

PROVINCIA DI MODENA
Area Programmazione e Pianificazione Territoriale

COS.E.BIO
COSTi Edificio BIOedile

**VALUTAZIONE COMPARATIVA DEI COSTI
DI UN EDIFICIO IN BIOEDILIZIA**

Ottobre 2005

La ricerca è stata svolta da:



BIOECOLAB

c/o ProMo
via Virgilio, 55
41100 Modena
www.bioecolab.it



A cura di:
Anna Allesina
Maria Cristina Fregni

Con la collaborazione di:

AGENZIA PER L'ENERGIA E LO SVILUPPO SOSTENIBILE DI MODENA

c/o META
via Razzaboni , 80
41100 Modena
www.aess-modena.it

Claudia Carani
Claudio Magnani



ABITCOOP SOC. COOP. - COOPERATIVA DI ABITAZIONE DELLA PROVINCIA DI MODENA

Via Venceslao Santi, 14
41100 Modena
www.abitcoop.it

Francesco Rossi - direttore tecnico



Si ringraziano la Cooperativa Bovisa-la Casa Ecologica di Milano e TOROC di Torino, oltre che, naturalmente, ABITCOOP, per il supporto e i dati che hanno fornito.

Copertina e stampa : U.O. grafica e Centro Stampa - Provincia di Modena

PRESENTAZIONE

In continuità con le azioni già da tempo intraprese, finalizzate alla diffusione e accrescimento dello sviluppo sostenibile e della bio - edilizia, la Provincia di Modena ha ritenuto di grande interesse dare seguito all'opera di monitoraggio relativa agli strumenti operativi e alle realizzazioni edilizie in atto, avviando, anche su suggerimento degli operatori locali del settore, una ricerca relativa ai **costi di costruzione** in bio - edilizia.

Il problema dei maggiori costi da sostenere per realizzare un edificio con materiali naturali a bassissimo impatto ambientale e dotato di tecnologie alternative volte al risparmio energetico, è sicuramente molto sentito da chi fa parte della filiera dell'edilizia; nel contempo, tale problematica può rappresentare un elemento frenante la diffusione e l'applicazione di certe modalità costruttive, nonostante le politiche incentivanti già intraprese da molte Amministrazioni Pubbliche in ambito provinciale e regionale.

Riuscire quindi a dimostrare che, a fronte di maggiori costi di investimento iniziale, si ottengono risparmi nella gestione e manutenzione dell'edificio, oltre che un minore impatto ambientale, è un'azione non facile.

Il valore di questo primo risultato della ricerca, sicuramente da approfondire nel corso degli anni, resa possibile grazie al contributo e alla collaborazione di alcune fra le cooperative di abitazione operanti nella nostra provincia, consiste nel fatto che si fonda su dati reali, misurabili, desunti dall'analisi di edifici realizzati.

Una verifica continua, attraverso la comparazione di un numero sempre maggiore di realizzazioni, potrà dare ulteriore validità a questo lavoro e fornire ulteriori indicazioni.

Anche in questo modo, e con la messa a disposizione dei dati disponibili, si conferma il positivo ruolo di BIOECOLAB quale momento di servizio e stimolo nell'ambito della bio-edilizia

L'assessore alle Politiche Urbanistiche
e Qualità del Territorio della Provincia di Modena
Maurizio Maletti

INDICE

PREMESSA	7
METODOLOGIA DI LAVORO	11
1. L'EDIFICIO IN BIOEDILIZIA: IL MODELLO TEORICO	13
1.1 Individuazione dei parametri per la definizione di un edificio in bioedilizia	13
1.2 Schede prestazionali dell'edificio in bioedilizia	19
2. RICERCHE RELATIVE AI COSTI DI COSTRUZIONE IN BIOEDILIZIA EFFETTUATE IN AMBITO NAZIONALE	33
2.1 Ricognizione di casi studio significativi	33
2.1.1 L'esperienza della Bovisa a Milano	
2.1.2 Torino 2006: l'esperienza di Vinovo	
2.2 Schede di analisi relative ai casi studio significativi	37
2.2.1 Edificio di Bovisa	
2.2.2 Edificio di Vinovo	
3. VERIFICA DEI COSTI EFFETTUATA SU EDIFICI REALIZZATI NELLA PROVINCIA DI MODENA	41
3.1 Edifici analizzati: caratteristiche generali	41
3.2 Schede di analisi, prestazionali, degli interventi migliorativi e dei costi	45
3.2.1 Edificio A	45
3.2.2 Edificio B	65
3.2.3 Edificio C	83
3.2.4 Edificio D	105
4. CONCLUSIONI	125

PREMESSA

La ricerca in oggetto, COS.E.BIO, nasce con lo scopo di definire i costi di costruzione di un edificio realizzato con criteri di bioedilizia e di risparmio energetico, rispetto ad un edificio di edilizia “corrente”¹, partendo da casi concreti realizzati nella provincia di Modena.

Il lavoro, svolto da **BIOECOLAB**, in collaborazione con l’Agenzia per l’Energia e lo Sviluppo Sostenibile di Modena e ABITCOOP², cooperativa di abitazione della Provincia di Modena, è caratterizzato da **una ricerca a carattere comparativo**, che permetta di stimare la “questione costi” secondo parametri rilevabili e confrontabili.

L’obiettivo è stato quello di verificare il *luogo comune* secondo il quale un intervento in bioedilizia ha un costo di realizzazione più elevato, attraverso un’analisi dettagliata delle componenti e dei sistemi, delineando nel contempo un possibile scenario per l’abbattimento dei costi aggiuntivi.

Secondo fonti specializzate (riviste, pubblicazioni e periodici tecnici), il maggior costo di un edificio in bioedilizia, è caratterizzato da un range percentuale che può variare fra il **7 e il 15 % per il costruttore**, e dal **4 all’8 % per l’utente finale**.

Nel contempo però non dimentichiamo che a fronte di questo “maggior costo” si rilevano anche una serie di azioni e/o elementi incentivanti, come ad esempio: i benefici derivati da **agevolazioni da parte degli enti pubblici**, i **risparmi relativi sia al consumo di energie primarie** che alla gestione e/o manutenzione degli edifici, oltre naturalmente, a garantire un minor impatto ambientale nel ciclo di vita del manufatto.

Relativamente agli **incentivi pubblici**, questi dipendono da situazioni locali (regionali, provinciali e/o comunali) e sono riferiti principalmente :

- alla riduzione degli oneri comunali (oneri di urbanizzazione secondaria e costo di costruzione);
- alla priorità data nella concessione di aree;
- all’aumento della volumetria/superficie utile concessa;
- ad un punteggio o contributo aggiuntivo nei bandi regionali (Veneto, Campania, ecc).

Relativamente ai **risparmi di gestione e manutenzione**, sono riconducibili alle seguenti azioni:

¹ Per edilizia corrente s’ intende quella che “qualitativamente rappresenta la media offerta sul mercato immobiliare delle nuove costruzioni che risponde alle normative vigenti in materia di urbanistica ed edilizia, con particolare riferimento ai requisiti prestazionali della L.R. 33/90

² cfr. www.abitcoop.it, in particolare si vuole segnalare in questa sede che “...una cooperativa di abitazione è costituita da persone che si associano, con l’obiettivo di trovare soluzioni alle loro esigenze abitative mediante la realizzazione di immobili da parte della cooperativa che li assegna ai soci stessi, possibilmente a condizioni migliori rispetto a quelle del mercato”

- all'impiego di particolari impianti di riscaldamento (in genere teleriscaldamento a controllo individuale) e/o all' utilizzo di componentistica solare che consente risparmi compresi tra il 40 ed il 60%³;
- all'uso di dispositivi per l'ottimizzazione dei consumi idrici e/o per il riuso delle acque meteoriche e grigie, riducendo così anche i costi di depurazione (dal 20 al 40%,)⁴;
- alla possibilità di ottenere un comfort estivo contenendo considerevolmente i costi per il raffrescamento.

Esistono comunque delle variabili territoriali che possono determinare un'oscillazione della percentuale. Nel Nord Italia, ad esempio, di fronte ai costi più elevati di gestione si ottiene come conseguenza naturale anche un aumento del risparmio (42,8%). Lo stesso accade nel centro Italia, con il 41,8%⁵.

Tra i comuni che invece intendono promuovere interventi di bioedilizia, la maggior parte ha scelto di applicare sgravi sugli oneri di urbanizzazione secondaria (U2 44%); altri hanno invece preferito applicare uno sconto sull'ICI (35%) e sugli obblighi nelle convenzioni per le aree (34%); altri ancora hanno deciso di puntare sull'incentivo volumetrico (32%) o sui bandi (29%)⁶.

Ciò premesso appare importante analizzare le singole componenti dei costi relativi alla realizzazione dell'opera che potrebbero subire delle variazioni nel caso di un intervento in bioedilizia.

Sarà pertanto necessario escludere quelle componenti che, pur essendo comprese nel totale dei costi, si mantengono **invariate**. Come, ad esempio, fra i **costi diretti**, il costo d'acquisto del terreno, i relativi oneri accessori (imposta di registro, spese notarili, provvigioni, ecc.), gli allacciamenti delle utenze agli enti erogatori e fra i **costi indiretti**, i costi generali di produzione o quelli industriali.

Nel contempo quelle componenti che si **modificano** sono, fra i **costi diretti**, il costo dell'appalto (comprende il costo dei materiali utilizzati), della manodopera e della progettazione, fra i **costi indiretti** quelli relativi agli oneri finanziari.

Tuttavia, per chi ragiona nell'ottica della sostenibilità, la definizione "costi indiretti" amplia la propria sfera di significati, per comprendere tutta una serie di parametri, che hanno a che fare

³ Fonte: <http://www.ecodallecitta.it/old/lug2003/energia/progettoshe/legampresenta.htm>, che riprende i dati sviluppati da Federabitazione in relazione al progetto "SHE - La Casa ecologica". Il progetto pilota She, Sustainable housing in Europe, proposto e coordinato da Federabitazione-Confcooperative, prevede la realizzazione di circa 800 alloggi in quattro diverse nazioni con la partnership di 8 operatori dell'edilizia sociale e strutture scientifiche qualificate, dimostrando la percorribilità di questa nuova strategia. Federabitazione, con la collaborazione soprattutto dell'Istituto nazionale di Bioarchitettura, ha già lanciato una Rete nazionale delle cooperative per l'abitazione ecosostenibile e un marchio di qualità denominato appunto "La Casa Ecologica".

⁴ Fonte: Federabitazione, *op. cit.*

⁵ Fonte: www.traterraecielo.it/giornale

⁶ Fonte: http://www.waycasa.net/root/ecologica_2109.html

con i cicli di produzione dell'edificio, nonché con i costi ambientali e di gestione del manufatto stesso, quali:

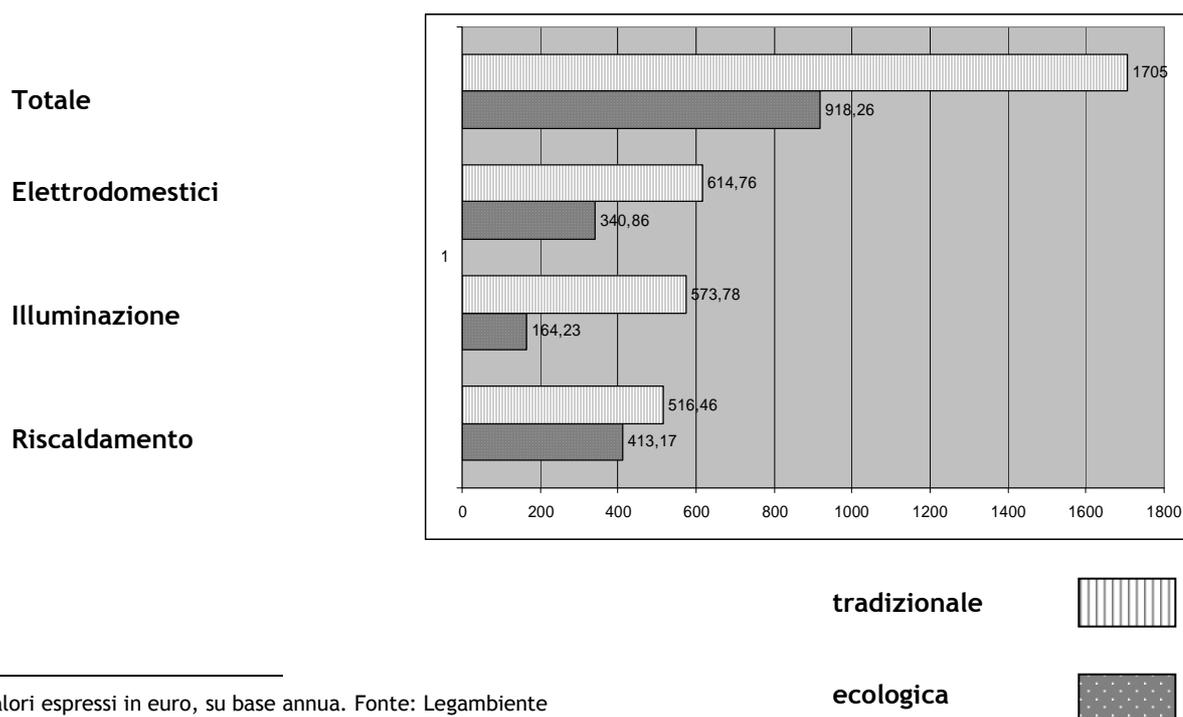
- la manutenzione e gestione;
- l'impatto ambientale dei materiali e della realizzazione dell'opera;
- lo smaltimento e/o riciclaggio dei rifiuti derivanti dalla costruzione e dalla (eventuale) demolizione.

Il tema del "maggior costo" iniziale deve essere pertanto letto in un quadro di un'economia di lunga durata, che, dallo scambio di esperienze, risulta perfettamente compatibile con la fase di gestione post - intervento.

Emerge che se gli interventi di architettura sostenibile sono, da un lato, caratterizzati da maggiori oneri di investimento iniziale, dall'altro, se si considera la vita media di un edificio, è anche vero che il costo complessivo (investimento + manutenzione) risulta uguale o inferiore rispetto all'edilizia corrente.

Costruire con le tecniche della bioedilizia significa quindi abbattere significativamente nel tempo i costi di gestione e manutenzione della propria casa e godere di un comfort abitativo superiore, garanzia di salute e benessere psicofisici.

Dunque, dopo un primo periodo in cui le soluzioni ecologicamente compatibili costavano molto di più, oggi avere una casa ecologica è addirittura conveniente. Lo dimostra la tabella, a seguito riportata⁷, che prende in considerazione i costi di gestione di una casa:



⁷ Fonte: Valori espressi in euro, su base annua. Fonte: Legambiente
http://www.legambiente.com/documenti/2005/0114_cambioDiClima/opuscoloenergia.pdf

METODOLOGIA DI LAVORO

Come già accennato in premessa l'obiettivo della ricerca, mirato all'individuazione dei costi di costruzione di un edificio in bioedilizia, doveva essere supportato necessariamente da una metodologia strutturata in modo tale da consentire un'analisi comparata, articolata a scala delle diverse componenti costitutive i manufatti.

L'analisi doveva essere effettuata su "casi concreti", edifici realizzati o in corso di realizzazione, pertanto già appaltati, i cui costi erano certi (non modificabili), in modo tale da garantire una maggiore attendibilità dei risultati.

Risultava pertanto fondamentale scegliere edifici che presentassero caratteristiche simili, come ad esempio l'assetto fisico-morfologico (volume), la localizzazione (ovvero stessi dati climatici), il numero degli alloggi; ovvero che corrispondessero alle tipologie residenziali consuete nel panorama edilizio della Provincia di Modena.

Era dunque evidente la necessità di attingere ad una "fonte informativa" che garantisse il requisito di trasparenza, del contenimento dei costi di realizzazione (e di vendita), e naturalmente della qualità dell'eseguito. Grazie alla collaborazione di Abitcoop, Cooperativa di Abitazione della Provincia di Modena, sono stati presi in esame alcuni interventi realizzati in Provincia di Modena, fra i quali in particolare un edificio in bioedilizia, peraltro vincitore di un concorso indetto dal Comune di Carpi in un'area PEEP⁸.

Oltre all'edificio in bioedilizia è stato analizzato anche un edificio con contenuti energetici evoluti, pur non impiegando materiali specificatamente biocompatibili.

Si è pertanto proceduto attraverso un'analisi comparata fra coppie di edifici:

- la "prima coppia" è caratterizzata dall'edificio rispondente ai requisiti della normativa vigente in materia di consumi energetici (legge 10/91) e da un secondo edificio con contenuti energetici evoluti;
- la "seconda coppia" è caratterizzata dall'edificio in bioedilizia e da un edificio con caratteristiche rispondenti ad un'edilizia corrente.

Parallelamente, al fine di procedere con l'analisi delle componenti e dei relativi costi e/o sovracosti, risultava necessario riuscire a fornire una definizione di **edificio in bioedilizia** attraverso una sorta di griglia qualitativa e quantitativa che conducesse ad "un modello teorico", "**edificio ideale**", al quale rapportare sia gli edifici di edilizia corrente, che anche quelli che presentano caratteristiche di bioedilizia.

Per poter pervenire alla definizione di tale modello teorico, è stata inizialmente effettuata una ricognizione sullo stato dell'arte, a livello nazionale, delle principali ricerche sul tema.

⁸ Cfr. Beatrice Spirandelli, "Carpi Progetti per edilizia economica e popolare", in Architettura naturale n° 18/2003, EDICOM edizioni

Da tale fase di lavoro si è potuto evincere che la bibliografia scientifica in materia di bioedilizia sta acquistando rilevanza anche in lingua italiana, ma quasi sempre si tratta di pubblicazioni che forniscono ottime indicazioni generali sulle caratteristiche qualitative di un edificio in bioedilizia, ma difficilmente si cimentano nella definizione di parametri quantitativi.

Altrettanto si può dire per quanto concerne i primi strumenti normativi e di certificazione che sono stati finora elaborati.

Pertanto, allo scopo di compiere un ulteriore passo avanti nella ricerca e di calare l'attività di COS.E.BIO nella prassi progettuale e nella realtà produttiva edile, ci si è posti l'obiettivo di individuare un modello definito da dati quantitativi e qualitativi rilevabili, così da assicurare l'immediatezza di un facile ed attendibile confronto dei rispettivi costi di costruzione.⁹

In particolare, il percorso di lavoro è stato organizzato nelle seguenti fasi:

1. il Modello teorico: costruzione di un modello teorico di edificio in bioedilizia attraverso l'individuazione di parametri prestazionali e la definizione dei *range* di classificazione, rispetto ai quali sono state elaborate le schede relative alle diverse classi di esigenze;
2. le ricerche sul tema costi di costruzione in bioedilizia: ricognizione di analisi e studi già effettuati in ambito nazionale, al fine di individuarne la metodologia di indagine;
3. l'analisi comparata: individuazione degli edifici da analizzare in area provinciale, sia di edilizia corrente che in bioedilizia, analisi sulla base delle schede prestazionali elaborate, confronto dei costi di costruzione d'appalto, raffronto con il modello teorico e individuazione del maggior costo;
4. l'analisi e la valutazione dei benefici in termini di risparmio energetico: quantificazione del risparmio (in kWh/mq) per effetto delle economie di gestione, a fronte di eventuali maggiori costi di realizzazione.

⁹ Le valutazioni dei costi unitari riportate al capitolo #3. La verifica dei costi effettuata su interventi realizzati nella Provincia di Modena" si riferiscono al parametro della SUPERFICIE COMMERCIALE così come viene intesa in area provinciale, ovvero: 100% della superficie abitabile al lordo delle murature, 50% della superficie destinata a servizi anch'essa al lordo delle murature.

1. L'EDIFICIO IN BIOEDILIZIA: IL MODELLO TEORICO

1.1 Individuazione dei parametri per la definizione di un edificio in bioedilizia

A livello teorico, sono ormai numerose le ricerche e i documenti che individuano le caratteristiche che deve avere un edificio progettato con i criteri della bioedilizia.

Si riportano in sintesi, in questa sede, alcune fra le componenti prioritarie che l'edificio in bioedilizia deve possedere:

- corretto **orientamento** planimetrico rispetto al sole e conseguentemente degli spazi interni agli alloggi (orientazione prevalente rispetto all'andamento del sole);
- essere realizzato con **materiali naturali** (biocompatibili) a minimo impatto ambientale:

strutture verticali: in muratura di laterizio ecologico;

strutture orizzontali: solai preferibilmente in legno;

strutture di copertura: in legno, con sistemi di ventilazione;

intonaci interni, esterni, tinteggi e vernici a base di componenti naturali e privi di derivati del petrolio (a base di calce, oli, cere, e resine naturali), atti a garantire il massimo grado di traspirabilità;

materiali isolanti naturali e privi derivati dalla chimica pesante;

- sistemi di **ventilazione naturale** per un adeguato ricambio d'aria nei locali, senza gravare sui consumi energetici per la climatizzazione;
- **impianti elettrici** progettati affinché non si creino ulteriori sorgenti di inquinamento elettromagnetico, con speciale attenzione per le camera da letto;
- **impianti meccanici** (termici e sanitari) progettati per:
 - * favorire nel tempo il risparmio energetico;
 - * permettere l'utilizzo di combustibili alternativi a minor impatto ambientale (biomasse, etc.);
 - * ridurre le emissioni inquinanti verso l'esterno;
 - * privilegiare i sistemi di riscaldamento caratterizzati da basse temperature di esercizio (riscaldamento a pavimento, a battiscopa, a parete, etc.), in grado inoltre di garantire una miglior qualità dell'aria *indoor*;

- * disporre di un sistema di recupero delle acque meteoriche e delle acque grigie.

Tuttavia, ciò che in genere non viene riportato nella letteratura specifica, è una concretizzazione **quantitativa** di tali indicazioni qualitative.

Esistono comunque esperienze in ambito nazionale che hanno individuato alcuni parametri di riferimento in materia di bioedilizia e di risparmio energetico, alle quali si è in parte fatto riferimento nella fase di stesura delle schede prestazionali.

In particolare, le fonti (regolamenti, normative, ecc.) di riferimento sono le seguenti:

- **Requisiti Volontari della Regione Emilia Romagna**, Allegato A al Regolamento Edilizio Tipo delibera G.R. n.268 del 22.02.2000 e delibera G.R. n. 21 del 16.01.2001;
- **Regolamento Edilizio del Comune di Carugate**¹⁰;
- **Linee Guida per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici in Toscana - Regione Toscana**¹¹;
- **Protocollo ITACA - per la valutazione della qualità energetica ed ambientale di un edificio - Roma 2004** (ITACA - Istituto per la Trasparenza l'Aggiornamento e la Certificazione degli Appalti);
- **Requisiti per la sostenibilità ambientali degli edifici elaborati dall'Environment Park**¹²;
- **Progetto PRODEM "Risparmio energetico e utilizzo delle fonti rinnovabili nella pianificazione territoriale ed urbanistica"**;¹³
- **Il progetto "CasaClima" della Provincia di Bolzano**¹⁴;

¹⁰ Il Comune di Carugate, in provincia di Milano, si è aggiudicato nel 2004 il premio "Le città per un costruire sostenibile" per la redazione di un regolamento edilizio che impone precise regole nel rispetto dell'ambiente. Il Regolamento Edilizio introduce tre criteri noti da tempo ma scarsamente applicati: il risparmio energetico, l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili e l'impiego di tecnologie bioclimatiche. Alcuni degli interventi proposti sono prescrittivi, quindi resi obbligatori (è questa la vera innovazione portata da questo strumento), altri sono per ora solo suggeriti, quindi facoltativi, ma ugualmente importanti in quanto stimolano gli operatori a riflettere su scelte più sostenibili.

Altri articoli, inoltre, orientano la progettazione delle aree edificate verso un approccio progettuale più sostenibile (ad esempio progettazione delle aree verdi anche provare osservando determinati criteri). Il regolamento è stato apprezzato non solo da Legambiente, che ha subito proposto il Comune tra gli esempi da imitare, ma anche da Bruxelles. Il responsabile Ue delle politiche di diffusione dell'energia alternativa ha, infatti, richiesto una copia del testo.

¹¹ **Decisione N .24 del 12-07-2004 - Oggetto:** P.R.A.A. 2004-2006 - AZIONE B13 - approvazione ai fini della consultazione e concertazione "linee guida per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici della toscana" - strumento di supporto alla promozione della ecoefficienza nella edilizia toscana

¹² Nato per iniziativa di Regione Piemonte, Città di Torino e Unione Europea, Environment Park rappresenta un'esperienza originale nel panorama dei Parchi Scientifici e Tecnologici in Europa per aver saputo coniugare innovazione tecnologica ed eco efficienza, accogliendo al suo interno aziende specializzate ed Enti di ricerca in questi due settori in forte crescita. Uno dei settori di punta delle attività del Parco è il trasferimento, nei confronti delle piccole e medie imprese della regione, di soluzioni avanzate e tecnologie innovative, unito alla diffusione delle best practices più significative nell'ICT e nell'ambiente, attraverso progetti speciali, attività di formazione specifica e l'organizzazione di eventi a tema. Cfr. www.envipark.com

¹³ Il progetto ha come obiettivo quello di introdurre il tema energetico fra le variabili critiche che devono orientare le scelte della pianificazione, utilizzando il PTCP di Modena come caso studio. Tra le diverse tematiche da trattare è prevista anche una ricostruzione del **quadro conoscitivo energetico** del territorio provinciale sia dal lato della domanda, sia dal lato dell'offerta energetica esistente e prevista, predisponendo degli opportuni indicatori descrittivi.

¹⁴ Con questo progetto, sull'esempio della classificazione degli elettrodomestici, è stato applicato il metodo delle lettere e dei colori per indicare i bilanci energetici delle abitazioni (ad esempio, A-colore verde, per le case con consumi inferiori ai 30 kWh/mq/anno). Un documento di identità con tutte le informazioni energetiche necessarie all'inquilino, utili anche per individuare i punti critici

- **Decreto Legislativo** recante attuazione della direttiva **2002/91/CE** del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa al rendimento energetico nell'edilizia;¹⁵

L'individuazione delle componenti (parametri) identificative l'edificio in bioedilizia (sostenibile) e dei rispettivi valori qualitativi e quantitativi, ha avuto come riferimento principale la normativa della Regione Emilia Romagna, e in particolar modo i Requisiti Volontari. In alcuni casi, dove tali indicazioni sono risultate superate dall'entrata in vigore di recenti normative si è fatto riferimento ai nuovi parametri.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi al risparmio energetico, il riferimento è al D.Lgs 19 agosto 2005, n° 192 "Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia". Sono stati così individuati come indicatori di prestazione energetica degli edifici le **trasmissioni**¹⁶, i **rendimenti**, ed infine la possibilità di installare **pannelli solari**.

dell'abitazione nel caso di ulteriori interventi di miglioramento dei consumi. Il comune di Bolzano è il primo in Italia ad aver introdotto l'obbligo della certificazione (volontaria nel resto della Provincia) ed ha anche prescritto lo standard energetico per tutto il territorio, cioè almeno lo standard C (inferiore a 70 kWh/m2/anno).

¹⁵ Secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo del 19 agosto 2005, n° 192 " Attuazione della Direttiva europea 2002/91/CE, sono soggetti ai limiti espressi dalla stessa in termini di consumi energetici, tutti gli edifici di nuova costruzione e quelli esistenti in caso di ristrutturazione. Il decreto stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

Il decreto disciplina in particolare:

- 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;
- le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;
- 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

Fatta questa premessa, viene precisato che in attesa dell'entrata in vigore del nuovo decreto, tali questioni restano disciplinate dalla legge 10 del 9 gennaio 1991, che prevede il rispetto di un fabbisogno di energia primaria limite per gli edifici di nuova costruzione, espresso in kWh/mq anno. In alternativa, si può evitare il calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'edificio garantendo il rispetto dei valori limite di trasmittanza previsti per le diverse strutture edilizie e il rispetto stesso dei kWh/mq anno consumati dall'edificio, consentendo una rilevante riduzione dei calcoli.

Garantire tali valori di trasmittanza non può prescindere dall'utilizzo di opportuni strati di materiale isolante, così come il rispetto dei limiti sul fabbisogno di energia primaria. Questi si sono rivelati troppo permissivi, incapaci di promuovere un corretto isolamento e contenimento dei consumi così come è richiesto oggi giorno dalle problematiche ambientali.

¹⁶ I limiti imposti dalla bozza di recepimento sono i seguenti:

Trasmittanze

Pareti esterne			Strutture orizz. verso esterno			Superfici vetrate		
Zona climatica	Dal 1° gennaio 2006 U (W/m2K)	Dal 1° Gennaio 2009 U (W/m2K)	Zona climatica	Dal 1° gennaio 2006 U (W/m2K)	Dal 1° Gennaio 2009 U (W/m2K)	Zona climatica	Dal 1° gennaio 2006 U (W/m2K)	Dal 1° Gennaio 2009 U (W/m2K)
A	0,85	0,72	A	0,70	0,63	A	5,5	5,0
B	0,64	0,54	B	0,60	0,51	B	4,0	3,6
C	0,57	0,46	C	0,55	0,44	C	3,3	3,0
D	0,50	0,4	D	0,46	0,37	D	3,1	2,8
E	0,46	0,37	E	0,43	0,34	E	2,8	2,5
F	0,44	0,35	F	0,41	0,33	F	2,4	2,2

1.2 Schede prestazionali dell'edificio in bioedilizia

Analizzando e sintetizzando tali esperienze, unitamente alla ricerche scientifiche di diverse discipline sulla sostenibilità edilizia, si è quindi proceduto all'individuazione di un quadro sintetico di **classi di esigenze** che consentono di definire i **parametri prestazionali** di un edificio bioedile.

Tali parametri costituiscono, nel loro insieme, una sorta di abaco delle strategie progettuali da mettere in atto per rendere l'intervento edilizio sostenibile, nonché delle tecnologie cui si può fare riferimento per rendere tali strategie concretamente attuabili.

Le **classi di esigenze** sono state suddivise in aree tematiche e riguardano:

- A) **COMFORT TERMICO**
- B) **COMFORT ACUSTICO**
- C) **RISPARMIO ENERGETICO**
- D) **RISPARMIO DELLA RISORSA IDRICA**
- E) **UTILIZZO MATERIALI BIOEDILI**

Ciascuna classe di esigenze comprende più parametri prestazionali qualitativi e/o quantitativi. Per ognuno di essi è stata elaborata una scheda sintetica che contiene:

Obiettivo

L'obiettivo rappresenta il traguardo da raggiungere per rendere l'intervento edilizio sostenibile.

Requisito qualitativo

Il requisito qualitativo è un requisito che concerne le scelte progettuali e non è verificabile mediante parametri quantitativi; in sede di progetto il suo soddisfacimento viene verificato analizzando le scelte progettuali e riconoscendo in esse elementi finalizzati al raggiungimento dell'obiettivo dichiarato.

Requisito quantitativo

Il requisito quantitativo è un requisito che concerne le scelte progettuali ed è verificabile mediante parametri quantitativi; il suo soddisfacimento viene verificato acquisendo gli esiti numerici delle valutazioni quantitative di progetto attraverso l'utilizzo di strumenti di valutazione comunemente riconosciuti.

Rendimenti

$$\eta_g = (75 + 3 \times \log P_n)$$

Solare termico

In base alla disponibilità di spazio sulla copertura dell'edificio, si è ipotizzata l'installazione di un impianto solare termico a pannelli sottovuoto, in grado di garantire una copertura del 50-60% del fabbisogno annuale di acqua calda sanitaria.

Strategie e tecnologie utilizzabili

Le strategie e tecnologie di riferimento sono quelle individuate dal progettista come appropriate ai fini del raggiungimento dell'obiettivo dichiarato.

I parametri prestazionali elaborati sono:

A. COMFORT TERMICO

- A.1 Controllo ed uso del soleggiamento (estivo ed invernale)
- A.2 Ombreggiamento
- A.3 Protezione dai venti invernali
- A.4 Ventilazione naturale

B. COMFORT ACUSTICO

- B.1 Protezione dal rumore esterno
- B.2 Protezione dal rumore interno

C. RISPARMIO ENERGETICO

- C.1 Trasmittanza
- C.2 Produzione acqua calda sanitaria
- C.3 Ottimizzazione del rendimento dell'impianto di riscaldamento

D. RISPARMIO RISORSA IDRICA

- D.1 Riduzione consumo acqua potabile
- D.2 Recupero acque meteoriche e acque grigie

E. UTILIZZO DI MATERIALI BIOEDILI

1.2 SCHEDE PRESTAZIONALI DELL'EDIFICIO IN BIO-EDILIZIA

A. COMFORT TERMICO

Scheda A.1 CONTROLLO ED USO DEL SOLEGGIAMENTO (ESTIVO ED INVERNALE)

OBIETTIVI	<ol style="list-style-type: none">1) Favorire la penetrazione della radiazione solare diretta nel periodo invernale negli ambienti ad utilizzo diurno, evitando che possa diventare causa di surriscaldamento nel periodo estivo;2) Ridurre il fabbisogno di riscaldamento ambientale, basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	Garantire una percentuale di superficie irraggiata direttamente dal sole - al 21/12, ore 12 (solari) - non inferiore ad 1/3 dell'area totale delle chiusure esterne verticali e un numero di ore medio di esposizione alla radiazione solare diretta - nel caso di cielo sereno - delle chiusure esterne trasparenti collocate sulla facciata SUD ($\pm 20^\circ$) non inferiore all'80% della durata del giorno, al 21/12 (calcolare alle ore 10.00 - 12.00 - 14.00).
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<ol style="list-style-type: none">1) Morfologia urbana ed edilizia, che garantisca il massimo accesso al sole (orientamento dell'organismo edilizio nel lotto);2) Posizione, dimensioni e caratteristiche degli aggetti esterni nell'edificio;3) Collocazione e scelta opportuna di essenze arboree;4) Sistemi solari passivi.

Scheda A.2 OMBREGGIAMENTO

OBIETTIVI	Ridurre l'apporto energetico della radiazione solare, quando le condizioni climatiche (periodo primaverile-estivo) possono indurre condizioni di surriscaldamento non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<ul style="list-style-type: none">• progettare le chiusure trasparenti in modo tale da controllare i flussi di radiazione solare che attraversano le chiusure stesse, compatibilmente con i requisiti d'illuminazione naturale;• ombreggiamento delle finestre e degli elementi trasparenti di spazi destinati ad attività principali maggiore o uguale a 80% calcolato il 25 luglio alle ore 11.00 - 13.00 15.00 - 17.00.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<ul style="list-style-type: none">▪ vetri con caratteristiche di controllo selettivo della radiazione solare (campo di lunghezze d'onda dell'infrarosso);▪ sistemi schermanti.

Scheda A.3 PROTEZIONE DAI VENTI INVERNALI

OBIETTIVI	Protezione dai venti invernali.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>Lo spazio esterno deve essere concepito e costruito in modo tale da consentire una efficace interazione con i flussi d'aria sia nella stagione estiva, sia in quella invernale.</p> <p>Pertanto, è richiesto che lo spazio fruibile venga protetto dai venti invernali senza tuttavia impedire la ventilazione naturale estiva.</p>
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	Elementi naturali/artificiali con funzione di barriera.

Scheda A.4 VENTILAZIONE NATURALE

OBIETTIVI	Utilizzare la risorsa determinata dal differenziale di temperatura dell'aria tra ambiente interno ed esterno dell'edificio (effetto camino), per la ventilazione naturale, al fine di garantire una soddisfacente qualità dell'aria senza ricorrere a sistemi meccanici alimentati da energia elettrica.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>Garantire i ricambi d'aria richiesti nelle zone residenziali, grazie alla ventilazione naturale, anche in assenza di vento, quando vi siano differenze di temperatura significative tra ambiente esterno ed interno tramite la collocazione di aperture ad altezze diverse, ubicate sulla stessa parete esterna o su pareti opposte.</p> <p>L'area netta delle chiusure esterne permeabili all'aria (finestre apribili o griglie di ventilazione), e la loro distanza verticale - sia se collocate sulla stessa parete esterna o su pareti opposte - devono essere tali da garantire una portata d'aria pari al requisito minimo richiesto per la qualità dell'aria (in relazione alla destinazione d'uso del vano e distribuito nelle 24 ore), alle seguenti differenze di temperatura tra esterno ed interno di progetto:</p> <p>20 °C - la temperatura esterna media dell'aria, nella stagione di riscaldamento;</p> <p>3 °C nel periodo estivo.</p>
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<p>Collocazione verticale ed area netta delle aperture, tali da ottimizzare la portata d'aria da ventilazione per effetto camino:</p> <ul style="list-style-type: none">- nel <i>periodo invernale</i>, prevedendo griglie di ventilazione, nelle parti inferiore e superiore delle finestre, con controllo automatico dell'apertura in funzione di parametri ambientali predefiniti (temperatura, umidità, CO₂);- nel <i>periodo estivo</i>, prevedendo torrini di ventilazione ad estrazione naturale, comunicanti, tramite griglie o condotti, con i vani da ventilare, collocati ad un livello inferiore.

B. COMFORT ACUSTICO

Scheda B.1 PROTEZIONE DAL RUMORE ESTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione negli ambienti interni dei rumori provenienti dall'ambiente esterno.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>Dovrà essere garantito il rispetto dei limiti di livello di rumore ambientale stabiliti dalla legge Quadro sull'inquinamento acustico in funzione del periodo (diurno e notturno) e della classe di destinazione d'uso.</p> <p>CFR: DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"; DPCM 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".</p> <p>Relativamente alla residenza l'isolamento acustico di facciata, espresso in dB, deve risultare non inferiore a 40 dB.</p>

**STRATEGIE E TECNOLOGIE
UTILIZZABILI**

Il rumore proveniente dall'esterno è generato principalmente dal traffico veicolare e dagli impianti.

Le strategie progettuali da applicare riguardano i seguenti aspetti:

- *posizionamento ed orientamento dell'edificio*: occorre posizionare, se possibile, l'edificio alla massima distanza dalla fonte di rumore e sfruttare l'effetto schermante di ostacoli naturali ed artificiali (rilievi del terreno, fasce di vegetazione, etc.);
 - *tendere alla massima riduzione del traffico veicolare all'interno dell'area*, con adozione di misure adeguate di mitigazione della velocità, disporre le aree parcheggio e le strade interne all'insediamento, in modo da minimizzare l'interazione con gli spazi esterni fruibili;
 - *distribuzione degli ambienti interni*: i locali che necessitano di maggiore quiete (es. camera da letto) dovranno essere preferibilmente situati lungo il lato dell'edificio meno esposto al rumore esterno;
 - *elementi involucro esterno*: dovranno essere utilizzati materiali naturali con elevato potere fonoassorbente. Per le pareti opache si consiglia di utilizzare pareti doppie con spessore differente ed all'interno materiale naturale fonoassorbente. Per i serramenti, generalmente l'elemento acustico più debole dell'involucro, si consiglia l'adozione di vetri stratificati o di vetrocamera con lastre di spessore differente e telai a bassa permeabilità all'aria.
-

Scheda B.2 PROTEZIONE DAL RUMORE INTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione del rumore tra unità abitative adiacenti o proveniente da altri locali interni all'edificio (vani tecnici ecc.).
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>Dovrà essere garantito il rispetto dei limiti di livello di rumore ambientale stabiliti dalla legge Quadro sull'inquinamento acustico in funzione del periodo (diurno e notturno) e della classe di destinazione d'uso.</p> <p>CFR: DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"; DPCM 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".</p> <p>Relativamente alla residenza l'isolamento fornito dalle partizioni interne fra unità immobiliari, espresso in dB, deve risultare non inferiore a 50, quello da calpestio 63, quello dai sistemi tecnici 35.</p>
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<p>A scala progettuale-distributiva e materiali:</p> <ul style="list-style-type: none">• una corretta distribuzione degli ambienti interni, che preveda la collocazione delle aree a maggiore protezione sonora (camere da letto, ecc.) il più lontano possibile dagli ambienti adiacenti più rumorosi e, quando necessario, il posizionamento delle aree critiche lungo le pareti di confine e disporre in adiacenza gli ambienti con la stessa destinazione d'uso e/o compatibile;• gli ambienti che ospitano i sistemi tecnici saranno collocati il più lontano possibile dalle aree sensibili e nel contempo fonoisolando adeguatamente;• anteporre del materiale elastico fra lo scarico e le strutture;• è opportuno adottare soluzioni ad elevato potere fonoisolante relative alle partizioni interne e/o fra unità abitative diverse (divisori monolitici di massa elevata, divisori multistrato con alternanza di strati massivi e di strati fonoassorbenti ecc.) e assemblare i divisori in modo tale da ridurre al minimo gli effetti di ponte acustico e di trasmissione sonora laterale.

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>Le dispersioni di calore attraverso l'involucro edilizio possono essere ridotte adottando componenti ad elevata resistenza termica.</p> <p>Nella scelta dei materiali e dei sistemi dovranno essere soddisfatti i seguenti valori di trasmittanza (indicatore di prestazione):</p> <p>parametri 2006</p> <p>Kpareti = 0,46 Kpavimenti est = 0,43 Kpavimenti garages = 0,34 Kcopertura = 0,43 Kfinestrature = 2,8</p> <p>e/o parametri 2009</p> <p>Kpareti = 0,37 Kpavimenti est = 0,34 Kpavimenti garages = 0,34 Kcopertura = 0,34 Kfinestrature = 2,5</p>

STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<p>Adottare componenti ad elevata resistenza termica</p> <p>Per quanto riguarda i componenti di involucro opachi:</p> <ul style="list-style-type: none">• Definire una strategia complessiva di isolamento termico (isolamento concentrato o ripartito, struttura leggera o pesante, facciata ventilata tradizionale, facciata ventilata “attiva”, ecc.);• Scegliere il materiale isolante e il relativo spessore, tenendo conto delle caratteristiche di conduttività termica, permeabilità al vapore, comportamento meccanico (resistenza e deformazione sotto carico), compatibilità ambientale (in termini di emissioni di prodotti volatili e fibre, possibilità di smaltimento, ecc.);• Verificare la possibilità di condensa interstiziale e posizionare se necessario una barriera al vapore. <p>Per quanto riguarda i componenti vetrati:</p> <ul style="list-style-type: none">• Non impiegare vetri semplici ma vetro camere se possibile basso-emissivi o speciali (con intercapedine d’aria multipla realizzata con pellicole, con intercapedine riempita con gas abbassa conduttività, con materiali isolanti trasparenti, ecc.);• Utilizzare telai con taglio termico;• Isolare termicamente il cassonetto porta-avvolgibile.
--	--

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	Produrre la più elevata percentuale possibile di acqua calda sanitaria (ACS) utilizzando fonti di energia rinnovabili o assimilate.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<p>Utilizzo di pannelli solari con i seguenti accorgimenti e caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none">• Pannelli ad alta efficienza (sotto vuoto);• Corretto orientamento dei pannelli ed inclinazione riferita alla latitudine del luogo. <p>Le fonti di energia/tipologie di impianto utilizzabili sono:</p> <ul style="list-style-type: none">• Impianti solari attivi ad acqua;• Impianti a pompa di calore;• Impianti di cogenerazione di piccola scala;• Collegamento a reti di teleriscaldamento servite da centrale cogenerativa;• Generatori di calore ad elevato rendimento ed impianti dotati di adeguato isolamento termico.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>Il rendimento ottimale dell'impianto va valutato caso per caso, tenendo sempre presente la combinazione delle sue quattro componenti:</p> <ul style="list-style-type: none">• rendimento di produzione;• rendimento di regolazione;• rendimento di emissione;• rendimento di distribuzione.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<p>Gli interventi possono riguardare i vari fattori che concorrono a determinare il valore del rendimento globale dell'impianto di riscaldamento, che è dato dal prodotto del rendimento dei quattro sottosistemi in cui può essere scomposto.</p> <ul style="list-style-type: none">• Produzione (η_p): installazione di caldaie ad alta efficienza (in particolare a condensazione);• Regolazione(η_r): installazione della sonda climatica esterna e termostati ambiente, o valvole termostatiche a seconda del tipo di terminali;• Emissione(η_e): utilizzo di pannelli radianti a pavimento oppure piastre radianti a bassa temperatura;• Distribuzione(η_d): ridurre al minimo le dispersioni termiche attraverso le tubazioni di distribuzione mediante corretta progettazione e coibentazione.

D. RISPARMIO RISORSA IDRICA

Scheda D.1 RIDUZIONE CONSUMO DI ACQUA POTABILE

OBIETTIVI	Ridurre il consumo di acqua potabile.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	Ridurre il consumo di acqua potabile negli edifici residenziali di almeno il 30% rispetto al consumo medio previsto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	Adozione sistemi e dispositivi di riduzione del consumo di acqua . Ad es. dispositivi frangi getto, cassette di scarico dei w.c. con dispositivi di erogazione differenziata, interruttori automatici, ecc.

Scheda D.2 RECUPERO ACQUE METEORICHE E ACQUE GRIGIE

OBIETTIVI	<p>Razionalizzare l'impiego delle risorse idriche favorendo il riutilizzo, sia ad uso pubblico che privato, delle acque meteoriche e delle acque grigie provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, lavatrici.</p> <p>Il loro riutilizzo potrà essere:</p> <ul style="list-style-type: none">- Esternamente agli alloggi<ul style="list-style-type: none">• annaffiatura delle aree verdi pubbliche o condominiali;• lavaggio delle aree pavimentate;• autolavaggi;• usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio.- Internamente agli alloggi<ul style="list-style-type: none">• alimentazione delle cassette di scarico dei W.C.;• distribuzione idrica per piani interrati;• usi tecnologici (ad es. sistemi di climatizzazione passiva/attiva).
------------------	--

REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>Captazione e filtraggio delle acque meteoriche e loro adduzione alla rete idrica dell'organismo edilizio; captazione ed accumulo delle acque grigie, pari ad almeno il 70%, delle acque provenienti dagli scarichi di lavabi, docce, ecc. e loro filtraggio a garantire caratteristiche igieniche che le rendano atte agli usi compatibili all'interno dell'edificio e/o delle pertinenze.</p>
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<p>Predisposizione di sistemi di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche, generalmente, e in sintesi, caratterizzato da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manto di copertura privo di sostanze nocive; • Collettori di raccolta e di scarico impermeabili, ecc; • Sistema di esclusione dell'acqua di prima pioggia, ecc; • Pozzetto ispezionabile con sistema di filtrazione, ecc; • Vasca di accumulo ispezionabile; • Sistema antisvuotamento, collegato alla rete idrica principale, ecc; • Valvole e conduttura di sfogo, ecc; • Pompe di adduzione; • Rete autonoma di adduzione, ecc. <p>Relativamente al sistema di recupero delle acque grigie, in sintesi è caratterizzato da:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rete di scarico separata a norma UNI; • Pozzetto ispezionabile con sistema di filtrazione meccanica, ecc; • Vasca di accumulo e di decantazione ispezionabile, ecc; • Sistema antisvuotamento, collegato alla rete idrica principale, ecc; • Valvole e conduttura di sfogo, ecc; • Pompe di adduzione dell'acqua, ecc; • Pozzetto di uscita dalla vasca ispezionabile, ecc; • Rete autonoma di adduzione, ecc.

E. MATERIALI BIOEDILI

Scheda E.1 UTILIZZO MATERIALI BIOEDILI

OBIETTIVI	Utilizzo di materiali strutturali e di finitura, a ridotto impatto ambientale, privi di sostanze nocive alla salute dei fruitori e dell'ambiente.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	<p>I materiali e i prodotti adatti ad un'edilizia secondo criteri di eco-sostenibilità devono possedere i seguenti requisiti:</p> <ul style="list-style-type: none">• Assenza di emissioni nocive;• Non essere derivati da sintesi chimica;• Essere rigenerabili e riciclabili;• Antistaticità e ridotta conducibilità elettrica;• Assenza di radioattività;• Possedere requisiti di traspirabilità ed igroscopicità elevati;• Provenienza da processi produttivi il più possibile esenti di nocività per i lavoratori e di ridotto impatto ambientale;• Stabilità (requisiti) nel tempo;• Elevata inerzia termica.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<ul style="list-style-type: none">• Utilizzo di materiali certificati e dotati di schede tecniche che comprendano l'elenco dettagliato di tutte le componenti (specifiche);• Analisi del ciclo di vita dei materiali;• Utilizzo di materiali locali in modo da ridurre l'impatto ambientale dei trasporti e promuovere la produzione locale di materiali bio-compatibili;• Utilizzo di materiali anche di recupero purchè con requisiti di biocompatibilità (inerti, legno, ferro, ecc).

2. RICERCHE RELATIVE AI COSTI DI COSTRUZIONE IN BIOEDILIZIA EFFETTUATE IN AMBITO NAZIONALE

2.1 RICOGNIZIONE DI CASI STUDIO SIGNIFICATIVI

Come anticipato nel paragrafo relativo alla metodologia di lavoro adottata, parallelamente alla valutazione comparativa dei casi studio in ambito provinciale, si è intrapreso un percorso di ricerca per verificare se fossero reperibili dati precisi (analitici) sui costi in bioedilizia, relativi ad interventi effettuati, in ambiti extra regionali.

Nonostante altre regioni italiane e/o altri comuni abbiano da tempo introdotto politiche e azioni volte alla diffusione di “*pratiche progettuali sostenibili*”, come ad esempio il caso del comune di Carugate, in provincia di Milano, con il nuovo Regolamento Edilizio¹⁷, ecc., non è stato facile trovare esperienze, dettagliatamente documentate, che abbiano affrontato l’analisi dei costi di edifici in bioedilizia, soprattutto in rapporto a quelli dell’edilizia corrente.

In particolare fra gli esempi più interessanti individuati si segnala: l’esperienza delle Cooperative “Bovisa 90” e “La casa ecologica” a Milano, effettuata ormai 13 anni fa, e infine quella, ancora in corso di realizzazione, di Vinovo, legata alle realizzazioni edilizie per Torino 2006.

2.1.1 L’ESPERIENZA DELLA BOVISA A MILANO

Questo primo caso analizzato, di comparazione dei costi in bioedilizia rispetto all’edilizia corrente, è stato effettuato negli anni Novanta a Milano, nel quartiere periferico della Bovisa¹⁸.

Si tratta di un intervento realizzato da una cooperativa di soci, la “Cooperativa Bovisa - La Casa Ecologica” (associata al Consorzio Cooperative Lavoratori Acli-Cisl), che, dopo aver acquistato nel luglio 1991, come “Cooperativa Bovisa ’90”, un’area industriale dismessa di circa 15.000 metri quadrati di superficie si è posta questo duplice obiettivo: per i soci della “Casa Ecologica” l’obiettivo consisteva nella realizzazione di un edificio con i criteri della bioarchitettura, mentre per i soci di “Bovisa 90” quello di realizzazione la stessa tipologia di edificio, ma con criteri dell’edilizia corrente¹⁹.

A seguito si riporta una scheda nella quale è rappresentato sinteticamente il raffronto fra le componenti adottate per ciascun edificio.

¹⁷ Vedi nota pg. 5

¹⁸ Cfr. R. Teneggi, *Bioarchitettura tra norma e progetto*, EDICOM edizioni, 2003, pg. 236-242

¹⁹ la trasformazione dell’area da industriale a residenziale prevedeva la costruzione di due edifici adiacenti, per un totale di circa 35.000 mc, con 53 alloggi per Casa Ecologica e 54 per Bovisa ’90. L’area di cessione a standard era di circa 10.000 mq

COMPONENTI PROGETTUALI SIGNIFICATIVE	LA CASA ECOLOGICA	BOVISA 90
Ubicazione ed orientamento	Edificio con orientamento Nord/Sud al fine di sfruttare l'apporto termico e migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio	Edificio con orientamento secondo l'asse eliotermico
Materiali costruttivi	Blocchi in laterizio e rivestimento in mattoni facciavista	Facciata ad est in mattoni facciavista, facciata ad ovest in blocchi di laterizio intonacato, caratterizzata dalla presenza di logge
Isolamenti termici ed acustici	Previsti nel rispetto del dettato normativo, sia per quanto riguarda il termico (con sughero) che per l'acustico	Isolamenti secondo il dettato normativo realizzati in polistirolo espanso
Pavimenti interni agli alloggi	In cotto e legno	Dato non disponibile
Serramenti esterni	In legno trattati con impregnanti naturali	Dato non disponibile
Riscaldamento	Centralizzato, con caldaia a condensazione e pannelli radianti a pavimento e contabilizzazione individuale dei consumi, inoltre predisposizione per installazione di un caminetto per ciascun alloggio	Autonomo
Impianto elettrico	Installazione disgiuntore di corrente per la zona notte	Tradizionale
Finiture	Uso di materiali naturali (collanti, vernici, intonaci, ecc) privi di sostanze tossiche	Dato non disponibile
Altro (fruibilità degli spazi comuni condominiali, ecc.)	Giardino condominiale piantumato, nella parte sud, con alberi da frutto (peschi, pruni, nespole, albicocchi) e da piante officinali (lavanda, rosmarino, salvia, maggiorana, timo) e, nella parte nord, con filare di carpini e da cespugli di camelie; · collocazione e conformazione del parco pubblico (area di cessione a standard - manutenzione in carico alla Cooperativa per 10 anni) di circa 10000 mq. nella parte sud/ovest dell'edificio che svolge un ruolo di mitigazione microclimatica durante la stagione calda; funzione ornamentale primaria svolta da un piccolo specchio d'acqua;	Dato non disponibile

Relativamente all'intervento Bovisa Casa Ecologica sono stati inoltre previsti locali per la raccolta e lo smaltimento differenziato dei rifiuti e la predisposizione per il cablaggio dell'edificio. Rispetto ai dati riportati in tabella, riferiti ai progetti originari, si vuole

sottolineare che in fase di costruzione, i soci di Bovisa 90 apportarono varie modifiche, recependo alcuni contenuti del progetto Casa Ecologica, in particolare : l'isolamento dei muri perimetrali, dei muri divisorii e dei pavimenti è stato realizzato in sughero, l'impianto di riscaldamento è centralizzato ma di tipo tradizionale con termosifoni e contabilizzazione individuale dei consumi; entrambe le facciate sono state realizzate in mattone facciavista. Se inizialmente la **differenza di costo** tra i due progetti era significativa, in seguito alle modifiche migliorative adottate per Bovisa 90, tale differenza si è ridotta a circa 25 euro al metro quadrato in più per Casa Ecologica. Relativamente ai benefici ottenuti a partire dal primo inverno, si è rilevato un **risparmio energetico** di circa il **25%** di Casa Ecologica rispetto a Bovisa 90; peraltro, l'impianto, non è ancora condotto in modo ottimale ed è in corso il monitoraggio da parte del Politecnico di Milano. Gli esiti di tale monitoraggio, coordinato dalla Prof.ssa Silvia Piardi²⁰, saranno oggetto di una pubblicazione ormai prossima alla stampa.

2.1.2 TORINO 2006: L'ESPERIENZA DI VINOVO

Questo secondo caso analizzato presenta indubbiamente contenuti di grande interesse inserendosi in un contesto di programma edificatorio particolare e assai differente dal precedente caso.

In occasione della candidatura della città di Torino ai Giochi Olimpici Invernali "Torino 2006", L'ATC (Azienda Territoriale per la casa della Provincia di Torino ex IACP) ha espresso la volontà di mettere a disposizione le proprie capacità progettuali ed imprenditoriali per la realizzazione degli interventi edilizi previsti nel villaggio olimpico e per la trasformazione e gestione, al termine dei giochi, degli edifici residenziali del villaggio e dell'insediamento ricettivo per la stampa e gli addetti alla comunicazione, mettendo a disposizione nel contempo un contributo a favore della "Associazione Torino 2006".

L'impostazione progettuale del futuro villaggio, ha posto l'attenzione sulla flessibilità della distribuzione interna degli edifici, ovvero sulla possibilità di trasformare, con estrema facilità, gli oltre 40.000 mq di superficie destinata a strutture ricettive per atleti con servizi annessi, in parte a Residenza Universitaria (come villaggio per studenti), in parte in alloggi A.T.C.(Azienda Territoriale per la Casa della Provincia di Torino) per le esigenze di Edilizia Residenziale Pubblica e infine in unità abitative destinate al libero mercato.

L'intervento analizzato, denominato "**Modello Torino 2006**", consiste in due edifici identici per volumetria e distribuzione, dei quali uno sarà realizzato con elementi tradizionali propri

²⁰ Architetto, docente di Tecnologia dell'Architettura al Politecnico di Milano, si occupa di progetto, tecniche e ambiente. Tra le pubblicazioni: La qualità ambientale degli edifici, con D.Faconti, Maggioli, Rimini, 1998; Edilizia sostenibile (a cura di, con G.Scudo), Esse Libri, Napoli, 2002. è direttore del Master MYD, Yacht Design.

dell'edilizia corrente, l'altro con materiali e tecniche costruttive bioecologiche, al fine di confrontarne i costi di costruzione, il comfort ambientale ed il risparmio energetico.

Gli edifici sono in fase di costruzione, pertanto i costi definitivi non sono ancora del tutto disponibili.

A seguito si riporta una scheda nella quale è rappresentato sinteticamente il raffronto fra le componenti adottate per ciascun edificio:

COMPONENTI PROGETTUALI SIGNIFICATIVE	EDIFICIO IN BIOEDILIZIA	EDIFICIO TRADIZIONALE
Caratteristiche bioclimatiche	Edificio con orientamento asse Est-Ovest. Presenza di serre solari	Edificio con orientamento asse Est-Ovest
Materiali costruttivi	Blocchi in laterizio ecologico porizzato con farina di legno ed intonaco di calce e tetto verde	Struttura in cemento armato
Impianti	Pannelli radianti a pavimento, pannelli solari per acqua calda sanitaria, sistema di ventilazione. Sistema di gestione dell'energia (EMS) per verificare i consumi. Raccolta acqua piovana	Dato non disponibile
Impianto elettrico	Pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica	Dato non disponibile

Relativamente all'intervento in bioedilizia anche la progettazione degli spazi di relazione esterni prevede grande attenzione all'orientamento e alle sistemazione dei percorsi, così da favorire l'ottimizzazione del microclima e della vivibilità dell'insediamento. Il costo complessivo medio preventivato dell'edificio in bioedilizia rispetto a quello in edilizia tradizionale è risultato superiore di circa il 13%, dovuto principalmente agli impianti tecnologici che nell'edificio in bioedilizia sono caratterizzati da un sovracosto di circa il 60% in più rispetto all'edificio tradizionale, a fronte però di un costo di gestione nettamente inferiore rispetto all'edificio tradizionale. Si può quindi ritenere che il maggior investimento potrà essere recuperato in un periodo di tempo ragionevole.

2.2 SCHEDE DI ANALISI RELATIVE AI CASI STUDIO SIGNIFICATIVI

2.2.1 EDIFICIO DI BOVISA

DENOMINAZIONE	Casa Ecologica - Bovisa 90 (1991-99) (dati per gentile concessione della Coop. La casa ecologica di Milano)
LOCALIZZAZIONE	Milano - Quartiere Bovisa
DATI DIMENSIONALI	La Casa Ecologica è un edificio di circa 17.200 mc per un totale di 53 alloggi disposti su sei piani.
ORIENTAMENTO	L'orientamento è secondo l'asse est-ovest, utilizzando così l'energia solare e l'illuminazione naturale dell'esposizione a sud.
MATERIALI	Strutture Blocchi in laterizio porizzato ecologico e rivestimento in mattoni facciavista. Serramenti esterni In legno certificato FSC. Isolamenti Isolamento in pannelli di sughero su tutte le murature perimetrali esterne, su quelle divisorie e nei pavimenti. Finiture Intonaci traspiranti in grassello di calce, privi di cemento; tinteggi, colle e vernici atossiche, prodotte con componenti naturali.
IMPIANTI	Impianti meccanici Impianto di riscaldamento centralizzato con caldaia a condensazione e pannelli radianti a bassa temperatura a controllo individualizzato e contabilizzazione computerizzata dei consumi di ciascun utente. Impianti elettrici Installazione di disgiuntore di corrente per la protezione dai campi elettromagnetici inserito a monte dell'impianto elettrico funzionante nella zona notte.
NOTE	Realizzato da cooperativa di soci con l'obiettivo di costruire degli alloggi che rispondessero ai “criteri della bioedilizia, del vivere sano in un ambiente bello e confortevole, a prezzi di oltre 1/3 inferiori a quelli di mercato” . Nell'atto costitutivo si stabilì che un edificio, per essere <i>ecologico</i> , dovesse rispondere ai seguenti requisiti: <ul style="list-style-type: none">- Essere esteticamente gradevole e ben inserito nel contesto urbanistico del quartiere e della città;- Essere costruito senza distruggere aree verdi;

	<ul style="list-style-type: none"> - Garantire la salubrità degli ambienti e il benessere agli abitanti; - Limitare il più possibile l'impatto ambientale per tutto il suo ciclo di vita e quello dei materiali impiegati; - Utilizzare risorse naturali riproducibili e riciclabili; - Minimizzare l'impiego di risorse scarse o inquinanti; - consentire una buona socialità tra gli abitanti. <p>I 53 appartamenti sono stati consegnati dopo dieci anni di iter burocratici: la prima Casa Ecologica di Milano - la più importante in Italia per dimensione (17.850 mq per una superficie lorda di 5.410 mq) è abitata da alcuni anni.</p>
COSTI	<p>Il costo di costruzione è valutato in € 821,50 al mq (1991-99).</p> <p>Nonostante il valore della sperimentazione, i costi sono stati interamente sostenuti dai soci, senza ricevere alcun finanziamento o contributo pubblico.</p> <p>Secondo uno studio effettuato dal Politecnico di Milano, il risparmio energetico tra l'edificio in bioedilizia e quello di edilizia corrente (Bovisa 90), è di circa il 30%.</p>

2.2.2 EDIFICIO DI VINOVO

DENOMINAZIONE	<p>Progetto sperimentale di nuova costruzione in Vinovo denominato "Modello Torino2006", per la realizzazione di n. 40 alloggi di E.R.P.</p> <p>(dati su gentile concessione di TOROC)</p>
LOCALIZZAZIONE	Vinovo (TO)
DATI DIMENSIONALI	<p>La proposta progettuale prevede la realizzazione di due edifici gemelli a 2 piani f.t., comprendenti 40 unità abitative, box auto e relative pertinenze.</p> <p>Gli edifici sono composti da 5 blocchi di 4 alloggi ciascuno, serviti da corpi scala indipendenti, con 2 alloggi per piano di diversa superficie (dai 42 ai 68 mq).</p>



<p>ORIENTAMENTO</p>	<p>Gli edifici sono orientati secondo l'asse est-ovest. Internamente le zone giorno (pranzo e cucina) sono a sud, mentre le camere da letto, i bagni e i vani scala sono nord.</p> <p>I balconi posizionati a sud funzioneranno, nell'edificio in bioedilizia, come delle serre solari.</p>
<p>MATERIALI</p>	<p>Strutture</p> <p>Le caratteristiche e l'obiettivo del progetto hanno portato a prevedere diverse tipologie strutturali:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muratura portante in laterizio per la porzione fuori terra del blocco di dodici alloggi dell'edificio "bioedile"; - Intelaiata in c.a. gettato in opera ma con materiali di base bio-edili certificati (cemento, laterizi), per la porzione fuori terra del restante blocco di otto alloggi dell'edificio bio-edile (I cementi bioedili sono a base di calce e tufo pozzolanico - clinker di cemento portland e sabbia metallurgica); - Intelaiatura in c.a. gettata in opera secondo la tecnologia corrente, per tutta la piastra parcheggio (fondazioni, muri controterra, pilastri/setti e solaio del P.T.) e per i venti alloggi realizzati con tecniche tradizionali. <p>La copertura sarà costituita da un tetto verde, per ridurre l'impatto dell'edificio sull'ecologia del sito e garantire un più elevato livello di comfort termico sia nel periodo invernale che estivo.</p> <p>Serramenti esterni</p> <p>In legno con doppi vetri e/o basso-emissivi e materiali di finitura di origine naturale e privi di emissioni nocive.</p> <p>Isolamenti</p> <p>Sono stati previsti materiali certificati eco-compatibili caratterizzati da bassa conducibilità e trasmittanza termica globale assai inferiore agli standard della pratica edilizia tradizionale nel nord d'Italia.</p>

	<p>Aree esterne</p> <p>I percorsi veicolari interni sono caratterizzati da griglie in HDPE, quelli pedonali da blocchetti di legno. (è stato evitato l'uso di asfalto).</p> <p>Le alberature a foglia caduca sono state collocate in modo da poter ombreggiare gli edifici durante l'estate, consentendo il soleggiamento delle facciate nel periodo invernale, sfruttando così l'energia termica del sole.</p>
<p>IMPIANTI</p>	<p>Impianti meccanici</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riscaldamento con pannelli radianti a pavimento con circolazione di acqua a bassa temperatura, con caldaia a condensazione, sistema di contabilizzazione del calore in ogni alloggio; ▪ Pannelli solari per l'acqua calda sanitaria; ▪ Impianto di ventilazione meccanica a risparmio energetico ed alto comfort ambientale, caratterizzato da un sistema di recupero del calore a "flussi incrociati" ad alta efficienza (fino a 80%); ▪ Sistema di preriscaldamento dell'aria di ventilazione mediante sistema solare passivo (serre solari sulla facciata sud); ▪ Raccolta dell'acqua piovana in apposito serbatoio e suo riutilizzo per irrigare le aree verdi e per alimentare gli sciacquoni dei bagni. <p>Impianti elettrici</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica; ▪ Sistema di gestione dell'energia con l'obiettivo di verificare l'efficienza energetica dell'edificio prototipo e la convenienza tecnico-economica delle tecnologie introdotte. <p>Funzioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Controllo a distanza o in loco del funzionamento degli impianti; ▪ Monitoraggio delle prestazioni energetiche dell'edificio; ▪ Gestione dei consumi energetici; ▪ Fornitura dati per confronto tra le prestazioni dei due edifici dal punto di vista energetico e del comfort ambientale.

3. VERIFICA DEI COSTI EFFETTUATA SU EDIFICI REALIZZATI NELLA PROVINCIA DI MODENA

3.1 Edifici analizzati: caratteristiche generali

Come accennato in premessa l'analisi è stata effettuata su edifici a destinazione residenziale realizzati in aree PEEP della Provincia di Modena, il cui costo di costruzione base poteva definirsi certo fin dalla fase di appalto.

Gli edifici che costituiscono le due coppie di analisi, sono stati appaltati fra il 2002 ed il 2004, sono per lo più ultimati o in corso di ultimazione.

Presentano caratteristiche simili per quanto riguarda l'assetto fisico-morfologico e tipologia edilizia in linea (semplice o articolata), con massimo cinque piani fuori terra.

In particolare:

COPPIA 1 - Analisi energetica : gli edifici che costituiscono questa prima coppia sono stati analizzati specificatamente sotto il profilo energetico.

- **Edificio A**, esempio di *edilizia corrente* che rispetta i requisiti previsti dalla L. 10/91, senza alcun accorgimento per la riduzione della domanda di energia; è costituito da 27 unità abitative disposte su 4-5 piani, per un volume complessivo netto riscaldato di 4803 mc ed una superficie commerciale di 2570 mq.
- **Edificio B**, anch'esso di *edilizia corrente* ma contiene alcune soluzioni di risparmio energetico per la parte impiantistica e una porzione di tetto verde, è costituito da 32 alloggi disposti su 4 piani, per un volume complessivo netto riscaldato di 6778 mc. ed una superficie commerciale di 4010 mq.

Entrambi gli edifici presentano un piano interrato ad autorimesse.

COPPIA 2 - Analisi energetica e requisiti di bioedilizia: gli edifici che costituiscono questa seconda coppia sono stati analizzati sia sotto il profilo energetico che per le caratteristiche di bioedilizia.

- **Edificio C**, esempio di intervento residenziale in bioedilizia in area peep; è costituito da 11 unità abitative disposte su 4 piani, per un volume complessivo netto riscaldato di 3427 mc. ed una superficie commerciale di 1293 mq.
- **Edificio D** di tipo corrente rispetta i requisiti previsti dalla L. 10/91, costituito da 15 unità abitative disposte su 3 piani, per un volume complessivo netto riscaldato di 2551,7 mc. ed una superficie commerciale di 1619 mq.

Solo l'edificio C presenta un piano interrato ad autorimesse.

Ogni edificio è stato analizzato attraverso la compilazione delle seguenti schede:

- **Scheda di descrizione dell'intervento**

Analogamente a quanto effettuato per i casi studio di Bovisa e di Vinovo, è stata realizzata per ogni edificio una scheda di descrizione generale che consenta di comprenderne le caratteristiche salienti, quali l'orientamento, i dati dimensionali, i materiali e le tecnologie costruttive.

- **Scheda di analisi delle classi di esigenze/parametri prestazionali raggiunti**

Questa analisi è stata condotta utilizzando le schede prestazionali redatte per la definizione del modello teorico (cfr. # 1.2), inserendo caso per caso i dati riferiti al requisito specifico o rilevandone il non soddisfacimento, in tal modo si è potuto ottenere una immediata comparabilità con il modello teorico dell'edificio in bioedilizia e/o più efficiente sul piano energetico.

- **Scheda degli interventi migliorativi**

Sulla base degli esiti delle analisi compiute nel modo sopra descritto, ricorrendo ancora una volta alle schede prestazionali tipo, sono stati definiti gli interventi migliorativi in grado di soddisfare il requisito ottimale (modello di riferimento) e *avvicinare* il caso reale al modello ideale. Gli "interventi di miglioramento" ipotizzati erano mirati, nel caso della coppia 1 a parametri prettamente energetici, mentre nel caso della coppia 2 anche ad altre classi di esigenze.

- **Scheda costi di costruzione**

Ultimate le analisi sopra descritte, è stato quantificato il maggior costo (riferito al costo unitario di costruzione) di ciascun edificio, derivato dagli interventi di miglioramento ipotizzati, e rapportato a ciascun costo di costruzione reale.²¹

- **Scheda di individuazione dell'ammortamento**

Questa scheda riguarda unicamente una serie di dati riferiti al consumo di energia primaria al mq. oltre alle previsioni nel tempo dei consumi di energia, relativi alle diverse soluzioni (tipo di caldaia, tipo di impianto, ecc.) da quelle in essere a quelle previste nelle schede di miglioramento.

In particolare, dal punto di vista energetico, per ciascun edificio sono stati calcolati i seguenti indicatori/valori:

- Consumo totale annuo e per mq. di edificio, espresso in kWh/mq;
- Previsioni di consumo di energia e relative emissioni di CO₂ eq. valutate per un arco temporale di 10 anni;

²¹ Sono da intendersi costi dei soli edifici base con esclusione delle aree esterne e delle relative reti impiantistiche, interrato o aeree, delle recinzioni, degli allacciamenti, etc.)

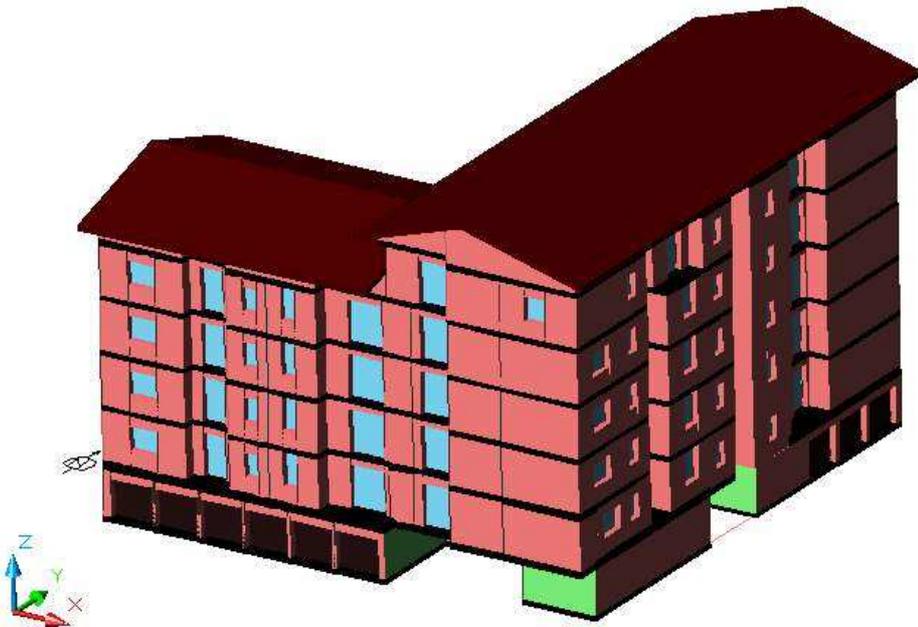
- Strategie e tecnologie migliorative da integrare nell'edificio per il raggiungimento dei requisiti minimi di sostenibilità energetica;
- Costi aggiuntivi da attribuire ai miglioramenti energetici apportati all'edificio calcolati unicamente sul miglioramento dei valori di trasmittanza al fine di rendere le strutture conformi a quanto richiesto dal nuovo DLgs 19 agosto 2005, n°192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al contenimento energetico nell'edilizia" (caso A) e ai valori che entreranno in vigore a partire dal 2009 (caso B); pertanto non sono stati quantificati gli eventuali maggiori costi determinati da diverse soluzioni di riscaldamento o da diverse tipologie di caldaie, considerato inoltre che operare sull'involucro può condurre a risparmiare fino al 60% dei consumi energetici;
- Classificazione energetica degli edifici sulla base di un benchmark implementato dall'Agenzia per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile della Provincia di Modena, mediante simulazioni al calcolatore, riportato nella tabella sottostante.

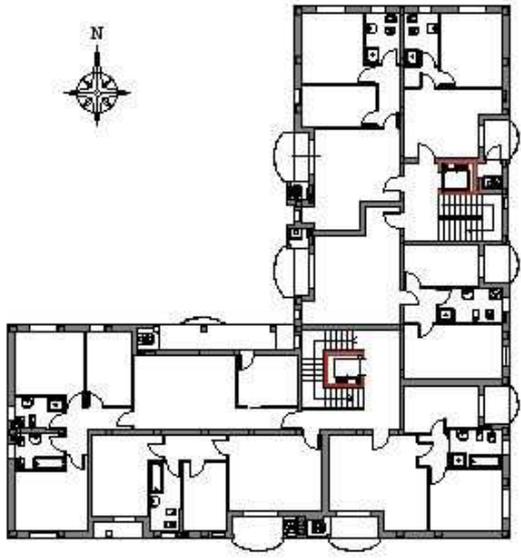
CERTIFICAZIONE ENERGETICA	A	B	C	D	E	F
EDIFICI RESIDENZIALI(kWh/mqa)	<60	60-90	90-130	130-160	160-195	>195

Si vuole sottolineare che nel pieno rispetto della scientificità del lavoro di ricerca, l'analisi energetica è stata condotta mediante la modellizzazione al calcolatore dei quattro edifici, utilizzando di un software commerciale, basato sulle disposizioni della legge 10 del 1991. Partendo da questi modelli base, sono state valutate le modifiche necessarie da proporre, al fine di incrementare le prestazioni energetiche di ciascun edificio sempre attraverso la simulazione al calcolatore.

3.2.1 EDIFICIO A

3.2.1.A SCHEDA DI DESCRIZIONE

DENOMINAZIONE	EDIFICIO A (anno di appalto 2002)
LOCALIZZAZIONE	Ubicato in Area Peep è concepito per una zona di fascia climatica E con GG pari a 2250 e temperatura minima di progetto di -5°C.
DATI DIMENSIONALI	<p>L'edificio è costituito da 27 unità abitative disposte su 4/5 piani, per una superficie utile totale di 1777,4 mq e un volume complessivo netto riscaldato di 4803 mc. Presenta un piano interrato ad autorimesse sotto la proiezione dell'edificio fuori terra; anche il piano terra è utilizzato ad autorimesse.</p> 

<p>ORIENTAMENTO</p>	<p>E' caratterizzato una conformazione ad L con una disposizione simmetrica delle superfici vetrate che non consente di massimizzare lo sfruttamento degli apporti energetici gratuiti del sole durante il periodo invernale. La parete esterna esposta verso sud è pari al 22,8%, 360,6 mq su 1581 mq complessivi) rispetto al totale, mentre la superficie vetrata esposta verso sud rappresenta il 24,04% (77,1 mq su 320,6 mq complessivi) rispetto alle superfici vetrate totali.</p> 
<p>MATERIALI</p>	<p>Strutture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilastri in c.a e muratura di tamponamento in laterizio (a seguito indicata); • Muratura esterna in laterizio faccia vista (spessore totale cm 37) composta da: mattoni bastonetti sabbiati multifori (s= cm 12), blocchi in termolaterizio tipo poroton (s= cm 25); • Muratura esterna (logge e balconi) in laterizio intonacato (spessore totale cm 37) composta da: mattoni laterizi tipo “doppi Uni” (s= cm 12), blocchi in termolaterizio tipo poroton (s= cm 25). <p>Isolamenti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lana minerale e pannelli rigidi in poliuretano. <p>Serramenti esterni</p> <ul style="list-style-type: none"> • In legno con vetro doppio a camera (s= mm 17). <p>Finiture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intonaci interni: cementizi del tipo premiscelato; • Intonaci esterni a base cementizia addittivati con componenti chimiche; • Tinteggi esterni ai silicati; • Tinteggi interni a tempera.
<p>IMPIANTI</p>	<p>Impianti meccanici</p> <p>Impianti termici autonomi alimentati da caldaie murali con bollitore ad</p>

	<p>accumulo a tiraggio naturale/forzato per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, i corpi scaldanti sono in ghisa a piastre, ed il sistema di distribuzione tipo modul. I singoli appartamenti sono inoltre dotati di termoregolazione rappresentata da cronotermostato ambiente agente direttamente sulla caldaia e valvole termostatiche sui singoli corpi scaldanti.</p> <p>Impianti elettrici</p> <p>Tipici dell'edilizia corrente.</p>
NOTE	<p>Le autorimesse sono ubicate in parte nel piano interrato e in parte a piano terra.</p>

3.2.1.B SCHEDE DI ANALISI DELLE CLASSI DI ESIGENZE

A. COMFORT TERMICO

Scheda A.1 CONTROLLO ED USO DEL SOLEGGIAMENTO (ESTIVO E INVERNALE)

OBIETTIVI	<p>1) Favorire la penetrazione della radiazione solare diretta nel periodo invernale negli ambienti ad utilizzo diurno, evitando che possa diventare causa di surriscaldamento nel periodo estivo;</p> <p>2) Ridurre il fabbisogno di riscaldamento ambientale, basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.</p>
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	<p>1) Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito;</p> <p>2) Requisito non soddisfatto.</p>
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.2 OMBREGGIAMENTO

OBIETTIVI	Ridurre l'apporto energetico della radiazione solare, quando le condizioni climatiche (periodo primaverile-estivo) possono indurre condizioni di surriscaldamento non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.3 PROTEZIONE DAI VENTI INVERNALI

OBIETTIVI	Protezione dai venti invernali.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito pur considerando la scarsa presenza di vento caratterizzante il sito.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.4 VENTILAZIONE NATURALE

OBIETTIVI	Utilizzare la risorsa determinata dal differenziale di temperatura dell'aria tra ambiente interno ed esterno di unedificio (effetto camino), per la ventilazione naturale, al fine di garantire una soddisfacente qualità dell'aria senza ricorrere a sistemi meccanici alimentati da energia elettrica.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto limitatamente al doppio affacciamento (riscontro) degli alloggi, mentre non e' previsto alcun accorgimento (camini, ecc.) per la fuoriuscita dell'aria calda e il richiamo di quella fresca.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

B. COMFORT ACUSTICO

Scheda B.1 PROTEZIONE DAL RUMORE ESTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione negli ambienti interni dei rumori provenienti dall'ambiente esterno.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Si presuppone soddisfatto in quanto requisito prescritto dalla normativa vigente.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	(vedi sopra)

Scheda B.2 PROTEZIONE DAL RUMORE INTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione del rumore tra unità abitative adiacenti o proveniente da altri locali interni all'edificio (vani tecnici, ecc.).
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Si presuppone soddisfatto in quanto requisito prescritto dalla normativa vigente.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<ul style="list-style-type: none">• I vani adiacenti fra alloggi diversi sono tendenzialmente di tipo omogeneo;• Le pareti a confine fra alloggi diversi sono costituite da una coppia di tramezze in laterizio (s= cm 8+8) e da interposto pannello fonoisolante in gomma ad alta densità, fibra poliestere termolegata e agglomerato poliuretano a cellule aperte.

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	<ol style="list-style-type: none">1) $K_{pareti} = 0,85$2) $K_{pavimenti\ est} = 0,63$3) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$4) $K_{copertura} = 0,44$5) $K_{finestre} = 2,9$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	I valori di legge vigente sono stati soddisfatti utilizzando, oltre agli elementi in laterizio, i seguenti materiali isolanti: <ol style="list-style-type: none">2) 3 cm di polistirene ($\lambda=0,041$)3) 3 cm di poliuretano esp. ($\lambda=0,032$)4) 8 cm feltro con lana di vetro ($\lambda=0,046$)5) vetri camera 4/9/4

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	1) $\eta_p = 0,813$ 2) $\eta_g = 0,738$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	1) caldaie autonome con accumulo; 2) cronotermostato ambiente + valvole termostatiche

D. RISPARMIO RISORSA IDRICA

Scheda D.1 RIDUZIONE CONSUMO DI ACQUA POTABILE

OBIETTIVI	Ridurre il consumo di acqua potabile.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

Scheda D.2 RECUPERO ACQUE METEORICHE E ACQUE GRIGIE

OBIETTIVI	<p>Razionalizzare l'impiego delle risorse idriche favorendo il riutilizzo, sia ad uso pubblico che privato, delle acque meteoriche e delle acque grigie provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, lavatrici.</p> <p>Il loro riutilizzo potrà essere:</p> <p>A) Esternamente</p> <ul style="list-style-type: none">• annaffiatura delle aree verdi pubbliche o condominiali;• lavaggio delle aree pavimentate;• autolavaggi;• usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio. <p>B) Internamente agli alloggi</p> <ul style="list-style-type: none">• alimentazione delle cassette di scarico dei W.C.;• distribuzione idrica per piani interrati;• usi tecnologici relativi (ad es. sistemi di climatizzazione passiva/attiva).
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

E. MATERIALI BIOEDILI

Scheda E.1 UTILIZZO MATERIALI BIOEDILI

OBIETTIVI	Utilizzo di materiali strutturali e di finitura, a ridotto impatto ambientale, privi di sostanze nocive alla salute dei fruitori e dell'ambiente.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

3.2.1.C SCHEDE DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Relativamente all'edificio A e, come vedremo a seguito, per l'edificio B (COPPIA 1), l'analisi condotta riguardava nello specifico le componenti energetiche, pertanto gli interventi migliorativi proposti sono relativi unicamente ai requisiti energetici. Sono state riportate solo le schede di analisi C.1- Trasmittanza, C.2 Produzione Acqua calda sanitaria e C.3 Ottimizzazione rendimento impianto di riscaldamento. In particolare la scheda C.1 - Trasmittanza, è stata analizzata alla luce sia dei parametri indicati dal D.Lgs 19 agosto 2005 n° 192 (caso A), che dei parametri previsti dal 2009 (caso B) e unicamente in relazione a questa componente energetica è stato valutato il maggior costo (cfr. 3.2.1 D etc.), al fine di un reale confronto.

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO A

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	(parametri 2006) 1) $K_{pareti} = 0,46$ 2) $K_{pavimenti\ est} = 0,43$ 3) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$ 4) $K_{coperture} = 0,43$ 5) $K_{finestre} = 2,8$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	1) 4 cm lana di vetro ($\lambda=0,039$) 2) 6 cm polistirene ($\lambda=0,041$) 3) 3 cm di poliuretano esp. ($\lambda=0,032$) 4) 8,5 cm feltro con lana di vetro ($\lambda=0,046$) 5) K telaio 1,9 W/m ² K

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO B

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	(parametri 2009) 1) $K_{pareti} = 0,39$ 2) $K_{pavimenti\ est} = 0,39$ 3) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$ 4) $K_{coperture} = 0,32$ 5) $K_{finestre} = 2,4$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	1) 6 cm lana di vetro ($\lambda=0,039$) 2) 8,5 cm polistirene ($\lambda=0,041$) 3) 3 cm di poliuretano esp. ($\lambda=0,032$) 4) 11,5 cm feltro con lana di vetro ($\lambda=0,046$) 5) vetro camera 4/10/4

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	Utilizzo di pannelli solari termici con impianto centralizzato per una superficie di 55 mq, raggiungendo il 54% del fabbisogno, con un risparmio di circa 5950 mc di gas all'anno. Utilizzo di pannelli solari termici con impianti autonomi per una superficie di 89 mq, raggiungendo il 62% del fabbisogno, con un risparmio di circa 271 mc di gas all'anno per alloggio.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	Pannelli solari sottovuoto.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE [§]	1) $\eta_p = 0,903$ $\eta_g = 0,820$ 2) $\eta_p = 0,864$ $\eta_g = 0,768$ 3) $\eta_p = 0,925$ $\eta_g = 0,839$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	1) Caldaie autonome a condensazione; 2) Impianto centralizzato con caldaia standard; 3) Impianto centralizzato con caldaia a condensazione.

[§] Gli interventi possono riguardare i vari fattori che concorrono a determinare il valore del rendimento globale (η_g) dell'impianto di riscaldamento, che è dato dal prodotto del rendimento dei quattro sottosistemi in cui può essere scomposto.

Produzione (η_p): installazione di caldaie ad alta efficienza (in particolare a condensazione)

Regolazione(η_r): installazione della sonda climatica esterna e termostati ambiente, o valvole termostatiche a seconda del tipo di terminali

Emissione(η_e): utilizzo di pannelli radianti a pavimento oppure piastre radianti a bassa temperatura

Distribuzione(η_d): ridurre al minimo le dispersioni termiche attraverso le tubazioni di distribuzione mediante corretta progettazione e coibentazione

3.2.1.D ANALISI DEI COSTI

Come precedentemente indicato (cfr. #3), i costi di costruzione reali sono da intendersi relativi ai soli edifici, con esclusione delle aree esterne, delle relative reti impiantistiche interrato o aeree, delle recinzioni, degli allacciamenti, etc. Nelle valutazioni migliorative che, come più volte sottolineato riguardano unicamente i requisiti energetici, sono stati utilizzati gli stessi tipi di materiali (isolamenti, laterizi, ecc) del progetto originario, modificandone gli spessori (densità, ecc) al fine di raggiungere i valori di K indicati nelle nuove direttive, appare ovvio sottolineare che ci si è posti il vincolo di *operare* il miglioramento senza in alcun modo andare a modificare l'immagine architettonica originaria. I costi unitari (fornitura e posa) dei materiali utilizzati sono stati desunti da "Prezzi informativi delle opere Edili in Modena - Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura anno 2004", e pertanto superiori rispetto a quelli d'appalto.

	Unità di misura	Costo di costruzione	Differenza % (riferita a costo unitario di costruzione d'appalto)
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE D'APPALTO (INTERVENTO REALIZZATO)	€/MQ	759,00	
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO A) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	770,69	+1,54
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO B) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	774,41	+2,03

3.2.1.E SCHEDA DI INDIVIDUAZIONE DELL'AMMORTAMENTO

A fronte di un maggior costo a seguito della valutazione economica degli interventi di miglioramento energetico, che nel caso dell'edificio A varia dall' 1,54% al 2,03% , si è ritenuto di grande interesse verificare come i consumi di energia primaria subiscano rilevanti oscillazioni a secondo delle soluzioni adottate, a partire da quella originaria del progetto realizzato. Come già più volte accennato la scelta di non entrare nel merito della quantificazione dell'intervento sostitutivo-migliorativo degli impianti tecnologici è stata determinata dalla volontà di operare un miglioramento di ciascun edificio analizzato agendo su i valori di trasmittanza richiesti dalla nuova normativa.

Pertanto i valori riportati nei grafici che seguono devono essere commentati in relazione soprattutto all'obiettivo di perseguire soluzioni tecnologiche in grado di garantire un duplice risultato: ridurre i consumi energetici al fine non solo di un reale risparmio da parte dell'utenza ma un più corretto atteggiamento nei confronti dell'ambiente grazie anche alla riduzione dell'emissioni di CO₂.

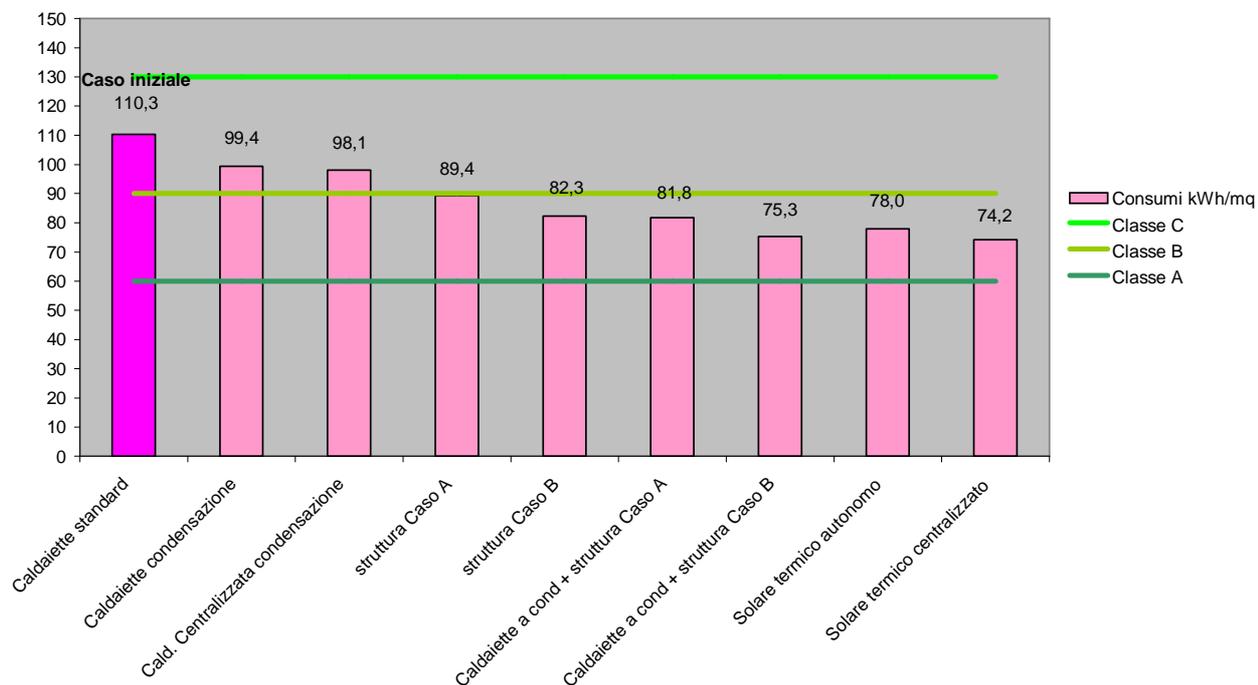
Indice di consumo di energia per mq

Nell'istogramma a seguito riportato è stato indicata per ciascuna soluzione progettuale (stato di fatto e ipotesi di miglioramento) l'indice annuale di consumo di energia per mq. di edificio.

Le soluzioni progettuali sono quelle già proposte nella scheda migliorativa (cfr. pag 56), in particolare :

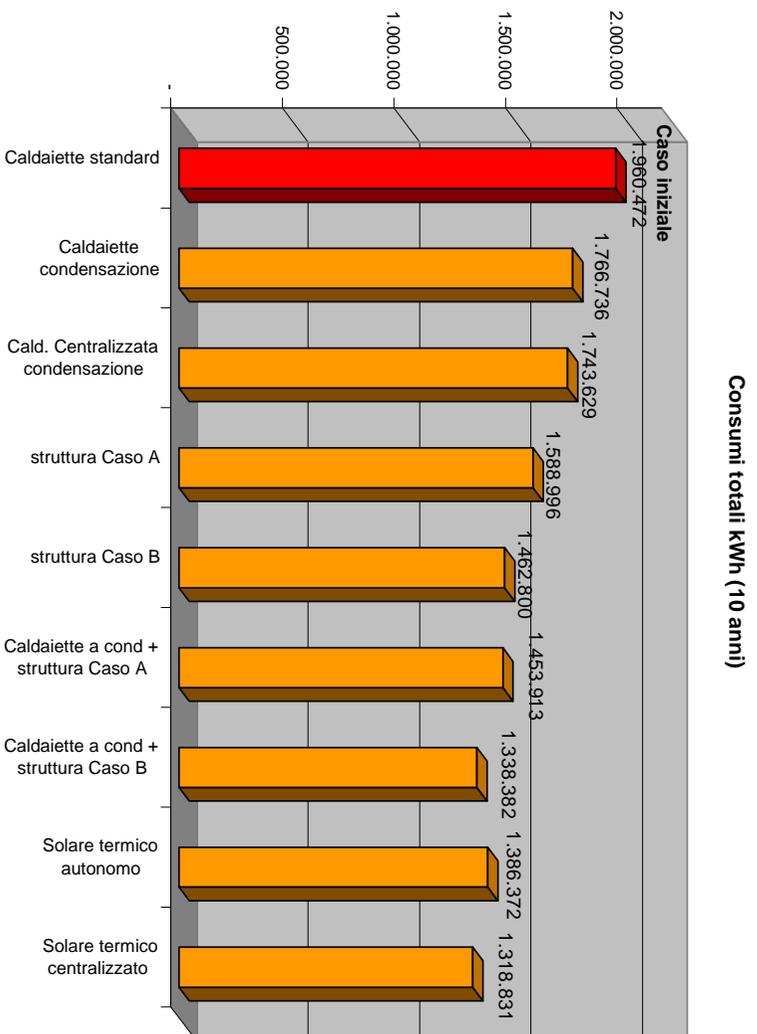
- Il consumo/mq del “caso iniziale” è riferito al progetto originale;
- I consumi/mq del caso “caldaiette condensazione” e “caldaia centralizzata a condensazione” sono stati calcolati sostituendo alle caldaiette standard le caldaiette a condensazione e una caldaia centralizzata a condensazione;
- I consumi/mq del caso “Struttura Caso A” e “Struttura Caso B” sono stati calcolati imponendo due valori diversi per la trasmittanza termica dell'edificio (da D.Lgs 19 agosto 2005 n°192 e parametri 2009). I consumi di energia sono stati calcolati sia nel caso di caldaiette modulanti che di caldaiette a condensazione;
- Infine, è stato calcolato l'indice consumo/mq per l'adozione della tecnologia solare termico nel caso iniziale e nel caso di impianto centralizzato a condensazione.

Consumo kWh/mq anno

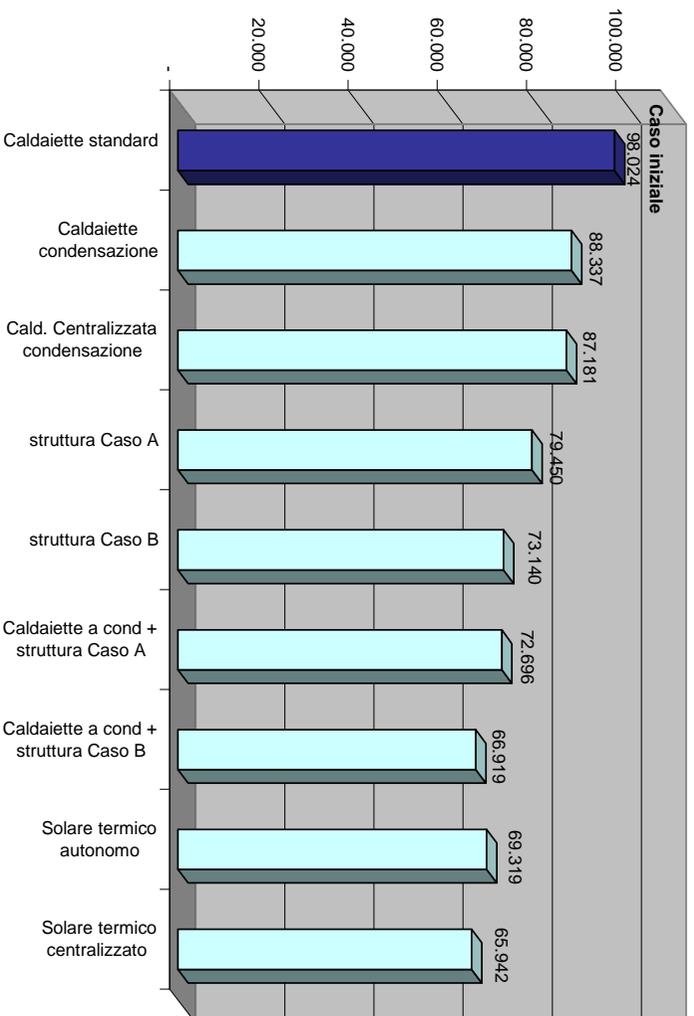


Previsioni relative ai consumi di energia ed ai relativi costi

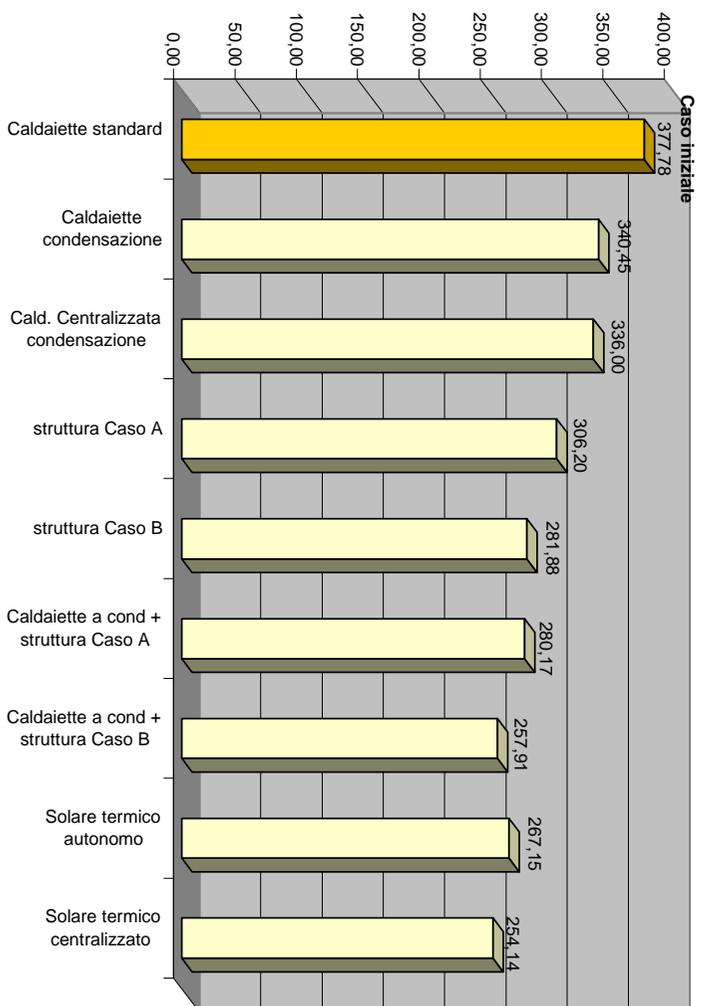
La previsione è stata effettuata su un arco temporale di 10 anni, nei grafici seguenti sono state riportati consumi stimati di energia, i costi e le emissioni di CO₂ eq. che ne derivano, mettendo a confronto le diverse soluzioni progettuali.



Costi energetici € (10 anni)



Emissioni di Tonn. CO2 eq. (10 anni)



La tabella seguente, oltre a riportare i valori indicati nei singoli grafici in merito ai consumi di energia relativi alle diverse soluzioni tecnologiche, indica anche i rendimenti di produzione e quelli globali di ciascun sistema esaminato. Inoltre relativamente all'ipotesi di installazione di un impianto solare (cfr. scheda miglioramento), ne è stato quantificato il costo su base unitaria (mq) e globale (dell'intero edificio) e il risparmio ottenibile riferito alle diverse soluzioni proposte.

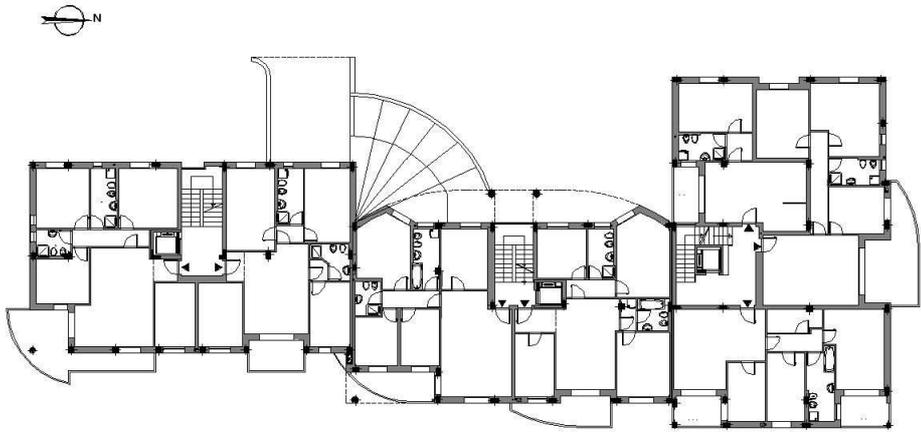
Edificio A Superficie netta riscaldata	1777,4	mq
---	--------	----

	Consumi	Rendimento di produzione	Rendimento globale	Classe energetica
Soluzione realizzata con caldaie standard				
energia primaria	110,3 kWh/mq	0,813	0,738	C
Caldaie a condensazione				
energia primaria	99,4 kWh/mq	0,903	0,820	C
Caldaia centralizzata modulante				
energia primaria	107,2 kWh/mq	0,846	0,768	C
Caldaia centralizzata a condensazione				
energia primaria	98,1 kWh/mq	0,925	0,839	C
Miglioramento involucro (trasmittanza)				
modulante				
energia primaria - caso A	89,4 kWh/mq			B
energia primaria - caso B	82,3 kWh/mq			B
condensazione				
Consumo di energia primaria - caso A	81,8 kWh/mq			B
Consumo di energia primaria - caso B	75,3 kWh/mq			B

SOLARE		Consumi		EURO
Autonomo				
superficie necessaria	mq	89,1		
copertura		62 %		
costo unitario	al mq			1.000,00
costo totale				89.100,00
risparmio ottenibile		32,3	kWh/mq	2.970,00
Centralizzato				
superficie necessaria	mq	55		
copertura		54 %		
costo unitario	al mq			750,00
costo globale				41.250,00
risparmio ottenibile		23,9	kWh/mq	2.197,00

3.2.2 EDIFICIO B

3.2.2.A SCHEDA DI DESCRIZIONE

DENOMINAZIONE	EDIFICIO B (anno di appalto 2003)
LOCALIZZAZIONE	Ubicato in area Peep, è concepito per una zona di fascia climatica E con GG pari a 2258 e temperatura minima di progetto di -5 °C.
DATI DIMENSIONALI	L'edificio è costituito da 32 unità abitative per una superficie utile totale di 2512,3 mq disposti su 4 piani, per un volume complessivo netto riscaldato di 6778 mc; presenta un piano interrato ad autorimesse.
ORIENTAMENTO	<p>L'edificio presenta una conformazione in linea articolata con una disposizione simmetrica delle superfici vetrate e la facciata principale esposta ad est, che non consente di massimizzare lo sfruttamento degli apporti energetici gratuiti del sole durante il periodo invernale.</p> <p>La parete esterna esposta verso sud è pari al 4,4% rispetto al totale (138 mq su circa 3168 mq), la cui superficie vetrata rappresenta il 3,4% rispetto alle superfici vetrate totali (19 mq su circa 523 mq).</p> 
MATERIALI	<p>Strutture:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilastri in c.a e muratura di tamponamento in laterizio (a seguito indicata); • Muratura esterna in laterizio intonacato (spessore totale cm 38) composta da: mattoni laterizi tipo doppi UNI (s= cm 12), blocchi in termolaterizio tipo poroton, con farina di legno (s= cm 25). <p>Isolamenti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pannelli rigidi in poliuretano; • Lastre in polistirene estruso (cappotto a soffitto);

	<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento acustico in pannelli di gomma ad alta densità. <p>Serramenti esterni</p> <ul style="list-style-type: none"> • In legno con vetro doppio a camera (s= mm 17). <p>Finiture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intonaci interni: cementizi del tipo premiscelato; • Intonaci esterni: a base cementizia addittivati con componenti chimiche; • Tinteggi esterni ai silicati; • Tinteggi interni a tempera.
IMPIANTI	<p>Impianti meccanici</p> <p>L'edificio è dotato di un impianto termico centralizzato con 2 caldaie a basamento a condensazione, ciascun alloggio presenta un sistema di distribuzione mediante pannelli radianti a pavimento a bassa temperatura; anche la produzione di acqua calda è centralizzata.</p> <p>I singoli alloggi sono inoltre dotati di termoregolazione di zona mediante sonda di temperatura ambiente, sonda di mandata a valvola miscelatrice a tre vie sul circuito di pannelli radianti a pavimento. Anche la centrale termica è dotata di termoregolazione climatica e di sequenza.</p>
NOTE	<p>Una porzione della copertura piana è a “giardino pensile”.</p>

3.2.2.B SCHEDA DI ANALISI DELLE CLASSI DI ESIGENZE

A. COMFORT TERMICO

Scheda A.1 CONTROLLO ED USO DEL SOLEGGIAMENTO (ESTIVO E INVERNALE)

OBIETTIVI	1) Favorire la penetrazione della radiazione solare diretta nel periodo invernale negli ambienti ad utilizzo diurno, evitando che possa diventare causa di surriscaldamento nel periodo estivo; 2) Ridurre il fabbisogno di riscaldamento ambientale basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	1) Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito; 2) Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.2 OMBREGGIAMENTO

OBIETTIVI	Ridurre l'apporto energetico della radiazione solare, quando le condizioni climatiche (periodo primaverile-estivo) possono indurre condizioni di surriscaldamento non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.3 PROTEZIONE DAI VENTI INVERNALI

OBIETTIVI	Protezione dai venti invernali.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito pur considerando la scarsa presenza di vento caratterizzante il sito.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.4 VENTILAZIONE NATURALE

OBIETTIVI	Utilizzare la risorsa determinata dal differenziale di temperatura dell'aria tra ambiente interno ed esterno dell'edificio (effetto camino), per la ventilazione naturale, al fine di garantire una soddisfacente qualità dell'aria senza ricorrere a sistemi meccanici alimentati da energia elettrica.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto limitatamente al doppio affacciamento (riscontro) degli alloggi, mentre non e' previsto alcun accorgimento (camini, ecc.), per la fuoriuscita dell'aria calda e il richiamo di quella fresca.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	(vedi sopra)

B. COMFORT ACUSTICO

Scheda B.1 PROTEZIONE DAL RUMORE ESTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione negli ambienti interni dei rumori provenienti dall'ambiente esterno.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Si presuppone soddisfatto in quanto requisito prescritto dalla normativa vigente.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica rilevabile.

Scheda B.2 PROTEZIONE DAL RUMORE INTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione del rumore tra unità abitative adiacenti o proveniente da altri locali interni all'edificio (vani tecnici ecc.).
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Si presuppone soddisfatto in quanto requisito prescritto dalla normativa vigente.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<p>Le pareti a confine fra alloggi diversi sono costituite da una coppia di tramezze in laterizio ($s = 8+8$ cm) e da interposto pannello fonoisolante in gomma ad alta densità, fibra poliestere termolegata e agglomerato poliuretano a cellule aperte.</p> <p>Isolamento acustico a pavimento (tramezze e solaio) con manto elastico in sughero ($s = 3$ mm).</p> <p>Parete di separazione fra c.t. e alloggio ($s = 30$) costituita da blocchi in termolaterizio con interposto pannello fonoisolante in gomma ad alta densità, fibra poliestere termolegata e agglomerato poliuretano a cellule aperte.</p>

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	<ol style="list-style-type: none">1) $K_{pareti} = 0,97$2) $K_{pavimenti\ est} = 0,55$3) $K_{pavimenti\ garages} = 0,51$4) $K_{copertura} = 0,54$5) $K_{tetto\ a\ giardino} = 0,481$6) $K_{finestre} = 2,54$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<p>I valori di legge vigente sono stati soddisfatti utilizzando, oltre agli elementi in laterizio, i seguenti materiali isolanti.</p> <ol style="list-style-type: none">2) 2 cm di poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) + 8 cm di cls e polistirolo ($\lambda=0,13$)3) 2 cm di poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) + 8 cm di cls e polistirolo ($\lambda=0,13$)4) 4 cm di poliuretano espanso ($\lambda=0,032$)5) 4 cm di poliuretano espanso ($\lambda=0,032$)6) vetri camera 4/9/4

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento.
REQUISITO QUALITATIVO e QUANTITATIVO RAGGIUNTO	$\eta_p = 0,917$ $\eta_g = 0,834$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Impianto centralizzato con caldaie a condensazione; Cronotermostato ambiente + valvole termostatiche.

D. RISPARMIO RISORSA IDRICA

Scheda D.1 RIDUZIONE CONSUMO DI ACQUA POTABILE

OBIETTIVI	Ridurre il consumo di acqua potabile.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

Scheda D.2 RECUPERO ACQUE METEORICHE E ACQUE GRIGIE

OBIETTIVI	<p>Razionalizzare l'impiego delle risorse idriche favorendo il riutilizzo, sia ad uso pubblico che privato, delle acque meteoriche e delle acque grigie provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, lavatrici.</p> <p>Il loro riutilizzo potrà essere:</p> <p>A) Esternamente</p> <ul style="list-style-type: none">• annaffiatura delle aree verdi pubbliche o condominiali;• lavaggio delle aree pavimentate;• autolavaggi;• usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio. <p>B) Internamente agli alloggi</p> <ul style="list-style-type: none">• alimentazione delle cassette di scarico dei W.C.;• distribuzione idrica per piani interrati;• usi tecnologici relativi (ad es. sistemi di climatizzazione passiva/attiva).
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

E. MATERIALI BIOEDILI

Scheda E.1 UTILIZZO MATERIALI BIOEDILI

OBIETTIVI	Utilizzo di materiali strutturali e di finitura, a ridotto impatto ambientale, privi di sostanze nocive alla salute dei fruitori e dell'ambiente.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito quantitativo non soddisfatto, in quanto limitato unicamente all'uso di blocchi in laterizio porizzati con farina di legno.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	(vedi sopra)

3.2.2.C SCHEDE DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Relativamente all'edificio B e, come visto in precedenza per l'edificio A (COPPIA 1), l'analisi condotta riguardava nello specifico le componenti energetiche, pertanto gli interventi migliorativi proposti sono relativi unicamente ai requisiti energetici. Sono state riportate solo le schede di analisi C.1- Trasmittanza, C.2 Produzione Acqua calda sanitaria e C.3 Ottimizzazione rendimento impianto di riscaldamento. In particolare la scheda C.1 - Trasmittanza, è stata analizzata alla luce sia dei parametri indicati dal D.Lgs 19 agosto 2005 n° 192 (caso A), che dei parametri previsti dal 2009 (caso B) e unicamente in relazione a questa componente energetica è stato valutato il maggior costo (cfr. 3.2.2 D etc.), al fine di un reale confronto.

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO A

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	(parametri 2006) 1) $K_{pareti} = 0,46$ 2) $K_{pavimenti\ est} = 0,43$ 3) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$ 4) $K_{coperture} = 0,43$ 5) $K_{tetto\ a\ giardino} = 0,43$ 6) $K_{finestre} = 2,8$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	1) 4 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) 2) 4 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) + 8 cm di cls e polistirolo ($\lambda=0,13$) 3) 3.5 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) + 8 cm di cls e polistirolo ($\lambda=0,13$) 4) 5.5 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) 5) 5 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) 6) vetri camera 4/10/4 ($K_{fin} = 2,54$)

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO B

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	(parametri 2009) 1) $K_{pareti} = 0,37$ 2) $K_{pavimenti\ est} = 0,34$ 3) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$ 4) $K_{coperture} = 0,34$ 5) $K_{tetto\ a\ giardino} = 0,34$ 6) $K_{finestre} = 2,5$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	1) 5,5 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) 2) 5,5 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) + 8 cm di cls e polistirolo ($\lambda=0,13$) 3) 5.5 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) + 8 cm di cls e polistirolo ($\lambda=0,13$) 4) 8 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) 5) 7 cm poliuretano espanso ($\lambda=0,032$) 6) vetri camera 4/10/4 ($K_{fin} = 2,54$)

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	Utilizzo di pannelli solari termici con impianto centralizzato per una superficie di 64 mq, raggiungendo il 55% del fabbisogno, con un risparmio di circa 5660 mc di gas all'anno.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	Pannelli solari sottovuoto.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	Vengono confermati i dati del progetto realizzato: $\eta_p = 0,917$ $\eta_g = 0,834$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	Vengono confermati i dati del progetto realizzato: <ul style="list-style-type: none">• Impianto centralizzato con caldaie a condensazione;• Cronotermostato ambiente + valvole termostatiche.

3.2.2.D ANALISI DEI COSTI

Anche per l'edificio B si riconferma quanto già indicato per l'edificio A, ovvero che l'analisi e la relativa quantificazione del miglioramento dei requisiti ha riguardato unicamente le componenti energetiche, utilizzando gli stessi tipi di materiali (isolamenti, laterizi, ecc) del progetto originario, modificandone gli spessori (densità, ecc) al fine di raggiungere i valori di K indicati nelle nuove direttive. Anche in questo caso ci si è posti il vincolo di *operare* il miglioramento senza in alcun modo alterare l'immagine architettonica originaria. I costi unitari (fornitura e posa) dei materiali utilizzati sono stati desunti da "Prezzi informativi delle opere Edili in Modena - Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura anno 2004", e pertanto superiori rispetto a quelli d'appalto (2003).

	Unità di misura	Costo	Differenza % (riferita a costo unitario di costruzione d'appalto)
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE D'APPALTO (PROGETTO ORIGINARIO REALIZZATO)	€/MQ	815,00	
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO A) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	826,15	+1,37
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO B) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	830,36	+1,88

3.2.2.E SCHEDA DI INDIVIDUAZIONE DELL'AMMORTAMENTO

A fronte di un maggior costo a seguito della valutazione economica degli interventi di miglioramento energetico, che nel caso dell'edificio B varia dal 1,37% all'1,88%, essendo già in presenza di un impianto centralizzato con caldaie a condensazione e sistema di riscaldamento a pavimento, la verifica e la previsione di consumi si riferisce principalmente ai valori di k dell'involucro, nella situazione attuale (progetto realizzato) e nelle ipotesi di miglioramento nel rispetto dei valori richiesti dalla nuova normativa.

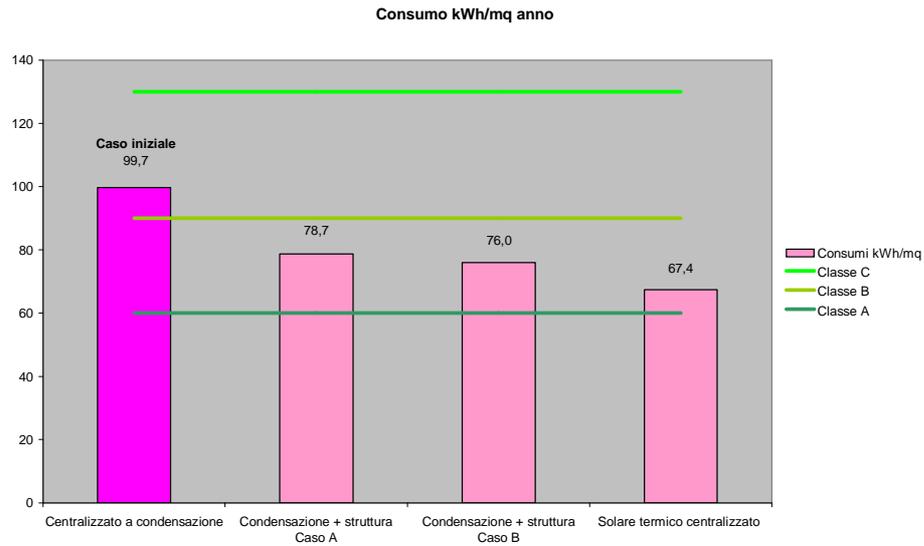
Da sottolineare che l'edificio in oggetto, nonostante le soluzioni impiantistiche più evolute rispetto al suo "compagno", edificio A, presenta anch'esso carenze relative ai valori di K dell'involucro, sul quale si dovrà prevedere di agire per ottenere una considerevole riduzione dei consumi, dei costi energetici e naturalmente della riduzione dell'emissioni di CO₂.

Indice di consumo di energia per mq

Nell'istogramma a seguito riportato è stato indicata per ciascuna soluzione progettuale (stato di fatto e ipotesi di miglioramento) l'indice annuale di consumo di energia per mq. di edificio.

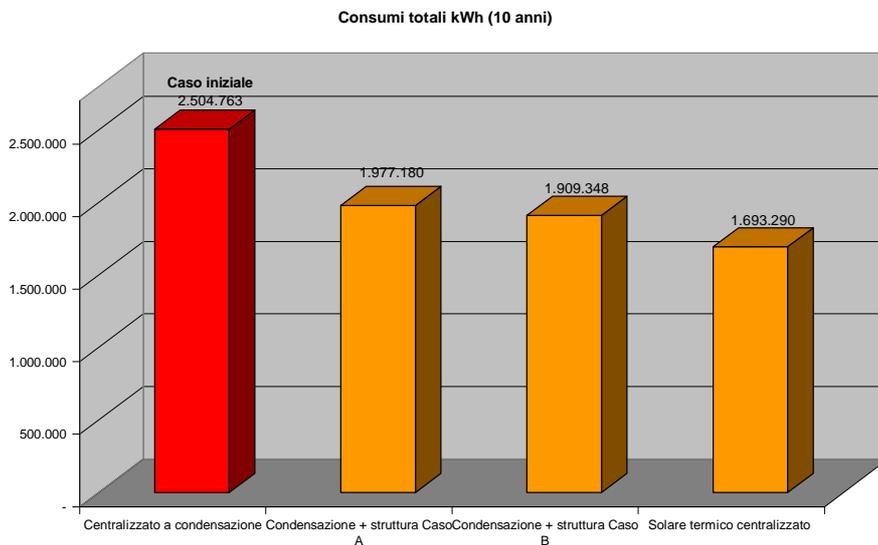
Le soluzioni progettuali sono quelle già proposte nella scheda migliorativa (cfr. pag 75), in particolare :

- Il consumo/mq del "caso iniziale" è riferito al progetto originale, che già presenta un impianto centralizzato a condensazione;
- I consumi/mq del caso "Struttura Caso A" e "Struttura Caso B" sono stati calcolati imponendo due valori diversi per la trasmittanza termica dell'edificio (da D.Lgs 19 agosto 2005 n°192 e parametri 2009). I consumi di energia sono stati calcolati nel solo caso della caldaia centralizzata a condensazione poiché già prevista da progetto iniziale;
- L'indice consumo/mq per l'adozione della tecnologia solare termico nel caso di impianto centralizzato a condensazione.

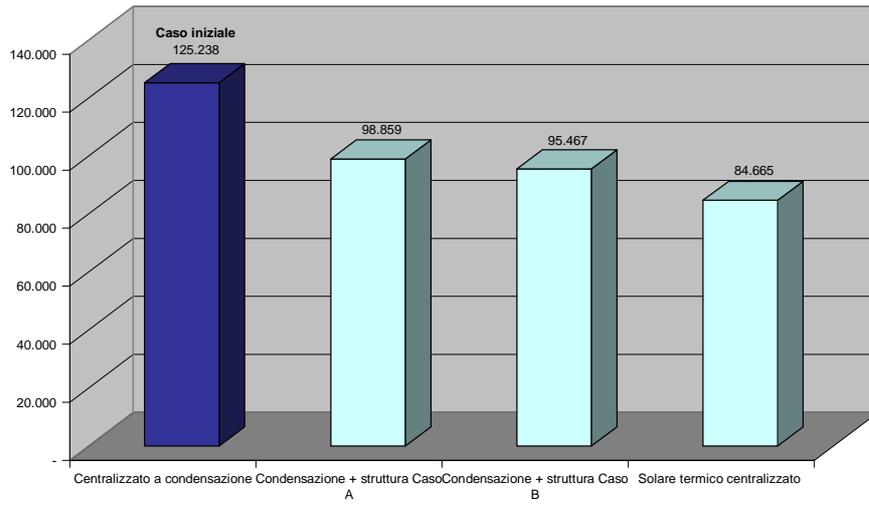


Previsioni nel tempo dei consumi di energia

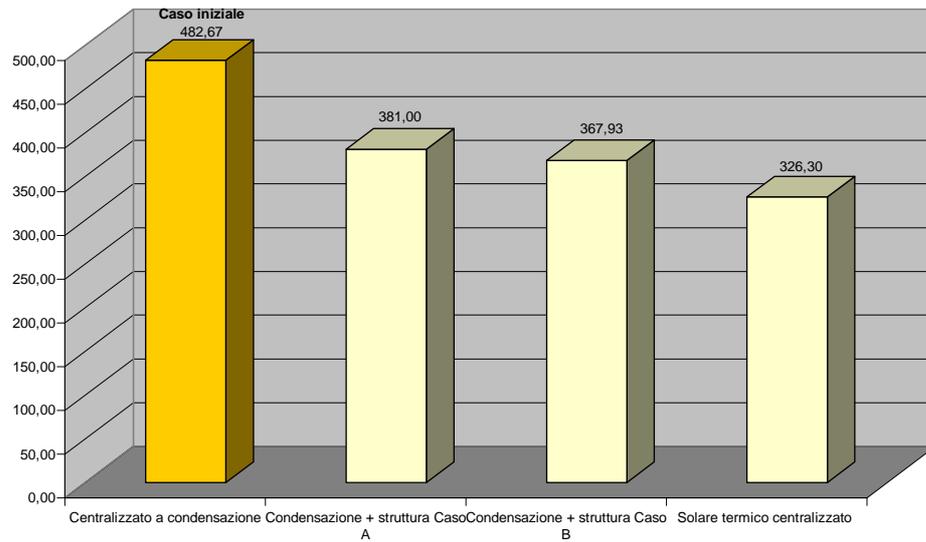
La previsione è stata effettuata su un arco temporale di 10 anni, nei grafici seguenti sono state riportati i consumi stimati di energia, i costi e le emissioni di CO₂ eq. che ne derivano, mettendo a confronto le diverse soluzioni progettuali.



Costi energetici € (10 anni)



Emissioni di Tonn. CO2 eq. (10 anni)



La tabella seguente, oltre a riportare i valori indicati nei singoli grafici in merito ai consumi di energia relativi alle diverse soluzioni progettuali, indica anche i rendimenti di produzione e quelli globali di ciascun sistema esaminato. Inoltre relativamente all'ipotesi di installazione di un impianto solare (cfr. scheda miglioramento), ne è stato quantificato il costo su base unitaria (mq) e globale (dell'intero edificio) e il risparmio ottenibile riferito alle diverse soluzioni proposte.

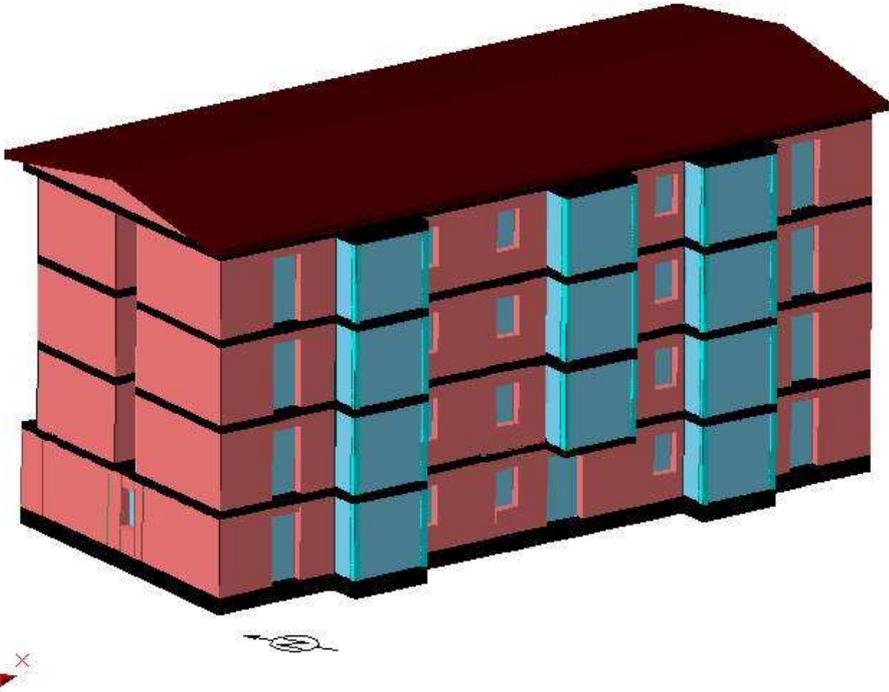
Edificio B Superficie netta riscaldata	2512,3 mq
---	------------------

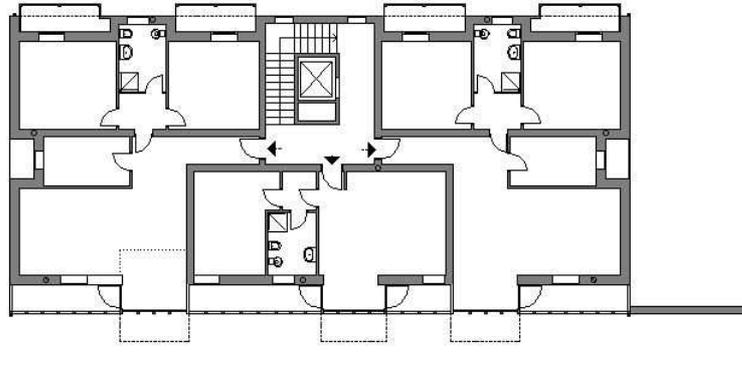
	Consumi	Rendimento di produzione	Rendimento globale	Classe energetica
Soluzione realizzata impianto centralizzato e caldaia a condensazione				
energia primaria	99,7 kWh/mq	0,917	0,834	C
Miglioramento involucro (trasmittanza) condensazione				
energia primaria - caso A	78,7 kWh/mq			B
energia primaria - caso B	76,0 kWh/mq			B

SOLARE		Consumi		EURO
Centralizzato				
superficie necessaria	mq	64		
copertura		55 %		
costo unitario	al mq			750,00
costo globale				48.000,00
risparmio ottenibile		21,7 kWh/mq		2.829,50

3.2.3 EDIFICIO C

3.2.3.A SCHEDA DI DESCRIZIONE

DENOMINAZIONE	EDIFICIO C in bioedilizia (anno appalto 2004))
LOCALIZZAZIONE	Ubicato in area Peep è concepito per una zona di fascia climatica E con GG pari a 2246 e temperatura minima di progetto di -5° C.
DATI DIMENSIONALI	<p>E' caratterizzato da un volume semplice con 11 alloggi distribuiti su quattro piani (piano terra, pi. 1°-2°-3°) abitative per una superficie utile di 915,66 mq. Il volume complessivo netto riscaldato è di 3427 mc. Le autorimesse sono ubicate al piano interrato comprese nella proiezione dell'edificio.</p>  <p>The image shows a 3D perspective view of a four-story residential building. The building has a dark red roof and a facade with alternating red and light blue vertical sections. There are several windows visible on each floor. A small 3D coordinate system (x, y, z) and a compass rose are located at the bottom left of the building's base.</p>
ORIENTAMENTO	<p>L'edificio presenta una conformazione in linea con una disposizione asimmetrica delle superfici vetrate, che sono ubicate principalmente sul lato a sud per massimizzare lo sfruttamento degli apporti energetici gratuiti del sole durante il periodo invernale. La presenza di aggetti sulle superfici vetrate disposte a sud consente inoltre di limitare il soleggiamento durante il periodo estivo.</p> <p>La parete esterna esposta verso sud è pari al 36% (302,4 mq su 839,0 mq complessivi) rispetto al totale, mentre la superficie vetrata esposta verso sud rappresenta il 81% (131,85 mq su 162,61 mq complessivi) rispetto alle superfici vetrate totali.</p>



MATERIALI

Strutture:

- Pilastri in c.a e muratura di tamponamento in laterizio (a seguito indicata);
- Muratura esterna in laterizio intonacato (spessore totale compreso intonaco esterno cm 38-39) composta da: mattoni laterizi tipo doppi UNI (s= cm 12), blocchi in termolaterizio ecologico porizzati, con farina di legno (s= cm 25);
- Muratura esterna (spessore totale cm 37) composta da mattoni laterizi tipo “faccia a vista” (s= cm 12), blocchi in termolaterizio ecologico porizzato, con farina di legno (s= cm 25);
- Solai in legno con struttura mista collaborante in legno e c.a, costituiti da travetti in massello di abete;
- Struttura di copertura ventilata in legno.

Isolamenti ed impermeabilizzazioni

- Pannelli in fibra di legno;
- Isolamento acustici (confine fra due alloggi) in pannelli in fibra di legno;
- Caldane termoisolanti a base di perlite;
- Pannelli in “sughero nero”;
- Isolamento acustico al calpestio con feltro di juta;
- Guaina traspirante (tetto ventilato) tipo tyvek composta da un materassino di fibre di HDPE.

Serramenti esterni

- In legno di pino nordico proveniente da “Foresta Viva”, con vetro doppio a camera (s= mm 20).

	<p>Finiture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intonaci interni a base di calce idraulica naturale; • Intonaci esterni a base di calce idraulica premiscelata; • Tinteggi esterni ai silicati di potassio; • Tinteggi interni a calce e terre naturali; • Trattamento strutture lignee con sali di boro e cere d'api; • Colle e stucchi per pavimenti e rivestimenti privi di componenti tossiche, a base di componenti naturali e dotati di certificazione; • Siliconi per la sigillatura degli infissi a base vegetale.
<p>IMPIANTI</p>	<p>Impianti meccanici e sanitari</p> <p>I singoli appartamenti sono dotati di impianti termici autonomi alimentati da caldaie murali con bollitore ad accumulo per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, i corpi scaldanti sono in ghisa a piastre. I singoli appartamenti sono inoltre dotati di termoregolazione rappresentata da valvole termostatiche su ogni corpo scaldante e termostato ambiente agente direttamente sulla caldaia.</p> <p>Le rubinetterie di tutti i bagni (lavabi, bidet e docce) sono di tipo con limitatore di portata, le cassette di cacciata dei wc sono a scarico differenziato.</p> <p>Sistema di ventilazione naturale</p> <p>Ogni alloggio è dotato di un condotto di ventilazione per l'estrazione dell'aria interna.</p> <p>Impianti elettrici</p> <p>Caratterizzo da un sistema distributivo a stella con disgiuntore elettrico, posto nel disimpegno notte.</p>
<p>NOTE</p>	<p>Realizzazione di giardino pensile per colture di tipo intensivo, a copertura del solaio delle autorimesse fuoriuscente dalla sagoma dell'edificio.</p>

3.2.3.B SCHEDA DI ANALISI DELLE CLASSI DI ESIGENZE

A. COMFORT TERMICO

Scheda A.1 CONTROLLO ED USO DEL SOLEGGIAMENTO (ESTIVO E INVERNALE)

OBIETTIVI	1) Favorire la penetrazione della radiazione solare diretta nel periodo invernale negli ambienti ad utilizzo diurno, evitando che possa diventare causa di surriscaldamento nel periodo estivo; 2) Ridurre il fabbisogno di riscaldamento ambientale basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto nella situazione attuale, ma considerando che il lotto confinante e' edificabile tale requisito cessa di esistere nel momento in cui vi si costruisce.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Non traspare una strategia a scala insediativa, si rimanda a quanto detto per il requisito qualitativo e quantitativo.

Scheda A.2 OMBREGGIAMENTO

OBIETTIVI	Ridurre l'apporto energetico della radiazione solare, quando le condizioni climatiche (periodo primaverile-estivo) possono indurre condizioni di surriscaldamento non rinnovabil.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<ul style="list-style-type: none">• Posizionamento di logge continue sul fronte sud a schermare le superfici vetrate (finestre e porte finestre);• Frangisole orizzontale a protezione della serra vetrata;• Predisposizione per installazione tende esterne a rullo a filo esterno delle logge.

Scheda A.3 PROTEZIONE DAI VENTI INVERNALI

OBIETTIVI	Protezione dai venti invernali.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito pur considerando la scarsa presenza di vento caratterizzante il sito.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.4 VENTILAZIONE NATURALE

OBIETTIVI	Utilizzare la risorsa determinata dal differenziale di temperatura dell'aria tra ambiente interno ed esterno dell'edificio (effetto camino), per la ventilazione naturale, al fine di garantire una soddisfacente qualità dell'aria senza ricorrere a sistemi meccanici alimentati da energia elettrica.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Realizzazione di un condotto di ventilazione da ogni alloggio fino in copertura per l'estrazione dell'aria primaria interna a ciascun alloggio.

B. COMFORT ACUSTICO

Scheda B.1 PROTEZIONE DAL RUMORE ESTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione negli ambienti interni dei rumori provenienti dall'ambiente esterno.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Tipologia dei serramenti e masse murarie.

Scheda B.2 PROTEZIONE DAL RUMORE INTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione del rumore tra unità abitative adiacenti o proveniente da altri locali interni all'edificio (vani tecnici ecc.).
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Si presuppone soddisfatto in quanto requisito prescritto dalla normativa vigente.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<ul style="list-style-type: none">• Le pareti a confine fra alloggi diversi sono costituite da una doppia parete in laterizio (s= cm 8+12) e da interposto doppio pannello fonoisolante in fibra di legno;• Isolamento acustico a pavimento (tramezze e solaio) con feltro in juta.

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto ai sensi della normativa vigente 1) $K_{pareti} = 1,044 / 1,124$ 2) $K_{pavimento\ garage} = 0,575 / 0,878$ 3) $K_{sottotetto} = 1,49$ 4) $K_{copertura} = 0,459$ 5) $K_f = 1,751$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	4) 6 cm sughero ($\lambda=0,045$) 5) vetri camera (4/12/4)

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	1) $\eta_p = 0,856$ 2) $\eta_g = 0,769$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<ul style="list-style-type: none">• Caldaie autonome con accumulo per ACS;• Valvole termostatiche su ogni corpo scaldante

D. RISPARMIO RISORSA IDRICA

Scheda D.1 RIDUZIONE CONSUMO DI ACQUA POTABILE

OBIETTIVI	Ridurre il consumo di acqua potabile.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito parzialmente soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Installazione di rubinetteria con limitatori di portata.

Scheda D.2 RECUPERO ACQUE METEORICHE E ACQUE GRIGIE

OBIETTIVI	<p>Razionalizzare l'impiego delle risorse idriche favorendo il riutilizzo, sia ad uso pubblico che privato, delle acque meteoriche e delle acque grigie provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, lavatrici.</p> <p>Il loro riutilizzo potrà essere:</p> <p>A) Esternamente</p> <ul style="list-style-type: none">• annaffiatura delle aree verdi pubbliche o condominiali;• lavaggio delle aree pavimentate;• autolavaggi;• usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio. <p>B) Internamente agli alloggi</p> <ul style="list-style-type: none">• alimentazione delle cassette di scarico dei W.C.;• distribuzione idrica per piani interrati;• usi tecnologici relativi (ad es. sistemi di climatizzazione passiva/attiva.)
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

E. MATERIALI BIOEDILI

Scheda E.1 UTILIZZO MATERIALI BIOEDILI

OBIETTIVI	Utilizzo di materiali strutturali e di finitura, a ridotto impatto ambientale, privi di sostanze nocive alla salute dei fruitori e dell'ambiente.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<ul style="list-style-type: none">• Strutture in elevazione non portanti in blocchi di laterizio porizzato con farina di legno;• Solai di piano in legno e c.a.;• Isolamenti in sughero, perlite e celenit;• Intonaci in calce idraulica naturale;• Tinteggi interni: a calce;• Tinteggi esterni: ai silicati;• Collanti e stucchi tipo biostuk.

3.2.3.C SCHEDA DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Nonostante l'edificio C sia stato identificato fin dall'inizio del lavoro di ricerca, come esempio di realizzazione in bioedilizia, l'analisi condotta attraverso le schede relative alle classi di esigenze ne evidenziano alcune lacune. I requisiti che si ritengono non pienamente soddisfatti, anche nel caso dell'edificio C, rimandano principalmente alla classe energetica. Pertanto sono state riportate le schede di analisi C.1- Trasmittanza, C.2 Produzione Acqua calda sanitaria e C.3 Ottimizzazione rendimento impianto di riscaldamento. Analogamente ai casi precedenti la scheda C.1 - Trasmittanza, è stata analizzata alla luce sia dei parametri indicati dal D.Lgs 19 agosto 2005 n° 192 (caso A), che dei parametri previsti dal 2009 (caso B).

Inoltre, poiché si è ritenuto che l'edificio in oggetto dovesse rispondere quanto più possibile al "modello di riferimento" individuato (CFR.#1) , gli interventi di miglioramento sono stati valutati non solo in relazione alle componenti energetiche, ma anche in riferimento al requisito D. RISPARMIO RISORSA IDRICA , con particolare riferimento alla scheda D.2 - Recupero delle acque meteoriche e acque grigie; si è pertanto ipotizzata la realizzazione di un impianto per il recupero delle sole acque piovane.

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO A

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	(parametri 2006) 1) $K_{pareti} = 0,46$ 2) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$ 3) $K_{sottotetto} = 0,43$ 4) $K_{copertura} = 0,43$ 5) $K_{finestre} = 2,8$

STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<ol style="list-style-type: none"> 1) 5,5 - 6 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 2) 2,5 - 5,5 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 3) 6,5 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 4) 6 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 5) vetri camera 4/6/4/6/4
--	---

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO B

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	<p>(parametri 2009)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $K_{pareti} = 0,37$ 2) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$ 3) $K_{sottotetto} = 0,34$ 4) $K_{copertura} = 0,34$ 5) $K_{finestre} = 2,5$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	<ol style="list-style-type: none"> 1) 8 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 2) 5,5 - 8 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 3) 10 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 4) 6 cm di sughero ($\lambda=0,045$) 5) vetri camera 4/6/4/6/4

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	<ul style="list-style-type: none"> • utilizzo di pannelli solari termici in presenza di impianto centralizzato: 25 mq di pannelli copertura circa del 52% del fabbisogno (2491 mc di gas risparmiati all'anno); • utilizzo di pannelli solari termici in presenza di impianti autonomi: 36 mq totali di pannelli Copertura circa del 60% del fabbisogno per alloggio(269 mc di gas risparmiati all'anno per alloggio).
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	Pannelli solari sottovuoto.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	<ol style="list-style-type: none"> 1) $\eta_p = 0,959$ $\eta_g = 0,858$ 2) $\eta_p = 0,824$ $\eta_g = 0,735$ 3) $\eta_p = 0,921$ $\eta_g = 0,821$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILE	<ol style="list-style-type: none"> 1) Caldaie autonome a condensazione: (stessa potenza di quelle previste da progetto); 2) Impianto centralizzato con caldaia standard; 3) Impianto centralizzato con caldaia a condensazione.

D. RISPARMIO RISORSA IDRICA

Scheda D.2 RECUPERO ACQUE METEORICHE E ACQUE GRIGIE

OBIETTIVI	<p>Razionalizzare l'impiego delle risorse idriche favorendo il riutilizzo, sia ad uso pubblico che privato, delle acque meteoriche e delle acque grigie provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, lavatrici.</p> <p>Il loro riutilizzo potrà essere:</p> <p>A) esternamente</p> <ul style="list-style-type: none">• annaffiatura delle aree verdi pubbliche o condominiali;• lavaggio delle aree pavimentate;• autolavaggi;• usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio. <p>B) internamente agli alloggi</p> <ul style="list-style-type: none">• alimentazione delle cassette di scarico dei W.C.;• distribuzione idrica per piani interrati;• usi tecnologici relativi (ad es. sistemi di climatizzazione passiva/attiva.)
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Captazione e filtraggio delle acque meteoriche e loro adduzione alla rete idrica dell'edificio.

STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<p>Un impianto di raccolta e riciclaggio acque piovane è costituito da alcuni componenti essenziali:</p> <p>Il sistema di raccolta verso il serbatoio di accumulo.</p> <ul style="list-style-type: none">• Il filtro, che rappresenta il cuore dell'impianto ed ha la funzione di trattenere o separare dall'acqua tutto il materiale (fogliame, detriti, ecc...) che, andando a depositarsi nel serbatoio di accumulo, determinerebbe un deterioramento della qualità dell'acqua e un eventuale intasamento delle condotte o del sistema di pompaggio;• Il serbatoio di accumulo, cioè una cisterna prefabbricata o costruita in loco, di capacità appropriata, con un accesso sicuro e dotata di dispositivo di "troppopieno". Quest'ultimo permette il convogliamento dell'acqua accumulata in eccesso verso la fognatura, verso il terreno (sistema di infiltrazione, pozzo perdente), oppure verso un sistema di smaltimento naturale (fitodepurazione o subirrigazione);• Una stazione di pompaggio dell'acqua raccolta verso l'impianto di utilizzo, nettamente separato dalla rete di acqua potabile.
--	---

3.2.3.D ANALISI DEI COSTI

Nelle valutazioni migliorative in merito ai requisiti energetici, sono stati utilizzati gli stessi tipi di materiali (isolamenti, laterizi, ecc) del progetto originario, modificandone gli spessori (densità, ecc) al fine di raggiungere i valori di K indicati nelle nuove direttive. Appare ovvio sottolineare che ci si è posti il vincolo di *operare* il miglioramento senza in alcun modo andare a modificare l'immagine architettonica originaria. I costi unitari (fornitura e posa) dei materiali utilizzati sono stati desunti da "Prezzi informativi delle opere Edili in Modena - Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura anno 2004".

Per assicurare una corretta comparazione dei costi fra i due edifici della COPPIA 2 , il maggior costo relativo agli interventi di miglioramento è stato valutato solo in relazione alle componenti energetiche, evitando di inserire la maggiorazione imputabile alla realizzazione dell'impianto per il recupero delle acque piovane.

	Unità di misura	Costo	Differenza % (riferita a costo unitario di costruzione d'appalto)
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE D'APPALTO (PROGETTO ORIGINARIO REALIZZATO)	€/MQ	881,80	
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO A) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	899,30	+ 1,98
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO B) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	905,30	+ 2,66

Nota: al fine di rendere maggiormente confrontabili i costi di costruzione dei due edifici della coppia 2, considerato che l'edificio C, in bioedilizia, presenta un piano interrato ad autorimesse, diversamente dall'edificio D, nel quale le autorimesse sono previste fuori terra, il costo di costruzione d'appalto qui riportato è il risultato di una riduzione di 5 punti in percentuale sul costo iniziale di € 928,30.

3.2.3.E SCHEDA DI INDIVIDUAZIONE DELL'AMMORTAMENTO

A fronte di un maggior costo a seguito della valutazione economica degli interventi di miglioramento energetico, che nel caso dell'edificio C varia dall' 1,98% all'2,66% , si è ritenuto di grande interesse verificare come i consumi di energia primaria subiscano rilevanti oscillazioni a secondo delle soluzioni adottate, a partire da quella originaria del progetto realizzato. Come già più volte accennato la scelta di non entrare nel merito della quantificazione dell'intervento sostitutivo-migliorativo degli impianti tecnologici è stata determinata dalla volontà di operare un miglioramento di ciascun edificio analizzato agendo su i valori di trasmittanza richiesti dalla nuova normativa.

Pertanto i valori riportati nei grafici che seguono devono essere commentati in relazione soprattutto all'obiettivo di perseguire soluzioni tecnologiche in grado di garantire un duplice risultato: ridurre i consumi energetici al fine non solo di un reale risparmio da parte dell'utenza ma un più corretto atteggiamento nei confronti dell'ambiente grazie anche alla riduzione dell'emissioni di CO₂.

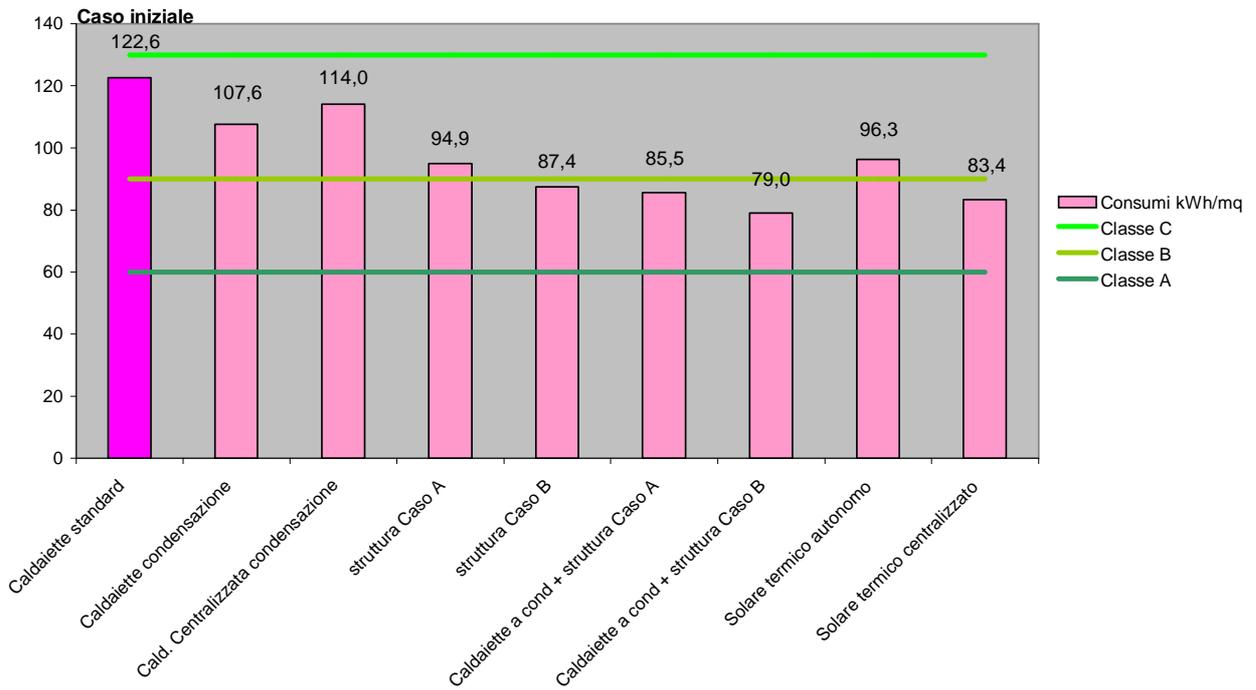
Indice di consumo di energia per mq

Nell'istogramma a seguito riportato è stato indicata per ciascuna soluzione progettuale (stato di fatto e ipotesi di miglioramento) l'indice annuale d di consumo di energia per mq. di edificio.

Le soluzioni progettuali proposte sono quelle già precedentemente presentate nella scheda migliorativa:

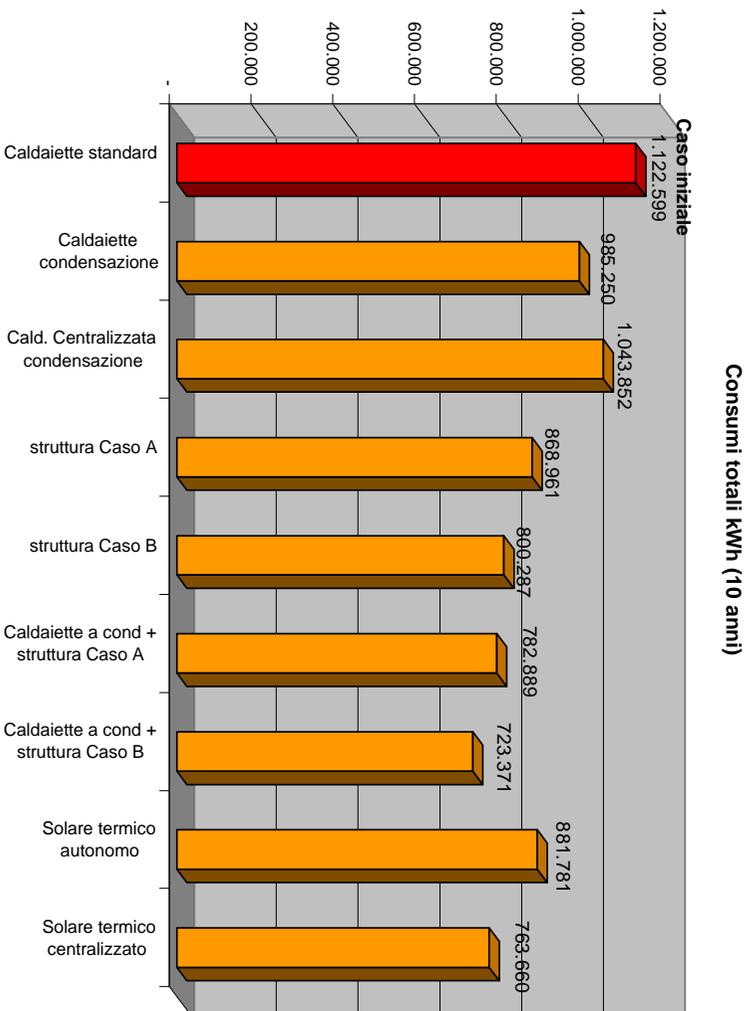
- Il consumo/mq del "caso iniziale" è riferito al progetto originale;
- I consumi/mq del caso "caldaiette condensazione" e "caldaia centralizzata a condensazione" sono stati calcolati sostituendo alle caldaiette standard le caldaiette a condensazione e una caldaia centralizzata a condensazione;
- Il consumo/mq del caso "Struttura Caso A" e "Struttura Caso B" sono stati calcolati imponendo due valori diversi per la trasmittanza termica dell'edificio (da D.Lgs 19 agosto 2005 n°192 e parametri 2009). I consumi di energia sono stati calcolati sia nel caso di caldaiette modulanti che di caldaiette a condensazione;
- L'indice consumo/mq per l'adozione della tecnologia solare termico nel caso iniziale e nel caso di impianto centralizzato a condensazione.

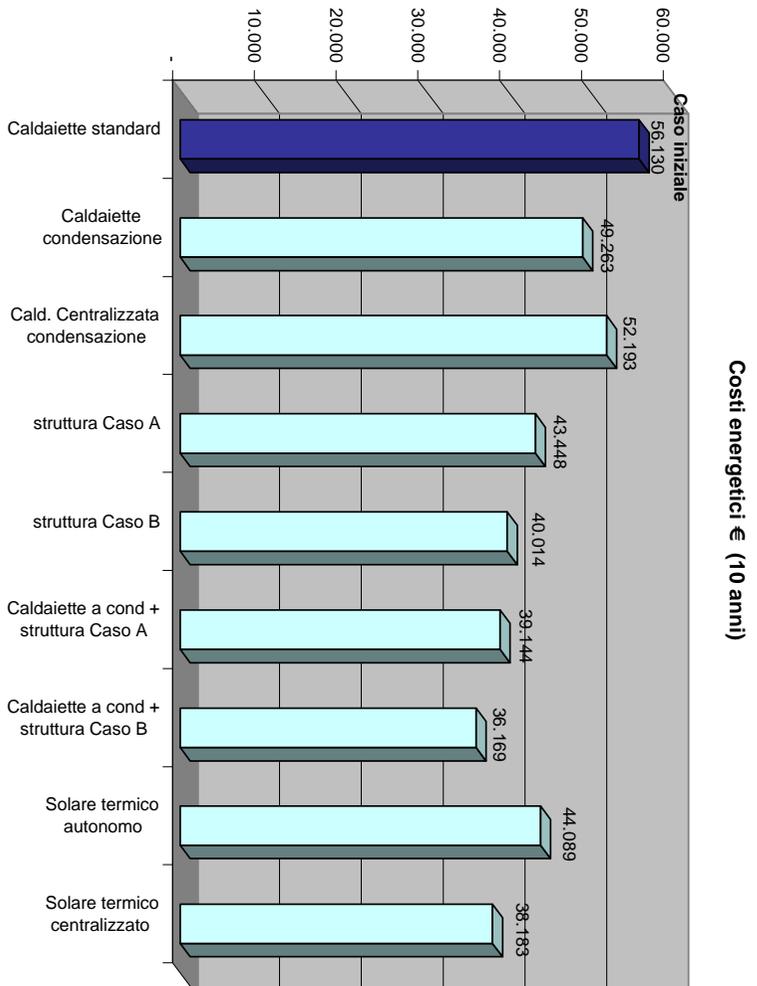
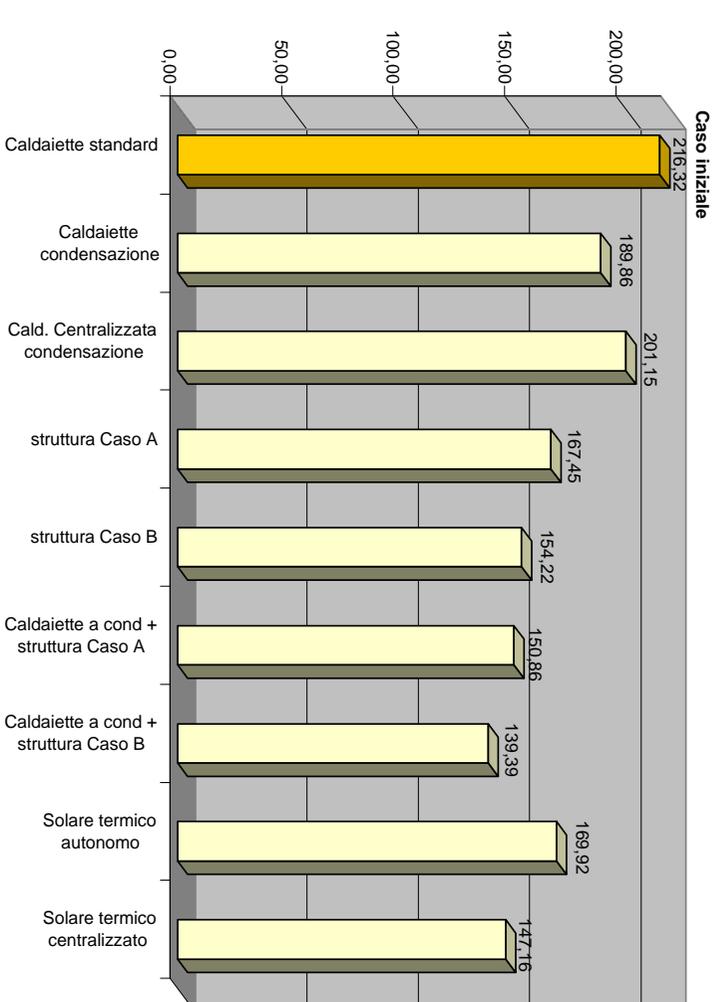
Consumi kWh/mq anno



Previsioni nel tempo dei consumi di energia

La previsione è stata effettuata su un arco temporale di 10 anni, nei grafici seguenti sono state riportati i consumi stimati di energia, i costi e le emissioni di CO₂ eq. che ne derivano, mettendo a confronto le diverse soluzioni progettuali.





La tabella seguente, oltre a riportare i valori indicati nei singoli grafici in merito ai consumi di energia relativi alle diverse soluzioni progettuali, indica anche i rendimenti di produzione e quelli globali di ciascun sistema esaminato. Inoltre relativamente all'ipotesi di installazione di un impianto solare (cfr. 3.2.3 C) ne è stato quantificato il costo su base unitaria (mq) e globale (dell'intero edificio) e il risparmio ottenibile riferito alle diverse soluzioni proposte.

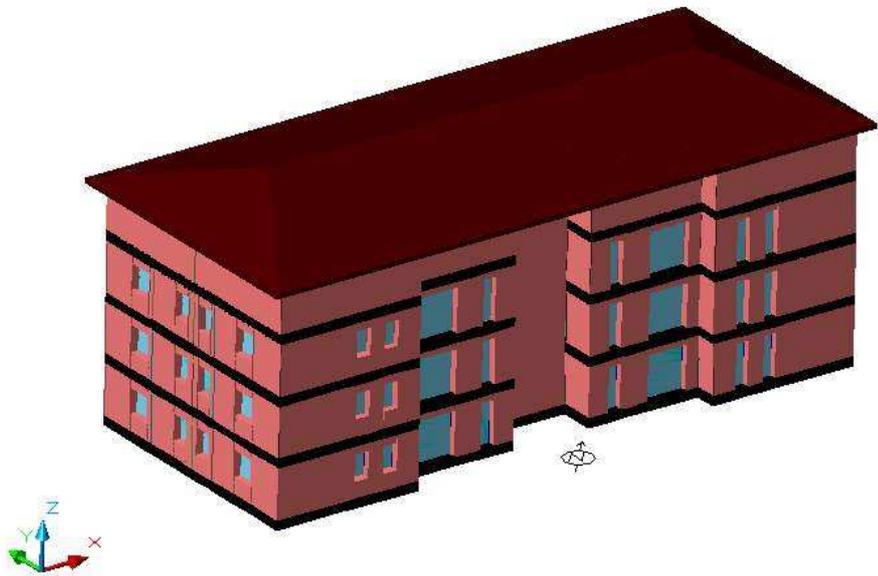
Edificio C Superficie netta riscaldata	915,66	mq
---	---------------	----

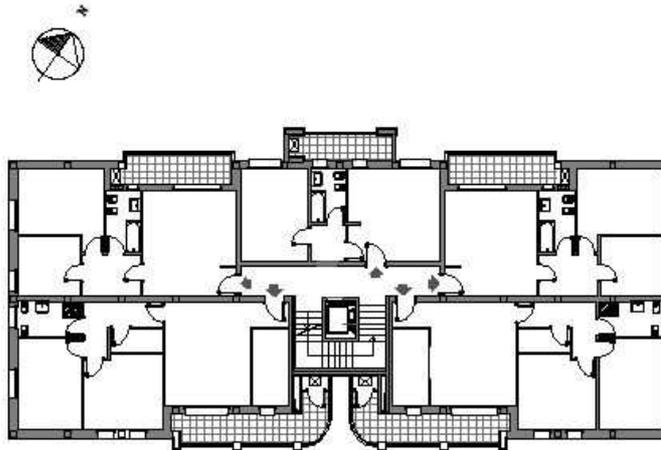
	Consumi	Rendimento di produzione	Rendimento globale	Classe energetica
Soluzione realizzata con caldaiette standard				
energia primaria	117,6 kWh/mq	0,856	0,769	C
Caldaiette a condensazione				
energia primaria	104,7 kWh/mq	0,959	0,858	C
Caldaia centralizzata modulante				
energia primaria	127,5 kWh/mq	0,824	0,735	C
Caldaia centralizzata a condensazione				
energia primaria	114,1 kWh/mq	0,921	0,821	C
Miglioramento involucro (trasmittanza) modulante				
energia primaria - caso A	94,9 kWh/mq			C
energia primaria - caso B	87,4 kWh/mq			B
condensazione				
Consumo di energia primaria - caso A	85,5 kWh/mq			B
Consumo di energia primaria - caso B	79,0 kWh/mq			B
Impianto				
Installazione di valvole termostatiche	112,9 kWh/mq			C

SOLARE		Consumi		EURO
Autonomo				
superficie necessaria	mq	49,5		
copertura		61 %		
costo unitario	al mq			1.000,00
costo totale				49.500,00
risparmio ottenibile		30,6	kWh/mq	1.451,00
Centralizzato				
superficie necessaria	mq	34,65		
copertura		57 %		
costo unitario	al mq			750,00
costo globale				25.987,00
risparmio ottenibile		26,3	kWh/mq	1.246,00

3.2.4 EDIFICIO D

3.2.4.A SCHEDA DI DESCRIZIONE

DENOMINAZIONE	EDIFICIO D (anno appalto 2004))
LOCALIZZAZIONE	Ubicato in area PEEP, è concepito per una zona di fascia climatica E con GG pari a 2271 e temperatura minima di progetto di -5°C.
DATI DIMENSIONALI	<p>L'edificio è costituito da 15 unità abitative disposte su tre piani, per una superficie utile totale di 945,08 mq e un volume netto complessivo riscaldato di 2.551,7 mc. Le autorimesse sono ubicate al piano terra.</p> 
ORIENTAMENTO	<p>L'edificio presenta una conformazione in linea con una disposizione simmetrica delle superfici vetrate e le facciate principali esposte a Nord-Sud, che non consente di massimizzare lo sfruttamento degli apporti energetici gratuiti del sole durante il periodo invernale.</p> <p>La parete esterna esposta verso sud è pari al 23,2% (320 mq su 1381 mq complessivi) rispetto al totale, mentre la superficie vetrata esposta verso sud rappresenta il 36,6% (55,5 mq su 151,6 mq complessivi) rispetto alle superfici vetrate totali.</p>



MATERIALI

Strutture:

- Pilastri in c.a e muratura di tamponamento in laterizio (a seguito indicata);
- Muratura esterna in laterizio faccia vista (spessore totale cm 42) composta da: mattoni bastonetti sabbiati multifori (s= cm 12), blocchi in termolaterizio tipo poroton (s= cm 30);
- Muratura esterna (logge e balconi) in laterizio intonacato (spessore totale cm 30) composta da: blocchi in termolaterizio tipo poroton (s= cm 30);
- Muratura esterna (logge e balconi) in laterizio intonacato (spessore totale cm 42) composta da: mattoni in laterizio tipo “doppi UNI” (s= cm 12) e blocchi in termolaterizio tipo poroton (s= cm 30)

Isolamenti

- Lana minerale e pannelli rigidi in poliuretano.

Serramenti esterni

- In legno con vetro doppio a camera (s= mm 21).

Finiture

- Intonaci interni: cementizi del tipo premiscelato;
- Intonaci esterni: a base cementizia addittivati con componenti chimiche;
- Tinteggi esterni al silicato di potassio puro o con l’aggiunta di resina polimerica in dispersione;
- Tinteggi interni a tempera.

Isolamenti ed impermeabilizzazioni

- Isolamenti a pavimento con pannelli in poliuretano battentati;
- Sottofondi premiscelati termoisolanti con polistirene espanso;
- Isolamento acustici (confine fra due alloggi) in pannelli in fibra di legno;
- Guaina armata ai poliesteri.

IMPIANTI	<p>Impianti meccanici</p> <p>I singoli appartamenti sono dotati di impianti termici autonomi alimentati da caldaie murali con bollitore ad accumulo a tiraggio forzato per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, i corpi scaldanti sono in acciaio ed il sistema di distribuzione a collettori. I singoli appartamenti sono inoltre dotati di termoregolazione xstituita da un cronotermostato.</p> <p>Impianti elettrici</p> <p>Tipici dell'edilizia corrente.</p>
-----------------	--

3.2.4.B SCHEDA DI ANALISI DELLE CLASSI DI ESIGENZE

A. COMFORT TERMICO

Scheda A.1 CONTROLLO ED USO DEL SOLEGGIAMENTO (ESTIVO E INVERNALE)

OBIETTIVI	1) Favorire la penetrazione della radiazione solare diretta nel periodo invernale negli ambienti ad utilizzo diurno, evitando che possa diventare causa di surriscaldamento nel periodo estivo; 2) Ridurre il fabbisogno di riscaldamento ambientale basato sull'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	1) Requisito non soddisfatto in quanto solo tre alloggi su 5 su ogni piano sono esposti a sud; 2) Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Non traspare una strategia a scala insediativa.

Scheda A.2 OMBREGGIAMENTO

OBIETTIVI	Ridurre l'apporto energetico della radiazione solare, quando le condizioni climatiche (periodo primaverile-estivo) possono indurre condizioni di surriscaldamento non rinnovabili.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito parzialmente soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Posizionamento di logge incassate sul fronte sud in due dei tre alloggi posti a sud su ciascun piano.

Scheda A.3 PROTEZIONE DAI VENTI INVERNALI

OBIETTIVI	Protezione dai venti invernali.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Mancano elementi progettuali necessari alla verifica dettagliata del requisito pur considerando la scarsa presenza di vento caratterizzante il sito.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica riscontrabile.

Scheda A.4 VENTILAZIONE NATURALE

OBIETTIVI	Utilizzare la risorsa determinata dal differenziale di temperatura dell'aria tra ambiente interno ed esterno dell'edificio (effetto camino), per la ventilazione naturale, al fine di garantire una soddisfacente qualità dell'aria senza ricorrere a sistemi meccanici alimentati da energia elettrica.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

B. COMFORT ACUSTICO

Scheda B.1 PROTEZIONE DAL RUMORE ESTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione negli ambienti interni dei rumori provenienti dall'ambiente esterno.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto in quanto prescritto dalla normativa vigente.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Tipologia dei serramenti e masse murarie.

Scheda B.2 PROTEZIONE DAL RUMORE INTERNO

OBIETTIVI	Ridurre al minimo la trasmissione del rumore tra unità abitative adiacenti o proveniente da altri locali interni all'edificio (vani tecnici ecc.).
REQUISITO QUALITATIVO e QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto in quanto prescritto dalla normativa vigente.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	<ul style="list-style-type: none">• Le pareti a confine fra alloggi diversi sono costituite da una doppia parete in laterizio (s= cm 8+12) e da interposto pannello fonoisolante in fibra di legno e cemento;• Isolamento acustico a pavimento in corrispondenza delle tramezze e solaio con manto elastico in sughero;• Pannelli di eraclit a rivestimento della muratura in c.a del vano scala in corrispondenza degli alloggi.

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO e QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito soddisfatto ai sensi della normativa vigente: 1) $K_{pareti} = 0,918$ 2) $K_{pavimenti\ garages} = 0,535$ 3) $K_{sottotetto} = 0,935$ 4) $K_{copertura} = 0,448$ 5) $K_{finestre} = 2,41$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	2) 4 cm di polistirene ($\lambda=0,059$) 4) 6 cm poliestere espanso ($\lambda=0,035$) 5) vetri camera (4/12/5)

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	$\eta_p = 0,807$ $\eta_g = 0,723$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Caldaie autonome con accumulo per ACS, cronotermostato ambiente.

D. RISPARMIO RISORSA IDRICA

Scheda D.1 RIDUZIONE CONSUMO DI ACQUA POTABILE

OBIETTIVI	Ridurre il consumo di acqua potabile.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

Scheda D.2 RECUPERO ACQUE METEORICHE E ACQUE GRIGIE

OBIETTIVI	<p>Razionalizzare l'impiego delle risorse idriche favorendo il riutilizzo, sia ad uso pubblico che privato, delle acque meteoriche e delle acque grigie provenienti dagli scarichi dei lavabi, docce, lavatrici.</p> <p>Il loro riutilizzo potrà essere:</p> <p>A) Esternamente</p> <ul style="list-style-type: none">• annaffiatura delle aree verdi pubbliche o condominiali;• lavaggio delle aree pavimentate;• autolavaggi;• usi tecnologici e alimentazione delle reti antincendio. <p>B) Internamente agli alloggi</p> <ul style="list-style-type: none">• alimentazione delle cassette di scarico dei W.C.;• distribuzione idrica per piani interrati;• usi tecnologici relativi (ad es. sistemi di climatizzazione passiva/attiva.)
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

E. MATERIALI BIOEDILI

Scheda E.1 UTILIZZO MATERIALI BIOEDILI

OBIETTIVI	Utilizzo di materiali strutturali e di finitura, a ridotto impatto ambientale, privi di sostanze nocive alla salute dei fruitori e dell'ambiente.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNTO	Requisito non soddisfatto.
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZATE	Nessuna tecnologia specifica utilizzata.

3.2.4.C SCHEDA DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

Nell'analisi degli interventi migliorativi relativi all'edificio in oggetto, considerato come esempio di edilizia corrente, si è agito unicamente sulle componenti energetiche, dalla scheda C.1 alla scheda C.3. In tal modo i costi di costruzione dei due edifici, costituenti la coppia B, risultano confrontabili in quanto i requisiti prestazionali in termini energetici sono ugualmente soddisfatti. Resta inteso che al raggiungimento di tali requisiti prestazionali si è pervenuti ricorrendo a materiali e sistemi costruttivi in linea con la natura originaria dell'edificio in oggetto. Pertanto resta confermato che l'edificio D presenta **nel complesso un maggior impatto ambientale attribuibile all'utilizzo di materiali e sistemi non biocompatibili.**

C. RISPARMIO ENERGETICO

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO A

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	(parametri 2006) 1) $K_{pareti} = 0,46$ 2) $K_{pavimenti\ garages} = 0,34$ 3) $K_{sottotetto} = 0,43$ 4) $K_{copertura} = 0,43$ 5) $K_{finestre} = 2,8$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	1) 4,6 cm polistirene ($\lambda=0,042$) 2) 6,5 cm di polistirene ($\lambda=0,059$) 3) 6,5 cm di polistirene ($\lambda=0,059$) 4) 6 cm polistirene ($\lambda=0,035$) 5) vetri camera 4/12/5 (sufficienti 4/10/4)

Scheda C.1 TRASMITTANZA - CASO B

OBIETTIVI	Ridurre i consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio diminuendo le dispersioni termiche attraverso l'involucro.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	(parametri 2009) 1) $K_{pareti} = 0,37$ 2) $K_{pav\ garages} = 0,34$ 3) $K_{sottotetto} = 0,34$ 4) $K_{cop} = 0,34$ 5) $K_f = 2,5$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	1) 7 cm polistirene ($\lambda=0,042$) 2) 10,5 cm di polistirene ($\lambda=0,059$) 3) 10,5 cm di polistirene ($\lambda=0,059$) 4) 6 cm polistirene ($\lambda=0,035$) 5) vetri camera 4/12/5 (sufficienti 4/10/4)

Scheda C.2 PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

OBIETTIVI	Ridurre i consumi di energie non rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria.
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	<ul style="list-style-type: none"> Utilizzo di pannelli solari termici in presenza di impianto centralizzato: 35 mq di pannelli copertura circa del 56% del fabbisogno (3629 m³ di gas risparmiati all'anno); Utilizzo di pannelli solari termici in presenza di impianti autonomi: 50 mq totali di pannelli Copertura circa del 61% del fabbisogno per alloggio (269 m³ di gas risparmiati all'anno per alloggio).
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILI	Pannelli solari sottovuoto.

Scheda C.3 OTTIMIZZAZIONE RENDIMENTO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

OBIETTIVI	Ottimizzare il rendimento dell'impianto di riscaldamento
REQUISITO QUALITATIVO E QUANTITATIVO RAGGIUNGIBILE	1) $\eta_p = 0,959$ $\eta_g = 0,858$ 2) $\eta_p = 0,828$ $\eta_g = 0,742$ 3) $\eta_p = 0,927$ $\eta_g = 0,830$
STRATEGIE E TECNOLOGIE UTILIZZABILE	1) Caldaie autonome a condensazione (stessa potenza di quelle previste da progetto); 2) Impianto centralizzato con caldaia standard; 3) Impianto centralizzato con caldaia a condensazione.

3.2.4.D ANALISI DEI COSTI

Nelle valutazioni migliorative in merito ai requisiti energetici, sono stati utilizzati gli stessi tipi di materiali (isolamenti, laterizi, ecc) del progetto originario, modificandone gli spessori (densità, ecc) al fine di raggiungere i valori di K indicati nelle nuove direttive. I costi unitari (fornitura e posa) dei materiali utilizzati sono stati desunti da “Prezzi informativi delle opere Edili in Modena - Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura anno 2004”.

	Unità di misura	Costo	Differenza % (riferita a costo unitario di costruzione d'appalto)
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE D'APPALTO (PROGETTO ORIGINARIO REALIZZATO)	€/MQ	772,12	
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO A) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	791,27	+ 2,48
COSTO UNITARIO DI COSTRUZIONE CALCOLATO A SEGUITO DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (CASO B) (DA COMPUTO METRICO ESTIMATIVO)	€/MQ	801,14	+ 3,76

3.2.4.E SCHEDA DI INDIVIDUAZIONE DELL'AMMORTAMENTO

A fronte di un maggior costo a seguito della valutazione economica degli interventi di miglioramento energetico, che nel caso dell'edificio D varia dall' 2,48% al 3,76% , si è ritenuto di grande interesse verificare come i consumi di energia primaria subiscano rilevanti oscillazioni a secondo delle soluzioni adottate, a partire da quella originaria del progetto realizzato. Come già più volte accennato la scelta di non entrare nel merito della quantificazione dell'intervento sostitutivo-migliorativo degli impianti tecnologici è stata determinata dalla volontà di operare un miglioramento di ciascun edificio analizzato agendo su i valori di trasmittanza richiesti dalla nuova normativa.

Pertanto i valori riportati nei grafici che seguono devono essere commentati in relazione soprattutto all'obbiettivo di perseguire soluzioni tecnologiche in grado di garantire un duplice risultato: ridurre i consumi energetici al fine non solo di un reale risparmio da parte dell'utenza ma un più corretto atteggiamento nei confronti dell'ambiente grazie anche alla riduzione dell'emissioni di CO₂.

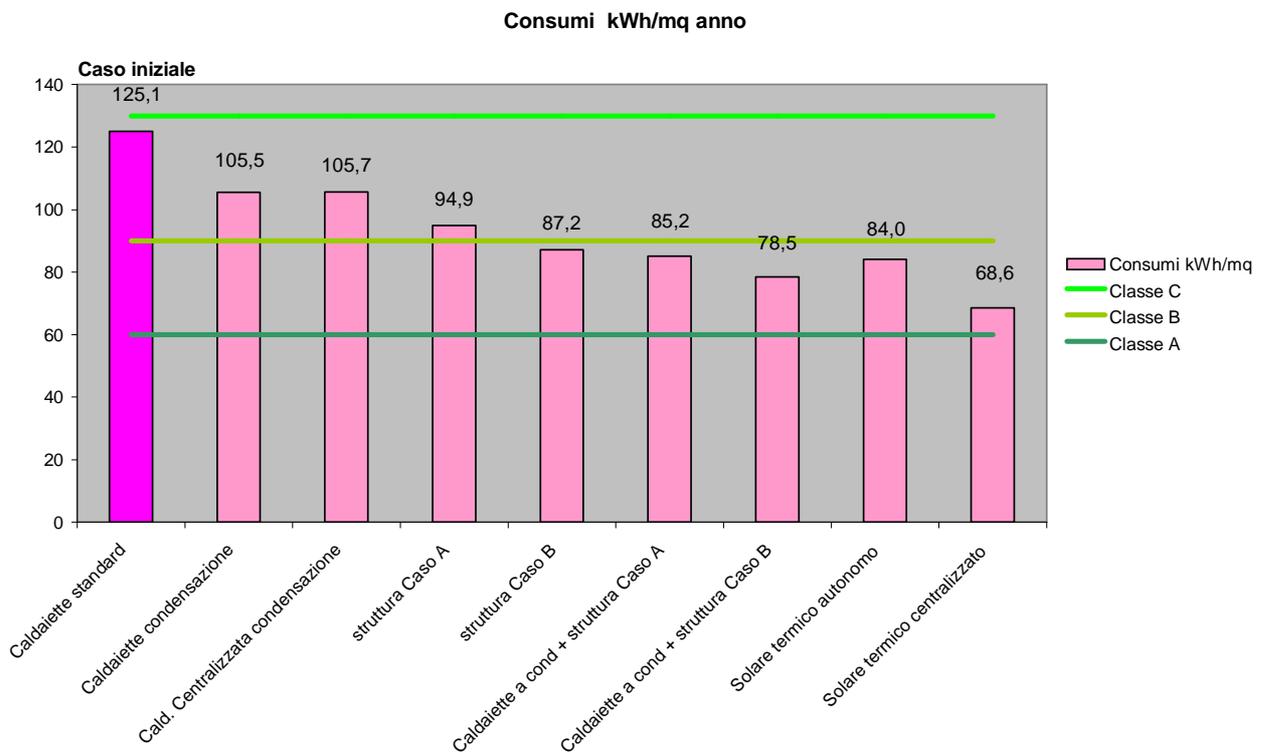
Indice di consumo di energia per mq

Nell'istogramma a seguito riportato è stato indicata per ciascuna soluzione progettuale (stato di fatto e ipotesi di miglioramento) l'indice annuale d di consumo di energia per mq. di edificio.

Le soluzioni progettuali sono quelle già proposte nella scheda migliorativa (cfr. pag 116), in particolare :

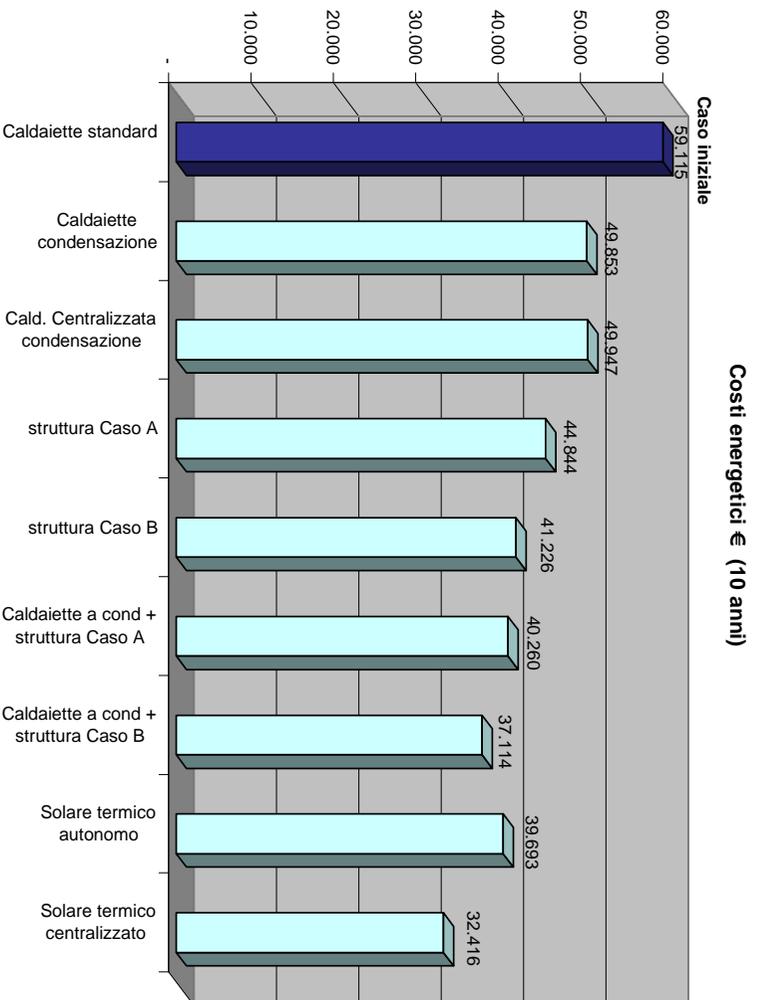
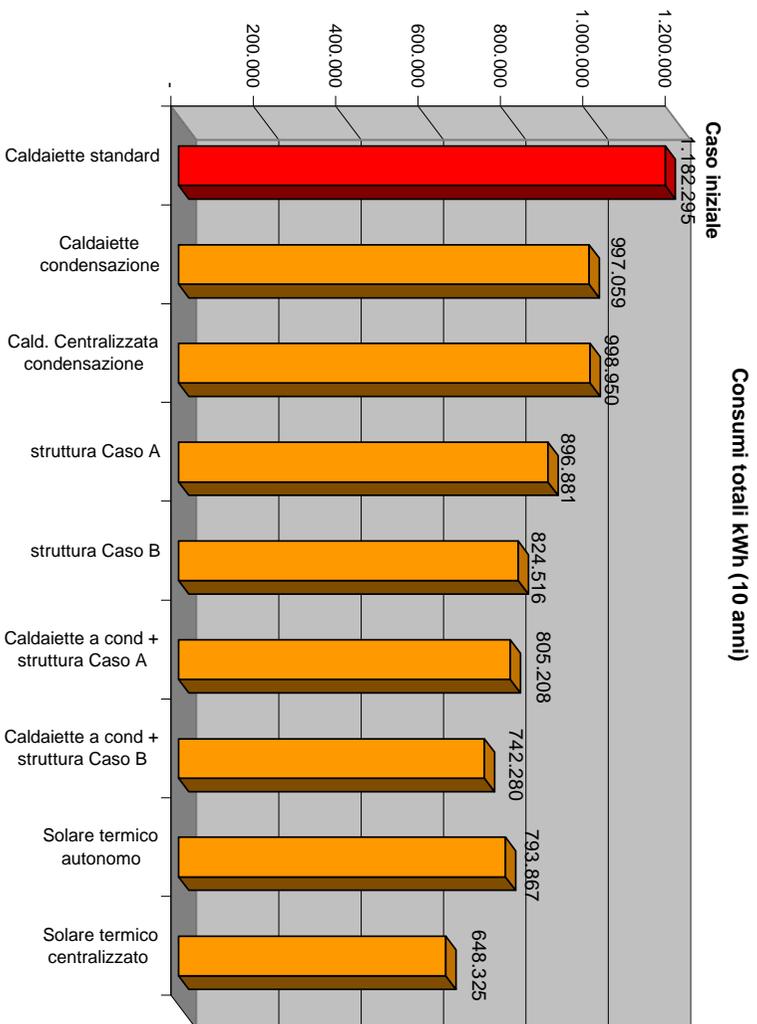
- Il consumo/mq del “caso iniziale” è riferito al progetto originale;
- I consumi/mq del caso “caldaiette condensazione” e “caldaia centralizzata a condensazione” sono stati calcolati sostituendo alle caldaiette standard le caldaiette a condensazione e una caldaia centralizzata a condensazione;
- I consumi/mq del caso “Struttura Caso A” e “Struttura Caso B” sono stati calcolati imponendo due valori diversi per la trasmittanza termica dell'edificio (da D.Lgs 19 agosto 2005 n°192 e parametri 2009). I consumi di energia sono stati calcolati sia nel caso di caldaiette modulanti che di caldaiette a condensazione;
- L'indice consumo/mq per l'adozione della tecnologia solare termico nel caso iniziale e nel caso di impianto centralizzato a condensazione.

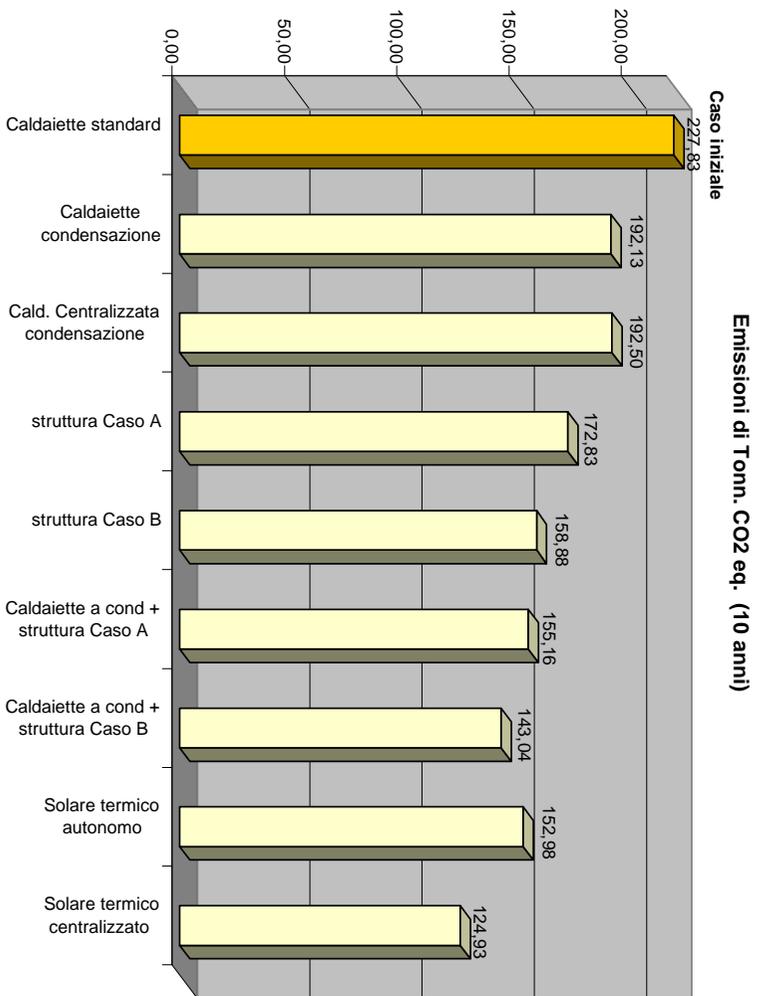
Indice di consumo di energia per mq



Previsioni nel tempo dei consumi di energia ed ai relativi costi

La previsione è stata effettuata su un arco temporale di 10 anni, nei grafici seguenti sono state riportati consumi stimati di energia, i costi e le emissioni di CO₂ eq. che ne derivano, mettendo a confronto le diverse soluzioni progettuali.





La tabella seguente, oltre a riportare i valori indicati nei singoli grafici in merito ai consumi di energia relativi alle diverse soluzioni progettuali, indica anche i rendimenti di produzione e quelli globali di ciascun sistema esaminato. Inoltre relativamente all'ipotesi di installazione di un impianto solare (cfr. scheda miglioramento), ne è stato quantificato il costo su base unitaria (mq) e globale (dell'intero edificio) e il risparmio ottenibile riferito alle diverse soluzioni proposte.

Edificio D Superficie netta riscaldata	945,08 mq
---	------------------

	Consumi	Rendimento di produzione	Rendimento globale	Classe energetica
Soluzione realizzata con caldaiette standard				
energia primaria	125,1 kWh/mq	0,807	0,723	C
Caldaiette a condensazione				
energia primaria	105,5 kWh/mq	0,954	0,858	C
Caldaia centralizzata modulante				
energia primaria	118,4 kWh/mq	0,828	0,742	C
Caldaia centralizzata a condensazione				
energia primaria	105,7 kWh/mq	0,927	0,83	C
Miglioramento involucro (trasmittanza)				
modulante				
energia primaria - caso A	94,9 kWh/mq			C
energia primaria - caso B	87,2 kWh/mq			B
condensazione				
Consumo di energia primaria - caso A	85,2 kWh/mq			B
Consumo di energia primaria - caso B	78,5 kWh/mq			B

SOLARE			Consumi		EURO
Autonomo					
superficie necessaria	mq	49,5			
copertura		61 %			
costo unitario	al mq				1.000,00
costo totale					49.500,00
risparmio ottenibile			41,1	kWh/mq	2.014,00
Centralizzato					
superficie necessaria	mq	34,65			
copertura		57 %			
costo unitario	al mq				750,00
costo globale					25.987,00
risparmio ottenibile			37,1	kWh/mq	1.815,00

4. CONCLUSIONI

Il raggiungimento dell'obiettivo, ovvero definire i costi di costruzione di un edificio realizzato con criteri di bioedilizia e di risparmio energetico, rispetto ad un edificio di edilizia "corrente" scopo prioritario della ricerca, ha comportato necessariamente la costruzione di un percorso metodologico di notevole complessità ma necessario al fine di rispettare e garantire il requisito della misurabilità del dato.

La costruzione del metodo di lavoro, la definizione del sistema di analisi, consentirà di sviluppare ulteriormente la ricerca avviata, cercando così di pervenire ad una maggiore fondatezza del dato acquisito, anche grazie, si spera, ad una più ampia casistica di realizzazioni future in ambito provinciale.

Vorremmo a questo punto soffermarci in particolare sulla **coppia rappresentata dall'edificio in bioedilizia e da quello rispondente alle caratteristiche di edilizia corrente.**

Dai costi di costruzione di appalto, che come più volte ricordato sono da intendersi relativi ai soli edifici, con esclusione delle aree esterne, delle relative reti impiantistiche interrato o aeree, delle recinzioni, degli allacciamenti, ecc., si evince che il **maggior costo** dell'edificio in bioedilizia rispetto a quello di edilizia corrente è del **14,21%**, differenza che tende a ridursi a seguito degli interventi migliorativi relativi al risparmio energetico (dal 14,21% al 13,00% relativo al caso B); si precisa inoltre che il dato non tiene conto degli eventuali incentivi erogabili dagli Enti pubblici di riferimento.

A fronte del maggior costo, oltre naturalmente al minor impatto ambientale rappresentato dall'edificio in bioedilizia nel suo intero ciclo di vita (LCA), sono da considerare i minori consumi di energia e una minore emissione di CO₂ in atmosfera.

Nel complesso, dai risultati della ricerca svolta, in riferimento ad entrambe le coppie di edifici analizzati, emerge un dato importante, un requisito prestazionale imprescindibile: la necessità di perseguire l'obiettivo della **riduzione consistente dei consumi energetici**, ottenibile sia attraverso migliori e più efficienti coibentazioni, ricorrendo all'uso di materiali sostenibili, sia mediante l'utilizzo di tecnologie più efficienti, a basso impatto ambientale (emissioni di CO₂), rinnovabili e alternative.

Infine nel ribadire che questo lavoro di ricerca rappresenta un primo *step*, da approfondire nel corso degli anni, riteniamo che la maggior diffusione e applicazione di una progettazione attenta ai contenuti di biosostenibilità e di bioedilizia consentirebbe una progressiva riduzione del range

dei maggiori costi rispetto a quelli dell'edilizia corrente, conseguente anche alle dinamiche concorrenziali del mercato e alle ottimizzazioni produttive su ampia scala.