



RENATA MORBIDUCCI

CLARA VITE

RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE

Processi di Ottimizzazione

Genova University Press
Collana **Sustainable Design and Construction**

Responsabili Scientifici della collana:
Prof. Christiano Lepratti, Prof. Renata Morbiducci

Comitato Scientifico:

Carmen Andriani
(University of Genoa, I)

Thomas Auer
(Technische Universitaet Muenchen, D)

Umberto Berardi
(Ryerson University, Toronto, CDN)

Enrico Dassori
(University of Genoa, I)

Andrea Giachetta
(University of Genoa, I)

Christiano Lepratti
(University of Genoa, I)

Marylís Nepomechie
(Florida International University – Miami, USA)

Renata Morbiducci
(University of Genoa, I)

Thomas Spiegelhalter
(Florida International University – Miami, USA)



RENATA MORBIDUCCI
CLARA VITE

RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE

Processi di Ottimizzazione





è il marchio librario dell'Università degli studi di Genova



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova
Dipartimento Architettura e Design
Scuola Politecnica

DAD Dipartimento Architettura e Design
Stradone S. Agostino 37, 16123 Genova
www.arch.unige.it - www.architettura.unige.it

La pubblicazione è una sintesi di alcune ricerche condotte per un Progetto Europeo (R2CITIES) e per un Assegno di Ricerca finanziato dalla Regione Liguria di durata biennale. In entrambi i casi, il responsabile scientifico è la Prof. Renata Morbiducci e le ricerche sono state sviluppate insieme a Clara Vite, e in collaborazione con altri studiosi del panorama internazionale.

Editing curator, progetto grafico e impaginazione: Salvatore Russo

Il presente volume è stato sottoposto a doppia peer-review



Realizzazione Editoriale
De Ferrari Comunicazione srl
via D'Annunzio 2 • 16121 Genova
Tel 010 59 56 111 / 010 58 76 82 • Fax 010 0986823
info@deferrarieditore.it
www.deferrarieditore.it

*L'editore rimane a disposizione per gli eventuali diritti sulle immagini pubblicate.
I diritti d'autore verranno tutelati a norma di legge.*

Riproduzione vietata, tutti i diritti riservati dalla legge sul diritto d'autore
ISBN: 978-88-97752-74-5

Prefazione

“In ogni tempo, per esercitare l’architettura secondo la sua vera e nobile missione, una vasta cultura fu necessaria e, se qualche volta uomini poco istruiti hanno operato degnamente in quest’arte, non dobbiamo arguirne in contrario; ma arguire piuttosto che per tali uomini non vi furono gravi esigenze oltre quelle inerenti all’arte e che in essi la concentrazione in una sola attività, la facoltà intuitiva e la sublimità dell’ingegno tennero luogo in quella cultura”.

Con queste parole l’architetto Carlo Gelati iniziava, nel 1899, il corso di Architettura presso la Regia Scuola di applicazione per gli ingegneri in Torino. Proprio in quegli anni, a dimostrazione della consapevolezza di quanto fosse necessario sviluppare il sapere tecnico in funzione di un’Architettura che non poteva esaurirsi nella sola dimensione estetica, nasceva l’Architettura Tecnica come insegnamento affiancato ai tradizionali corsi di meccanica strutturale dei quali rappresentava, ai fini della formazione professionale dell’ingegnere, l’indispensabile versante applicativo-costruttivo.

L’evento sismico di Messina avrebbe di lì a poco reso necessario anche il formarsi di una cultura normativa specifica, cultura che trovò nei contenuti della Tecnica delle Costruzioni il definitivo assetto scientifico e regolativo.

Se scorriamo i circa centoventi anni che ci separano dalle parole del Gelati risulta evidente come l’Architettura Tecnica sia stata sempre partecipe del divenire della componente costruttiva dell’architettura, ora consolidando prassi acquisite, ora proponendo modelli risolutivi spesso anticipatori di elaborazioni poi fatte proprie nelle applicazioni progettuali. Proprio l’Architettura Tecnica, nel suo essere crocevia di analisi e sintesi, ha spesso fornito il supporto al formarsi del *corpus* normativo in logica prestazionale, e al maturare dell’approccio scientifico alla gestione organica del prodotto edilizio. Tutto questo sempre in linea con i repentini cambiamenti del quadro operativo.

Proprio ragionando su questi cambiamenti è a tutti evidente come sia mutato, soprattutto negli ultimi venti-trent’anni, il concetto di costruzione edilizia, intendendo l’edilizia non come sottoprodotto dell’architettura (o come architettura privata del suo orizzonte di senso, come dicono alcuni) ma come sua necessaria espressione costruttiva. Fra i tanti cambiamenti il prepotente affacciarsi degli aspetti fisici, finalizzati al comfort abitativo, la pervasività delle componenti impiantistiche, l’ineluttabilità della presa in conto, in fase progettuale, di cantiere e di gestione/manutenzione, degli aspetti economico-finanziari.

Il lavoro di Renata Morbiducci e Clara Vite, sviluppando il tema dell’ottimizzazione, che oggi è indiscutibilmente alla base di ogni scelta progettuale, si inserisce coerentemente nel percorso evolutivo dell’Architettura Tecnica, e offre un importante

contributo allo sviluppo di metodi decisionali per la riqualificazione sostenibile del costruito.

Nella pubblicazione viene esposta con chiarezza una metodologia di approccio al problema; le Autrici, nella corretta interpretazione della specificità disciplinare, non si limitano alla formulazione di astratte teorie ma propongono, cimentandosi con un caso studio di notevole complessità, l'immediata verificabilità delle stesse.

E' questa l'occasione per spronare Clara a perseguire con entusiasmo e umiltà la difficile strada intrapresa, e per esprimere a Renata tutto il mio apprezzamento per il valore e la continuità della sua ricerca, attività volta congiuntamente anche all'impegno didattico nei Corsi di Ingegneria Edile-Architettura e Ingegneria Civile ambientale.

Enrico Dassori

Ordinario di Architettura Tecnica

Direttore del Dipartimento Architettura e Design

Sommario

1.	Introduzione	11
1.1.	La diagnosi energetica in Italia	16
1.2.	Metodo di ottimizzazione per la riqualificazione sostenibile	17
2.	Stato di fatto della costruzione	21
2.1.	Raccolta dati	21
2.1.1.	Livello ambientale	21
2.1.2.	Livello tipologico	23
2.1.3.	Livello di dettaglio	24
2.2.	Determinazioni delle prestazioni attuali	25
3.	Progettazione degli interventi	29
3.1.	Definizione delle ipotesi di intervento	29
3.1.1.	Proposte sull'involucro	30
3.1.2.	Proposte sui sistemi impiantistici	30
3.2.	Valutazione e scelta delle ipotesi intervento	32
4.	Valutazione degli interventi	41
4.1.	Misure e verifiche (M&V)	41
4.2.	Protocolli esistenti	44
4.2.1.	<i>International Performance Measurement and Verification Protocol</i>	44
4.2.2.	<i>Measurement and Verification for Federal Energy Projects</i>	47
4.2.3.	<i>ASHRAE Guideline 14-2002</i>	48
4.2.4.	<i>Greenhouse Gas Protocol</i>	49
4.2.5.	<i>California Energy Efficiency Evaluation Protocols</i>	50
4.2.6.	<i>The Best Practice Guide to Measurement and Verification of Energy Savings</i>	50
5.	Caso studio: la "Diga Rossa" di Begato a Genova	51
5.1.	Analisi dello stato di fatto	52
5.1.1.	Raccolta dei dati	52
5.1.2.	Determinazione delle prestazioni attuali	61
5.2.	Progettazione	67
5.2.1.	Proposte di intervento sull'involucro	68
5.2.2.	Proposte di intervento sul sistema impiantistico	73
5.2.3.	Scelta degli interventi ottimali	75

Allegati

I.	Scheda per raccolta dati	81
II.	Scheda di sintesi	95
III.	Schede delle stratigrafie dello stato di fatto	97
IV.	Schede degli elementi trasparenti	111
V.	Schede delle stratigrafie di progetto	117
VI.	Schede degli elementi trasparenti di progetto	123

Riferimenti

I.	Libri	131
II.	Sitografia	133
III.	Riferimenti normativi	134

1. Introduzione

“Siamo arrivati a un punto della storia in cui dobbiamo regolare le nostre azioni verso il mondo intero, tenendo conto innanzitutto delle loro ripercussioni sull’ambiente. Per ignoranza o per negligenza possiamo causare danni considerevoli ed irreparabili all’ambiente terrestre da cui dipendono la nostra vita ed il nostro benessere. Viceversa, approfondendo le nostre conoscenze e agendo più saggiamente, possiamo assicurare a noi stessi e alla nostra posterità, condizioni di vita migliori in un ambiente più adatto ai bisogni e alle aspirazioni dell’umanità. Esistono ampie prospettive per il miglioramento della qualità dell’ambiente e la creazione di una vita più felice. Quello che occorre è un’entusiastica, ma calma disposizione d’animo ed un intenso ma ordinato lavoro. Per godere liberamente dei benefici della natura, l’uomo deve valersi delle proprie conoscenze al fine di creare in cooperazione con la natura, un ambiente migliore. Difendere e migliorare l’ambiente per le generazioni presenti e future, è diventato per l’umanità un obiettivo imperativo, un compito per la cui realizzazione sarà necessario coordinare e armonizzare gli obiettivi fondamentali già fissati per la pace e lo sviluppo economico e sociale del mondo intero”¹.

Quattro decenni sono passati da quando nella “Dichiarazione delle Nazioni Unite sull’ambiente umano” (STOCCOLMA 1972) sono state scritte queste parole di preavviso. La Dichiarazione è un avvertimento e un invito all’azione. Essa afferma che gli esseri umani devono essere più prudenti nei confronti dell’ambiente. Eppure in questi 40 anni i cambiamenti climatici sul nostro Pianeta per le inconsiderevoli azioni dell’uomo hanno continuato a creare scenari sempre più preoccupanti, non solo per la nostra generazione, ma soprattutto per le generazioni future, quelle dei nostri figli.

L’ormai raggiunto stato di alterazione degli equilibri climatici della Terra in ogni caso ci obbliga a considerare rimedi non solo in termini di “mitigazione”, ma anche di “adattamento”; mitigazione e adattamento, in una parola “resilienza”. Gli scenari sui cambiamenti climatici nei prossimi decenni, infatti, prevedono delle conseguenze ormai non recuperabili, come l’aumento della temperatura del pianeta, le variazioni anomale delle precipitazioni, l’incremento in frequenza e intensità di eventi climatici estremi, la crescita del rischio di desertificazione, la diminuzione dei ghiacciai e delle nevi perenni, l’innalzamento del livello del mare, ecc.

La sfida del nostro secolo è di raggiungere un equilibrio ambientale, pianificato e resiliente; tale sfida sarà vinta o persa nelle decisioni che saranno prese per i diversi

¹ Dichiarazione delle Nazioni Unite sull’ambiente umano (STOCCOLMA 1972), preambolo, punto 6.

settori delle attività umane; settori quali, trasporti, industria, agricoltura, allevamento, ..., costruzioni. Tali sfide sono comuni in tutto il mondo in termini di obiettivi, ma non in termini di problemi da affrontare e strumenti da usare. Limitando l'attenzione all'Europa e al settore delle costruzioni, uno dei temi centrali da affrontare è come i centri urbani saranno sviluppati, trasformati, adattati, rigenerati; questo perché i centri urbani hanno una rilevante influenza sui cambiamenti climatici (Figura 1.1). Le città, però, esistono da secoli, millenni, la maggior parte delle costruzioni non è efficiente secondo i paradigmi della resilienza climatica, ma è irrealistico immaginare di demolire e ricostruire circa il 50% dell'Europa edificata (escludendo gli edifici con valore storico e quelli edificati nel XXI secolo, BPIE, 2011, Figura 1.2). A questa osservazione si aggiunge il fatto che secondo la Commissione Europea (BPIE, 2011) il settore residenziale rappresenta circa il 75% della superficie totale costruita (Figura 1.3) per il quale le scelte sono condizionate molto, forse troppo, dal residente. La sfida, dunque, dipende da quanto si sarà in grado di trasmettere alle persone la cultura e la conoscenza dei cambiamenti climatici.

E' da qui che si vuole partire per introdurre il significato di riqualificazione. La riqualificazione di edifici, quartieri, intere parti di città, è un concetto diventato protagonista a partire dalla fine del XX secolo, spesso identificandolo, con atteggiamento semplicistico, nella richiesta di efficienza energetica. Da quel momento le direttive europee, le norme e leggi nazionali/locali hanno fissato limiti quasi esclusivamente con lo scopo di raggiungere un livello di efficienza energetica sempre più restrittivo.

Tali concetti sono stati recepiti dall'Unione Europea che si è data un obiettivo molto ambizioso: trasformare l'Europa nell'Europa Sostenibile entro il 2050. Stante che la revisione del patrimonio edilizio esistente è uno dei presupposti principali per raggiungere tale obiettivo, si può parlare non solo di riqualificazione, ma di riqualificazione sostenibile, concetto evidentemente più impegnativo. Ripercorrere

Urban and rural population in developed and less developed world regions, 1950-2050

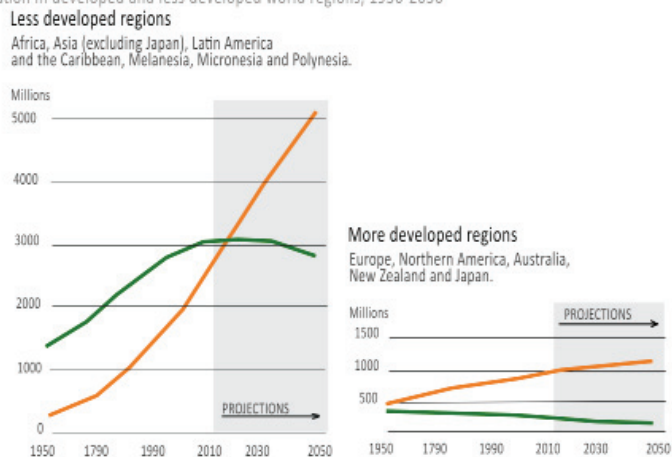


Figura 1.1 - Previsione della distribuzione della popolazione entro il 2050 (EEA, 2015).

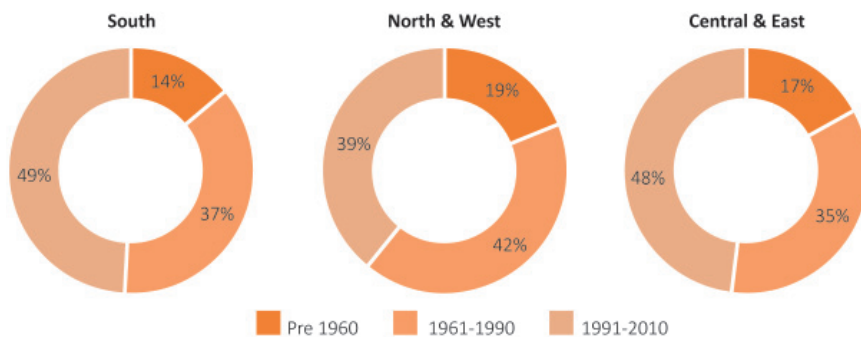


Figura 1.2 - Percentuali di epoca di costruzione del patrimonio edilizio europeo (BPIE, 2011).

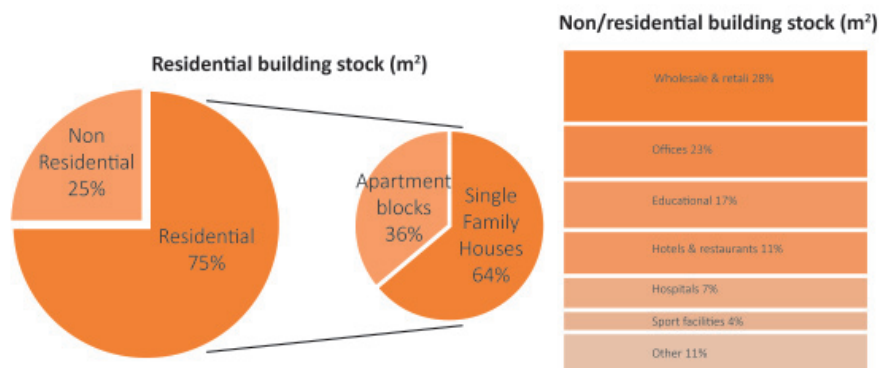


Figura 1.3 - Percentuali di destinazione d'uso del patrimonio edilizio europeo (BPIE, 2011).

la sequenza temporale della redazione di specifici documenti a partire dalla metà del XX Secolo, è un modo semplificato per sintetizzare la storia della progettazione/riqualificazione sostenibile.

- Protocollo di Kyoto: ha fissato le regole per raggiungere nel periodo di adempimento, 2008-2012, la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra nella misura media di almeno il 5% rispetto ai livelli raggiunti nel 1990. Il recepimento del Protocollo di Kyoto a livello europeo ha portato allo sviluppo di molteplici politiche rivolte al settore edilizio, al quale si attribuisce l'utilizzo di circa il 39% dell'energia prodotta da fonti energetiche convenzionali (Figura 1.4).
- La Direttiva Europea 2002/91/CE denominata "Energy Performance of Building Directive (EPBD)", che traduce i principi del Protocollo di Kyoto. Essa

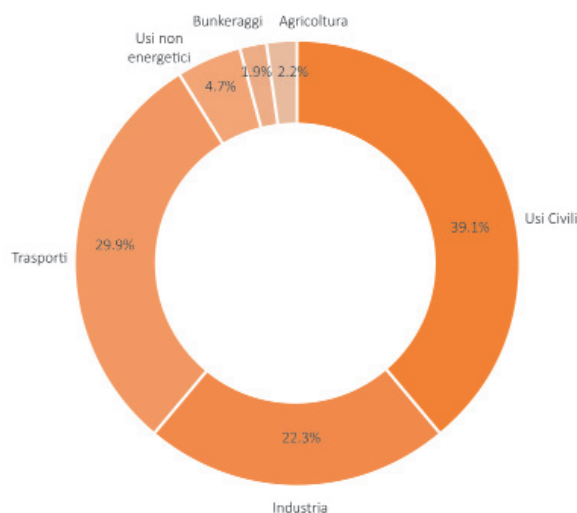


Figura 1.4 - Impieghi finali di energia per settore nel 2013 (Fonte: RAEE 2015 - ENEA).

ha l'obiettivo di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché di prescrivere le condizioni di benessere termoigrometriche degli ambienti interni e di controllare l'efficacia del contenimento dei costi.

La Direttiva contiene i seguenti quattro elementi principali:

- una metodologia comune di calcolo del rendimento energetico;
 - i requisiti minimi in materia di rendimento degli edifici di nuova costruzione e delle costruzioni esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;
 - i sistemi di certificazione energetica per edifici privati di nuova costruzione ed esistenti, i sistemi di attestato di rendimento energetico per gli edifici pubblici. In particolare gli attestati devono essere stati rilasciati nel corso degli ultimi cinque anni ed esposti in posizione visibile;
 - l'ispezione periodica delle caldaie e degli impianti centralizzati di aria condizionata negli edifici, la valutazione degli impianti di riscaldamento dotati di caldaie installate da oltre 15 anni.
- La Direttiva 2006/32/CE, denominata "L'efficienza degli usi finali dell'energia e servizi energetici", ha come obiettivo quello di adottare un quadro che obblighi le autorità pubbliche nazionali in materia di risparmio energetico e acquisto di energia efficiente, nonché di promuovere misure per l'efficienza energetica e i servizi energetici.

La Direttiva contiene:

- La definizione di diagnosi energetica, prevede che i singoli stati membri ne

assicurino la disponibilità e la diffusione. La diagnosi energetica viene definita come “una procedura sistematica volta a fornire un’adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività e/o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati”.

- La Direttiva 2010/31/CE, aggiorna e sostituisce la precedente Direttiva del 2002 con l’obiettivo di raggiungere nel 2020 un drastico taglio del 20% alle emissioni di gas serra, di aumentare la quota delle fonti rinnovabili del 20% e di ridurre i consumi di energia del 20%.

La Direttiva promuove:

- l’adozione di un comune quadro metodologico per il calcolo delle prestazioni energetiche;
 - la redazione di piani nazionali volti all’aumento del numero di costruzioni a “energia quasi zero”. In particolare si stabilisce che entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno obbligatoriamente essere edifici ad “energia quasi zero”, termine anticipato alla fine del 2018 per edifici appartenenti ad enti pubblici;
 - l’istituzione di un sistema di certificazione energetica con validità massima di 10 anni;
 - l’applicazione di requisiti minimi per gli edifici esistenti che richiedono importanti lavori di ristrutturazione ma anche per la costruzione, sostituzione o installazione di elementi che fanno parte dell’involucro dell’edificio.
 - la revisione dei requisiti minimi di prestazione energetica ogni 5 anni;
 - l’individuazione di requisiti ottimali di prestazione energetica per l’intera costruzione e dei suoi elementi costruttivi;
 - il miglioramento delle prestazioni energetiche delle costruzioni;
 - la considerazione delle condizioni locali climatiche, come esposizione al sole e illuminazione naturale;
 - l’efficacia degli interventi di riqualificazione delle costruzioni esistenti anche in funzione dei costi;
- La Direttiva 2012/27/UE sull’Efficienza Energetica, che viene adottata in via definitiva dall’Unione Europea il 25 ottobre 2012.

La Direttiva contiene:

- Le misure giuridicamente vincolanti atte a prescrivere agli Stati membri l’utilizzo dell’energia in maniera più efficiente in tutti gli stadi della catena energetica, dalla sua trasformazione fino alla sua distribuzione e al suo consumo finale.
- L’Atto di Parigi (2015): è un documento internazionale al di fuori della cronologia precedente, ma che influenzerà profondamente la cronologia futura. Nel

2015, durante la COP21 (*Conference of Parts*) tenutasi a Parigi, è stato sottoscritto l'Atto di Parigi, l'erede legislativo del Protocollo di Kyoto e attuale riferimento legislativo, dove si indicano i prossimi passi di salvaguardia dell'ambiente da qui al prossimo secolo. Il 4 novembre 2016, è entrato in vigore in quanto, ben 133 dei 192 paesi firmatari dell'accordo lo hanno ratificato. Questo è un grande e, forse per molti, sorprendente risultato, di gran lunga superiore alle aspettative. È stato raggiunto in nove mesi quello che fu raggiunto in otto anni per il Protocollo di Kyoto, evidente dimostrazione della presa di coscienza della seria necessità di limitare i danni legati ai cambiamenti climatici. L'Atto di Parigi vuole rafforzare la risposta globale contro le minacce dovute ai cambiamenti climatici: mantenere la temperatura globale in questo secolo ben al di sotto di 2 gradi centigradi rispetto ai livelli pre-industriali; incrementare ulteriormente gli sforzi degli Stati per limitare tale aumento a 1,5 gradi Celsius; rafforzare la capacità dei Paesi ad affrontare gli impatti negativi e ormai inevitabili.

Per raggiungere questi obiettivi ambiziosi saranno messi a disposizione adeguati flussi finanziari, per sviluppare nuove tecnologie e nuovi strumenti di sviluppo, sostenendo in tal modo anche le azioni aggiuntive necessarie per i paesi in via di sviluppo e per le regioni più vulnerabili.

1.1. La diagnosi energetica in Italia

È ancora d'interesse, in questo contesto, segnalare il Decreto Legislativo nazionale 30 maggio 2008, n. 115, strumento attuativo della direttiva 2006/32/CE, "Efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici". Esso, infatti, adegua la direttiva alle esigenze nazionali e specifica il concetto di diagnosi energetica.

La diagnosi energetica ha l'obiettivo di analizzare approfonditamente il sistema edificio/impianto al fine di quantificare e individuare l'utilizzo dell'energia per evi-

TIPOLOGIA DI ANALISI		DATI DI INPUT			Utilità o Scopo
Metodo	Nome	Uso	Clima	Edificio	
Calcolata	Progetto (Design)	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire
	Standard	Standard	Standard	Reale	Attestato di prestazione energetica
	Su Misura (Tailored)	In relazione allo scopo dell'analisi		Reale	Ottimizzazione, validazione e programmazione degli interventi di riqualificazione
Misurata	Operativa (Operational)	Reale	Reale	Reale	Attestato di prestazione energetica

Tabella 1.1 - Tipologie di analisi ricavate dalla UNI EN 15603.

denziarne potenziali occasioni di risparmio energetico. Questa tipologia d'indagine appartiene a una specifica categoria di analisi individuata dalla norma UNI EN 15603 (Tabella 1.1), in cui si prevede analisi "calcolate su misura per lo scopo dello studio" che porta a individuare le cause degli sprechi e di eventuali malfunzionamenti del sistema involucro/impianti. Esse non possono essere standardizzate ma la loro metodologia operativa si adatta e si conforma con le peculiarità e le esigenze di ciascun edificio, inteso come entità unica e singolare. La finalità di una diagnosi energetica, dunque, è quella di valutare le possibili soluzioni di riqualificazione del sistema involucro/impianti, prendendo in considerazione vari aspetti in relazione allo scopo dello studio².

La diagnosi energetica è stata sviluppata nel tempo con l'esperienza sul campo a partire dagli anni Settanta negli Stati Uniti. Anche nelle politiche europee è stata oggetto di grande attenzione: il JRC (*Joint Research Centre*) ha condotto per diversi anni studi finalizzati a comparare, valutare e promuovere metodologie di diagnosi degli edifici. Inoltre molti dei progetti europei finanziati hanno lo scopo di studiare e applicare a casi reali queste metodologie di analisi e di confrontare le conoscenze tra i diversi stati membri.

1.2. Metodo di ottimizzazione per la riqualificazione sostenibile

Nei paragrafi precedenti abbiamo introdotto la diagnosi energetica in quanto strumento operativo importante del processo progettuale della riqualificazione sostenibile. Partendo dai concetti di diagnosi energetica, di riqualificazione e di sostenibilità, qui si propone un metodo semplificato e operativo per il processo di riqualificazione; il metodo segue lo schema presentato in Figura 1.5 ed è il frutto di diverse esperienze di ricerca teoriche e applicative. L'obiettivo è quello di stabilire un processo sistematico e replicabile per la riqualificazione sostenibile di edifici esistenti. Il processo proposto è organizzato in macro fasi:

ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Gli obiettivi di questa prima fase sono quelli di definire le esigenze del committente, stabilire le finalità dello studio, conoscere l'entità (edificio, quartiere, città) stu-

² La certificazione energetica, recentemente ridefinita con il Decreto Legge del 4 giugno 2013, n. 63 "Attestato di Prestazione Energetica" (APE), ha come obiettivo principale quello di realizzare una "fotografia" della qualità energetica di un sistema involucro/impianti, nelle forme più semplici possibile in modo tale da essere comprensibile anche per i non addetti ai lavori. Lo scopo finale è quello di confrontare la prestazione energetica con una metodologia standardizzata e di inserire il risultato ottenuto in una scala di classificazione per comprendere la qualità energetica del sistema analizzato. L'individuazione di eventuali interventi volti al risparmio energetico è un obiettivo secondario: difatti, questi, non vengono analizzati tecnicamente ma sono solo individuati come spunti e stimoli per il committente. Si vuole evidenziare, in base a quanto sopra scritto, che le informazioni racchiuse in una certificazione energetica non sono paragonabili alle analisi di dettaglio sviluppate nell'ambito di una diagnosi energetica.

diata tramite la raccolta della documentazione e le attività di rilievo in campo. Segue la determinazione delle prestazioni dei singoli componenti e dell'intero costruzione, evidenziandone le peculiarità sia negative sia positive che potranno essere lo spunto per il progetto di riqualificazione sostenibile.

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

Dopo aver portato a termine la diagnosi dello stato attuale, si procede con la fase di progettazione delle azioni di riqualificazione sostenibile.

Questa fase si articola in una prima formulazione delle ipotesi di soluzione per il sistema involucro/impianti derivanti dalla fase di diagnosi e dalle esigenze espresse dalla committenza. Successivamente, ciascuna ipotesi è studiata e simulata nel dettaglio al fine di valutarne vari aspetti: energetici, economici, ambientali, benessere abitativo, sociale, urbanistici, ecc. .

Combinando i risultati ottenuti, attraverso l'utilizzo di un metodo di ottimizzazione e attribuendo a ciascuna categoria un peso coerente con gli obiettivi prefissati dello studio, si classificano le diverse ipotesi di intervento. Infine in accordo con il committente si individuano gli interventi da realizzare e si procede con la progettazione di dettaglio.

VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI³

A lavori ultimati è prevista la verifica dei risultati ottenuti in base ai principi della sostenibilità, nel significato più ampio possibile del termine, considerando quindi l'efficienza energetica e il benessere abitativo attraverso il monitoraggio dei consumi energetici e delle variabili di benessere (temperatura, umidità, intensità luminose, qualità dell'aria, ecc.) con l'utilizzo di specifici metodi di misura e verifica (metodi M&V). La fase di valutazione finale ha lo scopo di garantire che il progetto abbia soddisfatto tutti gli obiettivi richiesti dal committente e tutti gli altri soggetti o utenti coinvolti. Tale di monitoraggio può essere prolungato per tutta la vita dell'edificio, diventando strumento anche di manutenzione dell'edificio riqualificato.

Nei capitoli successivi è spiegata ciascuna fase del processo di riqualificazione ed è presentato un caso studio reale di un complesso residenziale di notevole dimensione, caso rappresentativo di un intero quartiere.

³La fase di esecuzione, che prevede le consuete operazioni per l'assegnazione dei lavori e la realizzazione degli stessi, non è trattata nel presente lavoro, ma è argomento di attuale discussione e ridefinizione soprattutto in base alle nuove evoluzioni nelle normative e nella digitalizzazione del processo di costruzione.

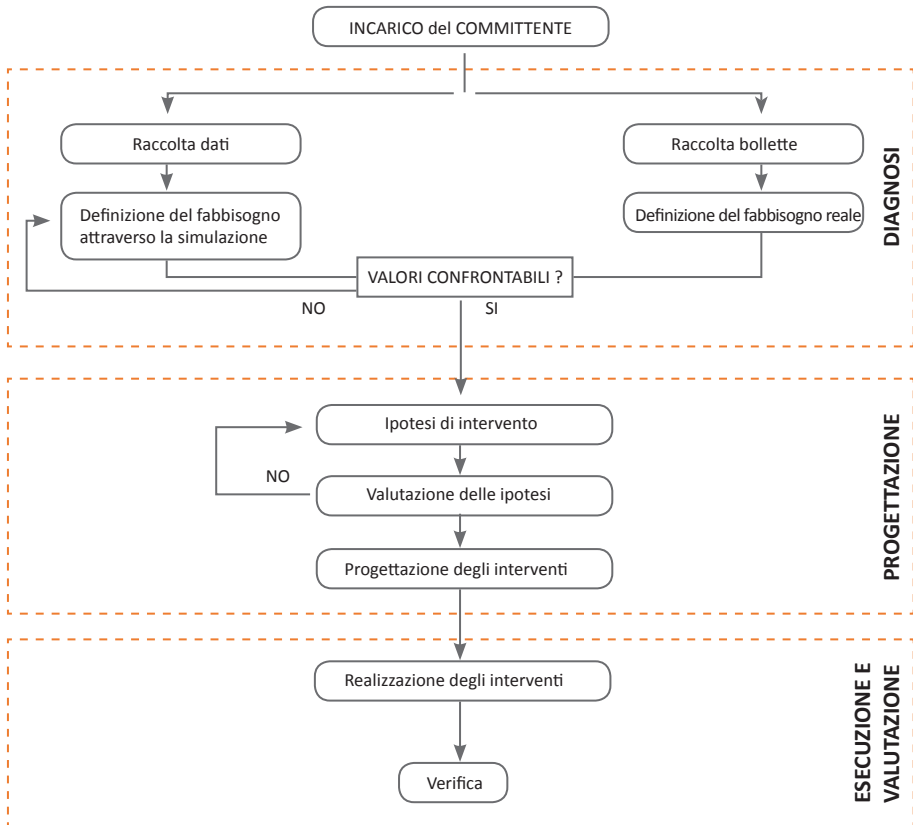


Figura 1.5 - Schema dell'applicazione dell'analisi energetica e sostenibile.

2. Stato di fatto della costruzione

La fase di analisi dello stato di fatto della costruzione inizia con gli incontri preliminari con il committente, durante i quali si chiariscono le esigenze e vengono definiti gli obiettivi dell'intervento. Successivamente si procede con la raccolta delle informazioni, della documentazione e delle attività di rilievo in campo. La raccolta dei dati e la verifica della loro affidabilità sono gli elementi essenziali per la buona riuscita del processo di riqualificazione, inoltre un'accurata raccolta del materiale documentale disponibile consente di ridurre i tempi e i costi delle attività di rilievo in situ. Una volta raccolte tutte le informazioni si determinano le prestazioni dei singoli componenti e dell'intero edificio.

2.1. Raccolta dati

La fase di raccolta dati prevede un primo reperimento della documentazione tecnica in possesso del committente e/o dell'eventuale amministratore condominiale, seguito dall'integrazione tramite sopralluoghi e rilievi in situ. Dato che si sta parlando di edifici esistenti è spesso difficile recuperare tutte le informazioni necessarie per eseguire lo studio; per sopperire a eventuali carenze, si può far ricorso alla memoria storica degli utenti e all'abilità ed esperienza del tecnico, con la riserva di eseguire ex-post calcoli per un'analisi di sensibilità e verifica delle assunzioni fatte.

Nei paragrafi seguenti vengono elencati i dati necessari per effettuare la diagnosi dello stato di fatto, non specificando la metodologia da impiegare per ottenere le informazioni poiché essa sarà scelta a discrezione del tecnico che esegue lo studio in relazione alla tipologia di edificio indagato.

La raccolta dei dati viene articolata in tre differenti livelli: ambientale, tipologico e di dettaglio.

2.1.1. Livello ambientale

Il primo passo da compiere per effettuare l'analisi di un edificio è quello di studiare e comprendere il contesto in cui si trova, poiché i fattori ambientali del sito possono influire ovvero essere sfruttati per creare il benessere abitativo interno.

I più importanti fattori ambientali possono essere ulteriormente suddivisi in tre gruppi:

IL CLIMA E I FENOMENI METEOROLOGICI

Le caratteristiche del clima locale e i conseguenti fenomeni climatici devono essere tradotti in dati quantitativi per la valutazione delle condizioni ambientali esterne (temperatura, umidità, luminosità, ecc.), per le conseguenti interazioni con l'edificio (flusso di calore, flusso d'aria, luminosità, ecc.) e infine per le successive scelte progettuali.

Alcuni di questi dati possono essere reperiti nelle norme nazionali che contengono dati statistici utili per avere una prima idea delle caratteristiche climatiche della zona analizzata. In uno studio di dettaglio, però, non ci si può fermare ad essi, ma occorre utilizzare dati provenienti da stazioni meteorologiche locali vicine o, se possibile, installate in situ.

Di seguito sono elencati i dati quantitativi necessari per la diagnosi. Essi devono essere raccolti con una frequenza adeguata al tipo di studio effettuato.

- Zona climatica;
- Gradi Giorno;
- Temperature esterne di progetto;
- Temperature esterne;
- Irradianza media orizzontale (nel mese di massimo irraggiamento);
- Umidità relativa interna di progetto;
- Temperatura interna di progetto;
- Velocità e direzione dei venti;
- Precipitazioni;
- Umidità relativa con indicazione del punto di rugiada;
- Pressione;
- Radiazione solare nei diversi orientamenti;
- Ore giornaliere di luce diurna e crepuscolare;
- Stato del cielo;
- Periodo di riscaldamento (durata, data di inizio e fine);
- Periodo di raffrescamento (durata, data di inizio e fine);
- Altri ulteriori dati specifici per il singolo studio.

LA MORFOLOGIA DEL SITO

Il termine "morfologia del sito" indica lo studio delle diverse "forme" del sito oggetto della diagnosi. Anche per la morfologia, come per il clima, alcuni dati statistici generali sono utili per avere una prima idea delle caratteristiche della zona analizzata, mentre i dati statistici specifici morfologici possono essere utilizzati per considerazioni di dettaglio.

I dati da reperire sono elencati qui di seguito.

- Le coordinate geografiche (latitudine, longitudine);
- Altezza sul livello del mare;
- Caratterizzazione sintetica del sito Morfologia;
- Mappe delle altimetrie del terreno;
- Altri ulteriori dati specifici per il singolo studio.

LE CARATTERISTICHE LOCALI DEL SITO

L'ultima categoria di informazioni da raccogliere a livello ambientale sono le caratteristiche locali del sito che possono influire sul microclima. In questo ambito rientrano le seguenti informazioni:

- Tipo di suolo (caratteristiche luce solare riflessa, Albedo, ecc.);
- Caratteristiche della vegetazione;
- Presenza di bacini d'acqua;
- Vicinanza a zone industriali o urbane di notevoli dimensioni;
- Altri ulteriori dati specifici per il singolo studio.

2.1.2. Livello tipologico

L'analisi del rapporto tra l'ambiente esterno e l'edificio situato in un luogo specifico è l'obiettivo principale dei "principi tipologici" applicati alla riqualificazione sostenibile.

In particolare, l'applicazione dei principi tipologici corrisponde all'analisi delle caratteristiche volumetriche dell'edificio inserito in un ambiente esterno al fine di verificare quanto lo stato di fatto sia "compatibile" con l'ambiente stesso.

Tra i principi tipologici è suggerita la valutazione dell'orientamento della costruzione, la forma dell'edificio, la distribuzione degli spazi interni e la tipologia dei sistemi per il condizionamento.

ORIENTAMENTO DELLA COSTRUZIONE

La valutazione dell'orientamento può essere fatta in rapporto a tre diversi fattori ambientali: la radiazione solare, il regime del vento, la morfologia del sito.

Nello specifico per determinare il corretto orientamento rispetto alla radiazione solare e valutare gli apporti solari passivi nei regimi invernale, estivo e intermedio (quando la temperatura esterna è compresa tra il limite invernale e quello estivo) occorre raccogliere le informazioni relative all'orientamento dei diversi prospetti della costruzione, delle percentuali di elementi trasparenti dell'involucro e dei corrispondenti spazi interni.

Per valutare l'orientamento rispetto al regime dei venti, al fine di sfruttarli nel regime estivo per una ventilazione naturale passiva o per ripararsi da essi in regime invernale, occorre analizzare la direzione e velocità dei venti in funzione dell'orientamento dei prospetti, la posizione delle parti trasparenti e degli spazi aperti.

Infine per valutare l'orientamento in base alle caratteristiche morfologiche del sito si utilizza la clivometria del sito in rapporto ai prospetti e alle parti trasparenti dell'involucro.

FORMA DELL'EDIFICIO

Nella storia dell'architettura sostenibile si possono trovare svariati studi condotti sull'ottimizzazione della forma e della volumetria di un edificio in relazione ai fattori caratteristici delle diverse zone climatiche. Questi fattori riguardano principalmente:

la forma, il rapporto S/V^1 dell'edificio, la distribuzione interna degli spazi considerando le proprietà specifiche. È evidente che in un progetto di riqualificazione è possibile solo verificare, secondo i criteri della progettazione sostenibile, se le scelte fatte in sede di progettazione e costruzione sono adeguate al sito in cui si trova l'edificio e se la distribuzione degli spazi interni è tale da consentire il raggiungimento delle condizioni ottimali di benessere abitativo (apporti solari in inverno, ventilazione in estate, luce naturale diurna, ecc.).

TIPOLOGIA DEI SISTEMI IMPIANTISTICI

Oltre ai dati tipologici dell'involucro, la raccolta dei dati deve riguardare anche i sistemi impiantistici (condizionamento invernale ed estivo, produzione dell'acqua calda, produzione di energia da fonti rinnovabili, illuminazione interna, ecc.).

In particolare è necessario reperire le seguenti informazioni:

- Posizione Rispetto ad altri edifici (isolato, a schiera, ecc.);
- Superficie lorda;
- Superficie netta;
- Altezze interne e altezza complessiva dell'edificio [m].
- Tipo di riscaldamento [centralizzato / autonomo];
- Carburante [metano / gasolio / olio combustibile / elettricità];
- Tipo di bruciatore [monostadio / modulante];
- Tipo di fluido termovettore [acqua / aria];
- Tipologia dei terminali di emissione [radiatori / convettori];
- Tipologia di regolazione [climatica / ambiente / climatica + ambiente / Zona / Zona climatica + termostato];
- Tipologia del sistema di raffreddamento [elettrico / assorbimento].
- Tipologia di produzione di acqua calda sanitaria;
- Tipologia di impianto per la produzione di energia da fonti rinnovabili [Foto voltaico / solare / ibrido];
- Tipologia di illuminazione interna [Incandescenza / Alogene / Fluorescenti / LED / Neon].

2.1.3. Livello di dettaglio

La raccolta dei dati di dettaglio riguarda le caratteristiche tecniche e tecnologiche dell'intero sistema involucro/impianti. Queste caratteristiche comprendono i materiali, gli elementi costruttivi, le tecniche costruttive, i dettagli relativi ai sistemi impiantistici e ai consumi dell'edificio. Al fine di poter fare un'accurata valutazione dello stato di fatto e sviluppare poi uno studio delle possibili ipotesi per il progetto di riqualificazione occorre raccogliere informazioni il più possibile dettagliate.

¹ Il rapporto S/V è definito come il rapporto tra la superficie disperdente complessiva (S) e il volume lordo (V) dell'edificio.

In termini operativi si sono sviluppate schede per la raccolta dati da impiegare in fase di sopralluogo e delle successive elaborazioni di analisi (vedi allegati):

1. Scheda generale dell'edificio;
2. Scheda per il rilievo della stratigrafia delle pareti verticali opache;
3. Scheda per il rilievo della stratigrafia della copertura;
4. Scheda per il rilievo della stratigrafia del primo solaio;
5. Scheda per il rilievo degli elementi trasparenti;
6. Scheda di raccolta dei dati relativi ai consumi energetici;
7. Scheda di raccolta dati delle caratteristiche del sistema di riscaldamento;
8. Scheda di raccolta dati delle caratteristiche del sistema di raffrescamento;
9. Scheda di raccolta dati delle caratteristiche del sistema di produzione di acqua calda sanitaria;
10. Scheda di raccolta dati delle caratteristiche dell'impianto di produzione di energia da fonti rinnovabili;
11. Scheda di raccolta dati delle caratteristiche del sistema illuminazione interna;
12. Scheda di raccolta dati del comfort recepito dagli utenti.

2.2. Determinazioni delle prestazioni attuali

I dati raccolti nella fase precedente sono utili per sintetizzare le caratteristiche dell'edificio esistente (caratteristiche fisiche, prestazionali, strutturali, ecc.), e in particolare, permettono di ricostruire il comportamento dell'edificio in termini di consumi di energia primaria. Per questo si sviluppano due differenti modellazioni:

- La simulazione numerica del comportamento termodinamico del fabbricato;
- La costruzione del comportamento reale tramite i dati reali raccolti dalla fatturazione e dall'eventuale monitoraggio.

Una volta ottenuti i due modelli, quello simulato e quello reale, si procede a confrontarli al fine di validare il profilo energetico simulato e ottenere una base valida da impiegare nelle successive fasi di progettazione e valutazione degli interventi.

SIMULAZIONE ENERGETICA DELL'EDIFICIO

La norma ISO 13790:2008 "*Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling*" fornisce i metodi di calcolo per la valutazione del consumo di energia annuale per il riscaldamento e il raffreddamento di un edificio o di una parte di esso.

Questa metodologia comprende il calcolo dei seguenti parametri:

- Trasmissioni di calore della zona riscaldata o raffrescata a una temperatura interna costante, dovute dalla trasmissione e dalla ventilazione;
- Il contributo dei guadagni termici interni e solari per il bilancio termico dell'edificio;
- Il fabbisogno annuale per il riscaldamento e il raffrescamento, al fine di mantenere le temperature di benessere abitativo interno;

- Il consumo energetico annuale per il riscaldamento e il raffreddamento dell'edificio, con l'utilizzo delle norme pertinenti i sistemi impiantistici.

La ISO 13790:2008, inoltre, dà la possibilità di utilizzare diversi metodi di calcolo:

- Approccio in condizioni semi-stazionarie;
- Metodi di simulazione dinamica semplificata;
- Metodi di simulazione dinamica dettagliata.

Nello specifico di questa ricerca si è impiegato l'approccio in condizioni semi-stazionarie basato sulla metodologia di calcolo presente nelle UNI/TS 11300:2014; per la simulazione è stato scelto un *software*² in grado di simulare il comportamento degli edifici in base a tali norme UNI. Le verifiche relative alle prestazioni degli elementi, dell'involucro, dei sistemi impiantistici e dell'intero sistema involucro/impianti sono state effettuate sulla base delle normative vigenti in campo nazionale e regionale.

PROFILO ENERGETICO REALE

La raccolta delle fatture dei contratti per la fornitura di servizi permette di costruire il profilo energetico reale dell'edificio oggetto dell'analisi. Per valutare il consumo di combustibile e/o di assorbimento di energia elettrica, occorre associare le spese energetiche della zona soggetta a diagnosi alla fatturazione disponibile per ciascun vettore energetico, il mezzo che permette di trasportare l'energia da una forma ad un'altra.

Non sempre si ha una corrispondenza tra le zone soggette a diagnosi e i contatori, e quindi con le fatturazioni a cui queste fanno riferimento, pertanto il compito del tecnico è quello di individuare l'architettura del sistema di approvvigionamento dei vettori energetici relativa alle zone e di aggregare correttamente i dati reperiti. Per ottenere un profilo attendibile occorre avere a disposizione i consumi mensili di almeno tre anni. Nel caso questa condizione non fosse rispettata i risultati ottenuti saranno affetti da una maggiore incertezza.

CONFRONTO TRA PROFILO ENERGETICO SIMULATO E REALE

La calibrazione del modello è una fase molto importante della diagnosi, poiché è indispensabile disporre di uno strumento di simulazione numerica affidabile per le successive simulazioni delle ipotesi di riqualificazione. Il confronto permette di controllare se i dati di input sono corretti e quindi eseguire eventuali aggiustamenti al fine di avere congruenza fra il profilo energetico simulato e il profilo reale congruenti.

Per verificare la congruenza dei due valori si utilizza la seguente relazione:

$$\frac{|Q_{th} - Q_{real}|}{Q_{th}} \times 100 = x \quad [1]$$

² Nello specifico del caso studio riportato in seguito è stato utilizzato LETO 3.1, un software della suite ANIT (Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e Acustico) per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici protocollato dal CTI (n. 85/2016).

Nell'equazione [1] con Q_{th} viene indicato il consumo simulato e con Q_{real} il consumo reale. I risultati ottenuti sono considerati validi qualora vi siano scostamenti al di sotto del 15% (Tabella 2.1).

Nel caso invece in cui la congruenza non sia verificata occorre riprendere in esame i dati di input e le ipotesi adottate nella simulazione per verificarne la correttezza. Se da questo controllo non emergono errori o inesattezze e, se il *software* lo permette, si adatta la simulazione sino ad ottenere un modello coerente.

VALIDAZIONE MODELLO SIMULATO	
$x < 5\%$	Modello validato
$5\% < x < 15\%$	Modello validato con bassa congruità
$x > 15\%$	Modello non valido

Tabella 2.1 - Schema per la validazione del modello simulato.

3. Progettazione degli interventi

Nella fase di progettazione si definiscono le strategie per migliorare la sostenibilità e l'efficienza dell'edificio. Non vi sono regole prestabilite ma occorre, sulla base di una buona conoscenza delle peculiarità e delle caratteristiche del sito e della costruzione, individuare le migliori azioni per la riqualificazione del sistema involucro/impianto.

Prima di procedere con l'individuazione delle possibili ipotesi di intervento occorre stabilire l'obiettivo che si vuole raggiungere con la riqualificazione dell'edificio, in accordo con le richieste del committente. Tra le varie possibilità riscontrate nella pratica, si possono individuare i seguenti obiettivi:

- Raggiungimento dei limiti di trasmittanza degli elementi dell'involucro,
- Raggiungimento delle richieste per ottenere gli incentivi per la riqualificazione degli edifici;
- Ottimizzazione dei risparmi possibili con un *budget* prestabilito;
- Riqualificazione di una sola porzione dell'edificio;
- Riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra;
- Trasformazione dell'edificio in un "*edificio a consumo quasi zero*";
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

Una volta individuato l'obiettivo che si vuole, o si deve, raggiungere con il progetto di riqualificazione e le ipotesi di intervento possibili, si procede con la valutazione delle singole soluzioni e la scelta di quelle da realizzare. Infine si realizzano i veri e propri progetti degli interventi, dallo studio di fattibilità sino al progetto esecutivo.

3.1. Definizione delle ipotesi di intervento

In questo paragrafo si fornisce un quadro complessivo delle possibili ipotesi d'intervento sia sull'involucro sia sui sistemi impiantistici. Le soluzioni sono presentate sempre seguendo la suddivisione tra involucro e sistemi impiantistici. In entrambi i casi esse sono state pensate con l'intento di perseguire i principali obiettivi della progettazione sostenibile: gli obiettivi ambientali (riduzione dei fabbisogni energetici, riduzione dell'uso dei materiali, riduzione di ogni forma d'inquinamento, ecc.) e gli obiettivi sociali (aumento di ogni forma di benessere interno, sicurezza dell'utente, ecc.).

Gli interventi sull'involucro si possono considerare il "primo passo" da compiere per il raggiungimento di tali obiettivi al fine di ridurre il contributo delle soluzioni attive e ibride proprie dei sistemi impiantistici.

3.1.1. Proposte sull'involucro

La conoscenza qualitativa e quantitativa delle caratteristiche del microclima, della morfologia e delle peculiarità del sito in cui si trova la costruzione permette di individuare una serie di accorgimenti che possono aumentare le prestazioni sostenibili globali dell'involucro. Gli interventi proposti sono tutti di tipo passivo e sono distinti in tre categorie: condizionamento invernale, condizionamento estivo e illuminazione naturale.

PROPOSTE PER IL CONDIZIONAMENTO INVERNALE

- Isolamento termico dell'involucro opaco;
- Riduzione ed eliminazione dei ponti termici;
- Sostituzione dei serramenti esistenti;
- Inserimenti di pellicole basso-emissive;
- Inserimento di guarnizioni;
- Creazione di sistemi a captazione semidiretta (serra solare, veranda, ecc.);
- Creazione di sistemi a captazione indiretta (muro solare, parete ventilate/ventilanti, ...);
- Creazione di sistemi a captazione indipendente e ad accumulo;
- Riduzione altezza locali tramite controsoffittatura;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

PROPOSTE PER IL CONDIZIONAMENTO ESTIVO

- Ventilazione naturale;
- Inserimento o sostituzione delle protezioni solari;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

PROPOSTE PER L'ILLUMINAZIONE NATURALE

- Sfruttamento della luce diurna (colorazione con tinte chiare riflettenti, diffusione luminosa, ...)
- Sistemi a luce convogliata (camino solare, mensola solare, ...);
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

3.1.2. Proposte sui sistemi impiantistici

Le proposte ipotizzate sui sistemi impiantistici sono suddivise in cinque categorie: condizionamento invernale, condizionamento estivo, produzione di acqua calda sanitaria, impianto illuminazione interna e impianti per la produzione di energie da fonti rinnovabili.

IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO IN REGIME INVERNALE

- Sostituzione del generatore di calore;
- Sostituzione del bruciatore;

- Isolamento termico della rete di distribuzione;
- Installazione elettropompe e circolatori ad alta efficienza;
- Sostituzione del sistema di regolazione;
- Installazione di sistemi di contabilizzazione dell'energia;
- Sostituzione dei terminali di emissione;
- Aggiustamento degli orari di funzionamento;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO IN REGIME ESTIVO

- Sostituzione della macchina frigorifera;
- Installazione della macchina frigorifera;
- Installazione ventilatori con inverter;
- Installazione destratificatori d'aria;
- Isolamento termico dei canali di distribuzione;
- Aggiustamento degli orari di funzionamento;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

IMPIANTODI PRODUZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA

- Coibentazione del serbatoio d'accumulo;
- Sostituzione sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria;
- Aggiustamento della temperatura;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

- Installazione di temporizzatori digitali;
- Sostituzione lampade illuminazione;
- Installazione rilevatori di presenza;
- Installazione sensori di luce diurna;
- Installazione interruttori crepuscolari;
- Installazione di sistemi di automazione;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

- Installazione impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria;
- Installazione impianto solare fotovoltaico;
- Installazione di caldaia a biomassa;
- Acquisto di energia da fonti rinnovabili;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

GESTIONE

- Installazione di sistemi di automazione;
- Modifica del contratto di fornitura dell'energia elettrica;
- Modifica del contratto di fornitura del combustibile utilizzato;
- Altri ulteriori interventi specifici per il singolo studio.

3.2. Valutazione e scelta delle ipotesi intervento

Per la fase di valutazione e scelta degli interventi viene proposto un approccio operativo che analizza nel dettaglio ciascuna ipotesi di riqualificazione in base a obiettivi specifici. Tali obiettivi sono numerosi e dettati dalle ragioni dello sviluppo sostenibile; si tratta quindi di obiettivi ambientali, sociali ed economici.

La numerosità degli aspetti analizzati per la scelta delle soluzioni progettuali induce ad applicare metodi di ottimizzazione basati sul calcolo di parametri valutativi. Un processo di ottimizzazione prevede proprio questo: fissare degli obiettivi quantitativi e qualitativi, scegliere dei parametri di valutazione, eseguire delle analisi per individuare le soluzioni con il maggior grado di soddisfazione ammissibile.

Per rendere operativa la procedura proposta le macro-categorie degli obiettivi sostenibili sono suddivisi in più specifici aspetti di analisi:

- Obiettivi ambientali: energetici, di emissioni inquinanti e d'impronta ecologica (consumo di risorse naturali);
- Obiettivi sociali: urbanistici, di benessere abitativo, di condivisione;
- Obiettivi economici.

Nel seguito sono presentati i parametri di valutazione scelti nelle diverse macro-categorie

OBIETTIVI AMBIENTALI - ASPETTI ENERGETICI

- Consumo finale di energia [kWh/m² anno]
La valutazione dell'efficacia degli interventi può essere valutata indicando il consumo finale di energia ottenuto attraverso la simulazione della soluzione sul modello dello stato di fatto e confrontando il valore ottenuto per ciascuna soluzione individuata.
- Riduzione dei consumi di energia primaria [%]
La valutazione dei risparmi ottenibili è effettuata confrontando il fabbisogno ottenuto dalla simulazione dell'intervento sul modello e il fabbisogno teorico già trovato tramite la simulazione dell'edificio nella fase precedente di diagnosi. Nel caso in cui non sia possibile simulare l'intervento sul modello teorico, si possono ottenere stime del potenziale risparmio in letteratura o recuperando casi in cui sia già stato realizzato un intervento equivalente e siano poi stati monitorati i risultati.
- Energia di picco e profilo energetico del fabbisogno di energia termica [kW]
Questo parametro valuta il profilo energetico dell'edificio analizzato e si può ottenere per gli interventi ipotizzati attraverso una simulazione dinamica che restituisca il fabbisogno di energia termica ora per ora della zona riscaldata considerata.
Questo parametro può essere utile per verificare l'incidenza dell'intervento ipotizzato sia sull'intero profilo energetico che sul valore di picco, così da poter ridurre la potenza dei sistemi impiantistici.

- Energia di picco e profilo energetico del fabbisogno di energia elettrica [kW]
Questo parametro valuta il profilo energetico dell'edificio analizzato e si può ottenere per gli interventi ipotizzati attraverso una simulazione dinamica che restituisca il fabbisogno di energia elettrica ora per ora della zona termica considerata.
Questo parametro può essere utile per verificare l'incidenza dell'intervento ipotizzato sia sull'intero profilo energetico che sul valore di picco, così da poter ridurre la potenza dei sistemi impiantistici.
- Grado di conformità alle norme nazionali [%]
Il grado di conformità rispetto alle leggi e norme nazionali indica lo scostamento percentuale tra il consumo finale di energia dell'edificio analizzati e il consumo di un edificio analogo costruito secondo i requisiti minimi nazionali per un edificio di nuova costruzione.
- Grado di autoapprovvigionamento energetico [kWh/kWh]
Il grado di autoapprovvigionamento energetico è definito come rapporto tra energia prodotta localmente e il consumo locale per un periodo di tempo stabilito che usualmente viene riferito ad un anno. Il parametro viene calcolato separatamente per i diversi tipi di energia: termica (invernale ed estiva) ed elettrica.
- Diffusione nel mercato nazionale al fine di misurare il grado di innovazione [n°]
Il grado di innovazione di una tecnologia o di un materiale può essere valutato sulla base del n° di utilizzatori nel panorama nazionale.

OBIETTIVI AMBIENTALI - EMISSIONI INQUINANTI

- Emissioni di gas ad effetto serra [t/m² anno]
Questo parametro quantifica le emissioni di gas ad effetto serra prodotte dall'edificio analizzato rapportate all'area utile, le emissioni sono causate da diversi fattori (riscaldamento spazio, raffreddamento spazio, acqua calda per uso domestico, elettrodomestici).

OBIETTIVI AMBIENTALI - IMPRONTA ECOLOGICA

- L'impronta ecologica è un indicatore che è stato introdotto per valutare il consumo di risorse naturali da parte dell'uomo rispetto alla capacità dell'ambiente di rigenerarle e di assorbire i rifiuti prodotti.

OBIETTIVI SOCIALI - ASPETTI URBANISTICI

- Impatto sui trasporti urbani [%]
L'obiettivo di questo indicatore è di valutare l'impatto sulle strade e sui trasporti pubblici. L'indicatore viene calcolato stimando l'aumento percentuale della superficie destinata ai trasporti urbani.

- **Impatto sugli spazi pubblici [%]**
Questo indicatore si riferisce all'impatto dell'intervento proposto sulla superficie circostante l'edificio destinata alla mobilità pedonale, al tempo libero, all'esercizio fisico, Rappresenta il miglioramento percentuale della superficie che viene resa disponibile per far parte di quello spazio che assicura la funzionalità urbana e i servizi compatibili con mobilità pedonale e ciclabile.

OBIETTIVI SOCIALI - ASPETTI DI BENESSERE ABITATIVO

- **Indice di benessere PMV [-]**
L'indice di benessere PMV (*Predicted Mean Vote*) è una funzione matematica di sei parametri che esprime il valore medio dei voti di un campione di persone su una scala di sensazioni soggettive percepite da un individuo inserito in un ambiente interno che varia da -3, che equivale a troppo freddo, sino +3, che equivale alla sensazione di troppo caldo (Figura 3.1). Il raggiungimento del benessere PMV di tutto il campione di individui si ha quando si ottiene il valore zero che equivale alla condizione di *comfort*.

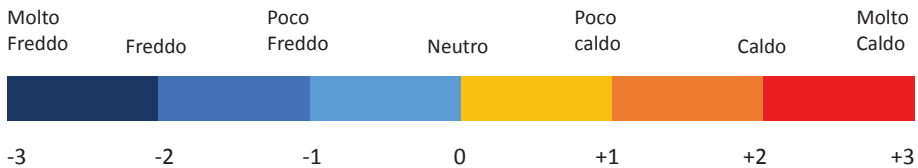


Figura 3.1 - Scala di sensazione e indice di benessere PMV.

- **Percentuale prevista di insoddisfatti PPD [%]**
Un parametro che permette di valutare la condizione di benessere abitativo in qualsiasi condizione ambientale è la percentuale prevista di insoddisfatti o PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). Un soggetto insoddisfatto è definito come un individuo che dia un votazione ambientale maggiore o uguale a +2 o minore o uguale a -2, corrispondenti alla scala PMV alla sensazione rispettivamente di troppo caldo e troppo freddo.
È un parametro di tipo statistico e nelle condizioni di neutralità, quindi indice PMV = 0, si ha mediamente una percentuale di insoddisfatti verso il troppo caldo e verso il troppo freddo complessivamente del 5%. Questo valore aumenta allontanandosi dalla condizione di neutralità come riportato in Figura 3.2.
- **Comfort termico [%]**
Questo parametro valuta il livello di soddisfazione dell'utente in relazione al *comfort* termico. Secondo quanto riportato nella norma ISO 7730:2005 il livello di *comfort* termico desiderato per uno spazio può essere scelto tra tre diverse categorie. Ogni categoria prevede una percentuale massima di insoddisfazione per il corpo nel suo insieme e una percentuale di insoddisfazione per differenti tipologie di disturbi locali.

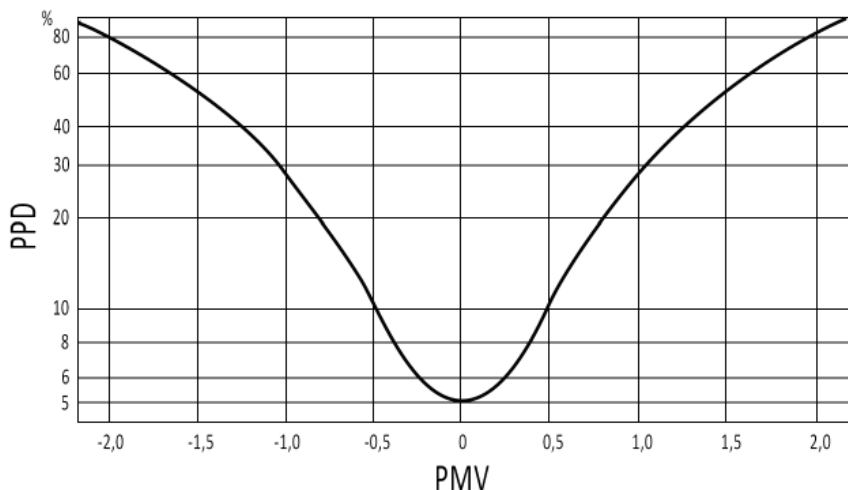


Figura 3.2 - Andamento della percentuale prevista di insoddisfatti PPD in relazione all'indice di benessere PMV.

- Comfort visivo [lux]*

Questo parametro valuta il livello di comfort visivo e l'effetto di alcuni aspetti come riverbero, luminanza o lo spettro della luce che colpiscono l'ambiente interno. Il livello di illuminazione viene definito come la quantità flusso luminoso su una superficie e per ciascuna tipologia di ambiente analizzato esistono degli standard differenti a cui fare riferimento.
- Comfort acustico [dB]*

L'obiettivo di questo indicatore è quello di valutare il comfort acustico in uno spazio al fine di garantire:

 - Livelli di rumore ambientali interni adeguati;
 - Isolamento acustico tra i diversi ambienti;
 - Isolamento acustico tra i corridoi/scale e altri spazi
 - Isolamento acustico di pavimenti
 - Riverbero
 - Intelligibilità del parlato
- Qualità dell'aria interna (IAQ)*

L'indice della qualità dell'aria interna (IAQ) è un indicatore che rappresenta il livello di contaminazione dell'aria interna nelle stanze. La qualità dell'aria può essere influenzata dalla presenza di particelle sospese, gas, contaminanti microbici o qualunque altro elemento che possa essere nocivo alla salute. Dato che uno dei metodi per migliorare le condizioni della qualità dell'aria è la ventilazione naturale, viene valutato questo parametro in relazione alle portate d'aria raccomandate dalla UNI EN 15251 per ciascuna tipologia di stanza.

OBIETTIVI SOCIALI - ASPETTI SOCIALI

- **Grado di soddisfazione/accettazione degli abitanti [%]**
Questo indicatore valuta la soddisfazione degli utenti dell'edificio analizzato (abitanti, inquilini, proprietari, ecc.). L'accettazione/soddisfazione può riguardare la percezione degli abitanti rispetto agli interventi proposti come ad esempio la ristrutturazione della loro casa, l'applicazione di tecnologie passive l'attuazione di teleriscaldamento, i programmi di monitoraggio, ecc. .
L'indicatore è calcolato attraverso interviste rivolte agli abitanti.
- **Livello di informazione e partecipazione**
Questo indicatore riguarda la misura del livello di informazione e partecipazione degli abitanti in un processo di riqualificazione sostenibile. Il coinvolgimento può essere effettuato tramite materiale informativo, campagne, eventi, incontri, interviste, ecc. .
- **Vivibilità**
L'edificio è valutato da questo indicatore dal punto di vista della qualità che gli utenti percepiscono come luogo in cui vivere e lavorare. Questo indicatore comprende anche il grado di soddisfazione degli abitanti relativamente al distretto e alle aree adiacenti all'edificio e ai servizi che offrono.
- **Visibilità**
La visibilità di un intervento valuta l'integrazione architettonica della soluzione tecnologica e dei materiali proposti rispetto all'edificio esistente. La valutazione è fatta con un scala qualitativa:
1 = non visibile
2 = visibile
3 = molto visibile

OBIETTIVI ECONOMICI

- **Investimento [€]**
Un parametro rappresentativo degli aspetti economici è il valore totale dell'investimento. Nel caso in cui ci sia un massimale di spesa è utile evidenziare questo parametro così da escludere immediatamente interventi troppo dispendiosi.
- **Finanziamenti [€]**
Questo parametro tiene conto di tutti i finanziamenti e le agevolazioni fiscali, previste a livello nazionale o europeo, ai quali si può accedere grazie all'intervento considerato.
- **Analisi dei costi del ciclo di vita [€]**
L'analisi dei costi del ciclo di vita (*Life Cycle Cost Analysis*) è la somma dei valori attuali netti di tutti i costi di investimento, di manutenzione, di sostituzione, dell'energia e dell'acqua dell'edificio durante il periodo stimato della vita utile dell'edificio.

- **Risparmio annuo [€/anno]**
Il risparmio annuo indica la somma dei ricavi generati dall'intervento proposto nel periodo considerato.
- **Costo dell'energia [€/kWh]**
È il costo dell'energia che viene comprata per il funzionamento dell'intero sistema involucro/impianti. L'indicatore è valutato attraverso la quantificazione del costo a kWh di tutte le tipologie di forniture energetiche presenti nell'immobile analizzato.
- **Tempo di ritorno dell'investimento [anni]**
Dopo aver valutato il costo complessivo per realizzare l'intervento analizzato, si valuta il tempo di ritorno dell'investimento. Questo parametro può essere calcolato con diversi metodi, ad esempio il Tempo di Ritorno Semplice o il metodo del Valore Attuale Netto (VAN) o *Net Present Value* (NPV). La prima metodologia fa un semplice rapporto tra l'investimento complessivo e il risparmio annuo mentre la seconda metodologia analizza i flussi di cassa attualizzandoli all'anno in cui si effettua la stima, considerando l'inflazione e il cambiamento dei prezzi (tasso di inflazione del combustibile, tasso di interesse, tasso di inflazione generale, ecc.).
- **Durabilità dell'intervento [anni]**
La durabilità dell'intervento analizza il comportamento nel tempo dei componenti edilizi ed è definito in Italia dalla norma UNI 11156, "Valutazione della durabilità dei componenti edilizi", come la capacità di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato, sotto l'influenza degli agenti previsti in esercizio. Questo parametro valuta sia la durata della vita utile dell'intervento sia la sua affidabilità, che indica la probabilità di riparazioni o manutenzioni durante la sua vita utile
- **Valore dell'immobile [€/m²]**
Il valore dell'immobile permette di valutare l'edificio comparandolo con altri immobili esistenti o di nuova costruzione. Inoltre permette di avere un indice che valuti l'aumento del pregio e quindi del prezzo sul mercato dell'edificio studiato grazie all'intervento proposto.
- **Miglioramento del valore dell'immobile [€/m²]**
Il miglioramento del valore dell'immobile dovuto all'intervento di riqualificazione ipotizzato è calcolato tramite la differenza del costo a m² prima e dopo la riqualificazione.

Oltre all'analisi di tutti i parametri descritti, occorre considerare altri due concetti importanti, la priorità e la fattibilità degli interventi.

La priorità dell'intervento di riqualificazione stabilisce una cronologia dettata dalla reale urgenza degli interventi stessi. Situazioni di guasti o inefficienze del sistema

involucro/impianti avranno una priorità elevata a prescindere dalla valutazione degli altri parametri e in ogni caso dovranno essere considerati nella lista degli interventi.

La fattibilità invece analizza la possibilità di realizzare l'intervento, non dal punto di vista economico, ma dal punto di vista tecnico; si valuta la facilità o la difficoltà di implementare l'intervento e di integrarlo con il sistema involucro/impianti esistente. Una valutazione di questo tipo permette di aggiungere una nuova chiave di lettura degli interventi proposti ed eventualmente di escludere a priori alcuni poiché ritenuti "non fattibili" dal punto di vista tecnico.

Una volta stabiliti i parametri utili per effettuare la scelta ottimale, e quindi rispondere allo scopo prefissato della diagnosi sostenibile, si analizzano tutti gli interventi ottenendo per ciascuno una serie di valori. La fase successiva richiede di combinare tali risultati e trovare la soluzione migliore.

In letteratura esistono differenti metodi per risolvere problemi di questo tipo, che sono definiti "multi attributo" o *Multi Attribute Decision Making (MADM)*, dove il termine attributo indica una caratteristica, qualità o parametro di prestazione delle alternative considerate. Nella scelta di un'automobile, ad esempio, gli attributi possono essere: l'accelerazione, la velocità, il comfort, il prezzo, ecc. .

Nel caso di interventi di riqualificazione sostenibile gli attributi sono quelli già sopra descritti: consumo finale di energia, riduzione dei consumi energetici, costo, tempo di ritorno dell'investimento, comfort termico, riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra, ecc. .

Le soluzioni a problemi multi attributo sono finite, a differenza dei problemi multi obiettivo che possono avere infinite alternative e che possono essere risolti ad esempio con gli algoritmi genetici.

I metodi di decisione MADM sono procedure che, a partire dalle informazioni disponibili, portano a suggerire una scelta tra le varie decisioni. Il suggerimento può essere una scelta "migliore", in una graduatoria delle alternative o può consistere nella determinazione di un sottoinsieme di alternative tra le quali è ragionevole scegliere.

I modelli proposti in letteratura possono essere suddivisi in due categorie:

NON COMPENSATORI

Questa tipologia di modelli non mettono a confronto gli attributi e non richiedono che vengano espressi dei pesi per ciascuno di essi.

Tra questi modelli possiamo trovare:

- Criterio della dominanza;
- Min-max;
- Max-max;
- Metodi congiuntivi;
- Metodi disgiuntivi.

COMPENSATORI

I modelli compensatori sono di più facile utilizzo quando i valori degli attributi sono di tipo quantitativo oppure, nel caso siano di tipo "qualitativo", quando i valori sono espressi comunque in forma numerica, ricorrendo a opportune scale di misura.

I modelli compensatori possono essere raccolti nelle tre seguenti tipologie:

- Sistemi a punteggio (Scoring): utilizzando questo metodo la soluzione ottimale è quella con un punteggio maggiore. Per sommare i punteggi dei diversi attributi esistono differenti metodi per valutarne i pesi tra i quali il sistema semplicemente additivo o meglio noto come *Simple Additive Weighing (SAW)* e *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.
- Modelli di compromesso: questo sistema permette di individuare la scelta più prossima alla soluzione ideale. Rientrano in questa categoria, ad esempio, i modelli LINMAP e il TOPSIS, che è l'acronimo inglese di "Tecnica per la costruzione di Preferenze di tipo Ordinale mediante Somiglianza con una Soluzione Ideale".
- Modelli di concordanza: con questi metodi si trova la soluzione al problema costruendo e mettendo a confronto differenti classifiche di preferenza. Rientrano in questa categoria, ad esempio: il metodo delle permutazioni, quello dell'assegnazione lineare, i vari metodi ELECTRE.

Nel caso studio presentato nel capitolo 5 è stato usato il sistema a punteggio, individuando i quattro attributi per valutare le soluzioni di intervento. Ciascun parametro è stato ricondotto ad un punteggio numerico e alla relativa unità di misura (Tabella 3.1). Per quantificare il peso dei singoli parametri è stato utilizzato il metodo *Simple Additive Weighing (SAW)* attribuendo un valore identico alle quattro categorie.

In alternativa si potevano individuare dei parametri e dei pesi differenti in relazione, per esempio, allo scopo del progetto di riqualificazione sostenibile, alle esigenze del committente o a eventuali fattori esterni.

Risparmio energetico		Tempo di ritorno		Durabilità		Fattibilità	
0%	0	> 50 anni	0	Non sufficiente	0	Non fattibile	0
< 10%	1	< 50 anni	1	Bassa	1	Molto difficile	1
< 20%	2	< 25 anni	2	Mediocre	2	Difficile	2
< 40%	3	< 10 anni	3	Buona	3	Facile	3
> 40%	4	< 5 anni	4	Alta	4	Molto facile	4

Tabella 3.1 - Punteggi associati a ciascuna parametro analizzato.

Una volta terminata la valutazione delle ipotesi effettuate di riqualificazione energetica e sostenibile e aver scelto quale intervento, o quale combinazione di interventi realizzare, si procede con la progettazione di dettaglio, dal livello preliminare sino a quello esecutivo, tenendo in considerazione le molteplici condizioni al contorno che possono influenzare il costo di un'opera e la sua stessa fattibilità tecnica. Nell'ambito di questa ricerca non è stata approfondita questa fase in quanto non inerente alla finalità della ricerca stessa.

4. Valutazione degli interventi

Ogni progetto edilizio, quindi anche nel caso della riqualificazione sostenibile, dovrebbe prevedere un sistema di monitoraggio attivo lungo tutto l'iter di realizzazione fino alla verifica del raggiungimento degli obiettivi prefissati. La fase di Valutazione dei risultati conseguiti, meglio conosciuta come *Measurement and Verification* (M&V), è un momento fondamentale dell'intero processo di riqualificazione, poiché rappresenta la validazione delle ipotesi progettuali, delle valutazioni prestazionali e della qualità realizzativa del progetto. Inoltre i M&V sono elementi del processo edilizio in forte evoluzione e sempre più essi vengono inseriti nei progetti di riqualificazione. È stato verificato che hanno un'influenza considerevole in termini di efficienza dei risultati ottenibili e sono uno strumento efficace per le fasi successive di manutenzione e ottimizzazione della gestione, soprattutto del sistema impiantistico. Al momento il loro uso è quasi sempre limitato agli aspetti di efficienza energetica, ma molti sono i tentativi di considerare altri parametri di sostenibilità. Al momento in Italia non esiste un metodo ufficiale, riconosciuto per il calcolo del risparmio energetico e neppure per la verifica delle prestazioni attese.

Nei paragrafi successivi viene analizzato il significato di una metodologia M&V e sono discussi i metodi (protocolli) esistenti maggiormente utilizzati.

4.1. Misure e verifiche (M&V)

I protocolli di Misure e Verifiche offrono uno strumento affidabile per determinare la effettiva quantità di energia risparmiata dopo gli interventi realizzati per il contenimento dei consumi. I risparmi sono dunque determinati confrontando la richiesta di energia prima e dopo un intervento, apportando gli adeguati aggiustamenti per rendere confrontabili i due differenti periodi.

Il processo che sta alla base del Protocollo di Misure e Verifiche può essere schematizzato in tre fasi (Figura 4.1):

- **Periodo di riferimento**
Prima della realizzazione delle azioni di riqualificazione occorre definire un "periodo di riferimento" durante il quale vengono misurati i consumi di energia e i dati relativi alle "variabili indipendenti" che hanno un effetto diretto sul profilo energetico definito Baseline. Tra queste variabili troviamo le condizioni climatiche esterne, le condizioni di comfort interno, il grado di occupazione, i

periodi di utilizzo dell'edificio, ecc..

- **Periodo post-intervento**
Dopo aver realizzato gli interventi di riqualificazione viene definito il periodo "post-riqualificazione" nel quale ancora una volta è necessario misurare l'uso di energia e le stesse "variabili indipendenti" monitorate nella prima fase.
- **Calcolo dei risparmi**
La "baseline aggiustata" può essere definita come la previsione del profilo energetico senza la realizzazione di interventi di riqualificazione ed è calcolata modificando il profilo energetico pre-intervento con i dati delle variabili indipendenti del periodo post-riqualificazione. Infine, i risparmi energetici sono determinati sottraendo il consumo di energia reale misurata dal profilo energetico pre-intervento aggiustato:

$$\text{Risparmi} = \text{Baseline aggiustata} - \text{baseline reale post-riqualificazione}$$

Dove:

- **Baseline aggiustata** = Energia reale \pm Aggiustamenti di routine \pm Aggiustamenti non di routine
- **Energia reale**: consumo di energia misurato durante il periodo di riferimento;
- **Aggiustamenti di routine**: rettifiche dovute a variazioni regolari variabili indipendenti (ad esempio: cambiamento delle condizioni meteorologiche, ...);
- **Aggiustamenti non di routine**: rettifiche dovute a poco frequenti variazioni nell'uso e nella domanda di energia che si verificano a causa di cambiamenti di fattori statici (per esempio: la costruzione di cambiamenti di facciata, gli

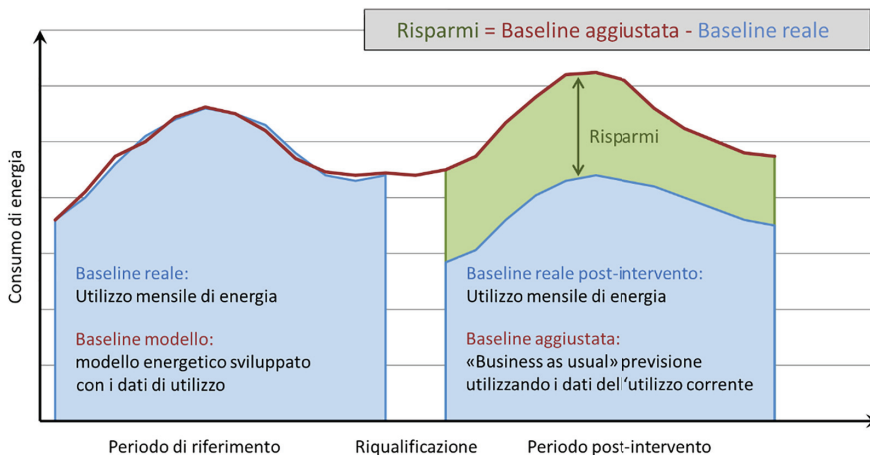


Figura 4.1 - Misura dei risparmi energetici.

eventi meteorologici estremi, ampliamento di edifici e modifiche alle attrezzature, ecc.).

L'intero processo di calcolo e di valutazione dei risparmi ottenuti può essere schematizzato come in Figura 4.2. Esso prevede una fase di raccolta dei dati, una fase vera e propria di calcolo dei risparmi attraverso il confronto della baseline reale con quella aggiustata e infine una fase di sintesi dei risultati ottenuti che dovranno essere tradotti in dati comprensibili anche da i non esperti del settore e in parametri diffusamente impiegati, come la quantità di CO₂ o i costi, così che essi possano essere confrontabili.

La verifica della fattibilità e della bontà di un intervento viene fatta, non solo sulla

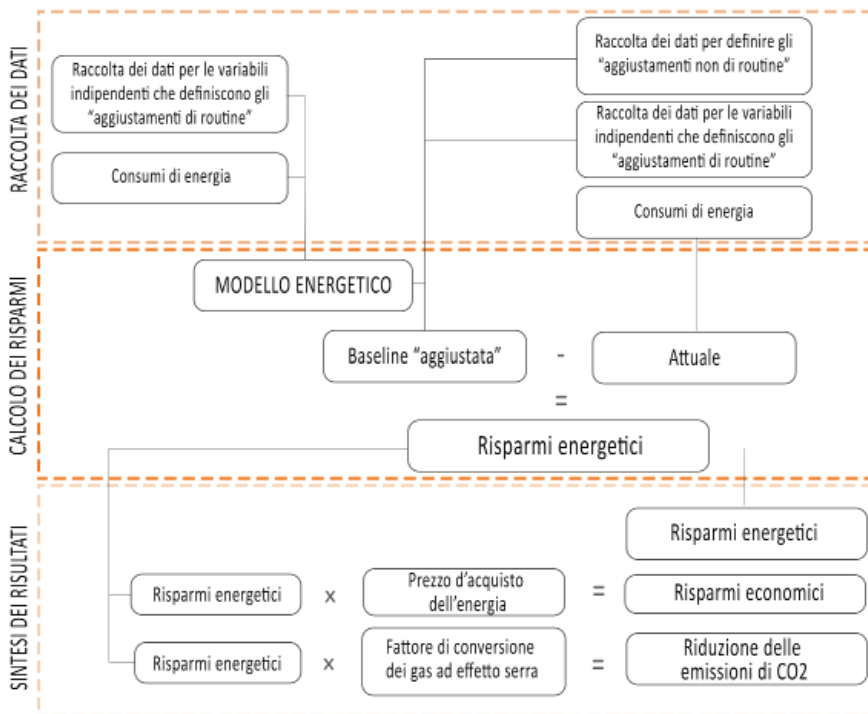


Figura 4.2 - Schematizzazione del processo di valutazione dei risparmi ottenuti.

base dei risparmi energetici, ma anche sulla base dei benefici ottenuti dai "costi evitati". Infatti, un progetto di riqualificazione può produrre anche altri benefici, quali la riduzione dei costi di manutenzione, il prolungamento della vita utile, l'aumento del valore del bene.

Il totale dei risparmi di un progetto può essere espresso come:

$$\text{Risparmi (€)} = \text{Costi evitati (€)} + \text{Altri Benefici finanziari(€)}$$

Dove

- Costi evitati (€): sono i costi dell'energia evitati grazie agli interventi di riqualificazione. Essi vengono calcolati moltiplicando il valore dei risparmi energetici ottenuti per il prezzo d'acquisto del relativo vettore energetico (Figura 4.2).
- Altri Benefici finanziari(€): sono gli altri costi evitati grazie ai benefici collaterali ottenuti dagli interventi di riqualificazione.

E' importante includere in questa valutazione economica anche i benefici non finanziari e non monetizzabili. Tra questi possiamo citare: le condizioni migliori di benessere, la migliore qualità dei prodotti, la maggiore produttività dell'utente, la maggiore affidabilità, l'impatto positivo sulla clientela, ecc..

4.2. Protocolli esistenti

La fase di misura e verifica del rendimento di un edificio dopo la riqualificazione energetica e dell'efficacia degli interventi attuati deve essere progettata. Attualmente, esistono diversi protocolli che forniscono le informazioni utili sui metodi di M&V e sulla loro applicazione. Tra questi, sei sono maggiormente conosciuti e offrono i protocolli più utilizzati.

4.2.1. *International Performance Measurement and Verification Protocol*

Il protocollo denominato "IPMVP" è stato sviluppato a partire dal 1994 grazie a diverse organizzazioni internazionali guidate dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti.

L'*International Performance Measurement and Verification Protocol* (IPMVP) è il protocollo di M&V più diffuso e riconosciuto in tutto il mondo; è stato concepito come uno strumento di riferimento a supporto di contratti di prestazione energetica e, più in generale, a supporto delle attività promosse dalle Energy Service Company (ESCO)¹.

Il documento dell'IPMVP descrive le procedure standard che, una volta implementate, consentono di quantificare le prestazioni con le misure di contenimento dei consumi e di risparmio energetico. Il protocollo prevede la scelta tra quattro differenti opzioni per la misura a seconda della complessità, dei costi di misurazione e della precisione desiderata.

¹ Le attività di queste società s'incentrano su interventi di promozione dell'efficienza energetica per utenti sia industriali sia residenziali, assumendo il rischio dell'iniziativa e liberando il cliente finale da oneri organizzativo e di investimento. I risparmi economici ottenuti sono condivisi fra la ESCo e il cliente finale con diverse tipologie di accordo commerciale.

Nell'attività di verifica sono incluse le fasi di: analisi del sito, misura dei flussi di energia, monitoraggio delle variabili indipendenti, calcolo e sintesi dei risultati ottenuti.

L'utilizzatore del protocollo deve progettare il proprio specifico piano di M&V sulla base delle caratteristiche peculiari dell'edificio. Pertanto, il protocollo non è costituito da una procedura univoca fatta di liste di controllo da compilare, ma è costituito da una serie di azioni e raccomandazioni che il progettista responsabile del procedimento di verifica deve adattare al proprio caso al fine di assicurare la qualità della procedura.

Punto chiave della valutazione degli interventi è l'accurato giudizio dei risparmi energetici. Nel protocollo IPMVP sono definiti come:

$$\text{Risparmi Energetici} = \text{Riferimento di un anno di energia usata} - \text{Energia usata dopo l'intervento} \pm \text{"aggiustamenti"}$$

Un fattore chiave per la validazione del procedimento è l'individuazione del periodo di riferimento. Il protocollo stabilisce che deve:

- Rappresentare tutte le condizioni di funzionamento di un normale ciclo operativo del sistema involucro/impianti analizzato.
- Includere solo i periodi di tempo per i quali tutti i dati, sia fissi sia variabili, siano noti. Pertanto l'estensione del periodo di riferimento per includere più cicli operativi, richiede la conseguente conoscenza di tutti i dati per tale periodo al fine di ricavare i parametri di aggiustamento.
- Il periodo di riferimento deve coincidere con il periodo immediatamente precedente alla riqualificazione. Periodi più indietro nel tempo potrebbero non riflettere le stesse condizioni e pertanto fornire un non adeguato riferimento per la valutazione dell'efficacia dell'intervento.

Il periodo di verifica dopo le azioni di riqualificazione deve essere lungo quanto il periodo di riferimento. Esaurito questo tempo l'eventuale strumentazione installata per la misurazione e il controllo dei risultati può rimanere in esercizio al fine di fornire una risposta del funzionamento del sistema involucro/impianti ai fini della gestione e del rilevamento di eventuali successive variazioni negative in termini di prestazioni.

Nella fase di verifica gli "aggiustamenti" permettono di riportare alle stesse condizioni il periodo di riferimento e il periodo post intervento al fine renderli confrontabili. Infatti alcuni parametri possono variare e di conseguenza influire sul valore di energia consumata. Tra questi abbiamo le condizioni climatiche, il grado di occupazione, i periodi di utilizzo dell'edificio, ecc. . Una delle grandi difficoltà nel processo di verifica è proprio quella di determinare i fattori di aggiustamento.

Vi sono due possibili operazioni di aggiustamento:

- *Regolazioni di routine*: fattori che cambiano regolarmente durante il periodo di riferimento, come ad esempio il tempo o il volume di produzione. Questi aggiustamenti possono essere semplicemente dei valori costanti op-

pure dei valori complessi che necessitano di equazioni matematiche.

- *Regolazioni non di routine*: fattori che usualmente non cambiano, come ad esempio la dimensione della struttura, la progettazione, il funzionamento delle apparecchiature installate, ecc..

Le operazioni di sistemazione del modello attraverso i fattori che variano regolarmente sono inclusi nel modello matematico di base utilizzato per le regolazioni di routine, mentre i cambiamenti imprevisi possono richiedere un aggiustamento non di routine. Tra queste situazioni imprevisite troviamo: i cambiamenti nella quantità di spazio condizionato; i cambiamenti nella quantità o nell'uso di attrezzature; le variazioni delle condizioni ambientali (livelli di illuminazione, la temperatura di riferimento, ecc.).

Come anticipato, il protocollo IPMVP propone quattro opzioni per la determinazione del risparmio.

Le opzioni nominate "A" e "B" focalizzano l'attenzione sulle prestazioni del singolo



Figura 4.3 - Processo di selezione dell'opzione del protocollo IPMVP.

intervento di riqualificazione e comportano, di conseguenza, una misura specifica del consumo energetico dei sistemi interessati dagli interventi, separatamente da quello del resto della struttura. L'opzione "A" prevede di valutare l'intervento attraverso la diretta misurazione di alcuni parametri scelti e di stimare i restanti mentre l'opzione "B" stabilisce che tutti i dati devono essere misurati.

Le opzioni "C" e "D" valutano invece il risparmio energetico complessivo a livello di sistema involucro/impianti, nel caso in cui il singolo intervento non può essere facilmente misurato separatamente. Nello specifico l'opzione "C" valuta risparmi attraverso l'analisi di misurazioni e bollette, prima e dopo l'intervento. L'opzione "D" invece si basa solo su simulazioni, nel caso in cui i dati relativi all'anno di riferimento o il periodo post intervento non sono affidabili o disponibili.

4.2.2. Measurement and Verification for Federal Energy Projects

Il programma federale di *Energy Management* (FEMP) M&V Codice: *Measurement and Verification for Federal Energy Projects* fornisce le procedure per quantificare i risparmi derivanti dagli interventi di contenimento dei consumi energetici. Questo protocollo è basato sui concetti del IPMVP riadattati per i progetti federali. Ha l'obiettivo di fornire le linee guida e i metodi per misurare e verificare il risparmio di energia e di acqua e la relativa riduzione dei costi associati ai contratti di prestazioni di risparmio energetico (ESPCs).

In accordo con quanto già detto per il protocollo IPMVP, i risparmi sono determinati confrontando i consumi prima e dopo le azioni di riqualificazione, con l'apporto degli adeguati aggiustamenti. Inoltre poiché il protocollo FEMP è una specifica applicazione del protocollo IPMVP, riporta anche le quattro opzioni di verifica già descritte nel paragrafo precedente.

L'opzione "A", che verifica i singoli interventi con la misurazione di parametri specifici, viene impiegata nel caso in cui:

- l'entità dei risparmi è ridotta in relazione all'intero progetto;
- i rischi di non raggiungere i risparmi progettati sono ridotti.

L'opzione "B", che verifica i singoli interventi attraverso la misurazione di tutti i parametri individuati, è applicabile quando:

- si ha un semplice intervento di riqualificazione con risparmi attesi inferiori al 20% del consumo totale dell'edificio;
- si intende verificare ogni singolo intervento di riqualificazione;
- esistono già dei sistemi per monitorare l'energia usata per ciascun sottosistema analizzato;
- le variabili indipendenti che influenzano il consumo di energia non sono eccessivamente complesse e possono essere monitorate con costi ridotti.
- L'opzione "C", che prevede l'analisi delle bollette, è generalmente scelta nei casi in cui:
 - è stato realizzato un progetto di riqualificazione molto complesso;
 - i risparmi attesi sono superiori al 10-20%;
 - non si ha l'interesse di valutare i risparmi ottenuti dai singoli interventi;

- le variabili indipendenti che influenzano il consumo di energia sono eccessivamente complesse e richiedono con costi elevati per il monitoraggio.

L'opzione "D", che prevede una simulazione calibrata dell'intero sistema, viene impiegata nei casi analoghi a quelli dell'opzione "C" e nei progetti di nuova costruzione.

L'equazione generale utilizzata per calcolare i risparmi è la seguente:

$$\text{Risparmi Energetici} = \text{Riferimento energia usata} - \text{Energia usata dopo l'intervento} \pm \text{"aggiustamenti"}$$

La scelta del periodo di riferimento rimane uno dei momenti chiave dell'intero processo di validazione; essa deve essere adeguata al sistema involucro/impianti analizzato. Generalmente viene individuato come periodo di riferimento una annualità che sia rappresentativa di tutte le condizioni di funzionamento di un normale ciclo operativo del sistema involucro/impianto analizzato e che corrispondente anche al periodo nel quale viene svolta la diagnosi..

4.2.3. ASHRAE Guideline 14-2002

La ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers*), è un'organizzazione che si occupa di sistemi costruttivi, efficienza energetica, qualità dell'aria interna, refrigerazione e sostenibilità all'interno del settore delle costruzioni.

Il protocollo denominato ASHRAE Guideline 14-2002 è costituito da una serie di linee guida per una misurazione affidabile del risparmio energetico, attraverso l'identificazione dei livelli minimi di accettabilità delle prestazioni energetiche.

Il risparmio energetico è determinato attraverso la seguente equazione:

$$\text{Risparmi} = \text{Baseline di Riferimento proiettata alle condizioni post intervento} - \text{Energia usata dopo l'intervento}$$

Il protocollo propone tre differenti approcci per determinare i risparmi energetici sulla base delle metodologie impiegate per la misurazione dei consumi e la stima dei risparmi.

Il primo approccio è quello per l'intero edificio, ovvero si valutano i risparmi complessivi per l'intero sistema involucro/impianti dove sono stati eseguiti degli interventi di riqualificazione.

Il secondo approccio riguarda un singolo intervento di riqualificazione e prevede di isolare i consumi del sottosistema analizzato al fine di valutarne l'efficacia. Infine il terzo ed ultimo approccio proposto è quello basato sul modello di simulazione calibrato dell'intero edificio, attraverso l'impiego di software specifici.

4.2.4. Greenhouse Gas Protocol

Il protocollo *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol) è stato sviluppato congiuntamente dal Consiglio mondiale delle imprese per lo Sviluppo Sostenibile (WBCSD) e il *World Resources Institute* (WRI). Esso fornisce i principi e la metodologia per la quantificazione e la rendicontazione delle riduzioni dei gas a effetto serra (GHG) derivanti da progetti di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Gli obiettivi del protocollo sono:

- fornire un approccio credibile e trasparente per la quantificazione e la segnalazione della riduzione dei gas serra derivanti da progetti specifici;
- rafforzare la credibilità del progetto relativamente alla riduzione dei gas a effetto serra.
- fornire una piattaforma per l'armonizzazione delle diverse iniziative e dei programmi relativi a progetti di riduzione dei gas a effetto serra.

Al fine di chiarire dove le azioni specifiche sono essenziali per soddisfare questi obiettivi, il Protocollo presenta i requisiti per la quantificazione e la segnalazione della riduzione dei gas serra.

Il protocollo è stato scritto in particolare per gli sviluppatori del progetto, ma deve anche essere di interesse per gli amministratori o promotori delle iniziative e programmi che includono i progetti sui gas ad effetto serra.

È costituito da quattro parti:

- La Parte I presenta i concetti alla base dei progetti così come le informazioni di base e le questioni politiche legate alla quantificazione degli stessi.
- La Parte II contiene le procedure e le analisi necessarie per la quantificazione, il monitoraggio e la sintesi dei risultati in merito alle riduzioni di gas serra.
- La Parte III fornisce due esempi di casi studio.
- La parte IV include gli allegati che completano le indicazioni contenute nelle parti I e II.

Il protocollo prevede due procedure per la stima della baseline delle emissioni: la procedura relativa alle prestazioni standard e la procedura specifica per il progetto.

La prima è preferita nel caso in cui sia in corso di attuazione una serie di attività simili e sia difficile reperire dati verificabili, la seconda è impiegata nel caso in cui si abbiano sufficienti informazioni concernenti il progetto in modo da non dover ricorrere a valori standard.

Dopo aver individuato la procedura da seguire, si procede con il monitoraggio delle emissioni di gas a effetto serra al fine di determinarne le riduzioni. In particolare occorre definire un piano di monitoraggio identificando il periodo durante il quale effettuare le misurazioni e stabilendo i dati da raccogliere.

4.2.5. California Energy Efficiency Evaluation Protocols

Il *California Energy Efficiency Evaluation Protocol*, preparato per il *California Public Utilities Commission* dal *The TecMarket Works Team*, è stato sviluppato per guidare la valutazione dei programmi di efficienza avviati in California dopo il 31 dicembre 2005. Questi protocolli sono i precursori di quelli denominati IPMVP già descritti precedentemente, pertanto sono articolati allo stesso modo e presentano le quattro opzioni (A, B, C e D) per la determinazione dei risparmi.

4.2.6. The Best Practice Guide to Measurement and Verification of Energy Savings

Questo protocollo è stato stilato dall'*Australasian Energy Performance Contracting Association Inc. (AEPCA)* con il sostegno del *Innovation Access Program (IAccP)* gestito dal *AusIndustry*. Questa guida può essere utilizzata per i progetti sui contratti di prestazione energetica (*Energy Performance Contracting*) e per qualsiasi altro tipo di progetto di risparmio energetico.

Esso offre una panoramica sui diversi metodi impiegati per la verifica dei risultati di un progetto di riqualificazione, tra i quali è possibile scegliere il più appropriato.

In particolare questa guida riporta le informazioni relative ai seguenti protocolli: IPMVP, ASHRAE Guideline 14-2002 e FEMP.

5. Caso studio: la “Diga Rossa” di Begato a Genova

L’edificio scelto per sviluppare una diagnosi sostenibile è stato selezionato tra quelli, suggeriti dal Comune di Genova, che necessitano interventi di ristrutturazione e riqualificazione edilizia.

L’edificio è la così detta Diga Rossa sita nella periferia di Genova (Figura 5.1). La “Diga” è una delle due grandi stecche abitative realizzate all’interno dell’ampio progetto di insediamenti economico-popolari che riguardano la collina di Begato (Figura 5.2). L’intero intervento di edificazione nasce in applicazione della legge 167/62, conosciuta come la “Bosetti-Gatti”, che riporta le disposizioni per l’acquisizione di aree da destinare all’edilizia economica e popolare, appunto, attraverso la redazione di opportuni piani di zona (PdZ). Il Piano di Zona di Begato, nell’anno della sua approvazione, il 1976, aveva estensioni ben maggiori rispetto a quelle effettivamente realizzate e comprendeva i versanti di San Giovanni Battista, Begato, Granarolo e Lagaccio.

La “Diga Rossa”, oggetto di questo studio, appartiene al Settore 9 di Begato 3, chiamato anche “Quartiere Diamante” e, insieme alla sua quasi speculare “Diga Bianca”, rappresenta il fulcro visivo dell’intero lotto. Della sua progettazione fu incaricato l’Arch. Piero Gambacciani e l’Associazione Temporanea di Impresa Edile Gambino-Seco-Visetti. L’attuazione del progetto ha visto come operatori C.I.G.E. (per l’edilizia convenzionata), Cooperative e Associazioni Temporanee di Impresa (per l’edilizia sovvenzionata).



Figura 5.1 – Immagine storica della vista d’insieme delle “Dige” di Begato a Genova. (Fonte: Comune di Genova)

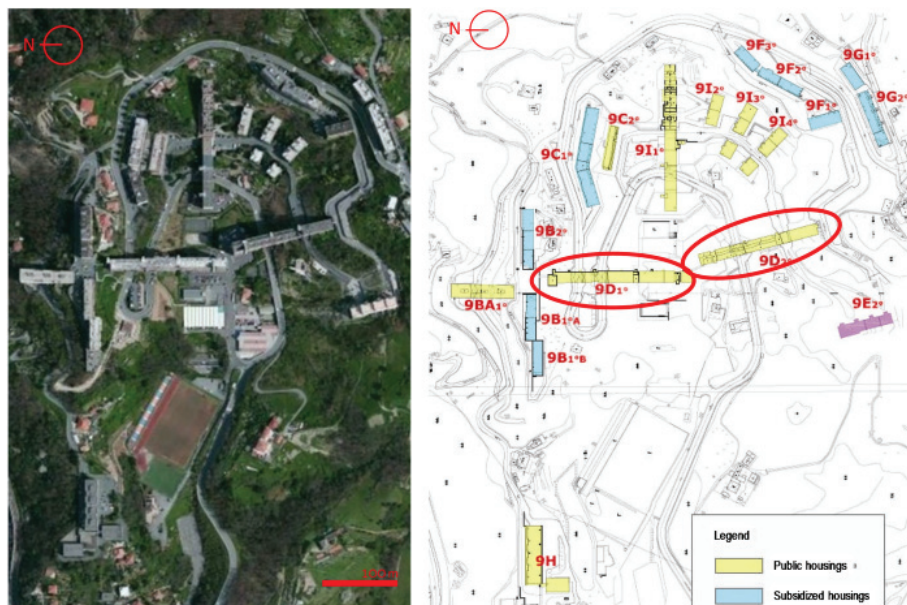


Figura 5.2 – Vista aerea e planimetria generale del Distretto 9 di Begato. (Fonte: Google maps / Comune di Genova)

Il Quartiere Diamante si colloca sulla sponda sinistra del Polcevera e la viabilità principale, realizzata contestualmente agli edifici, sale dall'aggregato di Teglia con via Maritano, che attraversa le due stecche residenziali tramite varchi a portale e scende per ricollegarsi a via Carlo Linneo che, porta al quartiere di Rivarolo, mentre, verso nord, si congiunge a via Pierino Negrotto Cambiaso, strada che porta all'originale insediamento di Begato.

5.1 Analisi dello stato di fatto

La fase di diagnosi prevede la raccolta della documentazione e le attività di rilievo in campo. Una volta raccolte tutte le informazioni si esegue la determinazione delle prestazioni dei singoli componenti e dell'intero edificio.

5.1.1. Raccolta dei dati

La documentazione raccolta comprende informazioni riguardanti le caratteristiche dell'intera costruzione; nello specifico sono stati raccolti i seguenti documenti:

- Planimetrie generali;
- Piante dei singoli alloggi;
- Estratti di mappa satellitare;

- Caratteristiche generali dell’impianto termico;
- Consumi termici per gli anni 2009, 2011 e 2013;
- Consumi elettrici per gli anni 2009, 2011, 2012 e 2013.

Oltre alla raccolta di informazioni documentali, ulteriori dati sono stati ottenuti attraverso visite in sito. I sopralluoghi hanno permesso di verificare i dati presenti nella documentazione, di approfondire la conoscenza dell’involucro edilizio e del sistema impiantistico e di comprendere meglio le modalità di utilizzo dell’edificio e dell’impianto.

5.1.1.1. Livello ambientale

L’area in cui è situato l’edificio sorge in una zona collinare, altamente urbanizzata, nella periferia di Genova (Figura 5.3 e Figura 5.4) i cui dati morfologici sono:

- Latitudine 44° 27’;
- Longitudine 8° 54’;
- Altezza s.l.m 100 m.

Secondo la classificazione del clima mondiale operata da Köppen, l’area in cui si trova Genova è caratterizzata dal clima identificato come Zona C – clima temperato delle medie latitudini. La caratteristica principale che accomuna tutta l’area è una generale mitezza del clima dovuta alla vicinanza con il mare, molto marcata sulla costa, ma ben verificabile anche nelle zone interne. Il mese più freddo ha una temperatura media inferiore ai 18°C ma superiore ai -3°C. Inoltre presenta le peculiarità del clima mediterraneo che consistono in un periodo più o meno marcato di aridità estiva ed inverni piovosi con temperature miti.

Tutti questi presupposti fanno sì che il centro del comune si trovi in zona climatica D, con 1435 gradi giorno, secondo la classificazione climatica dei comuni italiani in-



Figura 5.3 - Localizzazione della zona di Begato. (Fonte: Google maps)



Figura 5.4 - Localizzazione dell'edificio oggetto dello studio. (Fonte: Google maps)

I dati climatici (Tabella 5.1) e morfologici sono stati tratti dai dati forniti dalla norma UNI 10349:1994.

	Temperatu [°C]	Pressione [Pa]	Umidità	Irradiazione giornaliera media mensile [KWh/m ²]							Temperatu cielo [°C]
				Orizzon- tale	SUD	SE-SO	E-O	NE-No	NORD	Diffusa	
gennaio	7.9	718	67	1.47	2.69	2.11	1.19	0.56	0.50	0.69	-7.2
febbraio	8.9	894	78	2.28	3.14	2.61	1.75	0.92	0.72	1.00	-3.1
marzo	11.6	883	65	3.47	3.36	3.17	2.53	1.56	1.06	1.42	-3.3
aprile	14.7	1042	62	4.69	3.03	3.39	3.22	2.31	1.53	1.86	-0.2
maggio	17.8	1446	71	5.72	2.81	3.47	3.75	3.03	2.17	2.17	5.8
giugno	21.9	1630	62	6.31	2.69	3.50	4.06	3.44	2.61	2.28	7.9
luglio	24.5	2065	67	6.89	3.03	3.97	4.50	3.67	2.58	2.06	11.5
agosto	24.6	1991	64	5.69	3.25	3.86	3.86	2.86	1.83	1.89	11.0
settembre	22.3	1930	72	4.28	3.58	3.64	3.08	1.94	1,19	1,53	10.5
ottobre	17.1	1369	70	2.94	3.78	3.25	2.28	1.19	0.86	1.11	4.9
novembre	12.9	915	62	1.61	2.67	2.11	1.28	0.64	0.56	0.78	-2.7
dicembre	9.3	853	73	1.36	2.68	2.08	1.14	0.50	0.44	0.61	-4,0

Tabella 5.1 - Dati climatici estrapolati dal software LETO 3.1.

5.1.1.2. Livello tipologico

L’edificio è caratterizzato dalla particolare conformazione in relazione al sito in cui è costruito. Difatti come proprio suggerisce il nome che gli è stato attribuito, è stato realizzato perpendicolarmente all’andamento della valle e costituisce una vera e propria diga (Figura 5.5).

Presenta un orientamento pari a 0° Gradi Azimut, considerando come asse longitudinale dell’edificio la direttrice passante attraverso il prospetto di maggiore estensione. La pianta può essere inscritta in un rettangolo di 166 m per 13,5 m.



Figura 5.5 - Vista aerea dell’edificio. (Fonte: Google maps)

L’edificio è composto da 24 livelli (Figura 5.6) di cui:

- il primo livello è destinato a cantine e box;
- tre livelli destinati a zone di passaggio ed a attività comuni;
- 20 livelli destinati agli alloggi.

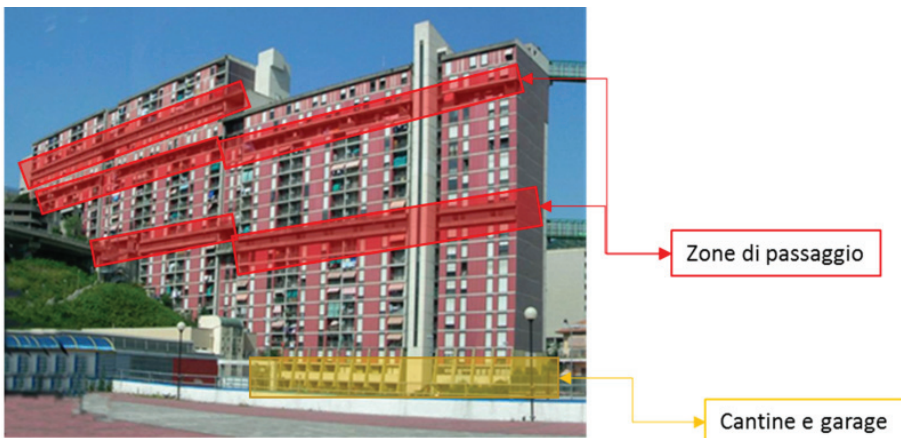


Figura 5.6 - Schema dell’organizzazione dei livelli dell’edificio. (Fonte: Comune di Genova)

Il volume lordo dell'intero edificio è complessivamente di circa 89000 m³, di cui 68700 m³ relativi alla zona riscaldata.

La disposizione interna dei vani (Figura 5.7) risulta "concorde" con le indicazioni di Olgay rispetto alla zona climatica in cui si trova l'edificio, gli alloggi hanno, infatti, un affaccio a Est e a Ovest, quindi godono di un ottimo apporto solare in regime invernale (Figura 5.8).



Figura 5.7 – Zone riscaldate di un piano tipo.

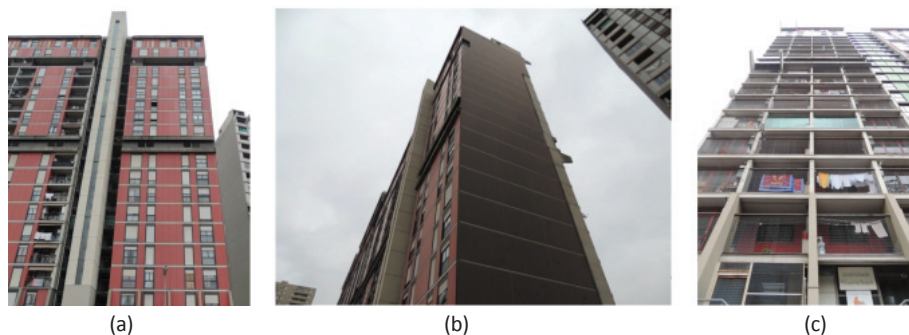


Figura 5.8 – Foto dei prospetti dell'edificio: prospetto Ovest (a), prospetto Sud (b) e prospetto Est (c).

5.1.1.3. Livello di dettaglio

La raccolta dei dati di dettaglio riguardano le caratteristiche tecniche e tecnologiche impiegate nell'edificio.

Queste caratteristiche comprendono i materiali, gli elementi costruttivi, le tecniche costruttive, le informazioni tecniche dei sistemi impiantistici e dei consumi.

La sintesi dei dati raccolti è organizzata in tre parti: dati sull'involucro, dati sui sistemi impiantistici e dati storici dei consumi.

DATI DI DETTAGLIO DELL'INVOLUCRO

La "Diga Rossa" è stata costruita a partire dalla fine del 1970 alla fine del 1980 ed è costituita da cinque condomini per un totale di 279 appartamenti. Per realizzarla è stata utilizzata la tecnica costruttiva francese denominata "*banches et tables*" (Figura 5.9).

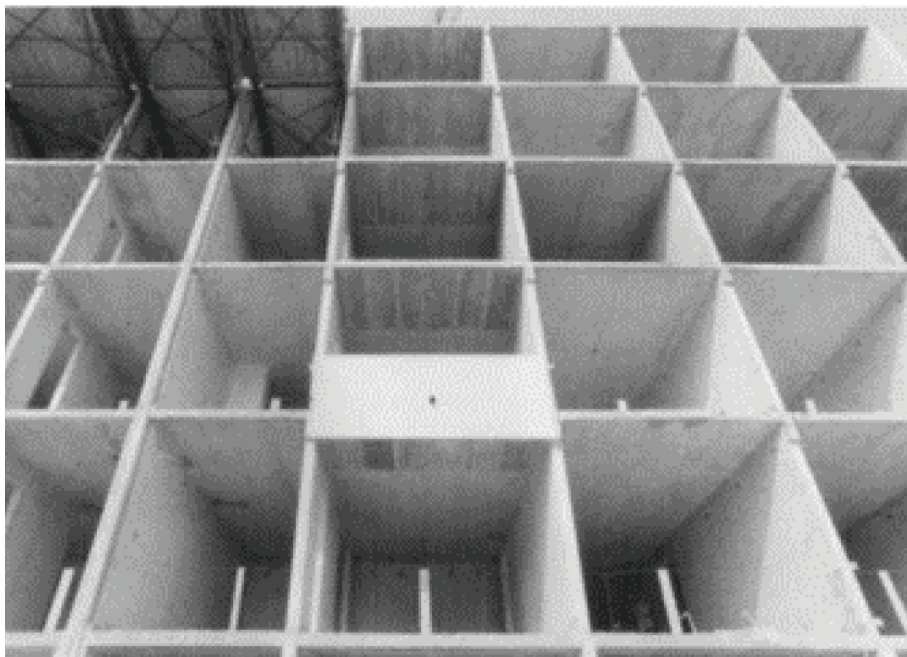


Figura 5.9 - Immagine storica della tecnica costruttiva francese “banches et tables”.

Le caratteristiche principali di elementi costruttivi (Figura 5.10, Figura 5.11 e Figura 5.12): fondazione su pilotis, tetto piano, facciata con pannelli metallici prefabbricati saturati con poliuretano espanso e setti in calcestruzzo armato, finestre con telaio in metallo senza taglio termico, con doppi vetri saturi d’aria e con chiusure oscuranti costituite da avvolgibili senza riempimento (Per maggiori dettagli tecnici si faccia riferimento agli allegati).

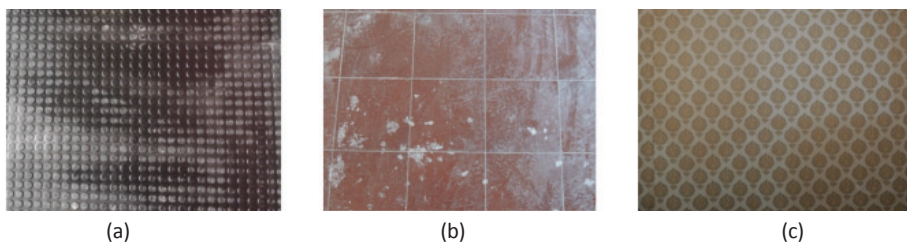


Figura 5.10 - Immagini di dettaglio di materiali di rivestimento: pavimentazione in gomma del ballatoio (a), pavimentazione in ceramica (b) e tappezzeria (c).

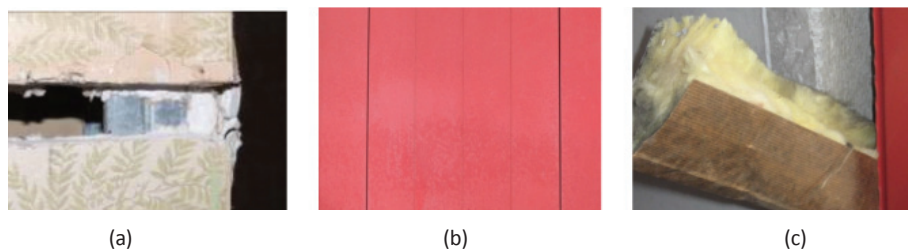


Figura 5.11 - Immagini di dettaglio dell'involucro opaco: rivestimento interno in cartongesso (a), rivestimento esterno in lamiera (b) e isolante (c).



Figura 5.12 – Foto raddrizzamenti delle tipologie di involucro trasparente.

DATI DI DETTAGLIO DEL SISTEMA IMPIANTISTICO

- Impianto di riscaldamento

L'impianto termico attuale per il riscaldamento è centralizzato e ubicato in un locale tecnico nella parte bassa dell'edificio con accesso diretto dal piano strada. Data la particolare conformazione e dimensione del fabbricato, l'impianto di riscaldamento è diviso in due sottostazioni per il servizio dei "piani alti" e dei "piani bassi", con caldaie separate e circuitazione distinta (Figura 5.13).

Il circuito dei piani bassi ha recentemente subito una consistente riqualificazione al fine di risolvere i problemi ancora in parte esistenti della non adeguata efficienza dell'impianto di riscaldamento originale. Nello specifico è stato eseguito il completo rifacimento della sottostazione, con nuovi scambiatori di calore e l'inserimento di elettrocircolatori a regolazione elettronica di caratteristiche adeguate alla reale necessità dell'impianto.



Figura 5.13 - Schema della suddivisione dei due sottosistemi per il sistema di riscaldamento invernale.

L'impianto di riscaldamento è costituito dai seguenti sottosistemi.

- a) Sottosistema di emissione
Sono presenti radiatori modulari in alluminio prevalentemente posizionati su parete esterna.
 - b) Sottosistema di regolazione
La centrale termica è dotata di regolazione di tipo climatica, con compensazione con sonda esterna.
 - c) Sottosistema di distribuzione
La rete di distribuzione è articolata secondo i seguenti livelli:
 - Circuito di distribuzione all'interno della centrale termica;
 - Circuito di distribuzione alle utenze del tipo a colonne montanti.L'isolamento delle tubazioni risulta realizzato precedentemente all'entrata in vigore del DPR 412/93 e assai scadente.
 - d) Sottosistema di generazione
Il sottosistema di generazione è costituito da 2 generatori di calore di tipo pressurizzato installati nel 2003:
 - Uno destinato al riscaldamento dei piani bassi con potenza al focolare di 893 kW;
 - L'altro a servizio dei piani alti avente potenza al focolare di 1140 kW.
- Impianto di produzione di acqua calda sanitaria
Ogni unità immobiliare possiede il proprio sistema di generazione, composto da calderine a gas e boiler elettrici.

DATI STORICI DEI CONSUMI

- Consumi termici

I dati storici relativi ai consumi di metano si riferiscono alla centrale termica a servizio dell'intero edificio e sono stati raccolti per gli anni 2009, 2011 e 2013 (Figura 5.14). Le letture raccolte si riferiscono al valore riferito al solo anno solare.

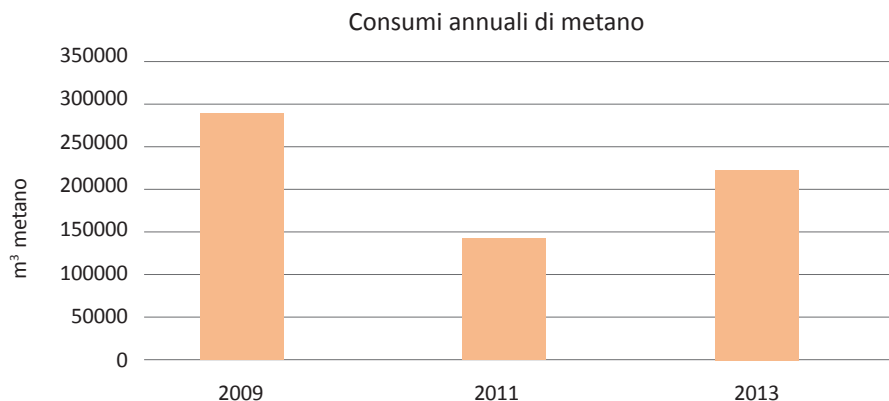


Figura 5.14 - Consumi del combustibile per gli anni 2009, 2011 e 2013

La media pari a 220'504 m³ è stata calcolata basandosi sui consumi riferiti ai tre anni di cui sono stati reperiti i dati ed è considerato accettabile per ottenere un valore medio attendibile con cui confrontare i risultati ottenute dalle simulazioni effettuate (Tabella 5.2).

Periodo di fatturazione	Metano [m ³]
Anno 2009	289'779
Anno 2011	146'907
Anno 2013	224'825
Media	220'504

Tabella 5.2 - Sintesi dei dati raccolti sui consumi di metano per il riscaldamento.

- Consumi elettrici

I dati storici relativi ai consumi elettrici sono stati forniti per l'anno 2009 per quanto riguarda il solo consumo dovuto alla centrale termica mentre per gli anni 2011, 2012 e 2013 sono stati forniti i consumi di tutte le utenze (appartamenti, centrale termica, illuminazione vani scala, ascensori, ...) suddivisi per civico.

Questi dati non vengono utilizzati per la diagnosi poiché il consumo elettrico della caldaia non è rappresentativo essendo riferito ad un solo anno mentre gli altri dati non sono scorponabili per quanto riguarda le singole tipologie di utilizzo.

5.1.2. Determinazione delle prestazioni attuali

5.1.2.1. Determinazione delle prestazioni dell'involucro

La determinazione delle prestazioni consiste nella verifica della qualità dell'involucro attraverso il confronto dello stato di fatto e dei requisiti prescritti dalle norme vigenti, con l'intento di analizzare le prestazioni ambientali e la capacità dell'involucro di garantire il benessere abitativo.

Sono state verificate in primo luogo le prestazioni dei singoli elementi costruttivi e successivamente le prestazioni dell'involucro, in regime invernale ed estivo.

Nello specifico sono stati verificati i seguenti aspetti:

- Trasmittanza termica degli elementi opachi
- Trasmittanza degli elementi trasparenti
- Fenomeni di condensazione
- Controllo della ventilazione e dell'irraggiamento
- Indice di prestazione energetica dell'involucro $EP_{e,inv}$

TRASMITTANZA TERMICA ELEMENTI OPACHI

È stata effettuata la verifica di tutti gli elementi opachi dello stato attuale dell'involucro facendo riferimento ai limiti di trasmittanza indicati nel Regolamento Regionale della Liguria del 13 novembre 2012, n. 6. Nel caso delle strutture opache verticali la trasmittanza limite è $0.36 [W/m^2K]$.

Maggiori dettagli relativi alle stratigrafie sono disponibili negli allegati.

Nel caso delle strutture orizzontali o inclinate la trasmittanza limite è di $0.32 [W/m^2K]$.

Descrizione	Area [m ²]	Trasmittanza [W/m ² K]	Verifica della trasmittanza	Capacità termica [kJ/m ² K]	Orientamento	Orientamento [Gradi Azimut]
M1	4260	0.74	Non verifica	21.8	Nord	180
M1	374	0.74	Non verificata	21.8	Controtterra	-
M2	746	0.79	Non verifica	69.9	Sud	0
M3	3950	0.57	Non verifica	31.5	Ovest	90
M3	4173	0.57	Non verifica	31.5	Est	-90
M3	304	0.57	Non verificata	31.5	Interno	-

Tabella 5.3 - Caratteristiche delle strutture verticali che delimitano l'edificio verso l'esterno.

Per i pavimenti la trasmittanza limite è di 0.36 [W/m²K].

Descrizione	Area [m ²]	Trasmittanza [W/m ² K]	Verifica della trasmittanza	Capacità termica [kJ/m ² K]	Orientamento	Orientamento [Gradi Azimut]
S2	3196	0.88	Non verifica	86.2	Orizzontale	-
S2	378	0.88	Non verificata	86.2	interno	-
S4	1867	0.95	Non verifica	86.1	Orizzontale	-

Tabella 5.4 - Caratteristiche delle strutture orizzontali che delimitano l'edificio verso l'esterno.

Descrizione	Area [m ²]	Trasmittanza [W/m ² K]	Verifica della trasmittanza	Capacità termica [kJ/m ² K]	Orientamento	Orientamento [Gradi Azimut]
S1	1867	0.90	Non verifica	51.4	Orizzontale	-
S3	3167	0.95	Non verifica	21.0	Orizzontale	-
S3	378	0.95	Non verifica	21.0	Orizzontale	-

Tabella 5.5 - Caratteristiche dei pavimenti che delimitano l'edificio verso l'esterno.

TRASMITTANZA TERMICA ELEMENTI TRASPARENTI

È stata effettuata la verifica anche di tutti gli elementi trasparenti dello stato attuale dell'involucro facendo riferimento ai limiti di trasmittanza indicati nel Regolamento Regionale della Liguria del 13 novembre 2012, n. 6. La trasmittanza limite del serramento U_w è pari a 2,4 [W/m²K] e U_g è pari a 1,9 [W/m²K], poiché siamo nel caso in cui la superficie delle strutture trasparenti risulta inferiore al 25% della superficie perimetrale verticale.

Descrizione	Area [m ²]	Trasmittanza U_w [W/m ² K]	Verifica U_w	Trasmittanza U_g [W/m ² K]	Verifica U_g	Orientamento
W1	216	4.10	Non verifica	3.3	Non verifica	Ovest
W2	1866	4.11	Non verifica	3.3	Non verifica	Ovest
W2	1276	4.11	Non verifica	3.3	Non verifica	Est
W3	126	4.10	Non verifica	3.3	Non verifica	Est
W4	146	4.15	Non verifica	3.3	Non verifica	Est
W5	32	4.09	Non verifica	3.3	Non verifica	Ovest
W5	16	4.09	Non verifica	3.3	Non verifica	Est
W6	12	4.19	Non verifica	3.3	Non verifica	Est

Tabella 5.6 - Caratteristiche delle strutture trasparenti.

FENOMENI DI CONDENSAZIONE

I fenomeni di condensazione possibili sono di tipo superficiale e interstiziale. Per le pareti opache deve essere verificata l'assenza di condensazione superficiale e l'eventuale condensazione interstiziale deve essere limitata alla quantità evaporabile, conformemente alla normativa tecnica vigente. La normativa prevede che la condensa accumulata debba asciugarsi completamente nell'arco dell'anno e che non superi mai i 500 g/m².

Maggiori informazioni sono disponibili negli allegati.

Descrizione	Resistenza minima accettabile [m ² K/W]	Resistenza totale [m ² K/W]	Condensa superficiale	Condensa accumulata [g/m ²]	Condensa interstiziale
M1	0.446	1.358	Non presente	1285	Presente
M2	0.446	1.263	Non presente	0	Non presente
M3	0.446	1.742	Non presente	3	Non presente
S1	0.446	1.111	Non presente	0	Non presente
S2	0.520	1.139	Non presente	45	Non presente
S3	0.520	1.052	Non presente	6125	Presente
S4	0.520	1.057	Non presente	38	Non presente

Tabella 5.7 - Caratteristiche delle strutture opache e verifica dei fenomeni di condensazione.

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA DELL'INVOLUCRO INVERNALE

La prestazione energetica dell'edificio va verificata rispetto al fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento, normalizzato con la superficie utile del pavimento nel presente caso di edificio residenziale.

Q [kWh/anno]	EP _{i,inv} [kWh/m ² anno]
1111197	57.82

Tabella 5.8 - Fabbisogno utile (Q) per il riscaldamento e Indice di Prestazione Energetica (EP_{i,inv}) dello stato attuale.

Il valore di EP limite è stato ricavato attraverso i parametri S/V e Gradi Giorno della località, secondo la tabella riportata negli allegati del Regolamento Regionale della Liguria del 13 Novembre 2012, n. 6 (Tabella 5.9)

S/V	1401 GG	1435 GG	2100 GG
0.2	21.3	21.9	34
0.41	35.3	36.03	50.2
0.9	68	69.0	88

Tabella 5.9 - Calcolo dell'EP_{lim} [kWh/m²anno].

Il valore limite è poi confrontato con la scala di valori costituenti le classi energetiche come riportato nella tabella 11.1 del Regolamento Regionale.

Si ottiene come classificazione invernale la classe F (Tabella 5.10).

	A* <	8.29 (= 0.23*EP _{lim})
8.29 (= 0.23*EP _{lim})	≤ A <	16.99 (= 0.45*EP _{lim})
16.99 (= 0.45*EP _{lim})	≤ B <	24.55 (= 0.65*EP _{lim})
24.55 (= 0.65*EP _{lim})	≤ C <	31.10 (= 0.85*EP _{lim})
31.10 (= 0.85*EP _{lim})	≤ D <	37.76 (= 1.00*EP _{lim})
37.76 (= 1.00*EP _{lim})	≤ E <	56.65 (= 1.50*EP _{lim})
56.65 (= 1.50*EP_{lim})	≤ F <	75.53 (= 2.00*EP_{lim})
75.53 (= 2.00*EP _{lim})	≤ G	

Tabella 5.10 – Classificazione dell’involucro edilizio.

EP _{i,inv} [kWh/m ² anno]	Classe energetica
57.82	F

Tabella 5.11 - EP_{i,inv} e relativa classe energetica ottenuta per l’involucro dello stato attuale.

CONTROLLO DELL’IRRAGIAMENTO E DELLA VENTILAZIONE

Le superfici trasparenti sono dotate di sistemi di protezione solari interni che impediscono un controllo ottimale della corretta illuminazione dell’ambiente interno.

Nel periodo estivo, l’inerzia termica delle murature non è sufficiente ma la particolare morfologia dell’edificio, che consente di avere un doppio affaccio degli alloggi ad Est e Ovest, garantisce una ventilazione naturale sufficiente al fine di mitigare il surriscaldamento degli ambienti.

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA ESTIVA DELL’INVOLUCRO

La prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell’involucro edilizio viene verificata secondo i limiti previsti nel Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 e la conseguente classificazione viene calcolata in base a quanto indicato nel Decreto 26 giugno 2009 “Linee Guida nazionali sulla certificazione energetica degli edifici”.

Q [kWh/anno]	EP _{e,inv} [kWh/m ² anno]
662'194	34.46

Tabella 5.12 - Fabbisogno utile (Q) per il raffrescamento e Indice di Prestazione Energetica (EP_{e,inv}) dello stato attuale.

Si ottiene che i limiti sono verificati e la prestazione estiva dell'involucro è Sufficiente e di qualità IV secondo la classificazione all'allegato A del Decreto (Tabella 5.13).

$EP_{e,inv}$ [kWh/m ² anno]	Prestazioni	Qualità involucro
$EP_{e,inv} < 10$	Ottime	I
$10 < EP_{e,inv} < 20$	Buone	II
$20 < EP_{e,inv} < 30$	Medie	III
$30 < EP_{e,inv} < 40$	Sufficienti	IV
$40 > EP_{e,inv}$	Mediocri	V

Tabella 5.13 - Classificazione della qualità estiva dell'involucro dello stato attuale.

$EP_{e,inv}$ [kWh/m ² anno]	Classificazione della qualità dell'involucro
34.46	IV

Tabella 5.14 - $EP_{e,inv}$ e relativa classificazione ottenuta per l'involucro dello stato attuale.

5.1.2.2. Determinazione delle prestazioni del sistema impiantistico

La determinazione delle prestazioni del sistema impiantistico consente di indicare un livello convenzionale della prestazione energetica dell'edificio esistente, con riferimento ai limiti indicati nella normativa attuale.

In particolare, il calcolo è stato condotto per determinare la prestazione energetica dell'edificio, riferita all'energia primaria per la climatizzazione invernale. La procedura di calcolo utilizzata fa riferimento alla UNI/TS 11300-2:2014, con applicazione dei valori standard. Il periodo di calcolo per il servizio di climatizzazione invernale è determinato secondo la stessa UNI/TS, ovvero dal 1 novembre al 15 aprile.

BILANCIO TERMICO DEI SOTTOSISTEMI DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Il fabbisogno di energia termica dell'involucro è risultato pari a: $Q_{Hnd} = 1'111'197$ kWh/anno

Dall'analisi della tipologia dell'impianto di riscaldamento e dalla modalità di installazione dei diversi componenti costituenti i sottosistemi, sono stati determinati i loro singoli rendimenti:

Sottosistema	Rendimento
Emissione	$\eta = 0.98$
Regolazione climatica	$\eta = 0.71$
Distribuzione	$\eta = 0.89$
Generazione	$\eta = 0.94$

Tabella 5.15 - Sintesi dei rendimenti dei sottosistemi dell'impianto di riscaldamento.

Il fabbisogno di energia primaria sotto forma del vettore energetico utilizzato ai fini del riscaldamento (metano) vale quindi:

$$EPH = 1'934'995 \text{ KWh/anno}$$

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER IL RISCALDAMENTO

Il valore dell'indice di prestazione energetica dell'impianto di riscaldamento (Ω) è poi confrontato con la scala di valori costituenti le classi energetiche come riportato nella tabella 13.1 del Regolamento Regionale della Liguria del 13 novembre 2012, n. 6.

Si ottiene come classificazione invernale la classe E (Tabella 5.16).

	A	< 1.03
1.03 ≤	B	< 1.11
1.11 ≤	C	< 1.19
1.19 ≤	D	< 1.49
1.49 ≤	E	< 1.80
1.80 ≤	F	< 2.10
2.10 ≤	G	

Tabella 5.16 - Classificazione dell'indice di prestazione dell'impianto di climatizzazione invernale.

Ω	Classe energetica
1.74	E

Tabella 5.17 - Rendimento dell'impianto di riscaldamento e relativa classe energetica.

INDICE DI PRESTAZIONE GLOBALE

Il valore dell'indice di prestazione globale è confrontato con la scala di valori costituenti le classi energetiche come riportato nella tabella 10.1 del Regolamento Regionale della Liguria del 13 novembre 2012, n. 6.

Si ottiene come classificazione la classe G (Tabella 5.19).

	A+	< 9.01
9.01 ≤	A	< 18.02
18.02 ≤	B	< 27.03
27.03 ≤	C	< 36.03
36.03 ≤	D	< 45.04
45.04 ≤	E	< 63.06
63.06 ≤	F	< 90.09
90.09 ≤	G	

Tabella 5.18 - Classificazione dell'indice di prestazione globale.

EP _{gl} [kWh/m ² anno]	Classe energetica
100.68	G

Tabella 5.19 - EP_{gl} e relativa classificazione ottenuta per l'edificio allo stato attuale.

CONFRONTO TRA PROFILO ENERGETICO SIMULATO E REALE

Il modello teorico realizzato per simulare l'edificio allo stato di fatto deve essere validato attraverso il confronto dei risultati ottenuti dalla simulazione e i dati storici raccolti dei consumi reali.

Il metodo per la validazione del modello è quello presentato nel paragrafo 2.2 e consiste nel confronto tra il fabbisogno teorico, ottenuto dalla simulazione, e quello reale ottenuto dalle bollette. Una volta ottenuta la percentuale si verifica in base ai seguenti parametri la congruità del modello.

La differenza percentuale tra il fabbisogno teorico e quello reale è del 13% pertanto il modello risulta validato e può essere impiegato per effettuare le successive simulazione delle ipotesi di intervento.

Fabbisogno teorico [m ³ /anno]	194'667
Fabbisogno reale [m ³ /anno]	220'504
Differenza tra i due modelli [%]	13
Validazione del modello	BASSA CONGRUITA'

Tabella 5.20 - Dati necessari e risultati ottenuti per la validazione del modello.

5.2. Progettazione

Alla luce di quanto è emerso dall'analisi dello stato di fatto, il fabbisogno per l'involucro di energia netta per il riscaldamento risulta essere pari a 57.82 kWh/m²anno, valore piuttosto elevato a causa delle forti dispersioni dell'involucro dovute principalmente ai ponti termici e alle parti trasparenti. Secondo la classificazione energetica dell'involucro del Regolamento Regionale della Liguria del 13 novembre 2012, n. 6, l'edificio si colloca nella classe F. Tali caratteristiche non rispettano i requisiti imposti dalle normative vigenti e non permettono quindi di garantire le condizioni di benessere abitativo con un ridotto impiego di sistemi impiantistici.

L'analisi relativa al sistema impiantistico ha evidenziato che l'indice di prestazione energetica dell'impianto di climatizzazione invernale è pari a 1.74 e, secondo la classificazione riportata nel Regolamento Regionale, risulta in classe E. L'inefficienza del sistema è dovuta principalmente ai sottosistemi di regolazione e generazione.

Vengono di seguito proposte alcune diverse ipotesi di riqualificazione sostenibile con l'obiettivo di aumentare il *comfort* abitativo, nonché ridurre i consumi per il riscaldamento e l'eventuale raffrescamento.

Gli interventi proposti sono:

1. Sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi a taglio termico;
2. Isolamento copertura;
3. Isolamento della copertura del piano di passaggio
4. Isolamento esterno dei tamponamenti opachi rivestiti con pannello di acciaio tramite sistema di pitture a base di nanotecnologie;
5. Isolamento esterno dei tamponamenti opachi con calcestruzzo a vista;
6. Sostituzione del sistema di generazione
7. Sostituzione del sistema di regolazione e installazione di valvole termostatiche.

Le ipotesi presentate prevedono di raggiungere i limiti di trasmittanza degli elementi dell'involucro edilizio in vigore (Tabella 5.21).

Zona climatica	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili	Vetri
		Coperture	Pavimenti		
D	0.36	0.32	0.36	2.4	1.9

Tabella 5.21 - Valori di trasmittanza per accedere agli incentivi.

5.2.1. Proposte di intervento sull'involucro

Le ipotesi di riqualificazione fatte sull'involucro edilizio tengono in considerazione le peculiarità e le potenzialità di risparmio relative a ciascun elemento costruttivo con l'obiettivo di ottimizzare il rapporto costi-benefici.

Un'ulteriore ipotesi per la quale non è stato possibile effettuare la simulazione è quella di sfruttare la ventilazione naturale per il raffrescamento estivo dell'edificio. Infatti, data la particolare conformazione tipologica della costruzione, ciascun alloggio ha l'affaccio a Est e a Ovest, pertanto sarebbe possibile sfruttare questa peculiarità per ottimizzare la ventilazione naturale attraverso l'inserimento di un controllo domotico sulle parti trasparenti mobili che permetterebbe di mantenere la temperatura e l'umidità ai livelli di benessere abitativo.

Di seguito sono analizzate nel dettaglio le cinque ipotesi di riqualificazione proposte per l'involucro.

1. Sostituzione dei serramenti esistenti

La prima ipotesi di intervento prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con telaio in metallo senza taglio termico e doppio vetro con camera saturata d'aria con nuovi serramenti costituiti da telaio in PVC a due camere cave, doppio vetro basso emissivo saturo di gas argon e rispettanti il limite di trasmittanza di legge (Tabella 5.21).

La scelta del telaio in PVC è stata fatta per aver il miglior rapporto tra costo e prestazione in quanto le finestre in PVC grazie alla loro versatilità prestazionale e progettuale offrono diverse finiture che permettono di essere impiegate nella ristrutturazione.

turazione di edifici storici e inoltre non necessitano di frequenti manutenzioni.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di trasmittanza dei serramenti sostituiti e maggiori dettagli sono riportati negli allegati.

Descrizione	U_w pre intervento [W/m ² K]	U_w post intervento [W/m ² K]
W1	4.10	2.02
W2	4.11	2.05
W3	4.10	2.02
W4	4.15	2.17
W5	4.09	1.99
W6	4.10	2.03

Tabella 5.22 - Confronto delle trasmittanze degli elementi trasparenti pre e post intervento.

Come riportato nella tabella seguente il presente intervento comporterebbe un miglioramento di circa il 17,4% del fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti. Questo miglioramento corrisponderebbe anche ad una riduzione delle spese di combustibile equivalente a 30'570 €/anno che porterebbe ad un tempo di ritorno dell'investimento di 21 anni.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	916'908	17.4%
Classe Energetica involucro invernale	F	E	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	658'446	1%
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gl} [kWh/m ² anno]	100.68	83.20	17.4%
Classe energetica	G	F	-
Risparmio annuo [€/anno]	30'570		
Costo dell'intervento [€]	1'476'000		
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]	21		

Tabella 5.23 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche dell'ipotesi di intervento 1.

2. Isolamento della copertura

La seconda ipotesi di intervento prevede l'isolamento della copertura piana in estradosso attraverso la posa in opera di pannelli di XPS al fine di raggiungere il limite di trasmittanza di legge (Tabella 5.21). Di seguito sono riportati i valori di trasmittanza della nuova stratigrafia (maggiori dettagli sono riportati negli allegati).

Descrizione	U_w pre intervento [W/m ² K]	U_w post intervento [W/m ² K]
S4	0.95	0.27

Tabella 5.24 - Confronto delle trasmittanze della copertura pre e post intervento.

Questo intervento comporterebbe un miglioramento di circa il 6% del fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti (Tabella 5.25). Questo miglioramento corrisponderebbe anche ad una riduzione delle spese di combustibile equivalente a 10'940 €/anno che porterebbe ad un tempo di ritorno dell'investimento di 11 anni.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	1'041'689	6%
Classe Energetica involucro invernale	F	F	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	633'250	4%
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gl} [kWh/m ² anno]	100.68	94.4	6%
Classe energetica	G	G	-
Risparmio annuo [€/anno]		10'940	
Costo dell'intervento [€]		188'000	
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]		11	

Tabella 5.25 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche dell'ipotesi di intervento 2.

3. Isolamento della copertura del piano di passaggio

La terza ipotesi di intervento prevede l'isolamento della copertura dei piani intermedi di passaggio attraverso la posa in opera di pannelli di XPS al fine di raggiungere il limite di legge per la trasmittanza (Tabella 5.21). Nella Tabella 5.26 sono riportati i valori di trasmittanza della nuova stratigrafia e maggiori dettagli sono riportati negli allegati.

Descrizione	U_w pre intervento [W/m ² K]	U_w post intervento [W/m ² K]
S3	0.89	0.28

Tabella 5.26 - Confronto delle trasmittanze della copertura dei piani di passaggio pre e post intervento.

Come riportato nella Tabella 5.25 l'intervento comporterebbe un miglioramento di circa il 6% del fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti. Questo miglioramento corrisponderebbe anche ad una riduzione delle spese di combustibile equivalente a 10'660 €/anno che porterebbe ad un tempo di ritorno dell'investimento di 16 anni.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	1'043'448	6%
Classe Energetica involucro invernale	F	F	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	633'289	4%
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gl} [kWh/m ² anno]	100.68	94.6	6%
Classe energetica	G	G	-
Risparmio annuo [€/anno]		10'660	
Costo dell'intervento [€]		317'000	
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]		16	

Tabella 5.27 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche dell'ipotesi di intervento 3.

4. Isolamento dei pannelli prefabbricati con pitture nanotecnologiche

La quarta ipotesi di intervento prevede la riduzione del valore di trasmittanza dei tamponamenti verticali opachi realizzati con i pannelli prefabbricati in acciaio dal colore rosso attraverso l'utilizzo di pitture a base di nanotecnologie. Questa soluzione non permette di verificare il raggiungimento dei limiti vigenti per le pareti ma consente solamente una riduzione indicativa del 20% della trasmittanza. Questo dato è del tutto qualitativo poiché al momento non sono ancora disponibili informazioni che permettano di valutarne con certezza l'apporto in termini di riduzione della trasmittanza termica.

Questa ipotesi è stata valutata vista la particolarità dell'edificio studiato che non permette la più “tradizionale” applicazione di un isolamento esterno a cappotto.

Inoltre si consiglia l'utilizzo di queste pitture nel caso di una manutenzione ordinaria poiché il sovraccosto rispetto alle pitture tradizionali è minimo.

Di seguito sono riportati i valori di trasmittanza delle nuove stratigrafie e maggiori dettagli sono disponibili negli allegati (Tabella 5.28).

Descrizione	U_w pre intervento [W/m ² K]	U_w post intervento [W/m ² K]
M2	0.79	0.63
M3	0.57	0.46

Tabella 5.28 - Confronto delle trasmittanze delle pareti opache con i pannelli prefabbricati pre e post intervento.

Come riportato nella tabella seguente l'intervento comporterebbe un miglioramento di circa il 2% del fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti. Questo miglioramento corrisponderebbe anche ad una riduzione delle spese di combustibile equivalente a 2'900 €/anno che porterebbe ad un tempo di ritorno dell'investimento di 41 anni.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	1'092'784	2%
Classe Energetica involucro invernale	F	F	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	632'906	4%
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gl} [kWh/m ² anno]	100.68	99.0	2%
Classe energetica	G	G	-
Risparmio annuo [€/anno]	2'900		
Costo dell'intervento [€]	800'000		
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]	41		

Tabella 5.29 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche dell'ipotesi di intervento 4.

5. Isolamento delle pareti opache con calcestruzzo a vista

La terza ipotesi di intervento prevede l'isolamento delle pareti opache con il setto in calcestruzzo a vista attraverso la posa in opera di pannelli di XPS al fine di raggiungere il limite di trasmittanza riportato in (Tabella 5.21). Nella tabella seguente sono

riportati i valori di trasmittanza della nuova stratigrafia e negli allegati sono disponibili maggiori informazioni.

Descrizione	U_w pre intervento [W/m ² K]	U_w post intervento [W/m ² K]
M1	0.74	0.31

Tabella 5.30 - Confronto delle trasmittanze delle pareti opache con calcestruzzo a vista pre e post intervento.

Come riportato nella tabella seguente l'intervento comporterebbe un miglioramento di circa il 6% del fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti. Questo miglioramento corrisponderebbe anche ad una riduzione delle spese di combustibile equivalente a 10'660 €/anno che porterebbe ad un tempo di ritorno dell'investimento di 14 anni.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	1'043'674	6%
Classe Energetica involucro invernale	F	F	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	676'058	4%
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gt} [kWh/m ² anno]	100.68	94.6	6%
Classe energetica	G	G	-
Risparmio annuo [€/anno]		10'630	
Costo dell'intervento [€]		256'000	
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]		14	

Tabella 5.31 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche dell'ipotesi di intervento 5.

5.2.2. Proposte di intervento sul sistema impiantistico

Alla luce di quanto emerso dall'analisi dello stato esistente, il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento risulta essere assai elevato a causa sia di forti dispersioni dell'involucro sia per la presenza di impianti con rendimenti piuttosto bassi.

Gli indirizzi legislativi e normativi consigliano di dare priorità agli interventi di ri-

qualificazione energetica sull'involucro, in quanto gli stessi garantiscono un miglior confort abitativo, una riduzione dei consumi per il riscaldamento ed il raffrescamento con conseguente installazione di nuovi impianti di minor potenza. Nonostante ciò si ipotizzano due interventi sul sistema impiantistico per il riscaldamento dell'edificio che sono dettagliati di seguito.

Non è stata analizzata l'ipotesi di integrare il sistema impiantistico con sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili poiché non è stato possibile definire il fabbisogno per la produzione di acqua calda sanitaria. Sarebbe comunque opportuno prevedere l'installazione di pannelli solari termici o ibridi da porre sulla copertura o sulla parete Sud che è interamente opaca.

6. Sostituzione del sistema di generazione

La prima ipotesi di intervento sul sistema impiantistico prevede la sostituzione del sistema attuale di generazione, con rendimento non superiore al 94%, con un nuovo gruppo termico a condensazione che sfruttando il calore latente del vapore contenuto nei fumi, recupera una percentuale di energia, impedendone la dispersione nell'ambiente. Il nuovo gruppo termico alimentato a gas metano lavorerà con temperature di mandata non superiori a 70°C in regime di funzionamento continuo, con un rendimento minimo di funzionamento superiore al 95%.

Come riportato nella tabella seguente il presente intervento comporterebbe un miglioramento di circa il 5-10% del fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti. Questo miglioramento corrisponderebbe anche ad una riduzione delle spese di combustibile equivalente a 13'000 €/anno che porterebbe ad un tempo di ritorno dell'investimento di 8 anni.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	1'111'197	-
Classe Energetica involucro invernale	F	F	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	662'194	-
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gl} [kWh/m ² anno]	100.68	96.6	5-10%
Classe energetica	G	G	-
Risparmio annuo [€/anno]		13'000	
Costo dell'intervento [€]		150'000	
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]		8	

Tabella 5.32 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche dell'ipotesi di intervento 6.

7. Sostituzione del sistema di regolazione e installazione di valvole termostatiche

La seconda ipotesi di intervento sul sistema impiantistico prevede la sostituzione del sistema attuale di regolazione solo climatica con un rendimento non superiore al 75%, con un nuovo sistema di regolazione climatica e di zona e l'installazione di valvole termostatiche su ciascun elemento con un rendimento di circa il 98%.

Come riportato nella tabella seguente il presente intervento comporterebbe un miglioramento di circa il 28% del fabbisogno per il riscaldamento degli ambienti. Questo miglioramento corrisponderebbe anche ad una riduzione delle spese di combustibile equivalente a 49'000 €/anno che porterebbe ad un tempo di ritorno dell'investimento di 6 anni.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	1'111'197	-
Classe Energetica involucro invernale	F	F	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	662'194	-
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gl} [kWh/m ² anno]	100.68	72.7	28%
Classe energetica	G	F	-
Risparmio annuo [€/anno]	49'000		
Costo dell'intervento [€]	350'000		
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]	6		

Tabella 5.33 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche dell'ipotesi di intervento 7.

5.2.3. Scelta degli interventi ottimali

L'ottimizzazione degli interventi ha lo scopo di ottenere la miglior combinazione possibile tra tutti gli interventi analizzati. La classificazione degli interventi è stata fatta tenendo conto dei seguenti parametri:

- Riduzione del fabbisogno energetico invernale;
- Tempo di ritorno dell'investimento (*Pay Back Time*);
- Durabilità dell'intervento;
- Fattibilità dell'intervento

Il criterio di assegnazione dei voti è riportato nella tabella seguente:

Risparmio energetico		Tempo di ritorno		Durabilità		Fattibilità	
0%	0	> 50 anni	0	Non sufficiente	0	Non fattibile	0
< 10%	1	< 50 anni	1	Bassa	1	Molto difficile	1
< 20%	2	< 25 anni	2	Mediocre	2	Difficile	2
< 40%	3	< 10 anni	3	Buona	3	Facile	3
> 40%	4	< 5 anni	4	Alta	4	Molto facile	4

Tabella 5.34 - Punteggi assegnati per ciascuna categoria considerata.

Intervento	Risparmio energetico	Tempo di ritorno	Durabilità	Fattibilità
Sostituzione serramenti	2	2	4	4
Isolamento copertura	1	2	4	4
Isolamento copertura del piano di passaggio	1	2	4	3
Pitture nanotecnologiche	1	1	3	3
Isolamento esterno a capotto	1	2	3	4
Sostituzione generatore	1	3	3	4
Sostituzione regolazione	3	3	3	3

Tabella 5.35 - Punteggi dei singoli interventi per ciascuna categoria considerata.

E' stato poi assegnato 1 punto di bonus per ciascuna delle seguenti categorie nel caso in cui viene soddisfatta:

- Reale urgenza di realizzare l'intervento;
- Riduzione diretta dei consumi energetici;
- Riduzione del consumo di risorse (no energia ma suolo, acqua, materie prime, ecc.);
- Riduzione dell'impatto ambientale (emissioni CO2 ecc.);
- Incremento del comfort abitativo.

Intervento	Urgenza di intervento	Riduzione consumi energetici	Riduzione consumi di risorse	Riduzione impatto ambientale	Aumento comfort
Sostituzione serramenti	1	1	0	0	1
Isolamento copertura	0	1	0	0	1
Isolamento copertura del piano di passaggio	0	1	0	0	1
Pitture nanotecnologiche	0	1	0	0	1
Isolamento esterno a capotto	0	1	0	0	1
Sostituzione generatore	1	1	0	0	1
Sostituzione regolazione	1	1	0	0	1

Tabella 5.36 - Punteggi bonus ottenuti per ciascuna categoria considerata.

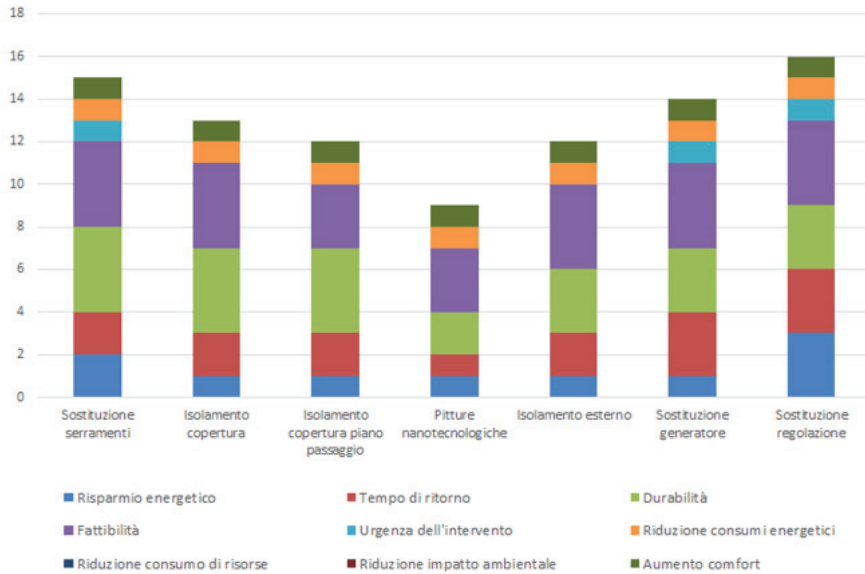


Figura 5.15 - Risultati del punteggio delle singole ipotesi di intervento.

Come si può vedere dal grafico di sintesi (Figura 5.15) l'intervento migliore risulta essere il numero 7 che corrisponde alla sostituzione del sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento esistente e all'installazione delle valvole termostatiche. Mentre per quanto riguarda l'involucro l'intervento migliore risulta essere il numero 1 che corrisponde alla sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi serramenti in PVC con doppio vetro e camera riempita di gas argon.

	Prima dell'intervento	Dopo l'intervento	Miglioramento
Fabbisogno invernale dell'involucro $EP_{i,inv}$ [kWh/anno]	1'111'197	916'908	17.4%
Classe Energetica involucro invernale	F	E	
Fabbisogno estivo dell'involucro $EP_{e,inv}$ [kWh/anno]	662'194	658'446	1%
Classe Energetica involucro estivo	IV	IV	
Indice di prestazione EP_{gl} [kWh/m ² anno]	100.68	60.08	40.3%
Classe energetica	G	E	-
Risparmio annuo [€/anno]	71'000		
Costo dell'intervento [€]	1'826'000		
Tempo di ritorno dell'investimento VAN [anni]	15		

Tabella 5.37 - Sintesi delle valutazioni energetiche e economiche della combinazione ottimale.

La combinazione degli interventi realmente realizzabili diviene un'operazione dipendente da diversi fattori e di responsabilità dei progettisti. Idealmente, infatti, la combinazione migliore che tiene conto di tutti i parametri prevederebbe:

- Sostituzione dei serramenti attuali con serramenti in PVC 4-12-4 con intercapedine riempita con argon;
- Sostituzione del sistema di regolazione e installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti.

I risultati ottenuti in questo caso sarebbero:

In una soluzione che invece tenga conto "anche del buon senso" è inevitabile considerare interventi che aumentino le condizioni di benessere di ogni parte degli edifici (come isolamento del primo solaio). La combinazione finale dovrà risultare quindi come un giusto equilibrio tra analisi oggettive e considerazioni specifiche.

Allegati

- I. Scheda per raccolta dati
- II. Scheda di sintesi
- III. Schede delle stratigrafie dello stato di fatto
- IV. Schede degli elementi trasparenti
- V. Schede delle stratigrafie di progetto
- VI. Schede degli elementi trasparenti di progetto

1. SCHEDA GENERALE DELL'EDIFICIO

Data del sopralluogo	
Referente	
Ruolo	
Telefono	
E-mail	

Documentazione in possesso	
Piante	
Prospetti	
Sezioni	
Planimetria generale	
Dettagli costruttivi	
Stratigrafie	
Altro	

Dati anagrafici	
Destinazione d'uso	
Indirizzo	
Dati catastali	
Zona climatica	
GG	

Dati dell'edificio		
Anno di costruzione		
Interventi successivi e anno		
Tipologia edificio	Torre	
	Schiera	
	Edificio isolato	
Numero di piani fuori terra		
Numero di piani interrati		
Numero di piani seminterrati		
Altezze di interpiano		
Presenza di locali non riscaldati		
Superficie locali non riscaldati		

2. SCHEDA PER IL RILIEVO DELLA STRATIGRAFIA DELLE PARETI VERTICALI OPACHE

Nome		
Piano		
Tipologia	Muratura in pietra intonacata	
	Muratura di mattoni pieni intonacata	
	Muratura di mattoni semipieni o tufo	
	Parete a cassa vuota	
	Parete a cassa vuota con mattoni forati	
	Parete in blocchi intonacata	

N°	Strato – Materiale	S [m]	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

3. SCHEDA PER IL RILIEVO DELLA STRATIGRAFIA DELLA COPERTURA

Nome		
Piano		
Tipologia	Copertura piana	
	Copertura a falde	
	Copertura coibentata	

N°	Strato – Materiale	S [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

4. SCHEDA PER IL RILIEVO DELLA STRATIGRAFIA DEL PRIMO SOLAIO

Nome		
Piano		
Tipologia	Soletta in laterocemento su cantina	
	Soletta in laterocemento su vespaio	
	Basamento in laterocemento su terreno	
	Soletta generica coibentata su vespaio/ pilotis/cantina	

N°	Strato – Materiale	S [m]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

5. SCHEDA PER IL RILIEVO DEGLI ELEMENTI TRASPARENTI

Tipologia delle strutture trasparenti		
Nome		
Piano		
Disegno e dimensioni del Serramento		
B		
H		
b		
h		
b_g		
h_g		
Spessore serramento		
Numero di lastre di vetro per serramento		
Presenza lastra basso emissiva		
Tipologia telaio		
Spessore serramento		
Numero di lastre di vetro per serramento		
Presenza lastra basso emissiva		
Tipologia e posizione schermature mobili		
Presenza del cassonetto	Si	
	No	
Cassonetto isolato	Si	
	No	
Disegno e dimensioni del cassonetto		

6. SCHEDA DI RACCOLTA DEI DATI RELATIVI AI CONSUMI ENERGETICI

ENERGIA ELETTRICA					
	MESE	GIORNI	CONSUMO [kWh]	COSTO [€]	COSTO [€/kWh]
Area/zona:	Gennaio				
	Febbraio				
	Marzo				
Contatore n.:	Aprile				
	Maggio				
	Giugno				
Fornitore:	Luglio				
	Agosto				
	Settembre				
Anno di riferimento:	Ottobre				
	Novembre				
	Dicembre				
	ANNO				

GAS NATURALE					
	MESE	GIORNI	CONSUMO [m³]	COSTO [€]	COSTO [€/m³]
Area/zona:	Gennaio				
	Febbraio				
	Marzo				
Contatore n.:	Aprile				
	Maggio				
	Giugno				
Fornitore:	Luglio				
	Agosto				
	Settembre				
Anno di riferimento:	Ottobre				
	Novembre				
	Dicembre				
	ANNO				

ALTRI COMBUSTIBILI					
	MESE	GIORNI	CONSUMO [m³]	COSTO [€]	COSTO [€/m³]
Area/zona:	Gennaio				
	Febbraio				
	Marzo				
Contatore n.:	Aprile				
	Maggio				
	Giugno				
Fornitore:	Luglio				
	Agosto				
	Settembre				
Anno di riferimento:	Ottobre				
	Novembre				
	Dicembre				
	ANNO				

7. SCHEDA DI RACCOLTA DATI DELLE CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI RISCALDAMENTO

GENERATORE DI CALORE		
Combustibile utilizzato		
Marca generatore		
Modello generatore		
Tipologia		
Anno di installazione		
Tipologia bruciatore	Monostadio	
	BISTADIO	
	MODULANTE	
	ALTRO	
Marca e modello bruciatore		
Potenza bruciatore		
Potenza nominale focolare generatore		
Potenza nominale utile generatore		
Assorbimento elettrico del generatore		
Luogo di installazione caldaia		

DISTRIBUZIONE		
Sistema di distribuzione		
Tipologia di fluido termovettore		
Anno di posa della rete di distribuzione		
Isolante sulle tubazioni di distribuzione		
Isolante sulle tubazioni in centrale termica		
Temperatura di mandata		

Numero di pompe distribuzione		
Modalità di funzionamento delle pompe	Contemporaneamente	
	Alternate	

	Potenza [KW]	Portata	Tipologia gemellare	Tipologia singola	Giri variabili	Giri Fissi	Giri variabili
POMPA n° 1							
POMPA n° 2							
POMPA n° 3							
POMPA n° ...							

EMISSIONE	
Tipologia terminali	
Posizione terminali	
Potenza di eventuali ausiliari elettrici	

REGOLAZIONE		
Sistema di regolazione	Solo climatica	
	Valvole termostatiche	
	Climatica + valvole termostatiche	
	Termostato di appartamento	
	Climatica + termostato di appartamento	
	Termostato caldaia	

REGIME DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO				
Giorni	Orario di accensione	Temperatura di set-point [°C]	Orario attenuazione	Temperatura di attenuazione
Lunedì				
Martedì				
Mercoledì				
Giovedì				
Venerdì				
Sabato				
Domenica				

Periodo di spegnimento	Dal	Al

8. SCHEDA DI RACCOLTA DATI DELLE CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI RAFFRESCAMENTO

MACCHINA FRIGORIFERA		
Ciclo frigorifero		
Alimentazione (se ad assorbimento)		
Potenza frigorifera resa		
Potenza elettrica assorbita		
Potenza termica assorbita		
Marca		
Raffreddamento condensatore	Torre evaporativa	(KW)
	Ad aria	(KW)
	Macchina motocondensante	
Stato di manutenzione		

REGIME DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO				
Giorni	Orario di accensione	Temperatura di set-point [°C]	Orario attenuazione	Temperatura di attenuazione
Lunedì				
Martedì				
Mercoledì				
Giovedì				
Venerdì				
Sabato				
Domenica				

Periodo di spegnimento	Dal	Al

9. SCHEDA DI RACCOLTA DATI DELLE CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Tipologia impianto ACS	Autonomo	
	Centralizzato	

GENERATORE CENTRALIZZATO			
Tipologia impianto acs centralizzato	Con ricircolo		
	Senza ricircolo		
Potenza pompa di distribuzione			
Isolante sulle tubazioni di distribuzione	Presente	Spessore	Φ tubi
	Non presente		
Temperatura media acqua in mandata			
Temperatura media acqua nel circuito primario			
Serbatoio di accumulo	Presente		
	Non presente		
Serbatoio di accumulo	Marca		
	Modello		
Pompa serbatoio di accumulo	Presente		Potenza
	Non presente		
Isolante serbatoio di accumulo	Presente		Spessore
	Non presente		
Temperatura media acqua nel serbatoio di accumulo			
Luogo di installazione del serbatoio di accumulo			

GENERATORE AUTONOMO		
Tipologia generatore	A gas di tipo istantaneo	
	A gas ad accumulo a fuoco diretto	
	Caldiaia combinata	
	Boiler elettrico	
Potenza termica		
Integrazione con impianto solare termico		

10. SCHEDA DI RACCOLTA DATI DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

IMPIANTO SOLARE TERMICO		
Tipologia impianto		
Anno di costruzione		
Utenza prevista	ACS	
	ACS + integrazione riscaldamento	
Stato di manutenzione		
Ubicazione collettori solari		
Inclinazione collettori solari		
Orientamento collettori solari		
Tipologia collettori solari		
Marca collettori solari		
Modello collettori solari		
Superficie captante		
Temperatura dell'acqua calda sanitaria		
Temperatura dell'acquedotto		
Temperatura del serbatoio di accumulo		
N° di sistemi di accumulo		
Capacità sistema di accumulo		
Marca sistema di accumulo		
Modello sistema di accumulo		

IMPIANTO FOTOVOLTAICO	
Tipologia impianto	
Anno di costruzione	
Stato di manutenzione	
Ubicazione moduli fotovoltaico	
Inclinazione moduli fotovoltaico	
Orientamento moduli fotovoltaico	
Tipologia moduli fotovoltaico	
Marca moduli fotovoltaico	
Modello moduli fotovoltaico	
Superficie captante	
Inverter	
Marca inverter	
Modello inverter	
Potenza di picco	(kWp)
Produzione annua	(KWh/anno)

9. SCHEDA DI RACCOLTA DATI DELLE CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE					
Tipo di apparecchio	N.	Ubicazione	Potenza nominale [W]	Ore giornaliere di funzionamento	Numero di giorni di funzionamento

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE		
	Risposta	Osservazioni
I corpi illuminanti sono sporchi?		
Si rilevano fenomeni di abbagliamento?		
Ci sono lampade inefficienti da sostituire?		
Ci sono dei sistemi di controllo inefficienti?		
Le lampade di emergenza sono accese inutilmente?		
Il sistema di illuminazione tiene conto delle differenti esigenze?		
Esiste la possibilità di inserire sistemi di gestione efficienti (ballast elettronici, sistemi di controllo, ecc.)		
E' possibile differenziare l'illuminazione?		

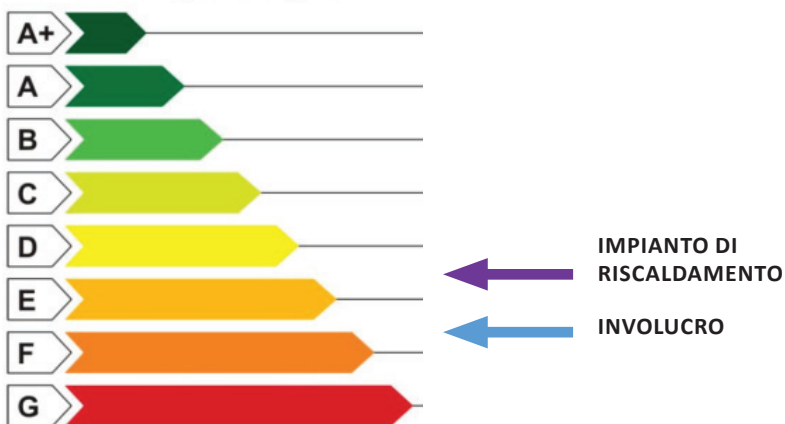
12. SCHEDE DI RACCOLTA DATI DEL COMFORT RECEPITO DAGLI UTENTI

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE		
Ubicazione alloggio (piano, locale d'angolo, ...)		
Come si sente nell'edificio nel periodo invernale?	Troppo caldo	
	Caldo	
	Confortevole	
	Leggermente freddo	
	Freddo	
Come si sente nell'edificio nel periodo estivo?	Molto calda	
	Calda	
	Confortevole	
Come definirebbe in generale l'edificio?	Asciutto	
	Umido	
	Non lo so	
Come ritiene il grado di illuminazione interna?	Insufficiente	
	Buono	
	Eccessivo	
Quante ore al giorno trascorre nell'edificio?	Lunedì	
	Martedì	
	Mercoledì	
	Giovedì	
	Venerdì	
	Sabato	
	Domenica	
Ulteriori osservazioni		

DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO DELL'EDIFICIO

Anno di costruzione		1970
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.1 (1)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	19219
Superficie disperdente (S)	[m ²]	28351
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	68709
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Combustibile		Metano
Generatore riscaldamento		2 caldaie
Potenza al focolare del generatore	[kW]	2033
Rendimento emissione		0,98
Rendimento regolazione		0,71
Rendimento distribuzione		0,89
Rendimento generazione		0,92
Generatore ACS		Calderine autonome
Classe energetica involucro invernale		F
Classe energetica involucro estiva		IV
Classe energetica impianto		E

Basso fabbisogno energetico

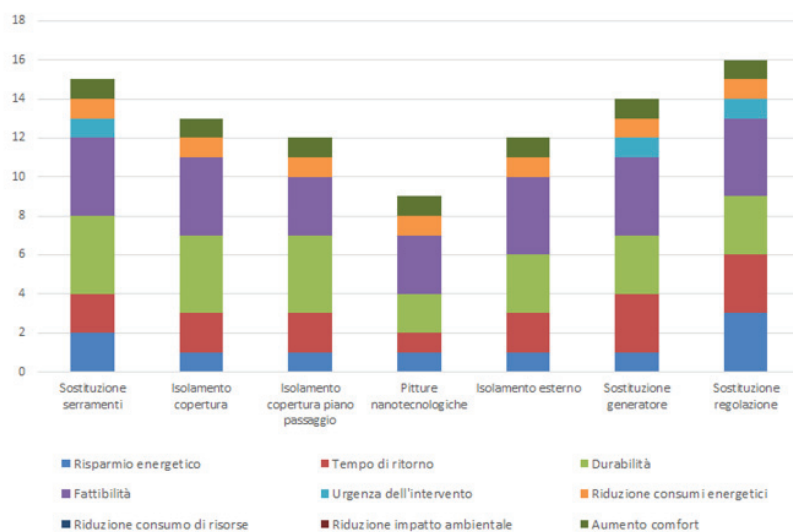


Alto fabbisogno energetico

DESCRIZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE

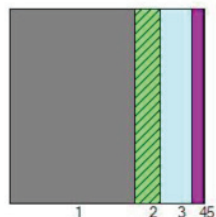
Descrizione intervento	Costo intervento [€]	Tempo di ritorno VAN [anni]	Risparmio [%]	Classe energetica Involucro	Classe energetica impianto
Intervento 1: sostituzione dei serramenti	1'476'000	21	17	E	E
Intervento 2: isolamento della copertura	189'000	11	6	F	E
Intervento 3: isolamento della copertura del piano di passaggio	317'000	16	6	F	E
Intervento 4: pittura con nanotecnologie	800'000	41	2	F	E
Intervento 5: isolamento esterno a cappotto	256000	14	6	F	E
Intervento 6: sostituzione sistema di generazione	150'000	8	7	F	E
Intervento 7: sostituzione sistema di regolazione	350'000	6	28	F	D
Combinazione intervento 1 e intervento 7	1'826'000	15	40	E	D

Ottimizzazione delle proposte di intervento



M1 – PARETE NORD

N°	Strato/Elemento
1	MASSIVO
2	TERMOISOLANTE
3	CAMERA D'ARIA
4	RIVESTIMENTO INTERNO
5	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	MASSIVO							
	Cls generico	0.200	1900	380	1.060	0.19	837	95
2	TERMOISOLANTE							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	40	1.6	0.056	0.71	837	1
3	CAMERA D'ARIA							
	Camera non ventilata	0.050	1	0.1	0.313	0.18	1004	1
4	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Cartongesso in lastre	0.020	900	18	0.210	0.10	837	8
5	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Carta da parati	0.001	1000	1	0.160	0.01	1255	20
	Superficie interna					0.13		

Proprietà fisiche

Spessore totale 0.311 [m]

Massa superficiale totale 400.7 [kg/m²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	1.36 [m ² K/W]	
-------------------	---------------------------	--

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.74 [W/m ² K]	
--	---------------------------	--

Trasmittanza limite	0.36 [W/m ² K]	Verifica non superata
---------------------	---------------------------	-----------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio	
--------------	---------	--

Fattore di temperatura	0.44	
------------------------	------	--

Resistenza minima accettabile	0.446 [m ² K/W]	
-------------------------------	----------------------------	--

Resistenza totale dell'elemento	1.358 [m ² K/W]	Verifica non superata
---------------------------------	----------------------------	-----------------------

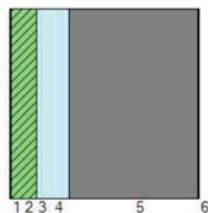
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]	
-----------------	-------------------------	--

Condensa presente	1285 [g/m ²]	Verifica non superata
-------------------	--------------------------	-----------------------

M2 – PARETE SUD

N°	Strato/Elemento
1	MASSIVO
2	TERMOISOLANTE
3	CAMERA D'ARIA
4	RIVESTIMENTO INTERNO
5	RIVESTIMENTO INTERNO
6	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Acciaio inossidabile	0.001	8000	8	17.00	0.00	502	∞
2	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	40	1.6	0.056	0.71	837	1
3	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Acciaio inossidabile	0.001	8000	8	17.00	0.00	502	∞
4	CAMERA D'ARIA							
	Camera non ventilata	0.050	1	0.1	0.313	0.18	1004	1
5	MASSIVO							
	Cls generico	0.200	1900	380	1.060	0.19	837	95
6	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Carta da parati	0.001	1000	1	0.160	0.01	1255	20
	Superficie interna					0.13		

Proprietà fisiche

Spessore totale 0.293 [m]

Massa superficiale totale 398.7 [kg/m²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	1.26 [m ² K/W]	
-------------------	---------------------------	--

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.79 [W/m ² K]	
--	---------------------------	--

Trasmittanza limite	0.36 [W/m ² K]	Verifica non superata
---------------------	---------------------------	-----------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio	
--------------	---------	--

Fattore di temperatura	0.44	
------------------------	------	--

Resistenza minima accettabile	0.446 [m ² K/W]	
-------------------------------	----------------------------	--

Resistenza totale dell'elemento	1.263 [m ² K/W]	Verifica non superata
---------------------------------	----------------------------	-----------------------

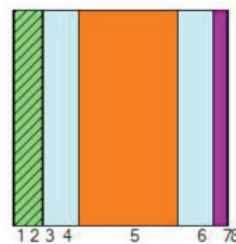
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]	
-----------------	-------------------------	--

Condensa presente	0 [g/m ²]	Verifica superata
-------------------	-----------------------	-------------------

M3 – PARETE OVEST E EST

N°	Strato/Elemento
1	RIVESTIMENTO ESTERNO
2	REGOLARIZZAZIONE
3	MASSIVO
4	TERMOISOLANTE
5	RIVESTIMENTO INTERNO
6	CAMERA D'ARIA
7	RIVESTIMENTO INTERNO
8	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Acciaio inossidabile	0.001	8000	8	17.00	0.00	502	∞
2	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	40	1.6	0.056	0.71	837	1
3	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Acciaio inossidabile	0.001	8000	8	17.00	0.00	502	∞
4	CAMERA D'ARIA							
	Camera non ventilata	0.050	1	0.1	0.313	0.18	1004	1
5	MASSIVO							
	Blocchi forati	0.140	857	120	0.359	0.39	837	7
6	CAMERA D'ARIA							
	Camera non ventilata	0.050	1	0.1	0.313	0.18	1004	1
7	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Cartongesso in lastre	0.020	900	18	0.210	0.10	837	8
8	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Carta da parati	0.001	1000	1	0.160	0.01	1255	20
	Superficie interna					0.13		

Proprietà fisiche

Spessore totale	0.303 [m]
Massa superficiale totale	156.7 [kg/m ²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	1.74 [m ² K/W]
-------------------	---------------------------

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.57 [W/m ² K]
--	---------------------------

Trasmittanza limite	0.36 [W/m ² K]
---------------------	---------------------------

Verifica non superata

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio
--------------	---------

Fattore di temperatura	0.44
------------------------	------

Resistenza minima accettabile	0.446 [m ² K/W]
-------------------------------	----------------------------

Resistenza totale dell'elemento	1.742 [m ² K/W]
---------------------------------	----------------------------

Verifica non superata

Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

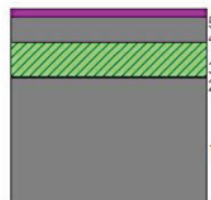
Condensa limite	500 [g/m ²]
-----------------	-------------------------

Condensa presente	3 [g/m ²]
-------------------	-----------------------

Verifica superata

S1 – PRIMO SOLAIO

N°	Strato/Elemento
1	MASSIVO
2	TENUTA ALL'ACQUA
3	TERMOISOLANTE
4	REGOLARIZZAZIONE
5	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	MASSIVO							
	Cls generico	0.150	1900	285	1.060	0.15	837	95
2	TENUTA ALL'ACQUA							
	Guaina in pvc	0.002	1400	2.8	0.150	0.01	1255	10000
3	TERMOISOLANTE							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	100	4	0.056	0.71	837	1
4	REGOLARIZZAZIONE							
	Sottofondo	0.030	1700	51	1.260	0.02	920	150
5	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Piastrelle in ceramica	0.010	2300	23	1.300	0.01	841	∞
	Superficie interna					0.17		

Proprietà fisiche

Spessore totale 0.232 [m]

 Massa superficiale totale 365.8 [kg/m²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	1.11 [m ² K/W]	
-------------------	---------------------------	--

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.90 [W/m ² K]	
--	---------------------------	--

Trasmittanza limite	0.36 [W/m ² K]	Verifica non superata
---------------------	---------------------------	-----------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio	
--------------	---------	--

Fattore di temperatura	0.44	
------------------------	------	--

Resistenza minima accettabile	0.446 [m ² K/W]	
-------------------------------	----------------------------	--

Resistenza totale dell'elemento	1.111 [m ² K/W]	Verifica non superata
---------------------------------	----------------------------	-----------------------

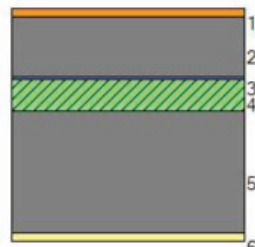
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]	
-----------------	-------------------------	--

Condensa presente	0 [g/m ²]	Verifica superata
-------------------	-----------------------	-------------------

S2 – PAVIMENTO DEL PASSAGGIO

N°	Strato/Elemento
1	RIVESTIMENTO ESTERNO
2	REGOLARIZZAZIONE
3	TENUTA ALL'ACQUA
4	TERMOISOLANTE
5	MASSIVO
6	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Pavimento in gomma	0.010	1200	12	0.170	0.060	1000	∞
2	REGOLARIZZAZIONE							
	Sottofondo	0.075	1700	127.5	1.260	0.060	920	150
3	TENUTA ALL'ACQUA							
	Guaina in pvc	0.002	1400	2.8	0.150	0.010	1255	10000
4	TERMOISOLANTE							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	100	4	0.056	0.710	837	1
5	MASSIVO							
	Cls generico	0.150	1900	285	1.060	0.150	837	95
6	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Intonaco	0.010	1800	18	0.900	0.010	837	20
	Superficie interna					0.10		

Proprietà fisiche

Spessore totale 0.287 [m]

 Massa superficiale totale 449.3 [kg/m²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	1.14 [m ² K/W]	
-------------------	---------------------------	--

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.878 [W/m ² K]	
--	----------------------------	--

Trasmittanza limite	0.32 [W/m ² K]	Verifica non superata
---------------------	---------------------------	-----------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio	
--------------	---------	--

Fattore di temperatura	0.44	
------------------------	------	--

Resistenza minima accettabile	0.519 [m ² K/W]	
-------------------------------	----------------------------	--

Resistenza totale dell'elemento	1.139 [m ² K/W]	Verifica non superata
---------------------------------	----------------------------	-----------------------

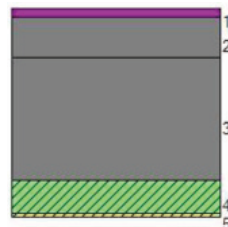
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]	
-----------------	-------------------------	--

Condensa presente	45 [g/m ²]	Verifica superata
-------------------	------------------------	-------------------

S3 – COPERTURA DEL PASSAGGIO

N°	Strato/Elemento
1	RIVESTIMENTO ESTERNO
2	REGOLARIZZAZIONE
3	MASSIVO
4	TERMOISOLANTE
5	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Piastrelle in ceramica	0.010	2300	23	1.300	0.01	841	∞
2	REGOLARIZZAZIONE							
	Sottofondo	0.050	1700	85.0	1.260	0.040	920	150
3	MASSIVO							
	Cls generico	0.150	1900	285	1.060	0.150	837	95
4	TERMOISOLANTE							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	100	4	0.056	0.710	837	1
5	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Rasante	0.005	1500	7.5	0.600	0.010	879	10
	Superficie interna					0.17		

Proprietà fisiche

Spessore totale 0.255 [m]

 Massa superficiale totale 404.5 [kg/m²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	1.05 [m ² K/W]	
-------------------	---------------------------	--

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.951 [W/m ² K]	
--	----------------------------	--

Trasmittanza limite	0.36 [W/m ² K]	Verifica non superata
---------------------	---------------------------	-----------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio	
--------------	---------	--

Fattore di temperatura	0.44	
------------------------	------	--

Resistenza minima accettabile	0.519 [m ² K/W]	
-------------------------------	----------------------------	--

Resistenza totale dell'elemento	1.052 [m ² K/W]	Verifica non superata
---------------------------------	----------------------------	-----------------------

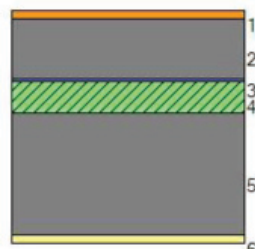
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]	
-----------------	-------------------------	--

Condensa presente	6125 [g/m ²]	Verifica non superata
-------------------	--------------------------	-----------------------

S4 – COPERTURA

N°	Strato/Elemento
1	TENUTA ALL'ACQUA
2	REGOLARIZZAZIONE
3	TENUTA ALL'ACQUA
4	TERMOISOLANTE
5	MASSIVO
6	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	TENUTA ALL'ACQUA							
	Guaina in pvc	0.002	1400	2.8	0.150	0.010	1255	10000
2	REGOLARIZZAZIONE							
	Sottofondo	0.030	1700	51.0	1.260	0.020	920	150
3	TENUTA ALL'ACQUA							
	Guaina in pvc	0.002	1400	2.8	0.150	0.010	1255	10000
4	TERMOISOLANTE							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	100	4	0.056	0.710	837	1
5	MASSIVO							
	Cls generico	0.150	1900	285	1.060	0.150	837	95
6	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Intonaco	0.010	1800	18	0.900	0.010	837	20
	Superficie interna					0.10		

Proprietà fisiche

Spessore totale 0.234 [m]

 Massa superficiale totale 363.6 [kg/m²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	1.06 [m ² K/W]	
-------------------	---------------------------	--

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.946 [W/m ² K]	
--	----------------------------	--

Trasmittanza limite	0.32 [W/m ² K]	Verifica non superata
---------------------	---------------------------	-----------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio	
--------------	---------	--

Fattore di temperatura	0.44	
------------------------	------	--

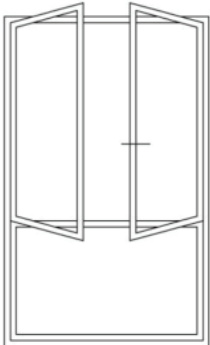
Resistenza minima accettabile	0.519 [m ² K/W]	
-------------------------------	----------------------------	--

Resistenza totale dell'elemento	1.057 [m ² K/W]	Verifica non superata
---------------------------------	----------------------------	-----------------------

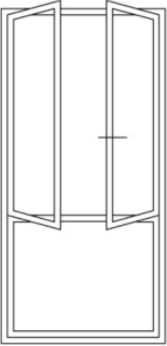
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]	
-----------------	-------------------------	--


Condensa presente	38 [g/m ²]	Verifica superata
-------------------	------------------------	-------------------

W1			
B	1.70		
H	2.70		
bg	1.50		
hg	2.50		
bt	0.10		
Lt	0.10		
Area serramento	4.59		
Lunghezza giunto	13.88		
Numero lastre di vetro			2
Spessore			4-6-4
Gas nell'intercapedine		Aria	
Vetro basso emissivo		No	
Tipologia telaio		Metallo senza taglio termico	
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili senza riempimento	
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media	
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche	
Posizione schermatura mobile		Interne	
Trasmissione schermatura mobile		Media	

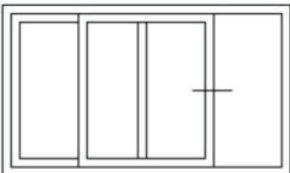
Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	3.3 [W/m²K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m²K]	Verifica non superata
Trasmittanza telaio	7 [W/m²K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.02 [W/m²K]	
Trasmittanza energia solare g	0.75 [W/m²K]	
Trasmittanza serramento	4.1 [W/m²K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m²K]	Verifica non superata

W2			
B	1.35		
H	2.70		
bg	2.50		
hg	1.15		
bt	0.10		
Lt	0.10		
Area serramento	3.65		
Lunghezza giunto	12.5		
Numero lastre di vetro			2
Spessore			4-6-4
Gas nell'intercapedine			Aria
Vetro basso emissivo			No
Tipologia telaio			Metallo senza taglio termico
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili senza riempimento	
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media	
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche	
Posizione schermatura mobile		Interne	
Trasmissione schermatura mobile		Media	

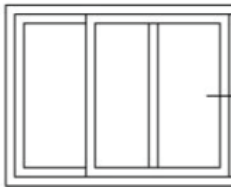
Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	3.3 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m ² K]	Verifica non superata
Trasmittanza telaio	7 [W/m ² K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.02 [W/m ² K]	
Trasmittanza energia solare g	0.75 [W/m ² K]	
Trasmittanza serramento	4.11 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m ² K]	Verifica non superata

W3		
B	1.35	
H	1.00	
bg	1.15	
hg	0.80	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	1.35	
Lunghezza giunto	4.12	
Numero lastre di vetro		2
Spessore		4-6-4
Gas nell'intercapedine		Aria
Vetro basso emissivo		No
Tipologia telaio		Metallo senza taglio termico
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili senza riempimento
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche
Posizione schermatura mobile		Interne
Trasmissione schermatura mobile		Media

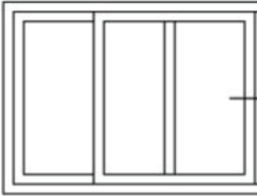
Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	3.3 [W/m²K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m²K]	Verifica non superata
Trasmittanza telaio	7 [W/m²K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.02 [W/m²K]	
Trasmittanza energia solare g	0.75 [W/m²K]	
Trasmittanza serramento	4.10 [W/m²K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m²K]	Verifica non superata

W4		
B	1.70	
H	1.00	
bg	1.50	
hg	0.80	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	1.70	
Lunghezza giunto	9.4	
Numero lastre di vetro	2	
Spessore	4-6-4	
Gas nell'intercapedine	Aria	
Vetro basso emissivo	No	
Tipologia telaio	Metallo senza taglio termico	
Tipologia di chiusure oscuranti	Avvolgibili senza riempimento	
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti	Media	
Tipologia di schermatura mobile	Tende bianche	
Posizione schermatura mobile	Interne	
Trasmissione schermatura mobile	Media	

Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	3.3 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m ² K]	Verifica non superata
Trasmittanza telaio	7 [W/m ² K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.02 [W/m ² K]	
Trasmittanza energia solare g	0.75 [W/m ² K]	
Trasmittanza serramento	4.15 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m ² K]	Verifica non superata

W5		
B	3.00	
H	2.70	
bg	2.80	
hg	2.50	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	8.1	
Lunghezza giunto	20.2	
Numero lastre di vetro		2
Spessore		4-6-4
Gas nell'intercapedine		Aria
Vetro basso emissivo		No
Tipologia telaio		Metallo senza taglio termico
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili senza riempimento
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche
Posizione schermatura mobile		Interne
Trasmissione schermatura mobile		Media

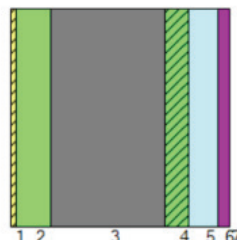
Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	3.3 [W/m²K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m²K]	Verifica non superata
Trasmittanza telaio	7 [W/m²K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.02 [W/m²K]	
Trasmittanza energia solare g	0.75 [W/m²K]	
Trasmittanza serramento	4.09 [W/m²K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m²K]	Verifica non superata

W6			
B	2.20		
H	2.70		
bg	2.00		
hg	2.50		
bt	0.10		
Lt	0.10		
Area serramento	5.94		
Lunghezza giunto	18.6		
Numero lastre di vetro			2
Spessore			4-6-4
Gas nell'intercapedine		Aria	
Vetro basso emissivo		No	
Tipologia telaio		Metallo senza taglio termico	
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili senza riempimento	
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media	
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche	
Posizione schermatura mobile		Interne	
Trasmissione schermatura mobile		Media	

Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	3.3 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m ² K]	Verifica non superata
Trasmittanza telaio	7 [W/m ² K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.02 [W/m ² K]	
Trasmittanza energia solare g	0.75 [W/m ² K]	
Trasmittanza serramento	4.10 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m ² K]	Verifica non superata

M1 – PARETE NORD

N°	Strato/Elemento
1	RIVESTIMENTO ESTERNO
2	TERMOISOLANTE
3	MASSIVO
4	TERMOISOLANTE
5	CAMERA D'ARIA
6	RIVESTIMENTO INTERNO
7	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Rasante	0.010	1500	15.0	0.600	0.017	879	10
2	TERMOISOLANTE							
	Isolamento XPS	0.060	30	1.8	0.032	1.87	1255	140
3	MASSIVO							
	ClS generico	0.200	1900	380	1.060	0.19	837	95
4	TERMOISOLANTE							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	40	1.6	0.056	0.71	837	1
5	CAMERA D'ARIA							
	Camera non ventilata	0.050	1	0.1	0.313	0.18	1004	1
6	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Cartongesso in lastre	0.020	900	18	0.210	0.10	837	8
7	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Carta da parati	0.001	1000	1	0.160	0.01	1255	20
	Superficie interna					0.13		

Proprietà fisiche

Spessore totale	0.381 [m]
Massa superficiale totale	417.5 [kg/m ²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	3.25 [m ² K/W]
-------------------	---------------------------

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.31 [W/m ² K]
--	---------------------------

Trasmittanza limite	0.36 [W/m ² K]	Verifica superata
---------------------	---------------------------	-------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio
--------------	---------

Fattore di temperatura	0.44
------------------------	------

Resistenza minima accettabile	0.446 [m ² K/W]
-------------------------------	----------------------------

Resistenza totale dell'elemento	3.249 [m ² K/W]	Verifica superata
---------------------------------	----------------------------	-------------------

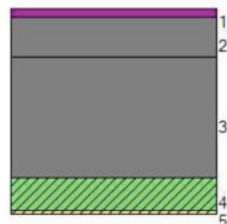
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]
-----------------	-------------------------

Condensa presente	0 [g/m ²]	Verifica superata
-------------------	-----------------------	-------------------

S3 – COPERTURA DEL PASSAGGIO_PROGETTO

N°	Strato/Elemento
1	RIVESTIMENTO INTERNO
2	REGOLARIZZAZIONE
3	MASSIVO
4	TERMOISOLANTE
5	RIVESTIMENTO ESTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie interna					0.17		
1	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Piastrelle in ceramica	0.010	2300	23	1.300	0.01	841	∞
2	REGOLARIZZAZIONE							
	Sottofondo	0.050	1700	85.0	1.260	0.040	920	150
3	MASSIVO							
	Cls generico	0.150	1900	285	1.060	0.150	837	95
4	TERMOISOLANTE							
	Isolamento XPS	0.100	40	3.0	0.030	3.125	1255	120
5	RIVESTIMENTO ESTERNO							
	Rasante	0.005	1500	7.5	0.600	0.010	879	10
	Superficie esterna					0.04		

Proprietà fisiche

Spessore totale 0.315 [m]

Massa superficiale totale 403.5 [kg/m²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	3.53 [m ² K/W]	
-------------------	---------------------------	--

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.28 [W/m ² K]	
--	---------------------------	--

Trasmittanza limite	0.36 [W/m ² K]	Verifica superata
---------------------	---------------------------	-------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio	
--------------	---------	--

Fattore di temperatura	0.44	
------------------------	------	--

Resistenza minima accettabile	0.446 [m ² K/W]	
-------------------------------	----------------------------	--

Resistenza totale dell'elemento	3.53 [m ² K/W]	Verifica superata
---------------------------------	---------------------------	-------------------

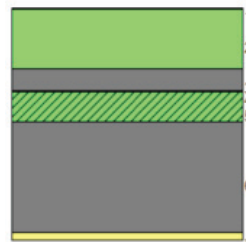
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]	
-----------------	-------------------------	--

Condensa presente	0 [g/m ²]	Verifica superata
-------------------	-----------------------	-------------------

S4 – COPERTURA_PROGETTO

N°	Strato/Elemento
1	TENUTA ALL'ACQUA
2	TERMOISOLANTE
3	REGOLARIZZAZIONE
4	TENUTA ALL'ACQUA
5	TERMOISOLANTE
6	MASSIVO
7	RIVESTIMENTO INTERNO



N°	Strato – Materiale	S	Mv	Ms	λ	R	c	μ
		m	kg/m ³	kg/m ²	W/mK	m ² K/W	J/kgK	adim.
	Superficie esterna					0.04		
1	TENUTA ALL'ACQUA							
	Guaina in pvc	0.002	1400	2.8	0.150	0.010	1255	10000
2	TERMOISOLANTE							
	Isolamento xps	0.080	40	3.2	0.030	2.667	1255	120
3	REGOLARIZZAZIONE							
	Sottofondo	0.030	1700	51.0	1.260	0.020	920	150
4	TENUTA ALL'ACQUA							
	Guaina in pvc	0.002	1400	2.8	0.150	0.010	1255	10000
5	TERMOISOLANTE							
	Isolamento -40% prestazioni	0.040	100	4	0.056	0.710	837	1
6	MASSIVO							
	CIs generico	0.150	1900	285	1.060	0.150	837	95
7	RIVESTIMENTO INTERNO							
	Intonaco	0.010	1800	18	0.900	0.010	837	20
	Superficie interna					0.10		

Proprietà fisiche

Spessore totale	0.314 [m]
Massa superficiale totale	366.8 [kg/m ²]

Prestazioni termiche e verifiche invernali

Resistenza totale	3.72 [m ² K/W]
-------------------	---------------------------

Trasmittanza della stratigrafia totale	0.27 [W/m ² K]
--	---------------------------

Trasmittanza limite	0.32 [W/m ² K]	Verifica superata
---------------------	---------------------------	-------------------

Verifica effettuata conformemente al REGOLAMENTO REGIONALE 13 Novembre 2012 N. 6

Prestazioni termiche e verifiche estive (non richieste)

Prestazioni Igrometriche (Condensa superficiale)

Mese critico	Gennaio
--------------	---------

Fattore di temperatura	0.52
------------------------	------

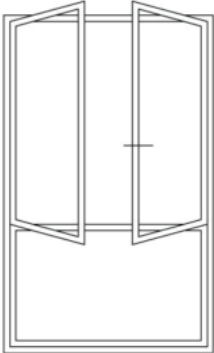
Resistenza minima accettabile	0.520 [m ² K/W]
-------------------------------	----------------------------

Resistenza totale dell'elemento	3.724 [m ² K/W]	Verifica superata
---------------------------------	----------------------------	-------------------

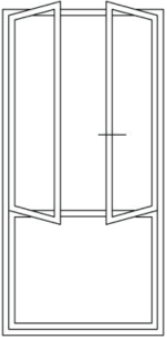
Prestazioni Igrometriche (Condensa interstiziale)

Condensa limite	500 [g/m ²]
-----------------	-------------------------


Condensa presente	0 [g/m ²]	Verifica superata
-------------------	-----------------------	-------------------

W1_progetto			
B	1.70		
H	2.70		
bg	1.50		
hg	2.50		
bt	0.10		
Lt	0.10		
Area serramento	4.59		
Lunghezza giunto	13.88		
Numero lastre di vetro			2
Spessore			4-12-4
Gas nell'intercapedine		Argon	
Vetro basso emissivo		0.20	
Tipologia telaio		PVC con tre camere cave	
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili con riempimento	
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media	
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche	
Posizione schermatura mobile		Interne	
Trasmissione schermatura mobile		Media	

Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	1.8 [W/m²K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m²K]	Verifica superata
Trasmittanza telaio	2 [W/m²K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.06 [W/m²K]	
Trasmittanza energia solare g	0.67 [W/m²K]	
Trasmittanza serramento	2.0 [W/m²K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m²K]	Verifica superata

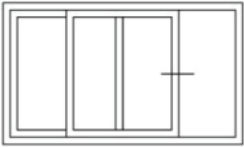
W2_progetto		
B	1.35	
H	2.70	
bg	2.50	
hg	1.15	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	3.65	
Lunghezza giunto	12.5	
Numero lastre di vetro		2
Spessore		4-12-4
Gas nell'intercapedine		Argon
Vetro basso emissivo		0.20
Tipologia telaio		PVC con tre camere cave
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili con riempimento
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche
Posizione schermatura mobile		Interne
Trasmissione schermatura mobile		Media

Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	1.8 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m ² K]	Verifica superata
Trasmittanza telaio	2 [W/m ² K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.06 [W/m ² K]	
Trasmittanza energia solare g	0.67 [W/m ² K]	
Trasmittanza serramento	2.0 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m ² K]	Verifica superata

W3_progetto		
B	1.35	
H	1.00	
bg	1.15	
hg	0.80	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	1.35	
Lunghezza giunto	4.12	
Numero lastre di vetro		2
Spessore		4-12-4
Gas nell'intercapedine		Argon
Vetro basso emissivo		0.20
Tipologia telaio		PVC con tre camere cave
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili con riempimento
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche
Posizione schermatura mobile		Interne
Trasmissione schermatura mobile		Media

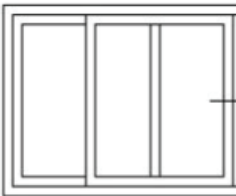
Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	1.8 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m ² K]	Verifica superata
Trasmittanza telaio	2 [W/m ² K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.06 [W/m ² K]	
Trasmittanza energia solare g	0.67 [W/m ² K]	
Trasmittanza serramento	2.0 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m ² K]	Verifica superata

W4_progetto


B	1.70	
H	1.00	
bg	1.50	
hg	0.80	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	1.70	
Lunghezza giunto	9.4	
Numero lastre di vetro	2	
Spessore	4-12-4	
Gas nell'intercapedine	Argon	
Vetro basso emissivo	0.20	
Tipologia telaio	PVC con tre camere cave	
Tipologia di chiusure oscuranti	Avvolgibili con riempimento	
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti	Media	
Tipologia di schermatura mobile	Tende bianche	
Posizione schermatura mobile	Interne	
Trasmissione schermatura mobile	Media	

Verifica delle prestazioni del Serramento

Trasmittanza vetro	1.8 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m ² K]	Verifica superata
Trasmittanza telaio	2 [W/m ² K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.06 [W/m ² K]	
Trasmittanza energia solare g	0.67 [W/m ² K]	
Trasmittanza serramento	2.2 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m ² K]	Verifica superata

W5_progetto		
B	3.00	
H	2.70	
bg	2.80	
hg	2.50	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	8.1	
Lunghezza giunto	20.2	
Numero lastre di vetro		2
Spessore		4-12-4
Gas nell'intercapedine		Argon
Vetro basso emissivo		0.20
Tipologia telaio		PVC con tre camere cave
Tipologia di chiusure oscuranti		Avvolgibili con riempimento
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti		Media
Tipologia di schermatura mobile		Tende bianche
Posizione schermatura mobile		Interne
Trasmissione schermatura mobile		Media

Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	1.8 [W/m²K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m²K]	Verifica superata
Trasmittanza telaio	2 [W/m²K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.06 [W/m²K]	
Trasmittanza energia solare g	0.67 [W/m²K]	
Trasmittanza serramento	2.0 [W/m²K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m²K]	Verifica superata

W6_progetto		
B	2.20	
H	2.70	
bg	2.00	
hg	2.50	
bt	0.10	
Lt	0.10	
Area serramento	5.94	
Lunghezza giunto	18.6	
Numero lastre di vetro	2	
Spessore	4-12-4	
Gas nell'intercapedine	Argon	
Vetro basso emissivo	0.20	
Tipologia telaio	PVC con tre camere cave	
Tipologia di chiusure oscuranti	Avvolgibili con riempimento	
Permeabilità dell'aria delle chiusure oscuranti	Media	
Tipologia di schermatura mobile	Tende bianche	
Posizione schermatura mobile	Interne	
Trasmissione schermatura mobile	Media	

Verifica delle prestazioni del Serramento		
Trasmittanza vetro	1.8 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite vetro	1.9 [W/m ² K]	Verifica superata
Trasmittanza telaio	2 [W/m ² K]	
Trasmittanza lineare giunto	0.06 [W/m ² K]	
Trasmittanza energia solare g	0.67 [W/m ² K]	
Trasmittanza serramento	2.0 [W/m ² K]	
Trasmittanza limite serramento	2.4 [W/m ² K]	Verifica superata

I. Libri

Arengi, A., Galbusera, G., Panzeri, A., Salani, C., Tuoni, G., Leccese, F., Scaramella, I., 2010. *Prestazioni estive degli edifici, L'isolamento termico e acustico*. TEP srl, Milano.

Baldo, G.L., Marino, M., Rossi, S., 2008. *Analisi del ciclo di vita LCA*. Edizioni Ambiente, Milano.

Bittanti, S., 1992. *Identificazione dei modelli e controllo adattativo*. Pitagora Editrice, Bologna.

Bittanti, S., Campi, M., 1995. *Raccolta di problemi di identificazione filtraggio controllo predittivo*. Pitagora Editrice, Bologna.

Conti P., Della Vista D., Fantozzi F., Fasano G., Grassi W., Manetti R., Menchetti E., Schito E., Signoretti P., Testi E., *Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario*, 2011.

Dall'O, G., 2011. *Green Energy Audit*. Edizioni Ambiente.

Dassori, E., Morbiducci, R., 2011. *Costruire l'architettura*. Tecniche Nuove, Milano.

DeKay, M., Brown, G.Z., 2014. *Sun, Wind and Light: Architectural Design Strategies*, 3 edition. ed. Wiley.

De Santoli L., Mancini F., *Procedura Semplificata per la Valutazione dei Fabbisogni Energetici dei Trattamenti dell'Aria*, Università La Sapienza, Roma, Condizionamento Dell'Aria, AICARR, 2005.

ENEA, *Rapporto Annuale Efficienza Energetica RAEE*, Roma, 2015.

Esposti, R., Galbusera, G., Panzeri, A., Petroni, D., 2011. *Guida alla nuova legge 10, L'isolamento termico e acusto*. TEP srl, Milano.

Esposti, R., Galbusera, G., Panzeri, A., Salani, C., 2014. *Muffa, condensa e ponti termici. Guida completa all'analisi igrotermica degli edifici*, seconda. ed, L'isolamento termico e acustico. TEP srl, Milano.

García-Fuentes, M.A., Vasallo, A., García-Pajares, R., Pujols, W.C., Meiss, A., 2014. *Residential areas retrofitting towards nearly Zero Energy Districts (nZED). A case study: Valladolid-Cuatro de Marzo*. Presented at the World SB14 Barcelona, GBCe, Madrid, pp. 236–242.

Givon, B., 1998. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. John Wiley and Sons, New York.

Givoni, B., 1976. *Man, Climate and Architecture*, Architectural Science Series. Applied Science Publ.

Kurnitski, J., 2013. *Cost Optimal and Nearly Zero-Energy Buildings (nZEB): Definitions, Calculation Principles and Case Studies*. Springer Science & Business Media.

Lucchi, E., 2012. *Diagnosi energetica strumentale degli edifici*. Dario Flaccovio, Palermo.

Mazzarella, L., Piterà, L.A., 2013. *Efficienza energetica attraverso la diagnosi e il servizio energia negli edifici*, Prima edizione. ed. Ananke, Torino.

Neri, P., 2008. *Verso la valutazione ambientale degli edifici*. Alinea Editrice, Firenze.

Olgay, V., 1963. *Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, First Edition edition. ed. Princeton University Press.

Peng Peng, X., Chan, E.H.W., Qian, Q.K., 2012. *Key performance indicators (KPI) for the sustainability of building energy efficiency retrofit (BEER) in hotel buildings in China*. Facilities 30, 432–448.

Szokolay, S., 2008. *Introduction to Architectural Science*, 2 edition. ed. Routledge, Amsterdam; Boston; London.

Tanaka, M., Bui, H.D., 1993. *Inverse Problems in Engineering Mechanics*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Thumann, A., Younger, W.J., Niehus, T., 2010. *Handbook of Energy Audits*. The Fairmont Press, Inc.

Zbigniew, M., 1996. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Terza. ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

II. Sitografia

<http://concerto.eu/concerto/about-concerto/about-con-intro.html>

<http://r2cities.eu/>

<http://www.evo-world.org/>

<http://urbact.eu/>

<http://www.pattodeisindaci.eu/>

<http://newsroom.unfccc.int/>

<http://www.un.org/climatechange/>

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/>

https://ec.europa.eu/clima/index_en

https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en

<http://www.eea.europa.eu/>

III. Riferimenti normativi

Direttiva 2012/27/UE

Direttiva 2010/31/UE

Direttiva 2009/28/CE

Direttiva 2006/32/CE

Direttiva 2002/91/CE

Decreti Ministeriali del 26 Giugno 2015

Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102

Legge 3 agosto 2013, n. 90

Decreto del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013, n. 74

Decreto del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013, n. 75

Decreto Legislativo 4 giugno 2013, n. 63

Decreto Ministeriale 15 marzo 2012

Decreto Ministeriale 22 novembre 2011

Decreto Legislativo 29 marzo 2011, n. 28

Decreto Ministeriale 26 giugno 2009

Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59

Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115

Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192

Decreto Ministeriale 6 agosto 1994

Legge 9 gennaio 1991, n. 10

Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412

Legge 30 aprile 1976, n. 373

Decreto Ministeriale 5 luglio 1975

Legge Regionale della Liguria 7 Dicembre 2016, n. 32

Regolamento Regionale della Liguria 6 Marzo 2015, n. 1

Delibera della Giunta Provinciale della Provincia di Bolzano n. 362 del 4 marzo 2013

Regolamento Regionale della Liguria 13 novembre 2012, n. 6

Legge Regionale della Liguria 30 luglio 2012, n. 23
Legge Regionale della Liguria 16 novembre 2011, n. 33
Delibera della Giunta Provinciale della Provincia di Torino n. 1212-39325/2010
Legge Regionale della Liguria 3 novembre 2009, n. 49
Regolamento Regionale della Liguria 22 gennaio 2009, n. 1
Legge Regionale della Liguria 24 dicembre 2008, n. 45
Legge Regionale della Liguria 6 giugno 2008, n. 16
Legge Regionale della Liguria 29 maggio 2007, n. 22
Regolamento Regionale della Liguria 8 novembre 2007, n. 6

UNI/TS 11300: 2014
UNI EN ISO 13788: 2013
UNI CEI EN 16247-1: 2012
UNI CEI EN 16212: 2012
UNI EN 12464-1: 2011
UNI CEI/TR 11428: 2011
UNI 10375: 2011
UNI EN 15603: 2008
UNI EN 15242: 2008
UNI EN 15251: 2008
UNI EN 15193: 2008
UNI EN ISO 13790: 2008
UNI EN ISO 13789: 2008
UNI EN ISO 13786: 2008
UNI EN ISO 6946: 2008
UNI EN ISO 14040: 2006
UNI 11156: 2006
UNI EN ISO 7730: 2006
UNI EN ISO 14020: 2002
UNI 10349: 1994

FINITO DI STAMPARE MARZO 2017

Renata Morbiducci

Professore Associato in Architettura Tecnica; Ph.D. in Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano; Laurea in Architettura, Università di Genova; Responsabile Scientifico di Progetti Internazionali e Nazionali; Autore di più di 80 pubblicazioni; Membro di RINGO (No-Gov. Delegation COP-UNFCCC); Docente di Progettazione e Riqualificazione Sostenibile; Responsabile Scientifico di una Collana Editoriale; Fondatore dello Spin-Off Universitario (Start Up Innovativa) BuildTech.

Clara Vite

Dottoranda di Ricerca in Architettura e Design, Università di Genova; Laurea in Ingegneria Edile-Architettura, Università di Genova; Partecipante a Progetti Internazionali e Nazionali; Fondatore dello Spin-Off Universitario (Start Up Innovativa) BuildTech.

La pubblicazione è una sintesi di alcune ricerche condotte per un Progetto Europeo (R2CITIES) e per un Assegno di Ricerca finanziato dalla Regione Liguria di durata biennale. In entrambi i casi, il responsabile scientifico è la Prof. Renata Morbiducci e le ricerche sono state sviluppate insieme a Clara Vite, e in collaborazione con altri studiosi del panorama internazionale.

Il libro propone un metodo di ottimizzazione semplificato e operativo per il processo di riqualificazione sostenibile, partendo dai concetti di diagnosi energetica, di riqualificazione di edifici esistenti e di sostenibilità. Esso è frutto di diverse esperienze di ricerca teoriche e applicative. Il processo proposto prevede tre macro fasi (analisi dello stato di fatto, individuazione delle ipotesi progettuali e valutazione delle soluzioni individuate), in cui gli scenari progettuali sono identificate mediante parametri di sostenibilità (ambientali, sociali ed economici).

L'applicabilità e replicabilità del metodo proposto sono state verificate in numerosi casi reali e qui mostrate in un caso studio di un complesso residenziale di notevole dimensione, caso rappresentativo di un intero quartiere.