



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare

A.A. 2024/2025

Sessione di Laurea marzo 2025

Analisi dei sistemi BACS negli edifici

Analisi energetica ed economica per un caso studio

Relatori:

Prof. Vincenzo Corrado

Ing. Marco Surra

Candidato:

Christian Di Rosa

Sommario

1. Introduzione	5
1.1. La normativa comunitaria	6
1.2. Definizioni principali fornite dalla EPBD	10
2. Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)	13
2.1. Metodi di valutazione dell'SRI	17
2.2. Calcolo dell'SRI	18
3. La norma EN ISO 52120-1:2022	24
3.1. BACS e TBM	24
3.2. Livelli di automazione e funzioni dei BACS	26
3.3. Metodi di calcolo	36
3.4. SRI ed EN ISO 52120-1	37
3.5. EPBD e BACS	38
4. Descrizione del progetto	43
4.1. Informazioni generali	44
4.2. Descrizione dei sistemi presenti nell'edificio	45
4.2.1. Impianto di riscaldamento e raffrescamento	45
4.2.2. Impianto per l'acqua calda sanitaria	45
4.2.3. Impianto di ventilazione	46
4.2.4. Impianto fotovoltaico	46
4.2.5. Sistemi di gestione e monitoraggio	46
4.3. Valutazione classe BACS	46
4.4. Calcolo indice SRI	55

5. Simulazione energetica dinamica	57
5.1. Modellazione grafica con SketchUp (18)	57
5.2. Modellazione con OpenStudio (19)	58
5.2.1. Profili di occupazione	58
5.2.2. Suddivisione zone termiche	58
5.3. Modellazione degli impianti con EnergyPlus (20)	59
5.4. Classe BACS: edificio in esame	60
5.4.1. Modellazione dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento	60
5.4.2. Pompe di circolazione	61
5.4.3. Modellazione dell'impianto di ventilazione	62
5.4.4. Ventilatori	65
5.4.5. Risultati ottenuti	66
5.5. Classe BACS: D	67
5.5.1. Modellazione dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento	67
5.5.2. Pompe di circolazione	67
5.5.3. Modellazione dell'impianto di ventilazione	68
5.5.4. Ventilatori	68
5.5.5. Sistemi di controllo	69
5.5.6. Risultati ottenuti	69
5.6. Analisi energetica	70
5.7. Analisi economica	71
6. Interventi di miglioramento	72
6.1. Controllo delle schermature	73
6.2. Controllo della luce naturale	75

Introduzione

6.3. Controllo della qualità dell'aria interna	77
6.4. Analisi energetica.....	79
6.5. Analisi economica.....	80
7. Conclusioni.....	83
Bibliografia.....	84
Indice figure e tabelle	87

1. Introduzione

L'obiettivo sul quale l'Unione Europea ha posto priorità è il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050. Tale obiettivo presuppone un crescente sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili e delle nuove tecnologie che non determinino emissioni di gas serra in ambiente con il conseguente abbandono delle risorse fossili per dar spazio all'elettrificazione totale dei processi produttivi e servizi energetici dell'Unione. Esso fonda le sue radici già negli anni '80 e in particolare con l'azione del Protocollo di Kyoto (1), il primo e il principale accordo mondiale volto a ridurre e limitare le emissioni di gas serra: è stato accettato già nel 1997, anno in cui si è tenuta la conferenza Kyoto, da trentasette paesi industrializzati e l'Unione Europea e nel 2005, anno in cui è entrato in vigore, contava l'adesione di 191 stati. L'obiettivo è comune per il settore civile, economico ed industriale a livello mondiale ed è il medesimo. Benché i percorsi per raggiungere l'obiettivo siano diversi a causa di motivi sociali, economici, culturali e tecnologici intrinseci nella storia degli stati i vincoli posti dal protocollo non sono stati e non sono i medesimi per tutti ma tengono conto dello stato di sviluppo del paese. Ciò ha però causato, specie negli ultimi anni, disomogeneità e disequilibrio economico ed industriale mondiale e soprattutto un contrasto non indifferente nelle emissioni prodotte dai paesi. Ciò nonostante, l'obiettivo dell'Unione Europea è uno: diminuire le emissioni di gas serra in ogni settore, limitando ed eliminando gradualmente l'utilizzo di fonti di natura fossile e aumentando l'efficienza energetica dei processi civili ed industriali, garantendo al contempo la sostenibilità economica.

Ponendo il focus sul settore civile e quindi nell'ambito dell'edilizia residenziale e non-residenziale l'obiettivo dell'Unione Europea è migliorare l'efficienza energetica degli edifici intervenendo sul parco edilizio esistente, dove è possibile, utilizzando le migliori tecnologie disponibili e con investimenti economici sostenibili, prescrivendo inoltre requisiti di tipo termo-fisico ed energetico minimi per gli edifici di nuova costruzione. Quanto detto è conseguente ai recenti studi effettuati dall'Unione Europea sul parco edilizio europeo i quali hanno evidenziato l'elevato consumo energetico del settore residenziale e valutando il settore edilizio responsabile del 40% del consumo finale di energia e del 36% delle emissioni di gas serra, questi indici tengono conto delle emissioni emesse considerando il totale ciclo vita dell'edificio ovvero dalla fase di costruzione dell'edificio, alla fase di esercizio quali dati relativi ai consumi di riscaldamento, raffrescamento, illuminamento, etc... ed lo smaltimento successivo alla demolizione.

Dai dati forniti dall'*European Environmental Agency* (2) emerge che circa il 75% dell'attuale parco edilizio europeo è energeticamente inefficiente e l'85% sarà ancora in uso al 2050. L'evidenza di tale risultato è stata possibile grazie all'introduzione dell'Attestato di Prestazione Energetica degli edifici, il quale fornisce una visione chiara e trasparente del grado di efficienza energetica del sistema edificio analizzato e permette di valutarne i possibili interventi di riqualificazione.

1.1. La normativa comunitaria

Il percorso che sarà intrapreso nel prossimo decennio veste un ruolo cruciale, per ciò, l'Unione Europea ha emanato a partire già dal 2018 importanti direttive riguardo il settore edilizio, l'ultima delle quali è la Direttiva (UE) 2024/1275 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 aprile 2024 sulle prestazioni energetiche degli edifici (EPBD) (3). Tale direttiva fornisce linee guida per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'edilizia, incentivando l'utilizzo delle migliori tecnologie sul mercato e l'ampia implementazione delle fonti rinnovabili. Sono inoltre posti requisiti minimi e vincoli di tipo termo-fisico, altresì sono posti rendimento minimi per i sistemi di nuova installazione e obblighi per gli stati membri di adottare entro determinate scadenze il contenuto delle direttive; è considerato inoltre la possibilità di supporto economico alle azioni migliorative tramite incentivi da parte dello stato, lasciando liberi gli stati membri di attuare le strategie incentivazione economica in maniera indipendente. Ciò è utile in quanto la crescita economica, sociale e le problematiche interne degli stati membri risultano molto diverse tra loro.

Si riportano qui di seguito alcune considerazioni preliminari generali e specifiche contenute nella Direttiva (UE) 2024/1275 (3) ritenute particolarmente significative:

“(4) Il regolamento (UE) 2021/1119 del Parlamento europeo del Consiglio iscrive nel diritto dell'Unione l'obiettivo della neutralità climatica in tutti i settori dell'economia da conseguirsi al più tardi entro il 2050 e stabilisce l'impegno vincolante dell'Unione per una riduzione interna netta delle emissioni di gas a effetto serra (emissioni al netto degli assorbimenti) di almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030.

(6) Gli edifici sono responsabili del 40% del consumo finale di energia nell'Unione e del 36% delle emissioni di gas a effetto serra associate all'Energia, mentre il 75% degli edifici dell'Unione è tuttora inefficiente sul piano energetico. Il gas naturale è usato principalmente per il riscaldamento degli edifici e rappresenta circa il 39% del consumo energetico dovuto al riscaldamento degli ambienti nel settore residenziale. Seguono il petrolio, con l'11%, e il carbone, con circa il 3%. Pertanto, la riduzione del consumo energetico, in linea con il principio «l'efficienza energetica al

primo posto» di cui all'articolo 3 della direttiva (UE) 2023/1791 del Parlamento europeo e del Consiglio (8) e definito nell'articolo 2, punto 18), del regolamento (UE) 2018/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio(9) e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel settore dell'edilizia costituiscono misure importanti necessarie per ridurre le emissioni di gas a effetto serra e la povertà energetica nell'Unione. La riduzione del consumo energetico e il maggior utilizzo di energia da fonti rinnovabili, in particolare l'energia solare, rappresentano inoltre strumenti fondamentali per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione dai combustibili fossili in generale e in particolare dalle importazioni, promuovere la sicurezza dell'approvvigionamento energetico, in linea con gli obiettivi stabiliti nel piano REPowerEU, per favorire gli sviluppi tecnologici e per creare posti di lavoro e sviluppo regionale, in particolare nelle isole, nelle zone rurali e nelle comunità non collegate alla rete.

(20) L'ambizione rafforzata dell'Unione in materia di clima ed energia richiede una nuova visione per l'edilizia: edifici a emissioni zero con una domanda molto bassa di energia, zero emissioni in loco di carbonio da combustibili fossili e un quantitativo pari a zero, o molto basso, di emissioni operative di gas a effetto serra. Tutti gli edifici nuovi dovrebbero essere a emissioni zero entro il 2030, e gli edifici esistenti dovrebbero diventare a emissioni zero entro il 2050.

(23) Gli edifici a emissioni zero possono contribuire alla flessibilità della domanda, ad esempio attraverso la gestione della domanda, lo stoccaggio di energia elettrica, lo stoccaggio di energia termica e la generazione distribuita da fonti rinnovabili, al fine di sostenere un sistema energetico più affidabile, sostenibile ed efficiente.

(24) La decarbonizzazione necessaria del parco immobiliare dell'Unione richiede ristrutturazioni energetiche su larga scala: quasi il 75 % del parco è inefficiente in base alle norme edilizie vigenti e dall'85 al 95 % degli edifici esistenti oggi sarà ancora in piedi nel 2050. Tuttavia, il tasso ponderato annuo di ristrutturazione energetica è persistentemente basso, intorno all'1%. Al ritmo attuale la decarbonizzazione dell'edilizia richiederà secoli. Promuovere e sostenere la ristrutturazione degli edifici, compreso il passaggio a sistemi di riscaldamento a zero emissioni, è pertanto un obiettivo fondamentale della presente direttiva. Sostenere la ristrutturazione a livello distrettuale, anche attraverso ristrutturazioni industriali o di tipo seriale, offre molti vantaggi poiché stimola il volume e la profondità delle ristrutturazioni e porterà a una più rapida e più economica decarbonizzazione del parco immobiliare. Le soluzioni industriali per la costruzione e la ristrutturazione degli edifici comprendono elementi prefabbricati versatili che svolgono funzioni diverse, come l'isolamento e la produzione di energia.

(25) *Le norme minime di prestazione energetica sono lo strumento normativo essenziale per incentivare la ristrutturazione degli edifici esistenti su larga scala, in quanto affrontano i principali ostacoli alla ristrutturazione, quali la divergenza di interessi e le strutture di comproprietà, che non possono essere superati con incentivi economici. L'introduzione di norme minime di prestazione energetica dovrebbe portare alla graduale eliminazione degli edifici con le prestazioni peggiori e al costante miglioramento del parco immobiliare nazionale, contribuendo all'obiettivo a lungo termine di un parco immobiliare decarbonizzato entro il 2050".*

Nelle considerazioni preliminari presenti nel testo della EPBD (3) viene descritto l'attuale panorama energetico europeo nel settore dell'edilizia il quale evidenzia l'elevato livello di povertà ed inefficienza energetica; da ciò, risulta inevitabile intraprendere un percorso caratterizzato da azioni volte al miglioramento dei sistemi edificio-impianto e, in aggiunta, un sistema di monitoraggio di ristrutturazione nazionale per il raggiungimento degli obiettivi preposti così come descritto dall'Art. 3 comma 1:

Art 3. Comma 1: "Ogni stato membro stabilisce un piano nazionale di ristrutturazione degli edifici per garantire la ristrutturazione del parco nazionale di edifici residenziali e non residenziali, sia pubblici che privati, al fine di ottenere un parco immobiliare decarbonizzato e ad alta efficienza energetica entro il 2050, allo scopo di trasformare gli edifici esistenti in edifici a emissioni zero".

Lo strumento principale per il miglioramento del sistema edificio-impianto è la riqualificazione del sistema stesso, sostituendo i sistemi obsoleti ed inefficienti con sistemi che sfruttano le migliori tecnologie termo-fisiche ed energetiche aumentando l'efficienza energetica e ottenendo la diminuzione della richiesta energetica globale del sistema.

All'interno della EPBD (3) è altresì citato un ulteriore strumento utile al raggiungimento degli obiettivi preposti ovvero l'implementazione dei sistemi di gestione energetica dell'edificio sfruttando tecnologie di automazione e controllo in grado di monitorare costantemente il consumo energetico dell'edificio ad ogni livello, controllare gli impianti a servizio dell'edificio ottimizzandone l'efficienza, massimizzare l'autoconsumo dell'energia autoprodotta dalle fonti rinnovabili, minimizzare il consumo ed evitare gli sprechi energetici pur mantenendo elevato lo standard di comfort interno e fornire dati utili agli occupanti riguardo le prestazioni dell'edificio in esercizio. La EPBD (3), infatti, nonostante rivolga il focus principale sul riammodernamento del parco immobiliare degli Stati dell'Unione, pone come prerogativa il mantenimento delle condizioni termo igrometriche e di comfort interno adeguati agli occupanti. L'obiettivo di riduzione dei consumi e del miglioramento dell'efficienza degli edifici è quindi perseguito in modo principale attraverso la ristrutturazione

profonda degli edifici, intervenendo quindi sull'involucro esterno, sui componenti finestrati al fine di porre al minimo le dispersioni e migliorare il comfort termico interno, ma, il sistema che permette il raggiungimento totale della diminuzione dei consumi è il sistema di monitoraggio e gestione energetica dell'edificio. Tale sistema garantisce l'ottenimento di entrambi gli obiettivi simultaneamente in quanto, attraverso l'uso di sensori, attuatori e sistemi di comunicazione interni ed esterni, gestisce e automatizza le richieste dei sistemi all'interno dell'edificio in modo da massimizzarne le prestazioni ed evitare ogni utilizzo improprio o non necessario.

Nella EPBD (3) tale sistema è posto in evidenza quale strumento cruciale nel percorso di ristrutturazione del parco edilizio europeo poiché garantisce il corretto funzionamento dei sistemi a servizio dell'edificio e facilita la gestione globale massimizzandone l'efficienza. È previsto in futuro l'utilizzo dei dati di monitoraggio registrati come supporto al rilascio dell'Attestato di Prestazione Energetica poiché in grado di fornire il reale funzionamento e consumi dell'edificio ponendo in evidenza eventuali inefficienze. L'analisi dei dati di monitoraggio è infatti utile per ottenere una visione chiara e dettagliata riguardo il reale utilizzo del sistema edificio-impianto.

Un ulteriore strumento che pensato per la valutazione degli edifici è l'Indicatore di Predisposizione degli Edifici all'Intelligenza nel documento chiamato "*Smart Readiness Indicator*" SRI (4). Lo *Smartness Readiness Indicator* SRI (4) è un concetto introdotto dalla Direttiva EPBD (3) per valutare la predisposizione degli edifici all'intelligenza con lo scopo di aumentare la consapevolezza dei benefici promessi dalle Smart Building Technologies quali automazione dell'edificio, elettronica di monitoraggio e i sistemi dell'edificio inclusi il riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione, etc. Al momento è in fase di sviluppo e test su base volontaria ma tale indicatore sarà utile per avere un'ampia visione sulle connessioni e dialoghi realizzabili all'interno degli edifici e al di fuori, anticipando la possibilità di interconnessioni tra gli edifici; la Direttiva EPBD (3) ne descrive la funzionalità:

“(56) L'indicatore di predisposizione degli edifici all'intelligenza dovrebbe misurare la capacità degli edifici di usare le tecnologie dell'informazione e della comunicazione e i sistemi elettronici per adeguarne il funzionamento alle esigenze degli occupanti e alla rete e migliorare l'efficienza energetica e la prestazione complessiva degli edifici. L'indicatore della predisposizione degli edifici all'intelligenza dovrebbe sensibilizzare i proprietari e gli occupanti sul valore dell'automazione degli edifici e del monitoraggio elettronico dei sistemi tecnici per l'edilizia e dovrebbe assicurare gli occupanti circa i risparmi reali di tali nuove funzionalità potenziate. L'indicatore di predisposizione all'intelligenza è particolarmente vantaggioso per i grandi edifici a elevata domanda di energia.

Negli altri edifici il sistema per valutarne la predisposizione all'intelligenza dovrebbe essere facoltativo per gli Stati membri.

(57) Un gemello digitale dell'edificio è una simulazione interattiva e dinamica che riflette in tempo reale lo stato e il comportamento di un edificio fisico. Integrando dati in tempo reale di sensori, contatori intelligenti e altre fonti, un gemello digitale dell'edificio fornisce una visione olistica delle prestazioni dell'edificio, compresi il consumo energetico, la temperatura, l'umidità, i livelli di occupazione e altro ancora, e può essere utilizzato per monitorare e gestire il consumo energetico dell'edificio. Laddove sia disponibile, un gemello digitale dell'edificio dovrebbe essere preso in considerazione, in particolare con riguardo all'indicatore di predisposizione all'intelligenza.”

Attraverso le considerazioni riportate dalla EPBD (3) si pongono le fondamenta per la prossima gestione energetica negli edifici, considerando la possibilità di usufruire di un modello virtuale del sistema edificio-impianto in grado di simulare in modo dinamico il comportamento dell'edificio in funzione degli stimoli interni ed esterni e delle possibili variabili non controllabili. Tutto ciò è possibile attraverso strumentazione e sistemi di automazione e controllo quali i sistemi BACS, “*Building Automation Control Systems*”.

1.2. Definizioni principali fornite dalla EPBD

La EPBD (3) definisce:

“(2) «edificio a emissioni zero»: un edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I, con un fabbisogno di energia pari a zero o molto basso, che produce zero emissioni in loco di carbonio da combustibili fossili e un quantitativo pari a zero, o molto basso, di emissioni operative di gas a effetto serra conformemente all'articolo 11;

(3) «edificio a energia quasi zero»: un edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I, che non è peggiore del livello ottimale in funzione dei costi per il 2023 comunicato dagli Stati membri a norma dell'articolo 6, paragrafo 2, nel quale il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o l'energia da fonti rinnovabili prodotta nelle vicinanze;

(4) «norme minime di prestazione energetica»: le regole in forza delle quali gli edifici esistenti soddisfano un requisito di prestazione energetica nell'ambito di un ampio piano di ristrutturazione di un parco immobiliare o a una soglia di intervento sul mercato, quale vendita, locazione, donazione

o cambio di destinazione nel catasto o nel registro immobiliare, in un periodo di tempo o entro una data specifica, incentivando in tal modo la ristrutturazione degli edifici esistenti;

(6) «sistema tecnico per l'edilizia»: l'apparecchiatura tecnica di un edificio o di un'unità immobiliare per il riscaldamento o il raffrescamento di ambienti, la ventilazione, la produzione di acqua calda per uso domestico, l'illuminazione integrata, l'automazione e il controllo, la produzione di energia rinnovabile e lo stoccaggio di energia in loco, o una combinazione degli stessi, compresi i sistemi che sfruttano energie da fonti rinnovabili;

(7) «sistema di automazione e controllo dell'edificio»: un sistema comprendente tutti i prodotti, i software e i servizi tecnici che contribuiscono al funzionamento sicuro, economico ed efficiente sotto il profilo dell'energia dei sistemi tecnici per l'edilizia tramite controlli automatici e facilitando la gestione manuale di tali sistemi.

(8) «prestazione energetica di un edificio»: la quantità di energia, calcolata o misurata, necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso normale dell'edificio, compresa l'energia utilizzata per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda per uso domestico e l'illuminazione;

(56) «prestazione energetica di un edificio»: la quantità di energia, calcolata o misurata, necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso normale dell'edificio, compresa l'energia utilizzata per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda per uso domestico e l'illuminazione;”

Il supporto tecnico sull'utilizzo dei sistemi automatizzati e le funzionalità all'interno degli edifici sono dati da:

1. Norma EN ISO 52120:1-2022 (5): norma di carattere tecnico che fornisce una strutturata lista di controlli, automazioni e gestione tecnica dell'edificio i quali contribuiscono alle prestazioni energetiche dell'edificio. Le funzioni sono categorizzate in base alla tipologia di sistema ed al tipo di controllo. Fornisce inoltre tre metodi per valutare l'efficacia di questi sistemi sull'efficienza energetica degli edifici.
2. Norma EN 17609:2022 (6): norma che specifica le differenti logiche di controllo dei sistemi presenti negli edifici quali sistemi di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminamento, etc... Costituisce la base di supporto pratico della norma EN ISO 52120:1-2022 (5).

3. *Smart Readiness Indicator (SRI)* (4): indice introdotto dalla EPBD (3) per valutare il livello di predisposizione degli edifici all'intelligenza. Il valore valutato attraverso la procedura di calcolo fornisce visione e consapevolezza delle capacità e logiche automatizzate dei sistemi nell'edificio. La struttura di calcolo richiama la norma EN ISO 52120:1-2022 (5).

2. Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)

Lo *Smartness Readiness Indicator* SRI (4) è un concetto introdotto dalla EPBD (3) per valutare la predisposizione degli edifici all'intelligenza con lo scopo di aumentare la consapevolezza dei benefici promessi dalle *Smart Building Technologies* quali automazione dell'edificio, elettronica di monitoraggio e i sistemi dell'edificio inclusi il riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione, etc. Le *Smart Building Technologies* possono essere uno strumento per creare un ambiente più salubre e confortevole all'interno degli edifici garantendo un basso consumo di energia e inquinamento e può inoltre facilitare l'integrazione delle risorse energetiche rinnovabili nel futuro sistema energetico, come mostrato nella figura 1. Vi è la chiara necessità di velocizzare il processo di rinnovamento del parco immobiliare europeo e la riduzione dei consumi energetici e le SBT possono essere la soluzione che fornisce un elevato sostegno potendo essere facilmente implementate sia negli edifici di nuova costruzione che negli edifici già esistenti.

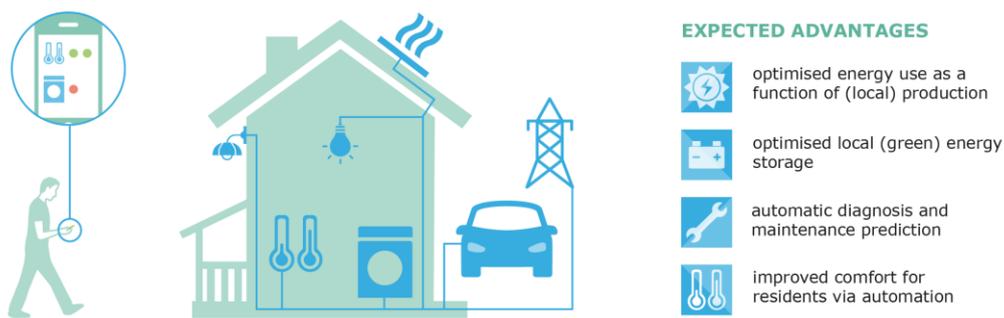


Figura 1 - Vantaggi attesi dalle tecnologie di automazione negli edifici (7)

L'intelligenza di un edificio, riferita alla figura 2, è definita nei seguenti termini:

“L'intelligenza di un edificio si riferisce alla capacità di un edificio o dei suoi sistemi di ricevere, interpretare, comunicare e rispondere prontamente ed in maniera efficiente ai cambiamenti in relazione delle funzioni di sistemi dell'edificio, dell'ambiente esterno (inclusa la rete elettrica) e alle richieste degli occupanti.”



Figura 2 - Le tre funzionalità chiave della predisposizione all'intelligenza negli edifici (7)

La valutazione dell'indice si basa su un esame delle capacità di un edificio o di un'unità immobiliare di adattare il proprio funzionamento alle esigenze dell'occupante, in particolare per quanto concerne la qualità degli ambienti interni, e della rete nonché di migliorare l'efficienza energetica e le prestazioni energetiche complessive. Il concetto di SRI è stato sviluppato in stretta collaborazione con gli stati membri dell'Unione e rilevanti stakeholders che negli ultimi anni hanno testato e verificato l'efficienza e l'implementazione pratica in diversi stati dell'Unione Europea. L'indicatore di predisposizione degli edifici all'intelligenza tiene conto delle caratteristiche che apportano il maggiore risparmio energetico, di analisi comparative e della flessibilità energetica, nonché delle funzionalità e delle capacità migliorate attraverso dispositivi più interconnessi e intelligenti. La metodologia tiene conto di caratteristiche quali l'eventuale utilizzo di un gemello digitale dell'edificio e considera tecnologie come i contatori intelligenti, i sistemi di automazione e controllo degli edifici, i dispositivi autoregolanti per la gestione della temperatura dell'aria interna, gli elettrodomestici integrati, i punti di ricarica per veicoli elettrici, l'accumulo di energia nonché le funzionalità specifiche e l'interoperabilità di tali sistemi, oltre ai benefici per le condizioni climatiche degli ambienti interni, l'efficienza energetica, i livelli di prestazione e la flessibilità così consentita.

L'SRI valuta la predisposizione dell'edificio all'intelligenza valutandone la capacità di svolgere tre funzioni chiave mostrate nella figura 3:

1. La capacità di mantenere performance energetiche efficienti e le operazioni necessarie dell'edificio attraverso l'adattabilità del consumo energetico.
2. La capacità di adattare le modalità di funzionamento in risposta ai bisogni degli occupanti, di facilitare l'utilizzo e la comprensione del sistema di gestione da parte degli occupanti, di mantenere salubre le condizioni dell'ambiente interno e l'abilità di fornire report riguardo l'utilizzo dell'energia.
3. La flessibilità della richiesta di energia elettrica dell'edificio, includendo la capacità di partecipare in modo attivo e passivo ad una comunicazione di tipo *Demand-Response* in relazione alla rete elettrica.



Figura 3 - Le tre funzioni chiave (8)

Un sistema intelligente all'interno di un edificio influenza particolarmente i consumi, le funzioni implementabili, il comfort interno degli occupanti ed il carico sulla rete elettrica. In particolare, sono considerati sette criteri di impatto che sono valutati singolarmente e, successivamente, vengono aggregati per valutare le tre funzioni chiave sopra descritte. I criteri d'impatto riportati nella figura 4 sono i seguenti:

- **Risparmio di energia in loco:** si riferisce all'impatto dei servizi intelligenti sulla capacità di risparmiare energia. Non si riferisce alle prestazioni energetiche globali dell'edificio ma solamente al contributo fornito dai servizi intelligenti.
- **Flessibilità di carico elettrico e storage:** potenziale flessibilità energetica dell'edificio. La possibilità per un edificio di essere flessibile non è valutata solamente in relazione alla rete elettrica ma anche al teleriscaldamento e rete di raffrescamento (se presenti).
- **Comfort:** influenza sul comfort degli occupanti. Il comfort è la percezione fisica e psicofisica dell'ambiente interno, includendo il comfort termico, acustico, e visivo.
- **Comodità:** considera la facilità per un determinato servizio intelligente di essere utilizzato dagli occupanti.
- **Salute e benessere:** considera la salute ed il benessere degli occupanti. In questo caso i controlli intelligenti possono migliorare la qualità dell'aria interna dell'edificio comparati ai controlli tradizionali, migliorando il benessere interno degli occupanti con un impatto positivo sulla loro salute.
- **Manutenzione e diagnostica:** la rilevazione automatizzata di guasti e la diagnostica hanno il significativo potenziale di migliorare le operazioni di manutenzione necessarie al sistema tecnico dell'edificio, con la possibilità di rilevare prontamente eventuali inefficienze e guasti interni e avvisare prontamente.
- **Informativa per gli occupanti:** si riferisce all'influenza nel fornire informazioni sulle condizioni operative dell'edificio agli occupanti.



Figura 4 - I sette criteri d'impatto (8)

Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)

La metodologia prevede la valutazione per i servizi che sono presenti nell'edificio, servizi che sono denominati domini e corrispondono ai sistemi tecnici che si trovano all'interno dell'edificio ovvero i sistemi di riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria, illuminamento etc. Tali domini sono nove e sono mostrati all'interno della figura 5:



Figura 5 - I nove domini tecnici (8)

Per ciascun dominio sono definiti dai due ai cinque livelli di automazione in base al possibile livello di intelligenza del dominio. Un alto livello di automazione rispecchia una maggiore intelligenza del dominio, la quale fornisce maggiori apporti positivi agli occupanti all'interno dell'edificio, alla rete, al funzionamento degli impianti e all'edificio nel suo complesso. Condensando quanto detto, ciò che è possibile ottenere graficamente è la tabella riportata nella figura 6.

		I M P A C T S							SRI
		Energy efficiency	Maintenance & fault protection	Comfort	Convenience	Health & well-being	Information to occupants	Energy flexibility & storage	
Total		39%	18%	60%	71%	48%	59%	51%	
D O M A I N S	Heating	32%	18%	62%	55%	24%	74%	100%	
	Domestic hot water	17%	0%	45%	70%	67%	83%	0%	
	Cooling	65%	51%	78%	72%	61%	55%	0%	
	Controlled ventilation	41%	0%	55%	60%	34%	44%	-	
	Lighting	85%	14%	90%	100%	83%	15%	-	
	Dynamic building envelope	10%	0%	31%	56%	22%	46%	-	
	Electricity	10%	0%	-	-	-	68%	0%	
	Electric vehicle charging	-	38%	-	82%	-	84%	25%	
	Monitoring & control	52%	43%	62%	72%	45%	64%	14%	

Figura 6 - Matrice di valutazione contenente i sette criteri d'impatto ed i 9 domini tecnici (8)

Il peso dei singoli domini sui criteri d'impatto non è ripartito equamente, ovvero, i diversi domini non influiscono allo stesso modo. La somma delle percentuali di influenza dei domini su uno stesso

critério di impatto è il 100% ma il loro peso relativo dipende dal tipo di edificio, dalla nazione, dal clima e da altri fattori ed è assegnato in automatico dal modello di calcolo.

2.1. Metodi di valutazione dell'SRI

Il tempo di valutazione dell'indice è strettamente collegato al livello di complessità del sistema. Nonostante i metodi presentati siano tre, come mostrato nella figura 7, solo due sono utilizzabili, il metodo A ed il metodo B.

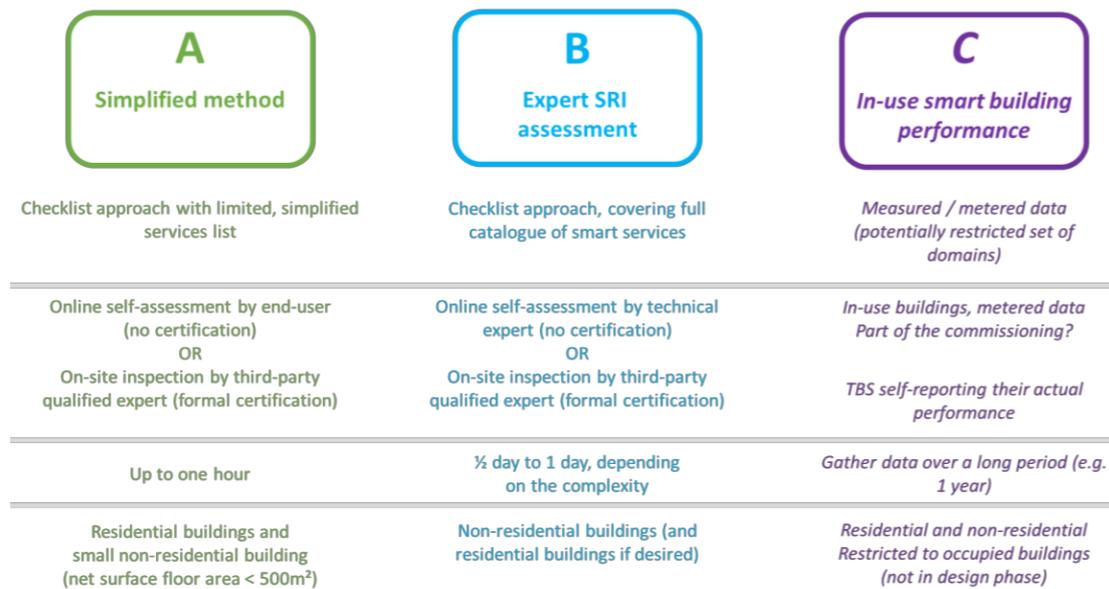


Figura 7 - I tre metodi di valutazione dell'SRI (9)

- Metodo A: risultato di un sopralluogo non esaustivo, è utile negli edifici residenziali e nei piccoli edifici non residenziali. Il metodo è basato su una lista di servizi semplificata e limitata, risulta essere utile in quanto rapido da applicare. La valutazione può avvenire autonomamente ma solamente la valutazione da parte di un soggetto esterno qualificato ne rilascia la certificazione.
- Metodo B: risulta essere il metodo dettagliato e attualmente utilizzabile nella valutazione dell'SRI, indicato per gli edifici non residenziali. Il tempo di valutazione risulta maggiore e dipende dalla complessità dei sistemi e dalla grandezza dell'edificio. Da standard, richiede il sopralluogo da parte di un soggetto esperto qualificato.
- Metodo C: è il metodo che utilizza i dati di monitoraggio per valutare l'effettiva intelligenza dell'edificio. A lungo termine, i sistemi TBS (*Technical Building System*) e i BACS saranno in grado di elaborare un'auto diagnosi riguardo i livelli di funzionalità. Oltre a ciò, il metodo C valuta anche le attuali performance dell'utilizzo dell'edificio, in questo senso, lo scopo della

valutazione dell'SRI oltre a focalizzarsi sui controlli intelligenti diventa un mezzo per la valutazione delle performance dell'edificio.

Attualmente vi è un dibattito sulla possibilità di utilizzare i dati di monitoraggio derivanti dai sistemi di monitoraggio quali TBS per la valutazione dell'EPC (*Energy Performance Certificate*) sfruttando tali dati per valutare le reali prestazioni energetiche dell'edificio. L'Articolo 15 della EPBD (3) valuta, infatti, a partire dal 2027, di supportare la valutazione degli EPCs con i dati di monitoraggio dell'edificio. L'analisi potrà includere anche l'utilizzo dei BIM (*Building Information Model*) per valutarne le prestazioni, fornire informazioni riguardo i consumi, report e considerare la possibilità di utilizzare un certificato standardizzato dei prodotti intelligenti.

2.2. Calcolo dell'SRI

Il metodo di calcolo B è basato su una valutazione multicriterio definita dalla guida pratica di calcolo dell'SRI (10) fornita su richiesta. La struttura base della metodologia è una valutazione flessibile e multicriterio dove vengono riportate le tecnologie presenti nell'edifici ed i servizi sono attuati da singola strumentazione o da combinazioni che ne permettono le diverse funzionalità. Nel periodo di test del metodo di valutazione è stata introdotto un fattore di correzione per rendere omogeneo il confronto considerandole diverse località climatiche degli stati membri dell'Unione Europea e, in funzione di ciò, la percentuale di effettivo impatto dei domini sul consumo energetico. Nonostante la valutazione dell'SRI sia stata concepita come standardizzata, è stato fondamentale l'introduzione del fattore di correzione per ottenere dei confronti equilibrati. La valutazione dell'SRI ad oggi non rientra in nessun obbligo della Direttiva Europea ma ha intrapreso un percorso di implementazione volontaria per valutarne le potenzialità e ad oggi è possibile calcolarlo richiedendo il “*SRI assesment package*” (10) all'interno del sito della commissione europea. Per valutare l'SRI è fornito un file Excel precompilato in cui è necessario inserire:

- Informazioni riguardo il professionista incaricato della compilazione (figura 8)
- Informazioni generali e di utilizzo dell'edificio (figura 9)
- Metodologia di calcolo per la valutazione (figura 10)
- Data di compilazione (figura 11)

Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)

ASSESSOR INFORMATION	
Name	<input type="text"/>
Organisation	<input type="text"/>
Contact information	
e-mail address	<input type="text"/>
telephone number (optional)	<input type="text"/>

Figura 8 - Informazioni sul professionista incaricato della compilazione

GENERAL BUILDING INFORMATION	
Building type	<input type="text" value="residential"/>
Building usage	<input type="text" value="residential - other"/>
Location	<input type="text" value="Italy"/>
Climate zone:	<input type="text" value="South Europe"/>
Total useful floor area of the building	<input type="text" value="1.000 - 10.000 m<sup>2</sup>"/>
Year of construction	<input ">="" 2010"="" type="text" value=""/>
Building state	<input type="text" value="Original"/>
Please provide a brief description of the building	<input type="text"/>
Address:	<input type="text"/>
	<input type="text"/>
	<input type="text"/>

Figura 9 - Informazioni generali sull'edificio

METHODOLOGY SELECTION	
Preferred weightings	<input type="text" value="Default"/>
Preferred services catalogue	<input type="text" value="A"/>
Domains present	
Are the following technical building systems present in your building? If not, are they mandatory for new constructions in your country of residence? 1 - This domain is present; 2 - This domain is absent but mandatory; 0 - This domain is absent and not mandatory	
Heating	<input type="text" value="1"/>
Domestic hot water	<input type="text" value="1"/>
Cooling	<input type="text" value="1"/>
Ventilation	<input type="text" value="1"/>
Lighting	<input type="text" value="1"/>
Dynamic building envelope	<input type="text" value="1"/>
Electricity	<input type="text" value="1"/>
Electric vehicle charging	<input type="text" value="1"/>
Monitoring and control	<input type="text" value="1"/>

Figura 10 – Metodologia di calcolo

Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)

ASSESSMENT DATE	
Year	2024
Month	12
Day	7

Figura 11 - Data di compilazione

Dopo aver compilato ed inserito le informazioni richieste il foglio di calcolo applicherà automaticamente gli specifici fattori di peso, i quali riflettono l'influenza dei domini relativi alla categoria, come mostrato nelle figure 12 e 13.

	Energy efficiency	Energy flexibility and storage	Comfort	Convenience	Health, well-being and accessibility	Maintenance and fault prediction	Information to occupants
Heating	31%	49%	20%	10%	25%	35%	11%
Domestic hot water	5%	8%	0%	10%	0%	6%	11%
Cooling	9%	15%	20%	10%	25%	10%	11%
Ventilation	20%	0%	20%	10%	25%	22%	11%
Lighting	8%	0%	20%	10%	0%	0%	0%
Electricity	2%	2%	0%	10%	0%	2%	11%
Dynamic building envelope	5%	0%	20%	10%	25%	5%	11%
Electric vehicle charging	0%	5%	0%	10%	0%	0%	11%
Monitoring and control	20%	20%	0%	20%	0%	20%	20%

Figura 12 – Fattori di peso per edifici non residenziali situati nel nord Europa

	Energy efficiency	Energy flexibility and storage	Comfort	Convenience	Health, well-being and accessibility	Maintenance and fault prediction	Information to occupants
Heating	32%	38%	20%	10%	25%	33%	11%
Domestic hot water	10%	12%	0%	10%	0%	10%	11%
Cooling	7%	8%	20%	10%	25%	7%	11%
Ventilation	9%	0%	20%	10%	25%	10%	11%
Lighting	3%	0%	20%	10%	0%	0%	0%
Electricity	15%	17%	0%	10%	0%	15%	11%
Dynamic building envelope	5%	0%	20%	10%	25%	5%	11%
Electric vehicle charging	0%	5%	0%	10%	0%	0%	11%
Monitoring and control	20%	20%	0%	20%	0%	20%	20%

Figura 13 - Fattori di peso per edifici residenziali nel sud Europa

È possibile altresì valutare edifici situati in paesi al di fuori dell'Unione Europea definendo i fattori di peso da voler utilizzare:

- Fattori di correzione
- Metodo di valutazione
- Presenza dei domini

Le informazioni riportate in precedenza vengono inserite nella sezione descrittiva del foglio Excel. La sezione del foglio di calcolo denominato “*Calculation*”, mostrato nella figura 14, è effettivamente il luogo dove avviene la valutazione. Ogni linea nel foglio rappresenta un servizio dei nove domini presente tra i servizi disponibili nel catalogo e di possibile implementazione dell'edificio.

Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)

Code	Service group	Smart ready service	Service included in the selected method (A/B/custom): 0 - not included, 1 - included	1 - This domain is present; 2 - This domain is absent but mandatory; 0 - This domain is absent and not mandatory	TRIAGE: 1 - This service affects maximum obtainable score, even if service is not applicable in this building; 0 - This service does not affect maximum obtainable score when not present in building	Service applicable in your building? - to be assessed by the assessor: 1 - applicable; 0 - not applicable	Main functionality level as inspected by SRI assessor	share (default = 100% means applicable throughout the building)
H-1a	Heat control - demand side	Heat emission control	✔ 1	✔ 1	✘ 0	1	4	100%
H-1b	Heat control - demand side	Emission control for TABS (heating mode)	✘ 0	✔ 1	✘ 0			
H-1c	Control heat production facilities	Storage and shifting of thermal energy	✔ 1	✔ 1	✘ 0	1	2	100%
H-1d	Heat control - demand side	Control of distribution pumps in networks	✘ 0	✔ 1	✘ 0			
H-1f	Heat control - demand side	Thermal Energy Storage (TES) for building heating (excluding TABS)	✘ 0	✔ 1	✘ 0			
H-2a	Control heat production facilities	Heat generator control (all except heat pumps)	✔ 1	✔ 1	✘ 0	1	2	100%
H-2b	Control heat production facilities	Heat generator control (for heat pumps)	✔ 1	✔ 1	✘ 0	1	3	100%

Figura 14 - Foglio "Calculation" del "SRI_calculation-sheet_v4.5" (10)

- *Main functionality level as inspected by SRI assessor*: è indicata la possibilità di applicazione con il valore "1" e con lo "0" la non possibile applicazione della funzione principale. In questo ultimo caso il colore della cella risulterà grigio. Una descrizione dei differenti livelli di funzionalità è posta nelle colonne dalla "O" alla "S".
- *Share*: questa colonna permette di testare la possibilità di considerare solo una porzione dell'edificio influenzato da una certa funzione. Il valore di default "100%" indica che tutto l'edificio è influenzato da tale funzione.

Nel caso in cui il livello della funzionalità inserito risulti maggiore del livello massimo raggiungibile verrà segnalato un "warning" e non verrà calcolato il valore dell'SRI, come mostrato nella Figura 15 - Foglio "Calculation" del "SRI_calculation-sheet_v4.5"

Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)

Code	Service group	Smart ready service	Service applicable in your building? to be assessed by the assessor: 1 - applicable; 0 - not applicable	Main functionality level as inspected by SRI assessor	share (default = 100% means applicable throughout the building)	Warnings	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
1 warning!											
DHW-1a	Control DHW production facilities	Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)	1	3	100%	please enter a valid functionality level	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic control on / off and scheduled charging enable and multi-sensor storage management		
DHW-1b	Flexibility DHW production facilities	Control of DHW storage charging	1	1	100%		None	HW storage vessels available	Automatic charging control based on local availability of renewables or information from electricity grid (DR, DSM)		

Figura 15 - Foglio "Calculation" del "SRI_calculation-sheet_v4.5" (10)

I risultati della valutazione vengono esposti nella sezione "Results" del file Excel in cui è mostrato:

- Il valore SRI totale considerando i fattori di correzione dei domini e dei criteri d'impatto.
- Il valore dei criteri d'impatto considerando i fattori di correzione.
- Il valore dei domini considerando i fattori di correzione.
- Una valutazione dettagliata per ogni dominio e ogni criterio d'impatto in forma matriciale.
- Valutazione aggregata delle tre funzioni chiave.

La sezione "Results" è riportata nella figura 16:

Lo Smartness Readiness Indicator (SRI)

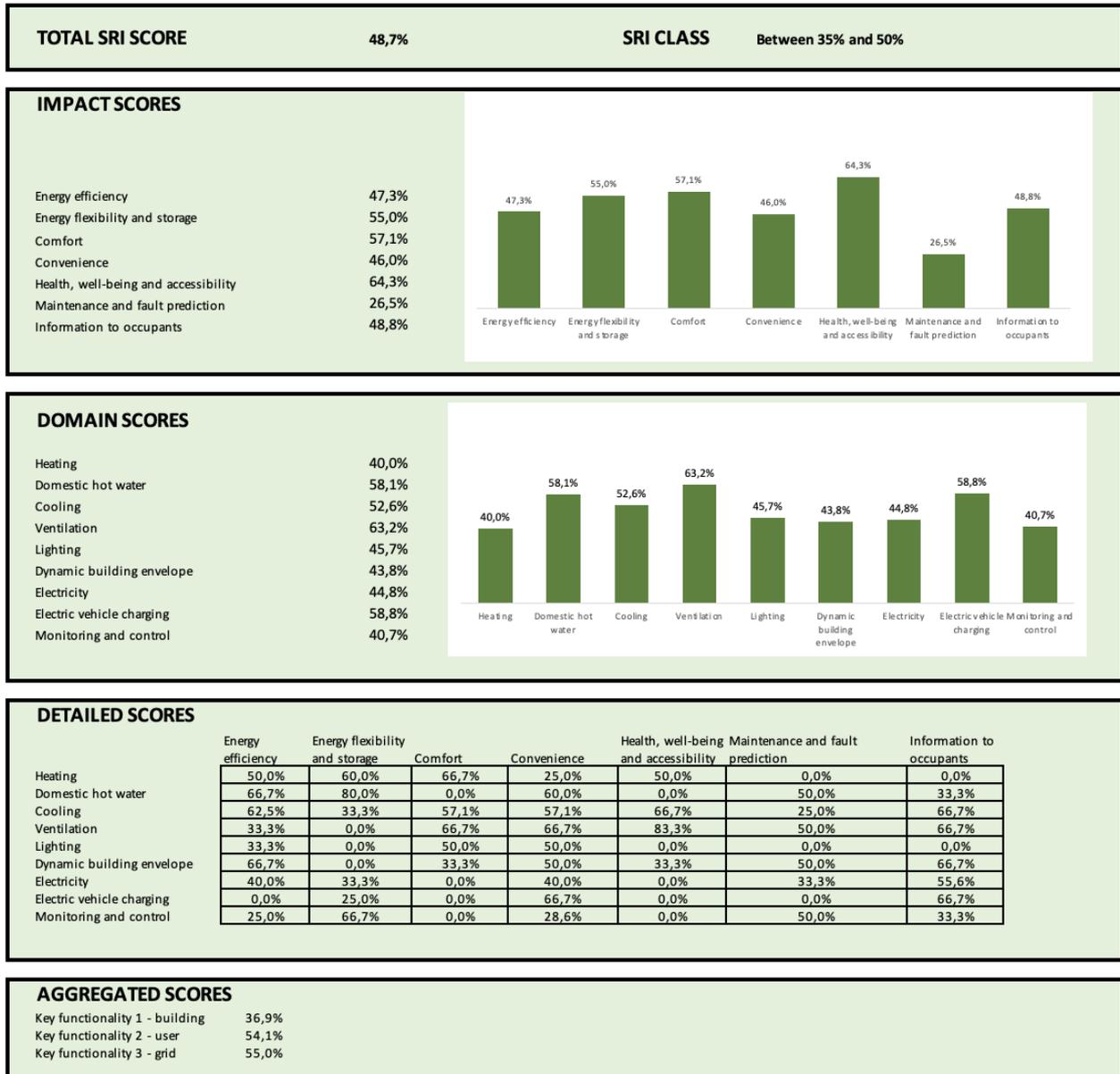


Figura 16 - Foglio "Results" del "SRI_calculation-sheet_v4.5" (10)

Il valore dell'SRI ovvero di predisposizione all'intelligenza dell'edificio è quindi calcolata ed è un valore in percentuale. È opportuno ricordare che tale valore non ha indicazione alcuna in merito alla riduzione di consumo di energia o aumento dell'efficienza energetica dell'edificio ma corrisponde al livello di funzioni intelligenti globali che possono essere implementate sul sistema edificio-impianto.

Inoltre, i domini, servizi e livelli di automazione considerati sono basati sulla norma EN 52120-1:2022 (5), il quale è uno standard che permette la valutazione della classe di efficienza energetica derivata dall'utilizzo (11) dei BACS.

3. La norma EN ISO 52120-1:2022

La norma che fornisce le linee guida per l'utilizzo delle funzionalità dei sistemi di automazione, controllo e gestione dei sistemi energetici degli edifici è la EN ISO 52120-1:2022 (5) pubblicata a marzo del 2022, la quale ha sostituito la precedente norma EN 15232-1:2017. Il documento appartiene al gruppo di normative che hanno lo scopo di armonizzare la metodologia di valutazione delle performance energetiche degli edifici ovvero “*EPB set of standards*” (12). Ogni norma che fa parte di questo gruppo segue specifiche regole per evitare inconsistenze, ambiguità e risultare chiara, ed inoltre, considera un solo argomento che riguarda i sistemi presenti all'interno dell'edificio; la EN ISO 52120-1:2022 (5) si occupa dei sistemi automatizzati quali BAC “*Building Automation and Control*” ed è identificata nella struttura modulare come sistema tecnico dell'edificio con codice “M10”. Il documento si occupa di:

- Descrivere una lista di controlli, livelli di automazione e funzioni tecniche di gestione dell'edificio che influenzano la performance energetica dell'edificio; le funzioni sono state categorizzate e strutturate in accordo all'utilizzo dell'edificio e ai BAC;
- Una metodologia per definire le richieste minime o altre specifiche riguardo il controllo, l'automazione e le funzioni di gestione che contribuiscono all'efficienza energetica dell'edificio che possono essere implementate a diversi gradi di complessità;
- Un metodo dettagliato per valutare l'effetto delle funzioni su un dato edificio.
- Un metodo definito “*factor-based*” per dare una prima valutazione dell'effetto di queste funzioni sulle specifiche categorie di edificio e profili d'utilizzo;

3.1. BACS e TBM

La norma EN ISO 52120-1:2022 (5) fornisce le seguenti definizioni:

- BACS, *Building Automation and Control System*: prodotti, software e servizi per i controlli automatici, sistemi di monitoraggio e ottimizzazione, gestione e intervento per raggiungere livelli di efficienza energetica, economici e di sicurezza richiesta dall'edificio.
- BM, *Building Management*: totalità dei servizi coinvolti nelle operazioni di gestione e monitoraggio degli edifici.
- TBM, *Technical building management*: processi e servizi relativi alle operazioni e alla gestione degli edifici e dei sistemi tecnici dell'edificio attraverso l'interconnessione tra le diverse discipline.

3.2. Livelli di automazione e funzioni dei BACS

I livelli di automazione nelle quali sono divise le possibili funzioni applicabili ai BACS, per ogni tipologia di sistema e per la maggior parte dei componenti sono quattro, mostrati nella figura 18 e descritti di seguito:



Figura 18 - Classi di automazione BACS secondo la EN ISO 52120:1-2022 (13)

- Classe A “*HIGH ENERGY PERFORMANCE*”: corrisponde a sistemi BAC e TBM (*Technical Home and Building Management*) “ad alte prestazioni energetiche” cioè con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all’impianto. “I dispositivi di controllo delle stanze devono essere in grado di gestire impianti HVAC tenendo conto di diversi fattori (ad esempio, valori prestabiliti basati sulla rilevazione dell’occupazione, sulla qualità dell’aria ecc.) ed includere funzioni aggiuntive integrate per le relazioni multidisciplinari tra HVAC e vari servizi dell’edificio (ad esempio, elettricità, illuminazione, schermatura solare ecc.)”;
- Classe B “*ADVANCED*”: comprende gli impianti dotati di un sistema di automazione e controllo (BACS) avanzato e dotati anche di alcune funzioni di gestione degli impianti tecnici di edificio (TBM) specifiche per una gestione centralizzata e coordinata dei singoli impianti. “I dispositivi di controllo delle stanze devono essere in grado di comunicare con il sistema di automazione dell’edificio”;
- Classe C “*STANDARD*” (riferimento): corrisponde agli impianti dotati di sistemi di automazione e controllo degli edifici (BACS) “tradizionali”, eventualmente dotati di BUS di comunicazione, comunque a livelli prestazionali minimi rispetto alle loro reali potenzialità;
- Classe D “*NON ENERGY EFFICIENT*”: comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione e controllo, non efficienti dal punto di vista energetico.

Le funzioni BAC e TBM incluse nella EN ISO 52120-1:2022 sono descritte nelle seguenti tabelle nelle quali le funzioni sono distinte in base alla categoria di edificio tra “Edifici residenziali” ed “Edifici non-residenziali”. Vengono considerati i livelli minimi prestazionali per ogni sistema ed il livello di automazione assegnato per ogni funzione. Nelle tabelle riportate sono raggruppati i sistemi contemplati all’interno della normativa:

- Riscaldamento
- Acqua calda sanitaria
- Raffrescamento
- Ventilazione e condizionamento
- Illuminazione
- Schermature solari
- Sistemi TBM

Il documento che specifica le applicazioni dei controlli e il blocco di funzioni dei sistemi elencati in precedenza è la EN 17609:2022 (6). La norma descrive come tradurre ed applicare in modo pratico i requisiti tecnici e tecnologici dei diversi livelli di automazione e controllo descritti nella EN ISO 52120-1:2022 (5), suddivisi in base alle prestazioni energetiche, di comfort e operazionali ottenibili. Per ogni funzione di controllo è descritta una combinazione di segnale di input dai sensori di campo, segnali di output degli attuatori, interazione con l’utente e funzioni di controllo e monitoraggio. I sistemi a servizio dell’edificio non possono infatti funzionare correttamente senza l’utilizzo di strumentazione di campo che permetta di registrare i valori delle variabili controllate e trasmetterle al sistema di controllo e monitoraggio dell’edificio.

Le tabelle mostrate di seguito mostrano quali funzioni e quali livelli di automazione sono disponibili per l’impianto di riscaldamento (figura 19), l’impianto di raffrescamento (figura 20), l’impianto di ventilazione (figura 21), l’impianto di produzione di acqua calda sanitaria (figura 22), l’impianto di illuminazione (figura 23), il sistema di oscuranti (figura 24) ed il sistema di gestione degli impianti dell’edificio (figura 25).

CONTROLLO RISCALDAMENTO

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi								
		Residenziale				Non Residenziale				
		D	C	B	A	D	C	B	A	
Controllo di emissione										
<i>La funzione di controllo è applicata sul terminale a livello ambiente; per il tipo 1 una funzione può controllare diversi ambienti</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
	1	Controllo automatico centralizzato								
SE-H1C	2	Controllo automatico di ogni ambiente con valvole termostatiche o regolatore elettronico								
SE-H1B	3	Controllo automatico di ogni ambiente con comunicazione tra i regolatori e verso il sistema BAC *								
SE-H1A	4	Controllo integrato di ogni locale con comunicazione e controllo di presenza **								
* Per impianti con elevata inerzia termica (es. riscaldamento a pavimento) la funzione diventa di classe A										
** Non applicata a impianti con elevata inerzia termica										
Controllo di emissione per solai termo-attivi										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-H2C	1	Controllo automatico centralizzato								
SE-H2B	2	Controllo automatico centralizzato avanzato								
SE-H2A	3	Controllo automatico centrale avanzato a funzionamento intermittente e feed-back della temperatura ambiente								
Controllo temperatura acqua nella rete di distribuzione (mandata e ritorno)										
<i>Funzioni simili possono essere applicate al controllo di reti di riscaldamento elettrico</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-H3C	1	Compensazione con la temperatura esterna								
SE-H3A	2	Controllo basato sulla richiesta termica								
Controllo delle pompe di distribuzione										
<i>Le pompe controllate possono essere installate a diversi livelli nella rete di distribuzione</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-H4C	1	Controllo ON/OFF								
	2	Controllo pompa multi-stadio								
SE-H4A	3	Controllo pompe a velocità variabile								
	4	Controllo pompe a velocità variabile (basato su segnale esterno)								
Bilanciamento idronico della rete di riscaldamento										
<i>Il bilanciamento idronico è applicato in emissione o a un gruppo di emettitori maggiore di 10</i>										
	0	Nessun bilanciamento								
	1	Bilanciato staticamente per unità terminale senza bilanciamento di gruppo								
	2	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento statico di gruppo								
SE-H4aC	3	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento dinamico a gruppi (ad esempio per piano)								
SE-H4aA	4	Bilanciato dinamicamente per unità terminale								

Controllo intermittente della emissione e/o distribuzione

Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zone aventi lo stesso profilo di occupazione

	0	Nessun controllo automatico		
SE-H5C	1	Controllo automatico con programma orario fisso		
SE-H5B	2	Controllo automatico con partenza/arresto ottimizzato		
SE-H5A	3	Controllo automatico con calcolo della richiesta termica		

Controllo dei generatori a combustione o del teleriscaldamento

	0	Temperatura costante		
SE-H6C	1	Temperatura termovettore variabile in dipendenza da quella esterna		
SE-H6A	2	Temperatura variabile in dipendenza dal carico		

Controllo del generatore a pompe di calore

	0	Temperatura costante		
SE-H7C	1	Temperatura termovettore variabile in dipendenza da quella esterna		
SE-H7A	2	Temperatura termovettore variabile in dipendenza del carico o della richiesta		

Controllo dei generatori a unità esterna

	0	Controllo On-Off		
SE-H8B	1	Controllo multistadio della capacità del generatore in funzione del carico o della richiesta		
SE-H8A	2	Controllo variabile della capacità del generatore in funzione del carico o della richiesta		

Controllo sequenziale di differenti generatori

	0	Priorità basate solo sul tempo di funzionamento		
SE-H9C	1	Controllo in funzione di una lista di priorità fissa		
SE-H9B	2	Controllo in funzione di una lista di priorità dinamica		
SE-H9A	3	Controllo in funzione di una lista di priorità dinamica basata sulla previsione del carico		

Controllo dei serbatoi di accumulo dell'energia termica

	0	Accumulo continuo		
SE-H10B	1	Accumulo del serbatoio a due sensori		
SE-H10A	2	Accumulo del serbatoio basato sulla previsione del carico		

Figura 19 – Funzioni BACS del sistema di riscaldamento (13)

CONTROLLO RAFFRESCAMENTO

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo di emissione									
<i>La funzione di controllo è applicata sul terminale a livello ambiente; per il tipo 1 una funzione può controllare diversi ambienti</i>									
	0	Nessun controllo automatico							
	1	Controllo automatico centralizzato							
SE-C1C	2	Controllo automatico di ogni ambiente con valvole termostatiche o regolatore elettronico							
SE-C1B	3	Controllo automatico di ogni ambiente con comunicazione tra i regolatori e verso il sistema BAC *							
SE-C1A	4	Controllo integrato di ogni locale con comunicazione e controllo di presenza **							
* Per impianti con elevata inerzia termica (es. raffrescamento a pavimento) la funzione diventa di classe A									
** Non applicata a impianti con elevata inerzia termica									
Controllo di emissione per solai termo-attivi									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-C2C	1	Controllo automatico centralizzato							
SE-C2B	2	Controllo automatico centralizzato avanzato							
SE-C2A	3	Controllo automatico centrale avanzato a funzionamento intermittente e feed-back della temperatura ambiente							
Controllo temperatura acqua nella rete di distribuzione (mandata e ritorno)									
<i>Funzioni simili possono essere applicate al controllo di reti di raffrescamento elettrico</i>									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-C3C	1	Compensazione con la temperatura esterna							
SE-C3A	2	Controllo basato sulla richiesta termica							
Controllo delle pompe di distribuzione									
<i>Le pompe controllate possono essere installate a diversi livelli nella rete di distribuzione</i>									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-C4C	1	Controllo ON/OFF							
	2	Controllo pompa multi-stadio							
SE-C4A	3	Controllo pompe a velocità variabile							
	4	Controllo pompe a velocità variabile (basato su segnale esterno)							
Bilanciamento idronico della rete di raffrescamento									
<i>Il bilanciamento idronico è applicato in emissione o a un gruppo di emettitori maggiore di 10</i>									
	0	Nessun bilanciamento							
	1	Bilanciato staticamente per unità terminale senza bilanciamento di gruppo							
	2	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento statico di gruppo							
SE-C4aC	3	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento dinamico a gruppi (ad esempio per piano)							
SE-C4aA	4	Bilanciato dinamicamente per unità terminale							

Controllo intermittente della emissione e/o distribuzione

Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zone aventi lo stesso profilo di occupazione

	0	Nessun controllo automatico		
SE-C5C	1	Controllo automatico con programma orario fisso		
SE-C5B	2	Controllo automatico con partenza/arresto ottimizzato		
SE-C5A	3	Controllo automatico con calcolo della richiesta termica		

Interblocco tra riscaldamento e raffrescamento a livello di generazione e/o distribuzione

	0	Nessun interblocco		
SE-C6B	1	Parziale interblocco (dipende dal sistema di condizionamento HVAC)		
SE-C6A	2	Interblocco totale		

Controllo del generatore

L'obiettivo consiste generalmente nel massimizzare la temperatura di esercizio del generatore (chiller)

	0	Temperatura costante		
SE-C7B	1	Temperatura termovettore variabile in dipendenza da quella esterna		
SE-C7A	2	Temperatura termovettore variabile in dipendenza del carico o della richiesta		

Controllo sequenziale di differenti generatori

	0	Priorità basate solo sui tempi di funzionamento		
SE-C8C	1	Controllo fisso in funzione del carico		
SE-C8B	2	Priorità basate sull'efficienza e le caratteristiche di funzionamento dei generatori		
SE-C8A	3	Sequenza basata sulla previsione del carico		

Controllo dei serbatoi di accumulo dell'energia termica

	0	Accumulo continuo		
SE-C9C	1	Accumulo del serbatoio secondo programma orario		
SE-C9A	2	Accumulo del serbatoio basato sulla previsione del carico		

Figura 20 – Funzioni BACS del sistema di raffrescamento (13)

CONTROLLO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo mandata aria in ambiente									
	0	Nessun controllo							
SE-V1B	1	Controllo a tempo							
SE-V1B	2	Controllo in funzione dell'occupazione							
SE-V1A	3	Controllo in funzione della qualità dell'aria							
Controllo temperatura aria in ambiente									
	0	Controllo On-Off							
SE-V2C	1	Controllo continuo							
SE-V2A	2	Controllo ottimizzato							
Coordinazione tra sistema di ventilazione e sistemi statici per il controllo della temperatura ambiente									
	0	Senza coordinazione							
SE-V3A	1	Coordinazione presente							
Controllo della portata d'aria esterna									
	0	Controllo fisso							
SE-V4B	1	Controllo della portata d'aria esterna (alta o bassa) da programma orario							
SE-V4B	2	Controllo della portata d'aria esterna (alta o bassa) in funzione dello stato di occupazione							
SE-V4A	3	Controllo variabile							
Controllo portata o pressione nella macchina di trattamento aria									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-V5C	1	Controllo a tempo							
	2	Controllo automatico multi-stadio							
SE-V5A	3	Controllo automatico di portata o pressione (senza reset)							
	4	Controllo automatico di portata o pressione (con reset)							
Controllo sbrinamento del recuperatore di calore									
	0	Senza controllo di sbrinamento							
SE-V6A	1	Recuperatore con controllo di sbrinamento							
Controllo surriscaldamento del recuperatore di calore									
	0	Senza controllo di surriscaldamento							
SE-V7A	1	Controllo di surriscaldamento recuperatore di calore							
Raffrescamento meccanico gratuito									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-V8C	1	Raffrescamento notturno							
SE-V8B	2	Raffrescamento gratuito (free cooling)							
SE-V8A	3	Controllo entalpico							
Controllo della temperatura di mandata									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-V9C	1	Set point a punto fisso							

CONTROLLO ILLUMINAZIONE

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo presenza									
	0	Interruttore manuale							
SE-L1C	1	Accensione manuale + spegnimento automatico							
SE-L1A	2	Rilievo in automatico della presenza in ambiente (auto on) *							
	3	Rilievo in automatico della presenza in ambiente (manual on) *							
Controllo luce diurna									
	0	Manuale centralizzato							
	1	Manuale per ogni locale/zona							
SE-L2B	2	Accensione automatica *							
SE-L2A	3	Dimming automatico *							

* Nel residenziale è solitamente applicato nelle sole aree pubbliche (ad es. scale, corridoi, ecc.)

Figura 23 – Funzioni BACS del sistema di illuminazione (13)

CONTROLLO SCHERMATURE SOLARI

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo Schermature Solari									
	0	Completamente manuale							
	1	Azionamento motorizzato con comando manuale							
SE-B1C	2	Controllo motorizzato con azionamento automatico							
SE-B1A	3	Controllo combinato luce/tapparelle/HVAC							

Figura 24 – Funzioni BACS del sistema di schermature solari (13)

GESTIONE CENTRALIZZATA DEGLI IMPIANTI TECNICI DELL'EDIFICIO (TBM)

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Gestione set point									
	0	Impostazione manuale per ogni ambiente							
	1	Modifiche solo da vani tecnici distribuiti/decentralizzati							
	2	Modifiche da una sala centrale							
SE-T1A	3	Modifiche da una sala centrale con frequenti annullamenti delle variazioni degli utenti							
Programmi orari									
	0	Impostazione manuale							
	1	Impostazione individuale con programmazione oraria predefinita, pre-accensioni e pre-spegnimenti fissi							
SE-T2A	2	Impostazione individuale con programmazione oraria predefinita, pre-accensioni e pre-spegnimenti variabili							
Rilevamento guasti, diagnostica e supporto alla diagnosi dei guasti									
	0	Nessuna indicazione centralizzata di guasti e allarmi							
	1	Indicazione centralizzata di guasti e allarmi							
SE-T3A	2	Indicazione centralizzata di guasti e allarmi con funzioni diagnostiche							
Rapporto riguardante consumi energetici e condizioni ambientali interne									
	0	Solo indicazione di misure							
	1	Curve di tendenza e calcolo dei consumi							
SE-T4A	2	Analisi evolute, valutazione prestazione energetica, benchmarking							
Produzione di energia locale e da fonti rinnovabili									
	0	Generazione senza coordinamento con disponibilità di energie rinnovabili; sovrapproduzione ceduta alla rete							
SE-T5A	1	Generazione coordinata per ottimizzare l'autoconsumo, con possibilità di accumuli di energia							
Recupero e accumulo di calore									
	0	Utilizzo istantaneo del calore di recupero							
SE-T6A	1	Gestione dell'utilizzo del calore recuperato o accumulato							
Integrazione con smart grid									
	0	Assenza di coordinamento tra la rete elettrica e i sistemi energetici dell'edificio; l'edificio è gestito indipendentemente dal carico della rete							
SE-T7A	1	La gestione e il funzionamento dei sistemi energetici dell'edificio dipendono dal carico della rete di distribuzione elettrica							

Figura 25 – Funzioni BACS del sistema di gestione degli impianti dell'edificio (13)

3.3. Metodi di calcolo

I due metodi per la valutazione sono i seguenti, mostrati nella figura 26:

- 1) Metodo dettagliato: l'output del metodo dettagliato è una lista di automazioni, funzioni di controllo e gestione che è usata per eseguire un calcolo dettagliato delle performance energetiche dell'edificio basato sugli altri standard EPB. In aggiunta, il metodo dettagliato permette la classificazione del sistema di automazione e controllo dell'edificio in accordo ai criteri definiti nel documento. Per la valutazione non vi è limite di intervallo di tempo. È utilizzato per dettagliate analisi energetiche di un edificio nel caso in cui si fosse in possesso di tutte le informazioni riguardanti l'edificio ovvero sul sistema di condizionamento, riscaldamento e ventilazione ed in particolare sulla tipologia di funzioni di automazione, controllo e gestione che sono disponibili e che possono essere applicate nel metodo di calcolo olistico degli standard EPB. Il metodo dettagliato può essere perseguito attraverso cinque strade:
 - a) *Direct approach*: la valutazione delle prestazioni energetica è svolta tramite un metodo di simulazione dettagliata o che implementa una simulazione su base oraria come descritta dalla EN 52016-1 (11). Per la simulazione è quindi necessario avvalersi di un software tool che sia in grado di applicare la simulazione su base oraria.
 - b) *Operation model approach*: i controlli automatici permettono agli impianti di lavorare in differenti modalità di lavoro, per esempio, in funzione dell'occupazione/assenza di occupazione. Considerando il tempo di funzionamento per ogni modalità, è possibile calcolare l'utilizzo di energia sommando i consumi totali.
 - c) *Time approach*: può essere utilizzato nel caso in cui il sistema di controllo ha un impatto diretto sul tempo di operazione di un dispositivo, in particolare si può utilizzare se il sistema di controllo è in grado di modulare le modalità di funzionamento anziché dover accendere e spegnere continuamente il sistema.
 - d) *Set-point approach*: può essere implementato quando il sistema di controllo ha un impatto diretto sull'accuratezza di controllo, è il caso di regolazione tramite termostato.
 - e) *Correction coefficient approach*: è utilizzato quando il sistema di controllo è complesso e l'influenza è maggiore e combinata, dovendo considerare gli effetti combinati su tempo, temperatura, etc.
- 2) Metodo *factor-based*: l'output del metodo *factor-based* è la richiesta di energia di un edificio in accordo alla classificazione del sistema di automazione e controllo. L'intervallo di tempo è di un anno. È utilizzato per un calcolo semplificato e per una stima preliminare dell'impatto dei sistemi

di automazione, controllo e gestione sulle performance energetiche dell'edificio basato su un valore noto di performance energetica correlata ad un certo tipo di efficienza dei BAC nell'edificio.

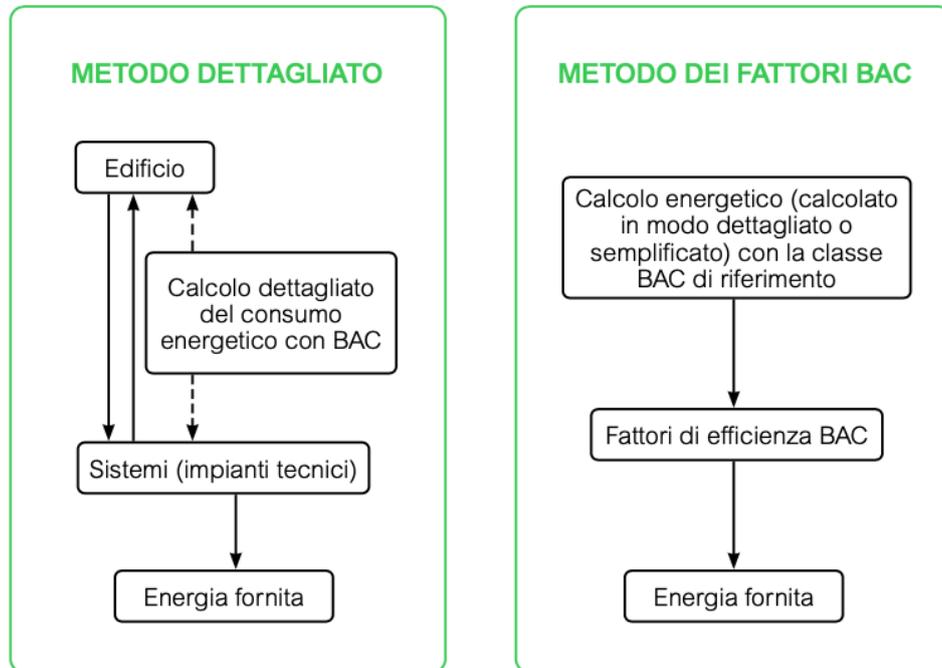


Figura 26 - Differenze tra metodo dettagliato e metodo dei fattori BAC (13)

3.4. SRI ed EN ISO 52120-1

L'SRI valuta la predisposizione all'intelligenza di un edificio, come descritto nel paragrafo 1.3. La suddivisione dei domini, dei servizi e dei livelli di funzionalità segue la medesima struttura presentata dallo standard EN ISO 52120-1:2022 (5); è quest'ultima a fornire gli strumenti per la valutazione dei possibili livelli di automazione dei sistemi negli edifici mentre l'SRI (4) ne fornisce il valore complessivo dell'edificio.

L'obiettivo è il medesimo: valutare il livello di automazione dei sistemi all'interno dell'edificio in base alla possibilità influenzare positivamente la gestione energetica dell'edificio migliorando le prestazioni e l'efficienza e, inoltre, fornire linee guida per poter aumentarne il livello implementando le tecnologie necessarie.

La valutazione dell'SRI (4) e lo standard 52120-1:2022 (5) utilizzano nomenclatura differente nonostante i concetti rimangano i medesimi, come mostrato nella figura 27:

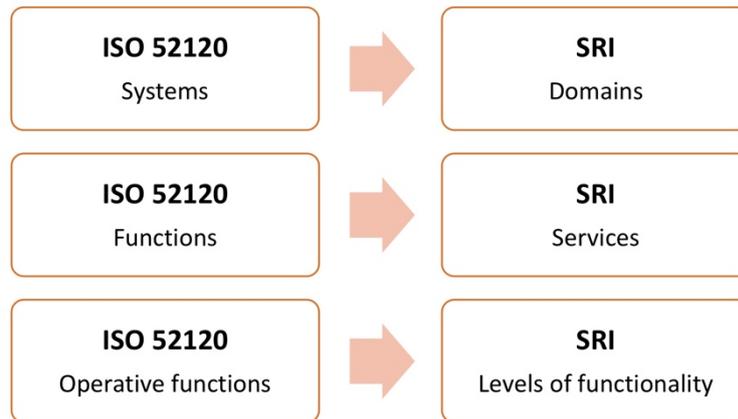


Figura 27 - Differenze di nomenclatura tra EN ISO 52120 ed SRI

Nella valutazione dell'SRI (4) sono considerati due domini (sistemi) in più rispetto ai sistemi della EN ISO 52120-1 (5), è infatti valutata l'efficacia del sistema edificio-impianto nel fornire informazioni agli occupanti riguardo le prestazioni energetiche dell'edificio, i consumi, il comfort.

3.5. EPBD e BACS

La EPBD (3) prevede in futuro l'obbligo di introduzione dei sistemi di gestione energetica degli edifici di nuova costruzione con lo scopo di ottimizzare le prestazioni dei sistemi tecnici sia per gli edifici di categoria "Residenziale" sia "Non-Residenziale" in modo da essere edifici ad alta efficienza energetica. All'interno dell'articolo 13 della EPBD (3) è riferito quanto di seguito:

"Art. 13: Sistemi tecnici per l'edilizia

Comma 5: "Gli stati membri impongono che gli edifici non-residenziali a emissioni zero di nuova costruzione siano dotati di dispositivi di misurazione e controllo per il monitoraggio e la regolazione della qualità dell'aria interna. Negli edifici esistenti l'installazione di tali dispositivi è obbligatoria quando l'edificio non residenziale è sottoposto a ristrutturazione importante, laddove tecnicamente ed economicamente fattibile. Gli stati membri possono imporre l'installazione di tali dispositivi negli edifici residenziali."

Comma 9: "Gli stati membri stabiliscono requisiti affinché, laddove tecnicamente ed economicamente fattibile, gli edifici non residenziali siano dotati di sistemi di automazione e controllo, come indicato di seguito:

- a) entro il 31 dicembre 2024, gli impianti non residenziali con una potenza nominale superiore a 290kW per gli impianti di riscaldamento, gli impianti di condizionamento d'aria oppure gli impianti di riscaldamento e ventilazione combinati in ambienti o gli impianti di condizionamento dell'aria e ventilazione combinati;*
- b) entro il 31 dicembre 2029, gli edifici non residenziali con una potenza nominale utile superiore a 70kW per gli impianti di riscaldamento, gli impianti di condizionamento d'aria oppure gli impianti di riscaldamento e ventilazione combinati in ambienti o gli impianti di condizionamento dell'aria e ventilazione combinati.”*

Comma 10: “I sistemi di automazione e controllo degli edifici sono in grado di:

- a) monitorare, registrare, analizzare e consentire continuamente di adeguare l'uso dell'energia;*
- b) confrontare l'efficienza energetica degli edifici, rilevare le perdite d'efficienza dei sistemi tecnici per l'edilizia e informare il responsabile delle strutture o della gestione tecnica dell'edificio delle opportunità di miglioramento in termini di efficienza energetica;*
- c) consentire la comunicazione con i sistemi tecnici per l'edilizia connessi e altre apparecchiature interne all'edificio, nonché essere interoperabili con i sistemi tecnici per l'edilizia con tecnologie proprietarie, dispositivi e fabbricanti diversi;*
- d) entro il 29 maggio 2026 monitorare la qualità degli ambienti interni.”*

Comma 11: “Gli Stati membri stabiliscono requisiti affinché, laddove tecnicamente ed economicamente fattibile, dal 29 maggio 2026, gli edifici residenziali nuovi e gli edifici residenziali sottoposti a ristrutturazioni importanti siano attrezzati con:

- a) una funzionalità di monitoraggio elettronico continuo, che misura l'efficienza dei sistemi e informa i proprietari o gli amministratori in caso di variazione significativa e qualora occorra procedere alla manutenzione dei sistemi;*
- b) funzionalità di regolazione efficaci ai fini della generazione, della distribuzione, dello stoccaggio e del consumo ottimali dell'energia e, se del caso, del bilanciamento idronico;*
- c) la capacità di reagire a segnali esterni e di adeguare il consumo di energia.*

Gli Stati membri possono escludere dai requisiti di cui al presente paragrafo le abitazioni monofamiliari sottoposte a ristrutturazioni importanti laddove i costi di installazione superino i vantaggi.”

Comma 12: “Gli Stati membri stabiliscono requisiti per garantire che, laddove tecnicamente ed economicamente fattibile, gli edifici non residenziali con una potenza nominale utile per gli impianti

di riscaldamento, gli impianti di condizionamento d'aria oppure gli impianti di riscaldamento e ventilazione combinati di ambienti o gli impianti di condizionamento dell'aria e ventilazione combinati:

- a) superiore a 290 kW siano dotati di controlli automatici dell'illuminazione entro il 31 dicembre 2027;*
- b) superiore a 70 kW siano dotati di controlli automatici dell'illuminazione entro il 31 dicembre 2029.*

I controlli automatici dell'illuminazione sono opportunamente localizzati e sono in grado di rilevare l'occupazione.””

Quanto riportato fornisce la prospettiva europea nel settore della gestione dell'energia negli edifici tramite il supporto e l'utilizzo di sistemi di automazione e controllo BACS per raggiungere gli obiettivi preposti di riduzione delle emissioni e dei consumi e il miglioramento dell'efficienza energetica. L'implementazione e la diffusione dei sistemi BACS, dei sistemi di monitoraggio e gestione dei consumi e di automazione dei controlli da parte di un sistema di supervisione TBS che analizza tutti i dati dell'edificio è uno strumento importante e fondamentale del quale l'Unione Europea richiede l'utilizzo e che ricoprirà un ruolo di grande importanza e fondamentale supporto nel percorso di sostenibilità.

Gli obblighi includono gli edifici di nuova costruzione. Per gli edifici esistenti di categoria residenziale non vi saranno obblighi di installare sistemi di automazione e controllo mentre gli edifici esistenti di categoria non-residenziale dovranno adeguarsi alla Direttiva (3) e rispettarne le tempistiche.

Ciò che dovrà cambiare non è semplicemente la strumentazione tecnica all'interno degli edifici bensì la concezione con cui verranno costruiti. L'idea che sta dietro al concetto di edificio sta subendo una profonda evoluzione: ad oggi è ritenuto il luogo dove ogni nostra necessità, sicurezza, bisogno psicofisico e fisiologico possono e devono essere soddisfatti, è l'ambiente interno dell'edificio che influenza la salute, la produttività ed il comfort degli occupanti e risultano essere di fondamentale importanza per la vita dell'uomo, per tali motivi il documento della Direttiva EPBD (3) include la necessità di monitorare la qualità degli ambienti interni. La norma su cui si basano le linee guida per la caratterizzazione dell'ambiente interno dell'edificio in condizioni standard di utilizzo è la EN 16798-1 (14) la quale è parte del EPB *Set Of Standards* e che tratta nello specifico la valutazione dei requisiti minimi dell'ambiente termico, *Indoor Air Quality* (IAQ) e ventilazione, umidità, illuminamento, rumore e l'impatto che ne hanno sulle performance energetiche dell'edificio.

L'obiettivo è rendere l'edificio in grado di soddisfare le necessità degli occupanti in modo automatizzato evitando sprechi energetici causati dalle possibili variabili che influiscono sul regime di lavoro. L'edificio mantiene e garantisce gli standard richiesti utilizzando la minor quantità di energia possibile, in base agli strumenti a disposizione, agendo in maniera proattiva e, ove possibile, predittiva agli input esterni ed interni all'edificio. L'edificio descritto possiede intelligenza ed è definito *Smart Building*. Alcune delle attuali definizioni di *Smart Building* sono:

- *“È un edificio che fornisce un ambiente produttivo e conveniente attraverso l'ottimizzazione dei suoi quattro elementi base (strutture, sistemi, servizi, gestione) e la loro interrelazione.”* (15)
- *“È un edificio che crea un ambiente che sfrutti appieno l'efficienza degli occupanti dell'edificio, consentendo allo stesso tempo una gestione competente delle risorse con il minor costo possibile di hardware lungo il suo ciclo di vita.”* (15)

È possibile affermare che gli aspetti chiave di un edificio per essere reputato intelligente sono:

1. Capacità di controllare e monitorare i consumi energetici: gli edifici intelligenti permettono il controllo ed il monitoraggio dei consumi energetici tramite applicazioni di *energy monitoring* in tempo reale in grado di registrare i dati di consumo energetico e fornire informazioni agli utenti.
2. Migliorare il comfort e la qualità dell'aria degli ambienti interni: attraverso la rete di sensori interni è possibile controllare il sistema di ventilazione dell'aria in modo proattivo e predittivo e mantenere un ambiente interno salubre monitorando la qualità dell'aria e le concentrazioni di inquinanti quali l'anidride carbonica.
3. Riduzione dell'impatto ambientale: come precedentemente riportato, in Europa gli edifici sono il più grande consumatore di energia richiedendone circa il 40% ed emettendo circa il 36% di anidride carbonica. Attraverso precise logiche di controllo è infatti possibile ridurre i consumi permettendo ai sistemi a servizio dell'edificio in condizione di rendimento massimo, minimizzando e tentando di annullare ogni spreco energetico.
4. Raggiungimento di un risparmio economico: conseguentemente al risparmio energetico che può essere ottenuto, vi è il risparmio economico conseguito grazie alla riduzione dei consumi dei vettori energetici ma anche alla flessibilità e capacità di generare ricavi tramite il flusso inverso dell'energia ovvero immettendola in rete quando non autoconsumata dagli occupanti.

Oltre agli aspetti chiavi sopra riportati è importante sottolineare come l'utilizzo di tecnologie che rendono l'edificio intelligente apporta un aumento nel valore degli immobili anche attraverso la

ristrutturazione profonda e potrebbe risultare un settore trainante per l'economia. Inoltre, le tecnologie informatiche quali software ed hardware risultano ad oggi insoddisfacenti se paragonati ai livelli di automazione, controllo e analisi che è necessario implementare e ciò comporterà una forte richiesta di figure professionali con competenze multidisciplinari nei settori energetico ed informatico con conseguente aumento dei posti di lavoro.

4. Descrizione del progetto

L'edificio in esame è un edificio di nuova costruzione situato a Torino (TO) in Via Guido Reni n. 41/43. Commissionato dalla società Immobiliare Bogino 23 Srl il progetto è stato affidato all'ing. Luigi Quaranta titolare dell'omonimo studio. In particolare, il progetto architettonico è stato eseguito dall'architetto Daniela Brusaschetto mentre il progetto strutturale è stato curato dall'ing. Cosimo Caruso dello studio Quaranta. Gli impianti sono stati progettati dall'ing. Marco Surra, titolare dello studio Surra. La impresa esecutrice è stata la Cogeis S.p.A. Si tratta di una nuova palazzina residenziale che permette di ospitare gratuitamente le famiglie dei bambini ricoverati nel reparto oncologico degli ospedali torinesi, altrimenti costretti a soggiornare in alberghi per lunghi periodi. È stato concepito per essere un luogo accogliente e confortevole per gli ospiti valorizzando la luce naturale, prediligendo una struttura quasi completamente vetrata, in modo da migliorare la percezione visiva degli occupanti e aumentarne il comfort psico-fisico.

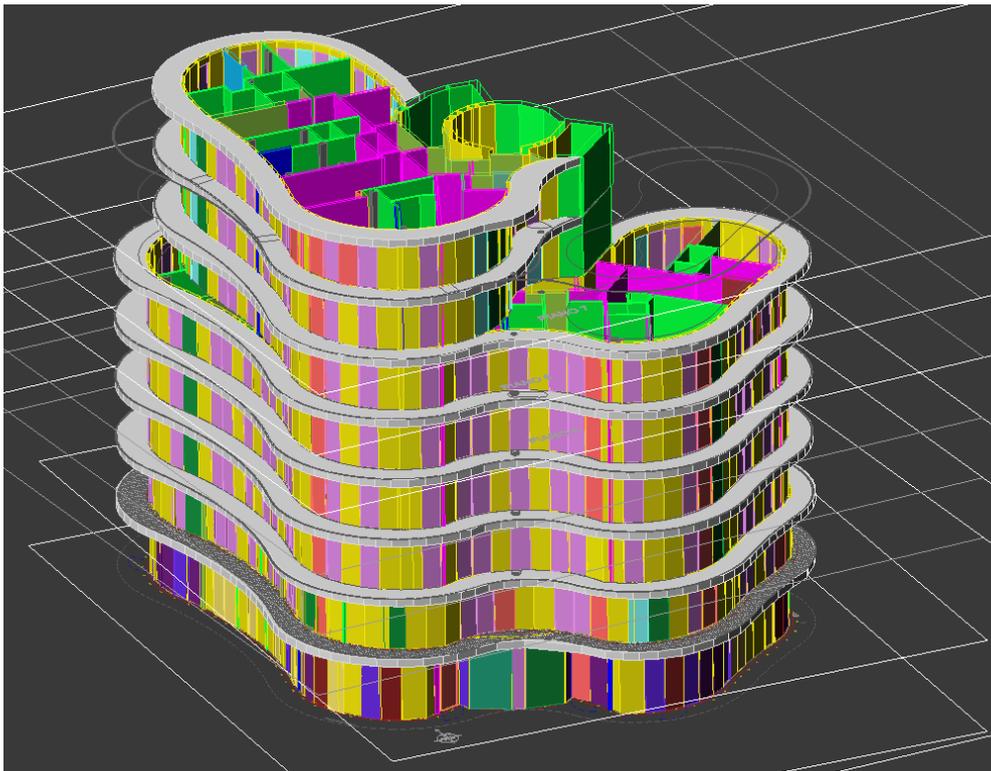


Figura 28 - Visualizzazione 3D dell'input grafico modellato sul software EdilClima

La progettazione ha seguito le linee guida dei requisiti energetici minimi attuali richiesti ed è stata posta un'attenzione particolare sulle prestazioni energetiche e sui consumi dell'edificio. I professionisti coinvolti hanno scelto di orientarsi verso la progettazione di un edificio ad energia quasi

zero, “Net Zero Energy Building” nZEB. Dalla definizione fornita dalla EPBD (5) è data dall’articolo 2 comma 3:

«edificio a energia quasi zero»: un edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all’allegato I, che non è peggiore del livello ottimale in funzione dei costi per il 2023 comunicato dagli Stati membri a norma dell’articolo 6, paragrafo 2, nel quale il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l’energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o l’energia da fonti rinnovabili prodotta nelle vicinanze.

4.1. Informazioni generali

L’edificio si sviluppa su sette piani nei quali sono presenti le residenze, gli uffici, le aree ristorazione e le aree comuni così suddivisi:

- Piano terra: è presente l’atrio d’ingresso, la reception, n° 1 residenza, la zona ristorante, zona piscina, spogliatoi e vano scala.
- Dal primo al settimo piano: sono presenti n° 30 residenze ed il vano scala.

Tutte le residenze alberghiere hanno all’interno camere da letto, cucina, bagni ed un soggiorno.

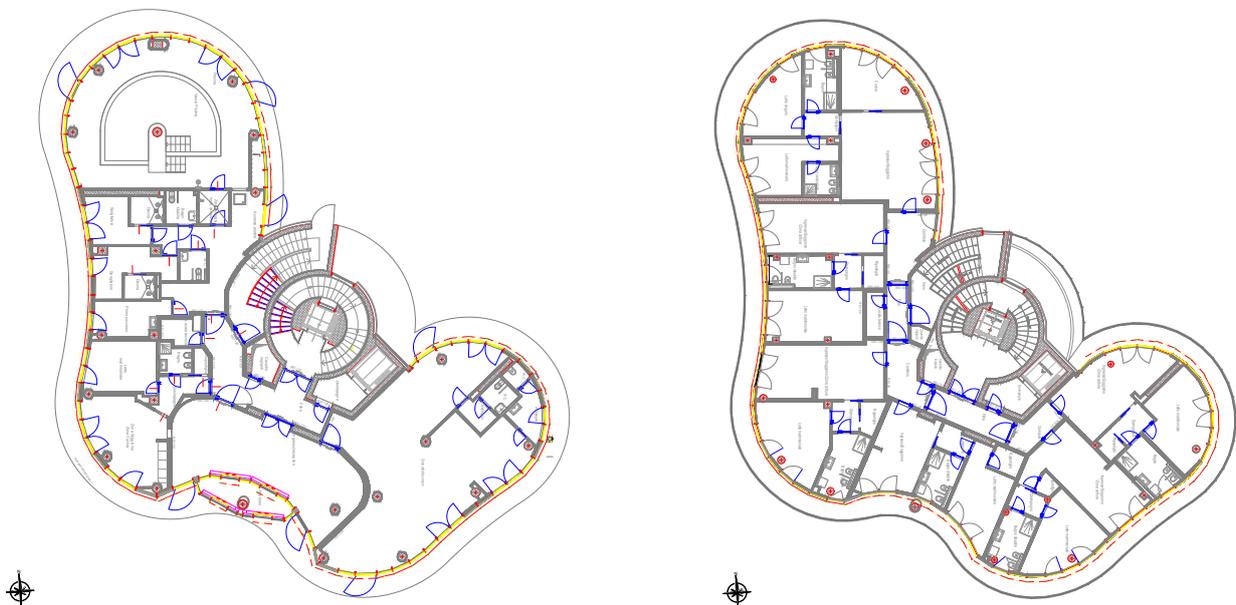


Figura 29 - Piante del piano terra (sx) e del primo piano (dx) in sezione dell’edificio in esame

4.2. Descrizione dei sistemi presenti nell'edificio

La progettazione energetica dell'edificio è stata sviluppata utilizzando il software EdilClima (16) inserendo le stratigrafie, gli impianti termotecnici presenti e compilando la Relazione Energetica (ex "Legge 10"). Sono presenti gli impianti di riscaldamento e condizionamento serviti da pompe di calore geotermiche ed accumulo termico, impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica posto in parte sui tetti e in parte è stato integrato nella struttura della facciata esterna dell'edificio, impianto di produzione di acqua calda sanitaria tramite pompa di calore dedicata ed accumulo termico, impianti di ventilazione con recuperatori di calore. La descrizione degli impianti presenti all'interno dell'edificio è necessaria al fine di valutare quali funzionalità considerate nello standard EN ISO 52120-1 (5) sono presenti ed il conseguente livello di automazione, risulterà quindi possibile valutarne la classe di automazione BACS e successivamente l'indice di predisposizione all'intelligenza dell'edificio SRI (4).

4.2.1. Impianto di riscaldamento e raffrescamento

L'impianto di riscaldamento e raffrescamento utilizza gli stessi terminali: è di tipo idronico con emissione negli ambienti tramite pannelli radianti a soffitto a bassa temperatura garantendo un'ottima inerzia termica. Il sistema di generazione è composto da n. 3 unità polivalenti geotermiche terra/acqua. La logica di funzionamento è la ripartizione dei carichi e la contemporanea produzione di acqua calda e fredda, permettendo alle macchine di lavorare a regimi inferiori rispetto al carico nominale, tali macchine infatti non subiscono un'evidente influenza della variazione di carico poiché i compressori sfruttano la tecnologia inverter. Sono inoltre presenti un accumulo termico caldo ad alta temperatura, un accumulo caldo a bassa temperatura ed un accumulo termico freddo della capacità di 3000 litri ciascuno per garantire rapidità di risposta alle richieste termiche. Dal collettore posto in centrale termica, nel piano seminterrato dell'edificio, si diramano successivamente i circuiti che alimentano i collettori di piano.

4.2.2. Impianto per l'acqua calda sanitaria

La produzione di acqua calda sanitaria è effettuata utilizzando una pompa di calore dedicata della medesima taglia e tecnologia delle pompe utilizzate per il riscaldamento ed il raffrescamento. Sul circuito dell'acqua calda sanitaria è posto inoltre un accumulo termico della capacità di 3000 litri.

4.2.3. Impianto di ventilazione

La ventilazione meccanica controllata è effettuata in tutti gli ambienti dell'edificio. I diversi ambienti sono raggruppati per tipologia, richiedendo quindi la necessità di n. 3 unità di trattamento aria. Tali impianti forniscono la portata d'aria di ricambio in tutto l'edificio permettendo il controllo dell'umidità interna. La distribuzione è effettuata negli ambienti tramite impianto canalizzato con immissione nelle camere, cucine e soggiorni ed estrazione nei bagni e nelle cucine. All'interno delle camere sono inoltre presenti dei deumidificatori per ovviare alla possibile eccessiva umidità presente nei bagni.

4.2.4. Impianto fotovoltaico

L'edificio dispone di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 110 kW posto in parte sul tetto dell'edificio ed in parte integrato all'interno della struttura architettonica. La presenza di tale impianto permette la diminuzione della richiesta dell'edificio di energia elettrica dalla rete, ed inoltre, l'energia elettrica prodotta è completamente sfruttata dalle pompe di calore anche nei momenti in cui non è richiesta energia termica dall'edificio accumulando energia termica nei serbatoi termici inerziali.

4.2.5. Sistemi di gestione e monitoraggio

All'interno dell'edificio è presente un sistema di gestione e monitoraggio che permette il corretto funzionamento degli impianti oltre a sistemi autonomi di gestione degli alloggi, i quali li rendono indipendenti e tramite il quale gli utenti hanno la possibilità di aumentare o diminuire il set point di temperatura interna. Tutti i sistemi installati sono di costruzione Siemens (17).

4.3. Valutazione classe BACS

La valutazione della classe BACS per l'edificio è svolta come descritto al capitolo 3 utilizzando la norma EN ISO 52120-1:2022 (5). Le tabelle mostrate di seguito mostrano quali funzioni e quali livelli di automazione sono presenti per l'impianto di riscaldamento (figura 30), l'impianto di raffrescamento (figura 31), l'impianto di ventilazione (figura 32), l'impianto di produzione di acqua calda sanitaria (figura 33), l'impianto di illuminazione (figura 34), il sistema di oscuranti (figura 35) ed il sistema di gestione degli impianti dell'edificio (figura 36).

CONTROLLO RISCALDAMENTO

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi								
		Residenziale				Non Residenziale				
		D	C	B	A	D	C	B	A	
Controllo di emissione										
<i>La funzione di controllo è applicata sul terminale a livello ambiente; per il tipo 1 una funzione può controllare diversi ambienti</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
	1	Controllo automatico centralizzato								
SE-H1C	2	Controllo automatico di ogni ambiente con valvole termostatiche o regolatore elettronico								
SE-H1B	3	Controllo automatico di ogni ambiente con comunicazione tra i regolatori e verso il sistema BAC *								
SE-H1A	4	Controllo integrato di ogni locale con comunicazione e controllo di presenza **								
* Per impianti con elevata inerzia termica (es. riscaldamento a pavimento) la funzione diventa di classe A										
** Non applicata a impianti con elevata inerzia termica										
Controllo di emissione per solai termo-attivi										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-H2C	1	Controllo automatico centralizzato								
SE-H2B	2	Controllo automatico centralizzato avanzato								
SE-H2A	3	Controllo automatico centrale avanzato a funzionamento intermittente e feed-back della temperatura ambiente								
Controllo temperatura acqua nella rete di distribuzione (mandata e ritorno)										
<i>Funzioni simili possono essere applicate al controllo di reti di riscaldamento elettrico</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-H3C	1	Compensazione con la temperatura esterna								
SE-H3A	2	Controllo basato sulla richiesta termica								
Controllo delle pompe di distribuzione										
<i>Le pompe controllate possono essere installate a diversi livelli nella rete di distribuzione</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-H4C	1	Controllo ON/OFF								
	2	Controllo pompa multi-stadio								
SE-H4A	3	Controllo pompe a velocità variabile								
	4	Controllo pompe a velocità variabile (basato su segnale esterno)								
Bilanciamento idronico della rete di riscaldamento										
<i>Il bilanciamento idronico è applicato in emissione o a un gruppo di emettitori maggiore di 10</i>										
	0	Nessun bilanciamento								
	1	Bilanciato staticamente per unità terminale senza bilanciamento di gruppo								
	2	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento statico di gruppo								
SE-H4aC	3	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento dinamico a gruppi (ad esempio per piano)								
SE-H4aA	4	Bilanciato dinamicamente per unità terminale								

Descrizione del progetto

Controllo intermittente della emissione e/o distribuzione

Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zone aventi lo stesso profilo di occupazione

	0	Nessun controllo automatico		
SE-H5C	1	Controllo automatico con programma orario fisso		
SE-H5B	2	Controllo automatico con partenza/arresto ottimizzato		
SE-H5A	3	Controllo automatico con calcolo della richiesta termica		

Controllo dei generatori a combustione o del teleriscaldamento

	0	Temperatura costante		
SE-H6C	1	Temperatura termovettore variabile in dipendenza da quella esterna		
SE-H6A	2	Temperatura variabile in dipendenza dal carico		

Controllo del generatore a pompe di calore

	0	Temperatura costante		
SE-H7C	1	Temperatura termovettore variabile in dipendenza da quella esterna		
SE-H7A	2	Temperatura termovettore variabile in dipendenza del carico o della richiesta		

Controllo dei generatori a unità esterna

	0	Controllo On-Off		
SE-H8B	1	Controllo multistadio della capacità del generatore in funzione del carico o della richiesta		
SE-H8A	2	Controllo variabile della capacità del generatore in funzione del carico o della richiesta		

Controllo sequenziale di differenti generatori

	0	Priorità basate solo sul tempo di funzionamento		
SE-H9C	1	Controllo in funzione di una lista di priorità fissa		
SE-H9B	2	Controllo in funzione di una lista di priorità dinamica		
SE-H9A	3	Controllo in funzione di una lista di priorità dinamica basata sulla previsione del carico		

Controllo dei serbatoi di accumulo dell'energia termica

	0	Accumulo continuo		
SE-H10B	1	Accumulo del serbatoio a due sensori		
SE-H10A	2	Accumulo del serbatoio basato sulla previsione del carico		

Figura 30 – Funzioni e livelli BACS del sistema di riscaldamento presente (13)

CONTROLLO RAFFRESCAMENTO

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi								
		Residenziale				Non Residenziale				
		D	C	B	A	D	C	B	A	
Controllo di emissione										
<i>La funzione di controllo è applicata sul terminale a livello ambiente; per il tipo 1 una funzione può controllare diversi ambienti</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
	1	Controllo automatico centralizzato								
SE-C1C	2	Controllo automatico di ogni ambiente con valvole termostatiche o regolatore elettronico								
SE-C1B	3	Controllo automatico di ogni ambiente con comunicazione tra i regolatori e verso il sistema BAC *								
SE-C1A	4	Controllo integrato di ogni locale con comunicazione e controllo di presenza **								
* Per impianti con elevata inerzia termica (es. raffrescamento a pavimento) la funzione diventa di classe A										
** Non applicata a impianti con elevata inerzia termica										
Controllo di emissione per solai termo-attivi										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-C2C	1	Controllo automatico centralizzato								
SE-C2B	2	Controllo automatico centralizzato avanzato								
SE-C2A	3	Controllo automatico centrale avanzato a funzionamento intermittente e feed-back della temperatura ambiente								
Controllo temperatura acqua nella rete di distribuzione (mandata e ritorno)										
<i>Funzioni simili possono essere applicate al controllo di reti di raffrescamento elettrico</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-C3C	1	Compensazione con la temperatura esterna								
SE-C3A	2	Controllo basato sulla richiesta termica								
Controllo delle pompe di distribuzione										
<i>Le pompe controllate possono essere installate a diversi livelli nella rete di distribuzione</i>										
	0	Nessun controllo automatico								
SE-C4C	1	Controllo ON/OFF								
	2	Controllo pompa multi-stadio								
SE-C4A	3	Controllo pompe a velocità variabile								
	4	Controllo pompe a velocità variabile (basato su segnale esterno)								
Bilanciamento idronico della rete di raffrescamento										
<i>Il bilanciamento idronico è applicato in emissione o a un gruppo di emettitori maggiore di 10</i>										
	0	Nessun bilanciamento								
	1	Bilanciato staticamente per unità terminale senza bilanciamento di gruppo								
	2	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento statico di gruppo								
SE-C4aC	3	Bilanciato staticamente per unità terminale con bilanciamento dinamico a gruppi (ad esempio per piano)								
SE-C4aA	4	Bilanciato dinamicamente per unità terminale								

Descrizione del progetto

Controllo intermittente della emissione e/o distribuzione

Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zone aventi lo stesso profilo di occupazione

	0	Nessun controllo automatico		
SE-C5C	1	Controllo automatico con programma orario fisso		
SE-C5B	2	Controllo automatico con partenza/arresto ottimizzato		
SE-C5A	3	Controllo automatico con calcolo della richiesta termica		

Interblocco tra riscaldamento e raffrescamento a livello di generazione e/o distribuzione

	0	Nessun interblocco		
SE-C6B	1	Parziale interblocco (dipende dal sistema di condizionamento HVAC)		
SE-C6A	2	Interblocco totale		

Controllo del generatore

L'obiettivo consiste generalmente nel massimizzare la temperatura di esercizio del generatore (chiller)

	0	Temperatura costante		
SE-C7B	1	Temperatura termovettore variabile in dipendenza da quella esterna		
SE-C7A	2	Temperatura termovettore variabile in dipendenza del carico o della richiesta		

Controllo sequenziale di differenti generatori

	0	Priorità basate solo sui tempi di funzionamento		
SE-C8C	1	Controllo fisso in funzione del carico		
SE-C8B	2	Priorità basate sull'efficienza e le caratteristiche di funzionamento dei generatori		
SE-C8A	3	Sequenza basata sulla previsione del carico		

Controllo dei serbatoi di accumulo dell'energia termica

	0	Accumulo continuo		
SE-C9C	1	Accumulo del serbatoio secondo programma orario		
SE-C9A	2	Accumulo del serbatoio basato sulla previsione del carico		

Figura 31 – Funzioni e livelli del sistema di raffrescamento presente (13)

CONTROLLO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo mandata aria in ambiente									
	0	Nessun controllo							
SE-V1B	1	Controllo a tempo							
SE-V1B	2	Controllo in funzione dell'occupazione							
SE-V1A	3	Controllo in funzione della qualità dell'aria							
Controllo temperatura aria in ambiente									
	0	Controllo On-Off							
SE-V2C	1	Controllo continuo							
SE-V2A	2	Controllo ottimizzato							
Coordinazione tra sistema di ventilazione e sistemi statici per il controllo della temperatura ambiente									
	0	Senza coordinazione							
SE-V3A	1	Coordinazione presente							
Controllo della portata d'aria esterna									
	0	Controllo fisso							
SE-V4B	1	Controllo della portata d'aria esterna (alta o bassa) da programma orario							
SE-V4B	2	Controllo della portata d'aria esterna (alta o bassa) in funzione dello stato di occupazione							
SE-V4A	3	Controllo variabile							
Controllo portata o pressione nella macchina di trattamento aria									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-V5C	1	Controllo a tempo							
	2	Controllo automatico multi-stadio							
SE-V5A	3	Controllo automatico di portata o pressione (senza reset)							
	4	Controllo automatico di portata o pressione (con reset)							
Controllo sbrinamento del recuperatore di calore									
	0	Senza controllo di sbrinamento							
SE-V6A	1	Recuperatore con controllo di sbrinamento							
Controllo surriscaldamento del recuperatore di calore									
	0	Senza controllo di surriscaldamento							
SE-V7A	1	Controllo di surriscaldamento recuperatore di calore							
Raffrescamento meccanico gratuito									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-V8C	1	Raffrescamento notturno							
SE-V8B	2	Raffrescamento gratuito (free cooling)							
SE-V8A	3	Controllo entalpico							
Controllo della temperatura di mandata									
	0	Nessun controllo automatico							
SE-V9C	1	Set point a punto fisso							

Descrizione del progetto

SE-V9B	2	Set point variabile con compensazione in funzione della temperatura esterna			
SE-V9A	3	Set point variabile con compensazione in funzione del carico			
Controllo umidità					
	0	Nessun controllo automatico			
SE-V10C	1	Controllo del punto di rugiada			
SE-V10A	2	Controllo dell'umidità			

Figura 32 - Funzioni e livelli del sistema di ventilazione presente (13)

CONTROLLO ACQUA CALDA SANITARIA

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1		Definizione delle Classi							
			Residenziale				Non Residenziale			
			D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo della temperatura di accumulo mediante riscaldatore elettrico integrato o pompa di calore										
	0	Controllo automatico ON/OFF								
SE-W1C	1	Regolazione automatica ON/OFF della temperatura di accumulo e programma orario								
SE-W1A	2	Regolazione automatica ON/OFF della temperatura di accumulo con programma orario. Gestione con sensori multipli								
Controllo della temperatura di accumulo usando generatore di calore										
	0	Controllo automatico ON/OFF								
SE-W2C	1	Controllo automatico ON/OFF e controllo temporale								
SE-W2A	2	Controllo automatico ON/OFF; controllo temporale, accumulo in funzione della richiesta o controllo della temperatura di ritorno e gestione con più sensori di temperatura								
Controllo della temperatura nel serbatoio con collettori solari e generazione di calore esterna										
	0	Controllo manuale per energia solare o generatore di calore								
SE-W3C	1	Controllo automatico per accumulo da fonte solare (prioritaria) e integrazione con altra fonte								
SE-W3A	2	Controllo automatico per accumulo da fonte solare (prioritaria) e integrazione con altra fonte, accumulo in funzione della richiesta, controllo della temperatura di ritorno e gestione con più sensori di temperatura								
Controllo delle pompe ACS										
	0	Nessun controllo temporale, funzionamento continuo								
SE-W4A	1	Controllo temporale								

Figura 33 - Funzioni e livelli del sistema di produzione di acqua calda sanitaria presente (13)

CONTROLLO ILLUMINAZIONE

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo presenza									
	0	Interruttore manuale							
SE-L1C	1	Accensione manuale + spegnimento automatico							
SE-L1A	2	Rilievo in automatico della presenza in ambiente (auto on) *							
	3	Rilievo in automatico della presenza in ambiente (manual on) *							
Controllo luce diurna									
	0	Manuale centralizzato							
	1	Manuale per ogni locale/zona							
SE-L2B	2	Accensione automatica *							
SE-L2A	3	Dimming automatico *							

* Nel residenziale è solitamente applicato nelle sole aree pubbliche (ad es. scale, corridoi, ecc.)

Figura 34 - Funzioni e livelli del sistema di illuminazione presente (13)

CONTROLLO SCHERMATURE SOLARI

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
Controllo Schermature Solari									
	0	Completamente manuale							
	1	Azionamento motorizzato con comando manuale							
SE-B1C	2	Controllo motorizzato con azionamento automatico							
SE-B1A	3	Controllo combinato luce/tapparelle/HVAC							

Figura 35 – Funzioni e livello del sistema di schermature solari presente (13)

GESTIONE CENTRALIZZATA DEGLI IMPIANTI TECNICI DELL'EDIFICIO (TBM)

Codice di funzione	Rif. UNI EN ISO 52120-1	Definizione delle Classi									
		Residenziale				Non Residenziale					
		D	C	B	A	D	C	B	A		
Gestione set point											
	0	Impostazione manuale per ogni ambiente									
	1	Modifiche solo da vani tecnici distribuiti/decentralizzati									
	2	Modifiche da una sala centrale									
SE-T1A	3	Modifiche da una sala centrale con frequenti annullamenti delle variazioni degli utenti									
Programmi orari											
	0	Impostazione manuale									
	1	Impostazione individuale con programmazione oraria predefinita, pre-accensioni e pre-spegnimenti fissi									
SE-T2A	2	Impostazione individuale con programmazione oraria predefinita, pre-accensioni e pre-spegnimenti variabili									
Rilevamento guasti, diagnostica e supporto alla diagnosi dei guasti											
	0	Nessuna indicazione centralizzata di guasti e allarmi									
	1	Indicazione centralizzata di guasti e allarmi									
SE-T3A	2	Indicazione centralizzata di guasti e allarmi con funzioni diagnostiche									
Rapporto riguardante consumi energetici e condizioni ambientali interne											
	0	Solo indicazione di misure									
	1	Curve di tendenza e calcolo dei consumi									
SE-T4A	2	Analisi evolute, valutazione prestazione energetica, benchmarking									
Produzione di energia locale e da fonti rinnovabili											
	0	Generazione senza coordinamento con disponibilità di energie rinnovabili; sovrapproduzione ceduta alla rete									
SE-T5A	1	Generazione coordinata per ottimizzare l'autoconsumo, con possibilità di accumuli di energia									
Recupero e accumulo di calore											
	0	Utilizzo istantaneo del calore di recupero									
SE-T6A	1	Gestione dell'utilizzo del calore recuperato o accumulato									
Integrazione con smart grid											
	0	Assenza di coordinamento tra la rete elettrica e i sistemi energetici dell'edificio; l'edificio è gestito indipendentemente dal carico della rete									
SE-T7A	1	La gestione e il funzionamento dei sistemi energetici dell'edificio dipendono dal carico della rete di distribuzione elettrica									

Figura 36 - Funzioni e livelli del sistema di gestione degli impianti dell'edificio presente (13)

4.4. Calcolo indice SRI

La valutazione dello *Smart Readiness Indicator* (4) è effettuato tramite il foglio di calcolo Excel (10) descritto al paragrafo 2.2. Come per la valutazione della classe BACS, sono compilate le tabelle in funzione del livello raggiunto dalle componenti dei sistemi presenti; il risultato mostrato nella figura 37:

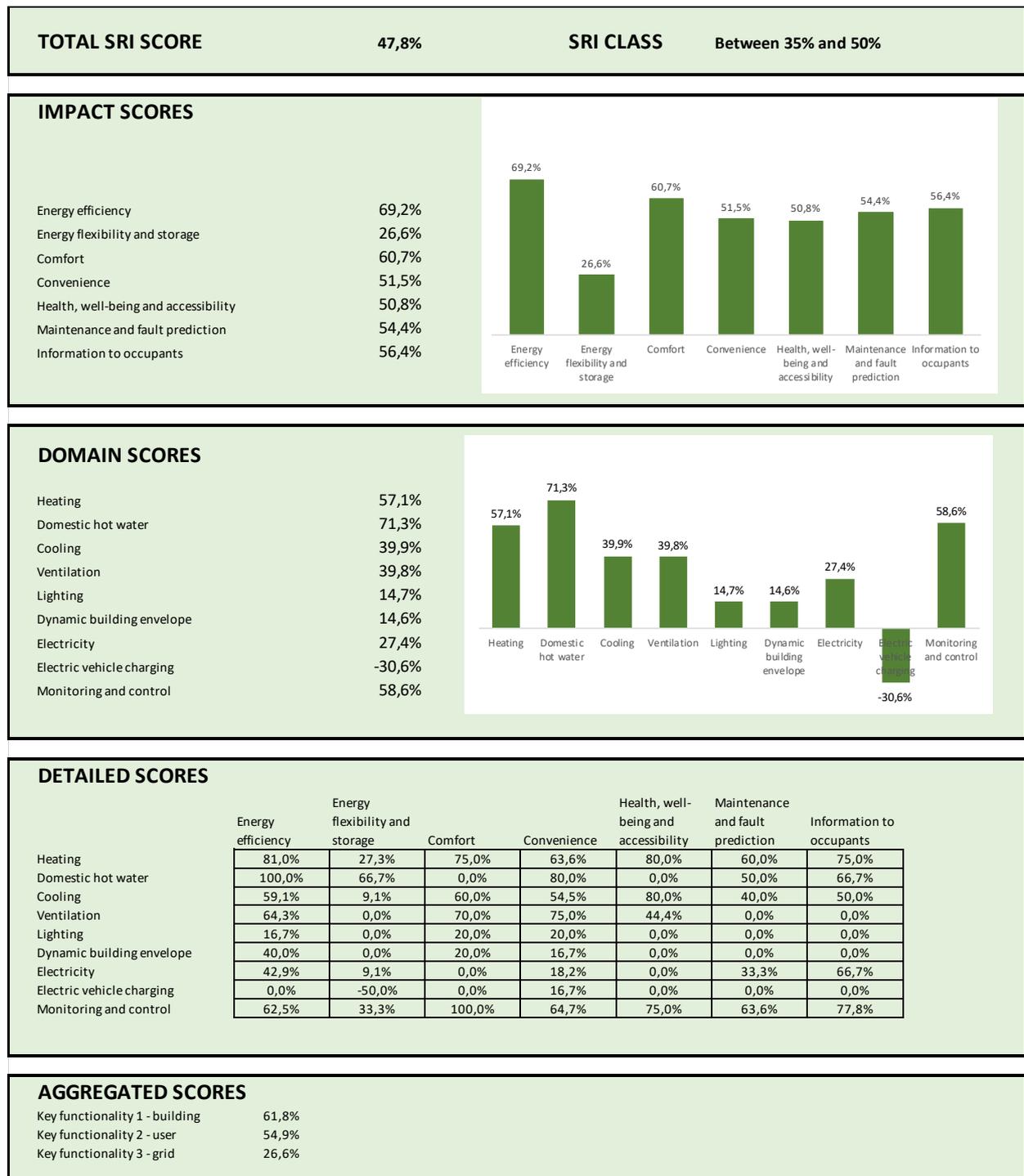


Figura 37 - Risultato della valutazione dell'indice SRI relativo all'edificio in esame

Descrizione del progetto

Il valore SRI è 47,8%. Tale valore può sembrare basso, eppure deve essere considerato che il mancato raggiungimento del massimo livello possibile in determinati sistemi non dipende unicamente dall'edificio ma anche dai sistemi esterni che potrebbero interagire con l'edificio ma che, attualmente, non sono presenti. È possibile notare che alla funzione chiave che riguarda l'interazione con la rete elettrica è dato il minor valore pari al 26,6 % influenzando negativamente l'SRI. Tale valore non è un risultato aggregato di più criteri d'impatto come nel caso delle funzioni chiave riferite all'informativa degli utenti e ai sistemi dell'edificio ma unicamente del criterio d'impatto riferito alla flessibilità energetica e all'accumulo.

Rimane comunque vero che le funzioni richieste per poter praticamente essere utilizzate ad oggi non sono in realtà di possibile implementazione, mancando alla base il dialogo necessario tra gli edifici e la rete elettrica nazionale ovvero il cambio da semplice "grid" a "smart grid". Tale funzionalità ci sarà quando la rete elettrica potrà dialogare, fornire e ricevere informazioni e dati dagli edifici, funzionalità che, al momento, non è implementabile ma che è oggetto di studio e di sperimentazione.

5. Simulazione energetica dinamica

Il metodo seguito per effettuare la valutazione dell'impatto dei sistemi BACS sull'edificio è l'approccio diretto (*direct approach*): la valutazione delle prestazioni energetica è svolta tramite simulazione dinamica dettagliata del sistema edificio-impianto sul periduo di un anno con base oraria come descritta dalla norma EN 52016-1 (11). Per svolgere la simulazione è necessario l'utilizzo di un software tool che sia in grado di applicare la simulazione dinamica su base oraria. È stato necessario l'utilizzo di tre software tool per procedere alle simulazioni:

1. *SketchUp* (18): software di supporto utilizzato per la modellazione geometrica e architettonica dell'edificio tramite il quale sono stati creati gli ambienti, le zone termiche e sono state poste le condizioni al contorno per ogni superficie dell'edificio.
2. *OpenStudio* (19): software di supporto utilizzato tramite il tool presente su SketchUp (18) per semplificare l'inserimento di schedule, profili di occupazione, stratigrafie, carichi interni di illuminamento e apparecchiature elettroniche, suddivisione delle zone termiche. Successivamente il file creato è esportato in formato .IDF sul quale si lavorerà su EnergyPlus (20).
3. *EnergyPlus* (20): il software di simulazione dinamica utilizzato il quale permette di inserire tutte le informazioni necessarie alla completa e reale simulazione dinamica. EnergyPlus (20) nasce come ambiente di simulazione dinamica completo il quale non necessita di ulteriori software di supporto, la necessità è dovuta alla complessità del suo utilizzo.

5.1. Modellazione grafica con SketchUp (18)

La modellazione grafica della geometria dell'edificio è stata effettuata tramite il software di interfaccia grafica SketchUp (18). Sketchup (18) permette di rappresentare qualsiasi geometria che caratterizza l'edificio, creare edifici geometricamente complessi, descrivere in modo dettagliato la posizione e la forma delle superfici opache e vetrate ed inserire ingombri e strutture che influenzano l'ombreggiamento sull'edificio.

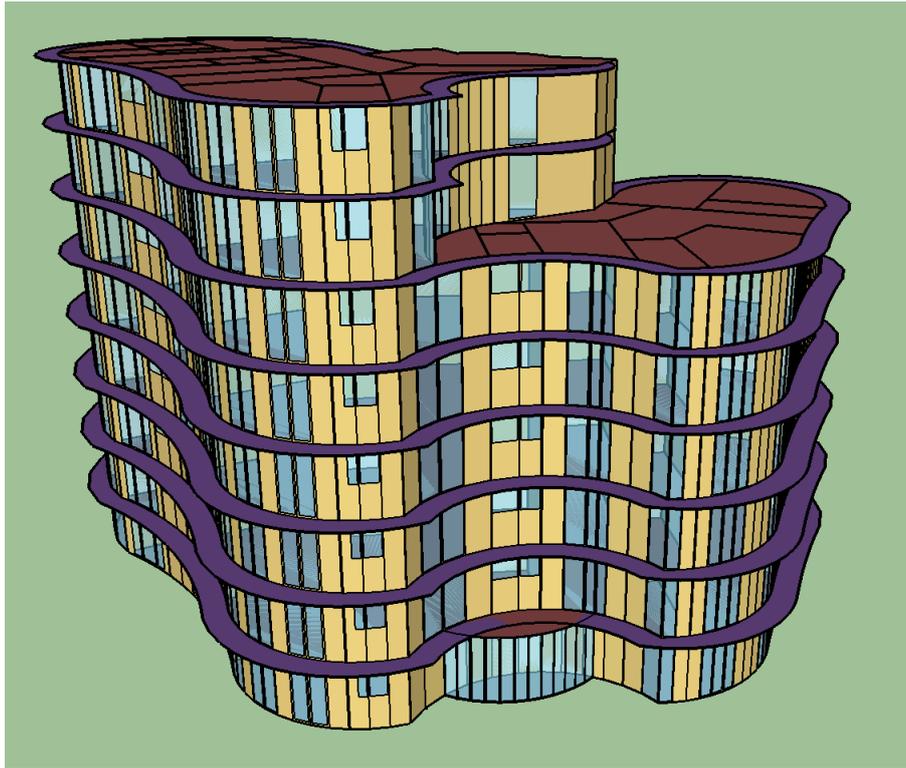


Figura 38 - Modello architettonico utilizzato su Sketchup (18)

5.2. Modellazione con OpenStudio (19)

Tramite il software OpenStudio (19) sono state descritte le condizioni al contorno, le stratigrafie delle superfici, raggruppati gli ambienti nelle zone termiche, inseriti i profili d'occupazione e carichi interni e, infine, i sistemi energetici presenti all'interno. Le stratigrafie dell'edificio modellate sono le medesime inserite nel software Edilclima (16) per la redazione della Relazione Energetica dell'edificio.

5.2.1. Profili di occupazione

I profili di occupazione, le temperature di set-point estive ed invernali e le potenze dagli apporti interni gratuiti inseriti sul software Open Studio (19) sono stati esportati dall'archivio del software Edilclima (16) in base alla categoria di locale considerato, questo per consentire che la simulazione dinamica avvenga in condizioni reali e standardizzate.

5.2.2. Suddivisione zone termiche

La suddivisione degli spazi è stata fatta in base alla tipologia di locale, all'esposizione verso l'esterno e alle condizioni al contorno:

- P0 Spogliatoio
- P0 Ristorante
- P0 Reception
- P0 Hole/Bar
- P0 Cucina
- P0 Piscina
- P0 Residenza 1
- Corridoi
- Scale
- P1 Residenza 1
- P1 Residenza 2
- P1 Residenza 3
- P1 Residenza 4
- P1 Residenza 5
- P1 Residenza 6
- P5 Residenza 4
- P5 Residenza 5
- P5 Residenza 6
- P6 Residenza 3
- P7 Residenza 1
- P7 Residenza 2
- P7 Residenza 3

Gli spazi creati sono successivamente raggruppati per semplicità in zone termiche, considerando le simili condizioni di occupazione, utilizzo, esposizione e richiesta termica:

- Residenze
- Luoghi comuni

5.3. Modellazione degli impianti con EnergyPlus (20)

La modellazione degli impianti è sviluppata sul software EnergyPlus (20). Gli impianti descritti ed inseriti all'interno della simulazione energetica sono:

1. Impianto di riscaldamento e raffrescamento in ogni ambiente con emissione in ambiente tramite pannelli radianti a bassa temperatura posti a soffitto.
2. Impianto di ventilazione negli ambienti consta un'unica unità di trattamento aria per tutto l'edificio con emissione in ambiente tramite diffusori canalizzati. L'unità di trattamento aria è costituita da:
 - a. Un recuperatore di calore
 - b. Serrande di estrazione ed immissione aria regolabili
 - c. Batteria di raffreddamento e deumidificazione
 - d. Batteria di riscaldamento
 - e. Ventilatore di mandata
 - f. Ventilatore di ripresa
3. Impianti autonomi di deumidificazione delle singole zone termiche ambiente tramite deumidificatore ad espansione diretta.
4. Impianto di generazione dell'energia termica per riscaldamento e raffrescamento tramite pompe di calore geotermiche poste in parallelo.

Seppur sono presenti ulteriori impianti all'interno dell'edificio in esame, le semplificazioni risultano necessarie per permetterne una prima analisi; su tali sistemi verte l'analisi energetica dei risultati ricavati dalla simulazione dinamica.

5.4. Classe BACS: edificio in esame

5.4.1. Modellazione dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento

L'impianto di riscaldamento e raffrescamento è caratterizzato dall'emissione in ambiente tramite pannelli radianti a bassa temperatura posti a soffitto. Tale impianto è modellato su EnergyPlus inserendo, per ogni ambiente in cui è installato, un nuovo oggetto nella sezione *ZoneHVAC:LowTemperatureRadiant:VariableFlow*. Ciò che può essere modellato utilizzando questa sezione è un sistema di emissione radiante a pavimento, a soffitto o a parete, il quale è caratterizzato dalla temperatura del fluido in ingresso costante e la portata variabile. Per compilare correttamente la sezione è necessario compilare i dati tecnici di design dell'impianto nella sezione *ZoneHVAC:LowTemperatureRadiant:VariableFlow:Design* e, successivamente, selezionarla dal campo "Object Design". Per la corretta e completa compilazione delle sezioni richieste, si rimanda alla guida *InputOutput* (21) fornita da EnergyPlus (20).

Il campo che descrive il comportamento di funzionamento e controllo del sistema considerato è denominato "*Set Point Control Type*", tale campo può essere compilato come:

1. *HalfFlowPower*: l'impianto dimezza la portata d'acqua in ambiente nel momento in cui è raggiunto il set point richiesto.
2. *ZeroFlowPower*: l'impianto azzerava la portata d'acqua in ambiente nel momento in cui è raggiunto il set point richiesto.

Tali sistemi di controllo devono essere compilati parallelamente ai campi "*Heating/Cooling Control Throttling Range*" e "*Heating/Cooling Temperature Schedule Name*". Queste ultime sono compilate attraverso l'inserimento di schedule di set point, tali schedule possono essere caratterizzate da valori costanti o variabili nel tempo, sia giornalmente che mensilmente. Nei campi denominati "*Control Throttling Range*" è richiesto l'inserimento di un valore intero da 0 a 2, il loro inserimento comporta:

1. Valore 0: l'impianto ha una tolleranza di differenza di temperatura tra la temperatura ambiente e la temperatura di set point nulla, ciò comporterà un funzionamento di tipo ON/OFF.
2. Valore 1: l'Impianto ha una tolleranza di differenza di temperatura tra la temperatura ambiente e la temperatura di set point pari a 1 °C. Nel caso in cui il set point risultasse di 20 °C, le

temperature di oscillazione risultano 20.5 °C e 19.5 °C. Se il campo “*Set Point Control Type*” è stato compilato come “*HalfFlowPower*” il sistema avrà la portata massima per una temperatura interna pari a 19.5 °C, dimezzerà la sua portata al raggiungimento della temperatura di 20 °C in ambiente e la annullerà alla temperatura di 20.5 °C.

3. Valore 2: l’Impianto ha una tolleranza di differenza di temperatura tra la temperatura ambiente e la temperatura di set point pari a 1 °C. Nel caso in cui il set point risultasse di 20 °C, le temperature di oscillazione risultano 21 °C e 19 °C. Se il campo “*Set Point Control Type*” è stato compilato come “*HalfFlowPower*” il sistema avrà la portata massima per una temperatura interna pari a 19 °C, dimezzerà la sua portata al raggiungimento della temperatura di 20 °C in ambiente e la annullerà alla temperatura di 21 °C.

Il sistema di controllo presente all’interno dell’edificio in esame è modellato compilando i campi come di seguito:

- Set Point Control Type: *HalfFlowPower*
- Heating Control Throttling Range: 1
- Cooling Control Throttling Range: 1
- Heating Temperature Schedule Name: *H_Set_Point*
- Cooling Temperature Schedule Name: *C_Set_Point*

Tale compilazione permette la modellazione dei sistemi con codice SE-H1, SE-H2, SE-H3, SE-C1, SE-C2 e SE-C3, riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione A.

5.4.2. Pompe di circolazione

Le pompe di circolazione sono presenti sia sul circuito di riscaldamento e raffrescamento sia sul circuito di condensazione delle pompe di calore tramite sonde geotermiche. La loro descrizione avviene nella sezione “*HeaderedPumps:VariableSpeed*” dove è possibile compilare relativi alla portata nominale, assorbimento elettrico, prevalenza, efficienza ed è necessario inserire i coefficienti relativi alla curva di carico della pompa considerata. Il tipo di controllo della pompa deve essere inserito compilando il campo “*Pump Control Type*” con una delle seguenti voci:

1. *Continuos*: il regime di funzionamento varia in funzione della portata richiesta tra il limite minimo ed il limite massimo. In questo caso, la pompa funzionerà in modo da fornire sempre la portata richiesta.

2. Intermittent: se non vi è carico la pompa si spegne, anche se la richiesta di flusso è inferiore rispetto al valore di design specificato.

Il sistema di controllo presente all'interno dell'edificio in esame è modellato compilando i campi come di seguito:

- Pump Control Type: Continuous

Tale compilazione permette la simulazione dei sistemi SE-H4 e SE-C4, riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione A.

5.4.3. Modellazione dell'impianto di ventilazione

L'impianto di ventilazione è modellato utilizzando un'unità di trattamento aria posta a servizio dell'intero edificio, ogni ambiente è predisposto di un impianto canalizzato per l'aria trattata di immissione e di un impianto di ripresa. L'unità di trattamento aria è richiesta per soddisfare i requisiti di ventilazione interna degli ambienti, garantendo il corretto ricambio d'aria e l'eliminazione degli inquinanti. In ogni ambiente è presente una bocchetta di emissione ed una di estrazione. Per garantire le corrette condizioni termo igrometriche dell'aria immessa in ambiente è presente una batteria di raffreddamento, una batteria di riscaldamento, una serranda di miscelazione dell'aria la quale controlla la portata minima di aria esterna immessa in ambiente ed un recuperatore di calore. Sono inoltre posti n. 2 ventilatori a portata variabile: uno a valle dell'unità di trattamento aria ed uno a monte del canale di estrazione.

Le condizioni dell'aria immessa in ambiente, la portata d'aria ed il funzionamento del sistema sono controllate tramite la sezione “*Controller:WaterCoil*” , “*Controller:OutdoorAir*” e “*Controller:MechanicalVentilation*”. Le tre sezioni compilate, successivamente all'inserimento delle schedule, set-point e controlli adeguati, permettono di modellare in maniera precisa il comportamento dell'unità di trattamento aria nelle diverse condizioni di lavoro nelle quali il sistema si trova a lavorare.

La sezione “*Controller:WaterCoil*” permette di controllare il comportamento delle batterie di raffreddamento e di riscaldamento all'interno dell'unità di trattamento aria in base alla variazione dei set point fissati. Il campo che permette quale variabile è il riferimento dell'azione di controllo è denominata “*Control Variable*” ed è compilabile inserendo:

1. *Temperature*: la variabile di riferimento è la temperatura rilevata dal sensore nel nodo assegnato.

2. *HumidityRatio*: la variabile di riferimento è l'umidità relativa rilevata dal sensore nel nodo assegnato.
3. *TemperaturaAndHumidityRatio*: le variabili di riferimento sono sia la temperatura che l'umidità relativa rilevate dal sensore nel nodo assegnato.

Il campo “*Action*” determina l'azione che consegue il perseguimento dei set point fissati, come definito nel capitolo dedicato all'interno della guida InputOutput (21) fornita da EnergyPlus (20):

1. *Reverse*: utilizzata per il controllo delle batterie di raffreddamento.
2. *Normal*: utilizzata per il controllo delle batterie di riscaldamento

Il campo “*Actuator Variabile*” determina la variabile controllata al fine di mantenere le condizioni fissate e, nel caso delle batterie ad acqua, l'unica variabile che può essere controllata è denominata “*Flow*” ovvero la portata di acqua all'interno delle batterie.

Nel campo “*Sensor Node Name*” è necessario inserire la posizione del sensore che rileva le condizioni termo igrometriche della “*Control Variable*” precedentemente inserita. Il campo “*Actuator Node Name*” contiene il nome del nodo in cui è posto l'attuatore riferito all'”*Actuator Variable*” in grado di modificare la portata d'acqua.

La sezione “*Controller:OutdoorAir*” permette di controllare il funzionamento dell'economizzatore, della portata di ventilazione meccanica, di *start&stop* programmati e necessari alla macchina e del recuperatore di calore.

Il controllo della logica di funzionamento dell'economizzatore è caratterizzato dalle differenti modalità di controllo:

1. *NoEconomizer*: l'economizzatore non è utilizzato e verrà immessa in ambiente soltanto la portata d'aria esterna minima richiesta.
2. *DifferentialDryBulb*: la portata d'aria varia tra il valore minimo quando la temperatura esterna di bulbo secco è maggiore della temperatura di bulbo secco di ritorno dell'aria.
3. *DifferentialEnthalpy*: quando l'entalpia dell'aria esterna è maggiore dell'entalpia dell'aria di ritorno, la portata d'aria esterna è posta al minimo.
4. *FixedDryBulb*: l'economizzatore pone il flusso minimo di portata d'aria esterna quanto la temperatura di bulbo secco dell'aria esterna è maggiore di un limite fissato.
5. *FixedEnthalpy*: pone la porta d'aria al minimo quando l'entalpia dell'aria esterna è maggiore di un limite fissato.

6. *FixedDewPointAndDryBulb*: compara la temperatura di rugiada e la temperatura di bulbo secco dell'aria esterna rispetto a determinati valori limite. Se entrambi i valori eccedono i limiti imposti la portata d'aria esterna è posta al minimo
7. *ElectronicEnthalpy*: simula il valore di umidità relativa dell'aria esterna in funzione della temperatura di bulbo secco e di una determinata curva quadratica/cubica e compara con il reale valore di umidità relativa dell'aria esterna. Se il valore reale è maggiore del valore calcolato la portata d'aria esterne è posta al minimo
8. *DifferentialDryBulbAndEnthalpy*: permette il duplice funzionamento delle modalità *DifferentialDryBulb* e *DifferentialEnthalpy*.

Il campo “*Economizer Control Action Type*” permette di descrivere l'azione di controllo dell'economizzatore al variare dei set-point fissati:

1. *ModulateFlow*: la frazione di aria esterna aumenta per regolare e raggiungere il set-point di temperatura dell'aria miscelata.
2. *MinimumFlowWithBypass*: è possibile inserirla solo nel caso in cui è presente uno scambiatore di calore e permette il *free cooling* in assenza dell'economizzatore.

I campi successivi fissano i set point delle condizioni di funzionamento dell'economizzatore e i valori limite di funzionamento.

La sezione “*Controller:MechanicalVentilation*” è di semplice compilazione e permette la caratterizzazione completa della portata di aria esterna necessaria a tutte le zone termiche presenti all'interno dell'edificio, potendo inserire all'interno dei campi i nomi delle zone termiche servite dall'unità di trattamento d'aria e le voci “*Design Specification Outdoor Air*” compilate nella sezione “*DesignSpecification:ZoneAirDistribution*” nelle quali è descrivere la distribuzione dell'aria in termini di efficienza di distribuzione.

È altresì modellata la logica di valutazione della quantità di portata di ventilazione immessa in ambiente secondo un criterio che non prevede una portata fissa come descritto dalla UNI EN 10339, imponendo una portata fissa in funzione della tipologia di ambiente, occupanti presenti o ricambi ora ma bensì regolando la portata di immissione in modo dinamica in funzione dell'effettiva occupazione del singolo ambiente e della concentrazione degli inquinanti presenti. È possibile implementare tale logica di funzionamento simulando la concentrazione della CO₂ e degli inquinanti in ambiente attraverso la sezione “*ZoneAirContaminantBalance*” e, successivamente, compilando il campo “*Outdoor Air Method*” della sezione “*DesignSpecification:OutdoorAir*” inserendo

“*ProportionalControlBasedOnDesignOccupancy*”. In questo modo la portata d’aria esterna immessa è calcolata in base all’occupazione prevista all’interno degli ambienti e non assume un valore fisso e costante.

Il sistema di controllo presente all’interno dell’edificio in esame è modellato compilando i campi come di seguito:

1. Controller:WaterCoil
 - a. Control Variable:
 - i. Batteria di raffreddamento: TemperatureAndHumidity
 - ii. Batteria di riscaldamento: Temperature
 - b. Action:
 - i. Batteria di raffreddamento: Reverse
 - ii. Batteria di riscaldamento: Normal
2. Controller:OutdoorAir
 - a. Economizer Control Type: DifferentialDryBulb
 - b. Economizer Control Action Typer: ModulateFlow
3. DesignSpecification:OutdoorAir: ProportionalControlBasedOnDesignOccupancy

Tale compilazione permette la simulazione dei sistemi SE-V1, SE-V2, SE-V3 e SE-V4, riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione A.

5.4.4. Ventilatori

I ventilatori presenti all’interno dell’unità di trattamento d’aria sono descritti all’interno della sezione “*Fan:SystemModel*”. Il campo che determina il funzionamento del ventilatore è denominato “*Speed Control Method*” e può essere compilato come:

1. *Continuos*: il ventilatore è modellato con un funzionamento di tipo a portata variabile, ed in questo caso è necessario compilare in aggiunta il campo che descrive la curva di funzionamento al variare della portata “*Electric Power Function of Flow Fraction Curve Name*”.
2. *Discrete*: il ventilatore è modellato con un funzionamento di tipo ON/OFF o multistadio. Per descrivere il numero di velocità è necessario compilare il campo “*Number of Speeds*” mentre i successivi campi sono compilati in funzione del numero di velocità e permettono di fissarne la riduzione di portata e la potenza elettrica assorbita ad ogni stadio.

Il sistema di controllo presente all'interno dell'edificio in esame è modellato compilando i campi come di seguito:

- Speed Control Method: Continuos

Tale compilazione permette la simulazione dei sistemi SE-V5 riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione A.

5.4.5. Risultati ottenuti

La simulazione dinamica eseguita su EnergyPlus permette di ottenere risultati visibili e confrontabili di riportati nella figura 39:

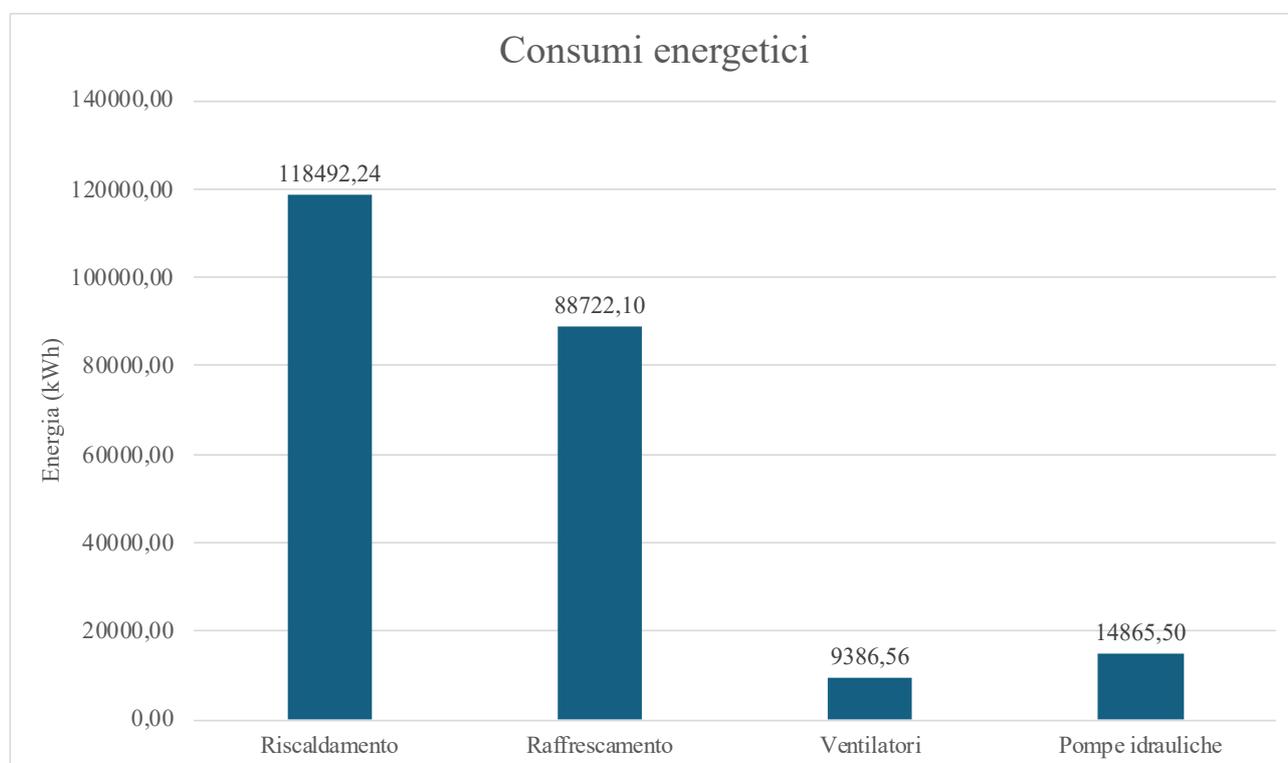


Figura 39 - Risultati di confronto dei consumi energetici riferiti all'edificio esistente

Il maggior consumo energetico è richiesto per il fabbisogno di riscaldamento, seguito dal raffrescamento e dall'illuminamento interno. I risultati sono in linea con le aspettative, considerando che la produzione di acqua calda è richiesta altresì nel periodo estivo per il post riscaldamento dell'aria esterna d'immissione. Il fabbisogno di energia elettrica totale annua è pari a 266.609,46 kWh.

5.5. Classe BACS: D

5.5.1. Modellazione dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento

La modellazione dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento per la simulazione dei sistemi con classe BACS D è eseguita modificando i campi precedentemente esposti, compilandoli in modo da modellare i medesimi componenti con il livello di automazione più basso. Considerando la tipologia di sistemi presenti all'interno dell'edificio, non è possibile modellarne alcuni con un livello di automazione inferiore a quello già descritto in quanto la logica di controllo è intrinseca nel sistema stesso: è il caso dell'impianto di emissione attraverso soffitto radiante a bassa temperatura. Per le caratteristiche degli impianti a pannelli radianti, infatti, l'accensione e spegnimento continuo deve essere evitato in quanto l'elevata inerzia termica ne compromette la rapidità di risposta. Questo tipo di impianto è caratterizzato da un regime di funzionamento costante e da un controllo sulla portata di immissione che varia in modo graduale l'emissione termica in ambiente. Seppur la logica di controllo è necessaria deve essere modificata l'azione automatizzata al raggiungimento del set point.

Il sistema di controllo simulato è modellato compilando i campi come di seguito:

- Set Point Control Type: ZeroFlowPower
- Heating Control Throttling Range: 2
- Cooling Control Throttling Range: 2
- Heating Temperature Schedule Name: H_Set_Point
- Cooling Temperature Schedule Name: C_Set_Point

Tale compilazione permette la simulazione dei sistemi SE-H1, SE-H2, SE-H3, SE-C1, SE-C2 e SE-C3, riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione D.

5.5.2. Pompe di circolazione

Le pompe di circolazione sono simulate attraverso la sezione "*HeaderedPumps:ConstantSpeed*" per descrivere un funzionamento con livello di automazione D. Tale sezione permette la descrizione di pompe di circolazione con funzionamento di tipo ON/OFF senza nessun tipo di controllo automatico.

Il sistema di controllo simulato è modellato compilando i campi come di seguito:

- Pump Control Type: Intermittent

Tale compilazione permette la simulazione dei sistemi SE-H4 e SE-C4, riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione D.

5.5.3. Modellazione dell'impianto di ventilazione

L'impianto di ventilazione simulato per ottenere una valutazione della classe di automazione D si basa sulla medesima struttura dell'impianto presente nell'edificio ma con logiche di funzionamento differenti. In particolare, la portata d'immissione in questo caso assume un valore fisso e costante e non è influenzato né dalle condizioni dell'aria esterna né dall'effettiva occupazione dell'ambiente intero o dalla concentrazione degli inquinanti.

Per ottenere un sistema che funzioni in tali condizioni il sistema di controllo simulato è modellato compilando i campi richiesti come di seguito:

1. Controller:OutdoorAir
 - a. Economizer Control Type: DifferentialDryBulb
 - b. Economizer Control Action Typer: ModulateFlow
2. DesignSpecification:OutdoorAir
 - a. Outdoor Air Method: AirChanges/Hour

Tale compilazione permette la simulazione dei sistemi SE-V1, SE-V2, SE-V3 e SE-V4, riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione D.

5.5.4. Ventilatori

I ventilatori a servizio dell'unità trattamento aria con livello di automazione D sono descritti nella medesima sezione dei ventilatori presenti nell'edificio. La norma EN 52120-1:2022 prevede che in questo caso il funzionamento dei ventilatori sia di tipo ON/OFF.

Per modellare questo tipo di funzionamento sono compilati i campi dei ventilatori descritti nella sezione "Fan:SystemModel" come di seguito:

- Speed Control Method: Discrete
- Number of Speeds: 1
- Speed 1 Flow Fraction: 1
- Speed 1 Electric Power Fraction: 1

Tale compilazione permette la simulazione dei sistemi SE-V5 riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione D.

5.5.5. Sistemi di controllo

Nel caso della simulazione dei sistemi dell'edifici con classe di automazione D i sistemi di controllo non influenzano il funzionamento dei componenti in modo dinamico, bensì hanno un approccio statico e rigido, costringendo i sistemi a mantenere i set point imposti senza tener conto di fattori esterni o interni.

5.5.6. Risultati ottenuti

I risultati ottenuti mostrano un aumento significativo nella richiesta energetica dell'edificio:

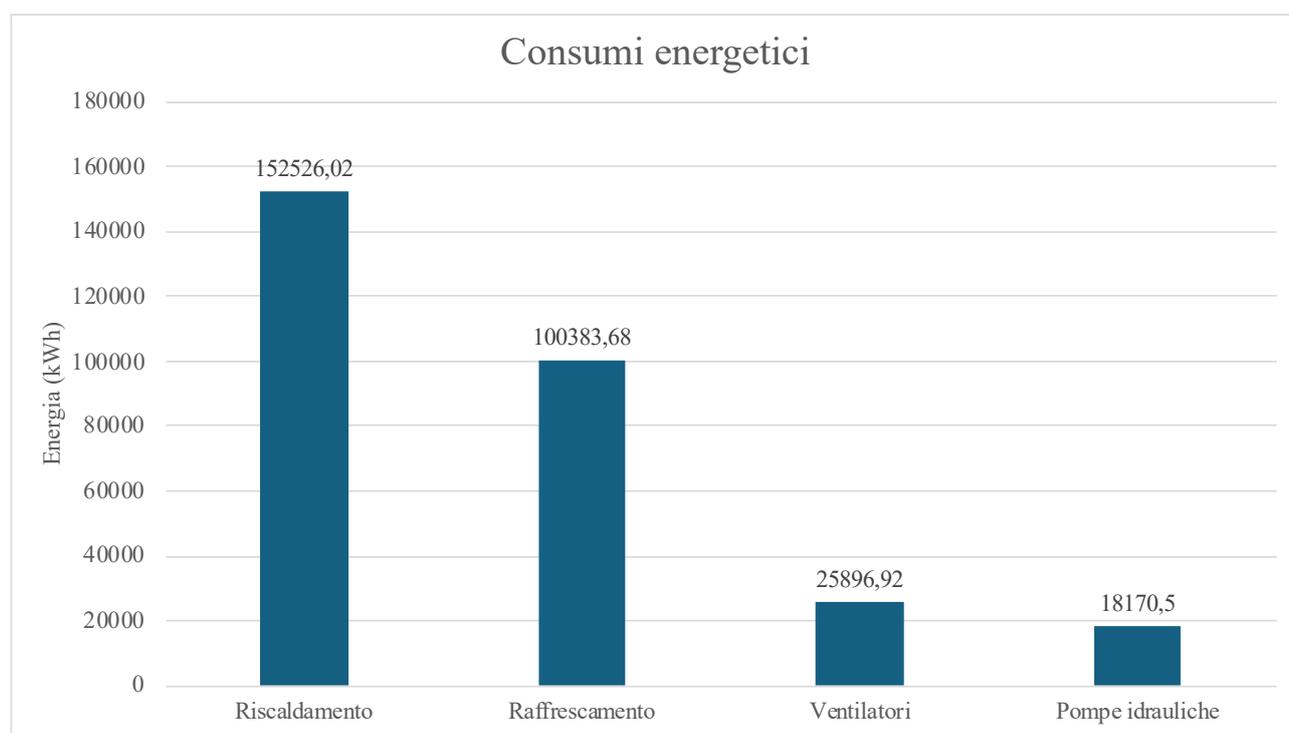


Figura 40 - Consumi energetici riferiti alla simulazione dell'edificio con sistemi di automazione classe D

L'aumento dei consumi è significativo in particolare per le i ventilatori e per il riscaldamento, ciò a motivo della mancanza di gestione di controllo della portata d'aria esterna di rinnovo attraverso un sistema programmabile in funzione dell'occupazione interna: il sistema di ventilazione immette una quota fissa di aria di rinnovo che non è modificabile. Il fabbisogno di energia elettrica totale annua è pari a 332.030,51 kWh.

5.6. Analisi energetica

Il confronto tra i consumi energetici derivanti dall'implementazione di differenti livelli di automazione BACS permette di far emergere quanto ampiamente discusso:

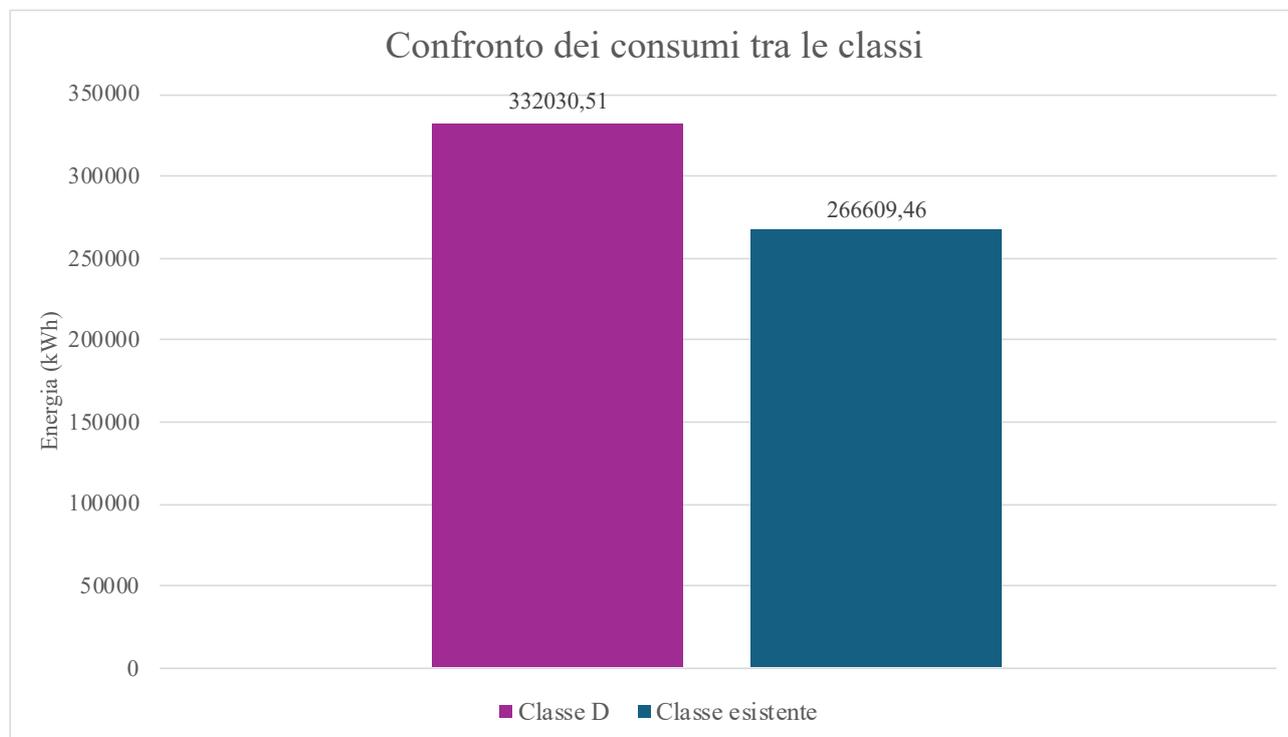


Figura 41 - Confronto dei consumi energetici relativi ai due modelli di classe di automazione

Il risparmio energetico totale è pari al 19,7 %, risultato in linea con le aspettative e positivo per le future implementazioni dei sistemi di gestione e automazione all'interno degli edifici. L'influenza che hanno questi sistemi all'interno dell'edificio comprende tutti i sistemi tecnici, in particolare:

- Sistema di riscaldamento: la riduzione di consumo energetico raggiunge il 22,3 % risultato sia della corretta gestione dei sistemi di emissione, in particolare variando la portata d'acqua trattata in ambiente controllata dalle pompe idrauliche, ma anche dalla diminuzione di richiesta da parte della batteria di riscaldamento dell'unità di trattamento aria attraverso la gestione della portata d'aria esterna immessa in ambiente, utilizzando ventilatori che permettono la diminuzione della portata in funzione dell'occupazione.
- Sistema di raffrescamento: la riduzione di consumo energetico è pari all'11,6 % sulla quale è possibile fare le medesime considerazioni del sistema di riscaldamento.
- Ventilatori: il risparmio maggiore si ha sul consumo energetico dei ventilatori vantando una riduzione pari al 63,8 %. Il risultato è conseguenza di una corretta e precisa gestione del

sistema di ventilazione, il quale è utilizzato principalmente per il ricambio d'aria interno; la portata non è costante e caratterizzata da valori prescrittivi bensì modulante in funzione dello stato dell'occupazione. Ciò permette di immettere in ambiente l'aria di rinnovo effettivamente necessaria abbattendo i consumi superflui.

- Pompe idrauliche: la corretta gestione e l'utilizzo di pompe idrauliche a portata variabile permettono una riduzione dei consumi del 18,2 %.

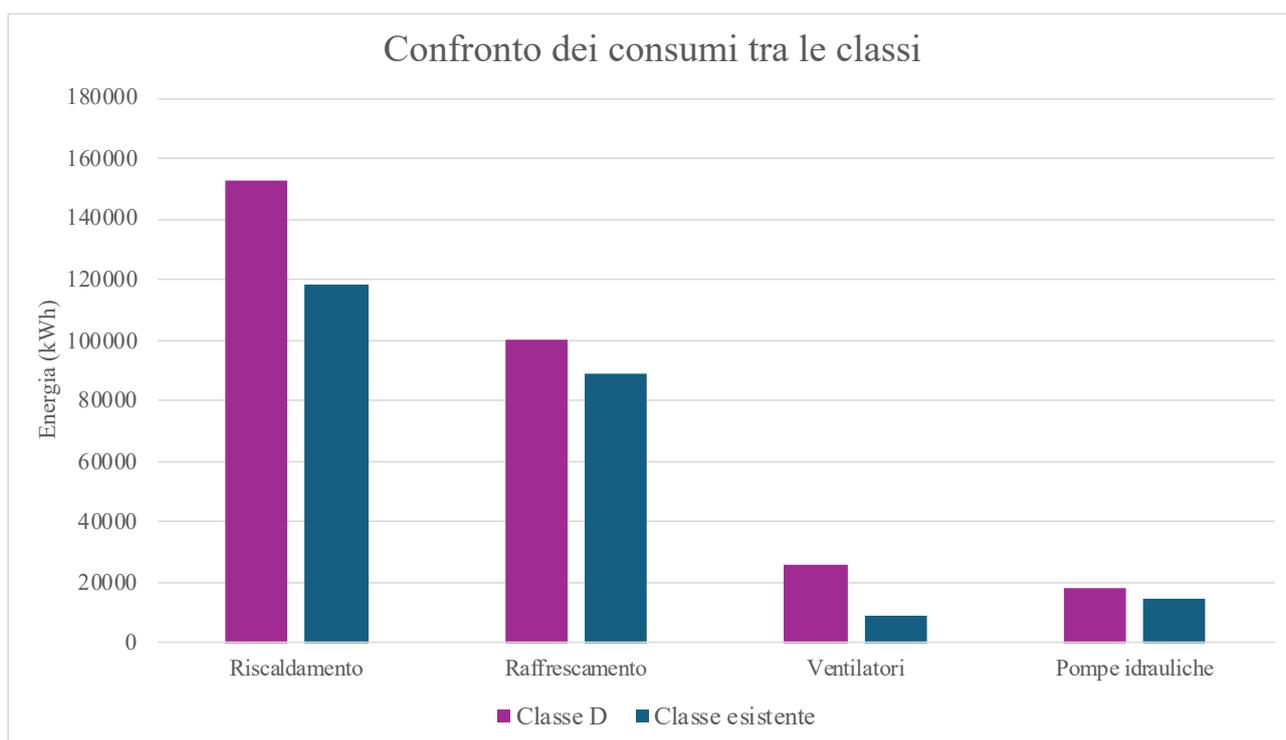


Figura 42 - Confronto energetico sui consumi energetici dei sistemi interni all'edificio

5.7. Analisi economica

L'analisi energetica ha permesso di ricavare il valore di risparmio energetico ottenuto e la differenza di consumo energia elettrica ottenibile che è pari a 62.521,05 kWh annui. Considerando un prezzo medio dell'energia elettrica di € 0,24 al kWh si valuta un risparmio annuo rispettivamente di € 15.005,05.

6. Interventi di miglioramento

È possibile valutare proposte di intervento migliorativo da applicare sui sistemi già presenti e considerando l'integrazione di nuovi. L'edificio è caratterizzato dall'ampia superficie esterna vetrata che permette la diffusione della luce solare naturale all'interno delle camere. Tale apporto solare gratuito è fornito sia sotto forma di luce visibile sia sotto forme di radiazione solare; quest'ultimo apporto energetico all'interno degli edifici è il principale motivo della richiesta energetica di raffrescamento nel periodo estivo. Seppur in estate il problema risulta evidente, al contrario, in inverno tale apporto gratuito riduce la richiesta energetica per riscaldamento. Inoltre, la grande quantità di luce naturale visibile permette lo spegnimento delle luci artificiali all'interno dell'edificio, condizione a cui raramente assistiamo.

Gli interventi e le modifiche sulla logica di funzionamento degli impianti che possono essere ipotizzati sono quindi:

1. Installazione di un sistema di oscuranti automatizzato in funzione della temperatura interna dell'ambiente in cui è installato, della radiazione incidente sulla superficie vetrata o in caso di elevata richiesta di raffrescamento. Tali condizioni, se verificate contemporaneamente, permettono la chiusura delle oscuranti nell'ambiente in cui si verificano.
2. Installazione di corpi illuminanti con controllo di luminosità continuo (*dimmer*) in funzione del livello di illuminamento interno dell'ambiente. In questo modo l'intensità della luce artificiale è controllata in modo continuo dall'effettivo grado di illuminamento interno e non tramite pulsante di accensione/spegnimento manuale. Ciò permette la riduzione e (se le condizioni risultino verificate) il completo spegnimento delle luci artificiali all'interno degli alloggi, riducendo il consumo di energia elettrica.
3. Calcolo della portata di ventilazione immessa in funzione della concentrazione di inquinanti rilevati all'interno degli ambienti.

Gli interventi proposti sono di facile implementazione pratica, necessitando rispettivamente un sistema meccanico di oscuramento, di un sensore di illuminamento interno ed un sensore del livello di concentrazione degli inquinanti.

6.1. Controllo delle schermature

Il sistema che permette il controllo sulla chiusura e apertura automatizzata delle schermature è modellata su EnergyPlus (20) all'interno della sezione “*WindowShadingControl*”. La sezione permette la definizione di differenti tipologie di corpi oscuranti quali tende, persiane e schermi oscuranti. La modalità di funzionamento scelta permette di controllare la quantità di radiazione solare entrante degli ambienti massimizzando gli apporti solari gratuiti in inverno e minimizzandoli in estate in modo da diminuire rispettivamente il fabbisogno di riscaldamento e di raffrescamento.

La tipologia di sistema oscurante applicato al corpo finestrato è definita nel campo “*Shading Type*” dove è possibile scegliere tra:

- *IneriorShade*: tendaggi applicati all'interno della finestra
- *ExteriorShade*: tendaggi applicati all'esterno della finestra
- *BetweenGlassShade*: tendaggi applicati in corrispondenza dei due vetri costituenti
- *ExteriorScreen*: zanzariera applicata all'esterno della finestra
- *InteriorBlind*: veneziane applicate all'interno della finestra
- *ExteriorBlind*: veneziane applicate all'esterno
- *BetweenGlassBlind*: veneziane applicate in corrispondenza dei due vetri costituenti
- *SwitichableGlazing*: corpo trasparente con proprietà ottiche che possono cambiare

Il campo fondamentale che determina quando e se risultano vere le condizioni necessarie affinché il sistema dei corpi oscuranti si attivi è denominato “*Shading Control Type*” e permette di poter modellare il funzionamento attraverso numerose logiche di automazione:

- *AlwaysOn*
- *AlwaysOff*
- *OnIfScheduleAllows*
- *OnIfHighSolarOnWindow*
- *OnIfHighHorizontalSolar*
- *OnIfHighOutdoorAirTemperature*
- *OnIfHighZoneAirTemperature*
- *OnIfHighZoneCooling*
- *OnIfHighGlare*
- *MeetDaylightIlluminanceSetpoint*

- *OnNightIfLowOutdoorTempAndOffDay*
- *OnNightIfLowInsideTempAndOffDay*
- *OnNightIfHeatingAndOffDay*
- *OnNightIfLowOutdoorTempAndOnDayIfCooling*
- *OnNightIfHeatingAndOnDayIfCooling*
- *OffNightAndOnDayIfCoolingAndHighSolarOnWindow*
- *OnNightAndOnDayIfCoolingAndHighSolarOnWindow*
- *OnIfHighOutdoorAirTempAndHighSolarOnWindow*
- *OnIfHighOutdoorAirTempAndHighHorizontalSolar*
- *OnIfHighZoneAirTempAndHighSolarOnWindow*
- *OnIfHighZoneAirTempAndHighHorizontalSolar*
- *OnIfHighSolarOrHighLuminanceTillMidnight*
- *OnIfHighSolarOrHighLuminanceTillSunset*
- *OnIfHighSolarOrHighLuminanceTillNextMorning*

Le logiche di funzionamento determinate da ognuna delle scelte possibili sono descritte all'interno del paragrafo 1.10.60.1.6 della guida Input Output Reference (21) fornita da EnergyPlus (20).

Considerando la possibilità di utilizzare i sistemi dei corpi oscuranti insieme al Daylight Control deve altresì essere inserito all'interno del campo "*Daylighting Control Object Name*" il nome del sensore corrispondente alla zona termica a cui il sistema è connesso; il sensore è descritto nella sezione "*Daylighting Control*" esposto nel paragrafo seguente.

Le molteplici variabili disponibili per la compilazione permettono la modellazione di un sistema dei corpi oscuranti corrispondenti ad un livello di automazione A. La tipologia di sistema e la logica di funzionamento scelte in grado di garantire secondo la norma EN ISO 52120:1-2022 (5) un livello di automazione A sono le seguenti:

- Shading Type: SwitchableGlazing
- Shading Control Type: OnIfHighZoneCooling

Tale compilazione permette la modellazione del sistema con codice SE-B1 riferito alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione A mentre il livello di automazione attuale è D.

6.2. Controllo della luce naturale

La caratteristica dell'edificio di avere ampie vetrate che permettono la diffusione della luce naturale all'interno degli ambienti può favorire non solo un ambiente più salubre e influenzare positivamente aspetti psico-fisici degli occupanti ma altresì favorire la diminuzione dell'utilizzo della luce artificiale. Sebbene l'assorbimento di un corpo illuminante non sia paragonabile all'assorbimento dei grandi impianti termici, il suo costante utilizzo durante l'arco della giornata, nonostante non sia sempre necessario e sarebbe possibile lo spegnimento, conduce ad un consumo di energia elettrica che può essere evitato. Quanto detto non sempre avviene poiché l'accensione e lo spegnimento della luce artificiale all'interno degli edifici è di tipo manuale per permetterne la semplicità nell'utilizzo.

Trattandosi di un edificio di categoria alberghiera è possibile proporre l'installazione di rilevatori di presenza all'interno dei locali ed inoltre, sfruttando la grande quantità di luce naturale dall'esterno, installare un sensore di illuminamento all'interno dei locali, il quale verifichi il grado di illuminamento interno e azioni l'accensione e lo spegnimento automatico delle luci interne. Un ulteriore strumento implementabile è l'installazione di lampade dimmerabili ovvero in grado di regolare l'intensità luminosa emessa in funzione dell'effettiva necessità interne: al diminuire dell'intensità luminosa diminuisce l'assorbimento elettrico.

Modellare quanto detto è possibile compilando la sezione "*Daylighting Control*". I metodi che permettono di simulare l'assorbimento, riflessione e trasmissione della luce attraverso i componenti finestrati e il livello di illuminamento che si raggiunge all'interno dell'ambiente sono definiti nel campo "*Daylighting Method*" ed è possibile compilarlo con i seguenti:

- *SplitFlux*: permette un approccio semplificato ma efficace del fenomeno della trasmissione e diffusione solare se non si necessita la modellazione di una mappa di illuminamento dell'ambiente in esame.
- *DElight*: permette un'analisi approfondita riguardo la diffusione della luce all'interno dell'ambiente fornendo una mappa sul grado di illuminamento che si ha all'interno dell'ambiente in esame. Il costo computazionale della simulazione dipende dalla risoluzione grafica specificata all'interno della sezione "*DElight Gridding Resolution*".

All'interno del campo "*Availabilty Schedule Name*" è possibile selezionare la schedule temporale che definisce quando il sistema di controllo dell'illuminamento è attivo e può intervenire.

La definizione della tipologia di regolazione del livello di illuminamento del corpo luminoso è definita all'interno del campo "*Lighting Control Type*" compilabile tra:

- *Continuos*: il corpo luminoso regola il flusso luminoso in modo continuo e lineare dal livello minimo al livello massimo possibile. È necessario compilare le sezioni "*Minimum Input Power Fraction*" e "*Minimum Light Output Fraction*" per definire il livello minimo di potenza assorbita e flusso luminoso emesso dal corpo luminoso.
- *ContinuosOff*: la logica di funzionamento è la medesima della definizione fornita per la modalità "*Continuos*" ma, nel momento in cui il livello richiesto è inferiore al minimo possibile il corpo luminoso si spegne.
- *Stepped*: il corpo luminoso regola il flusso luminoso in funzione di un numero definito di livelli. Il numero di step è necessario definirlo all'interno del campo "*Number of Stepped Control Steps*". In automatico la logica di funzionamento dividerà il massimo flusso luminoso emesso nel numero di step descritti; se per esempio il massimo flusso richiesto è pari a 800 lux ed il numero di step inseriti è 4, vi saranno 4 livelli di funzionamento e la conseguente frazione emessa:
 - 0 – 200: 1.0
 - 200 - 400: 0.75
 - 400 – 600: 0.5
 - 600 – 800: 0.25
 - Sopra 800: 0.0

Il livello di illuminamento che è richiesto all'interno dell'ambiente ovvero il set point è fissato nei campi denominati "*Illuminance Setpoint at Reference Point x*". Prima di definire il livello di illuminamento è necessario descrivere all'interno della sezione "*Daylighting:ReferencePoint*" la posizione del sensore del livello di illuminamento e la zona termica a cui è associato ed inserirlo all'interno del campo "*Daylighting Reference Point x Name*" e, inoltre, bisogna definire la frazione delle lampade che sono controllabili da tale sensore nel campo "*Fraction of Lights Controlled by Reference Point x*".

Per definire un sistema di controllo dell'illuminamento che permetta di raggiungere una classe A secondo la norma EN ISO 52120-1:2022 è necessario compilare i campi descritti nel seguente modo:

- Daylighting Method: SplitFlux
- Lightng Control Type: ContinuosOff

- Illuminance Setpoint at Reference Point 1: 500 lux

Il valore di illuminamento fissato nel campo “*Illuminance Setpoint at Reference Point 1*” è dato seguendo la norma EN 15193-1:2017 (22). Tale compilazione permette la modellazione dei sistemi con codice SE-L1 e SE-L2 riferiti alla guida Schneider (13) sulla norma EN ISO 52120-1:2022 (5), con un livello di automazione A.

6.3. Controllo della qualità dell’aria interna

Per regolare la portata di ventilazione necessaria all’interno degli ambienti secondo una logica di controllo che permette di verificare le condizioni termigrometriche interne e la presenza di inquinanti in concentrazioni eccessive, è necessario che EnergyPlus ne permetta la simulazione. Per simulare il fenomeno è necessario, all’interno della sezione “*ZoneAirContaminantBalance*” confermare la simulazione della concentrazione dell’anidride carbonica e/o di contaminanti generici ed inserire eventuali dati riguardo la concentrazione nell’aria esterna degli stessi.

La portata di ventilazione richiesta dall’edificio dipende dalla tipologia di ambienti all’interno ed è stata a lungo progettata seguendo la UNI 10339 oggi sostituita dalla EN 16798-1:2019 (23) la quale fornisce valori di ricambi d’aria su base oraria in funzione della superficie, del volume e degli occupanti all’interno. Tali valori risultano costanti e indipendenti da variazioni di occupazione o attività interne, rendendo la quantità di rinnovo immessa non necessaria e aumentando la richiesta energetica di riscaldamento, raffrescamento ed elettrica. Lo Standard ASHRAE 62.1 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (24) permette di definire la portata di rinnovo in ambiente in funzione da parametri interni variabili nel tempo e influenzati dall’effettivo utilizzo interno dei locali quali per esempio la concentrazione di anidride carbonica o di *VOCs*, *Volatile Organic Compounds*, richiedendo al sistema di ventilazione di immettere portata di rinnovo all’interno dei locali solo se vi è il superamento di limiti igienico-sanitari fissati. In questo modo è possibile ridurre il consumo energetico richiesto dall’impianto di ventilazione, ovvero dalle unità di trattamento aria, aumentando l’efficienza energetica seguendo un approccio prestazionale e non prescrittivo.

Per modellare la logica di controllo esposta è necessario, all’interno della sezione “*DesignSpecification:OutdoorAir*”, compilare il campo “*Outdoor Air Method*” inserendo “*IndoorAirQualityProcedure*”. Tale modellazione permette di utilizzare la procedura definita all’interno dell’ASHRAE Standard 62.1-2007 (24) per calcolare la quantità di aria di rinnovo

necessaria in modo da mantenere il livello di concentrazione di anidride carbonica al di sotto del set point definito nella sezione “*ZoneControl:ContaminantController*”.

Successivamente, all’interno della sezione “*Controller:MechanicalVentilation*” deve essere inserito il metodo di simulazione per valutare la quantità di aria di rinnovo necessaria. Per simulare un sistema la cui logica di funzionamento sia basata sulla concentrazione degli inquinanti è possibile inserire i seguenti metodi che adottano approcci differenti:

- *Standard62.1VentilationRateProcedure*: utilizza le equazioni multi-zona definite all’interno della guida ASHARE 62.1-2007 (24) per calcolare la portata di aria esterna considerando l’efficienza di distribuzione dell’aria.
- *Standard62.1VentilationRateProcedureWithLimit*: medesimo approccio precedente ma limita la portata di aria immessa non permettendo il superamento del valore di design fissato.
- *IndoorAirQualityProcedure*: ulteriore approccio definite all’interno della guida ASHARE 62.1-2007 (24) per calcolare la portata di aria esterna necessaria al mantenimento dei livelli interni di concentrazione di anidride carbonica al di sotto del valore definito all’interno della sezione “*ZoneControl:Contaminant:Controller*”.
- *IndoorAirQualityProcedureGenericContaminant*: metodo che calcola la portata di aria esterna necessaria al mantenimento dei livelli interni di concentrazione di un inquinante generico al di sotto del valore definito all’interno della sezione “*ZoneControl:Contaminant:Controller*”.
- *IndoorAirQualityProcedureCombined*: simula in contemporanea il metodo “*IndoorAirQualityProcedure*” e “*IndoorAirQualityProcedureGenericContaminant*” se sono presenti più inquinanti.
- *ProportionalControlBasedOnOccupancySchedule*: metodo definito all’interno dell’appendice A all’interno della guida ASHRAE 62.1-2010 (24), utilizza il valore di occupazione temporale reale per calcolare la portata di immissione necessaria.
- *ProportionalControlBasedOnDesignOccupancy*: metodo definito all’interno dell’appendice A all’interno della guida ASHRAE 62.1-2010 (24), utilizza il valore di occupazione di design fissato per calcolare la portata di immissione necessaria.

La norma EN ISO 52120:1-2022 (5) attribuisce, per il sistema di ventilazione, alla logica di controllo della portata d’immissione in funzione dello stato d’occupazione la classe B; gli ultimi due metodi descritti non possono essere implementati all’interno della nostra analisi. Per ottenere un livello di automazione che ricada all’interno della classe A è necessario uno tra gli altri metodi esposti. Per

modellare il sistema applicando tali logiche sono state compilate le sezioni necessarie come di seguito:

1. DesignSpecification:OutdoorAir
 - a. Outdoor Air Method: IndoorAirQualityProcedure
2. ZoneControl:ContaminantController
 - a. Carbon Dioxide Setpoint Schedule Name (valore): 800 ppm
3. Controller:MechanicalVentilation
 - a. System Outdoor Air Method: Standard62.1VentilationRateProcedureWithLimit

6.4. Analisi energetica

I risultati ottenibili attraverso l'implementazione dei sistemi e delle logiche di funzionamento descritti permettono un ulteriore abbattimento dei consumi energetici come mostrato di seguito:

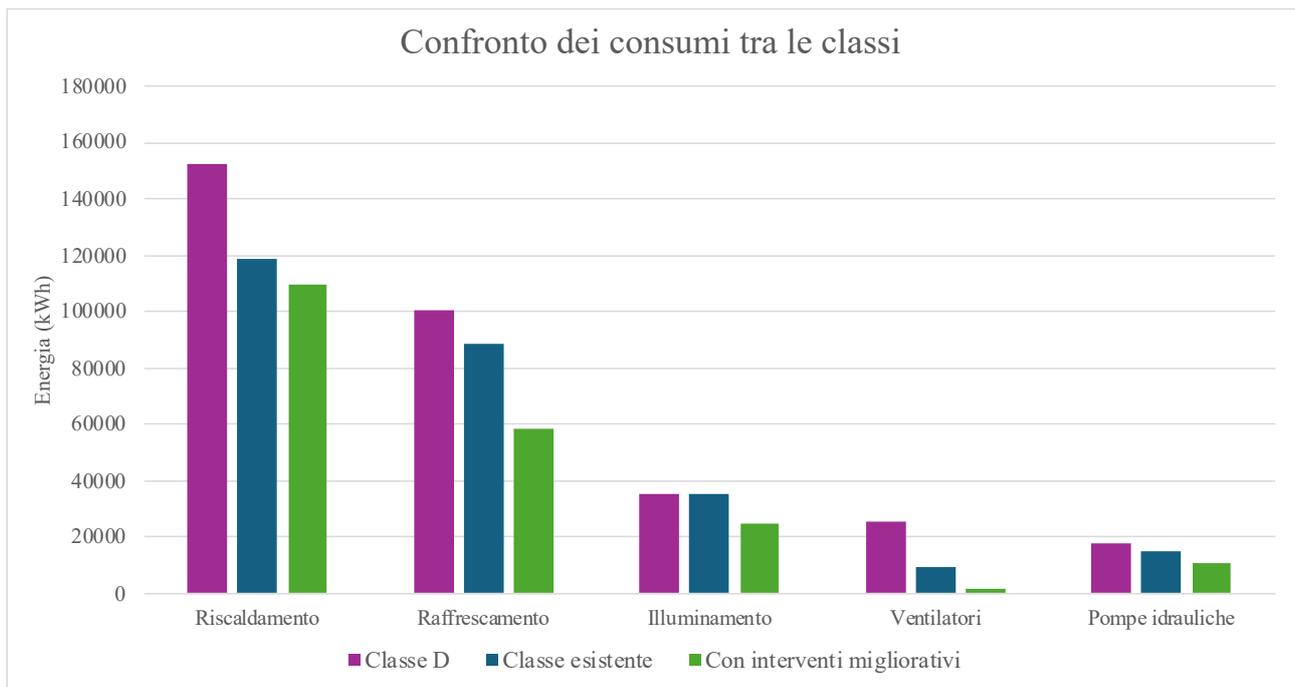


Figura 43 - Confronto dei consumi energetici

La riduzione maggiore si ha per il sistema di ventilazione il quale, rispetto alla Classe D, aveva ottenuto un'importante riduzione, segue il sistema di raffrescamento e di illuminamento interno, in particolare:

- Sistema di riscaldamento: si ha una leggera diminuzione dei consumi energetici derivati dal riscaldamento con una riduzione del 28,3 % rispetto al modello in Classe D e del 7,7 % rispetto

al modello nella classe attuale. La conseguenza è la riduzione ulteriore della portata di aria trattata dall'unità di trattamento aria e dalla mancanza di richiesta dalla batteria di post riscaldamento.

- Sistema di raffrescamento: la riduzione ha di maggior incidenza, si ha infatti una diminuzione dei consumi del 41,1 % rispetto al modello in Classe D e del 34,1 % rispetto al modello attuale. Tale risultato è ottenibile grazie alla diminuzione della radiazione solare entrante negli ambienti utilizzando il sistema di schermatura solare automatico quanto la richiesta di raffrescamento in ambiente risulta elevata.
- Sistema di illuminamento: il sistema non aveva subito nessuna variazione tra il modello in Classe D e l'attuale. Implementando i sistemi di illuminamento dimmerabili con controllo dell'accensione e spegnimento in funzione dell'occupazione dell'effettivo grado di illuminamento interno, la riduzione di consumo energetico ottenibile è pari al 28,8 %.
- Ventilatori: utilizzando la logica di funzionamento che permette la regolazione della portata di aria esterna di ventilazione in funzione dell'effettiva concentrazione di inquinanti all'interno dell'ambiente è possibile ottenere una riduzione nei consumi del 93,4 % rispetto al modello in Classe D e dell'81,1 % rispetto al modello attuale.
- Pompe idrauliche: la riduzione di consumo è pari al 39,2 % rispetto al modello in Classe D e del 25,7 % rispetto al modello attuale conseguenza della riduzione di richiesta termica per riscaldamento ma soprattutto per il raffrescamento.

La riduzione dei consumi energetici totali dell'edificio è pari al 38,1 % rispetto al modello in Classe D e del 22,9 % rispetto al modello attuale. Quest'ultimo risultato è di notevole importanza considerando che gli unici sistemi che ne permettono il raggiungimento sono i sistemi che attualmente non sono presenti all'interno dell'edificio ovvero il sistema di schermature solari ed il sistema di illuminazione automatico. L'edificio è infatti un edificio predisposto a ricevere notevoli flussi di energia solare grazie alle numerose ed ampie vetrate che ne caratterizzano l'architettura. I sistemi di schermatura solare non devono quindi risultare in contrasto con l'armonia dell'architettura e dell'ambiente interno ma piuttosto devono essere integrate nel miglior modo possibile per evitare un oscuramento totale degli ambienti, utilizzando tessuti e materiali le quali proprietà ottiche e termiche il cui design risultino di perfetto equilibrio.

6.5. Analisi economica

Il risparmio energetico ottenuto grazie all'utilizzo di ulteriori sistemi di automazione e controllo è pari al 38,1 % rispetto alla Classe D e 22,9 % rispetto alla Classe attuale. La differenza di energia

elettrica consumata è pari a 126.481,54 kWh rispetto alla Classe D e 61.060,49 kWh. Considerando un prezzo medio dell'energia elettrica di € 0,24 al kWh si valuta un risparmio annuo rispettivamente di € 30.355,57 e € 14.654,51.

I componenti richiesti per poter applicare gli interventi proposti hanno un costo di investimento iniziale. Questi componenti possono essere facilmente integrati e gestiti dal sistema di costruzione Siemens già esistente il quale acquisisce ulteriori livelli di automazione e controllo. La strumentazione necessaria ad implementare le logiche di funzionamento, il numero necessario ed il costo sono riportati di seguito per valutarne l'investimento:

1. Sensori di presenza:
 - a. Numero necessario: 47
 - b. Costo singolo componente: € 250
 - c. Costo totale: € 11.750
2. Sensori di illuminamento:
 - a. Numero necessario: 94
 - b. Costo singolo componente: € 350
 - c. Costo totale: € 32.900
3. Sensori di inquinanti:
 - a. Numero necessario: 47
 - b. Costo singolo componente: € 400
 - c. Costo totale: € 18.000
4. Automazione del sistema oscurante:
 - a. Numero necessario: 230
 - b. Costo singolo componente: € 120
 - c. Costo totale: € 27.600
5. Luci led con dimmer o potenziometro:
 - a. Numero necessario: 47
 - b. Costo singolo componente: € 80
 - c. Costo totale: € 3.760

Il costo complessivo d'investimento per la strumentazione necessaria è pari a € 94.010,00. Considerando che i sensori di presenza sono già installati nel sistema esistente il costo è di € 82.260,00. L'analisi economica permette di valutare il tempo di ritorno economico necessario

Interventi di miglioramento

considerando i costi di investimento e le spese evitate, in questo caso pari a € 14.654,51. Valutando il *Simple PayBack Time*, il tempo di ritorno è pari a cinque anni e mezzo.

7. Conclusioni

I sistemi di automazione e controllo, Building Automation and Control Systems permettono di raggiungere in modo effettivo gli obiettivi di riduzione dei consumi energetici e aumento dell'efficienza energetica all'interno degli edifici. La possibilità di risparmio dipende dalle logiche di funzionamento utilizzate, dalla strumentazione di campo, dai componenti di sistema e di impianto i quali, globalmente, ne caratterizzano la classe di automazione definita dalla EN ISO 52120-1:2021 (5). Le differenze con le altre tipologie di intervento di riqualificazione energetica si riscontrano in maggior parte nel costo di investimento iniziale, di gran lunga inferiore per quanto riguarda i sistemi BAC, e nel risparmio ottenibile che si aggira, come è stato possibile valutare, tra il 15 ed il 30 %.

L'importanza che l'Europa attribuisce ai sistemi BAC è riscontrata nell'essere stata inserita tra le tecnologie utili e, a breve, di graduale installazione obbligatoria all'interno degli edifici residenziali e non residenziali. Il punto di forza di tali sistemi è la capacità di adattamento che permette la gestione dinamica e continua dell'edificio, variazione delle modalità di funzionamento e misurazione puntuale dei dati: l'intero sistema ha conoscenza di ciò che sta avvenendo all'interno dell'edificio, all'interno del sistema ed al di fuori di essi e ha la capacità e la reattività di adattare l'intero sistema edificio-impianto alle nuove condizioni. Requisiti necessari sono i molteplici sensori ed attuatori di campo, di zona e di impianto che agiscono ed interagiscono con il sistema di controllo e monitoraggio interno per permettere la continua, attenta e precisa analisi delle variabili.

Bibliografia

1. **Unite, Nazioni.** [Online] 16 Febbraio 2005. <https://fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2004/802>.
2. **Agency, European Environment.** Buildings and construction. [Online] <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/buildings-and-construction?activeAccordion=e53c3d45-3510-42da-bd18-cc72d0fb1a7b>.
3. **Europa, Gazzetta ufficiale dell'Unione.** *Direttiva (UE) 2024/1275 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 aprile 2024 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione).* 2024.
4. **Europa, Commissione.** Smart Readness Indicator. [Online] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator_en.
5. **CEN, European Committee for Standardization.** *EN ISO 52120-1:2022, Energy performance of buildings - Contribution of building automation, controls and building management - Part 1 : General framework and procedures.*
6. —. *EN 17609:2022, Building automation and control systems - Control Applications.*
7. **Union, European.** Publications Office of the European Union. [Online] https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f9e6d89d-fbb1-11ea-b44f-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=37085&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search.
8. —. CIRCAB. [Online] <https://circabc.europa.eu/ui/group/54384127-eb1d-445e-9b6e-ef5ef14fe429/library/0666bbb4-b88a-4063-b55e-82faf62fa738/details>.
9. —. Publications Office of the European Union - Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings. [Online] https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f9e6d89d-fbb1-11ea-b44f-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=37085&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search.
10. **Europa, Commissione.** Request for the SRI assessment package. [Online] <https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/SRI-assessment-package>.

11. **CEN, European Committee for Standardization.** *EN 52016-1:2022, Energy performance of buildings - Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads - Part 1: Calculation procedures.*
12. **Center, EPB.** EPB standards and TRs. [Online] <https://epb.center/support/documents/?title=&group=2>.
13. **Electric, Schneider.** Guida per professionisti all'utilizzo della Norma UNI EN ISO 52120-1. [Online] https://cloud.go.se.com/___IT_202305_MKTG-W20-SP-UNI-EN-ISO-52120-1-D.LP.3487951___.
14. **CEN, European Committee for Standardization.** *EN 16798-1:2019, Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and ...*
15. **A2A.** Definizione di Smart Building. [Online] [https://www.mcter.com/cosa-si-intende-con-smart-building-ovvero-gli-edifici-intelligenti-caratteristiche-e-vantaggi-degli-edifici-del-futuro-25968#:~:text=Secondo%20lo%20statunitense%20Intelligent%20Building,\)%20e%20la%20loro%20interrelazione%22..](https://www.mcter.com/cosa-si-intende-con-smart-building-ovvero-gli-edifici-intelligenti-caratteristiche-e-vantaggi-degli-edifici-del-futuro-25968#:~:text=Secondo%20lo%20statunitense%20Intelligent%20Building,)%20e%20la%20loro%20interrelazione%22..)
16. **Software, Edilclima S.r.l. Engineering and.** *EC700 Calcolo prestazioni energetiche degli edifici, EC701 Progetto e verifiche edificio-impianto, EC705 Attestato energetico, EC709 Ponti termici.*
17. **Siemens.** Siemens Italia. [Online] <https://www.siemens.com/it/it.html>.
18. **SketchUp.** [Online] <https://www.sketchup.com/it>.
19. **OpenStudio.** [Online] <https://openstudio.net>.
20. **EnergyPlus.** [Online] <https://energyplus.net>.
21. —. EnergyPlus Documentation. [Online] <https://energyplus.net/documentation>.
22. **Publication, BSI Standards.** *EN 15193-1:2021 - Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting.*
23. —. *EN 16798-1:2019 - Energy performance of buildings - Ventilation for buildings.*

Bibliografia

24. **ASHRAE.** *Standard 62.1 - Ventilation ofr Acceptable Indoor Air Quality.*
25. **CEN, European Committee for Standardization.** *EN 15232-1:2017, Energy performance of buildings - Part 1: Impact of Building Automation, Controls and Building Management.*
26. **Electric, Schneider.** Schneider Electric. *Schneider Electric Italia.* [Online]
<https://www.se.com/it/it/>.

Indice figure e tabelle

Figura 1 - Vantaggi attesi dalle tecnologie di automazione negli edifici (7)	13
Figura 2 - Le tre funzionalità chiave della predisposizione all'intelligenza negli edifici (7).....	13
Figura 3 - Le tre funzioni chiave (8).....	14
Figura 4 - I sette criteri d'impatto (8).....	15
Figura 5 - I nove domini tecnici (8).....	16
Figura 6 - Matrice di valutazione contenente i sette criteri d'impatto ed i 9 domini tecnici (8).....	16
Figura 7 - I tre metodi di valutazione dell'indice SRI (9).....	17
Figura 8 - Informazioni sul professionista incaricato della compilazione.....	19
Figura 9 - Informazioni generali sull'edificio.....	19
Figura 10 – Metodologia di calcolo.....	19
Figura 11 - Data di compilazione.....	20
Figura 12 – Fattori di peso per edifici non residenziali situati nel nord Europa.....	20
Figura 13 - Fattori di peso per edifici residenziali nel sud Europa.....	20
Figura 14 - Foglio "Calculation" del "SRI_calculation-sheet_v4.5" (10).....	21
Figura 15 - Foglio "Calculation" del "SRI_calculation-sheet_v4.5" (10).....	22
Figura 16 - Foglio "Results" del "SRI_calculation-sheet_v4.5" (10).....	23
Figura 17 – Interrelazioni tra i flussi di energia in un edificio (13).....	25
Figura 18 - Classi di automazione BACS secondo la EN ISO 52120:1-2022 (13).....	26
Figura 19 – Funzioni BACS del sistema di riscaldamento (13).....	29
Figura 20 – Funzioni BACS del sistema di raffrescamento (13).....	31
Figura 21 – Funzioni BACS del sistema di ventilazione (13).....	33

Indice figure e tabelle

Figura 22 – Funzioni BACS del sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria (13).....	33
Figura 23 – Funzioni BACS del sistema di illuminazione (13).....	34
Figura 24 – Funzioni BACS del sistema di schermature solari (13)	34
Figura 25 – Funzioni BACS del sistema di gestione degli impianti dell'edificio (13)	35
Figura 26 - Differenze tra metodo dettagliato e metodo dei fattori BAC (13)	37
Figura 27 - Differenze di nomenclatura tra EN ISO 52120 ed SRI	38
Figura 28 - Visualizzazione 3D dell'input grafico modellato sul software EdilClima.....	43
Figura 29 - Piante del piano terra (sx) e del primo piano (dx) in sezione dell'edificio in esame.....	44
Figura 30 – Funzioni e livelli BACS del sistema di riscaldamento presente (13).....	48
Figura 31 – Funzioni e livelli del sistema di raffrescamento presente (13).....	50
Figura 32 - Funzioni e livelli del sistema di ventilazione presente (13).....	52
Figura 33 - Funzioni e livelli del sistema di produzione di acqua calda sanitaria presente (13)	52
Figura 34 - Funzioni e livelli del sistema di illuminazione presente (13).....	53
Figura 35 – Funzioni e livello del sistema di schermature solari presente (13).....	53
Figura 36 - Funzioni e livelli del sistema di gestione degli impianti dell'edificio presente (13)	54
Figura 37 - Risultato della valutazione dell'indice SRI relativo all'edificio in esame	55
Figura 38 - Modello architettonico utilizzato su Sketchup (18)	58
Figura 39 - Risultati di confronto dei consumi energetici riferiti all'edificio esistente.....	66
Figura 40 - Consumi energetici riferiti alla simulazione dell'edificio con sistemi di automazione classe D.....	69
Figura 41 - Confronto dei consumi energetici relativi ai due modelli di classe di automazione	70
Figura 42 - Confronto energetico sui consumi energetici dei sistemi interni all'edificio	71
Figura 43 - Confronto dei consumi energetici	79