



Ricerca di Sistema elettrico

Caratterizzazione delle prestazioni energetiche del patrimonio edilizio del Comune di Carbonia e individuazione delle linee guida per l'efficientamento

Pier Francesco Orrù, Claudio Martis



DIMCM
Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali

CARATTERIZZAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEL PATRIMONIO EDILIZIO DEL COMUNE DI CARBONIA E INDIVIDUAZIONE DELLE LINEE GUIDA PER L'EFFICIENTAMENTO

Pier Francesco Orrù, Claudio Martis (Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e Materiali)

Dicembre 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico (oggi Ministero della Transizione Ecologica) - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità

Obiettivo: *N. 1 - Tecnologie*

Progetto: *1.5 - Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti*

Work package: *1 - Edifici ad alta efficienza energetica*

Linea di attività: *LA1.35 - Protocollo per sviluppo di uno strumento di supporto tecnico ed economico per la scelta degli impianti*

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi, ENEA

Responsabile del Work package: Domenico Iatauro, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione *"Sistemi impiantistici sostenibili e FER per l'efficientamento energetico del patrimonio edilizio: approcci, strumenti e metodologie"*

Responsabile scientifico ENEA: Giovanni Puglisi

Responsabile scientifico DIMCM: Pier Francesco Orrù

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE	5
2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI.....	5
3 STATO DELL'ARTE	12
4 LA 1.35. PROTOCOLLO PER SVILUPPO DI UNO STRUMENTO DI SUPPORTO TECNICO ED ECONOMICO PER LA SCELTA DEGLI IMPIANTI.....	15
4.1 CASI STUDIO: EDIFICI CIVILI	15
4.1.1 Introduzione.....	15
4.1.2 Casi studio analizzati.....	15
4.1.3 Caso studio n.1.1, 1.2 e 1.3	18
4.1.4 Caso studio n.2.1, 2.2 e 2.3	25
4.1.5 Caso studio n.3.1, 3.2 e 3.3	32
4.1.6 Caso studio n.4.1, 4.2 e 4.3	39
4.1.7 Caso studio n.5.1, 5.2 e 5.3	46
4.1.8 Caso studio n.6.1, 6.2 e 6.3	53
4.1.9 Caso studio n.7.1, 7.2 e 7.3	60
4.1.10 Caso studio n.8.1, 8.2 e 8.3.....	67
4.1.11 Caso studio n.9.1, 9.2 e 9.3.....	74
4.1.12 Caso studio n.10.1, 10.2 e 10.3.....	81
4.1.13 Caso studio n.11.1, 11.2 e 11.3.....	88
4.1.14 Caso studio n.12.1, 12.2 e 12.3.....	95
4.1.15 Caso studio n.13.1, 13.2 e 13.3.....	102
4.1.16 Caso studio n.14.1, 14.2 e 14.3.....	109
5 FRAMEWORK DECISIONALE	116
5.1 INTRODUZIONE	116
5.2 TABELLE DECISIONALI	116
5.2.1 Edificio.....	116
5.2.2 Impianto.....	119
6 CONCLUSIONI.....	121
7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	122

Sommario

L'attività svolta dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali (DIMCM) nella terza annualità del presente progetto di ricerca ha riguardato lo sviluppo di uno strumento di supporto tecnico ed economico per la scelta degli impianti, che costituirà un'implementazione del modello informativo dell'edificio pubblico caso di studio di cui al WP LA 1.33, e che permette di individuare la soluzione impiantistica ottimale dal punto di vista tecnico-economico in base alle specifiche condizioni dell'edificio considerato.

Durante la terza annualità invece sono stati presi in esame 42 casi studio, tutti edifici civili, focalizzando l'attenzione sul patrimonio edilizio della fondazione della città di Carbonia. Per ogni caso studio è stato eseguito un audit energetico semplificato attraverso una fase preliminare di raccolta dati sul sistema edificio-impianto e la successiva impostazione di un modello energetico.

Dall'analisi dei risultati ottenuti sullo stato di fatto degli edifici presi in esame, per ognuno di essi, sono stati valutati tre diversi scenari di efficientamento energetico prevedendo interventi impiantistici e/o edili. Gli scenari ipotizzati sono stati suddivisi in tre differenti livelli (low, medium, high) in base all'entità degli interventi di efficientamento proposti.

Dall'analisi dei risultati ottenuti per le diverse ipotesi di retrofit precedentemente descritte si è redatto il framework di un abaco decisionale sugli interventi di efficientamento energetico. L'obiettivo dell'abaco sarà quello di creare uno strumento decisionale che individui gli interventi ottimali per ogni situazione edificio-impianto esistente, andando a costituire il primo step decisionale per l'efficientamento energetico delle tipologie edilizie presenti su tutto il patrimonio edilizio della città di Carbonia.

Il presente lavoro è stato svolto in sinergia con Sotacarbo, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) e Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica (DIEE) dell'Università di Cagliari, con i quali le attività si sono intersecate al fine di arrivare alla realizzazione del portale AUREE.

1 Introduzione

Migliorare le prestazioni energetiche degli edifici costituisce una condizionalità di fondamentale importanza per il raggiungimento degli obiettivi fissati dall'Unione Europea, sia a breve sia a lungo termine, della strategia climatica comunitaria orientata verso un'economia a bassa intensità di carbonio entro il 2050.

L'Unione Europea ha promosso a questo proposito una serie di programmi, progetti e direttive, come la 2002/91/CE e la 2010/31/UE sul rendimento energetico degli edifici, la 2006/32/CE sui servizi energetici e la 2012/27/UE sull'efficienza energetica, con la finalità di mettere in campo strumenti, criteri e soluzioni armonizzate e condivise in materia di incremento dell'efficienza energetica degli edifici esistenti e nuovi.

Nel settore dell'edilizia, ad esempio, la direttiva 2010/31/UE rappresenta il principale strumento normativo a livello europeo per migliorare l'efficienza energetica dei fabbricati. Elemento fondamentale della direttiva è rappresentato dagli edifici a energia quasi zero (NZEB, Nearly Zero-Energy Building). Tutto ciò si inquadra nella Strategia Energetica Nazionale (SEN) che fa dell'efficienza energetica la principale priorità attraverso l'istituzione di un programma particolarmente ambizioso per l'Italia, teso al superamento degli obiettivi europei al 2020, che fissa l'obiettivo di 15,5 Mtep di risparmio di energia finale al 2020, pari ad un risparmio del 24% rispetto allo scenario di riferimento europeo. L'incremento dell'efficienza energetica degli edifici e la transizione verso edifici a energia quasi zero costituisce un obiettivo prioritario per il nostro Paese che viene perseguito grazie a una molteplice gamma di misure di regolazione e incentivazione.

2 Riferimenti normativi e legislativi

Dalla metà degli anni '70 si è iniziato a mostrare una maggiore sensibilità verso le tematiche di gestione delle fonti energetiche. Sia a livello europeo che a livello nazionale, viene raggiunta una consapevolezza sul limite di disponibilità delle risorse primarie e si inizia a mostrare una maggiore attenzione sui problemi di inquinamento ambientale.

Il continuo dibattito e la sempre maggiore attenzione a queste tematiche ci portano oggi ad avere un ampio riferimento normativo in linea con gli accordi e gli obiettivi stabiliti a livello mondiale. Su questa linea di pensiero nasce in Italia una nuova politica energetica che si pone come obiettivo principale il contenimento dei consumi energetici soprattutto attraverso l'efficientamento del patrimonio edilizio italiano. Di seguito viene illustrata l'evoluzione normativa italiana in materia di efficientamento energetico:

- Legge 30 Aprile 1976 n.373 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici"

È stata la prima norma redatta per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici. Fu emanata in risposta alla prima vera e propria crisi petrolifera che si avvertì in Europa nel 1973, che causò un aumento esorbitante del prezzo del petrolio. La legge 373/76 prevedeva i primi vincoli per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici e le prime prescrizioni per l'isolamento termico degli edifici. Con questa legge vennero introdotti:

- il concetto di fattore di forma con il rapporto S/V (superficie disperdente su volume riscaldato);
 - l'individuazione delle diverse zone climatiche,
 - il coefficiente di dispersione volumico;
 - il concetto di gradi-giorno
- Legge 9 Gennaio 1991 n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"

Questa legge viene considerata una tappa fondamentale nell'evoluzione della normativa energetica.

Viene introdotta per la prima volta il concetto di Certificazione energetica degli edifici. L'Italia viene divisa per aree geografiche in zone climatiche, classificandole con periodi precisi di esercizio (A, B, C, D, E, F), in cui ogni periodo prevede determinate temperature, queste zone climatiche sono ulteriormente classificate in base alla velocità dei venti, con dei coefficienti di esposizione. La legge proponeva il calcolo del bilancio energetico invernale come la somma algebrica degli apporti di calore e delle dispersioni di calore. La norma introduceva inoltre l'obbligo di redigere a cura di un professionista una relazione tecnica (in duplice copia) sul rispetto delle prescrizioni contenute nella legge, a cui sono soggette tutte le abitazioni; per quelle di nuova costruzione la relazione va redatta e consegnata prima dell'avvio dei lavori di costruzione.

- D.lgs. 192/2005 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia"

Questo decreto è stato emanato recependo la direttiva 2002/91/Ce, ponendo limiti al valore del fabbisogno di energia prima (espressa in kWh/m² anno). Il decreto del 19 agosto 2005, stabilisce i criteri e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo e l'integrazione delle fonti rinnovabili, di contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto e promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

Il decreto si applica ad edifici di nuova costruzione ed oggetto di ristrutturazione, ad eccezione di fabbricati industriali, artigianali ed agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo ed i fabbricati con una superficie totale inferiore a 50 mq. Tale decreto rende ancora più rigida la redazione delle relazione tecnica da depositare in comune prevista dalla legge n. 10/1991 poiché i calcoli si dovranno fare anche per il periodo estivo; con questa legge comincia a nascere l'idea di edificio certificato sotto il profilo energetico. Il testo di legge disciplina la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici, l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici, la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore, la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore. Tale decreto legislativo prevede che gli edifici di nuova costruzione e quelli da ristrutturare, siano dotati di un attestato di certificazione energetica. Tale attestato deve essere allegato all'atto di compravendita, ha una validità temporale massima di 10 anni a partire dal suo rilascio ed è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che modifica la prestazione energetica dell'edificio e dell'impianto. Ad esso devono essere allegati suggerimenti in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio. Negli edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico, l'attestato di certificazione energetica deve essere affisso nello stesso edificio a cui si riferisce in luogo facilmente visibile al pubblico.

- D.lgs. 311/2006 "Disposizioni correttive ed integrative al D.lgs. 192/2005, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"

Modifica ed integra il decreto legislativo 192/2005, a sua volta attuativo della direttiva 2002/91/Ce, relativa al rendimento energetico ed al fabbisogno energetico nell'edilizia. Le novità introdotte sono:

- l'obbligo del "certificato energetico", attestante la capacità di risparmio energetico di un determinato edificio nel momento in cui viene immesso sul mercato immobiliare, inoltre il certificato energetico diventa indispensabile per ottenere le agevolazioni fiscali previste per la ristrutturazione di edifici in funzione di una maggiore efficienza energetica;
- l'obbligo di utilizzo di pannelli fotovoltaici, pannelli solari termici per la produzione di acqua calda e schermature solari esterne, per tutti gli edifici nuovi o ristrutturati che hanno una superficie superiore a 1000 m²;

- l'obbligo per tutti gli uffici pubblici all'esposizione della targa energetica.
- Impone inoltre nuovi limiti al fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale degli edifici e alle trasmittanze di tutte le componenti dell'involucro edilizio.
- D.lgs. 28/2011 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"

Definisce strumenti, meccanismi, incentivi e quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi fino al 2020 in materia di energia da fonti rinnovabili. Le più importanti novità definite dal decreto per quanto concerne l'efficienza energetica degli edifici sono la definizione degli obblighi di utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e sottoposti a ristrutturazioni importanti e l'introduzione dell'obbligo, in sede di compravendita e locazione di un edificio, dell'introduzione di una clausola in cui l'acquirente o il locatore dichiara di aver ricevuto le informazioni e la documentazione in ordine alla certificazione energetica degli edifici.

- DL 63/2013 "Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale"

Viene introdotto il nuovo Attestato di Prestazione Energetica (APE) a sostituzione dell'attestato di certificazione energetica e deve comprendere tutti i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio. Introduce inoltre novità sulle detrazioni fiscali per risparmio energetico e sulla ristrutturazione edilizia, sugli edifici ad energia quasi zero.

- Legge 90/2013 "Conversione, con modificazioni, del decreto - legge 4 giugno 2013 n.63"

È la conversione in legge del decreto legge 63/2013 precedentemente descritto.

- DM 26/6/2015 Requisiti Minimi "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici"

Un testo di legge dedicato alle modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, tracciando dei criteri generali volti a regolamentare l'utilizzo delle fonti rinnovabili, ma anche le prescrizioni e i requisiti minimi da soddisfare, per quanto riguarda edifici pubblici e privati.

Contiene informazioni piuttosto importanti per quanto riguarda temi rilevanti nell'ambito della certificazione energetica degli edifici. Grande importanza la riveste il concetto di trasmittanza all'interno del Decreto, presente in diversi punti dello stesso, in particolar modo per quanto riguarda le cosiddette ristrutturazioni importanti di secondo livello. In questi, infatti, entrano in gioco fattori come requisiti di trasmittanza termica limite delle porzioni e delle quote di elementi e componenti l'involucro dell'edificio interessati dai lavori di riqualificazione energetica. Nello stesso decreto, inoltre, sono presenti schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici. Le novità riguardano, appunto, schemi che il Progettista è tenuto a presentare in relazione all'esecuzione di interventi edilizi, ai fini dell'attestazione del fatto che l'edificio in questione rispetti i requisiti imposti dalla normativa in materia di prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici.

- UNI/TS 11300

Rappresentano l'applicazione italiana delle norme tecniche europee e rappresentano il riferimento ufficiale per le metodologie di calcolo del fabbisogno energetico degli edifici. Consentono di valutare sia gli edifici nuovi che quelli esistenti, in relazione a condizioni standard convenzionali di

riferimento (design rating o asset rating) o in condizioni adattate all'utilizzo specifico (tailored rating). Si suddividono in sei parti:

- UNI/TS 11300 - 1:2014 "Prestazioni energetiche degli edifici Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale"

Definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008, con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni dell'involucro per la climatizzazione estiva e invernale, comprensivi di umidificazione e deumidificazione. Essa è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008, calcolo di progetto (design rating), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (asset rating), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (tailored rating).

- UNI/TS 11300 - 2:2019 "Prestazioni energetiche degli edifici Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali"

Fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di acqua calda sanitaria e per la valutazione delle perdite e dei rendimenti degli impianti per la climatizzazione invernale (idraulica e aeraulica).

Essa fornisce inoltre il metodo di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia per il servizio di ventilazione meccanica e le indicazioni e i dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia legati al servizio di illuminazione artificiale, in accordo con la UNI EN 15193.

- UNI/TS 11300 - 3:2010 "Prestazioni energetiche degli edifici Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva"

Fornisce i metodi per la determinazione di rendimenti e fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva e fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva. Si applica unicamente ad impianti fissi di climatizzazione estiva con macchine frigorifere azionate elettricamente o ad assorbimento.

- UNI/TS 11300 - 4:2016 "Prestazioni energetiche degli edifici Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria"

Calcola le perdite e i rendimenti di sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili o con metodi di generazione diversi da quelli trattati nella UNI TS 11300-2. All'interno della norma sono considerate le seguenti tecnologie a fonti rinnovabili (solare termico, solare fotovoltaico, pompe di calore che sfruttano fonti aerauliche, idrauliche o geotermiche, biomasse e altri metodi di generazione quali cogenerazione e le sottostazioni di teleriscaldamento).

- UNI/TS 11300 - 5:2016 "Prestazioni energetiche degli edifici Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili"

Fornisce metodi di calcolo per determinare in modo univoco e riproducibile applicando la normativa tecnica citata nei riferimenti normativi, il fabbisogno di energia primaria degli edifici sulla base dell'energia consegnata ed esportata e la quota di energia da fonti rinnovabili. Inoltre, fornisce precisazioni e metodi di calcolo che riguardano, in particolare:

- 1) le modalità di valutazione dell'apporto di energia rinnovabile nel bilancio energetico;
 - 2) la valutazione dell'energia elettrica esportata;
 - 3) la definizione delle modalità di compensazione dei fabbisogni con energia elettrica attraverso energia elettrica prodotta da rinnovabili;
 - 4) la valutazione dell'energia elettrica prodotta da unità cogenerative.
- UNI/TS 11300 - 6:2016 "Prestazioni energetiche degli edifici Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili"

Fornisce dati e metodi per la determinazione del fabbisogno di energia elettrica per il funzionamento di impianti destinati al sollevamento e al trasporto di persone o persone accompagnate da cose in un edificio, sulla base delle caratteristiche dell'edificio e dell'impianto. I suddetti metodi di calcolo tengono in considerazione solo il fabbisogno di energia elettrica nei periodi di movimento e di sosta della fase operativa del ciclo di vita.

- UNI 10349 - 1:2016 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo - energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata"

Fornisce, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali necessari per la verifica delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale ad essi asserviti. La norma fornisce inoltre metodi di calcolo per ripartire l'irradianza solare oraria nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'energia raggiante ricevuta da una superficie fissa comunque inclinata ed orientata. La nuova UNI 10349-1 sostituisce la UNI/TR 11328-1:2009.

- UNI 10349 - 2:2016 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto"

Il rapporto tecnico fornisce, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva ed invernale ad essi asserviti. I dati di progetto contenuti nel rapporto tecnico sono rappresentativi delle condizioni climatiche limite, da utilizzare per il dimensionamento degli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale e per valutare il rischio di surriscaldamento estivo.

- UNI 10349 - 3:2016 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici"

Il rapporto tecnico fornisce, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva ed invernale ad essi asserviti. I dati di progetto contenuti nel rapporto tecnico sono rappresentativi delle condizioni climatiche limite, da utilizzare per il dimensionamento degli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale e per valutare il rischio di surriscaldamento estivo.

- UNI EN ISO 52016 - 1:2018 "Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1: Procedure di calcolo"

Parte di una serie di norme “EPB - Energy Performance of Buildings” nate con l’obiettivo di formare una metodologia per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici a livello internazionale. Definisce un nuovo metodo di calcolo dinamico, definendo le procedure di calcolo dei fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento sia su base oraria che mensile. Definisce inoltre il metodo di calcolo per le temperature interne e per i carichi termici sensibili e latenti su base oraria.

- UNI EN ISO 52016 - 2:2018 “Prestazioni energetiche degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 2: Spiegazione e giustificazione della ISO 52016 - 1 e della ISO 52017 - 1”

Il rapporto tecnico contiene informazioni per supportare la corretta comprensione e il corretto utilizzo della ISO 52016-1 e della ISO 52017-1 ma non contiene alcuna disposizione normativa.

Questi documenti forniscono metodi di calcolo per la valutazione:

- del carico e del fabbisogno termico (sensibile e latente) per riscaldamento e raffrescamento, basato su calcoli orari;
 - del fabbisogno energetico (sensibile e latente) per riscaldamento e raffrescamento, basato su calcoli mensili;
 - della temperatura interna, basata su calcoli orari;
 - del carico di progetto (sensibile e latente) per riscaldamento e raffrescamento, basato su calcoli orari.
- UNI EN 15459 “Prestazione energetica degli edifici - Sistemi di riscaldamento e sistemi di raffrescamento idronici negli edifici - Parte 1: Procedura di valutazione economica per i sistemi energetici negli edifici, Modulo M1 - 14”

Fornisce un metodo di calcolo degli aspetti economici dei sistemi di riscaldamento e di altri sistemi che determinano la domanda e il consumo di energia dell'edificio.

- D.lgs. 10/06/2020 n.48 Attuazione della direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31

Pubblicato in Gazzetta Ufficiale il giorno 11 giugno, il DLgs 48/2020 recepisce le direttive 2012/27 sull'efficienza energetica e Ue 2018/844 sulla prestazione energetica nell'edilizia apportando così delle modifiche al Dlgs 192 del 2005 (sul rendimento energetico degli edifici) e abrogando alcuni obblighi fissati dalla Legge 10/91 (Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia). Il DLgs 10 giugno 2020 non modifica solo normative sull'efficienza energetica in edilizia, ma anche alcune disposizioni in materia edilizia.

Apporta novità sull'efficienza energetica, la prestazione energetica e sulla normativa che regola gli APE. L'obiettivo principale è intervenire sul patrimonio immobiliare italiano, con specifiche azioni volte al miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici anche tramite l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione di edifici nuovi, nonché di edifici esistenti sottoposti a ristrutturazione importante.

Di particolare rilievo, inoltre, sono le precisazioni sugli ambiti di esclusione del d.lgs. 192/2005 che, come in passato, continuano a ricomprendere:

- gli edifici vincolati, ossia soggetti al d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 – cd. Codice dei beni culturali (basti pensare ad uno dei tanti palazzi storici delle nostre città);

- gli edifici non influenti energeticamente (quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, ecc.).

Per i primi viene ribadito il ruolo dell'autorità (statale o regionale) preposta alla tutela di tali beni che dovrà pronunciarsi sull'eventuale (non) compatibilità degli interventi di miglioramento energetico rispetto ai valori tutelati (art. 3, comma 3-bis, d.lgs. 192/2005); per i secondi viene specificato che l'esonero dalla quasi totalità delle previsioni del d.lgs. 192/2005 non riguarda, però, la realizzazione delle infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici [cfr. nuovo art. 3, comma 3, lettera e), d.lgs. 192/2005].

Degne di segnalazione, infine, sono le modificazioni in materia di attestato di prestazione energetica (APE), da allegare come noto ai contratti di compravendita immobiliare, agli atti di trasferimento di immobili a titolo oneroso, ai nuovi contratti di locazione di edifici o di singole unità immobiliari soggetti a registrazione: le competenze sanzionatorie in materia di APE sono ora attribuite alle regioni e alle province autonome, peraltro competenti per l'accertamento e la contestazione della violazione (art.6, comma 3, nuovo d.lgs. 192/2005). Pur confermando la validità temporale massima dell'APE (dieci anni) la stessa è subordinata anche al rispetto delle prescrizioni inerenti all'integrazione negli edifici delle tecnologie di ricarica dei veicoli elettrici. Si deve, invece, mettere mano all'APE nei casi di sistema tecnico per l'edilizia installato, sostituito o migliorato, procedendo all'analisi della prestazione energetica globale della parte modificata e, se del caso, dell'intero sistema modificato (art. 16, comma 10-bis, nuovo d.lgs. 192/2005).

3 Stato dell'arte

Il risparmio energetico nel settore abitativo è considerato una grande opportunità in quanto esso costituisce la percentuale preponderante degli edifici residenziali nel mondo; il consumo finale di energia negli edifici residenziali ha rappresentato oltre il 70% del totale mondiale nel 2018 [1]. Nei paesi europei, il rapporto tra i condomini comprende quasi la metà dell'intero patrimonio abitativo [2,3,13]. La maggior parte delle persone vive in appartamenti o edifici, dove anche i piccoli risparmi energetici, moltiplicati per il numero di famiglie nel mondo, sarebbero di indescrivibile vantaggio ambientale ed economico [11].

In particolare, gli appartamenti nei grattacieli devono spesso affrontare problemi cruciali sul rendimento energetico. Una delle cause più comuni è il disagio termico interno, causato dagli sbalzi termici giornalieri e dalla stratificazione verticale della temperatura. Il disagio termico si traduce in un elevato fabbisogno energetico per l'utilizzo dell'aria condizionata, inoltre implica una maggiore dipendenza dai sistemi meccanici di ventilazione per avere condizioni di vita accettabili. Inoltre, gli edifici multi livello sono molto influenzati dalle condizioni climatiche esterne per via della loro altezza e orientamento. In particolare, l'orientamento dell'edificio influenza il guadagno di calore dovuto alla radiazione solare che fluisce nell'edificio. Un guadagno di calore eccessivo può causare un consumo eccessivo di energia per il raffrescamento estivo poiché l'appartamento ha vari fattori di acquisizione del calore ricevuti dalle condizioni climatiche esterne a seconda dell'altezza e dell'orientamento dell'edificio, gli sforzi per ottenere il risparmio energetico in questi edifici risultano necessari per ridurre il consumo di energia per riscaldamento e raffreddamento [13].

Hassan & El-Rayes presentano lo sviluppo di un nuovo modello di ottimizzazione sull'uso di misure di retrofit energetico in edifici esistenti per soddisfare l'obiettivo di riduzione del consumo energetico specificato dal proprietario, riducendo al minimo i costi richiesti per l'efficientamento dell'edificio. Il modello di ottimizzazione è stato utilizzato per identificare una combinazione ottimale di tecnologie di retrofit energetico che riducono al minimo i costi di efficientamento che, per questo caso di studio soddisfano l'obiettivo di riduzione energetica dell'80%. Suddividono l'edificio in una serie di settori per consentire al modello di identificare tutte le misure retrofit energetico realizzabili e che possono essere integrate in ogni settore dell'edificio. Ogni settore può integrare diversi tipi di tecnologie di energia rinnovabile [10].

Xu ha sviluppato una metodologia sistematica per ridurre al minimo i carichi di riscaldamento e raffreddamento dell'edificio utilizzando un design sperimentale e un algoritmo genetico di non-smistamento in modo da selezionare insiemi di fattori ottimali per la progettazione dell'edificio. L'algoritmo genetico di non ordinamento ha offerto linee frontali in cui il fattore di progettazione ottimale dell'edificio è impostato per i carichi minimi di riscaldamento e raffreddamento, mostrando che il rapporto tra le efficienze dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento è in grado di influenzare la progettazione di climatizzazione passiva dell'edificio. Quindi la parte di climatizzazione attiva e la parte passiva dovrebbero essere considerate simultaneamente e in modo accoppiato per portare ad una progettazione ottimale di edifici a energia netta zero [16].

Il documento di ricerca si concentra su un unico modello per ridurre il consumo di energia.

Lewandowski tenta una classificazione dei materiali isolanti dal punto di vista della loro utilità nella costruzione passiva pro-ecologica. Il criterio principale è la conducibilità dell'energia termica e solare. Ci sono pareti divisorie tradizionali (pareti tipiche, materiali isolanti per pareti, finestre), materiali da costruzione a risparmio energetico (pareti Trombe, isolamento trasparente, finestre a risparmio energetico) e materiali del futuro. Questa classificazione faciliterà lo sviluppo consapevole e pianificato di quest'ultimo. I materiali da cui devono essere realizzati i muri, i tetti, le fondamenta, le finestre, le porte, ecc. di un edificio ad alta efficienza energetica sono l'aspetto più importante nella sua progettazione e costruzione. Per ridurre al minimo il consumo di energia, questi materiali devono soddisfare i seguenti requisiti energetici:

- in inverno, dovrebbero fornire all'edificio energia dall'esterno e trattenerla all'interno,

- in estate, dovrebbero impedire la trasmissione di energia nell'edificio ma consentirne il flusso nella direzione opposta,
- in inverno l'energia solare dovrebbe raggiungere l'edificio sia sotto forma di luce che di calore, ma in estate solo come luce [11].

Numerosi progetti di ricerca e innovazione hanno avviato lo sviluppo di soluzioni modulari di retrofit per facciate che integrano tecnologie di energia rinnovabile in loco. Du ha definito il termine di “Modular Facade Retrofit with Renewable energy technologies (MFRRn)”. Il MFRRn si riferisce al processo di retrofit energetico in base al quale le tecnologie di isolamento termico, solare ed eolico sono integrate con la finitura esterna dell'edificio utilizzando un approccio modulare [7].

In un edificio ad alta efficienza energetica i sistemi passivi di raffrescamento e riscaldamento sono impiegati per diminuire il consumo energetico degli edifici. Il raffrescamento passivo si basa sul controllo e la dissipazione del calore della radiazione solare e del guadagno termico durante le stagioni calde, mentre il riscaldamento passivo applica l'energia solare termica per riscaldare l'interno dell'edificio durante le stagioni fredde. Il tetto, le finestre, le pareti e l'orientamento dell'edificio sono i componenti chiave del raffrescamento/riscaldamento passivo di un edificio. Tuttavia, tra questi parametri, il tetto offre un grande potenziale per il raffrescamento passivo grazie alla sua ampia superficie esposta, che riceve la frazione maggiore della radiazione solare e allo stesso tempo fornisce un'ampia superficie per la dispersione di calore. Finora sono stati proposti diversi sistemi di raffrescamento passivo applicati ai tetti degli edifici come uno specchio d'acqua sul tetto, in cui viene applicato il calore latente di evaporazione per il raffrescamento [2], tecniche di dissipazione del calore, in cui viene diminuito il calore di radiazione guadagnato dal tetto attraverso la riduzione della radiazione incidente [3] e la “water jacket” sul tetto che utilizza il raffrescamento notturno e per convezione. I calcoli di Sabzi mostrano che mentre tutti i sistemi di raffrescamento passivo esaminati riducono il carico di raffrescamento richiesto per l'edificio durante l'estate, il massimo raffrescamento può essere ottenuto mediante l'applicazione di uno specchio d'acqua sul tetto seguito da una schermatura antiradiazioni e dalla “water jacket” sul tetto. I calcoli prevedono anche che le prestazioni di ciascuna tecnica dipendono dall'ora del giorno. Mentre al mattino lo specchio d'acqua e lo schermo antiradiazione sul tetto mostrano relativamente le stesse prestazioni, lo specchio d'acqua sul tetto si traduce in temperature più basse e carichi di raffrescamento richiesti all'interno dell'edificio nel pomeriggio [14].

I sistemi di raffrescamento passivo sono già stati applicati con successo negli edifici urbani con conseguente risparmio energetico ma devono essere stabilite le condizioni in riferimento al clima. La direzione del vento, la temperatura media, l'intensità della radiazione solare e anche la morfologia del paesaggio dovrebbero orientare la scelta di una tecnica progettuale adeguata. L'orientamento deve essere scelto in modo da sfruttare al meglio le brezze estive locali e rendere l'edificio meno esposto alla radiazione solare. La forma dell'edificio, le aperture e l'inclinazione del tetto influenzano la ventilazione e l'effetto della radiazione solare. I materiali isolanti riducono lo scambio termico tra l'ambiente interno ed esterno e i materiali isolanti possono essere artificiali o naturali come i tetti verdi. In secondo luogo, il colore esterno di un edificio può ridurre al minimo la quantità di radiazione solare in entrata. Si dice che la ventilazione naturale sia il metodo di raffrescamento passivo più comune delle strutture [9].

Evola indaga la redditività energetica ed economica della ristrutturazione di edifici residenziali a clima temperato attraverso l'integrazione di pannelli fotovoltaici sulle facciate. L'indagine riguarda un vero e proprio condominio multipiano, rappresentativo di un numero significativo di edifici costruiti in Italia nel 1950–1990, che spesso necessitano di ristrutturazione a causa dell'obsolescenza. Questo tipo di edificio è generalmente adatto a ricevere una nuova facciata a doppia pelle, che supporta sia il fotovoltaico che altri materiali di rivestimento comuni, rappresentando anche un buon compromesso in termini di qualità estetica, costo, peso, durata e facilità di manutenzione. Modificando virtualmente l'orientamento, il numero di piani e le condizioni climatiche, e considerando diverse tecnologie fotovoltaiche. I risultati mostrano che per un edificio di 8 piani con l'asse principale lungo EW, l'investimento iniziale può essere rimborsato entro circa nove anni, se si considerano gli incentivi fiscali attuali e un tasso di autoconsumo del

50% per l'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici. La presenza di incentivi fiscali è essenziale per rendere appetibile l'investimento. (Evola e Margani, 2016). [8] Ma le valutazioni potenziali dei sistemi fotovoltaici e delle batterie possono essere integrate con turbine eoliche di micro generazione (10,5 kW) per coprire la domanda di elettricità degli utenti residenziali [4]. Minimizzare il costo dell'energia elettrica è un'approccio alla gestione della risorsa energetica a Sahlaoui che ha proposto tramite il monitoraggio di un impianto fotovoltaico realizzato per il progetto di cooperazione DE.DU.ENER.T, utilizzando energie rinnovabili e criteri economici. Hanno ridotto le bollette utilizzando fonti sostenibili, verdi e pulite. Il prezzo dell'energia generata dai sistemi fotovoltaici è inferiore al prezzo agevolato dell'energia generata dai combustibili fossili [15].

Restrizioni politiche più severe, sussidi statali e la maggiore domanda da parte degli utenti di soluzioni rispettose dell'ambiente sono alcuni dei motivi per cui la generazione in loco da fonti di energia rinnovabile (FER) è diventata un'opzione ampiamente usata negli ultimi anni e la tendenza futura va verso sistemi di fornitura in loco esclusivamente basati su FER. Milano rispetto ai sistemi convenzionali e la variabilità delle fonti energetiche necessita una progettazione ottimizzata del sistema complessivo e lo sviluppo di un modello basato sulla programmazione lineare per il dimensionamento ottimale dei sistemi di alimentazione 100% rinnovabile in termini di costi complessivi del sistema. La configurazione ottimale è data da un modello fotovoltaico abbinato ad una pompa di calore per la fornitura di calore [12].

L'approccio ibrido può migliorare il consumo energetico dell'edificio e il comfort termico con il consumo energetico dell'edificio ridotto del 10,6% e il comfort termico aumentato del 32,2% rispetto ai valori iniziali, rispettivamente. L'ubicazione dell'edificio e il tempo di simulazione del consumo energetico sono determinati per impostare i parametri ambientali esterni dell'edificio come la temperatura esterna, l'umidità esterna, la direzione e la velocità del vento esterno. In questo studio è stata condotta l'ottimizzazione multi-obiettivo del consumo energetico e del comfort termico dell'edificio sulla base dei parametri principali dell'involucro edilizio, che ha il maggiore impatto sul consumo energetico dell'edificio. In effetti, altri fattori nella progettazione degli edifici come il riscaldamento, la ventilazione e l'aria condizionata (HVAC) e il sistema di illuminazione hanno anche determinati impatti sul consumo energetico dell'edificio [5].

Per mostrare uno studio comparativo per l'uso residenziale di tre delle tre principali tecnologie di illuminazione: alogena a incandescenza, CFL (Compact Fluorescent Lamp) e LED (Light Emitting Diode). Sono stati valutati i conseguenti costi e impatti ambientali. Questo studio ha scoperto che le lampade a LED sono chiaramente la migliore opzione di illuminazione. I prezzi dei LED hanno mostrato una tendenza al ribasso rispetto alle CFL, perché negli anni si è registrato un netto calo dei loro costi di produzione, con una corrispondente crescita dell'efficienza luminosa. Pertanto, i dati suggeriscono che la tecnologia LED sarà sempre più competitiva nei prossimi anni e diventerà accessibile a gran parte della popolazione [6].

4 LA 1.35. Protocollo per sviluppo di uno strumento di supporto tecnico ed economico per la scelta degli impianti

4.1 Casi studio: edifici civili

4.1.1 Introduzione

Il lavoro svolto si è successivamente esteso a tutto il territorio della città di Carbonia, focalizzando l'attenzione della ricerca su determinate tipologie edilizie specifiche del periodo di fondazione della città, riconducibili tutte al decennio tra fine anni '30 e i primi anni '40.

Dalle tipologie catalogate sono stati presi in esame 6 tipologie edilizie, scelte tra le più diffuse all'interno del territorio della città da cui sono stati generati 42 casi studio, differenziandole in base alla posizione e al sistema impiantistico presente allo stato attuale. Tra questi 42 casi studio sono stati rianalizzati i 9 casi studio della tipologia edilizia dei "Pistonì".

Sulla base delle conoscenze acquisite durante le precedenti annualità e tramite l'attività di audit energetico eseguito da Sotacarbo attraverso il rilievo e la raccolta di dati sullo stato del sistema (elementi costruttivi e materiali, impianti che garantiscono diversi servizi, consumi vettori energetici, costi operativi, profilo d'uso degli ambienti, etc.) si è deciso di raggruppare i sistemi impiantistici più diffusi all'interno del territorio in tre categorie: SI1, SI2 e SI3.

Nel dettaglio i tre sistemi impiantistici più frequenti nello stato attuale sono così composti:

- SI1: scaldacqua elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria, pompe di calore aria-aria di vecchia generazione con split interni a parete per il riscaldamento e il raffrescamento
- SI2: scaldacqua elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria, stufa a biomassa per il riscaldamento e nessun impianto per il raffrescamento
- SI3: caldaia tradizionale di vecchia generazione per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento tramite radiatori a parete e pompe di calore aria-aria di vecchia generazione con split interni a parete il raffrescamento

Questi sistemi impiantistici sono stati applicati a tutte le 6 tipologie edilizie, andando a generare i 42 casi studio, per ognuno dei quali è stato creato un modello energetico.

I modelli energetici del sistema edificio-impianto sono stati eseguiti attraverso l'uso del software Termolog.

Anche per queste analisi sono state individuate delle configurazioni di intervento che, a seconda del livello di impatto sul sistema edificio-impianto vengono suddivise in intervento "Low", intervento "Medium" e intervento "High".

4.1.2 Casi studio analizzati

Sono state prese in esame 14 unità abitative, comprese sia all'interno di edifici multi-residenziali che monofamiliari ricoprendo così, tutte le più diffuse tipologie edilizie della fondazione della città di Carbonia.

Più nello specifico, sono state prese in esame le seguenti tipologie:

1. Gra B, edificio a piano singolo della fondazione della città di forma parallelepipedica che contiene 4 unità abitative per piano, analoghe tra loro.
 - 1.1. GRA B – UNITA' CAPOSCHIERA, soluzione impiantistica 1
 - 1.2. GRA B – UNITA' CAPOSCHIERA, soluzione impiantistica 2
 - 1.3. GRA B – UNITA' CAPOSCHIERA, soluzione impiantistica 3
2. Gra B, edificio a piano singolo della fondazione della città di forma parallelepipedica che contiene 4 unità abitative per piano, analoghe tra loro.
 - 2.1. GRA B – UNITA' CENTRALE, soluzione impiantistica 1

- 2.2. GRA B – UNITA' CENTRALE, soluzione impiantistica 2
- 2.3. GRA B – UNITA' CENTRALE, soluzione impiantistica 3
- 3. Impiegati B, casa binata bifamiliare, struttura portante in muratura, con la singola unità abitativa sviluppata su due piani.
 - 3.1. IMPIEGATI B - UNITA' ABITATIVA SINGOLA, soluzione impiantistica 1
 - 3.2. IMPIEGATI B - UNITA' ABITATIVA SINGOLA, soluzione impiantistica 2
 - 3.3. IMPIEGATI B - UNITA' ABITATIVA SINGOLA, soluzione impiantistica 3
- 4. Lenti Grande, casa quadrifamiliare a due piani, realizzata durante la seconda fase della fondazione della città.
 - 4.1. LENTI GRANDE – UNITA' PIANO TERRA, soluzione impiantistica 1
 - 4.2. LENTI GRANDE – UNITA' PIANO TERRA, soluzione impiantistica 2
 - 4.3. LENTI GRANDE – UNITA' PIANO TERRA, soluzione impiantistica 3
- 5. Lenti Grande, casa quadrifamiliare a due piani, realizzata durante la seconda fase della fondazione della città.
 - 5.1. LENTI GRANDE – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 1
 - 5.2. LENTI GRANDE – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 2
 - 5.3. LENTI GRANDE – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 3
- 6. Spec E2, edificio multi-livello, con tre piani caratterizzati da due unità abitative ciascuno, struttura portante in muratura.
 - 6.1. SPEC E2 – UNITA' PIANO TERRA, soluzione impiantistica 1
 - 6.2. SPEC E2 – UNITA' PIANO TERRA, soluzione impiantistica 2
 - 6.3. SPEC E2 – UNITA' PIANO TERRA, soluzione impiantistica 3
- 7. Spec E2, edificio multi-livello, con tre piani caratterizzati da due unità abitative ciascuno, struttura portante in muratura.
 - 7.1. SPEC E2 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 1
 - 7.2. SPEC E2 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 2
 - 7.3. SPEC E2 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 3
- 8. Spec E2, edificio multi-livello, con tre piani caratterizzati da due unità abitative ciascuno, struttura portante in muratura.
 - 8.1. SPEC E2 – UNITA' ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 1
 - 8.2. SPEC E2 – UNITA' ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 2
 - 8.3. SPEC E2 – UNITA' ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 3
- 9. Tipologia B1, edificio multi-livello, sviluppato in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli dissimili tra loro, con struttura portante in muratura.
 - 9.1. TIPOLOGIA B1 – UNITA' AL PIANO TERRA, soluzione impiantistica 1
 - 9.2. TIPOLOGIA B1 – UNITA' AL PIANO TERRA, soluzione impiantistica 2
 - 9.3. TIPOLOGIA B1 – UNITA' AL PIANO TERRA, soluzione impiantistica 3

10. Tipologia B1, edificio multi-livello, sviluppato in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli dissimili tra loro, con struttura portante in muratura.
 - 10.1. TIPOLOGIA B1 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 1
 - 10.2. TIPOLOGIA B1 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 2
 - 10.3. TIPOLOGIA B1 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 3
11. Tipologia B1, edificio multi-livello, sviluppato in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli dissimili tra loro, con struttura portante in muratura.
 - 11.1. TIPOLOGIA B1 – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 1
 - 11.2. TIPOLOGIA B1 – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 2
 - 11.3. TIPOLOGIA B1 – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 3
12. Pistoni O/5, edificio multi- livello (4 piani) della fondazione della città che contiene 12 unità abitative a piano, costruito in muratura portante ed strutture orizzontali in latero – cemento palazzo della fondazione a carattere intensivo, 24 unità abitative.
 - 12.1. PISTONI O/5 – UNITA' AL PIANO TERRA, soluzione impiantistica 1
 - 12.2. PISTONI O/5 – UNITA' AL PIANO TERRA, soluzione impiantistica 2
 - 12.3. PISTONI O/5 – UNITA' AL PIANO TERRA, soluzione impiantistica 3
13. Pistoni O/5, edificio multi- livello (4 piani) della fondazione della città che contiene 12 unità abitative a piano, costruito in muratura portante ed strutture orizzontali in latero – cemento palazzo della fondazione a carattere intensivo, 24 unità abitative.
 - 13.1. PISTONI O/5 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 1
 - 13.2. PISTONI O/5 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 2
 - 13.3. PISTONI O/5 – UNITA' AL PIANO INTERMEDIO, soluzione impiantistica 3
14. Pistoni O/5, edificio multi- livello (4 piani) della fondazione della città che contiene 12 unità abitative a piano, costruito in muratura portante ed strutture orizzontali in latero – cemento palazzo della fondazione a carattere intensivo, 24 unità abitative.
 - 14.1. PISTONI O/5 – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 1
 - 14.2. PISTONI O/5 – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 1
 - 14.3. PISTONI O/5 – UNITA' ALL'ULTIMO PIANO, soluzione impiantistica 3

4.1.3 Caso studio n.1.1, 1.2 e 1.3

Descrizione

Gli Edifici Gra B, strutture edificate ad un piano singolo di forma parallelepipedica a base rettangolare molto allungata, sormontata da copertura a capanna. Esistente sia con soluzione da tre alloggi, sia con soluzione comprendente 4 alloggi (casistica in esame). Tale tipologia di edificio non fu mai del tutto ultimata e fu così sfruttata, per lo più, per la necessità di dare alloggio ai numerosi operai delle vicine miniere, senza famiglia, rimanendo dunque un ambiente unico destinato a dormitorio collettivo. La struttura portante è in muratura da 45 cm in pietra naturale, solaio di base da 70 cm e copertura inclinata in tegole da 110 cm e controsoffitto con tavellone orizzontale da 4 cm. Involucro trasparente costituito da infissi con telaio in legno e vetro singolo delle seguenti dimensioni 100x150, 130x150.



Figura 1 Edificio Gra B allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, l'unità abitativa capo schiera. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto, infine per ogni soluzione impiantistica di partenza sono state considerate tre possibili soluzioni di efficientamento.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

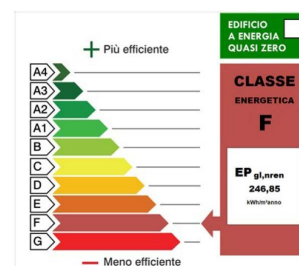
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 1,2 kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 100X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,03 W/m ² K
FINESTRA 130X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,06 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	34,95 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	34,95 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	167,57 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	167,57 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	184,1 m ²

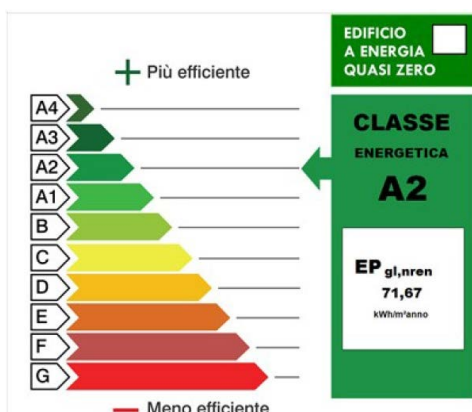


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

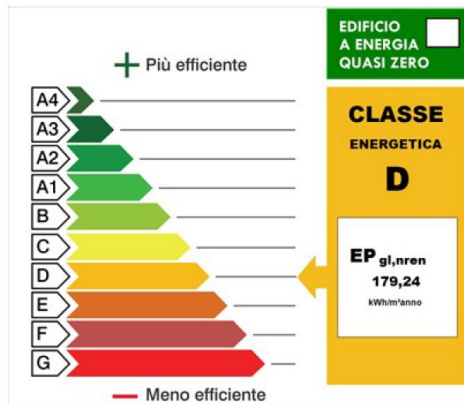
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 1,2 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 1,2 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



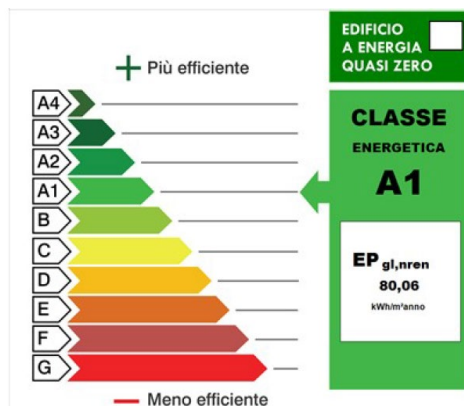
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppio vetro basso emissivo e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione durante il riscaldamento e il raffrescamento sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione durante il riscaldamento e il raffrescamento sono stati ipotizzati dei ventilconvettori; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 0,57 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

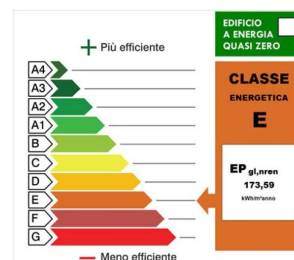
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 1,2 kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a biomassa da 9 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 100X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,03 W/m ² K
FINESTRA 130X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,06 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	34,95 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	34,95 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	167,57 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	167,57 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	184,1 m ²

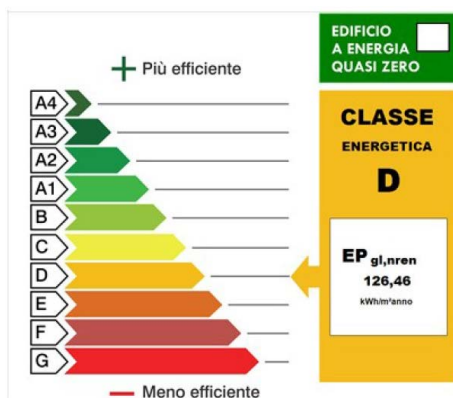


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

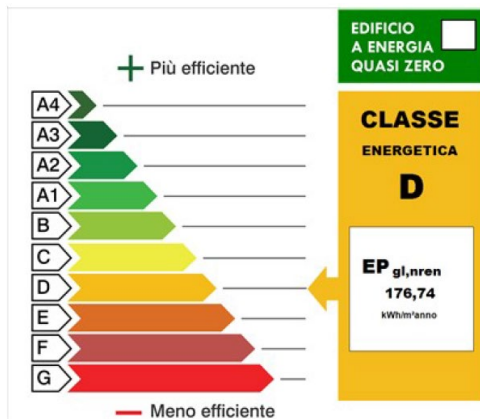
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 1,2 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 1,2 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 9 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



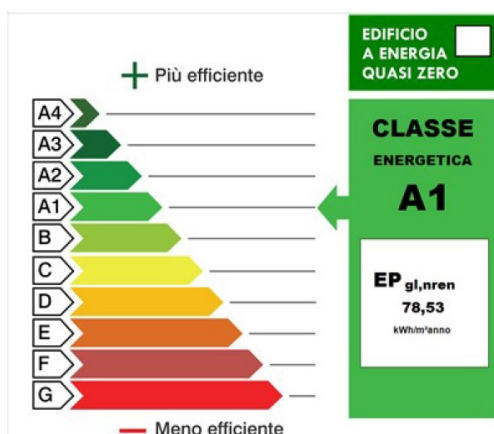
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 0,57 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

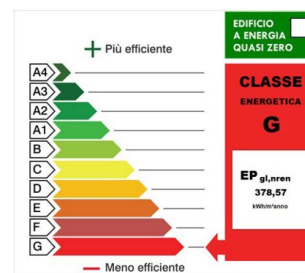
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 100X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,03 W/m ² K
FINESTRA 130X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,06 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	34,95 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	34,95 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	167,57 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	167,57 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	184,1 m ²

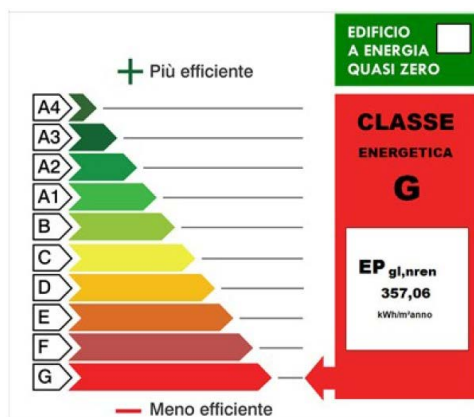


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

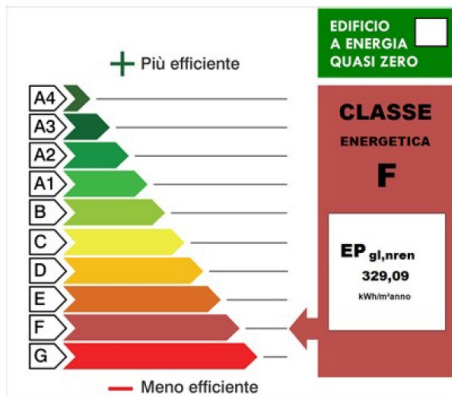
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



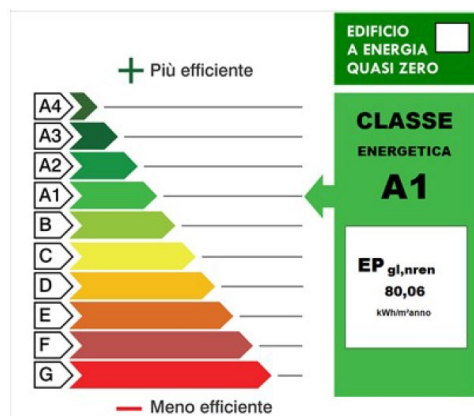
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 0,57 kW per unità:



4.1.4 Caso studio n.2.1, 2.2 e 2.3

Descrizione

Gli Edifici Gra B, strutture edificate ad un piano singolo di forma parallelepipedica a base rettangolare molto allungata, sormontata da copertura a capanna. Esistente sia con soluzione da tre alloggi, sia con soluzione comprendente 4 alloggi (casistica in esame). Tale tipologia di edificio non fu mai del tutto ultimata e fu così sfruttata, per lo più, per la necessità di dare alloggio ai numerosi operai delle vicine miniere, senza famiglia, rimanendo dunque un ambiente unico destinato a dormitorio collettivo. La struttura portante è in muratura da 45 cm in pietra naturale, solaio di base da 70 cm e copertura inclinata in tegole da 110 cm e controsoffitto con tavellone orizzontale da 4 cm. Involucro trasparente costituito da infissi con telaio in legno e vetro singolo delle seguenti dimensioni 100x150, 130x150.



Figura 1 Edificio Gra B allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, l'unità abitativa centrale. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto, infine per ogni soluzione impiantistica di partenza sono state considerate tre possibili soluzioni di efficientamento.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

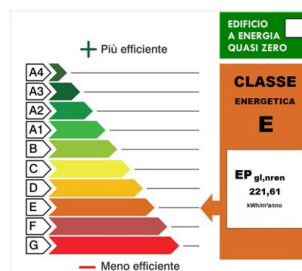
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 1,2 kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 100X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,03 W/m ² K
FINESTRA 130X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,06 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	35,99 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	35,99 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	165,8 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	165,8 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	163,2 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

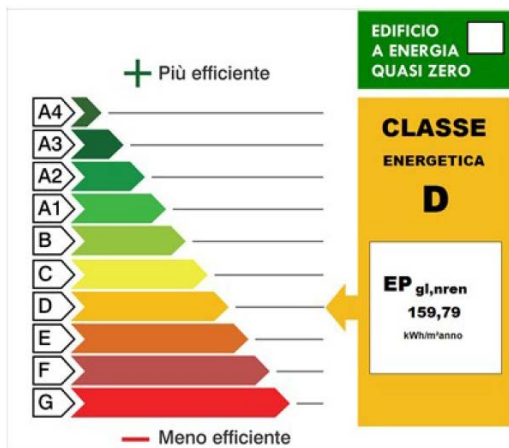
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 1,2 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 1,2 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 0,57 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

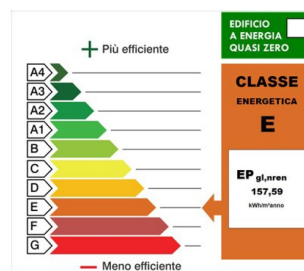
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 1,2 kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 9 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 100X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,03 W/m ² K
FINESTRA 130X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,06 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	35,99 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	35,99 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	165,8 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	165,8 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	163,2 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 1,2 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 1,2 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 9 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 0,57 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

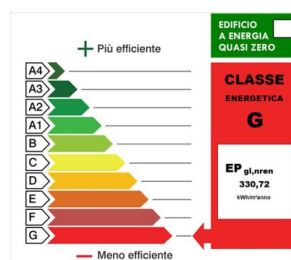
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 100X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,03 W/m ² K
FINESTRA 130X150	
TRASMITTANZA TERMICA	6,06 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	35,99 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	35,99 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	165,8 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	165,8 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	163,2 m ²

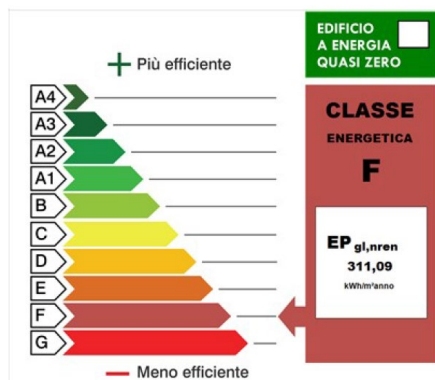


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

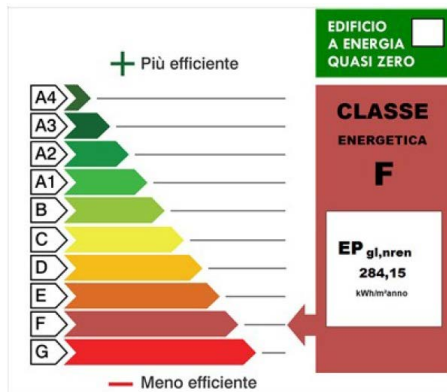
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 6,7 kW in riscaldamento e 5,9 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,5 ed EER 4,9. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 0,57 kW per unità:



4.1.5 Caso studio n.3.1, 3.2 e 3.3

Descrizione

Gli edifici Impiegati B si presentano come case binate bifamiliari per impiegati, realizzate in 9 unità nella prima fase di edificazione (1938). Sul lato lungo, disposto parallelamente alla strada sono localizzati i due ingressi. Ogni alloggio è composto da pranzo-soggiorno, cucina, servizio igienico, ripostiglio al piano terra, tre camere ed un bagno al primo piano. La struttura portante è in muratura da 45 cm in pietra naturale, solaio di base da 70 cm e copertura inclinata in tegole da 110 cm e controsoffitto con tavellone orizzontale da 4 cm. Involucro trasparente costituito da infissi con telaio in legno e vetro singolo delle seguenti dimensioni 50x140, 70x140, 120x140 e 120x230.



Figura 3 Edificio Impiegati B allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia si è scelto di prendere una delle due unità abitative simmetriche di cui è costituito l'edificio. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

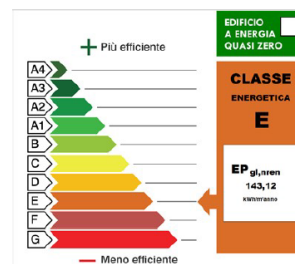
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.3 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.3 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,02 W/m ² K
FINESTRA 120x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,00 W/m ² K

PORTAFINESTRA 120X230	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	158,3 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	158,3 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	657,54 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	657,54 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	422,1 m ²

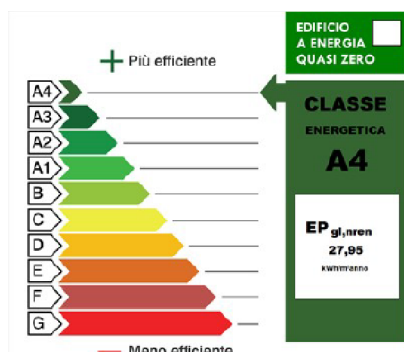


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



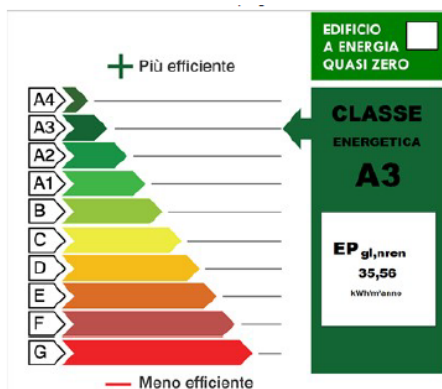
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 13,6 kW in riscaldamento e 10,6 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 13,6 kW in riscaldamento e 10,6 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 3,4 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

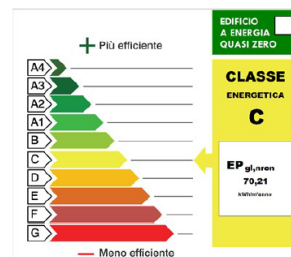
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,02 W/m ² K
FINESTRA 120x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,00 W/m ² K

PORTAFINESTRA 120X230	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	158,3 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	158,3 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	657,54 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	657,54 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	422,1 m ²

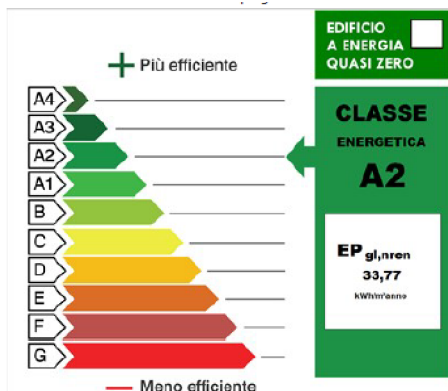


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



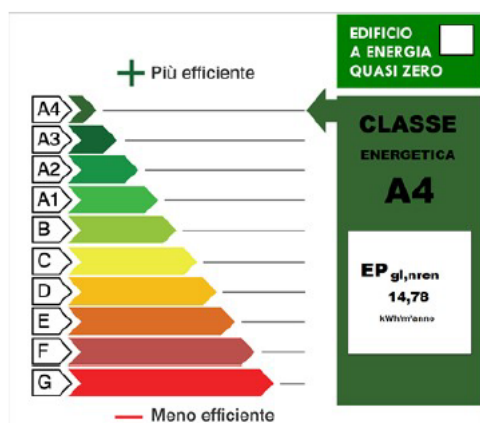
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 13,6 kW in riscaldamento e 10,6 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 13,6 kW in riscaldamento e 10,6 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 3,4 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

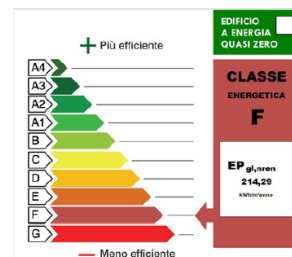
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 30 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.3 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,02 W/m ² K
FINESTRA 120x140	
TRASMITTANZA TERMICA	6,00 W/m ² K

PORTAFINESTRA 120X230	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	158,3 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	158,3 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	657,54 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	657,54 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	422,1 m ²

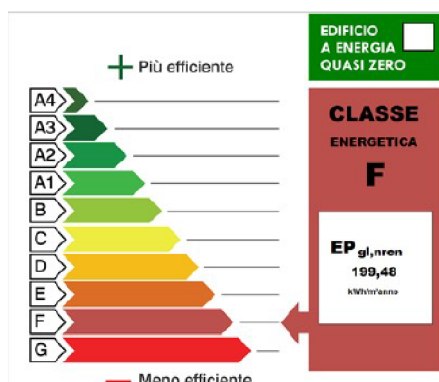


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 30 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



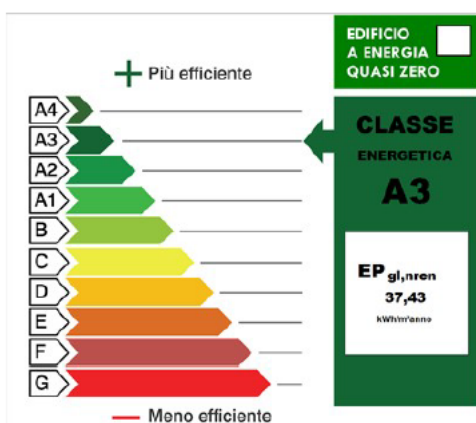
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 30 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 13,6 kW in riscaldamento e 10,6 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico da 3,4 kW per unità:



4.1.6 Caso studio n.4.1, 4.2 e 4.3

Descrizione

Gli edifici Lenti Grande sono case quadrifamiliari a due piani, realizzate nella seconda fase di edificazione (1940). Il piano terra e il primo piano accolgono 2 appartamenti simmetrici. Gli ingressi sono localizzati nei due vani scala eterni, coperti, uno per testata. Muratura esterna da 45 cm in pietra naturale, solaio di base da 70 cm e copertura inclinata in tegole da 110 cm e controsoffitto con tavellone orizzontale da 4 cm. Involucro trasparente costituito da 8 finestre 50x145, 8 elementi 70x145, 2 elementi da 90x145 e 18 da 120x145.



Figura 4 Edificio Lenti Grande allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito da 2 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa al piano terra. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

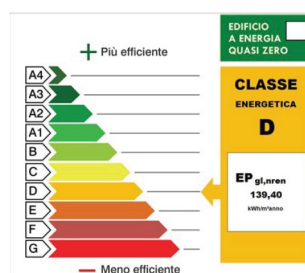
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,12 W/m ² K
FINESTRA 90x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,05 W/m ² K

FINESTRA 120X145	
TRASMITTANZA TERMICA	5,99 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	76,1 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	76,1 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	356,6 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	356,6 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	238,5 m ²

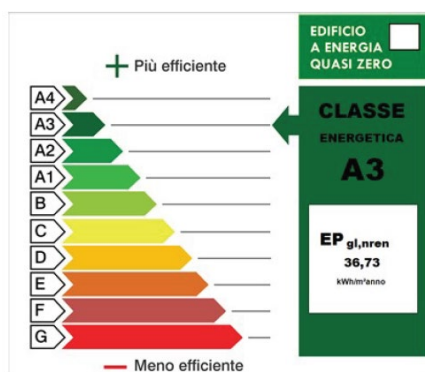


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

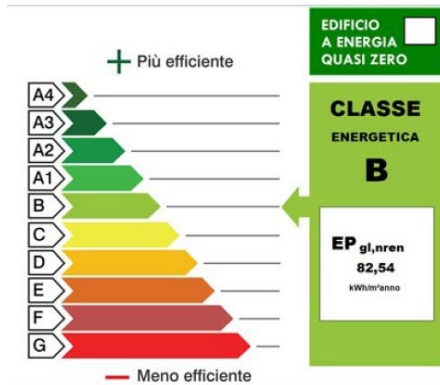
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyiso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,5 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

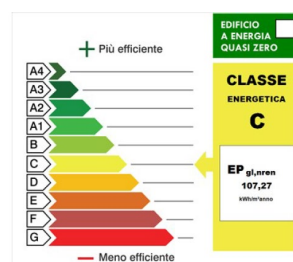
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,12 W/m ² K
FINESTRA 90x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,05 W/m ² K

FINESTRA 120X145	
TRASMITTANZA TERMICA	5,99 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	76,1 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	76,1 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	356,6 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	356,6 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	238,5 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

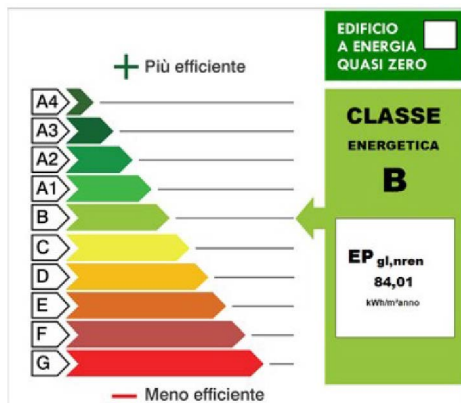
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



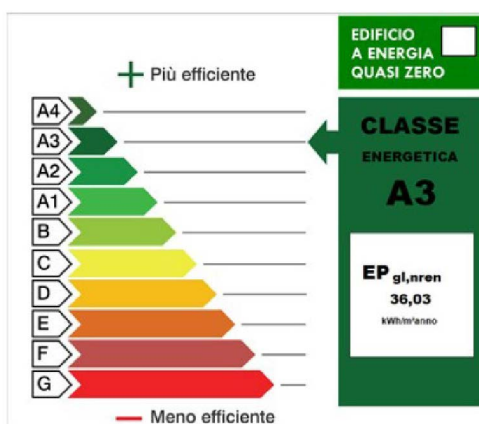
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,5 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

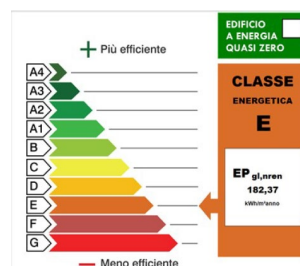
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,12 W/m ² K
FINESTRA 90x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,05 W/m ² K

FINESTRA 120X145	
TRASMITTANZA TERMICA	5,99 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	76,1 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	76,1 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	356,6 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	356,6 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	238,5 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

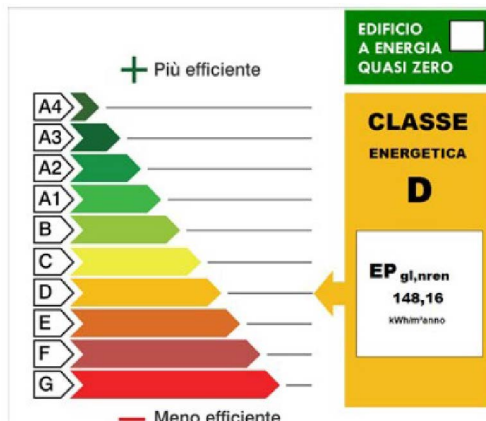
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



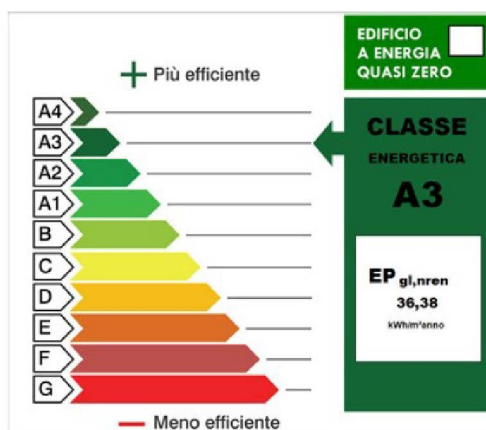
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyiso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,5 kW per unità:



4.1.7 Caso studio n.5.1, 5.2 e 5.3

Descrizione

Gli edifici Lenti Grande sono case quadrifamiliari a due piani, realizzate nella seconda fase di edificazione (1940). Il piano terra e il primo piano accolgono 2 appartamenti simmetrici. Gli ingressi sono localizzati nei due vani scala eterni, coperti, uno per testata. Muratura esterna da 45 cm in pietra naturale, solaio di base da 70 cm e copertura inclinata in tegole da 110 cm e controsoffitto con tavellone orizzontale da 4 cm. Involucro trasparente costituito da 8 finestre 50x145, 8 elementi 70x145, 2 elementi da 90x145 e 18 da 120x145.



Figura 5 Edificio Lenti Grande allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito da 2 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa all'ultimo piano. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

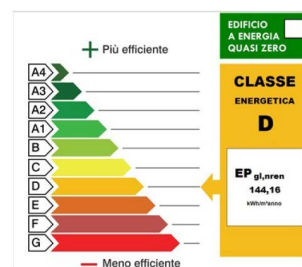
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,12 W/m ² K
FINESTRA 90x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,05 W/m ² K

FINESTRA 120X145	
TRASMITTANZA TERMICA	5,99 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	76,1 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	76,1 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	290,6 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	290,6 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	197,9 m ²

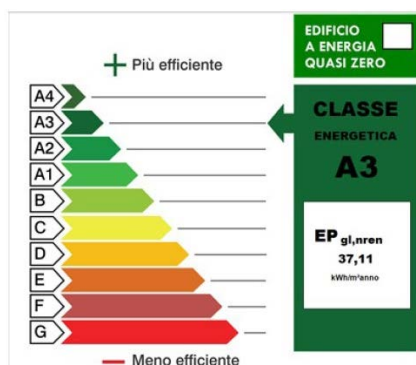


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

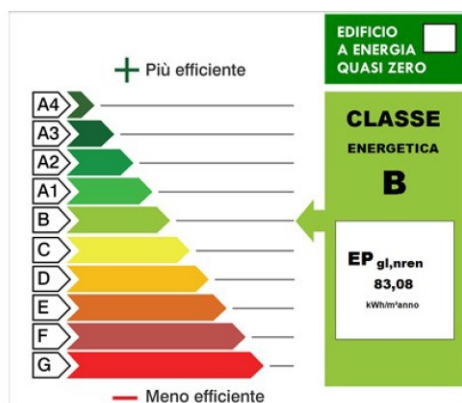
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



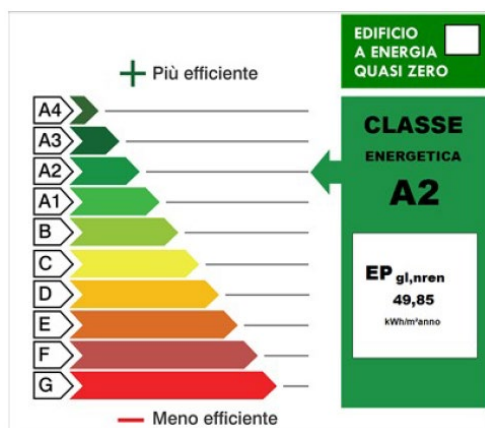
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,5 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

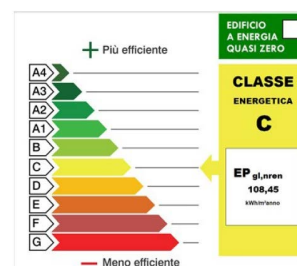
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,12 W/m ² K
FINESTRA 90x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,05 W/m ² K

FINESTRA 120X145	
TRASMITTANZA TERMICA	5,99 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	76,1 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	76,1 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	290,6 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	290,6 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	197,9 m ²

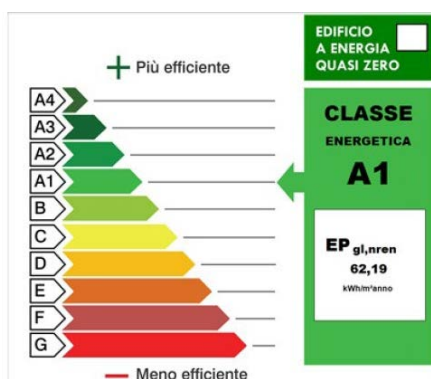


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

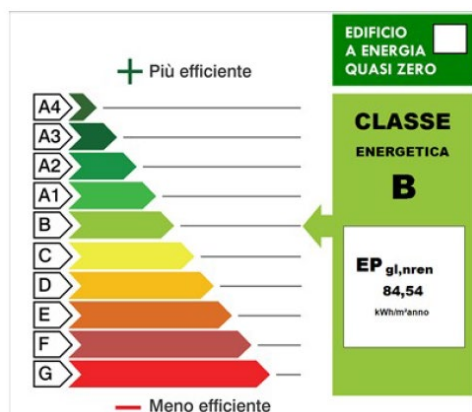
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



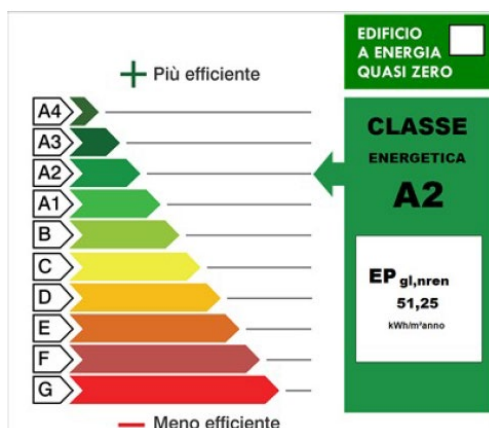
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,5 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

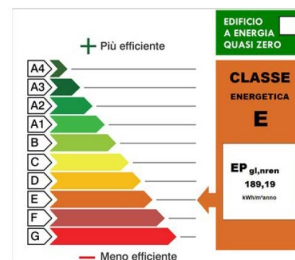
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	450 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,056 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	1100 mm
TRASMITTANZA TERMICA	2,228 W/m ² K
FINESTRA 50x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,10 W/m ² K
FINESTRA 70x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,12 W/m ² K
FINESTRA 90x145	
TRASMITTANZA TERMICA	6,05 W/m ² K

FINESTRA 120X145	
TRASMITTANZA TERMICA	5,99 W/m ² K
SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	76,1 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	76,1 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	290,6 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	290,6 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	197,9 m ²

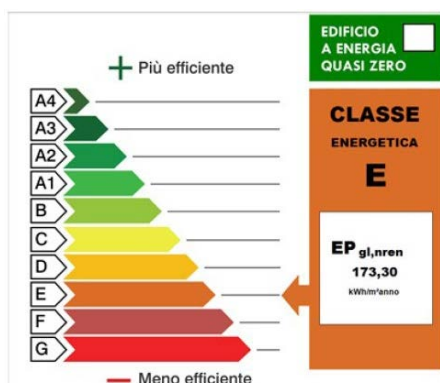


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

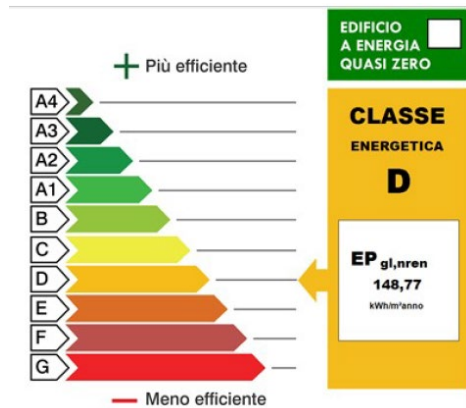
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



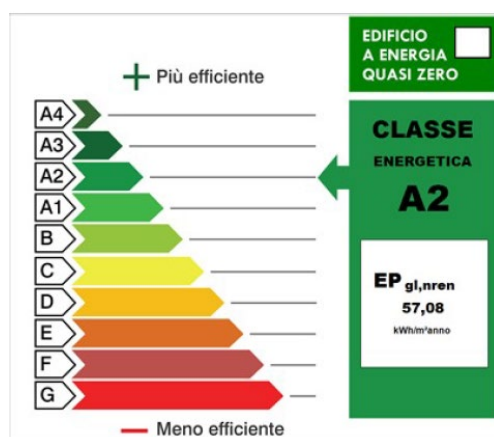
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK con la copertura inclinata isolata con pannelli in lana di roccia (conducibilità termica 0,035 W/mK); la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,5 kW per unità:



4.1.8 Caso studio n.6.1, 6.2 e 6.3

Descrizione

Le Spec E2 sono edifici semi-intensivi per impiegati, realizzata in 11 unità durante la seconda fase di edificazione (1940) nell'espansione ad est della cittadina di Carbonia. L'edificio si articola su tre piani con due alloggi per piano. Gli alloggi del piano terra sono composti dai seguenti ambienti: pranzo cucina, soggiorno, due camere; è inoltre presente un piano seminterrato che ospita 6 locali destinati al servizio degli alloggi. La struttura portante è in muratura mentre gli orizzontamenti sono dei solai misti. Le rampe ed i ripiani del vano scala poggiano su voltine a rampa. La muratura è da 50 cm, mentre solaio di base e interpiano sono rispettivamente da 70 cm e da 30 cm. La copertura piana è di tipo predalles con controsoffitto da 4cm. L'involucro trasparente è caratterizzato da 38 finestre 130x150 e 4 porta finestre da 130x245.



Figura 6 Edificio Spec E2 allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito in tutto da 12 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa al piano terra. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

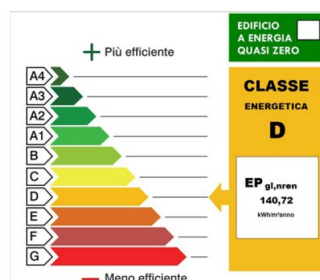
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	79,9 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	79,9 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	368,3 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	368,3 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	329,2 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

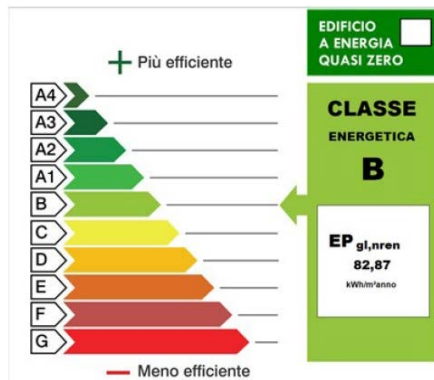
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



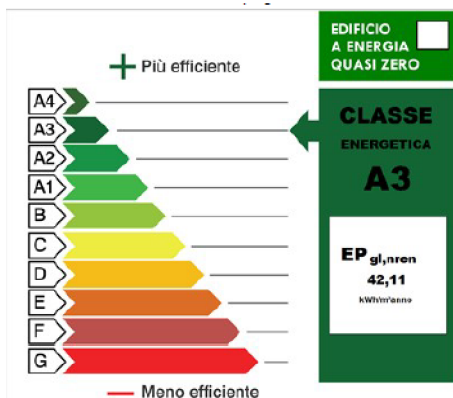
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyiso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

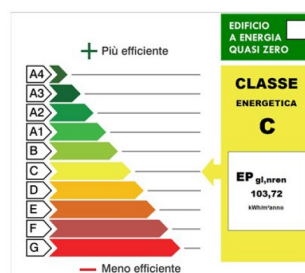
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	79,9 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	79,9 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	368,3 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	368,3 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	329,2 m ²

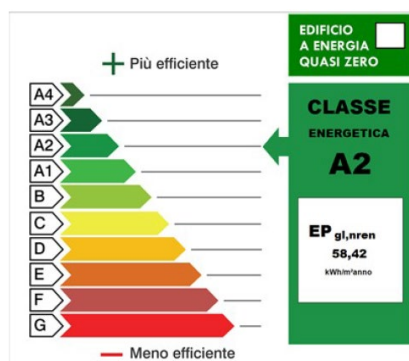


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

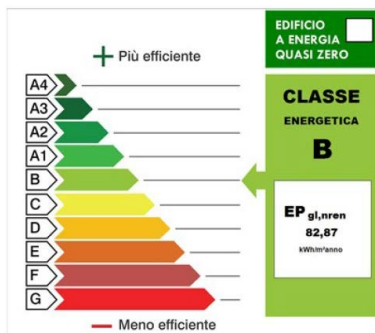
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



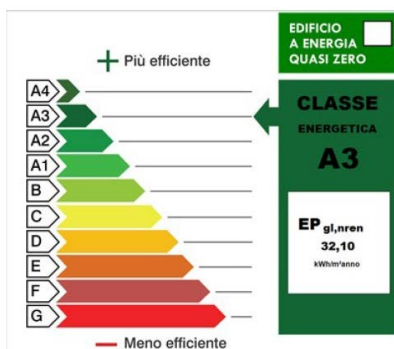
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

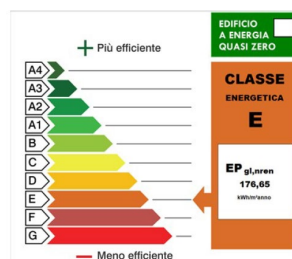
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	79,9 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	79,9 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	368,3 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	368,3 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	329,2 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



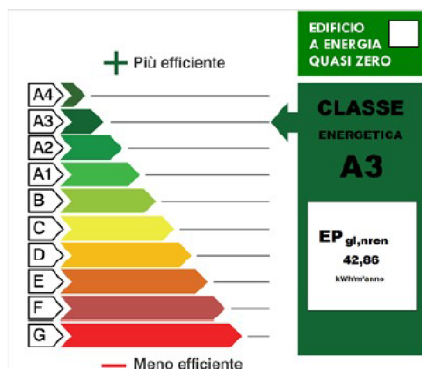
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



4.1.9 Caso studio n.7.1, 7.2 e 7.3

Descrizione

Le Spec E2 sono edifici semi-intensivi per impiegati, realizzata in 11 unità durante la seconda fase di edificazione (1940) nell'espansione ad est della cittadina di Carbonia. L'edificio si articola su tre piani con due alloggi per piano. Gli alloggi del piano terra sono composti dai seguenti ambienti: pranzo cucina, soggiorno, due camere; è inoltre presente un piano seminterrato che ospita 6 locali destinati al servizio degli alloggi. La struttura portante è in muratura mentre gli orizzontamenti sono dei solai misti. Le rampe ed i ripiani del vano scala poggiano su voltine a rampa. La muratura è da 50 cm, mentre solaio di base e interpiano sono rispettivamente da 70 cm e da 30 cm. La copertura piana è di tipo predalles con controsoffitto da 4cm. L'involucro trasparente è caratterizzato da 38 finestre 130x150 e 4 porta finestre da 130x245.



Figura 7 Edificio Spec E2 allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito in tutto da 12 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa al piano intermedio. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

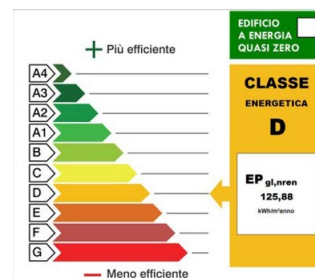
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	73,14 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	73,14 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	292,2 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	292,2 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	110,7 m ²

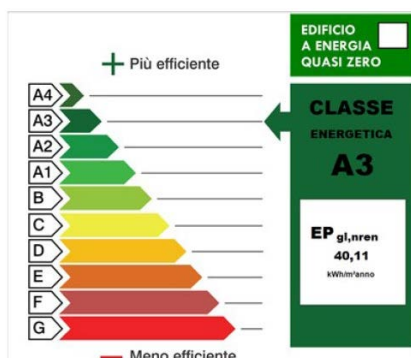


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

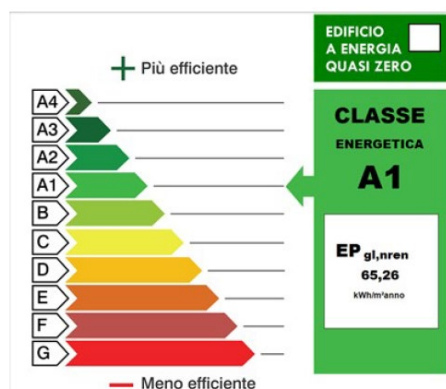
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



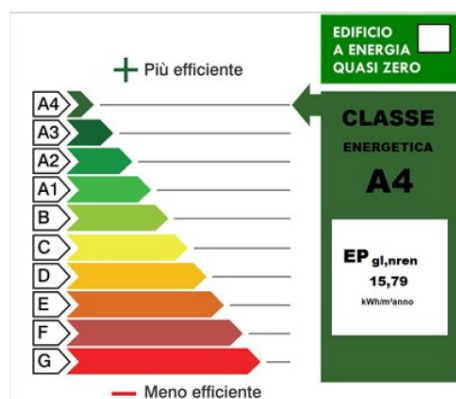
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

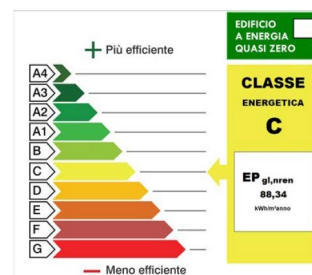
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	73,14 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	73,14 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	292,2 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	292,2 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	110,7 m ²

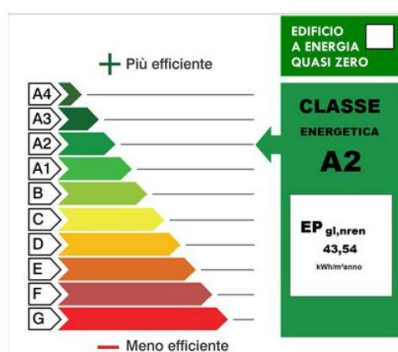


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

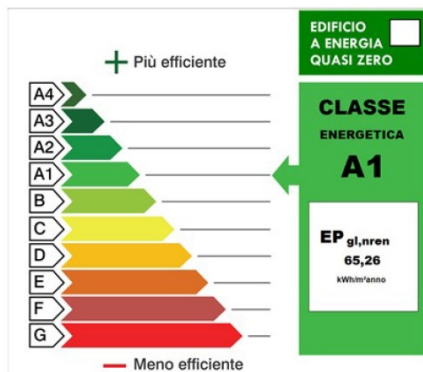
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



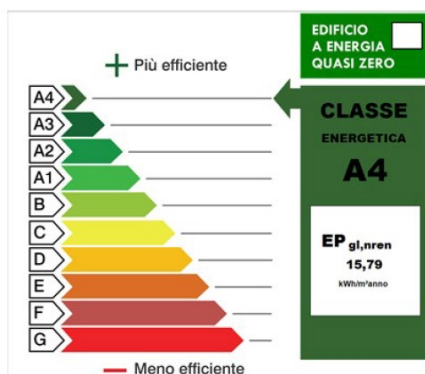
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

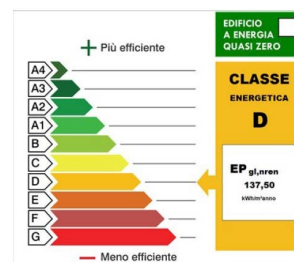
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	73,14 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	73,14 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	292,2 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	292,2 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	110,7 m ²

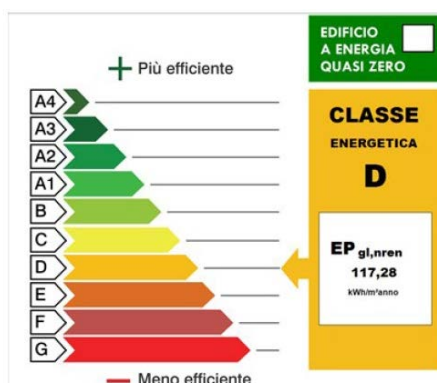


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

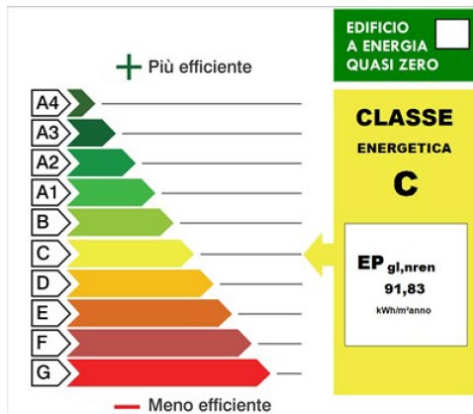
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



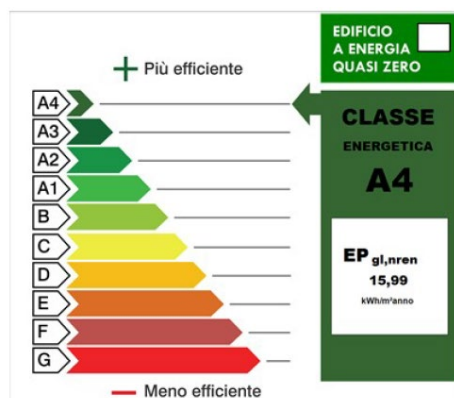
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



4.1.10 Caso studio n.8.1, 8.2 e 8.3

Descrizione

Le Spec E2 sono edifici semi-intensivi per impiegati, realizzata in 11 unità durante la seconda fase di edificazione (1940) nell'espansione ad est della cittadina di Carbonia. L'edificio si articola su tre piani con due alloggi per piano. Gli alloggi del piano terra sono composti dai seguenti ambienti: pranzo cucina, soggiorno, due camere; è inoltre presente un piano seminterrato che ospita 6 locali destinati al servizio degli alloggi. La struttura portante è in muratura mentre gli orizzontamenti sono dei solai misti. Le rampe ed i ripiani del vano scala poggiano su voltine a rampa. La muratura è da 50 cm, mentre solaio di base e interpiano sono rispettivamente da 70 cm e da 30 cm. La copertura piana è di tipo predalles con controsoffitto da 4cm. L'involucro trasparente è caratterizzato da 38 finestre 130x150 e 4 porta finestre da 130x245.



Figura 8 Edificio Spec E2 allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito in tutto da 12 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa all'ultimo piano. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

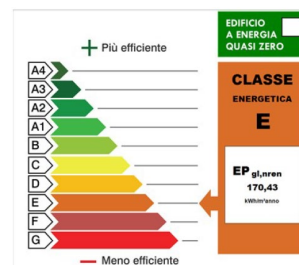
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	73,14 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	73,14 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	316,2 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	316,2 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	207,23 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

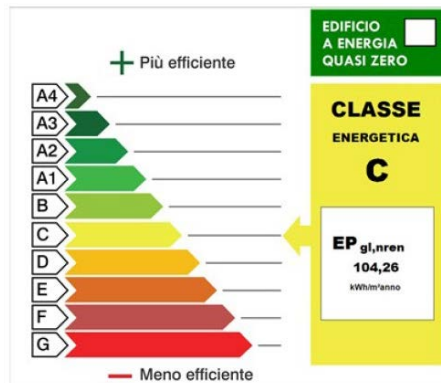
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

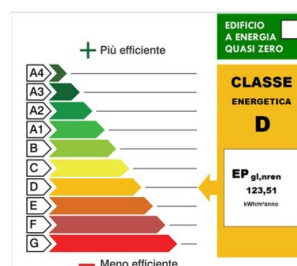
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	73,14 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	73,14 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	316,2 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	316,2 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	207,23 m ²

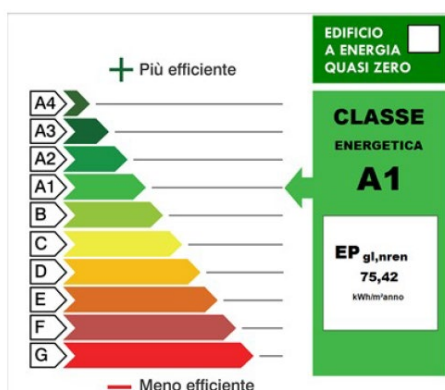


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

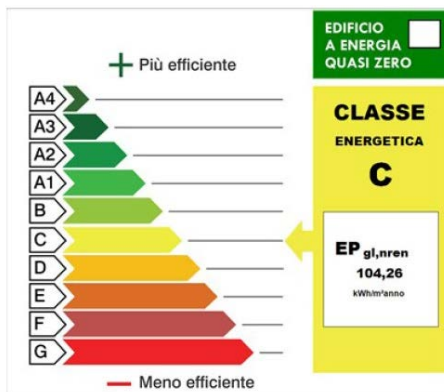
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

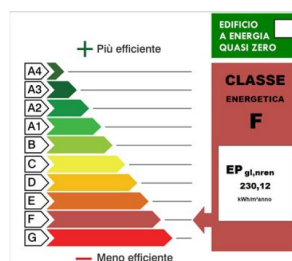
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 130x150	
TRASMITTANZA TERMICA	5,98 W/m ² K
PORTAFINESTRA 130X245	
TRASMITTANZA TERMICA	5,94 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	73,14 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	73,14 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	316,2 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	316,2 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	207,23 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

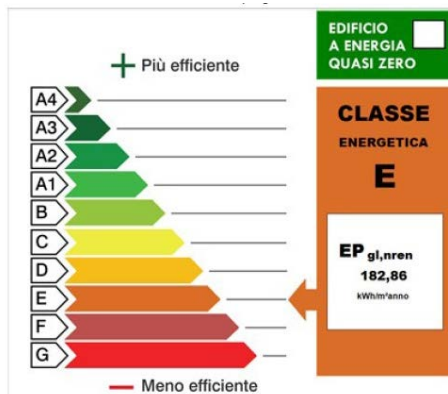
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyiso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2,85 kW per unità:



4.1.11 Caso studio n.9.1, 9.2 e 9.3

Descrizione

Le tipologie B1 sono case intensive per operai, progettata e realizzata in 6 unità, anch'essa nell'espansione est, nel secondo periodo della fondazione della cittadina. Questa tipologia di edificio si sviluppa in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli dissimili tra loro. I corpi scala sono esterni, su rampa disposta parallelamente allo sviluppo dell'edificio, tale elemento s'inserisce in una loggia comune, scavata nel volume dell'edificio e aperta verso la strada, alla quale corrispondono piccoli slittamenti di volumi; su di essi poggiano i balconi degli alloggi. Ogni stecca è collegata alla successiva da un corpo basso che permette l'accesso allo spazio compreso tra le due stecche. La muratura, in pietra, è da 50 cm, mentre solaio di base e interpiano sono rispettivamente da 70 cm e da 30 cm. La copertura piana è di tipo predalles con controsoffitto da 4cm. L'involucro trasparente è caratterizzato da 32 finestre 60x110, 40 finestre da 120x170 e 16 porta finestre da 60x200.



Figura 9 Edificio tipologia b1 allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, Si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito in tutto da 16 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa al piano terra. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

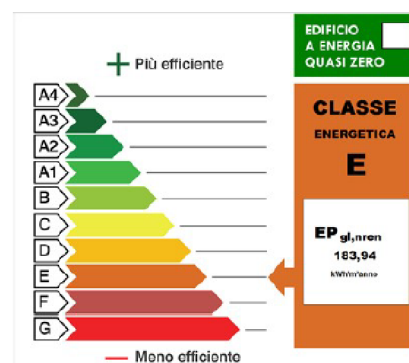
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	55,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	55,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	270,1 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	270,1 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	186,2 m ²

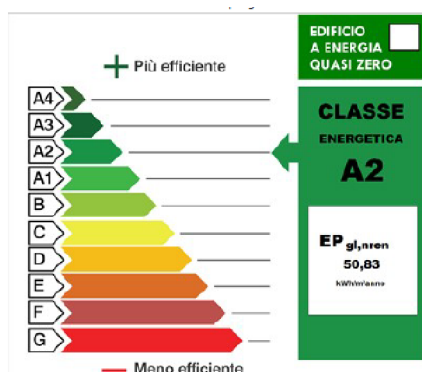


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

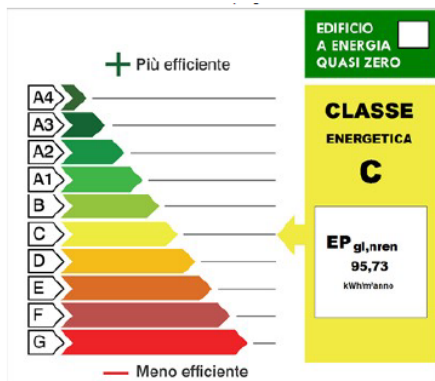
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



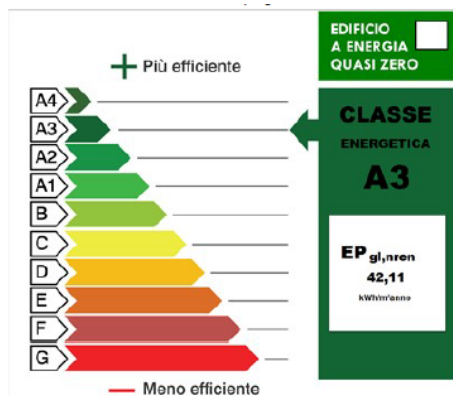
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

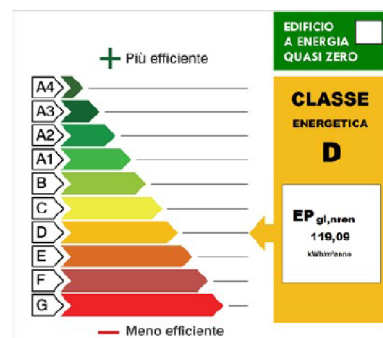
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	55,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	55,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	270,1 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	270,1 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	186,2 m ²

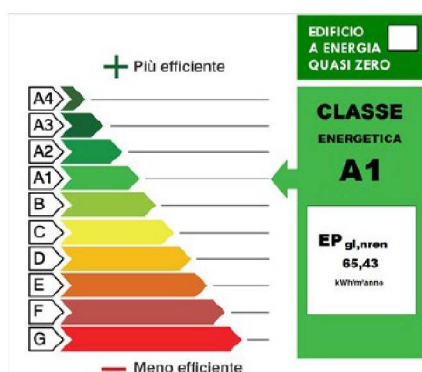


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

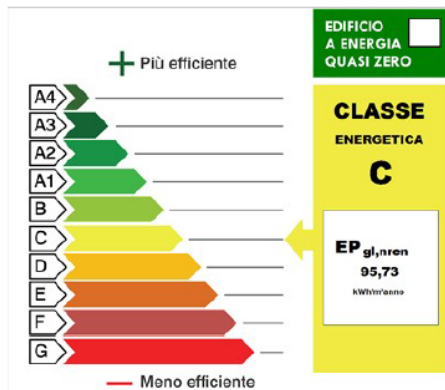
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza e non si interviene sull'involucro:



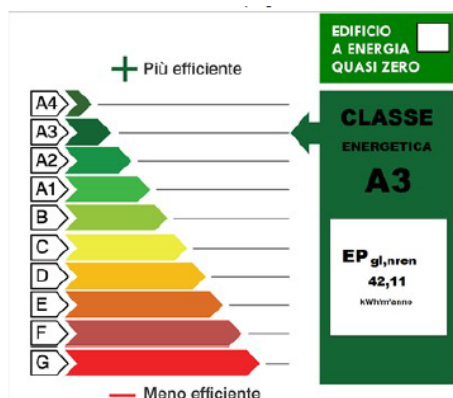
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

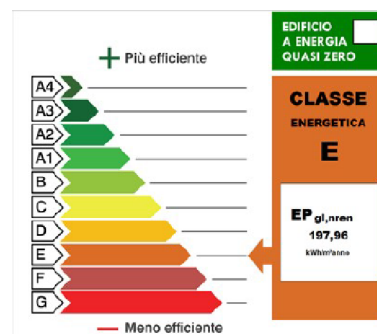
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	55,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	55,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	270,1 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	270,1 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	186,2 m ²

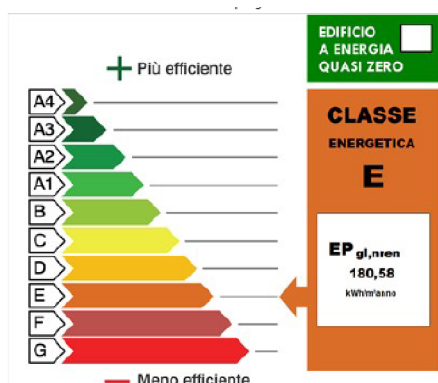


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

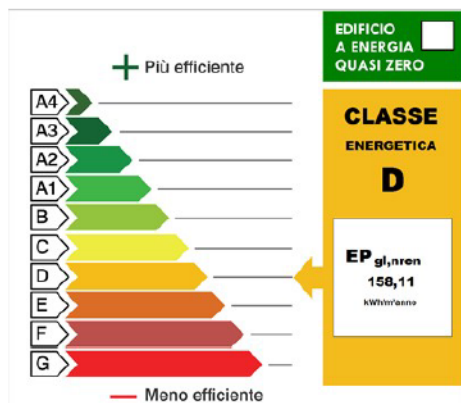
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1 e non si interviene sull'involucro:



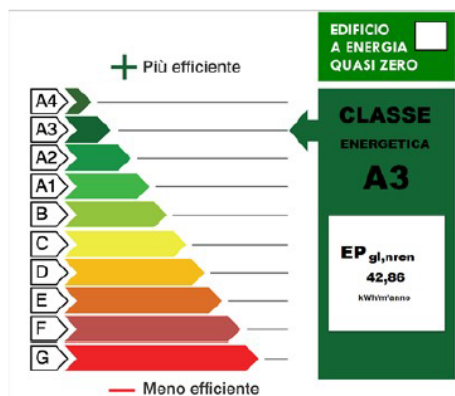
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



4.1.12 Caso studio n.10.1, 10.2 e 10.3

Descrizione

Le tipologie B1 sono case intensive per operai, progettata e realizzata in 6 unità, anch'essa nell'espansione est, nel secondo periodo della fondazione della cittadina. Questa tipologia di edificio si sviluppa in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli dissimili tra loro. I corpi scala sono esterni, su rampa disposta parallelamente allo sviluppo dell'edificio, tale elemento s'inserisce in una loggia comune, scavata nel volume dell'edificio e aperta verso la strada, alla quale corrispondono piccoli slittamenti di volumi; su di essi poggiano i balconi degli alloggi. Ogni stecca è collegata alla successiva da un corpo basso che permette l'accesso allo spazio compreso tra le due stecche. La muratura, in pietra, è da 50 cm, mentre solaio di base e interpiano sono rispettivamente da 70 cm e da 30 cm. La copertura piana è di tipo predalles con controsoffitto da 4cm. L'involucro trasparente è caratterizzato da 32 finestre 60x110, 40 finestre da 120x170 e 16 porta finestre da 60x200.



Figura 2 Edificio tipologia b1 allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, Si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito in tutto da 16 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa al piano intermedio. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

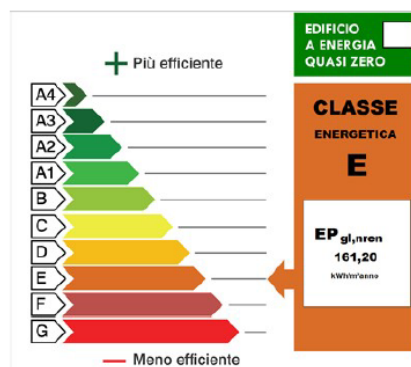
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	55,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	55,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	230,5 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	230,5 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	97,49 m ²

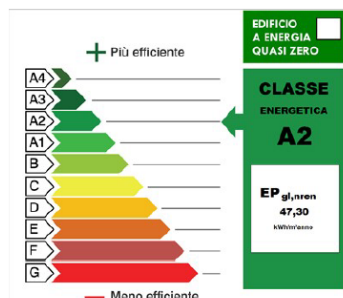


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



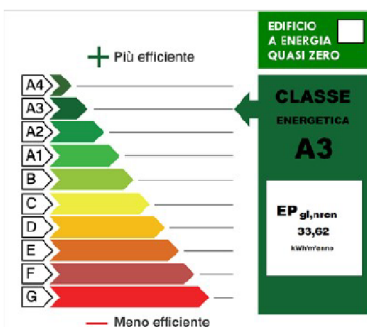
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

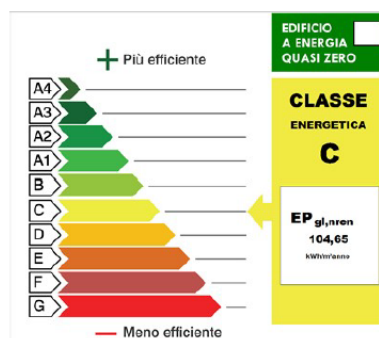
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m²K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m²K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m²K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m²K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m²K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m²K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	55,19 m²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	55,19 m²
VOLUME LORDO RISCALDATO	230,5 m³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	230,5 m³
SUPERFICIE DISPERDENTE	97,49 m²

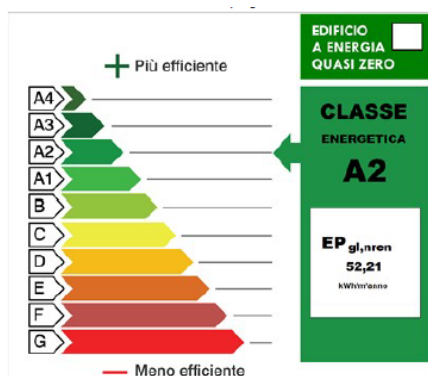


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

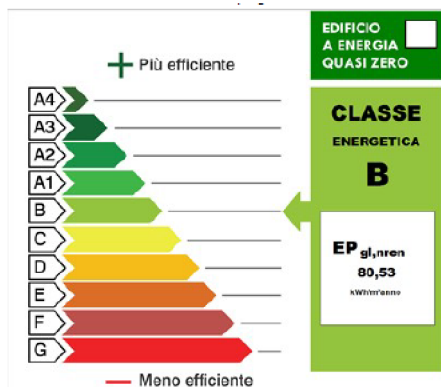
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza.



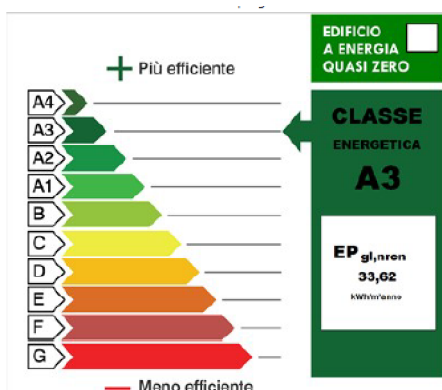
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

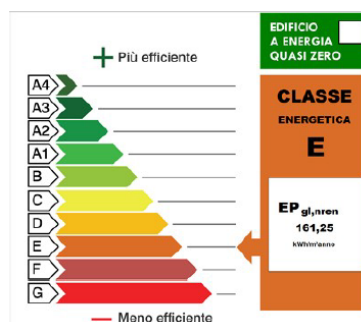
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	55,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	55,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	230,5 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	230,5 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	97,49 m ²

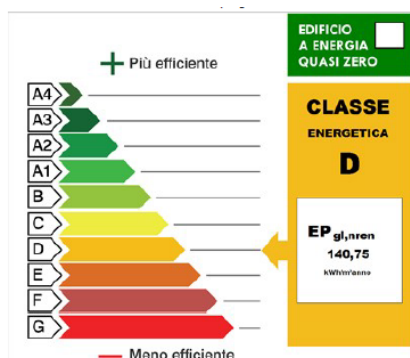


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

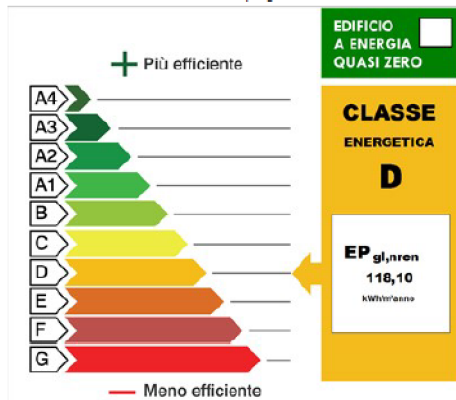
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



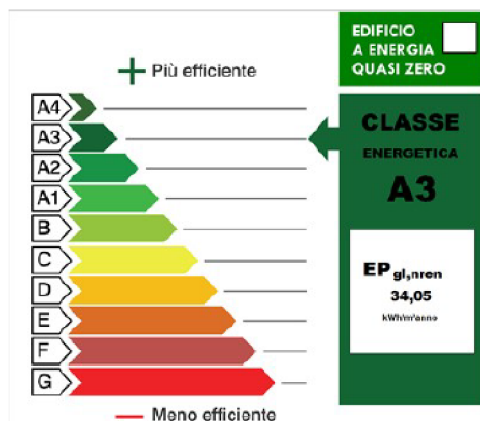
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



4.1.13 Caso studio n.11.1, 11.2 e 11.3

Descrizione

Le tipologie B1 sono case intensive per operai, progettata e realizzata in 6 unità, anch'essa nell'espansione est, nel secondo periodo della fondazione della cittadina. Questa tipologia di edificio si sviluppa in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli dissimili tra loro. I corpi scala sono esterni, su rampa disposta parallelamente allo sviluppo dell'edificio, tale elemento s'inserisce in una loggia comune, scavata nel volume dell'edificio e aperta verso la strada, alla quale corrispondono piccoli slittamenti di volumi; su di essi poggiano i balconi degli alloggi. Ogni stecca è collegata alla successiva da un corpo basso che permette l'accesso allo spazio compreso tra le due stecche. La muratura, in pietra, è da 50 cm, mentre solaio di base e interpiano sono rispettivamente da 70 cm e da 30 cm. La copertura piana è di tipo predalles con controsoffitto da 4cm. L'involucro trasparente è caratterizzato da 32 finestre 60x110, 40 finestre da 120x170 e 16 porta finestre da 60x200.



Figura 11 Edificio tipologia b1 allo stato attuale.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, Si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituito in tutto da 16 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un'unità abitativa all'ultimo piano. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

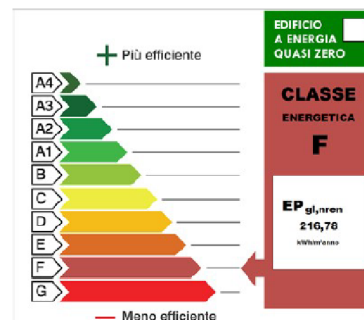
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	57,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	57,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	241,4 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	241,4 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	169,55 m ²

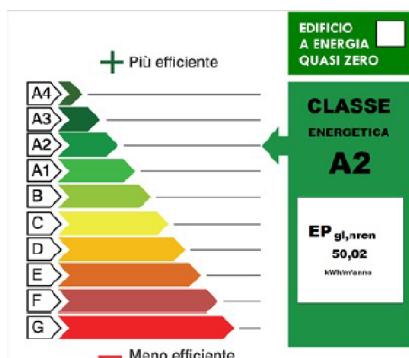


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

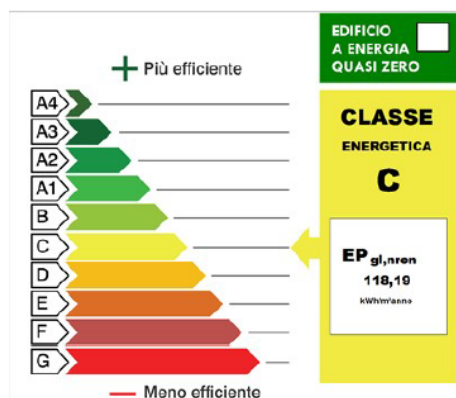
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



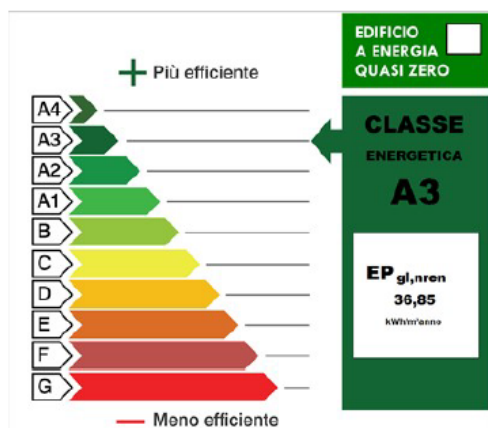
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

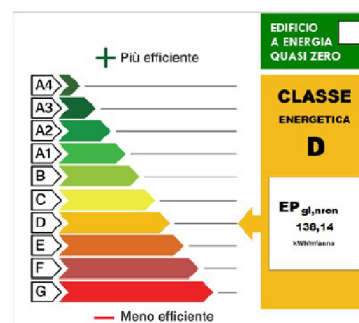
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	57,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	57,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	241,4 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	241,4 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	169,55 m ²

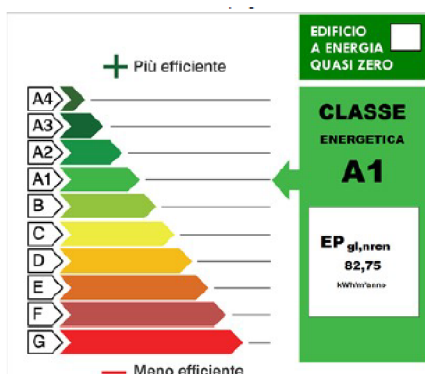


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

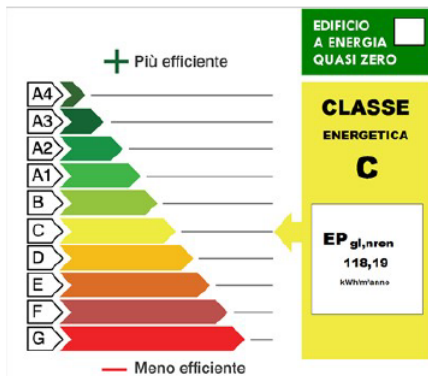
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza.



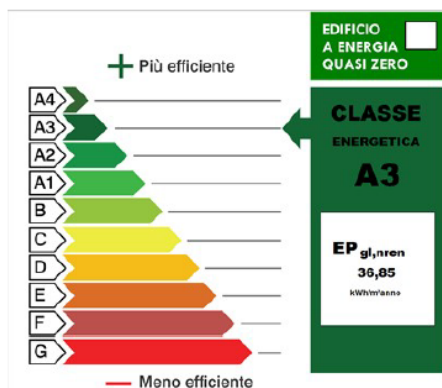
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyiso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

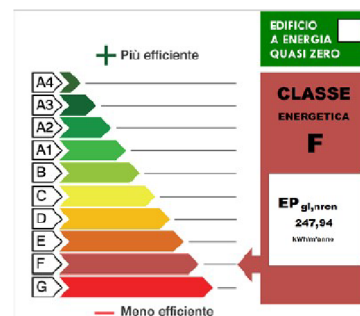
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 60x110	
TRASMITTANZA TERMICA	4,646 W/m ² K
FINESTRA 120x170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,933 W/m ² K
PORTAFINESTRA 60x200	
TRASMITTANZA TERMICA	6,032 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	57,19 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	57,19 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	241,4 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	241,4 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	169,55 m ²

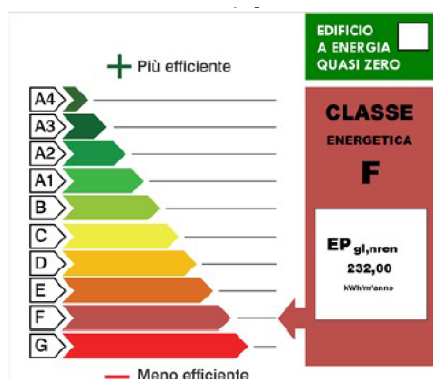


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

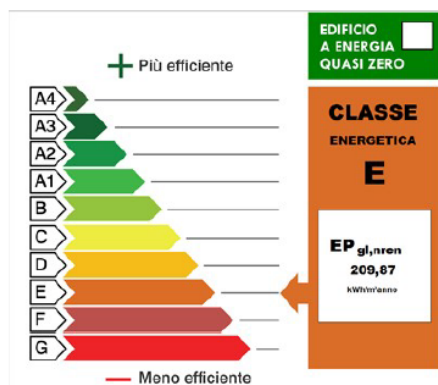
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



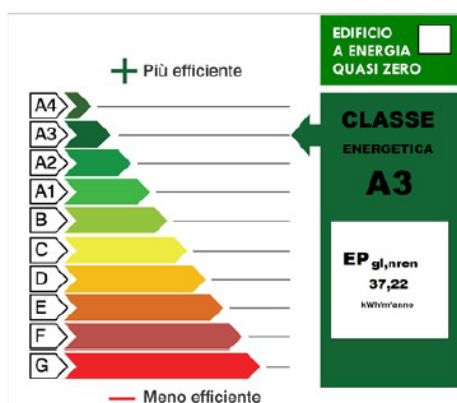
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 1,14 kW per unità:



4.1.14 Caso studio n.12.1, 12.2 e 12.3

Descrizione

I Pistoni sono stati costruiti a Carbonia nel 1940, come alloggi per gli operai. La tipologia edilizia di presenta come un edificio a torre formato da una scala centrale che serve due volumi sfalsati, un corpo principale 9,5x18m che accoglie due appartamenti per piano ed un corpo secondario, chiamato “pistone” che ha una superficie lorda di 7.5x9m in cui è presente un appartamento per ogni livello. Geometricamente, l’edificio è composto da due edifici simmetrici a “T”, comprendendo complessivamente 24 appartamenti. Ogni appartamento è formato da un soggiorno con cucina, un ambiente di servizio e due camere da letto. La struttura dell’edificio è in muratura portante di 50cm. Internamente gli appartamenti sono divisi tra di loro con una doppia parete di mattoni forati con intercapedine d’aria di 15cm. Il solaio di terra del “pistone” poggia direttamente sul terreno ed è formato da un vespaio in pietrame ricoperto da un massetto in calcestruzzo su cui è posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. Invece nel corpo sfalsato un’intercapedine d’aria separa il terreno dal solaio del piano rialzato, formato da una volta in mattoni pieni su cui è stato gettato un sottofondo in calcestruzzo con un letto di malta bastarda su cui è stata posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. I solai intermedi sono in latero cemento con uno spessore di 20 cm, più un letto di malta comune su cui è posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. Solaio di

copertura è sempre in latero cemento ma con in aggiunta uno strato isolante di Eraclit dello spessore di 6cm. Gli infissi esterni originali sono in legno di abete con vetro singolo da 3cm di spessore, con persiane in legno. Le dimensioni variano a seconda dell’ambiente, ma sono riconducibili a tre dimensioni. Portafinestra 115x220 cm, finestra 85x170 cm e finestra 130x170 cm. Ogni



Figura 3: Edificio Pistoni O/5 allo stato attuale

appartamento era originariamente scaldato da una stufa a legna che generava anche l’acqua calda sanitaria.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, Si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituita da 12 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un’unità abitativa al piano terra. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

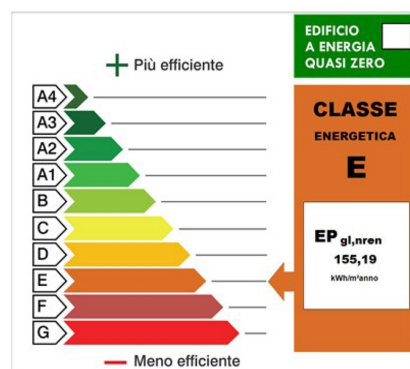
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,48 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,48 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	269,86 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	269,86 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	202,58 m ²

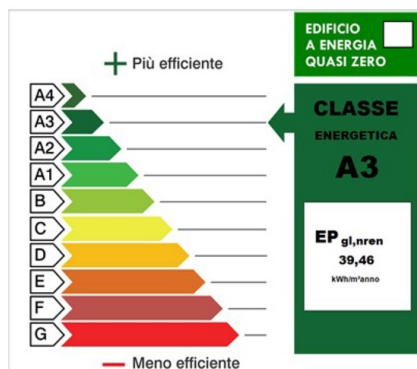


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

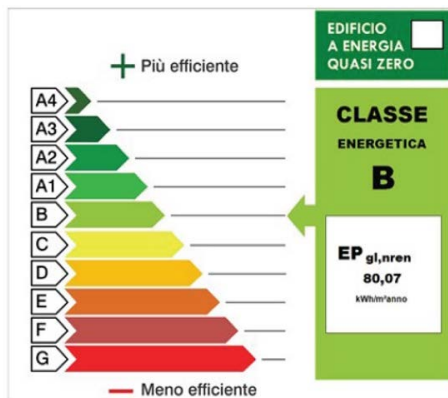
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

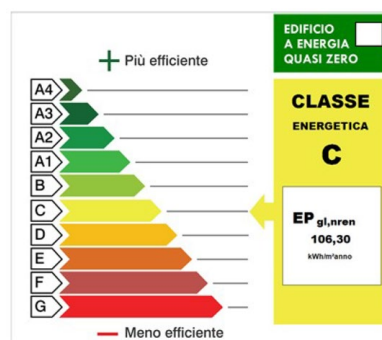
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,48 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,48 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	269,86 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	269,86 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	202,58 m ²

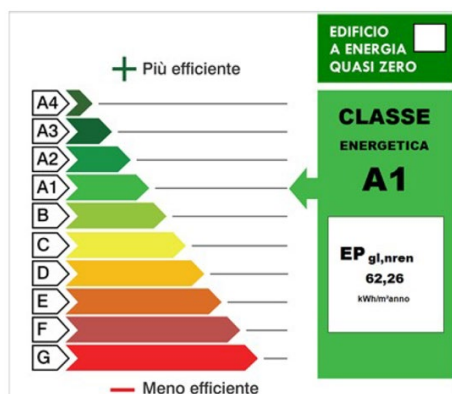


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza.



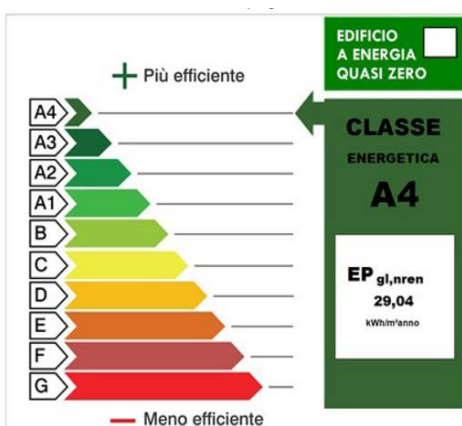
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,48 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,48 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	269,86 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	269,86 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	202,58 m ²

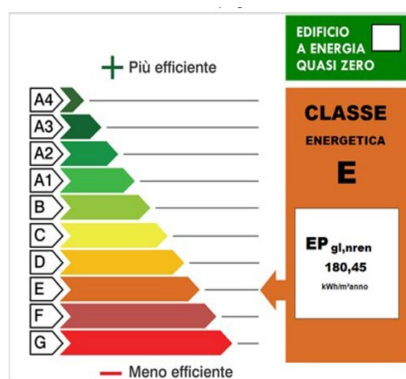


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



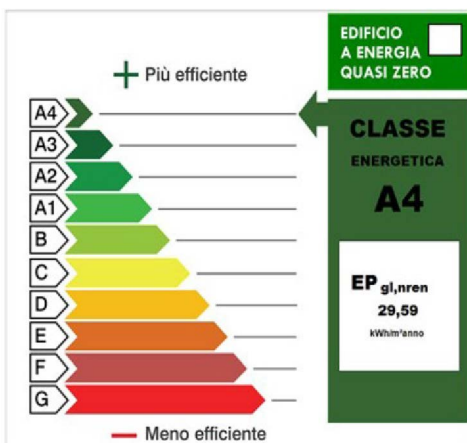
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanica polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



4.1.15 Caso studio n.13.1, 13.2 e 13.3

Descrizione

I Pistoni sono stati costruiti a Carbonia nel 1940, come alloggi per gli operai. La tipologia edilizia di presenta come un edificio a torre formato da una scala centrale che serve due volumi sfalsati, un corpo principale 9,5x18m che accoglie due appartamenti per piano ed un corpo secondario, chiamato “pistone” che ha una superficie lorda di 7.5x9m in cui è presente un appartamento per ogni livello. Geometricamente, l’edificio è composto da due edifici simmetrici a “T”, comprendendo complessivamente 24 appartamenti. Ogni appartamento è formato da un soggiorno con cucina, un ambiente di servizio e due camere da letto. La struttura dell’edificio è in muratura portante di 50cm. Internamente gli appartamenti sono divisi tra di loro con una doppia parete di mattoni forati con intercapedine d’aria di 15cm. Il solaio di terra del “pistone” poggia direttamente sul terreno ed è formato da un vespaio in pietrame ricoperto da un massetto in calcestruzzo su cui è posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. Invece nel corpo sfalsato un’intercapedine d’aria separa il terreno dal solaio del piano rialzato, formato da una volta in mattoni pieni su cui è stato gettato un sottofondo in calcestruzzo con un letto di malta bastarda su cui è stata posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. I solai intermedi sono in latero cemento con uno spessore di 20 cm, più un letto di malta comune su cui è posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. Solaio di

copertura è sempre in latero cemento ma con in aggiunta uno strato isolante di Eraclit dello spessore di 6cm. Gli infissi esterni originali sono in legno di abete con vetro singolo da 3cm di spessore, con persiane in legno. Le dimensioni variano a seconda dell’ambiente, ma sono riconducibili a tre dimensioni. Portafinestra 115x220 cm, finestra 85x170 cm e finestra 130x170 cm. Ogni



Figura 13: Edificio Pistoni O/5 allo stato attuale

appartamento era originariamente scaldato da una stufa a legna che generava anche l’acqua calda sanitaria.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, Si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituita da 12 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un’unità abitativa al piano intermedio. Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

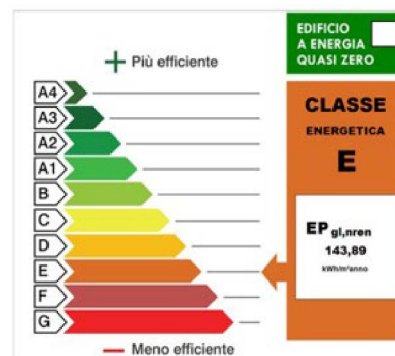
- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,48 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,48 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	264,11 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	264,11 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	119,58 m ²

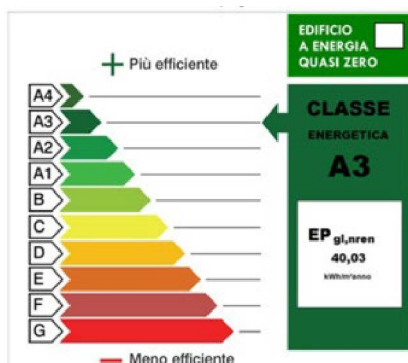


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,48 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,48 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	264,11 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	264,11 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	119,58 m ²

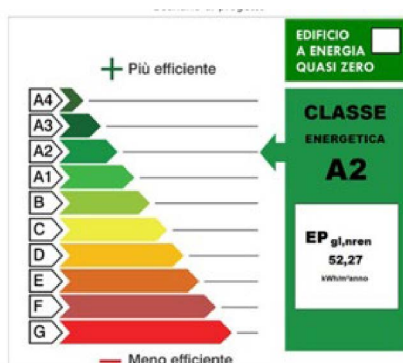


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza.



INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,48 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,48 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	264,11 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	264,11 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	119,58 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



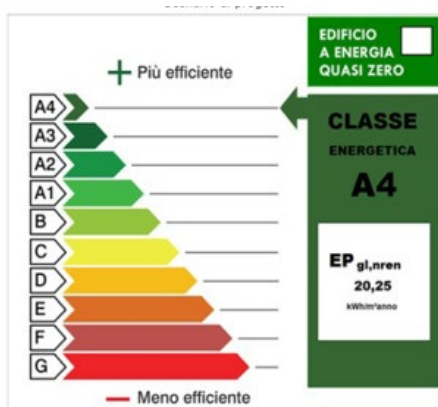
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



4.1.16 Caso studio n.14.1, 14.2 e 14.3

Descrizione

I Pistoni sono stati costruiti a Carbonia nel 1940, come alloggi per gli operai. La tipologia edilizia di presenta come un edificio a torre formato da una scala centrale che serve due volumi sfalsati, un corpo principale 9,5x18m che accoglie due appartamenti per piano ed un corpo secondario, chiamato “pistone” che ha una superficie lorda di 7.5x9m in cui è presente un appartamento per ogni livello. Geometricamente, l’edificio è composto da due edifici simmetrici a “T”, comprendendo complessivamente 24 appartamenti. Ogni appartamento è formato da un soggiorno con cucina, un ambiente di servizio e due camere da letto. La struttura dell’edificio è in muratura portante di 50cm. Internamente gli appartamenti sono divisi tra di loro con una doppia parete di mattoni forati con intercapedine d’aria di 15cm. Il solaio di terra del “pistone” poggia direttamente sul terreno ed è formato da un vespaio in pietrame ricoperto da un massetto in calcestruzzo su cui è posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. Invece nel corpo sfalsato un’intercapedine d’aria separa il terreno dal solaio del piano rialzato, formato da una volta in mattoni pieni su cui è stato gettato un sottofondo in calcestruzzo con un letto di malta bastarda su cui è stata posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. I solai intermedi sono in latero cemento con uno spessore di 20 cm, più un letto di malta comune su cui è posata la pavimentazione in mattonelle di cemento. Solaio di

copertura è sempre in latero cemento ma con in aggiunta uno strato isolante di Eraclit dello spessore di 6cm. Gli infissi esterni originali sono in legno di abete con vetro singolo da 3cm di spessore, con persiane in legno. Le dimensioni variano a seconda dell’ambiente, ma sono riconducibili a tre dimensioni. Portafinestra 115x220 cm, finestra 85x170 cm e finestra 130x170 cm. Ogni



Figura 14: Edificio Pistoni O/S allo stato attuale

appartamento era originariamente scaldato da una stufa a legna che generava anche l’acqua calda sanitaria.

Per il calcolo delle prestazioni energetiche di questa tipologia, Si è scelto di prendere in esame solamente una delle parti che comprendono il blocco, costituita da 12 unità abitative. Più precisamente si è scelto di esaminare un’unità abitativa all’ultimo piano Si è deciso successivamente di applicare ad essa tre possibilità di soluzione impiantistica allo stato di fatto. E tre possibili soluzioni di efficientamento conseguenti.

Relativamente alla **soluzione impiantistica 1**, allo stato attuale, si avranno:

- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,8kW con COP 4,06
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,49 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,49 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	299,86 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	299,86 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	208,6 m ²



Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

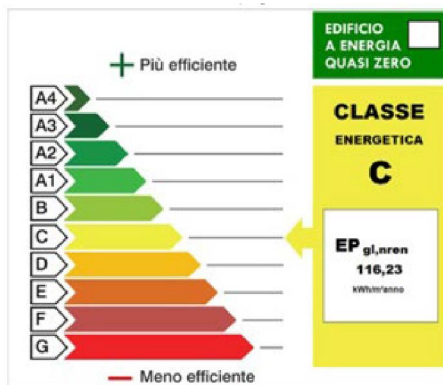
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione delle pompe di calore con macchine da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



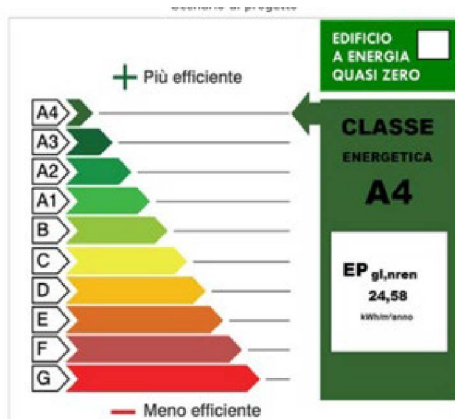
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 2**, allo stato attuale, si avranno:

- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- scaldacqua elettrico da 2,6kW;
- impianto di riscaldamento con stufa a pellet da 12 kW.

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,49 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,49 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	299,86 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	299,86 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	208,6 m ²

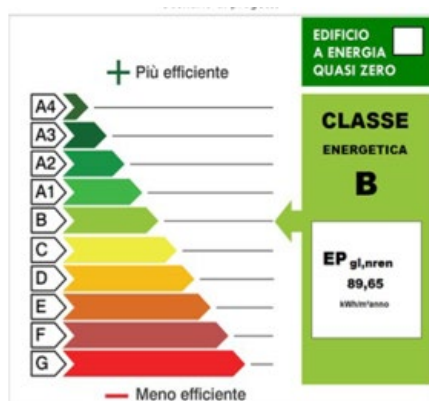


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

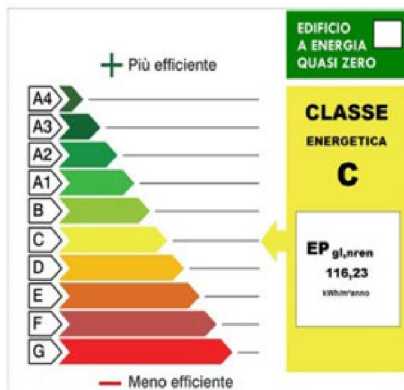
INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione dello scaldacqua elettrico da 2,6 kW con uno scaldacqua a pompa di calore da 2,6 kW e COP da 3,28 e la sostituzione della stufa a biomassa con una stufa ventilata da 12 kW di maggiore efficienza.



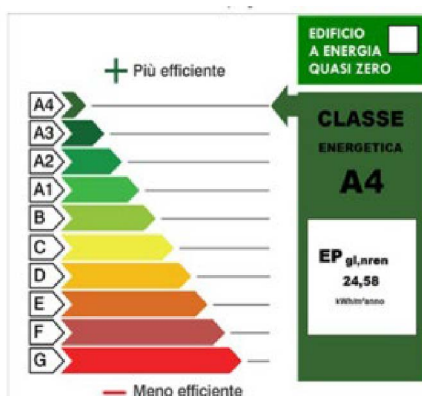
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5. Per la distribuzione del calore sono stati ipotizzati dei ventilconvettori.



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



Relativamente alla **soluzione impiantistica 3**, allo stato attuale, si avranno:

- infissi in legno tenero con vetro singolo e oscuramenti con persiane in legno;
- Caldaia tradizionale da 24 kW per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento invernale
- impianto di raffrescamento con n.2 pompe di calore mono split da 2,5kW con EER 3,42

Risultati

Tenendo in considerazione le modifiche apportate agli infissi ed agli impianti, si sono ottenuti i seguenti risultati:

MURATURA ESTERNA IN PIETRA	
SPESSORE	500 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,924 W/m ² K
SOLAIO DI BASE	
SPESSORE	700 mm
TRASMITTANZA TERMICA	0,878 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	
SPESSORE	320 mm
TRASMITTANZA TERMICA	1,886 W/m ² K
FINESTRA 85X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,964 W/m ² K
FINESTRA 130X170	
TRASMITTANZA TERMICA	4,973 W/m ² K
FINESTRA 115X220	
TRASMITTANZA TERMICA	4,961 W/m ² K

SUPERFICIE UTILE RISCALDATA	64,49 m ²
SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA	64,49 m ²
VOLUME LORDO RISCALDATO	299,86 m ³
VOLUME LORDO RAFFRESCATO	299,86 m ³
SUPERFICIE DISPERDENTE	208,6 m ²

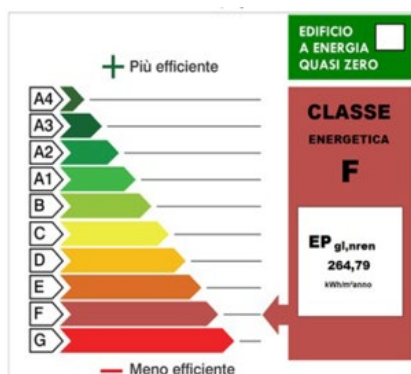


Analisi risultati

Analizzando i risultati ottenuti vengono prese in esame delle ipotesi di efficientamento energetico suddivise secondo tre livelli di impatto sull'edificio esistente:

INTERVENTO LOW

Si ipotizza la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



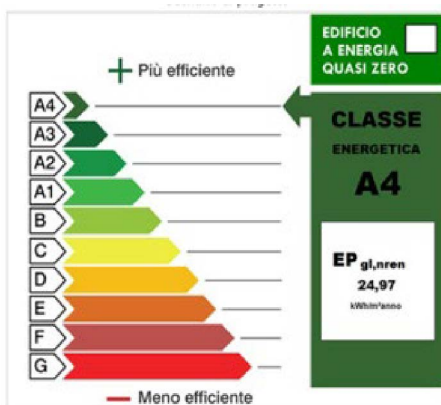
INTERVENTO MEDIUM

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la sostituzione del gruppo termico originario con una caldaia a condensazione da 24 kW e la sostituzione dell'impianto di raffrescamento con delle pompe di calore aria-aria da 3,2 kW in riscaldamento e da 2,5 kW in raffrescamento, con COP 5,4 e EER 5,1:



INTERVENTO HIGH

Si ipotizza la sostituzione degli infissi esistenti con degli infissi con telaio in legno, doppia vetratura basso emissiva e intercapedine riempita d'Argon; la coibentazione esterna dell'intero edificio con pannelli di isolante in schiuma poliuretanic polyso-PIR da 8cm e conducibilità termica di 0,026 W/mK; la sostituzione dell'intero impianto originario con un sistema unico aria-acqua per la climatizzazione invernale, estiva e la produzione di acqua calda sanitaria, la cui potenza complessiva è di 8,7 kW in riscaldamento e 7,5 kW in raffrescamento con bollitore da 180 l, COP 4,6 ed EER 5; l'installazione di un impianto fotovoltaico condominiale da 2 kW per unità:



5 Framework decisionale

5.1 Introduzione

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'insieme delle ipotesi di retrofit applicate nei casi studio precedentemente descritti sono state individuate le regole di individuazione ottimali degli interventi, edilizi ed impiantistici, di efficientamento energetico del patrimonio edilizio urbano.

Questi sistemi vogliono essere uno strumento di supporto, agevolando un approccio metodologico nella scelta degli interventi di efficientamento energetico e recupero degli edifici.

Di seguito si propone il framework di modello decisionale, che dovrà essere implementato nell'algoritmo del portale AUREE, che individua le soluzioni da adottare in base allo stato di fatto dell'edificio oggetto di intervento.

Per chiarezza espositiva i criteri sono espressi in forma tabellare.

5.2 Tabelle decisionali

5.2.1 Edificio

Nella seguente tabella è riportato il framework di modello decisionale per la parte edificio che individua le soluzioni da adottare in base allo stato di fatto dell'edificio oggetto di intervento.

INVOLUCRO OPACO - PARETI		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
MURATURA IN PIETRA SPESSORE 40-70 cm U= 2,27-2,80 W/mqK	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	CAPPOTTO ESTERNO XPS U=0,36 W/mqK	Questo intervento può dipendere da vincoli imposti dal piano urbanistico.
	CAPPOTTO INTERNO SILICATI DI CALCIO U=0,36 W/mqK	In edifici multipiano, questo intervento può essere effettuato anche nella singola unità abitativa.
MURATURA IN LATERIZIO SPESSORE 20-30 cm U= 0,98-1,48 W/mqK	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	CAPPOTTO ESTERNO XPS U=0,36 W/mqK	Questo intervento può dipendere da vincoli imposti dal piano urbanistico.
	CAPPOTTO INTERNO SILICATI DI CALCIO U=0,36 W/mqK	In edifici multipiano, questo intervento può essere effettuato anche nella singola unità abitativa.
MURATURA IN LATERIZIO + CAMERA D'ARIA SPESSORE 15+5+8 cm U= 0,96 W/mqK	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.

	INSUFLAGGIO DI ISOLANTE NELL'INTERCAPEDINE $U=0,36 \text{ W/mqK}$	In edifici multipiano, questo intervento può essere effettuato anche nella singola unità abitativa.
	CAPPOTTO ESTERNO XPS $U=0,36 \text{ W/mqK}$	Questo intervento può dipendere da vincoli imposti dal piano urbanistico.
	CAPPOTTO INTERNO SILICATI DI CALCIO $U=0,36 \text{ W/mqK}$	In edifici multipiano, questo intervento può essere effettuato anche nella singola unità abitativa.
MURATURA IN BLOCCHETTI DI CLS 20 cm $U= 1,505 \text{ W/mqK}$	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	CAPPOTTO ESTERNO XPS $U=0,36 \text{ W/mqK}$	Questo intervento può dipendere da vincoli imposti dal piano urbanistico.
	CAPPOTTO INTERNO SILICATI DI CALCIO $U=0,36 \text{ W/mqK}$	In edifici multipiano, questo intervento può essere effettuato anche nella singola unità abitativa.
INVOLUCRO OPACO – SOLAIO DI BASE		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
SOLAIO CON VESPAIO IN PIETrame INFormE SPESSORE 70 cm $U= 0,86 \text{ W/mqK}$	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	ISOLAMENTO INTERNO $U=0,38 \text{ W/mqK}$	È un intervento molto invasivo che necessita anche l'innalzamento del piano di quota del pavimento (non sempre consentito).
INVOLUCRO OPACO - COPERTURA		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
COPERTURA INCLINATA TRADIZIONALE CON INCANNICCIATO E MANTO IN TEGOLE SOPRA ALLETTAMENTO $U= 1,75 \text{ W/mqK}$	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	INTERVENTO ALL' ESTERNO, RIFACENDO LA COPERTURA $U=0,32 \text{ W/mqK}$	
	INTERVENTO ALL'INTRADOSSO DEL SOLAIO $U=0,32 \text{ W/mqK}$	Si può effettuare senza bisogno di rifare la copertura.
SOLAIO TIPO BAUSTA CON ISOLAMENTO SEMPLICE	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà

ALL'ESTRADOSSO E RELATIVE FINITURE CALPESTABILI U= 0,95 W/mqK		lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	INTERVENTO ALL' ESTERNO, RIFACENDO GLI STRATI DI FINITURA DELLA COPERTURA U=0,32 W/mqK	
	INTERVENTO ALL'INTRADOSSO DEL SOLAIO U=0,32 W/mqK	Si può effettuare senza bisogno di rifare la copertura.
INFISSI		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
INFISSO IN LEGNO E VETRO SINGOLO Uw= 4 W/mqK	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	NUOVI INFISSI IN LEGNO E VETROCAMERA BE Uw= 1.8 W/mqK	
	NUOVI INFISSI IN PVC, TAGLIO TERMICO E VETROCAMERA BE Uw= 1.8 W/mqK	
INFISSO IN METALLO SENZA TAGLIO TERMICO E VETRO SINGOLO Uw= 5 W/mqK	NO INTERVENTO	Non intervenendo nell'involucro, bisognerà lavorare maggiormente sull'efficientamento impiantistico.
	NUOVI INFISSI IN LEGNO E VETROCAMERA BE Uw= 1.8 W/mqK	
	NUOVI INFISSI IN PVC, TAGLIO TERMICO E VETROCAMERA BE Uw= 1.8 W/mqK	

5.2.2 Impianto

Analogamente a quanto svolto per l'edificio, anche per la parte impiantistica sono state individuate le linee decisionali di efficientamento energetico in base alla soluzione di partenza. Queste soluzioni dovranno essere implementate nell'algoritmo del portale AUREE.

IMPIANTO DI RISCALDAMENTO		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
NON PRESENTE	NO INTERVENTO	
	INSTALLAZIONE NUOVO IMPIANTO CON CALDAIA A CONDENSAZIONE $\eta \geq 97\%$	nuovi terminali
	INSTALLAZIONE NUOVO IMPIANTO CON POMPA DI CALORE COP ≥ 3	nuovi terminali
CALDAIA TRADIZIONALE	SOSTITUZIONE CON CALDAIA A CONDENSAZIONE $\eta \geq 97\%$	stessi terminali
	RIMOZIONE IMPIANTO ESISTENTE E INSTALLAZIONE NUOVO IMPIANTO CON POMPA DI CALORE COP ≥ 3	nuovi terminali
CALDAIA A CONDENSAZIONE $\eta < 97\%$	SOSTITUZIONE CON CALDAIA A CONDENSAZIONE $\eta \geq 97\%$	
CALDAIA A CONDENSAZIONE $\eta \geq 97\%$	NO INTERVENTO	
POMPA DI CALORE COP < 3	SOSTITUZIONE CON POMPA DI CALORE COP ≥ 3	
POMPA DI CALORE COP ≥ 3	NO INTERVENTO	
IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
NON PRESENTE	NO INTERVENTO	
	INSTALLAZIONE NUOVO IMPIANTO CON POMPA DI CALORE ARIA-ACQUA EER $\geq 3,2$	nuovi terminali
IMPIANTO CON POMPA DI CALORE ARIA-ARIA	NO INTERVENTO	
	SOSTITUZIONE POMPA DI CALORE ARIA-ARIA CON MAGGIOR EER	nuovi terminali
	INSTALLAZIONE NUOVO IMPIANTO CON POMPA DI CALORE ARIA-ACQUA EER $\geq 3,2$	nuovi terminali
IMPIANTO CON POMPA DI CALORE ARIA-ACQUA	NO INTERVENTO	
	SOSTITUZIONE POMPA DI CALORE ARIA-ACQUA CON MAGGIOR EER	nuovi terminali
IMPIANTO ACS		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
NON PRESENTE	NO INTERVENTO	
	INSTALLAZIONE SCALDACQUA A POMPA DI CALORE COP $\geq 2,5$	
SCALDACQUA ELETTRICO AD ACCUMULO	SOSTITUZIONE CON SCALDACQUA A POMPA DI CALORE COP $\geq 2,5$	
CALDAIA TRADIZIONALE	SOSTITUZIONE CON CALDAIA A CONDENSAZIONE $\eta \geq 97\%$	

CALDAIA A CONDENSAZIONE $\eta \geq 97\%$	NO INTERVENTO	
IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE		
STATO ATTUALE	INTERVENTO	NOTE
LAMPAD E A INCANDESCENZA	SOSTITUZIONE CON LAMPAD E A LED	
LAMPAD E ALOGENE	SOSTITUZIONE CON LAMPAD E A LED	
LAMPAD E A FLUORESCENZA	SOSTITUZIONE CON LAMPAD E A LED	
LAMPAD E A LED	NO INTERVENTO	

6 Conclusioni

L'attività svolta nella terza annualità del presente progetto di ricerca ha riguardato la valutazione, a diversi livelli di approfondimento, del patrimonio edilizio del Comune di Carbonia. In questa fase sono stati presi in esame 42 casi studio, tutti edifici civili, focalizzando l'attenzione sul patrimonio edilizio della fondazione della città di Carbonia. Per ogni caso studio è stato eseguito un audit energetico semplificato attraverso una fase preliminare di raccolta dati sul sistema edificio-impianto e la successiva impostazione di un modello energetico.

Il compendio di questa attività è stata la realizzazione di un framework di un abaco decisionale per gli interventi di efficientamento energetico. L'analisi dei risultati ottenuti dalle diverse ipotesi di retrofit precedentemente realizzate sono risultate fondamentali per la costruzione del framework decisionale. L'obiettivo dell'abaco è quello di creare uno strumento decisionale che individui gli interventi ottimali per ogni situazione edificio-impianto esistente, andando a costituire il primo step decisionale per l'efficientamento energetico delle tipologie edilizie presenti su tutto il patrimonio edilizio della città di Carbonia. Le soluzioni individuate, sia per la parte edilizia sia per quella impiantistica, dovranno essere implementate nell'algoritmo del portale AUREE.

7 Riferimenti bibliografici

1. IEA, UNEP. 2019 global status report for buildings and construction. 2019.
2. Fina B, Auer H, Friedl W. Profitability of active retrofitting of multi-apartment buildings: building-attached/integrated photovoltaics with special consideration of different heating systems. *Energy Build* 2019;190:86e102. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.034>.
3. European commission. EU Buildings Factsheets 2019. https://ec.europa.eu/energy/eu-buildings-factsheets_en. [Accessed 23 October 2020]
4. Camargo, L. R., Gruber, K., Nitsch, F., & Dorner, W. (2019). Hybrid renewable energy systems to supply electricity self-sufficient residential buildings in Central Europe. *Energy Procedia*, 158, 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.096>
5. Chen, B., Liu, Q., Chen, H., Wang, L., Deng, T., Zhang, L., & Wu, X. (2021). Multiobjective optimization of building energy consumption based on BIM-DB and LSSVM-NSGA-II. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126153. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126153>
6. de Souza, D. F., da Silva, P. P. F., Fontenele, L. F. A., Barbosa, G. D., & de Oliveira Jesus, M. (2019). Efficiency, quality, and environmental impacts: A comparative study of residential artificial lighting. *Energy Reports*, 5, 409–424. <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2019.03.009>
7. Du, H., Huang, P., & Jones, P. (2019). Modular facade retrofit with renewable energy technologies: The definition and current status in Europe. *Energy and Buildings*, 205(2019). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109543>
8. Evola, G., & Margani, G. (2016). Renovation of apartment blocks with BIPV: Energy and economic evaluation in temperate climate. *Energy and Buildings*, 130, 794–810. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.085>
9. Firfiris, V. K., Martzopoulou, A. G., & Kotsopoulos, T. A. (2019). Passive cooling systems in livestock buildings towards energy saving: A critical review. *Energy and Buildings*, 202, 109368. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109368>
10. Hassan, A., & El-Rayes, K. (2020). Optimizing the Integration of Renewable Energy in Existing Buildings. *Energy and Buildings Journal*, 238(under review), 110851. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110851>
11. Lewandowski, W. M., & Lewandowska-Iwaniak, W. (2014). The external walls of a passive building: A classification and description of their thermal and optical properties. *Energy and Buildings*, 69, 93–102. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.10.021>
12. Milan, C., Bojesen, C., & Nielsen, M. P. (2012). A cost optimization model for 100% renewable residential energy supply systems. *Energy*, 48(1), 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.05.034>
13. Park, J. H., Berardi, U., Chang, S. J., Wi, S., Kang, Y., & Kim, S. (2021). Energy retrofit of PCM-applied apartment buildings considering building orientation and height. *Energy*, 222, 119877. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119877>
14. Sabzi, D., Haseli, P., Jafarian, M., Karimi, G., & Taheri, M. (2015). Investigation of cooling load reduction in buildings by passive cooling options applied on roof. *Energy and Buildings*, 109, 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.042>
15. Sahlaoui, K., Ben Mabrouk, A., Oueslati, H., Ben Mabrouk, S., La Cascia, D., Zizzo, G., Favuzza, S., Massaro, F., & Dusonchet, L. (2019). Experimental study of the combined RES-based generators and electric storage systems for public buildings. *Energy Procedia*, 162, 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.04.029>

16. Xu, J., Kim, J. H., Hong, H., & Koo, J. (2015). A systematic approach for energy efficient building design factors optimization. *Energy and Buildings*, 89, 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.12.022>
17. Alsaadani S, Roque M, Trinh K, Fung A, Straka V. An overview of research projects investigating energy consumption in Multi-Unit Residential Buildings in Toronto. *Asian Conf. Sustain. Energy Environ.* 2016:409e17.
18. Aboelata A. Vegetation in different street orientations of aspect ratio (H/W 1: 1) to mitigate UHI and reduce buildings' energy in arid climate. *Build Environ* 2020;172:106712. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106712>
19. H.R. Hay, J.I. Yellott, International aspects of air conditioning with movable insulation, *Sol. Energy* 12 (1969) 427–438.
20. T. Runsheng, Y. Etzion, E. Erell, Experimental studies on a novel roof pond configuration for the cooling of buildings, *Renew. Energy* 28 (2003) 1513–1522.
21. H. Suehrcke, E.L. Peterson, N. Selby, Effect of roof solar reflectance on the building heat gain in a hot climate, *Energy Build.* 40 (2008) 2224–2235.