

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

DIENCA

Dipartimento di Ingegneria Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale

TESI DI LAUREA

in
Impianti Tecnici

**RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI UN
INSEDIAMENTO RESIDENZIALE :
LE "POPOLARISSIME" DI VIA VEZZA A BOLOGNA**

CANDIDATO
Cellarosi Michele

RELATORE:
Chiar.mo Prof. Ing. Giovanni Semprini

CORRELATORI
Prof. Arch. Annarita Ferrante
Ing. Stefania Falcioni

Anno Accademico 2009/2010

Sessione I

INDICE

Introduzione	pag. 3
--------------	--------

Capitolo 1

EDILIZIA ECONOMICO-POPOLARE IN ITALIA	pag. 6
1.1 Cenni storici: dalla legge Luzzatti ad oggi	pag. 6
1.2 Edilizia economico popolare: la realtà bolognese	pag. 13
1.2.1 Edilizia economico popolare. La realtà bolognese	pag. 13
1.2.2 Il problema abitativo	pag. 14
1.2.3 La nascita dell'Istituto Autonomo Case Popolari	pag. 16
1.2.4 La ricostruzione dopo il secondo conflitto mondiale	pag. 24
1.2.5 Il recupero del centro storico ed il contenimento dello sviluppo delle periferie	pag. 29
1.3 Case Popolarissime	pag. 33

Capitolo 2

LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI: NORMATIVE DI RIFERIMENTO	pag. 39
2.1 La direttiva Europea 2002/91 (EPBD)	pag. 39
2.2 La normativa italiana	pag. 41
2.3 La normativa regionale Emilia Romagna	pag. 57

Capitolo 3

DESCRIZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO	pag. 60
--	---------

Capitolo 4

ANALISI ENERGETICA DELLE CASE POPOLARISSIME DI VIA VEZZA: STATO DI FATTO	pag. 79
4.1 Localizzazione ed analisi ambientali	pag. 79
4.2 Presentazione degli edifici	pag. 80
4.3 Il metodo di calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio	pag. 98
4.3.1 Il calcolo delle prestazioni dell'involucro	pag. 103
4.4 Descrizione dello stato di fatto dell'involucro	pag. 112
4.5 Descrizione dello stato di fatto degli impianti	pag. 120
4.6 Risultati di calcolo	pag. 127

Capitolo 5

IL RUOLO DELLE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI ED APPLICABILITA' AL CASO DI STUDIO	pag138
5.1 Definizione di Energie Rinnovabili	pag139
5.2 Energia Solare	pag141
5.2.1 Il solare termico	pag141
5.2.2 Il solare fotovoltaico	pag143
5.3 Geotermia	pag145
5.3.1 Geotermia diretta	pag145
5.3.2 Geotermia indiretta	pag146
5.4 Impianti di cogenerazione	pag149
5.5 Teleriscaldamento	pag154
5.6 Scelta della fonte energetica applicabile al caso di studio	pag157

Capitolo 6

ANALISI ENERGETICA DELLE CASE DI VIA VEZZA: INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE	pag159
6.1 Riqualificazione dell'involucro	pag162
6.1.1 La coibentazione delle strutture opache	pag164
6.1.2 La sostituzione delle strutture trasparenti	pag170
6.2 Riqualificazione degli impianti	pag175
6.3 Risultati di calcolo	pag184
6.4 Conclusioni	pag189
Fonti Bibliografiche	pag192

INTRODUZIONE

Oggi viviamo in un contesto estremamente critico dal punto di vista ambientale per cui si ritiene fondamentale mirare ad obiettivi ispirati alla tutela della qualità della vita quotidiana, alla tutela del territorio e del paesaggio, allo sviluppo di un'economia sostenibile; anche l'edilizia può contribuire a questo scopo promuovendo la realizzazione o il riadattamento di edifici che riducano l'impatto ambientale ed i consumi energetici, in linea con le normative vigenti.

Le direttive del Protocollo di Kyoto per la riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera, adottato il 10/12/1997 dalla Conferenza delle parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite, fornivano indicazioni mirate a realizzare edifici con un minor impatto ambientale attraverso una riduzione dei consumi energetici.

L'Italia con Decreto Legislativo 19/08/05 n°192 modificato ed integrato con Decreto Legislativo 29/12/06 n°311, ha dato attuazione alle direttive europee individuando i criteri per il miglioramento energetico degli edifici, sia per gli interventi di nuova costruzione che per quelli esistenti.

In data 04/03/08 con delibera n°156 l'assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna ha approvato un *“Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici”*.

L'obiettivo è quello di incrementare la qualità energetica degli edifici e delle aree urbane, analizzando e proponendo alcune indicazioni e metodologie che, applicate ai differenti livelli di pianificazione e progettazione, siano in grado di contribuire in maniera efficace al risparmio energetico nel settore edilizio. In particolare, tale atto è rivolto agli imprenditori ed ai privati cittadini nell'ottica di una generale sensibilizzazione nei confronti delle tematiche energetiche ed ambientali con particolare riguardo al recupero del patrimonio edilizio esistente.

Lo scopo del presente *Atto* è quello di incentivare una progettazione che preveda, attraverso l'introduzione di criteri tecnico-costruttivi, tipologici ed impiantistici, facilitare e valorizzare l'impiego di fonti energetiche rinnovabili ed assimilate per il riscaldamento, il raffrescamento, la produzione di acqua calda sanitaria, l'illuminazione, in relazione alla destinazione d'uso ed in rapporto con il tessuto urbano e territoriale circostante.

Nella presente tesi sono stati presi in considerazione interventi che interessano un complesso di edifici esistenti assoggettabili ad intervento di ristrutturazione. Questo edificio fa parte di un gruppo più allargato di edifici rappresentanti una forte componente del tessuto urbanistico del comune di Bologna. L'attività di recupero del patrimonio edilizio esistente, con specifiche indicazioni sul contenimento dei consumi energetici, interessa una percentuale molto elevata rispetto a quella molto più esigua delle nuove costruzioni in cui peraltro, non si riscontrano particolari difficoltà applicative delle nuove norme; in particolare è doveroso porre maggiore attenzione negli interventi sui fabbricati di costruzione post bellica ove sono presenti maggiori carenze nell'isolamento dell'involucro edilizio. Pertanto, sono state prese in esame, possibili strategie di riqualificazione energetica dell'insediamento residenziale le "Popolarissime" di Via Vezza, nel comune di Bologna, attraverso interventi di ristrutturazione edilizia ed impiantistica finanziariamente sostenibili.

Considerando la rilevanza dal punto di vista storico delle "Case Popolarissime", si è resa necessaria una ricognizione storico-culturale, riportata nel primo capitolo della tesi, in modo da inquadrare il contesto ambientale e sociale nel quale queste tipologie abitative sono state realizzate.

A partire dall'evoluzione a livello nazionale della legislazione in merito all'edilizia residenziale pubblica, si è poi considerata la realtà bolognese e, più nello specifico, l'attività dello I.A.C.P. (Istituto Autonomo Case Popolari) oggi A.C.E.R. (Azienda Case Emilia-Romagna), protagonista in merito di edilizia residenziale pubblica a partire dal principio del secolo scorso e quindi direttamente coinvolto nel processo di realizzazione dei fabbricati oggetto di studio. È stato analizzato il materiale fornito dall'archivio centrale dell'attuale ACER della Provincia di Bologna relativamente al comparto di via Vezza ed è stato possibile ricostruire la conformazione degli edifici così come concepiti negli anni '30 del secolo scorso.

Poiché uno dei temi fondanti la presente trattazione riguarda gli interventi finalizzati al contenimento del consumo energetico nelle costruzioni, nel capitolo secondo si è compiuta una ricognizione nel complesso panorama della legislazione in materia di risparmio energetico nell'edilizia, riportando, anche in questo caso, le tappe fondamentali antecedenti le normative vigenti nel nostro Paese ed in particolare nella

regione Emilia Romagna; sono state, inoltre, evidenziate le Linee Guida comuni a tutta l'attuale legislazione.

Il terzo capitolo viene dedicato alla descrizione sommaria del software di calcolo utilizzato per le verifiche.

Nel quarto capitolo vengono contestualizzati gli edifici dal punto di vista territoriale, riportando i principali risultati della lettura ambientale condotta sul luogo e secondo i diversi aspetti (fisico-ambientali, climatici, ecc.).

Successivamente vengono descritti ed analizzati gli edifici allo stato di fatto per meglio presentare il punto di partenza dal quale è seguita la progettazione degli interventi. Nello stesso capitolo, a conclusione del rilievo dello stato di fatto, vengono pubblicati i risultati quantitativi circa le prestazioni termo-impiantistiche dell'edificio e delle prestazioni energetiche complessive di un edificio del comparto, non prima di aver dedicato alcuni paragrafi alla presentazione dei metodi utilizzati per la realizzazione delle suddette verifiche.

Nei capitoli successivi (capitoli 5 e 6), vengono infine, presentate le ipotesi di intervento di riqualificazione sull'edificio. E' opportuno specificare che si è voluto in primo luogo procedere (nel capitolo 6) alla formulazione di ipotesi di intervento "standard" in materia di riqualificazione energetica su edifici esistenti ed in particolare, sul sistema impiantistico dell'edificio in esame, rivolgendosi alla sola risoluzione delle carenze prestazionali in termini energetici.

Gli interventi mirati all'isolamento ed al contenimento energetico non esimono comunque il progettista dall'effettuare un'attenta valutazione delle caratteristiche architettoniche, tipologiche, dei materiali e sia nelle nuove costruzioni che negli edifici esistenti, salvaguardando la fisionomia dei luoghi e la memoria del contesto edificato.

CAPITOLO 1 - EDILIZIA ECONOMICO POPOLARE IN ITALIA

1.1 - CENNI STORICI: dalla Legge Luzzatti ad oggi

Il tema del disagio abitativo in Italia come in Europa si sviluppa in momenti storici di grandi cambiamenti. A metà Ottocento, quando larga parte della popolazione migrava dalle campagne, riversandosi nelle città industriali in cerca di lavoro, nasceva l'esigenza di nuove abitazioni che rispondessero maggiormente a criteri di igiene e sicurezza. Nel Novecento tale bisogno trovava interpretazione e risposta nelle politiche di residenza sociale, che aprivano all'esperienza dell'edilizia popolare.

Prima dell'avvento del Fascismo, nel periodo dall'Unità d'Italia, fu soprattutto a cavallo fra '800 e '900 che l'emergenza abitativa, in tutta la sua gravità, si impose all'attenzione della classe politica italiana, come una delle dirette conseguenze dei primi segni dell'industrializzazione del Paese e del progressivo inurbamento di sempre più consistenti settori del proletariato agricolo. Problemi quali la carenza di servizi, quartieri residenziali malsani, scarsità di condizioni igieniche, aumento del traffico e dell'inquinamento, speculazione sull'edificazione dei quartieri residenziali con scarsissima qualità, cominciarono a dilagare nelle città italiane.

Di fronte a questo scenario, fu pertanto necessario un efficace intervento regolatore dello Stato, chiamato ad agire in un'ottica di programmazione economica e sociale a lungo termine e non più solo nel quadro di una politica d'emergenza di tipo igienico-sanitario, come era avvenuto fino a quel momento.

Il 31 maggio 1903 con la Legge n. 251 che può essere considerata l'atto di nascita ufficiale dell'intervento dello Stato nelle politiche sulla casa, la Camera approvò il progetto di legge presentato da Luigi Luzzatti un anno prima, con il chiaro intento di agevolare la costruzione di case popolari, destinate cioè a tutti coloro che vivevano del loro salario e non di rendite di posizione finanziarie o immobiliari.

Fortemente impressionato dal sistema organizzativo che era stato avviato in Francia, dove aveva peraltro potuto comprendere che la dignità del lavoratore, prima che in

fabbrica, doveva essere tutelata nel luogo di residenza, favorendo in ogni modo il suo accesso ad una casa confortevole e salubre, Luzzatti ritenne fondamentale coinvolgere anche i privati nella costruzione di nuovi alloggi popolari, garantendo loro importanti agevolazioni fiscali.

Il suo provvedimento legislativo interveniva direttamente anche su altri soggetti potenzialmente coinvolti nell'edificazione di stabili di edilizia popolare, come cooperative, società di mutuo soccorso, enti ed istituti di beneficenza, banche, Monti di Pietà e Comuni, che si sarebbero potuti consorzare per dare vita ai futuri Istituti Autonomi per le Case Popolari (IACP), di cui tuttavia la legge non specificava esattamente la natura giuridica ed economica.

Soltanto a seguito dell'entrata in vigore del Testo Unico sull'Edilizia Popolare, il 27 febbraio 1908, vennero chiariti questi fondamentali aspetti concernenti la vita ed il funzionamento dei nuovi soggetti incaricati dallo Stato di avviare sul territorio i programmi di sviluppo dell'edilizia popolare. Fu così stabilito che gli IACP sarebbero diventati degli enti morali pubblici alieni da ogni scopo di lucro e con la possibilità di effettuare delle operazioni di credito, istituiti con il contributo diretto dei Comuni, delle Casse di Risparmio, delle banche ed anche di semplici privati cittadini, secondo un modello organizzativo a metà strada tra libera iniziativa privata e municipalizzazione.

Dal 1935 iniziò un processo di centralizzazione delle attività dei vari IACP, infatti venne istituito presso il ministero dei lavori pubblici un consorzio nazionale fra istituti fascisti autonomi per le case popolari al quale fu affidato il compito di sovrintendere all'attività di tutti gli istituti italiani. Ad esso vennero sottoposti i progetti per i nuovi fabbricati e la richiesta di mutui e contributi finanziari, e da esso furono elaborate tipologie standard per case popolari e per piani urbanistici per l'edilizia pubblica.

Contemporaneamente all'istituzione del consorzio nazionale fu sancita con Legge n. 1129 del 6.6.1935, la riforma statutaria di tutti gli Istituti Autonomi dando ad essi una competenza provinciale ed incorporando tutti gli enti costruttori di case popolari e gli istituti presenti nella provincia.

Successivamente, con la separazione dei compiti delle aziende municipalizzate da quelli attinenti l'edilizia popolare, i protagonisti della politica edilizia pubblica diventarono gli Enti specificati nel T.U. n. 1165 del 1938, ma ciò non definì un chiaro e preciso sistema di norme o di poteri relativi alla concessione dei mutui. I Comuni passarono quindi, in

una posizione secondaria, conferendo denaro, aree e stabili ai nuovi Enti. Lo Stato concorse per il solo I.A.C.P. di Roma, mentre le Casse di Risparmio limitarono il loro apporto, peraltro relativamente modesto, alle regioni settentrionali.

Il capitale privato intervenne quasi sempre sotto forma di elargizione benefica, fatti salvi gli interventi diretti delle imprese per la costruzione di case per i propri dipendenti. Gli Istituti Autonomi Case Popolari furono costretti, per sviluppare il proprio programma edilizio, a ricorrere al credito. Tutto ciò non fu di poco conto e finì per pesare in maniera determinante nella vita degli Istituti che quindi operarono in una condizione di stretta dipendenza dagli altri due poteri, gli Istituti di Credito (mutuanti) e lo Stato (sovventore) dalla cui discrezionalità dipese l'intero processo di intervento nell'edilizia popolare.

A partire dal dopoguerra, il sistema di finanziamento dell'edilizia popolare venne parzialmente modificato in modo da non basarsi più unicamente sul ricorso al credito esterno, così lo Stato, l'INA-Casa (Piano statale per l'edilizia pubblica istituito con la Legge n. 43 del 28.2.1949 – Legge Fanfani) e la Gescal – Istituto gestione Case per lavoratori (che sostituì l'INA-casa a partire dal 1963) concorsero per intero al finanziamento delle costruzioni.

Queste scelte, che trassero origine dalla necessità della ricostruzione postbellica, costituirono una svolta che fu determinante per gli I.A.C.P., anche se non sempre in termini positivi.

Una prima conseguenza della nuova struttura dell'edilizia pubblica comportò per gli Istituti una sostanziale modificazione dei loro modo di operare, incidendo profondamente anche sulla loro autonomia.

Essi non agirono più esclusivamente per conto proprio (e qualche volta per conto e in accordo con i Comuni), ma divennero strumenti di esecuzione e di gestione per conto terzi.

Un altro fattore che pesò negativamente sulla situazione economico-finanziaria degli I.A.C.P., va ricercato nella mancanza di un regolare e costante flusso di investimenti, per cui a periodi di finanziamenti relativamente cospicui, se ne alternarono altri di quasi completa stagnazione.

Come conseguenza gli Istituti che si erano dati adeguate strutture, soprattutto tecniche per far fronte tempestivamente ai compiti assunti, si trovarono, nei periodi di assenza o

scarsità di investimenti pubblici, in una situazione di sotto utilizzazione del proprio personale destinato alle costruzioni e alle manutenzioni, con tutte le conseguenze - facili ad immaginarsi - che ciò può determinare nell'equilibrio economico-finanziario dei bilanci.

Di quel periodo fu anche la Legge n. 408 del 2.7.1949 (Legge Tupini) che stabilì i principi dell'intera successiva legislazione sull'edilizia economica e popolare.

Il “boom” economico degli anni sessanta ed il conseguente processo di crescita delle nostre città generarono la necessità di acquisire nuovi terreni per realizzare edilizia a costi contenuti per le classi meno abbienti.

La Legge n. 167 del 18.4.1962, "Disposizioni per favorire l'acquisizione di aree fabbricabili per l'edilizia economica e popolare" introducendo i Piani per l'Edilizia Economica Popolare rese possibile l'esproprio a tali scopi congelando il valore dei terreni a due anni prima. Nel Peep tutte le aree vennero preliminarmente espropriate ed urbanizzate dal comune, il quale le cedette poi, in proprietà o in uso, a determinati soggetti abilitati a realizzare edilizia “di tipo economico e popolare” (enti pubblici, cooperative, singoli soggetti, imprese di costruzione).

I comuni potevano stipulare convenzioni nelle quali gli assegnatari delle aree assumevano determinati impegni circa il livello degli affitti e dei prezzi di vendita. Il Peep consentì di intervenire drasticamente sulla rendita immobiliare urbana, almeno in linea teorica, infatti eliminò la rendita fondiaria nel momento del passaggio del terreno dal valore agricolo a quello urbano e poté impedire la ricostituzione nel passaggio da rendita fondiaria urbana a rendita edilizia, mediante il convenzionamento dei prezzi degli edifici.

Nacquero in questo modo molte periferie, esempi più o meno nobili di un momento sicuramente importante della recente storia urbanistica italiana.

Si arrivò così agli anni settanta e precisamente al 1971 che segnò un'altra pietra miliare nella storia degli IACP. Venne infatti promulgata la Legge n. 865 del 22.10.1971 (Legge quadro sulla casa), che di fatto trasformò gli Istituti Autonomi Case Popolari da Enti Pubblici Economici ad Enti Pubblici non Economici con prevalenza pertanto dell'attività pubblico-assistenziale e pose degli obiettivi che hanno spaziato su tutta l'edilizia economico-popolare. Si cominciò a parlare di integrazione della politica della casa, di sviluppo del territorio, di disciplina unitaria dei canoni e si iniziò a mettere in

atto il primo tassello del decentramento burocratico con trasferimento di deleghe alla Regione, che di fatto però, avvenne con il DPR n. 616 del 1977.

In applicazione della Legge 865, vennero poi emanati i due DPR 1035-1036 del 30.12.1972 che disciplinarono le assegnazioni e l'organizzazione degli Enti Pubblici operanti nel settore dell'edilizia residenziale pubblica e soppressero Enti, quali la Gescal, trasferendo così parte del patrimonio da essi costituito agli IACP che divennero gli unici soggetti attuatori dell'edilizia residenziale pubblica. E' a partire dalle leggi di questi anni che si inizia ad utilizzare la definizione di "edilizia residenziale pubblica" in sostituzione ad "edilizia popolare" utilizzata fino a quel momento.

Con la Legge n. 457 del 5.8.1978 nota come "Piano Decennale" per l'Edilizia Residenziale si modificò il sistema dei finanziamenti delegando al CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica istituito con la Legge n. 48 del 27.2.1967), il compito di distribuire alle regioni le risorse economiche da utilizzare nell'ambito dell'edilizia pubblica residenziale. Ciò permise un intensificarsi dell'attività costruttiva, alla quale si unì anche quella del recupero, novità assoluta per gli Istituti che in passato disponevano di fondi per le costruzioni in modo disorganico, senza pertanto essere in grado di effettuare una programmazione pluriennale.

Con l'avvento di tale legge, gli IACP poterono contare su sovvenzioni con evidente giovamento per l'efficienza degli interventi.

Dall'entrata in vigore del DPR 616 del 24.7.1977, che all'art. 93 ha trasferito alle Regioni le funzioni in materia di edilizia residenziale pubblica ed il "governo" sugli Istituti, la materia è stata affidata ai legislatori regionali.

Della possibilità hanno fruito in un primo momento, ma solo dopo l'emanazione della delibera CIPE del 1981 sui canoni di locazione, Toscana e Umbria, che hanno stabilito in una legge l'assetto da dare agli enti di edilizia residenziale pubblica ed identificato i loro compiti.

Le due leggi non introducono una vera e propria riforma, ma un riordino regionale della materia con particolare attenzione agli aspetti gestionali, in particolare la misura dei canoni di locazione.

La storia della riforma dagli anni '80 ad oggi, che riguarda le due Province autonome del Trentino Alto Adige e tredici delle altre diciannove Regioni, si può così riepilogare:

leggi riorganizzative di "prima generazione"	Umbria (1983) e Toscana (1986)
leggi di riorganizzazione funzionale	Trento (1992), Piemonte (1993), Basilicata (1996) e Calabria (1996)
prime trasformazioni in enti pubblici economici	Veneto (1995), Lombardia (1996) e Liguria (1998)
leggi successive alla riforma Bassanini	Bolzano (1998), Toscana (1998), Abruzzo (1999), Friuli Venezia Giulia (1999), Valle d'Aosta (1999) e Emilia Romagna (2001),
leggi successive alla modifica costituzionale	Umbria (2002), Lazio (2002) e Liguria (2004)
nessun provvedimento	Campania, Marche, Molise, Puglia, Sardegna e Sicilia

L'attività normativa è ripresa infatti negli anni '90, ma è stato solo a partire dalla seconda metà del decennio che le Regioni hanno utilizzato la propria potestà normativa per introdurre sensibili riforme del settore. Veneto e Lombardia hanno trasformato per prime rispettivamente nel 1995 e 1996 gli enti di edilizia residenziale pubblica regionali in enti pubblici economici.

Di questo periodo è anche la Legge n. 560 del 24.12.1993, che consente la vendita di una cospicua parte del patrimonio immobiliare degli Enti Pubblici e costituisce la base per un rilancio dell'edilizia residenziale, prevedendo espressamente il reinvestimento dei ricavi per l'incremento e la riqualificazione della stessa.

L'emanazione del D.L. n. 112 del 31.3.1998 attuò la Legge n. 59 del 15.3.1997 (Bassanini) dando corpo ad una redistribuzione delle funzioni pubbliche che nell'ambito dell'edilizia residenziale pubblica si tradusse ad esempio con l'eliminazione del Comitato per l'edilizia residenziale pubblica (CER) presso il Ministero dei lavori pubblici.

La modifica della Carta costituzionale attuata con la Legge Costituzionale n. 3 del 18.10.2001, attribuendo la potestà legislativa alle Regioni su tutte le materie non riservate alla competenza esclusiva dello Stato, ha superato il vincolo del rispetto dell'interesse nazionale.

Tra le materie riservate alla legislazione esclusiva dello Stato rimangono la determinazione dei livelli essenziali delle prestazioni, a tutela dei principi di eguaglianza sostanziale e di altri diritti fondamentali garantiti dalla Prima Parte della Carta. Altri aspetti riservati che riguardano l'ambito dell'edilizia sociale sono quelli relativi all'immigrazione (lettera b), all'ordine pubblico e alla sicurezza (lettera h), alla cittadinanza (lettera i) e alla giurisdizione e norme processuali (lettera l).

Tra le materie ammesse alla legislazione concorrente si possono segnalare tutela della salute; governo del territorio; produzione, trasporto e distribuzione nazionale dell'energia; armonizzazione dei bilanci pubblici e coordinamento della finanza pubblica e del sistema tributario.

Il decentramento ormai completo e definito di compiti, poteri e funzioni e la conseguente sempre maggiore differenziazione dei modelli di soggetti gestionali è tale da rendere sempre più difficile l'identificazione di un denominatore comune che fornisca una solida base all'elaborazione di una "Teoria" degli enti gestori.

Il vuoto a livello nazionale di quella determinazione dei livelli essenziali delle prestazioni concernenti i diritti civili e sociali che devono essere garantiti su tutto il territorio nazionale, che la Costituzione ancora riserva alla legislazione statale (art. 117, secondo comma, lettera m), priva l'edilizia sociale di un saldo riferimento e di un parametro unico, col conseguente rischio di perdita d'identità del settore e di dispersione della sua funzione e non consente di garantire quell'omogeneità, almeno in termini essenziali, che dovrebbe contraddistinguere il servizio per tutti gli utenti delle case sociali italiane.

La questione della determinazione nazionale dei livelli essenziali nel settore è stata affrontata dalla Corte costituzionale nell'ordinanza n. 526 del 2002, in cui la Consulta rileva che in materia di canoni di locazione degli alloggi sociali non esiste una fonte di determinazione dei limiti espressivi dei livelli essenziali, essendo allo scopo inutilizzabile la disciplina dell'equo canone, ormai abrogata dalla legge n. 431 del 1998. Nella seconda pronuncia, con la sentenza n. 16 del 2004, in tema di finanziamenti statali direttamente ai Comuni, la Corte esclude che l'interesse nazionale possa rappresentare tuttora un limite alla legislazione regionale e possa fondare quella determinazione dei livelli minimi, che deve costituire invece una garanzia a tutela dei diritti civili e sociali delle persone.

La progressiva diversificazione delle scelte italiane sugli strumenti per l'edilizia sociale procede di pari passo con il tentativo di una definizione univoca del servizio che rientra ormai a pieno titolo tra quei servizi di interesse generale al centro di un vivace dibattito a livello europeo, soprattutto per le importanti ricadute che la definizione dell'ambito dell'interesse pubblico ha sulla regolamentazione della concorrenza tra imprese.

1.2 - EDILIZIA ECONOMICO POPOLARE: LA REALTA' BOLOGNESE

1.2.1 - EDILIZIA ECONOMICO POPOLARE: LA REALTA' BOLOGNESE

A Bologna il Piano regolatore redatto nel 1889, rimase legalmente in vigore, anche se non sempre rispettato, per quasi settant'anni ed in linea con la dottrina urbanistica del tempo prevedeva notevoli modifiche al tessuto dell'antica città entro le mura, tra cui l'abbattimento delle stesse allo scopo di "saldare" il centro alla periferia che si sarebbe ampliata in previsione di un aumento medio annuo di 1200 abitanti.

Per tutta la seconda metà dell'800 ed i primi decenni del '900 infatti la città, sull'esempio di quanto si stava verificando anche a Torino, Milano, Roma, Firenze e Napoli, era un grande cantiere dove fervevano senza sosta i lavori. Venivano aperte nuove ampie strade, si demolivano vecchie costruzioni ed interi isolati, o addirittura quartieri, per cancellare le "barbarie" del passato e far posto a nuovi "monumentali" edifici. La parola d'ordine era "modernizzare" ad ogni costo, non solo in termini economici, ma anche sotto il profilo sociale e culturale.

Frutto di questo fervore costruttivo furono ad esempio il palazzo della Cassa di Risparmio in via Farini, la creazione delle piazze Cavour e Minghetti, il Palazzo della Banca d'Italia, il nuovo Mercato delle Erbe in via Ugo Bassi, la nuova piazza interna di Porta Saragozza e l'allargamento del primo tratto dell'omonima strada dove sorsero grandi e decorosi fabbricati, i primi ad uso "popolare", destinati ad abitazione di famiglie dei ceti piccolo-borghesi, impiegatizi e commerciali.

Ma i lavori di maggiore rilevanza furono quelli che, agli esordi del '900, riguardano l'abbattimento delle antiche mura per dare maggior respiro e migliore salubrità - così si sosteneva - all'intera città e ai quartieri a ridosso della cerchia. Fu una battaglia durissima fra conservatori e modernisti, che vide la vittoria di questi ultimi grazie soprattutto al fatto che le loro proposte erano in grado di assicurare un'occupazione alle masse di manovali muratori e braccianti alla perenne ricerca di un lavoro non precario, che avrebbero potuto in questo modo trarre vantaggio dallo sgretolamento delle vecchie pietre e dalla costruzione, lungo i nuovi viali di circonvallazione, di moderne case di abitazione per le classi borghesi. Così gli interessi della speculazione edilizia, neppure troppo malcelati, ebbero il sopravvento e, con la stessa motivazione di venire incontro

alle giuste rivendicazioni lavorative dei disoccupati, riuscirono a spuntarla anche in quella che rappresentò la maggiore impresa edilizia speculativa dei primi decenni del nostro secolo a Bologna: lo sventramento del Mercato di Mezzo e della via dei Vetturini per creare una nuova larga arteria fra le Due Torri e Piazza Malpighi.

Un'operazione dolorosa che, se da un lato assicurò lavoro a chi non l'aveva, dall'altro fece scomparire un lembo prezioso di tessuto urbano e di storia civica e provocò la distruzione di tre antiche torri, quelle delle famiglie Riccadonna, Guidoza e Artenisi. Per la loro salvezza e la creazione - una volta isolate e restaurate - di un improbabile, ma pur tuttavia suggestivo gruppo di ben 5 torri assieme all'Asinelli e alla Garisenda, si batterono intellettuali bolognesi ed italiani tra cui anche Gabriele D'Annunzio, ma la partita andò perduta.

Il risultato di queste ed altre demolizioni, che caratterizzarono la scena urbana fino agli anni '30, fu non solo la perdita di insostituibili testimonianze d'arte e di cultura, ma anche l'espulsione dei ceti più umili dalle case demolite e dalle zone "risanate" (come quelle dei borghi di S. Apollonia, di San Giacomo e di S. Leonardo cancellate per far posto all'ampliamento del quartiere universitario). Se a ciò si aggiungono le condizioni di endemica miseria e precarietà occupazionale delle classi operaie, si comprende che il problema della casa assumeva un carattere di primaria importanza ed urgenza.

1.2.2 – IL PROBLEMA ABITATIVO

La necessità di assicurare un alloggio, seppure modesto, alle classi meno abbienti, soprattutto a quelle emarginate dal nucleo urbano diventò la parola d'ordine delle sfere intellettuali più illuminate del tempo, pubblici amministratori e uomini di pensiero. Tra essi Pompeo Mattioli, ingegnere capo del Comune, il marchese Carlo Bevilacqua, presidente della Cassa di Risparmio ed il dott. Alberto Dall'Olio, futuro sindaco di Bologna (quello che sancì l'abbattimento delle mura), che nel 1882 quando era ancora assessore, tracciò un quadro a dir poco desolante della situazione igienica delle case del proletariato urbano: "l'aria non entra nelle stanze se non passando per cortili infetti, luridi e così fattamente angusti da parere piuttosto pozzi... Le scale sono buie, untuose e ricettacolo di ogni sorta d'immondizie con l'aria, così infetta da serrare il respiro, che s'infiltra nelle abitazioni alla cui insalubrità reca non poco contributo... Le porte, le

finestre e spesso il tetto sono così mal connessi che, non solo non difendono dalle intemperie, ma ne aggravano i tristi effetti e a questa causa è dovuto il numero veramente straordinario di malattie degli organi respiratori che affliggono i poveri della città, specialmente i bambini... Il sudiciume domina ovunque: sulle pareti, sulle masserizie, sulle persone. Nei pavimenti screpolati e disfatti, fra le fenditure dei muri, si annidano generazioni svariate d'insetti e altri insetti salgono dalle latrine, dalle scale e dai cortili dove, anche nel colmo dell'estate, trapela l'umidità... In certe strade le famiglie vivono a mucchi, una stanza ospita sei o sette persone che si disputano quel po' di aria viziata che l'azione di tanti polmoni rende ancor meno respirabile... E' lo spazio che nelle case dei poveri fa generalmente difetto, con grave danno dell'igiene, ma anche della morale. In una stessa camera, in uno stesso letto, dormono sovente persone di sesso diverso, delle età più disparate... In una famiglia otto individui dormivano tutti entro il fusto di un doppio letto dove i materassi e il pagliericcio erano sostituiti da un giaciglio di foglie di granturco, coperto con un lenzuolo cencioso ed immondo. E di questi individui due erano infermi". Ma come fare diversamente - si chiede Dall'Olio — "quando a malapena, con sacrifici enormi, si può giungere a pagare il fitto purtroppo elevatissimo, anche di un miserabile tugurio?".

A preoccuparsi per migliorare questa sconvolgente realtà ambientale e sociale - che interessava almeno il 18 % della popolazione della città, abitata allora da 104 mila persone - furono, accanto al Comune, la benemerita Società Operaia e alcune aziende di credito, prime fra tutte la Cassa di Risparmio, la Banca Operaia e la Banca Popolare.

Grazie alla loro azione sinergica poterono vedere così la luce i primi organismi preposti alla soluzione dell'immane problema degli alloggi: la Cooperativa per la costruzione ed il Risanamento di case per gli operai (1884), la Società delle Arti Costruttrici, la Società Artigiana maschile, la Fondazione Francesco Isolani e, finalmente, nel 1906, l'Istituto Autonomo per la costruzione di Case Popolari.

1.2.3 – LA NASCITA DELL’ISTITUTO AUTONOMO CASE POPOLARI

Il problema della casa per le classi sociali più disagiate era quindi già ampiamente avvertito e discusso quando con una Delibera, il 31 Gennaio 1906 il Consiglio Comunale di Bologna dava vita all’Istituto Autonomo Case Popolari.

Era il quinto Istituto fondato in Italia a seguito della Legge Luzzati del 1903, la quale autorizzava le Casse di Risparmio a concedere prestiti, oltre i limiti fissati dai rispettivi statuti, per mutui a Società Cooperative d’abitazione ed alle Società di Mutuo soccorso.

La Legge inoltre autorizzava i Comuni «ad intraprendere la costruzione di case popolari soltanto per darle a pigione» e qualora «sia riconosciuto il bisogno di provvedere alloggi per le classi meno abbienti, ed ove manchino le società indicate, o ne sia insufficiente l’azione».

L’Istituto nasceva senza una sua struttura ed un suo organico e neppure una sua sede, di cui si doterà solo diversi anni dopo, essendo ospitata nei locali del Comune, ma sulla base di una forte volontà dell’Amministrazione comunale e di una dote significativa rappresentata dalla concessione gratuita di aree edificabili e dalla concessione di crediti da parte della Cassa di Risparmio.

È interessante notare come dalla nascita dell’ Istituto l’obiettivo primario dell’offerta di alloggi salubri ed economicamente accessibili ai ceti più deboli si intrecciava, strettamente e per molti anni, con l’esigenza del Comune di Bologna di attuare gli sventramenti dei vecchi borghi del centro cittadino previsti dal P.R.G. del 1889 e, quindi, di dare sbocco alle conseguenti esigenze di mobilità creando un inurbamento ordinato nelle zone di espansione della città. Il nesso tra funzioni sociali ed obiettivi urbanistici rappresentava, dunque il riferimento dell’azione dell’istituto, sull’esempio di quanto accadeva in quegli anni anche a Torino, Milano, Roma, Firenze e Napoli.

La Cassa di Risparmio si impegnava a concedere all’Istituto un mutuo per un milione di lire al tasso del 3% annuo da ammortizzarsi in 25 anni con la garanzia di poter cambiare la destinazione d’uso degli alloggi per tutto il periodo in cui il mutuo non fosse giunto a completa estinzione.

Il Comune si impegnava a cedere gratuitamente all’I.A.C.P. le aree fabbricabili, ad assumere a proprio carico le spese di urbanizzazione ed a concedere l’esonero daziario sui materiali edilizi. Il Consiglio di amministrazione dell’I.A.C.P. era composto di nove

membri, tutti consiglieri Comunali e la Presidenza era tenuta dall'allora Sindaco Giuseppe Tanari.

I primi fabbricati vennero edificati alla Bolognina, a nord della stazione ferroviaria, dove il PRG prevedeva insediamenti di case operaie. «Senza venir meno all'obbligo di riservare le case a famiglie operaie, l'istituto dava le preferenze a quei richiedenti che abitavano nel centro della città o almeno nella parte chiusa ed agglomerata di essa entro le mura in modo da favorire gli sventramenti, il diradamento della popolazione ed impedire l'inurbamento».

L'edilizia popolare a Bologna diveniva agli inizi del '900 un problema urbanistico e sociale al quale l'Amministrazione Comunale liberale, con a capo il Sindaco Giuseppe Tanari, cercava di dare una risposta con la costruzione di fabbricati da parte dell'Istituto. La sua azione era del tutto funzionale alla realizzazione degli sventramenti nel centro cittadino.

I primi alloggi costruiti erano affittati a prezzi non inferiori a quelli di mercato, nonostante l'istituto beneficiasse della cessione gratuita del terreno da parte del Comune e di altre riduzioni di imposte. In quegli anni vi era quasi l'esclusiva azione dell'Istituto nel mercato degli alloggi popolari che risultavano, comunque, anche a parità di pigione, più appetibili di un antico e malsano appartamento popolare nel centro cittadino.

Le tipologie degli alloggi dell'Istituto non segnavano nessun rilevante cambiamento rispetto ai modelli abitativi dell'edilizia residenziale borghese: gli alloggi popolari si presentavano come alloggi borghesi «peggiorati» nei servizi, nella facciata esterna, nella disposizione dei vani e nella loro collocazione urbana, sempre in zone non ancora urbanizzate.

Nella relazione di Bilancio preventivo del 1910 sono riportati dati relativi ai mestieri esercitati dai capifamiglia assegnatari dei primi alloggi costruiti: «la quasi totalità dei capifamiglia appartiene al ceto veramente operaio con forte prevalenza di operai dipendenti dalla Amministrazione delle Ferrovie dello Stato».

Nel 1909 furono costruiti, in Via Piana, fuori porta S. Donato, anche alloggi destinati a famiglie che vivevano in baracche sorte ai limiti dell'area urbanizzata.

Il basso numero di alloggi costruiti per i meno abbienti indica come il problema sociale dei senza tetto fosse affrontato del tutto marginalmente dall'Istituto il quale non si

poteva permettere o comunque non voleva affrontare il problema dell'alta morosità sugli affitti.

La grande maggioranza delle case dell'Istituto sorsero, nei primi anni della sua attività, nel nuovo quartiere della Bolognina, destinato dal PRG del 1889 a diventare il quartiere operaio di Bologna.

Dal luglio 1914 al novembre 1920, Bologna ebbe una Giunta socialista con a capo il Sindaco Francesco Zanardi, che già era stato consigliere dell'Istituto dalla sua fondazione e ne divenne in seguito Presidente. I principali obiettivi della nuova giunta socialista di Bologna furono tre: proporre un nuovo contratto di affitto per tutte le abitazioni, varare un nuovo regolamento di igiene ed istituire l'Ufficio casa.

L'istituzione dell'Ufficio casa avvenne nell'ottobre 1914 e subito elaborò la proposta di un nuovo contratto di affitto che prevedeva la corresponsione del canone in rate mensili e non più in una unica rata annuale anticipata. I primi a beneficiare del nuovo contratto d'affitto furono gli inquilini dell'istituto. L'ufficio casa ebbe anche il compito di diventare un punto di riferimento tra i proprietari che avevano case sfitte ed i cittadini senza casa.

La nuova amministrazione dovette quindi far fronte agli anni critici della guerra, durante i quali l'Istituto si vide privato dei mutui bancari, senza i quali non fu possibile proseguire l'attività costruttiva, che di fatto si fermò.

La proposta di aumentare i canoni per sanare le difficoltà di bilancio fu rimandata grazie alla "munificenza del Comune", che si accollò il disavanzo.

L'aumento dei fitti si rese però indispensabile per la ripresa delle attività di costruzione dell'Istituto. Le premesse per la revisione dei canoni furono gettate anche grazie alla decisione di inserire nel Consiglio di Amministrazione una rappresentanza degli inquilini: «Tale rappresentanza si sarebbe ben presto potuta convincere di tutta la responsabilità che è insita nell'amministrazione dell'istituto riuscendo a rendere, e volentieri, accettabili agli inquilini anche i provvedimenti e le disposizioni che di solito incontrano da parte di essi estrema resistenza.»⁸

Fu inserita nello Statuto anche la facoltà per l'Istituto di acquistare terreni e fornaci per la produzione di laterizi necessari per le costruzioni dell'istituto e la vendita al giusto prezzo di eventuali eccedenze.

La fine della guerra mise violentemente davanti agli occhi di tutti una gravissima situazione economica, resa più pesante anche dall'arrivo in città di numerosi profughi di guerra e di immigrati dalle campagne che contribuì perciò all'aumento della densità di popolazione sia all'interno della città murata che nelle case operaie appena fuori le mura. Dal 1908 al 1918 si ebbe un aumento, nella sola città di Bologna, da 169.000 a 200.000 abitanti.

Negli anni 1917 e 1918 vennero presi dall'Amministrazione Comunale dei provvedimenti di emergenza per garantire una casa ai senza tetto ed ai profughi, che consistettero nell'adattare due caserme, la Viola e la Pietralata, ed un ospedale militare, sorto in Via della Beverara, ad alberghi popolari. L'occupazione delle caserme da parte dei senza tetto durò in effetti per molti anni, fino all'abbattimento dell'ex ospedale militare denominato "Baraccato", nel 1935.

Nonostante la grave emergenza abitativa, l'attività dell'Istituto e la politica urbanistica del comune fu rivolta essenzialmente al proseguimento della realizzazione del piano regolatore; fu notevole quindi il peso sull'economia cittadina degli sventramenti e delle demolizioni del centro storico.

I vani costruiti dall'I.A.C.P. in questo periodo risultarono in misura sufficiente alle sole necessità conseguenti alle demolizioni del centro urbano.

Dal 1920 al 1923 Bologna visse gli anni di passaggio dalla amministrazione socialista di Zanardi alla presa del potere di palazzo d'Accursio da parte del fascismo. In quel periodo l'Istituto visse una situazione d'incertezza e di provvisorietà.

Il 27 aprile del 1923 venne nominato Presidente dell'Istituto il fascista Leandro Arpinati e le banche ripresero a concedere crediti all'ente. Inizialmente però, e fino al 1926, la politica urbanistica comunale proseguì in continuità con gli orientamenti delle precedenti giunte socialiste e liberali, accelerando solo i lavori di sistemazione del centro storico previsti dal PRG del 1889, con la conseguente intensificazione delle speculazioni legate alla riqualificazione di quelle aree. Grazie ai mutui della Cassa di Risparmio e del Monte di Pietà le attività ripresero e fu avviata la costruzione di nuovi alloggi in via Tibaldi ed in via Jacopo della Quercia alla Bolognina, assegnati poi nel maggio del 1924.

Nel 1926 si avviò la costruzione delle cosiddette "case per gli umili", espressione che definì "quelle popolazioni che ora abitano il centro della città e ne impediscono lo

sviluppo”. Si ripropose quindi l’idea di un centro cittadino destinato ad accogliere le classi benestanti ed il commercio. Da ciò ne derivò che le periferie dovettero, invece accogliere i meno abbienti o “umili”. Per essi l’Amministrazione Comunale scelse l’area fuori Porta S.Vitale di via Rimesse.

In quello stesso 1926 erano più di 120 le famiglie alloggiate dal Comune presso il Baraccato, un ex ospedale militare nato nel dopoguerra nell’estrema periferia di Bologna. Queste famiglie avrebbero trovato una risposta abitativa solo 10 anni più tardi, quando furono realizzate le cosiddette case “Popolarissime” (di cui si parlerà approfonditamente nel capitolo successivo). Furono gli anni in cui il potere personale di Arpinati si impose in maniera assoluta. Divenuto Podestà di Bologna nel 1926, continuò a controllare di fatto l’Istituto, almeno fino al 1929, quando diventò sottosegretario agli interni. Con il regio Decreto n. 386 del 10-03-1926 iniziò però, una nuova fase nella politica edilizia del Regime, orientato ora a favorire la diffusione della casa in proprietà per i ceti medi. Vennero così messe a disposizione degli Enti Pubblici ingenti risorse per realizzare case, non necessariamente “popolari”, da assegnare con patto di futura vendita alle classi impiegatizie a reddito fisso. Nel 1928, una nota dell’ing. Tabarroni, fedele seguace di Arpinati e subentrato a quest’ultimo nella presidenza dello IACP nel gennaio 1927, indicò che “...sono rimaste insoddisfatte 3.314 domande per non esservi più stata disponibilità di alloggi da cedersi in affitto, in quanto l’Istituto non costruisce che stabili ai sensi del R.d.L. n. 386”. Fino al 1933 furono costruite esclusivamente abitazioni economiche, cioè più costose di quelle popolari. I nuovi appartamenti, costruiti in varie zone della periferia bolognese, avevano caratteristiche tipologiche ed estetiche simili a quelle degli appartamenti civili borghesi, e risultavano, anche per il tipo di contratto adottato, inaccessibili agli strati meno abbienti. Insomma fino al 1933 si favorì la diffusione del modello di casa ed appartamenti per impiegati, un aspetto della “nazionalizzazione piccolo-borghese” che proprio in questi anni subì una notevole accelerazione sotto la spinta della centralizzazione operata dal regime”

L’Istituto era divenuto in quegli anni un Ente attuatore della politica del partito fascista bolognese, più interessato alla realizzazione delle “opere di regime” che non a dare risposte alle esigenze della città. I fabbricati con alloggi a riscatto sorsero nella nuova periferia cittadina subito a ridosso dei viali di circonvallazione, con la sola eccezione del settore sud a ridosso della collina che rimase esclusivo per gli interessi privati. Le case a

riscatto furono costruite negli anni 1928-29 ed erano concentrate sostanzialmente in tre zone: una a sud della via Emilia, nei pressi della cosiddetta “città giardino” (tra le vie Laura Bassi Veratti, Leandro Alberti, G. F. Zanotti e S. Ferrari), un'altra a ovest tra via Saragozza e via Andrea Costa, lungo la via Breventani e Piazza Volta, la terza all'interno della cerchia muraria tra P.ta Lame e P.ta S. Felice, lungo le vie Calori, De Liuzzi e Carrara.

Tra il 1933 e il 1934 fattori locali e nuove politiche nazionali portano ad una svolta nella politica edilizia popolare a Bologna. A livello nazionale si accentuò il carattere totalitario del regime e diventò più fragile il confine fra sfera pubblica e sfera privata: anche la questione della casa ed i modi dell'abitare divennero oggetto dell'azione centralizzatrice ed uniformatrice del regime.

Si impose la costruzione di quartieri autosufficienti forniti di servizi sociali ed assistenziali che garantisse la presenza delle organizzazioni fasciste nel seno di ogni famiglia, con un controllo capillare del territorio. L'edilizia popolare costituì inoltre un campo di intervento privilegiato per i nuovi architetti e ingegneri aiutati dalla crescente industrializzazione e standardizzazione della produzione edilizia.

Nel 1933, caduto in disgrazia presso Mussolini Leandro Arpinati, divenne Podestà di Bologna Angelo Manaresi, rappresentante, all'interno del partito fascista, della grande proprietà immobiliare interessata ad edificare in aree ancora da urbanizzare. I nuovi interessi speculativi, legati allo sviluppo immobiliare, contribuirono a modificare i programmi dell'Istituto. Nuovo Presidente fu nominato Enrico Boriani, sotto la cui guida si stabilì l'obiettivo di costruire case popolari e popolarissime, condiviso anche dall'Associazione fascista della proprietà edilizia, contraria alle scelte imposte in precedenza da Arpinati di costruire case per i ceti medi. Il Podestà Manaresi assegnò allo I.A.C.P. il compito di dare casa a quanti vivevano ancora nel Baraccato, mentre concesse alla Cooperativa Risanamento aree destinate ad alloggi per la piccola borghesia, realizzati fuori Porta Lame e fuori Porta S. Vitale su progetto dell'ing. Tabarroni, ex presidente dell'I.A.C.P.

Nel 1934 fu costituita all'interno dell'Istituto una Azienda Case Popolarissime che con la realizzazione dei fabbricati siti in via Scipione dal Ferro, via Pier Crescenzi e via Vezza, consentì di risolvere gran parte dell'emergenza abitativa dovuta agli inquilini del

Baraccato e agli “umili” residenti nel centro storico che avrebbero perso a breve l'alloggio a causa dei lavori di “modernizzazione” del centro.

In totale al 1937, la popolazione ospitata negli alloggi dell'IACP ammontava a 14.311 persone.

I criteri per l'assegnazione degli alloggi seguirono quelli indicati a suo tempo da Manaresi e le Popolarissime raccolsero effettivamente famiglie di provata indigenza.

In seguito ad una convenzione con il Comune di Bologna, questi provvide ad una buona parte delle assegnazioni (non meno del 50% delle disponibilità); i rimanenti alloggi dovevano venire teoricamente assegnati dall' Azienda: praticamente le assegnazioni vennero fatte d'accordo con la federazione fascista alla quale pure si rivolsero di solito i richiedenti.

Successivamente l'attività del Comune per l'edilizia popolare ritornò ad essere quella svolta nel decennio precedente al 1933, con la costruzione di baracche ed alloggi di fortuna per i senza tetto e con il continuo riutilizzo di alloggi acquistati dal Comune per essere demoliti per la realizzazione degli sventramenti nel centro cittadino.

Va evidenziato come nel 1935 iniziò un processo di centralizzazione dell' attività dei vari I.A.C.P. Venne istituito, presso il Ministero dei Lavori Pubblici, un Consorzio Nazionale fra Istituti fascisti Autonomi per la Case Popolari al quale fu affidato il compito di sovrintendere all' attività di tutti gli Istituti italiani. Ad esso vennero sottoposti i progetti per i nuovi fabbricati e la richiesta di mutui e contributi finanziari, e da esso furono elaborate tipologie standard per case popolari e per piani urbanistici per l'edilizia pubblica.

Fu designato a capo dell'Istituto l'ing. Baulina Paleotti affiancato da una consulta. Ed è in questo clima istituzionale che, nel 1938, venne edificato il Villaggio per le famiglie dei caduti, feriti, mutilati per la causa della “Rivoluzione fascista”, con finalità essenzialmente politiche.

Una particolare attività dell'Istituto venne svolta per contenere la morosità degli inquilini, e non solo fra quelli delle popolarissime. Anche gli assegnatari degli alloggi con patto di futura vendita, non riuscirono a sopportare il carico economico dovuto alla maggiorazione dell' affitto per il riscatto dell' alloggio. L'Istituto, di fronte ad una situazione di morosità che lo pose, nel 1934, al primo posto tra gli IACP del Paese con il 4% annuo di perdite effettive per morosità (contro l' 1.2 di Milano, lo 0.55 di Torino e

lo 0.40 di Firenze), avviò una serie di intimazioni di sfratti per i casi di morosità persistente ed una politica assistenziale rivolta alle famiglie temporaneamente in precarie condizioni.

Nel 1935 il totale degli inquilini morosi ammontarono a 2.738, pari al 36% degli inquilini complessivi. Pesarono, in quella difficile situazione, le scelte fatte dalle precedenti amministrazioni che portarono ad un patrimonio immobiliare pubblico sbilanciato enormemente verso alloggi destinati al ceto medio, molti dei quali rimasero sfitti negli anni 1934-1935.

L'Istituto si rivolse nel 1935 a tutte le amministrazioni statali della città per comunicare la disponibilità per i loro dipendenti di alloggi « ... situati in ottime posizioni, serviti da comode ed ampie strade e vicinissime alle linee tranviarie».32

In una così difficile situazione l'Istituto rivolse accorati appelli al Prefetto ed al Podestà affinché l'onere della cronica morosità degli inquilini delle popolarissime fosse ripartito anche tra gli altri enti possessori di alloggi popolari.

Secondo il programma varato nel 1935, l'Istituto portò a termine nel 1939 la costruzione di fabbricati di carattere popolare su due lotti di terreno, uno fuori porta Lame ed uno fuori porta S. Vitale nel quartiere Libia, che avrebbero dovuto accogliere le famiglie sfrattate dal centro storico. Venne completato così, nel 1939, un rione da potersi definire autosufficiente per i vari servizi comuni che erano in esso presenti: un asilo nido, una palestra, due lavanderie, un consultorio pediatrico ed una piccola caserma di Carabinieri. Vennero soddisfatte le direttive del Consorzio nazionale che indicava come necessari locali a disposizione di Carabinieri nei quartieri di case popolari.

Nel 1937 l'IACP divenne un ente operante sul territorio provinciale e gli Istituti comunali annessi a quello di Bologna furono 5. Un panorama della situazione della case popolari in provincia di Bologna venne tracciato in una relazione svolta dall'Istituto nel 1934. In essa si registrò che la casa di affitto in cui abitava l'operaio agricolo era sempre vecchia e male conservata, tuttavia il fenomeno dei senza tetto in provincia si manifestava in misura minore che nella città.

1.2.4 – LA RICOSTRUZIONE DOPO IL SECONDO CONFLITTO MONDIALE

Al termine del secondo conflitto mondiale il volto della città era stato sfigurato dai 51 bombardamenti subiti dalla città che, dal '43 al '45 avevano abbattuto e lesionato una quota ingente degli edifici al punto che il 43,2% dei vani disponibili in città all'inizio della guerra necessitarono di un intervento ricostruttivo. Ciò evidenziò un drammatico stato di emergenza abitativa incrementato anche dall'arrivo di profughi precedente alla fine della guerra e dal rientro degli sfollati.

La campagna ricostruttiva promossa dall'Allied Civil Labour Office si indirizzò tempestivamente verso il ripristino degli impianti ferroviari distrutti e in direzione della bonifica dei servizi di rete che erano stati minati all'epoca dell'assedio.

Si trattava di priorità di natura militare che ebbero immediati riflessi nell'ambito della vita civile. La ripresa dei servizi cittadini fu tempestiva, anche se presto risultò chiaro che altre emergenze, quale su tutti la situazione degli alloggi, costituivano problemi di ben più difficile soluzione. In questo scenario era evidentemente necessario uno strumento di indirizzo per dirigere la ricostruzione della città.

Un primo disegno urbanistico ideato allo scopo di sensibilizzare la popolazione sui problemi della ricostruzione, prima ancora di porsi come strumento concretamente operativo destinato a orientare lo sviluppo della città nell'immediato dopoguerra, venne presentato in palazzo d'Accursio nel mese di luglio del 1945. Elaborato sin dai primi mesi del 1944 come «piano regolatore clandestino della città di Bologna» da un gruppo di architetti locali (tra cui G.Mazzanti, G.Pizzighini e L.Vignali), esso si presentava come un «manifesto» progettuale suddiviso in diverse proposte urbanistiche per altrettante aree nevralgiche della città, nato allo scopo di esortare i responsabili della amministrazione a non cadere nei trabocchetti architettonici del passato regime fascista, accogliendo vuoti monumentalismi a scapito di politiche urbane più misurate e civili. Di fronte alle urgenze della ricostruzione le preoccupazioni stilistiche dovevano cedere il passo a più concrete esigenze funzionali. La catastrofe trascorsa imponeva soluzioni tempestive, da realizzarsi in condizioni economicamente altrettanto disastrose.

Dal punto di vista ufficiale le proposte urbanistiche per la città all'indomani della Liberazione erano tuttavia ferme al 1938, data in cui era stato bandito un concorso nazionale di idee per il nuovo piano regolatore, che vide vincitori cinque gruppi, capeggiati rispettivamente da P.Marconi, A.della Rocca, L.Lodi, A.Legnani e P.

Petrignani. La drammatica stagione bellica parve non scuotere le previsioni del piano urbanistico di Marconi. Quella che, nell' immediato dopoguerra, andò sotto il nome di «radicale revisione» degli studi al proposito, si concluse con uno schema di piano di larga massima studiato dall' ufficio tecnico comunale con l'assistenza di una commissione urbanistica il quale rifletteva le medesime proposte del 1942, accogliendo anche alcune suggestioni del piano «clandestino» .

Lo strumento che venne poi adottato nel 1948 fu, sulla scia di analoghe esperienze compiute in altre città italiane, uno specifico piano di ricostruzione.

Quest'ultimo conteneva l'indicazione delle zone destinate alla demolizione e ricostruzione e di quelle proposte per i servizi entro e fuori dal perimetro dell' area già urbanizzata; aveva valore di piano particolareggiato e validità quinquennale. Pur trattandosi di un piano transitorio per definizione, doveva altresì fissare i criteri generali dello sviluppo urbano per gli anni a venire.

Il documento di piano approvato, attento prevalentemente ai risultati quantitativi da perseguire, rincorreva le distruzioni belliche proponendo interventi radicali, da chirurgia da campo. Il tessuto urbano, già lesionato, sarebbe stato oggetto di operazioni progettuali di taglio e di ricucitura edilizia ritenute indispensabili, ma troppo spesso indifferenti alla natura storico ambientale del contesto spaziale in cui andavano eseguite. L'espansione edilizia che seguì l'approvazione del piano di ricostruzione fu libera da qualsiasi forma di controllo e soprattutto indifferente al confronto morfologico con la città esistente.

Nel 1949, quando ormai gli irrisolti problemi dell'abitazione e del riassetto territoriale erano talmente incandescenti da imporre provvedimenti urgenti a livello nazionale, venne promulgata la Legge n. 43 del 28.2.1949, detta Legge Fanfani, la quale diede vita alla gestione INA-Casa, con l'intenzione di usare l'attività edilizia quale strumento per arginare la disoccupazione e facendo dell'intervento pubblico un sostegno per quello privato. L'esperienza che ne derivò, unica nel suo genere nell'Italia del primo dopoguerra, fu ricca di progetti, feconda di nuove teorizzazioni urbanistiche, variegata di sperimentazioni tipologiche, che anche a Bologna si sarebbero presto diffusamente affermate.

Nel frattempo la crescita urbana procedeva con ritmi amplificati dai movimenti migratori. Mentre i servizi stentavano ancora a giungere a piena efficienza, la città

venne infatti investita da un flusso migratorio ingente, secondo solo a quello che investì la città di Torino.

Fu proprio questa spinta demografica a dare il via alla prima intensa ondata di attività edilizia, tanto pubblica quanto privata, ad opera dello I.A.C.P. e delle organizzazioni cooperative. E fu proprio in questo scorcio del decennio che si riaffermò in pieno il ruolo dell'Istituto Autonomo per le Case Popolari come indiscusso protagonista dell'attività edificatoria cittadina.

Nel panorama di distruzione post-bellico, si segnala che quasi il 90% degli edifici di proprietà dell'I.A.C.P. erano stati colpiti.

L'inventario dei danni mise drammaticamente in chiaro la natura del dilemma che ci si trovava a fronteggiare: saper valutare tempestivamente la convenienza di un'opera di ripristino rispetto alla ricostruzione integrale; ovvero saper considerare fino a che punto arrivare, sulla base delle scarse risorse disponibili, nell'opera di riparazione dei vani lesionati. La crisi finanziaria dell'ente, provocata dalla svalutazione della lira e dalla scarsità di entrate conseguenti al blocco degli affitti, aggravò ulteriormente la situazione, rendendo ancor più critica la stagione delle scelte. In un primo momento si ritenne opportuno procedere a una campagna di riparazioni più urgenti che fu poi ufficialmente, a posteriori, definita «sommaria». Gli interventi dello Stato, assicurati da numerosi provvedimenti legislativi garantirono, assieme all'appoggio finanziario della locale Cassa di Risparmio, una più coordinata e vasta opera di programmazione. La riedificazione degli edifici distrutti comportò quasi sempre un incremento volumetrico rispetto alla situazione dell'anteguerra. L'aggiunta di uno o due piani permetteva di accrescere il numero dei vani e soddisfare almeno in parte l'aumento della domanda di alloggi.

Le tipologie prebelliche e, parzialmente, anche le tecniche costruttive, vennero spesso messe in discussione. Al loro posto si affermarono edifici scatolari a blocco multipiano di scarso spessore figurativo, dai caratteri distributivi tuttavia più articolati di quelli che spesso erano stati applicati nell'anteguerra, con l'intento di accrescere per ogni singolo alloggio quegli standard di servizi interni all'abitazione dei quali si sentiva l'acuta necessità.

Vincolati da un costo di produzione che andava ridotto all'osso, gli interventi, dichiaratamente intensivi, soffrirono però, obbligatoriamente, della penuria di servizi

collettivi collaterali. Lo sforzo di soddisfare il fabbisogno abitativo mirando a dare soluzioni circoscritte al singolo edificio e al carattere dell' alloggio, rischiava infatti di mettere in ombra la dotazione di quelle strutture a scala urbana che avrebbero dovuto permettere un miglioramento della vita sociale, comprimendole ai minimi termini.

Esaurito il compito prioritario della ricostruzione, a partire dal 1948, gli sforzi dell'ente si indirizzarono in misura massiccia verso la nuova edificazione, dando vita a una serie di «quartieri» dotati di una propria autonomia che segneranno profondamente il territorio ai margini della città storica.

Le principali realizzazioni in questo senso sono qui di seguito elencate:

Isolato via del Lavoro- via S. Donato

Quartiere tra Via Mondo-Via Torretta (1954)

Quartiere Via Foscherara- Via Battaglia (1955)

Quartiere dell'Uccellino, San Ruffillo

Edifici in linea di Via Libia

Edifici Via Pier Crescenzi

Edificio Via Matteotti (residenze e commercio)

Fabbricati in Via Irma Bandiera per i senza tetto

Edifici destinati alla vendita, Via Bastia-Via Busacchi

Nonostante gli esiti positivamente raggiunti sotto il profilo dell' offerta dei vani prodotti, l'offerta di servizi collettivi che si accompagnava alla crescita dei nuovi quartieri di edilizia popolare restava esigua.

L'esperienza del primo settennio della gestione INA-Casa fu senza dubbio, come è stato più volte riconosciuto, il primo organico banco di prova per le «buone intenzioni » della più avanzata ricerca urbanistica del dopoguerra e anche a Bologna non mancò di produrre risultati.

Sotto il profilo metodologico il cambiamento rispetto al passato era significativo.

Tra le prescrizioni rivolte ai progettisti, la gestione si raccomandava di curare particolarmente l'assetto compositivo d'insieme, introducendo elementi di varietà e di articolazione formale che potessero agevolare il radicamento dei nuovi residenti, spesso immigrati, entro unità ambientali capaci di riprodurre le condizioni associative tipiche della vita comunitaria. I primi nuclei di servizi collettivi: parrocchie, centri comunitari, asili, ecc., non avrebbero più dovuto essere puri accessori all' abitazione, bensì elementi

generatori del nuovo tessuto urbano; magneti attorno ai quali sviluppare assetti residenziali fino ad allora inediti.

Purtroppo la localizzazione dei nuovi quartieri restava sottomessa alle condizioni imposte dalla rendita urbana, che frenava gli interventi su aree il cui valore di mercato era inaccessibile per la gestione dell'ente, tenuto a rispettare il limite di costo di 400.000 lire a vano, e condizionava il buon esito di quelle operazioni immobiliari.

I quartieri realizzati nel primo settennio con partecipazione dell'I.A.C.P., collocati alle estremità della città, richiamano l'idea del villaggio suburbano: Borgo Panigale e villaggio Due Madonne.

Gli interventi INA-Casa indicarono una strada da seguire successivamente accolta nella redazione del nuovo Piano Regolatore.

Nel documento, teso a disegnare un profilo di città futura esposta a una forte espansione demografica, trovavano infatti posto sintetiche indicazioni riguardanti i quartieri di nuova formazione, da organizzarsi sotto forma di «organiche comunità residenziali» di otto-dodicimila abitanti rese autonome sotto il profilo della dotazione delle cosiddette «unità primarie» di servizio fornite, ovvero dei «centri di vita» collettivi composti da scuole, asili, campi da gioco, chiesa, mercato, uffici comunali decentrati, ecc. Per la prima volta i quartieri di edilizia popolare venivano strategicamente proposti come nuclei autonomi e consistenti sotto il profilo demografico nell'ambito di un organico sviluppo urbano della città.

Per l'edilizia popolare, l'occasione di rispondere a queste sollecitazioni programmatiche sarebbe giunta di lì a poco, nell'ambito del cosiddetto «secondo settennio» di gestione INA-Casa durante il quale vennero realizzati il Quartiere S.Donato-Andreini, il Quartiere Cavedone ed il Quartiere Barca.

1.2.5 – IL RECUPERO DEL CENTRO STORICO ED IL CONTENIMENTO DELLO SVILUPPO DELLE PERIFERIE: L'INVERSIONE DI TENDENZA ED IL NUOVO CONCETTO DI TUTELA

Per tutti gli anni sessanta, i più ambiziosi programmi edificatori dell' ente, tenuti parzialmente a freno dall'inadeguatezza dei finanziamenti pubblici, continuarono a riguardare la progettazione di interi quartieri di edilizia economica su aree periferiche acquistate allo scopo, come di fatto avvenne nelle propaggini estreme del territorio comunale lungo la via di S. Donato con gli insediamenti di “S.Donnino” e del “Pilastro”.

In questo decennio la collaborazione tra l'Istituto e il Comune di Bologna si intensificò e spesso raggiunse livelli di assoluta originalità nell' ambito dei programmi operativi adottati, come nel caso della attuazione del piano PEEP/Centro Storico quando, per la prima volta, il problema del riuso delle strutture edilizie esistenti venne posto in alternativa alla creazione di quartieri di nuova costruzione e lo stesso Istituto partecipò, con un ruolo determinante, a una nuova stagione di interventi di segno opposto a quelli precedenti.

Mentre stava maturando la volontà di contenere lo sviluppo delle periferie per contrastare modelli insediativi ritenuti economicamente e culturalmente oramai discutibili se non addirittura in crisi, si fece infatti strada l'orientamento a favorire quanto più possibile il recupero del patrimonio edilizio del centro storico allo scopo di arginare l'espulsione dei ceti meno abbienti dalle aree di più tradizionale residenza, contrastare le trasformazioni funzionali provocate l'immissione di terziario, risarcire il nucleo antico della città dai danni di uno scadimento fisico oramai ultradecennale e rilanciarne una qualità ambientale valutata come irripetibile.

Questo vero e proprio ribaltamento di tendenza rispetto alle politiche urbane precedenti, di natura prevalentemente espansiva, si fondava su di un concetto di tutela allargato che riconosceva valore monumentale all'intero centro storico e non più alle sole sue emergenze, contribuendo a spostare l'interesse degli operatori pubblici sul tessuto edilizio più minuto e fino ad allora marginale.

Fin dai primi anni '70 le proposte di riqualificazione urbana avanzate dal comune di Bologna e condivise anche sul piano operativo dall'Istituto, non si limitarono infatti a sostenere il recupero di parti del nucleo urbano di più antica formazione, ma si

indirizzarono anche verso aree ed edifici degradati che erano localizzati nella prima periferia. Concepiti con l'intento di arginare lo sviluppo indifferenziato, povero di servizi e sordo verso le preesistenze che aveva caratterizzato la crescita urbana nei due decenni precedenti, i progetti di riqualificazione delle aree periferiche rivolsero inizialmente l'attenzione verso i quartieri di edilizia pubblica realizzati in età post-unitaria. L'obiettivo era quello di elevarne i livelli di abitabilità soprattutto per quanto riguardava gli standard urbanistici, dunque superando le semplici procedure di ammodernamento tecnologico-igienico degli alloggi degradati per affrontare una più complessiva rifunzionalizzazione ambientale da ottenersi mediante sapienti tagli e accurate ricuciture sul tessuto preesistente. Grazie ai programmi avviati dalla Legge n. 513 del 1977, dal piano decennale del 1978 e da altri finanziamenti dello Stato, fu possibile, per il comune, di dare concreta attuazione a una parte degli interventi previsti. Anche in questo caso, come già nell'esperienza del centro storico, lo I.A.C.P. svolse il ruolo di stazione appaltante e di alto sorvegliante dei lavori (interventi sugli edifici di proprietà comunale nelle aree «Cassarini-Pallotti», «Navile», «Zanardi - le Borre» e «Vaporino»).

Il programma di recupero e di risanamento avviato dallo I.A.C.P. su parte del proprio patrimonio, in attuazione del primo programma pluriennale di attività del 1974-'78, fu dapprima circoscritto ad alcune tipologie «popolari» e «popolarissime» caratteristiche del repertorio progettuale dell'Istituto nella seconda metà degli anni '30 e localizzate all'interno di isolati omogenei lungo le vie Vezza (quartiere S. Donato), Scipione dal Ferro (quartiere S. Vitale) e Pier Crescenzi (quartiere Lame), per allargarsi successivamente in termini quantitativi, al punto da caratterizzare energicamente gli orientamenti della più recente politica edilizia dell'ente.

Per tutti gli anni '80 il tema della ricomposizione della disgregazione periferica ha guidato il dibattito sugli indirizzi strategici da affidare ai nuovi programmi insediativi di promozione pubblica. L'ambizione ad un controllo generalizzato della qualità dello spazio fisico ha sollecitato nuove riflessioni progettuali, costringendo a fare maggiore attenzione al contesto storico ambientale e a ripensare criticamente le preesistenze. E' in questa prospettiva inedita che si muovono le proposte di ristrutturazione complessiva di parti consistenti del tessuto periferico cittadino a partire dalla metà degli anni '80 fino ai giorni nostri, ed in particolare il programma pluriennale di recupero proposto dallo

I.A.C.P. nel 1988 che va sotto il nome di «progetto Nuove Corti» e che interessa 12 comparti di proprietà dell'ente posti nei quartieri S. Vitale, Navile e Porto. A questo si aggiungono, e talvolta si allacciano, gli estesi progetti promossi dallo I.A.C.P. su aree di sua proprietà localizzate nel quadrante di nord est della prima periferia cittadina, come la complessiva proposta di riqualificazione urbana (attraverso residenze, «terziario leggero», usi pubblici) dell' area tra la stazione della ferrovia Veneta e il quartiere Cirenaica, il ridisegno di un vasto comparto urbanistico tra le vie Stalingrado e del Lavoro o l'elaborazione del progetto «Europa», un nucleo residenziale e di servizi sociali e sanitari concepito allo scopo di riqualificare la zona più centrale del quartiere S. Donato.

Il DPR 616 del 24.7.1977 trasferì alle Regioni le funzioni in materia di edilizia residenziale pubblica ed il “governo” sugli Istituti. Da quel momento l’attività normativa in materia si fermò, e solo dalla seconda metà degli anni '90 la maggior parte delle Regioni hanno esercitato la facoltà di riformare il settore.

In particolare, la legge regionale Emilia Romagna n. 24 dell'8 agosto 2001, riguardante la "Disciplina generale dell'intervento pubblico nel settore abitativo", entrata in vigore il 24 agosto 2001, ha trasformato lo IACP in Azienda Casa Emilia Romagna della Provincia di Bologna (ACER), ente attualmente operante sul territorio provinciale.

E' bene quindi soffermarsi ad esaminare le caratteristiche di questo nuovo “istituto”, poiché tutto ciò che riguarda oggi l’edilizia residenziale pubblica della città di Bologna compete ad ACER.

ACER è un ente pubblico economico dotato di personalità giuridica e di autonomia organizzativa, patrimoniale e contabile e la sua attività è disciplinata dalla legge regionale e dal codice civile.

La titolarità di Acer è conferita alla Provincia ed ai Comuni i quali la esercitano nell'ambito della Conferenza degli Enti composta dal Presidente della Provincia e dai Sindaci dei Comuni.

Alla Provincia compete una quota pari al 20% del valore patrimoniale netto di Acer; la restante quota è conferita ai Comuni, in proporzione al numero dei loro abitanti.

Acer svolge le seguenti attività:

la gestione di patrimoni immobiliari, tra cui gli alloggi di edilizia residenziale pubblica (erp), e la manutenzione, gli interventi di recupero e qualificazione degli immobili, ivi

compresa la verifica dell'osservanza delle norme contrattuali e dei regolamenti d'uso degli alloggi e delle parti comuni;

la fornitura di servizi tecnici, relativi alla programmazione, progettazione, affidamento ed attuazione di interventi edilizi o urbanistici o di programmi complessi;

la gestione dei servizi attinenti al soddisfacimento delle esigenze abitative delle famiglie, tra cui le agenzie per la locazione;

la prestazione di servizi agli assegnatari di alloggi di erp e di abitazioni in locazione.

I Comuni, le Province e gli altri enti pubblici possono avvalersi dell'attività di Acer anche attraverso la stipula di una apposita convenzione, che stabilisce i servizi prestati, i tempi e le modalità di erogazione degli stessi ed i proventi derivanti dall'attività.

Acer, inoltre, può:

costituire o partecipare a società di scopo per l'esercizio dei compiti sopra riportati, di attività strumentali allo svolgimento degli stessi ovvero delle attività inerenti alle politiche abitative degli Enti locali individuate dallo statuto, fermo restando il perseguimento delle finalità sociali cui è preposto.

svolgere le attività elencate a favore di soggetti privati nelle forme contrattuali di diritto civile, secondo criteri di redditività.

Acer tiene una contabilità separata degli oneri e dei proventi che derivano dalle diverse attività e servizi svolti.

Il patrimonio dell'ACER della Provincia di Bologna è costituito:

dai beni mobili ed immobili di proprietà, provenienti dall'Azienda Casa Emilia Romagna della Provincia di Bologna come previsto dalla legge;

da beni mobili e immobili conseguiti tramite eredità, legati, donazioni ed elargizioni che pervengano all'Azienda, previa accettazione da parte della stessa;

dal patrimonio di altri enti, aziende, od altri soggetti pubblici e privati di cui venga disposta la fusione o incorporazione nell'Azienda od il conferimento all'Azienda;

da tutti gli apporti di carattere patrimoniale conseguenti a disposizioni legislative; dagli immobili realizzati o acquisiti parzialmente o totalmente mediante contributi pubblici ai sensi di legge;

da tutti i beni ed i fondi liquidi comunque acquisiti in proprietà dall'Azienda nell'esercizio delle proprie attività;

da partecipazioni societarie, da obbligazioni o altri titoli inventariati a norma di legge.

1.3 - CASE POPOLARISSIME

I fabbricati denominati Case Popolarissime ed eretti a partire dal 1934 al 1937 rappresentano un esempio di edilizia unico fino a quel momento nel panorama edilizio della città.

Come già evidenziato, dalle varie testimonianze raccolte emerge come la politica dell'Istituto negli anni della gestione fascista del podestà Arpinati (1923-1932) orientò l'attività edificatoria a favore delle classi sociali medie, ossia le classi impiegatizie a reddito fisso con posto di lavoro sicuro nella pubblica amministrazione, o comunque verso quelle fasce sociali che non possono definirsi né "umili" né borghesi.

Il R.D.L. n. 386 emanato nel marzo del 1926 metteva infatti a disposizione per la costruzione di case popolari ed economiche da parte degli Enti Pubblici una ingente somma per alloggi da cedere in affitto con patto di futura vendita agli assegnatari.

Sulla scorta di tale provvedimento, dopo il 1927 l'Istituto bolognese costruì solo ed esclusivamente alloggi con queste caratteristiche, andando così ad accrescere il problema abitativo delle classi più umili, le cui domande di locazione raggiunsero quote sempre più elevate.

In quegli anni si può quindi affermare che l'Istituto divenne attuatore della politica del partito fascista di Arpinati e non rispondente alle esigenze della città. Gli investimenti furono rivolti infatti, oltre che alla costruzione degli alloggi già citati anche alle cosiddette "opere di regime".

Solo nel 1929 nella relazione al bilancio di previsione, si evidenzia la necessità di costruire "Case Popolarissime".

Veniva infatti constatato che: «...la somma di 20 milioni di lire per la costruzione di nuove case in più parti della città ..., in un primo tempo ritenuta necessaria al fabbisogno cittadino si era dimostrata insufficiente. Sarà così necessario costruire ancora case, però di un tipo popolarissimo, e cioè per alloggiare una quantità di povere famiglie che poco possono spendere e che per necessità sono costrette a vivere in tuguri, e quel che è peggio in una pericolosissima promiscuità». Si proponeva così di agevolare «l'opera del Comune costruendo nel corrente esercizio almeno per Lire 2.000.000 di case popolarissime».

Nel 1933, divenuto Podestà di Bologna Angelo Manaresi, vennero modificati notevolmente i programmi dell'Istituto. Nominato l'ing. Enrico Boriani alla presidenza

dell' Istituto si stabilì l'obiettivo di costruire case popolari e popolarissime, condiviso anche dall'Associazione fascista della proprietà edilizia, contraria alle scelte imposte in precedenza da Arpinati di costruire case per i ceti medi. Il Podestà Manaresi assegnò allo IACP il compito di dare casa a quanti vivevano ancora nel Baraccato, oltre agli inquilini del centro storico che avrebbero dovuto perdere l'alloggio a causa dei lavori di ampliamento delle vie cittadine.

Venne quindi, costituita l'anno successivo (1934) all'interno dell'Istituto una Azienda Case Popolarissime, dotata di un proprio statuto e di un proprio bilancio, così da distinguere la gestione delle Case Popolarissime da quella degli altri fabbricati, anche in previsione di un maggiore onere finanziario per l'Istituto.

Fu rivisto, nel febbraio 1934, il regolamento di igiene del Comune per consentire, agli alloggi popolari e popolarissimi, un' altezza minima dei vani di 2.80m ed una superficie minima dei vani di 8mq. Nello stesso nuovo regolamento di igiene fu inoltre prescritto che le Case Popolarissime dovessero avere « ... una limitata ampiezza degli appartamenti (massimo tre camere e cucina) », e che « ... dette abitazioni potranno sorgere solo al di fuori della cinta dei viali di circonvallazione e mai in fregio ad arterie stradali importanti».

Nel giugno 1934 venne nominato, dopo la morte del Presidente Ing. Boriani, un Regio Commissario nella persona dell'Ing. Augusto Baulina Paleotti, che rimase a capo dell'Istituto in quella veste fino al 1937, poi come Presidente fino al 1945.

I lavori per la costruzione delle Popolarissime iniziarono nel luglio 1934 ed i primi 6 fabbricati di alloggi popolarissimi furono ultimati entro il maggio 1935.

Furono disponibili quindi 462 nuovi alloggi che accolsero tutte le 218 famiglie che occupavano ancora il Baraccato, che venne in seguito distrutto. Gli altri inquilini provenivano da via dell'Unione e via S. Apollonia, rioni adiacenti il nuovo quartiere universitario, e dalle vie Polese e San Carlo, limitrofe alla nuova via Roma.

Tali alloggi erano così ripartiti:

in via Scipione dal Ferro vennero costruiti tre fabbricati per complessivi 266 alloggi, un nido d'infanzia ed una portineria;

in via Pier Crescenzi, due fabbricati con 140 alloggi ed un portineria;

in via Vezza un fabbricato con 56 alloggi ed una portineria.

In tutti i fabbricati c'erano alloggi di uno, due e tre vani:

alloggi da un vano: ampia camera di soggiorno e da letto con cucina in alcova, terrazzino, W.C. ed un piccolo ingresso;

alloggi da due vani: come i precedenti, con una camera da letto aggiuntiva;

alloggi da tre vani : due camere da letto, ampia camera di soggiorno e relativi servizi.

La struttura degli insediamenti, a rioni chiusi ed autosufficienti, consentì la messa in comune di vari servizi (l'asilo, la lavanderia, il gruppo rionale del PNF) ed il controllo sociale tramite portineria.

Per la prima volta i fabbricati vennero costruiti con strutture in cemento armato con muri di tamponamento esterni ad intercapedine, per il miglior isolamento termico, e divisori interni in mattoni forati, facilmente eliminabili qualora si fossero dovuti destinare tali alloggi al "normale inquilinato dell' Istituto", come precisò il progettista, Ing. Lenzi in una relazione al Presidente.

Per ragioni di economia si sono progettati i fabbricati a sette piani, onde suddividere il più possibile il costo delle fondazioni e del coperto in cemento armato.

Il fabbricato di via Vezza si differenziava dagli altri per il ballatoio esterno da cui si accedeva agli alloggi.

Nel dicembre del 1933 vennero censite dal Comune circa 330 famiglie da ricoverare nei nuovi alloggi popolarissimi. Già nell' ottobre 1934 la stima degli stessi uffici comunali saliva a 600 famiglie. Venne così ampliato il piano di costruzione con altri tre fabbricati delle stesse fattezze che si affiancarono a quelli già costruiti; uno in via Vezza e due in Via Pier Crescenzi, nel complesso capaci di altri 182 alloggi.

Nonostante l'esecuzione dei cospicui lavori, in una nota del Presidente dell'Istituto al Podestà si sottolineava la difficoltà di conciliare il fabbisogno di alloggi per le famiglie numerose col troppo limitato numero di vani consentito nelle Popolarissime, che contrastava anche col favore concesso dal regime agli sviluppi della campagna demografica. Come descritto, infatti, gli alloggi realizzati nell'ambito delle "Popolarissime" risultavano adatti per famiglie ridotte, data la limitatezza delle metrature e del numero di vani.

Nel 1934 venne indetto quindi dall'Istituto un concorso nazionale per il progetto di alloggi di tipo popolarissimo da assegnarsi esclusivamente a famiglie numerose, che venne vinto dagli architetti milanesi Franco Albini, Renato Camus e Giancarlo Palanti con un progetto di fabbricato comprendente 20 alloggi. Quel progetto non venne

realizzato e nel 1936 l'Ufficio tecnico dell'Istituto redasse il progetto di due fabbricati di 42 alloggi ciascuno da erigersi su di un lotto nei pressi delle Case Popolarissime di Via Vezza. Principale autore del nuovo progetto, chiamato a collaborare con l'ufficio tecnico, fu l'architetto Francesco Santini, già collaboratore nell'attività privata del presidente Ing. Boriani.

Gli alloggi progettati erano composti di due/tre vani abitabili oltre la cucina ed il servizio igienico. I lavori terminarono nel 1937 e gli alloggi realizzati furono assegnati come previsto a famiglie numerose, composte in media da 8 persone.

La completa esecuzione del programma di alloggi popolarissimi, varato nel 1934, portò alla costruzione di 728 alloggi, i quali vennero ceduti in affitto a lire 12.50 mensili per vano abitabile.

Furono 3.454 gli inquilini che entrarono nelle Popolarissime alla fine del 1937, con un rapporto medio abitanti per vano pari a 2.32. Tale rapporto scendeva a 1.47 negli alloggi costruiti prima del 1935.

Come accennato, l'Istituto riservò un alloggio in ogni gruppo di case ad un funzionario di pubblica sicurezza. Tali custodi, incaricati della sorveglianza dei gruppi di fabbricati, erano tutti di provata fede fascista.

Il primo fabbricato di Via Vezza fu destinato ad accogliere «... i peggiori elementi provenienti dal Baraccato e da Via Polese ... » cercando così di isolarli. Dopo solo 4 mesi dalla entrata degli inquilini nel fabbricato, l'Istituto informava il Questore, in una nota del 5 agosto 1935, che vi avvenivano « ... continue liti clamorose, atti di indisciplina con minacce al potere dell'Istituto ... - e chiedeva -... di disporre un servizio di vigilanza da parte della forza pubblica specialmente nelle ore serali, ma possibilmente con visite anche durante il giorno.»

Un' elevatissima percentuale di morosità si registrava già dai primi mesi di occupazione degli alloggi popolarissimi, e andava aumentando nel 1936, nonostante le intimazioni di sfratto fatte dall'Istituto agli inquilini morosi. Nell' ottobre del 1936, durante una visita del duce alle Case Popolarissime, il Presidente dell'Istituto dovette ammettere che la morosità in quegli alloggi era quasi dell' 80%. Di fatto l'IACP , suo malgrado, con le Popolarissime fu portato ad assumere un ruolo di ente assistenziale, affiancando in ciò l'Ente Opere Assistenziali a cui era istituzionalmente demandata la materia.

Nonostante ciò numerosi furono i provvedimenti adottati nel campo dell'assistenza, che si tradussero nella diminuzione del canone d'affitto, nello stanziamento di somme di denaro versate dall'Istituto all'Ente Opere Assistenziali e gestite direttamente dal Segretario Federale del partito fascista. Vennero istituiti « ... sussidi ad inquilini bisognosi, premi alle famiglie numerose, alle vedove di guerra con minori a carico ed ai benemeriti dell'incremento demografico, premi di nuzialità, provvidenze per le famiglie dei militanti in Africa Orientale, premi per il buon mantenimento dell'alloggio», come venne specificato nella relazione al Prefetto di Bologna sull'attività dell'Istituto nel campo assistenziale e sociale, in data 16 giugno 1936.

La gestione dell'assistenza passò poi completamente nelle mani della federazione fascista attraverso la quale, dal 1936 in poi, passarono ufficialmente anche tutte le domande per ottenere un alloggio e le suppliche degli inquilini per non avere lo sfratto dall'Istituto. Questi furono circa 50 nel 1936, successivamente vennero praticamente sospesi nonostante una elevatissima morosità: nel marzo 1937 l'Istituto, in una nota al vicesegretario del fascio di Bologna del 20 marzo 1937, fa presente che « ... su 644 inquilini delle popolarissime 604 sono morosi ed il loro arretrato è di 12-30 mesi per 203 di essi e di 2-12 mesi per i rimanenti 401. Se le cose non cambieranno in meglio e se non le verrà assicurato qualche idoneo contributo, l'Azienda Case Popolarissime non potrà continuare a svolgere l'azione sociale ed assistenziale ... intrapresa con tanta passione».

Nella storia degli edifici in oggetto vanno però segnalati quegli interventi che li hanno resi così come li si possono ritrovare oggi.

Nonostante l'edificazione di questi fabbricati, ancora nel 1950 il quartiere San Donato era un'area di confine tra la città e la campagna con un'accentuata presenza di lavoratori agricoli. Le barriere furono abbattute dall'Istituto autonomo per le case popolari (IACP) negli anni sessanta, per dare un maggiore respiro all'intera zona.

I fabbricati furono ristrutturati, rinnovandone la tipologia con l'installazione degli ascensori, della centrale termica e con l'eliminazione delle cosiddette "camere alcova" (un solo e piccolo ambiente serviva per l'intera famiglia). I ballatoi furono chiusi con apposite vetrate.

Negli anni '70, come già visto, vi fu un'inversione di tendenza per quanto riguarda le politiche urbanistiche ed edilizie. Nacque un nuovo concetto di tutela e le proposte

messe in atto riguardarono per la prima volta la riqualificazione, non solo del centro storico, ma anche aree ed edifici della prima periferia, in cui le Case Popolarissime risultano collocate.

Proprio i quartieri di edilizia pubblica furono i primi ad essere investiti da questo tipo di interventi, previsti nel primo programma pluriennale di attività del 1974-'78, i quali posero l'obiettivo di elevarne i livelli di abitabilità soprattutto per quanto riguardava gli standard urbanistici, superando le semplici procedure di ammodernamento tecnologico-igienico degli alloggi degradati per affrontare una più complessiva rifunzionalizzazione ambientale.

Gli interventi sulle Case Popolarissime di via Vezza, dello Scalo, di Scipione dal Ferro furono assolutamente analoghi: inserimento del vano ascensore su ogni accesso ai vani scala e parziale variazione delle distribuzioni interne e delle tipologie abitative, per adeguare le stesse agli standard e alle esigenze abitative dell'epoca. Le Popolarissime sono state sottoposte ad importanti lavori di ristrutturazione negli anni '80. L'intervento, diretto da Acer, ha riguardato la manutenzione straordinaria delle murature, il riassetto dell'area destinata a verde, la riqualificazione delle aree cortilizie di pertinenza, la costruzione di nuovi ascensori, la realizzazione di nuovi impianti termici ed elettrici negli alloggi che ne erano ancora sprovvisti e l'adeguamento alle normative vigenti degli impianti esistenti.

Nel 2008 in Via Vezza è stata effettuata una manutenzione straordinaria di 2 edifici per complessivi 60 alloggi di edilizia residenziale pubblica. Questo intervento di riqualificazione urbana è stato realizzato da ACER – ente pubblico economico - su alcuni edifici del tipo “Popolarissime”, dal numero civico 6 al numero civico 16 di via Vezza, costruiti nel 1954 ed inglobati attualmente in una zona a prevalente destinazione residenziale compresa tra le vie Vezza, Reiter e Pezzana. Gli immobili di proprietà del Comune di Bologna, tutti in locazione, ospitano un rilevante numero di anziani. L'intervento si inserisce in un più vasto programma di riqualificazione urbana denominato “S. Donato-Garavaglia”, ha riguardato anche la sistemazione delle aree cortilizie di pertinenza degli edifici e l'adeguamento degli impianti termici esistenti alle nuove normative.

CAPITOLO 2 - LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI: NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Poiché si procederà nei prossimi capitoli al progetto di riqualificazione energetica degli edifici oggetto di studio, risulta opportuno riportare i riferimenti alla legislazione vigente in materia, sintetizzando il percorso compiuto dai primi strumenti legislativi nazionali adottati dalle attuali prescrizioni fornite dai decreti Regionali.

2.1 - La Direttiva Europea 2002/91 (EPBD)

Il primo riferimento normativo, in ambito di rendimento energetico nell'edilizia, è rappresentato dalla Direttiva Europea 2002/91 CE (EPBD) il cui obiettivo è di "...promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi".

Le disposizioni contenute nella direttiva sono cinque e riguardano:

- 1) il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- 2) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;
- 3) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;
- 4) la certificazione energetica degli edifici;
- 5) l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni.

Nella Direttiva si ribadisce la necessità per gli Stati membri di definire una metodologia comune finalizzata alla definizione di standard minimi che possano essere applicati a diverse tipologie edilizie, così da porre le basi per l'apertura di un mercato

dell'efficienza energetica in Europa. Gli edifici storici, i siti industriali, le officine e le strutture esistenti con metratura inferiore a 1000 m², sono esclusi dal soddisfare questi standard. Mentre gli edifici di nuova costruzione aventi metratura superiore a 1000 m², oltre a soddisfare le suddette 5 disposizioni, devono essere sottoposti anche ad una valutazione di fattibilità tecnico-economica per l'installazione di impianti alternativi che utilizzino fonti energetiche rinnovabili, cogenerazione, teleriscaldamento e pompe di calore. La definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica non solo per gli edifici nuovi ma anche per quelli esistenti è ribadita nell'articolo 4, nel quale si evidenzia anche la necessità di rivedere questi requisiti ogni cinque anni in considerazione di una probabile evoluzione dei progressi tecnici nel settore dell'edilizia. A seguito dell'emanazione della Direttiva europea EPBD molte istituzioni governative hanno emesso sistemi di certificazione energetico-ambientale per definire le prestazioni degli edifici durante tutto il loro ciclo di vita. A seconda degli aspetti presi in considerazione sono stati realizzati metodi che si occupano specificatamente di valutare e certificare la qualità energetica degli edifici e sistemi, che oltre agli aspetti energetici, stimano gli aspetti ambientali, considerando così, nel senso più ampio del termine, la qualità degli edifici.

La Commissione europea, dopo aver consultato gli Stati membri, i gruppi di interesse e il CEN (Comitato Europeo di Normazione che funge da intermediario tra gli enti normativi europei e nazionali) ha ritenuto indispensabile la predisposizione, entro il periodo 2004-2006, di un pacchetto di norme tecniche a supporto della EPBD, su cui fosse in seguito possibile da parte dei Paesi dell'Unione Europea sviluppare le procedure nazionali.

Il pacchetto di norme CEN – EPBD si articola in 43 parti ed è così organizzato :

- 1) fisica dell'edificio: calcolo delle dispersioni termiche per conduzione e ventilazione, apporti energetici, effetti della radiazione solare in estate e in inverno, fabbisogni energetici estivi e invernali, calcolo delle temperature ecc;
- 2) descrizione e proprietà (classificazione) dei sistemi di ventilazione con raffrescamento e dei sistemi di condizionamento dell'aria;
- 3) descrizione degli impianti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda ad usi sanitari;

4) norme di supporto su sistemi di illuminazione per gli edifici (compreso l'effetto della luce diurna), controlli e automazione dei servizi degli edifici, classificazione dell'ambiente interno, valutazione economico-finanziaria delle soluzioni energeticamente sostenibili;

5) ispezioni: caldaie e impianti di riscaldamento, impianti di raffrescamento e condizionamento d'aria, impianti di ventilazione;

6) due norme chiave su come esprimere la prestazione e la certificazione energetica degli edifici, l'uso totale dell'energia, l'energia primaria e le emissioni di CO₂, la valutazione dell'uso di energia e la definizione dei livelli di prestazione energetica.

Le norme e le bozze possono essere acquistate dalle organizzazioni nazionali di normazione (in Italia il riferimento è l'UNI). In Italia è prevalsa la scelta di non tradurre le norme originali, che rimangono pertanto in inglese, ma si stanno sviluppando norme in lingua italiana finalizzate alla loro interpretazione o trasposizione a livello nazionale. È questo il lavoro che sta portando avanti il CTI, Comitato Termotecnico Italiano, ente federato UNI. Il pacchetto di norme predisposto dal CEN ha lo scopo di fornire un supporto tecnico all'intera direttiva EPBD anche attraverso la definizione di una metodologia per l'applicazione delle stesse.

2.2 - La normativa Italiana

Anche in Italia, se pure da relativamente poco tempo e quindi, con ovvie lacune rispetto a numerose altre nazioni, si comincia a sviluppare una politica ed una mentalità rivolte al risparmio energetico e alla ricerca di nuove fonti alternative di energia. In questo senso risulta molto importante l'entrata in vigore della Legge N. 10 del 09/01/1991 per l'attuazione del piano energetico nazionale, per il risparmio energetico e per lo sviluppo delle fonti rinnovabili.

Tale legge che s'intitola “ *Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia* ”, nasce con l'intento di razionalizzare l'uso dell'energia per il riscaldamento; nonostante già negli anni ottanta ci fossero linee di pensiero che convergevano verso questa direzione, questa è la prima legge che mette una pietra miliare su quella che sarà in futuro tutta la politica del risparmio energetico.

La legge 10/91 (come la legge 46/90 sostituita dal DM 37/2008[1]) si propone di regolamentare il settore termotecnico.

Nel contesto di un piano energetico nazionale, il legislatore comincia a dividere l'Italia per aree geografiche, in zone climatiche classificandole con periodi precisi di esercizio (A, B, C, D, E, F): ogni periodo prevede determinate temperature. Le zone climatiche sono classificate anche in base alle velocità dei venti, con coefficienti di esposizione.

La legge 10/91 propone un percorso per la valutazione del bilancio energetico invernale di un edificio in cui vi sono apporti di calore e dispersioni di calore: la loro somma algebrica rappresenta il bilancio energetico. Per far sì che questo bilancio sia attivo (cioè l'interno dell'edificio sia più caldo dell'esterno) è necessario spendere dell'energia (primaria) per ottenere una determinata temperatura prefissata ($20\text{ °C} + 2$ di tolleranza).

La legge impone anche la verifica della "tenuta" dell'isolamento di pareti e tetto al fine di non disperdere calore inutilmente: l'obiettivo è proprio quello di mantenere il più possibile il calore senza disperderlo, per risparmiare energia.

Un ulteriore punto in cui la legge è molto rigorosa è il rendimento: al di sotto di certi valori non avviene il risparmio energetico prefissato.

La legge 10/91 impone di redigere a cura di un professionista una relazione tecnica da depositare nel comune dove ha sede l'edificio in quattro copie (una di solito viene restituita timbrata). Sono soggette tutte le abitazioni; per quelle di nuova costruzione la relazione va redatta e consegnata prima dell'avvio dei lavori di costruzione. Il DPR 412/93 e il DPR 551/99 sono due decreti che regolamentano l'attuazione di questa legge e disciplinano i vari calcoli, tra cui quello del FEN (fabbisogno energetico normalizzato, non più utilizzato), facendo riferimento a molte norme UNI, tra cui UNI 5364, UNI 8065, UNI 9182, UNI CIG 7129 etc.

In particolare :

UNI 7129 "Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione. Progettazione, installazione e manutenzione. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura";

UNI 8364 "Impianti di riscaldamento. Controllo e manutenzione";

UNI 10339 "Impianti aeraulici a fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti" e "Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura";

UNI 10348 "Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo".

Il pacchetto legislativo della legge 10/91 introduce dei regolamenti finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica in tutti i settori. In particolare, i principali punti nel settore dell'edilizia sono:

l'obbligo della certificazione energetica degli edifici pubblici e privati per nuove costruzioni e nel recupero del patrimonio esistente a seconda della tipologia dell'intervento, come nei casi di compravendita o locazione con validità di 5 anni; la regolamentazione per l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici con la predisposizione di un programma di ispezioni regolari, l'adozione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione per gli impianti di riscaldamento a servizio di nuove costruzioni, l'incentivazione all'utilizzo di impianti solari, pompe di calore e la promozione di tutti gli interventi per il contenimento e l'efficienza energetica, obbligatori per una quota parte dei consumi negli edifici pubblici; la regolamentazione del grado di isolamento termico dell'involucro edilizio attraverso la valutazione del coefficiente volumico di dispersione Cd; l'introduzione di finanziamenti per gli investimenti nell'efficienza energetica per un periodo di tre anni.

Nel 2005, recependo la direttiva europea 2002/91/CE, è stato emanato il Decreto Legislativo 19.8.2005, n. 192 che pone limiti al valore del fabbisogno di energia primaria, espresso in kWh/m²·anno.

Il DLgs 192/05 definisce come unico indicatore prestazionale energetico il "Fabbisogno di Energia Primaria", che consente di sommare più flussi e/o vettori energetici. Infatti, l'energia primaria è definibile come il potenziale energetico presentato dai vettori e fonti energetiche non rinnovabili nella loro forma naturale (quando non hanno ancora subito alcuna conversione o processo di trasformazione). L'energia primaria dipende quindi, da un lato dal fabbisogno di energia e dall'altro dal tipo di combustibile o vettore utilizzato per produrre energia e dall'efficienza di produzione. Questo indicatore, secondo il progetto di norma europeo prEN 15315, è calcolato con la seguente equazione:

$$EP = \sum_i Q_i \cdot \eta_{EPi}$$

dove:

- Q_i è la sommatoria dei consumi di ogni vettore energetico (per riscaldamento,

raffrescamento, illuminamento, acqua calda sanitaria, ventilazione ed energia elettrica) tenendo conto dei rispettivi rendimenti.

- fEPi è il fattore di energia primaria dell'i-esimo vettore energetico per alcuni tipi di vettore energetico.

Al fine di esemplificare il significato di tale indicatore prestazionale si considerano due edifici aventi pari necessità di energia netta; essi possono consumare energia primaria in quantità molto diverse fra loro in funzione delle modalità di produzione dell'energia; si ipotizzi per il primo edificio l'utilizzo di una caldaia a metano per soddisfare il fabbisogno termico e l'allacciamento alla rete elettrica nazionale per il fabbisogno elettrico, mentre per il secondo edificio l'installazione di un cogeneratore con motore a combustione interna a metano che idealmente soddisfi entrambi i fabbisogni. Confrontare consumi energetici di natura differente significa relazionare due grandezze solo dimensionalmente simili, quindi l'unico modo per determinare quale edificio consumi meno energia (metano ed elettrica per il primo, solo metano per il secondo) è calcolare il consumo totale di energia primaria.

Altro aspetto di fondamentale importanza è il tipo di combustibile adottato e la provenienza dell'energia elettrica impiegata (ad esempio da un impianto termoelettrico o idroelettrico o autoproduzione).

Infatti, *"a seguito della liberalizzazione del mercato si è avviato un ciclo di investimenti nel settore dell'energia elettrica che porterà ad un sostanziale rinnovo delle infrastrutture di produzione termoelettrica, con un aumento dell'efficienza del parco produttivo accompagnato da una riduzione delle emissioni di inquinanti"*. Tale decreto rende ancora più rigida la redazione delle relazione tecnica da depositare in comune prevista dalla legge 10/91 poiché i calcoli si devono fare anche per il periodo estivo; con questa legge comincia a nascere l'idea di edificio certificato sotto il profilo energetico (ad es. come gli Elettrodomestici).

Con l'emanazione del DLgs 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia", viene abrogato l'articolo 4 comma 1 e 2 della 10/91 che "...definisce i criteri generali tecnico-costruttivi e le tipologie per l'edilizia sovvenzionata e convenzionata nonché per l'edilizia pubblica e privata, anche riguardo alla ristrutturazione degli edifici esistenti, al fine di favorire ed incentivare l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella

produzione o nell'utilizzo di manufatti". Nella definizione degli ambiti il DLgs 192/05 rende obbligatoria, entro un anno dalla data di entrata in vigore del decreto, la certificazione energetica per gli edifici di nuova costruzione e per quelli interessati da ristrutturazioni. Inoltre, prevede un'applicazione graduale delle disposizioni in relazione al tipo di intervento. (Tab. 1)

CAMPI D'INTERVENTO DEL DLGS 192/05	
Applicazione integrale	Nuove costruzioni;Ristrutturazione completa dell'involucro di edifici esistenti di $S_u > 1000 \text{ m}^2$;Demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti di $S_u < 1000 \text{ m}^2$;
Applicazione limitata al solo ampliamento	Ampliamento di volumetria superiore al 20% dell'esistente;
Rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni:	Ristrutturazioni totali o parziali di edifici con $S_u < 1000 \text{ m}^2$;Manutenzione straordinaria;Nuova installazione di impianti termici di edifici esistenti;Ristrutturazione degli impianti termici;Sostituzione del generatore di calore.

Tab. 1 – Disposizioni in relazione al tipo di intervento

La certificazione per gli appartamenti di un condominio può fondarsi, oltre sulla valutazione dell'appartamento interessato, su una certificazione comune dell'intero edificio, per i condomini dotati di un impianto termico comune oppure sulla valutazione di un altro appartamento rappresentativo dello stesso condominio e della stessa tipologia. L'attestato relativo alla certificazione energetica ha una validità temporale massima di dieci anni a partire dal suo rilascio, ed è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che modifica la prestazione energetica dell'edificio o dell'impianto. Il DLgs 192/05, nel recepire la Direttiva europea, impone che l'attestato di certificazione energetica comprenda i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge e valori di riferimento, che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio. L'attestato deve infine, essere corredato da suggerimenti in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione, in una logica costi-benefici. Con il DLgs 311/06 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 192/05" si assiste ad un ampliamento dell'ambito di applicazione delle prescrizioni di legge che si esplica in un più chiaro riferimento ai nuovi impianti installati negli edifici esistenti, nell'inclusione degli ampliamenti volumetrici superiori al 20% dell'intero edificio esistente, nonché nella possibile estensione anche agli immobili tutelati ai sensi

della parte seconda del DLgs. 42/04. A tale riguardo, in luogo della totale esclusione di detti immobili dal campo di applicazione delle norme per il contenimento energetico, prevista dal DLgs 192/05, il nuovo decreto la contempla nei soli «casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici». Rimangono escluse dall'applicazione “i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze di processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili” e “i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 mq.”

In forza dell'art. 6 del DLgs 311/2006, l' “attestato di certificazione energetica” contemplato dal DLgs 192/05, è sostituito da un “attestato di qualificazione energetica”, che si configura come documento transitorio in attesa della definizione a livello nazionale delle procedure per la certificazione, in accordo all'art. 5 che ne limita la validità a 12 mesi dall'entrata in vigore delle Linee Guida. Detto attestato, con le stesse modalità temporali e di aggiornamento del precedente, può essere preparato a cura di un professionista abilitato non necessariamente estraneo alla proprietà o ai processi di progettazione e realizzazione dell'edificio. Questa norma sfrutta la poca chiarezza della Direttiva europea riguardo l'indipendenza dei certificatori, in questo modo, come nelle normative di altri, il certificatore ed il progettista possono coincidere. Rimangono invariate le modalità di certificazione degli appartamenti di un condominio e i casi in cui allegare agli atti l'attestato. Si rafforza il ruolo delle Regioni e Province autonome, che entro il 31 Dicembre 2008, devono predisporre un Programma di sensibilizzazione energetica del parco immobiliare territoriale, volto, tra l'altro, all'applicazione di un Sistema di certificazione energetica coerente con i principi generali del decreto ed alla promozione di strumenti di finanziamento agevolato per la realizzazione di interventi di miglioramento. Si introduce l'obbligo per Enti territoriali e locali di includere nelle normative e negli strumenti urbanistici e di pianificazione di propria competenza, le norme contenute nel DLgs 192/05 con particolare riferimento alle “(...) soluzioni tipologiche e tecnologiche volte all'uso razionale dell'energia e all'uso di fonti energetiche rinnovabili, con indicazioni anche in ordine all'orientamento e alla conformazione degli edifici da realizzare per massimizzare lo sfruttamento della

radiazione solare e con particolare cura nel non penalizzare, in termini di volume edificabile, le scelte conseguenti.”

Il DLgs 311/06 come il DLgs 192/05 prevede l’emanazione di tre provvedimenti attuativi in relazione alla certificazione energetica degli edifici:

- 1) Un regolamento che determini le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell’acqua calda per usi igienici sanitari, in materia di progettazione di edifici e di progettazione, installazione, esercizio, manutenzione e ispezione degli impianti termici.
- 2) Un regolamento che determini i criteri di riconoscimento per assicurare la qualificazione e l’indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici e le ispezioni degli impianti di climatizzazione.
- 3) Un decreto interministeriale (Sviluppo-Ambiente-Infrastrutture) per l’emanazione delle procedure applicative della certificazione energetica degli edifici che contiene, in allegato, le Linee Guida Nazionali.

A partire dal 2 febbraio 2007 è entrato in vigore il Decreto legislativo n. 311 contenente disposizioni correttive ed integrative al DLgs n. 192 del 19 agosto 2005.

Il DLgs 311/06 definisce la climatizzazione estiva ed invernale come “l’insieme di funzioni atte ad assicurare il benessere degli occupanti mediante il controllo, all’interno degli ambienti, della temperatura e, ove presenti dispositivi idonei, della umidità, della portata di rinnovo e della purezza dell’aria”.

Vengono quindi, fissati i valori limite dell’indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale che attualmente, in zona climatica E variano tra 100 e 133 kWh/m²anno (in funzione dei GG della località di progetto e del rapporto di forma S/V dell’edificio in oggetto); nel DLgs 311/06 non vengono fissati i valori limite per la climatizzazione estiva, tuttavia sono presenti indicazioni fondamentali per il controllo della temperatura e per evitare il discomfort termico estivo negli edifici.

“Per tutte le categorie di edifici, ad eccezione delle categorie E. 6 ed E. 8, il progettista, valuta e documenta l’efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate interni o esterni, tali da ridurre l’apporto di calore per irraggiamento solare...”.

Nelle indicazioni per la relazione tecnica inoltre, tra gli allegati richiesti, è presente “ l’indicazione dei sistemi di protezione solare eventualmente utilizzati ”.

Il DLgs 311/06 rende inoltre, obbligatoria la presenza di sistemi schermanti esterni per tutte le categorie di edifici così come classificati in base alla destinazione d'uso all'articolo 3 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, ad eccezione delle categorie E. 6 ed E. 8, e limitatamente a collegi, conventi, case di pena e caserme per la categoria E. 1, per immobili di superficie utile superiore a 1000 m² al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna negli ambienti.

Gli aspetti fino a qui descritti risultano fondamentali per la progettazione di edifici efficienti dal punto di vista energetico; per ottenere ciò è indispensabile avere, per gli elementi di involucro, dei valori di trasmittanza termica il più bassi possibile; il DLgs 311/06 a questo proposito ne fissa i valori limite.

Attualmente in zona climatica E i valori limite di trasmittanza sono: 0.37 W/m²k per le pareti verticali opache; 0.32 W/m²k per le coperture orizzontali o inclinate; 0.38 W/m²k per i pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno; 2.4 W/m²k per le chiusure trasparenti comprensive di infissi.

Superfici trasparenti e opache sono ugualmente importanti nel contribuire al bilancio energetico dell'edificio: le superfici trasparenti sono l'elemento più "delicato" in termini di trasmittanza perché come sappiamo se non opportunamente progettate e posate in opera possono diventare l'elemento più dispersivo dal punto di vista termico.

Bisogna però porre in evidenza il fatto che le pareti opache costituiscono la maggioranza della superficie disperdente dell'edificio per questo motivo nella progettazione e nell'ottica di raggiungere standard di comfort ambientale e risparmio energetico sempre più elevati è necessario studiare tecnologie sempre più performanti: di qui la grande importanza che hanno assunto le facciate a doppia pelle, facciate ventilate, facciate fotovoltaiche, facciate con frangisole integrati e ultimamente facciate con frangisole fotovoltaico integrato.

Le pareti verticali esterne non devono più essere considerate solo una "scatola" contenente l'edificio, esse sono elementi tecnologici in continua evoluzione a cui possono essere richieste molteplici prestazioni sia per quanto riguarda l'isolamento invernale, il raffrescamento estivo dell'edificio, l'ombreggiamento ed il contributo energetico attivo come nel caso dell'utilizzo di: facciate fotovoltaiche.

Il 20 marzo 2008, la Conferenza Stato Regioni ha espresso parere favorevole sui decreti attuativi dei DLgs 192/05 e 311/06 e sulle Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici. I provvedimenti elencati di seguito rappresentano i punti principali dei testi predisposti dai Ministeri competenti, discussi con le Regioni, ma non ancora tutti approvati.

Il primo regolamento:

definisce le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici individuandole nelle norme tecniche UNI, derivate dalle norme predisposte dal CEN su incarico della Commissione europea;

fissa i requisiti minimi della prestazione energetica degli edifici nuovi ed esistenti confermando i precedenti con l'aggiunta di ulteriori disposizioni, tra cui:

- valori di trasmittanza limite per porte, finestre ecc.;
- valore massimo ammissibile della prestazione energetica per il raffrescamento estivo;
- limitazioni alla decentralizzazione degli impianti termici e disposizioni per un graduale passaggio alla contabilizzazione del calore negli impianti di riscaldamento condominiali;
- una diversa articolazione degli obblighi di trattamento dell'acqua per gli impianti di riscaldamento;
- una valutazione di utilizzo, nelle ristrutturazioni di edifici esistenti, di pellicole filtranti per le superfici vetrate ai fini contenere l'oscillazione termica estiva negli ambienti;
- la sostituzione del parametro di valutazione della qualità delle pareti a contenere l'oscillazione termica estiva: non più solo inerzia termica ma anche isolamento della parete, in linea con le più recenti norme tecniche europee;

impone l'aggiornamento delle norme tecniche disponibili in funzione del progressivo recepimento delle norme tecniche europee nel sistema nazionale.

definisce i criteri generali ed i requisiti per l'esercizio, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici;

pone elementi di flessibilità che le Regioni possono utilizzare per la stesura di provvedimenti che potrebbero essere più aderenti alle specificità territoriali. In particolare riguardo: le metodologie di calcolo, i requisiti minimi della prestazione energetica, le procedure di realizzazione delle ispezioni sugli impianti di climatizzazione;

fissa il riferimento nazionale nei confronti del quale devono essere garantite le prestazioni degli strumenti applicativi delle metodologie di calcolo e indica le modalità di modifica dell'allegato al regolamento;

afferma che all'attuazione del regolamento si provvede senza nuovi o maggiori oneri per la finanza pubblica.

Il secondo regolamento richiama le definizioni della Direttiva Europea 2002/91 e del DLgs 192/05, introducendone altre.

Inoltre:

definisce i criteri di riconoscimento degli esperti e degli organismi incaricati di fornire il servizio di certificazione energetica;

individua i soggetti qualificati all'attività di certificazione energetica negli enti locali, gli organismi pubblici operanti nel settore energetico, i tecnici abilitati, gli organismi di ispezione nel settore delle costruzioni edili e dell'impiantistica connessa e società di servizi energia (ESCO);

indica gli elementi a garanzia dell'indipendenza e imparzialità dell'operato dei certificatori e conferma la valenza di atto pubblico dell'attestato di certificazione;

fornisce i criteri di controllo e di raccordo della qualità del servizio di certificazione energetica, a cura delle Regioni;

fissa gli elementi di flessibilità che possono essere utilizzati dalle Regioni per la stesura dei propri provvedimenti rispetto a: metodologie di calcolo, requisiti minimi della prestazione energetica, formazione, elenchi dei soggetti certificatori ecc.;

introduce misure semplificative sull'aggiornamento dell'attestato di certificazione energetica in caso di riqualificazioni puramente impiantistiche.

Infine, il Decreto interministeriale, con il terzo regolamento:

definisce e riporta in allegato le Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica degli edifici;

fissa elementi di flessibilità che possono essere utilizzati dalle stesse amministrazioni per la stesura di provvedimenti regionali;

individua nell'istituzione di un Tavolo di confronto e coordinamento presso il Ministero dello Sviluppo Economico lo strumento primario per il raccordo tra amministrazioni nazionali, regionali e locali;

indica i criteri per la validità temporale dell'attestato di certificazione e la modalità per il suo aggiornamento, integrandole e coordinandole con le normative vigenti in materia di efficienza energetica degli impianti di riscaldamento;

definisce le metodologie di calcolo compatibili con il sistema di incentivi pubblici;

afferma che alla attuazione del decreto si provvede senza nuovi o maggiori oneri per la finanza pubblica.

Il decreto ha poi numerosi allegati (allegati A da 1 a 7, e B). L'allegato A definisce le Linee Guida Nazionali per la certificazione energetica, presenta le finalità, il campo di applicazione, le norme per la valutazione della prestazione degli edifici, le metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici di riferimento nazionale ed i metodi di calcolo di riferimento nazionale, la metodologia di classificazione degli edifici, la procedura di certificazione energetica degli edifici e le modalità di autodichiarazione del proprietario.

L'allegato 1 fornisce indicazioni per il calcolo della prestazione energetica di edifici non dotati di impianto di climatizzazione invernale e/o di produzione di acqua calda sanitaria. L'allegato 2 fornisce uno schema di procedura semplificata per la determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dell'edificio. L'allegato 3 riepiloga l'utilizzo delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche in relazione agli edifici interessati, alle loro dimensioni e ai servizi energetici da determinare. L'allegato 4 esemplifica la classificazione energetica dell'edificio in relazione al servizio di climatizzazione invernale, a quello di produzione dell'acqua calda sanitaria e alla valutazione complessiva dei due servizi. L'allegato 5 riporta lo schema dell'attestato di qualificazione energetica degli edifici. Gli allegati 6 e 7 riportano lo schema dell'attestato di certificazione energetica rispettivamente per gli edifici residenziali e del terziario.

L'allegato B riporta, per le diverse possibilità, costi indicativi e non vincolanti per il servizio di certificazione energetica degli edifici ad uso civile.

La legge n. 133 del 6 agosto 2008 recante "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 25 giugno 2008, n. 112, recante disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria.", con l' articolo 35 ha soppresso l'obbligo di allegare l'attestato di certificazione energetica all'atto di compravendita degli immobili, ed, in

caso di locazione, di consegnare o mettere a disposizione del conduttore l'attestato di certificazione energetica.

Tali obblighi erano stati previsti dai commi 3 e 4 dell'articolo 6 del DLgs. 192/05 che sono stati abrogati dal citato art. 35; lo stesso articolo 35 ha disposto l'abrogazione anche dei commi 8 e 9 dell'articolo 15 del DLgs 192/05, che prevedevano le sanzioni relative.

L'ultimo passo della normativa nazionale in termini di efficienza energetica è rappresentato dal DPR n. 59/09 ovvero il Decreto del Presidente della Repubblica del 2 aprile 2009 n. 59, entrato in vigore il 25 Giugno 2009.

Il legislatore col DPR 59/09 pubblicato in G.U. il 10 Giugno 2009, dà attuazione ad alcuni dei punti previsti dall'articolo 4 del DLgs 192/05. In particolare introduce un nuovo quadro di disposizioni obbligatorie entrate in vigore il 25 Giugno 2009, che sostituiscono le indicazioni "transitorie" dell'Allegato I del DLgs 311/06.

Il decreto ha la finalità di promuovere un'applicazione "omogenea, coordinata e immediatamente operativa" delle norme per l'efficienza energetica sul territorio nazionale; definisce le metodologie, i criteri e i requisiti minimi di edifici e impianti relativamente alla:

climatizzazione invernale (è mantenuto l'assetto del DLgs 192/05);

preparazione di acqua calda per usi sanitari (sull'argomento in realtà non si chiarisce il ruolo dell'obbligo delle fonti rinnovabili);

climatizzazione estiva (la principale novità rispetto al DLgs 192/05);

illuminazione artificiale di edifici del terziario (anche se poi nel testo del decreto non se ne parla);

Per quanto riguarda gli ambiti d'applicazione, il quadro del DLgs 192/05 non è stato modificato, infatti gli unici casi esclusi si riferiscono a:

edifici di particolare interesse storico o artistico nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione delle loro caratteristiche;

fabbricati industriali, artigianali e agricoli riscaldati solo da processi per le proprie esigenze produttive;

fabbricati isolati con superficie utile < 50 m²;

impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio, anche se utilizzati, in parte non preponderante, per gli usi tipici del settore civile.

Per tutti gli altri casi sono previsti requisiti minimi da rispettare.

In base al tipo di intervento esistono 3 differenti livelli d'applicazione:

applicazione integrale a tutto l'edificio;

applicazione integrale ma limitata al solo intervento di ampliamento;

applicazione limitata al rispetto di parametri solo per alcuni elementi nel caso di interventi su edifici esistenti.

Si adottano le norme tecniche nazionali ad oggi disponibili (Art. 3 comma1):

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

UNI/TS 11300 - 2 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Gli strumenti di calcolo commerciali (software) applicativi delle metodologie descritte dalle UNI/TS 11300 devono garantire uno scostamento massimo di più o meno il 5% rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento predisposto dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI). La predetta garanzia è fornita attraverso una verifica e dichiarazione resa da CTI o dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI).

Le software house che hanno attivato una procedura di verifica per i propri strumenti di calcolo presso CTI o UNI, nell'attesa della validazione ufficiale possono sostituire la dichiarazione di conformità con un'autodichiarazione in cui compare il riferimento della richiesta di verifica.

Per gli edifici di nuova costruzione del settore terziario con volumetria maggiore di 10.000 mc, è ribadito (rispetto al DLgs 192/05) l'obbligo d'adozione di opportuni modelli di simulazione che tengano conto dell'influenza dei fenomeni dinamici.

L'obbligo decade nel caso in cui si possa dimostrare la scarsa rilevanza di tali fenomeni dinamici.

Per promuovere la tutela degli interessi degli utenti attraverso un'applicazione omogenea della predetta norma sull'intero territorio nazionale, e pertanto disciplinare la materia, le Regioni e le Province autonome, nel rispetto dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario nonché nel rispetto dei principi fondamentali della direttiva 2002/91/CE e desumibili dal decreto legislativo, possono:

a) definire metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici, diverse da quelle di cui al comma 1 dell'articolo 3, ma che trovino in queste stesse metodologie indirizzo e riferimento;

b) fissare requisiti minimi di efficienza energetica più rigorosi attraverso la definizione di valori prestazionali e prescrittivi minimi inferiori a quelli di cui all'articolo 4, tenendo conto delle valutazioni tecnico-economiche concernenti i costi di costruzione e di gestione dell'edificio, delle problematiche ambientali e dei costi posti a carico dei cittadini con le misure adottate, con particolare attenzione alle ristrutturazioni e al contesto socio-economico territoriale.

Il DPR 59/09 sostiene che “è preferibile il mantenimento di impianti termici centralizzati laddove esistenti” nel caso di:

edifici esistenti con un numero di unità abitative superiore a 4;

edifici appartenenti alle categorie E1 ed E2 con potenze nominali del generatore di calore dell'impianto centralizzato maggiore o uguale a 100 kW.

Le cause tecniche o di forza maggiore per ricorrere ad eventuali interventi finalizzati alla trasformazione degli impianti termici centralizzati ad impianti con generazione di calore separata per singola unità abitativa, devono essere dichiarate nella relazione tecnica.

Le verifiche che gli edifici di nuova costruzione o gli interventi su edifici esistenti devono rispettare sono vincolate al tipo di utenza così come definita dal DPR 412/93, come schematizzato nella tabella sottostante (Tab. 2).

CATEGORIE EDIFICI (DPR 412/93)	
E. 1 (1)	EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione continuativa
E. 1 (2)	EDIFICI RESIDENZIALI con occupazione saltuaria
E. 1 (3)	EDIFICI ADIBITI ad ALBERGO, PENSIONE ed attività similari
E. 2	EDIFICI per UFFICI e assimilabili
E. 3	OSPEDALI, CASE di CURA, e CLINICHE
E. 4	EDIFICI adibiti ad attività RICREATIVE, associative o di culto e assimilabili
E. 5	EDIFICI adibiti ad attività COMMERCIALI
E. 6	EDIFICI adibiti ad attività SPORTIVE
E. 7	EDIFICI adibiti ad attività SCOLASTICHE
E. 8	EDIFICI INDUSTRIALI E ARTIGIANALI riscaldati per il comfort degli occupanti

Tab. 2 – Classificazione degli edifici in base alla loro destinazione d'uso definite dal D.P.R. 412/93

Per capire quali indicazioni e limiti di legge si devono rispettare, viene proposta la seguente procedura basata su 3 semplici passaggi:

I- Si determina la categoria d'applicazione del decreto nella quale si ricade a seconda del tipo di intervento;

II- Si ricava l'elenco completo delle prescrizioni da rispettare dallo "Schema delle verifiche" incrociando la categoria d'intervento e la categoria dell'edificio in esame (mediante apposite tabelle);

III- Si prende atto del contenuto delle prescrizioni da rispettare consultando la tabella "Elenco delle verifiche".

I valori limite riportati nelle tabelle sono espressi in funzione della zona climatica, così come individuata dal DPR 412/93 e del rapporto di forma dell'edificio S/V, dove:

S è la superficie (mq) che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento) il volume riscaldato V;

V è il volume lordo (mc) delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0.2 e 0.9 e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella, si procede mediante interpolazione lineare.

Per località caratterizzate da un numero di GG > 3001 i valori limite sono determinati per estrapolazione lineare, sulla base dei valori fissati per la zona climatica E, con riferimento al numero di GG proprio della località in esame (DM 11 aprile 2008).

In una prima stesura, il DM 26/06/2009 aveva previsto che l'attestato energetico sarebbe stato obbligatoriamente allegato all'atto di compravendita degli immobili ed al contratto di locazione. Non solo: un attestato energetico assente o non veritiero avrebbe addirittura invalidato l'atto. I relativi commi sono stati rimossi dall'attuale governo, provocando una procedura di infrazione da parte dell'UE all'Italia. Se fossero stati mantenuti, avrebbero reso obsoleti e fuori mercato non solo tanti immobili, ma anche i metodi costruttivi di molti costruttori, orientati all'exasperazione dell'economia di scala a discapito del contenimento dei consumi energetici e anche di un abitare sano.

Inoltre, tale DM fissa i requisiti professionali e di accreditamento dei tecnici abilitati a fornire certificati energetici redatti con serietà ed indipendenza.

Va evidenziato che comunque i certificati sono soggetti ad ispezione e sono previste sanzioni pesanti. Inoltre, a causa dei progressi tecnologici, i certificati hanno una scadenza quinquennale/decennale che prevede una revisione della classificazione.

A causa del ritardo con cui il regolamento nazionale è uscito, molte regioni avevano emesso una propria legge regionale: in Lombardia, una delle primissime a dotarsi di una legge regionale, dal 7 settembre 2009 è obbligatoria una nuova edizione del metodo di calcolo, che – finalmente – assegna un indice di prestazione energetica anche per la climatizzazione estiva. E' anche questa una novità di assoluto rilievo, dato che il fabbisogno energetico nazionale è maggiore nel periodo estivo che invernale, a causa della diffusione degli impianti di aria condizionata. In termini di energia, il fabbisogno per la climatizzazione estiva ha superato ormai quella per il riscaldamento invernale. Le prime certificazioni tenevano conto solo della climatizzazione invernale, portando talvolta a situazioni paradossali, per cui case a basso fabbisogno invernale erano classificate meglio di altre, a dispetto di elevati consumi estivi. Nelle nuove linee guida, un paragrafo è dedicato alla valutazione qualitativa delle caratteristiche dell'involucro edilizio volte a contenere il fabbisogno per la climatizzazione estiva per la quale sono proposti 2 metodi: il metodo basato sulla determinazione dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento (Epe, invol) e il metodo basato sulla determinazione di parametri qualitativi. Ora le prestazioni energetiche verranno rappresentate separatamente la climatizzazione estiva e quella invernale, con una rappresentazione grafica che va dalla lettera G (alto consumo) alla classe A+. Per gli edifici residenziali la certificazione energetica riguarda il singolo appartamento.

Il certificatore deve:

eseguire una diagnosi, o una verifica di progetto, per determinare la prestazione energetica dell'immobile ed individuare gli interventi di riqualificazione energetica economicamente convenienti; classificare l'edificio in funzione degli indici di prestazione energetica e confrontarlo con i limiti di legge e le potenzialità di miglioramento in relazione agli interventi di riqualificazione individuati; rilasciare l'attestato di certificazione energetica.

Tale certificato è una rivoluzione nel panorama immobiliare italiano: ora la valutazione del patrimonio edilizio dovrà tenere conto anche di nuovi parametri: non solo la posizione o la metratura, bensì anche le prestazioni energetiche dell'edificio.

2.3 - Normativa regionale (Emilia Romagna)

In data 23/12/2004 nella regione Emilia Romagna viene emanata la L.R. n° 26 ”

Disciplina della programmazione energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia”, che definisce il Piano Energetico Regionale con le modalità di attuazione, di finanziamento, ecc. La legge dà attuazione alle direttive comunitarie (2001/77/CE e 2002/91/CE), inoltre, fornisce disposizioni per impianti e reti.

-Istituisce l’Agenzia regionale per l’energia

Nel mese di marzo 2008 la Regione Emilia Romagna approva l’ *”Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici”* (per il riscaldamento, il raffrescamento, l’illuminazione degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria).

Tale Atto definisce i requisiti minimi prestazionali di legge e promuove la sostenibilità ambientale nel settore edilizio indicando interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche dell’edificio.

Si parla di Risparmio Energetico di un edificio quando i relativi impianti di riscaldamento, raffrescamento ed aerazione sono concepiti e costruiti in modo che il consumo di energia durante l’utilizzazione delle opere sia moderato, tenuto conto delle condizioni climatiche, senza che ciò pregiudichi il benessere abitativo.

Nel maggio 2008 con la UNI TS 11300-1 “ Prestazioni energetiche degli edifici: determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale” vengono forniti ulteriori strumenti per il calcolo e la valutazione degli apporti termici forniti all’edificio durante il periodo estivo. In particolare tale norma si sofferma sugli aspetti relativi alla ventilazione naturale e ricambi d’aria, gli apporti solari su componenti trasparenti e fornisce un dettagliato quadro mensile dei fattori di ombreggiatura F (relativo a ostruzioni esterne F_{hor} ; relativo ad oggetti orizzontali F_{ov} ; relativo ad oggetti verticali F_{fin}).

Superfici verticali esterne: non solo elemento d’involucro, ma soluzione tecnologica performante ad edifici energeticamente efficienti.

Dal primo luglio 2008 sono entrate in vigore le disposizioni contenute nell’ *“Atto di Indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione degli edifici (D.A.L. 156/08)”*. L’atto dà attuazione alla Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell’edilizia e alla Direttiva 2006/32/CE

concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia ed i servizi energetici, in conformità ai principi fissati dal D. Lgs. 192/2005.

La delibera dell'Assemblea, in sintonia con quanto previsto dal Piano energetico regionale, rafforza i requisiti prestazionali relativi agli edifici fissati dal legislatore nazionale, in particolare per quello che riguarda il comportamento energetico degli edifici in regime estivo e il ruolo delle fonti rinnovabili per la copertura dei consumi di energia primaria. Alcuni Allegati tecnici dell'Atto sono stati successivamente modificati con Delibera di Giunta Regionale n. 1390 del 21 settembre 2009 "Modifica agli allegati tecnici della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 156/2008".

L'Atto, deliberato dall'Assemblea legislativa, fissa in particolare i requisiti minimi di rendimento energetico degli edifici, prevedendo una loro applicazione integrale nel caso di edifici di nuova costruzione ovvero di ristrutturazione integrale di edifici di superficie superiore a 1000 metri quadri. E' invece, prevista un'applicazione limitata al rispetto di specifici parametri e livelli prestazionali nel caso di ristrutturazioni parziali, manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio, recupero di sottotetti, nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici. Inoltre, l'atto stabilisce le prestazioni energetiche riferite ad interventi su singoli elementi edilizi (caldaie, coibentazione del tetto e sottotetto, 'cappotto', doppi vetri). Il rispetto dei requisiti minimi di efficienza energetica è obbligatorio per gli interventi il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo il 1° luglio 2008.

Anche in relazione all'emanazione di provvedimenti nazionali in materia di certificazione energetica (DM 26 giugno 2009) si ricorda che nella Regione Emilia Romagna, la procedura di certificazione energetica rimane regolata unicamente dal D.A.L. 156/08 (punto 5 e relativi allegati 5, 6, 7 e 8): conseguentemente, gli unici attestati di certificazione energetica validi ai sensi della disciplina regionale sono quelli registrati nel relativo sistema informatizzato attivato dalla Regione. Pertanto, le autodichiarazioni rese ai sensi dell'art. 9 dell'Allegato A del DM 26 giugno 2009 non possono essere utilizzate in sostituzione degli Attestati di certificazione energetica nei casi previsti al punto 5 del citato DAL 156/08.

Il sistema di certificazione energetica della Regione Emilia Romagna è divenuto operativo con l'emanazione della "Delibera di Giunta Regionale n. 1050 del 7 luglio 2008": con essa, si è istituito presso il Servizio Politiche Energetiche della Regione

l'Organismo di Accreditamento dei soggetti certificatori (ai sensi dell'art. 6 del D.A.L. n. 156/08), e si è definita la procedura per l'avvio del processo di accreditamento degli operatori (singoli tecnici o società) interessati a svolgere tale attività.

Dal 1 Luglio 2009 sono entrate in vigore le disposizioni contenute nell'Atto di indirizzo e di coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione degli edifici.

L'Atto dà attuazione alla Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici ed alla Direttiva 2006/32/CE concernente l'efficienza energetica degli usi finali di energia ed i servizi energetici, in conformità ai principi fissati dal D. Lgs. 192/2005. Quest'ultima legge infatti, rende esplicita la "clausola di cedevolezza" nel senso che, considerando che la materia in questione è tra quelle a competenza legislativa concorrente, le norme statali di dettaglio sono sostituite dalle norme regionali quando adottate.

Dal 1 luglio 2009 il provvedimento riguarderà anche le singole unità immobiliari soggette a trasferimento a titolo oneroso, mentre a decorrere dal 1 luglio 2010 l'obbligo dell'attestato di certificazione energetica sarà esteso anche alle unità immobiliari soggette a locazione. [2]

Il provvedimento inoltre, dispone l'utilizzo obbligatorio delle fonti rinnovabili. In particolare, nel caso di edifici di nuova costruzione ovvero edifici esistenti oggetto di ristrutturazione integrale o in occasione di nuova installazione di impianti termici, l'impianto di produzione dell'energia termica dovrà essere progettato in modo che almeno il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria sia coperto da fonti rinnovabili. E' inoltre, obbligatoria l'installazione di impianti a fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica per una potenza da installare non inferiore a 1 Kw per unità abitativa.

Il provvedimento della Regione introduce anche la novità per l'uso delle fonti rinnovabili: nel caso in cui vi sia un'impossibilità tecnica nel realizzare gli impianti a fonti rinnovabili nell'edificio in questione, si possono adottare soluzioni alternative quali il collegamento ad una rete di teleriscaldamento; l'adozione di impianti di micro-cogenerazione; il collegamento a impianti di fonti rinnovabili comunali. La regione prevede, infatti, di realizzare piattaforme fotovoltaiche in ogni territorio.

CAPITOLO 3 – DESCRIZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO

In questo paragrafo si cercherà di descrivere, anche se in maniera sommaria, le funzionalità del software commerciale MC4 Suit 2009 utilizzato per determinare il carico termico invernale (secondo la UNI EN 12831), cioè la massima potenza termica che l'edificio disperde verso l'ambiente esterno. Una volta determinata questa grandezza sarà quindi possibile verificare l'impianto esistente e di seguito, in accordo con la norma UNI EN 11300/1/2, sarà valutato il fabbisogno energetico dell'edificio ed il fabbisogno di energia primaria dello stato di fatto, per poi di seguito, dopo aver ipotizzato le opportune modifiche, ri-verificare l'ipotesi scelta per la riqualificazione.

Il programma sopra menzionato prevede un calcolo in regime stazionario. Un sistema termodinamico si definisce “in regime stazionario” quando (facendo delle accettabili semplificazioni) le grandezze fisiche utilizzate non subiscono variazioni rilevanti nel tempo. Il software consente la progettazione di un edificio energeticamente efficiente permettendo di valutare l'impatto dei materiali, degli impianti e delle tecniche di costruzione, ed in fine tramite esso è possibile stampare direttamente la relazione di legge conforme al modello ufficiale comprensiva della targa energetica (UNI EN 15217) e l'attestato di qualificazione energetica.

Innanzitutto l'interfaccia su cui si lavora si presenta come un ambiente AutoCAD nel quale è possibile disegnare direttamente gli edifici di interesse oppure importarli da files con estensione *.dwg* già esistenti. Ai disegni costruiti o importati è possibile apportare tutte le modifiche grafiche opportune ai fini del lavoro da svolgere, ad esempio l'inserimento di una caldaia con tubature e radiatori relativi. Per la creazione di un nuovo progetto è opportuno seguire specifici passi che portano a definire le condizioni al contorno dell'edificio su cui il programma si affiderà per i calcoli e le verifiche. Prima di procedere con la descrizione della modellazione dell'edificio è opportuno precisare che direttamente dai dati di input grafico, che avviene mediante specifiche schede ed archivi, il programma è in grado di leggere:

- superfici calpestabili
- superfici disperdenti

- volume lordo e rapporto fra superficie/volume S/V
- l'entità delle dispersioni invernali per trasmissione e ventilazione
- la trasmittanza termica delle strutture opache e trasparenti
- il fabbisogno di energia utile relativo all'involucro edilizio e di energia primaria del sistema edificio-impianto sulla base della norma UNI EN ISO 13790 e delle norme tecniche UNI/TS 11300/1/2

E' inoltre possibile inserire all'interno degli archivi posseduti dal software:

- caratteristiche dei ponti termici secondo l'approssimazione lineare prevista dalla norma UNI EN ISO 14683
- scambio termico con ambienti non climatizzati secondo il calcolo del fattore di riduzione previsto dalla norma UNI EN ISO 13789

Partendo dal menù *EDIFICIO* (il primo in alto a sinistra), nella sezione *generali* si presentano come sottomenù, più importanti, le seguenti voci:

- *generalità* che serve per definire caratteristiche di ordine generale del progetto, in particolare il contesto e quindi la città in cui si trova l'edificio. Questo è utile al programma perchè, grazie ad un suo database, è in grado di ricavare numerose informazioni in base all'inserimento della *località di progetto*, restituendo ad esempio i gradi giorno, la temperatura media annua, la temperatura media di progetto e molte altre informazioni che serviranno poi per il calcolo delle dispersioni. Definire le normative di riferimento in funzione della regione in cui si opera e la definizione di tutti i ponti termici automatici manuali (impostabili con l'apposito comando presente nel menù EDIFICIO2), selezionabili da un database, in funzione del tipo che si ritiene più idoneo, in maniera automatica o manuale (Fig. 1, 2); o come si vedrà poi dalla sezione *archivi*.

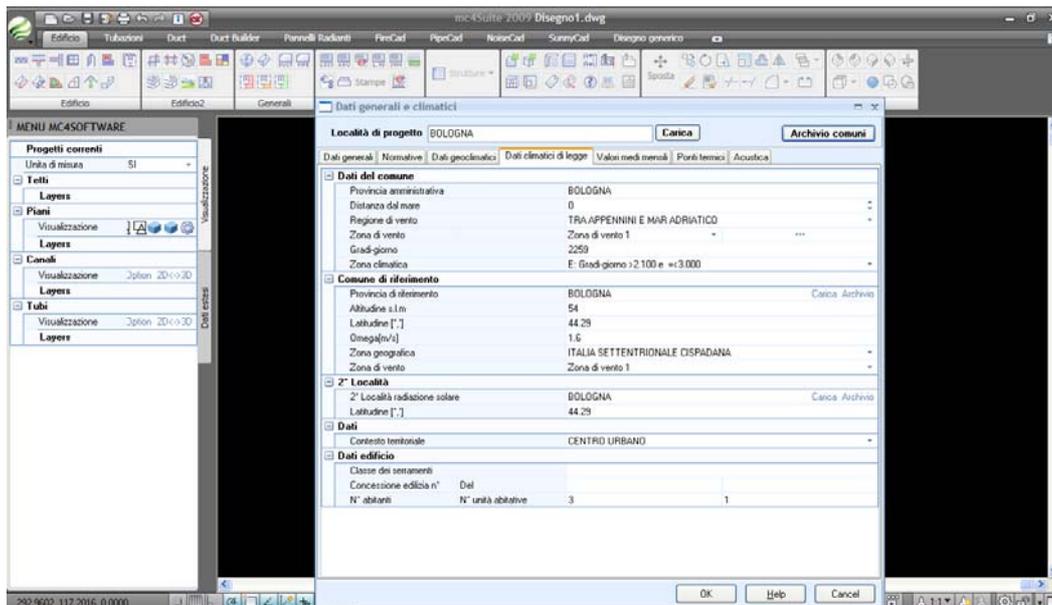


Fig. 1 – Interfaccia grafica MC4-Generalità-Località di progetto

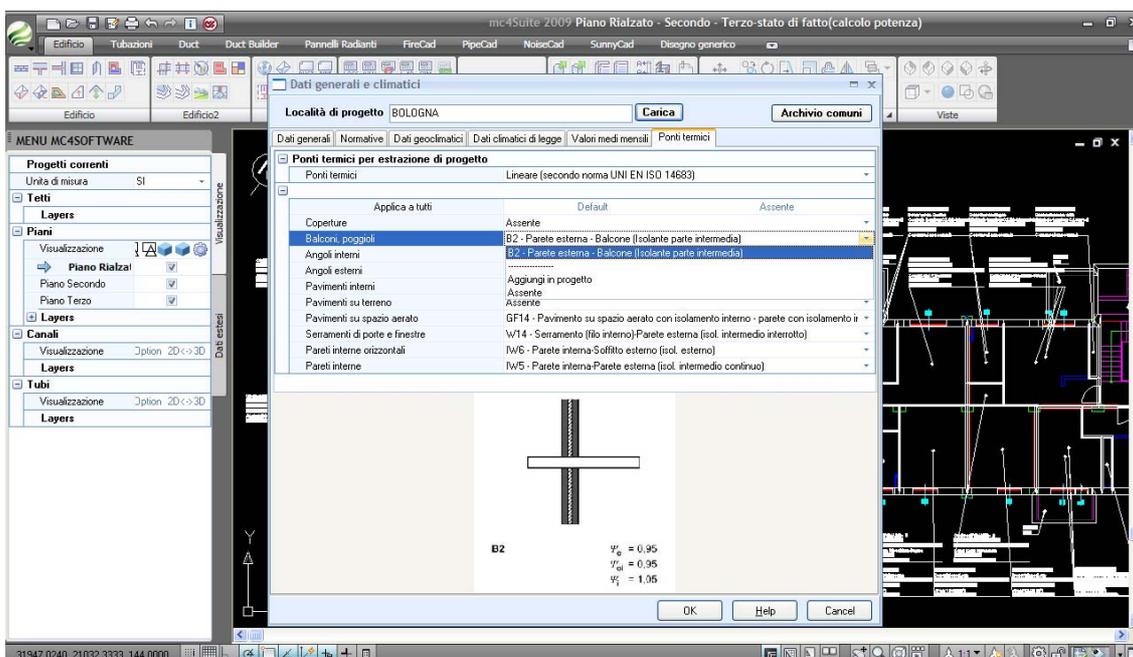


Fig. 2 – Interfaccia grafica MC4-Generalità- ponti termici

- *elenco unità immobiliari e zone di progetto* è necessario segnalare al programma il numero di unità immobiliari e tutte le zone termiche (zone alla stessa temperatura interna) comprese in esse. Per i calcoli, che forniranno il consumo energetico dell'edificio in esame, sarà necessario anche indicare la tipologia dell'impianto, cioè se è una zona riscaldata o climatizzata, che tipo di terminali utilizzati e con esso anche il suo periodo di attività (dipende dalla

fascia climatica e quindi dalla provincia). Riguardo alle zone, diventa importante fornire come informazione gli orari di funzionamento del riscaldamento; è quindi possibile selezionare le ore della giornata in cui si dovrà mantenere la temperatura desiderata e le ore in cui il riscaldamento funzionerà in attenuazione, garantendo un risparmio. Nella zona è possibile anche indicare se è o non è riscaldata, e cosa molto importante ai fini dei calcoli, è possibile anche impostare le infiltrazioni d'aria. Sarà necessario suddividere le varie unità abitative in diverse zone, come bagni cucine e gli altri locali in quanto è necessario impostare per ognuno di essi differenti valori di ricambio d'aria e temperatura per il calcolo delle dispersioni. A questo riguardo la legge definisce dei valori prestabiliti minimi da garantire per ciascun ambiente come segue:

cucina: temperatura 20°C, ricambi d'aria 1,5 V/h ;

bagno: temperatura 24°C, ricambi d'aria 2,0 V/h.

altri locali: temperatura 20°C, ricambi d'aria 0,5 V/h;

Invece, per valutare il fabbisogno energetico dell'edificio si è creato un ulteriore progetto e raggruppare le tre zone precedenti, di ogni singola unità abitativa, in un'unica zona e fissare il numero di ricambi d'aria pari a 0.3 vol/h e una temperatura di 20 °C a tutti i locali. Come è noto, la presenza all'interno di un numero elevato di persone influenzerà i calcoli, è quindi necessario rendere noto al programma il grado di affollamento delle unità immobiliari, ed infine bisogna associare ogni zona termica al corrispondente ambiente sul disegno, in modo che il programma “veda” effettivamente le diverse zone termiche e possa eseguire così i calcoli (Fig. 3).

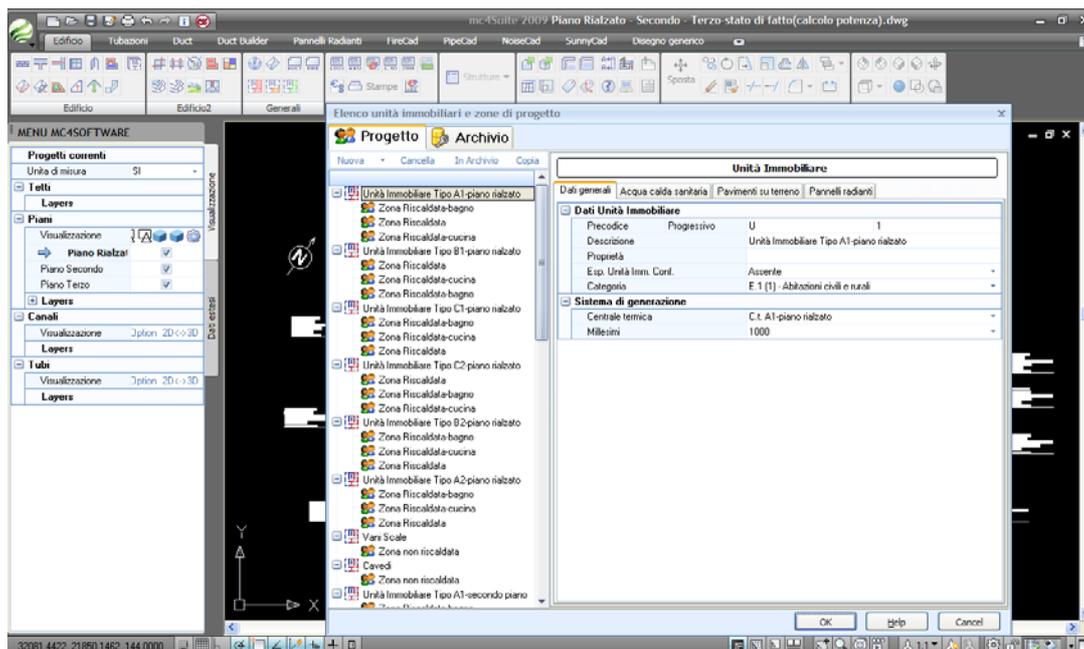


Fig. 3 – Interfaccia grafica MC4-Archivi

Per ogni menù *EDIFICIO*, *TUBAZIONI*, *PANNELLI RADIANTI*, ecc. vi è la sezione *archivi* che costituisce il cuore del programma, la sezione nella quale è possibile definire praticamente tutto ciò che riguarda i dati di input dell'edificio in esame, dal tipo di muri al materiale dell'isolamento dei tubi, dalle strutture vetrate alla marca di radiatori utilizzati. Esistono archivi per ogni parte del progetto: ad esempio per ciò che riguarda l'EDIFICIO ci sono archivi con strutture, porte, finestre ecc (Fig. 4); per la parte relativa alle TUBAZIONI ci sono archivi col tipo di tubi, caldaie, terminali usati e così via.

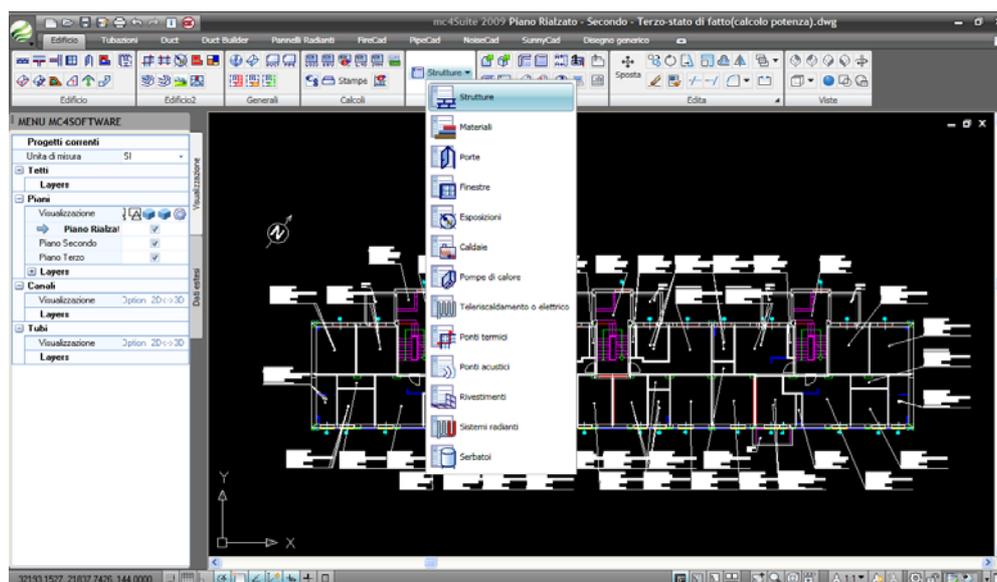


Fig. 4 – Interfaccia grafica MC4-Archivi

In alto a sinistra, evidenziato in grigio, si può vedere la parte del progetto che stiamo considerando (menù), in questo caso EDIFICIO. Al centro del disegno si osserva la tendina relativa agli *archivi* di questa parte, dalla quale è possibile selezionare una voce (in figura, *strutture*) e andare a impostare tutto ciò che interessa relativamente ad essa.

- Entrando ora in *strutture* si può definire la composizione stratigrafica delle superfici opache, entrando invece in *materiali*, *finestre* o *porte* si può definire tutto ciò che riguarda questi elementi, come in quest'ultime due è possibile definire le caratteristiche costruttive, dimensionali, termiche e solari del serramento (Fig. 5).

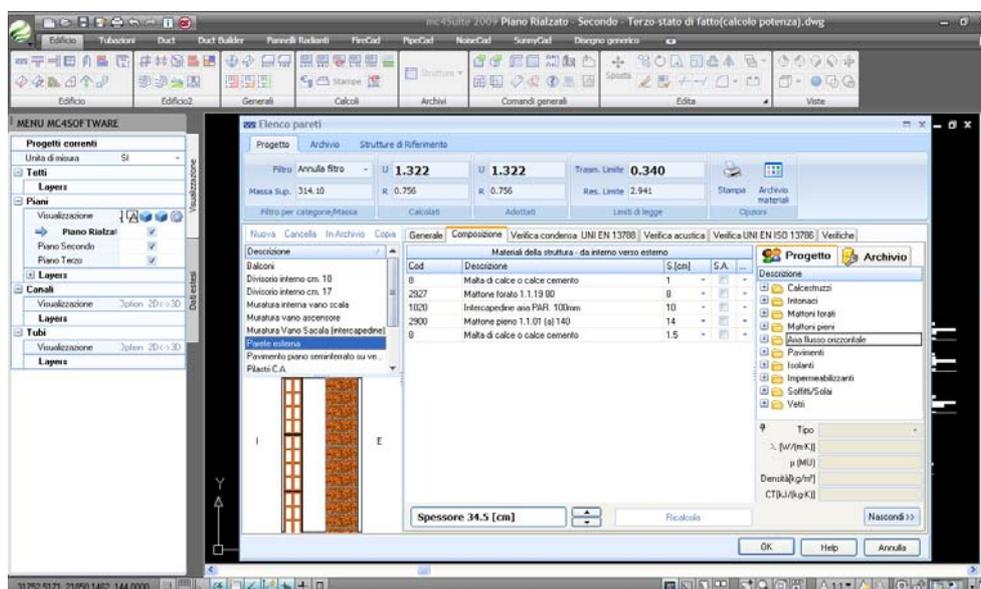


Fig. 5 – Interfaccia grafica MC4-Archivi-Schermata di costruzione stratigrafica di parete

Man mano che si procede all'inserimento degli strati, il software procede al calcolo della trasmittanza termica (secondo UNI EN ISO 6946) e della massa superficiale visualizzandola in appositi box collocati nella parte superiore della finestra; è possibile creare a doc i materiali per la definizione stratigrafica quando non presenti nell'archivio *materiali*.

- Le *esposizioni* risultano essere molto importanti ai fini del calcolo del carico termico di un ambiente perché con essa si definisce con cosa va a confinare un dato ambiente e in che modo è orientato rispetto al nord, cioè si definiscono le condizioni al contorno del locale analizzato. L'esposizioni si dividono in tre tipologie:

-esterne: riguardano sia le strutture verticali che orizzontali in cui la temperatura di confine è quella della località di progetto.

-interne: in cui si considera lo scambio termico verso degli ambienti a diversa temperatura.

-contro terra: come pavimenti e pareti di piani interrati in cui si ha lo scambio di calore con il terreno posto ad una temperatura diversa.

Ad esempio si potrebbe avere un'esposizione con un altro ambiente riscaldato, con uno non riscaldato, con l'esterno, oppure se è un ambiente posto al piano terra, se si trova sopra un altro ambiente, se è presente un tetto, un sottotetto, e così via. Il programma permette all'utente di impostare le varie esposizioni nel caso in cui ci siano da definire eventuali ostacoli o parametri particolari, oppure di calcolarle da se. Il contesto dell'edificio può poi essere arricchito andando ad identificare l'eventuale presenza di ostacoli esterni all'edificio, riproducibili nel programma grazie a curve di livello. Questo procedimento aiuta il programma dal punto di vista delle esposizioni, ossia serve a determinare dei coefficienti correttivi alle dispersioni. Nel caso di calcolo estivo risulta utile anche segnalare dove si trova il nord così da permettere il corretto calcolo della radiazione solare attraverso le finestre.

- La *caldaia* come per gli altri punti visti sopra risultano essere molto importanti ai fini del calcolo, e si effettua dagli archivi relativi all'EDIFICIO. Un fattore importante, da considerare quando si vanno ad impostare le specifiche del generatore, è il metodo di calcolo del rendimento del generatore, che può essere analitico o tabellare (Fig. 6).

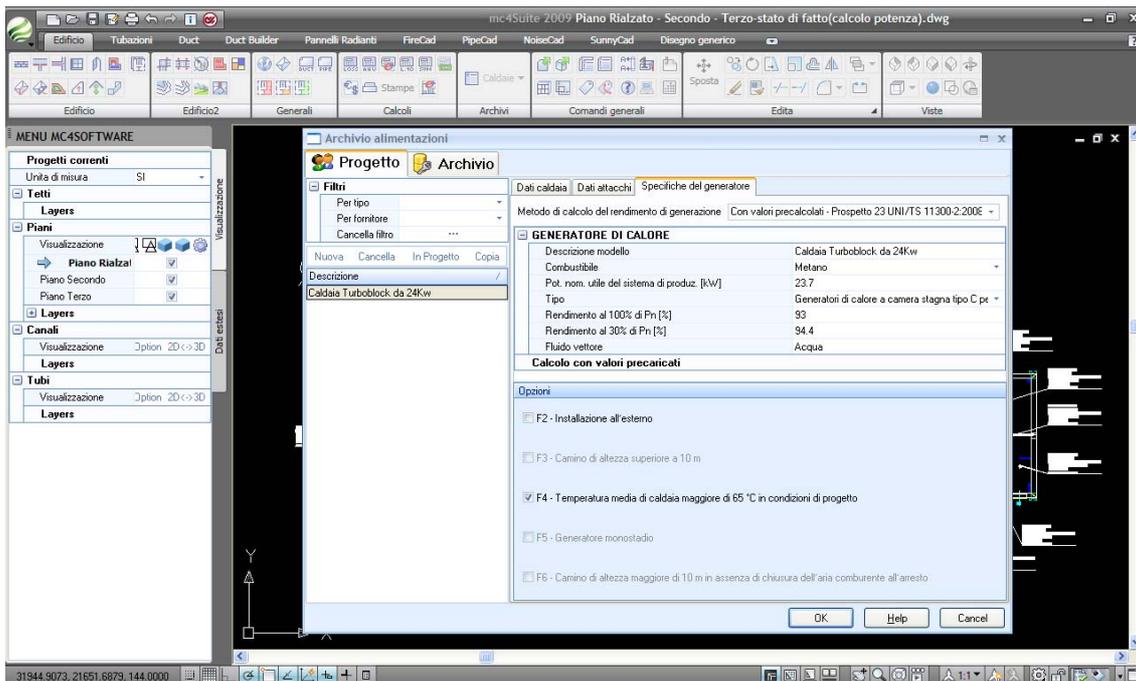


Fig. 6 – Interfaccia grafica MC4-Archivi-Caratteristiche della caldaia

Ora è necessario assegnare ad ogni muro del disegno la corrispondente struttura. Per far questo, sempre nel menù EDIFICIO in cui si trova la sezione *edificio*, selezionare l'icona seguente (Fig. 7):



Fig. 7 – Interfaccia grafica MC4-Edificio-Comandi per inserire muri, finestre, porte, ambienti, ecc.

- *trasforma linea in muro esterno*: si seleziona la linea del disegno a cui si vuole attribuire una struttura e infine si sceglie la struttura da assegnare a tale linea nella tendina laterale, in cui compaiono tutte le strutture da noi create e per fare ciò bisogna cliccare, nel disegno, sulla linea interna delle due che rappresentano il muro esterno.

- *trasforma linea in divisorio* e come prima seleziona la linea del disegno a cui si vuole attribuire una struttura e infine si sceglie la struttura da assegnare a tale linea nella tendina laterale, in cui compaiono tutte le strutture da noi create e per fare ciò bisogna cliccare, nel disegno, sulla linea media delle due che rappresentano il muro divisorio.
- *finestra*: operiamo come sopra e per fare ciò bisogna cliccare, nel disegno, sulla linea media delle due che rappresentano l'infisso.
- *porta*: operiamo sempre come sopra per inserirla.
- *Elenco piani* è la definizione delle caratteristiche dei piani dell'edificio in termini di altezza netta e del pacchetto stratigrafico dei pavimenti e soffitti già definiti nel sottomenù *strutture* (Fig. 8):

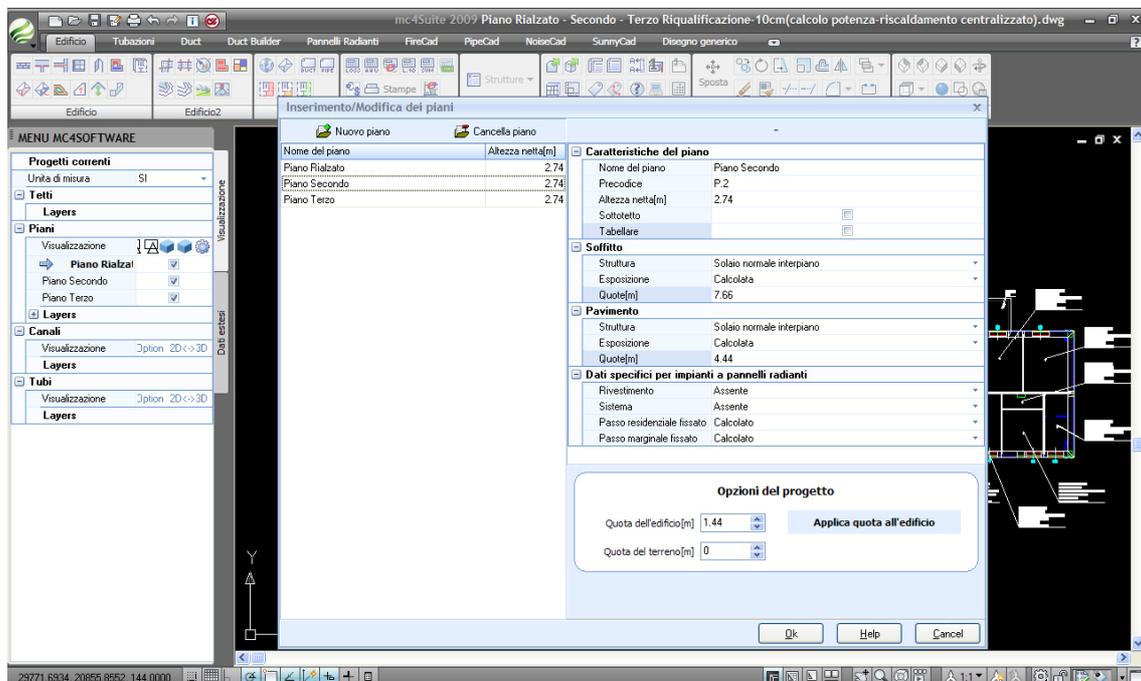


Fig.8 – Interfaccia grafica MC4-Archivi-Caratteristiche della caldaia

- *Ambienti* è la definizione dei vari ambienti di cui l'edificio stesso è composto. Tale operazione consiste nel selezionare un punto interno dell'edificio e attribuirgli una zona creata precedentemente nell'elenco *elenco unità immobiliari e zone di progetto*. Si creeranno tanti ambienti quanti risultano i locali dell' edificio esaminato.
- *Tetto* è l'ultima operazione da compiere impostando l'altezza di gronda e di colmo.

Vale la pena, prima di parlare delle dispersioni, ricordare i dati di input che servono per il calcolo delle dispersioni:

- Temperatura esterna di progetto per il calcolo della dispersione termica di progetto verso l'esterno [°C]
- Temperatura esterna media annuale per il calcolo delle dispersione termica verso il terreno [°C]
- Temperatura interna [°C]
- Volume d'aria interna per ogni ambiente [m³]
- Area di ciascun elemento dell'edificio [m²]
- Trasmittanza termica di ciascun elemento dell'edificio [W/m²K]
- Trasmittanza termica lineare di ciascun ponte termico lineare [W/m K]
- Lunghezza di ciascun ponte termico [m]

Per quanto riguarda i coefficienti di dispersione termica per ventilazione, si utilizzano le seguenti quantità:

- Tasso di ventilazione esterna minimo oraria [h⁻¹]
- Portata d'aria per infiltrazione dovuta alla mancanza di tenuta dell'involucro dell'edificio [m³/s]

Tutti parametri che è stato possibile impostare all'interno del programma, o che in automatico il programma considera.

Quindi sono state definite tutte le caratteristiche dell'edificio in studio, cioè tutti i dati di input necessari per calcolare gli output di interesse, ed infatti l'ultima sezione del programma di notevole interesse è proprio quella relativa ai calcoli, che possono essere relativi alle dispersioni, ai rendimenti medi stagionali, alle perdite di carico nelle tubazioni, ecc. I calcoli vengono eseguiti per ogni zona termica delle varie unità immobiliari. Così come per gli *archivi*, anche i calcoli vengono eseguiti per ogni parte del progetto che si considera. Se, ad esempio, consideriamo l'EDIFICIO, i *calcoli* saranno relativi alle dispersioni, ai rendimenti stagionali nonché all'efficienza e quindi alla targa energetica dell'edificio (Fig. 9):

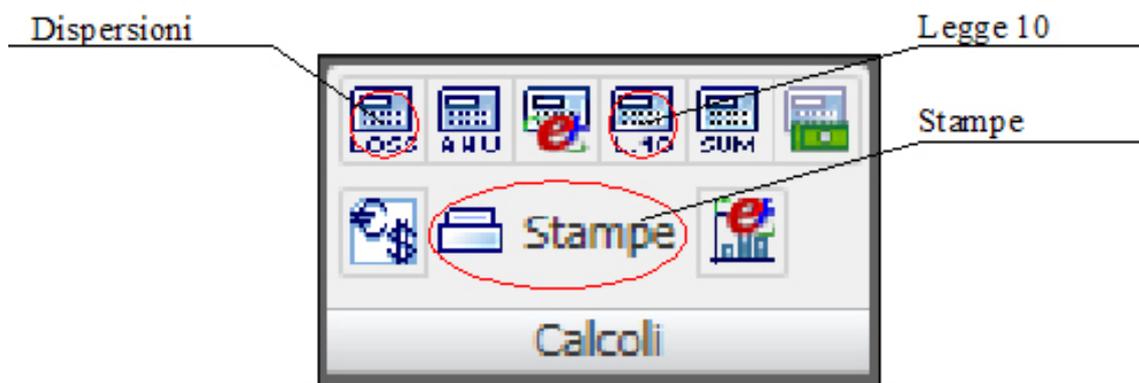


Fig. 9 – Interfaccia grafica MC4-Calcoli

- dispersioni* sono ottenute secondo la norma UNI EN 12831 e, ovviamente, tutta la procedura di calcolo non viene mostrata dal programma: il grande vantaggio di un software di questo tipo sta proprio nell’evitare i lunghi calcoli che altrimenti si sarebbero dovuti svolgere tramite, ad esempio, fogli di calcolo. Lo svantaggio, se si può così definire, sta invece nella maggiore attenzione che bisogna prestare nell’inserimento dei dati di input. L’output del calcolo delle dispersioni è dato da una relazione contenente tutti i dati di input ed i risultati del calcolo delle dispersioni. In particolare, tali risultati sono riportati per i singoli ambienti, per le singole zone termiche ed infine, per ogni centrale termica. A titolo di esempio, si riportano sotto la stampa delle dispersioni di un ambiente “bagno” dell’unità immobiliare “Tipo A1” del piano rialzato (Fig. 10).

Ambiente: (P.R.-U1)- 6 - Bagno		Unità Immobiliare: Unità Immobiliare Tipo A1-piano rialzato								
Esposizione	SO				Incr. [h]	5	Sup. L. [m²]			11,09
Tipo	Descrizione	NP	U	Sep.	U-Ue	Leagl.	Inc.	ΔT	Disp.	
Struttura princ	Rilievi C.A.	1	2,714	0,81	0	0	0	29	20,5	
Struttura princ	Parete esterna	1	1,422	10,48	0	0	0	29	421,8	
Ponte termico	C2 - 2 Pareti esterne (spigolo esterno, isolante parte	1	0	0	0,09	2,74	0	29	4,2	
Ponte termico	IF2 - Solcio Interno-Parata esterna (isol. parte Intern	1	0	0	0,229	4,1	0	29	85,8	
Ponte termico	Ponte termico d'angolo in C.A.	1	0	0	0,109	2,74	0	29	8,8	
Esposizione	SE				Incr. [h]	10	Sup. L. [m²]			4,88
Tipo	Descrizione	NP	U	Sep.	U-Ue	Leagl.	Inc.	ΔT	Disp.	
Struttura princ	Parete esterna	1	1,422	2,47	0	0	0	29	104,2	
Finestra	Finestra 110x150	1	4,229	1,69	0	0	0	29	222,8	
Cassonetto	Cassonetto = Cassonetto isolato	1	1	0,28	0	0	0	29	8,4	
Ponte termico	W14 - Sanamento (filo interno)-Parata esterna (isol. I	1	0	0	1	5,69	0	29	181,2	
Ponte termico	IF2 - Solcio Interno-Parata esterna (isol. parte Intern	1	0	0	0,229	1,69	0	29	27,8	
Ponte termico	C2 - 2 Pareti esterne (spigolo esterno, isolante parte	1	0	0	0,09	2,74	0	29	4,4	
Ponte termico	Ponte termico d'angolo in C.A.	1	0	0	0,109	2,74	0	29	9,2	
Amb. Conf.	Locale non riscaldato				Temp. [C]	-5	Sup. L. [m²]			6,48
Tipo	Descrizione	NP	U	Sep.	U-Ue	Leagl.	Inc.	ΔT	Disp.	
Struttura princ	Solcio copertura cantina	1	0,949	8,48	0	0	0	29	172,2	
Amb. Conf.	Esposizione verso locale (P.2-U9)- 8				Temp. [C]	24	Sup. L. [m²]			6,48
Tipo	Descrizione	NP	U	Sep.	U-Ue	Leagl.	Inc.	ΔT	Disp.	
Struttura princ	Solcio normale interpiano	1	1,274	8,48	0	0	0	0	0	
Amb. Conf.	Esposizione verso locale (P.R.-U1)- 8				Temp. [C]	20	Sup. L. [m²]			8,08
Tipo	Descrizione	NP	U	Sep.	U-Ue	Leagl.	Inc.	ΔT	Disp.	
Struttura princ	Divisoria Interno cm. 10	1	2,047	8,08	0	0	0	4	88,2	
Amb. Conf.	Esposizione verso locale (P.R.-U1)- 8				Temp. [C]	20	Sup. L. [m²]			8,01
Tipo	Descrizione	NP	U	Sep.	U-Ue	Leagl.	Inc.	ΔT	Disp.	
Struttura princ	Divisoria Interno cm. 10	1	2,047	8,01	0	0	0	4	24,8	
Amb. Conf.	Esposizione verso locale (P.R.-U1)- 1				Temp. [C]	20	Sup. L. [m²]			4,88
Tipo	Descrizione	NP	U	Sep.	U-Ue	Leagl.	Inc.	ΔT	Disp.	
Struttura princ	Divisoria Interno cm. 10	1	2,047	4,88	0	0	0	4	23,9	
Volume [m³]	Infiltrazione [Vol/h]	Portata d'aria [m³/h]		ΔT [C]	Dispersione [W]					
17,75	2,00	85		29	886,6					
Incremento per intermittenza 0 [W]:										
Dispersioni [W]:					1749,8					
Apporto della ventilazione [W]:					0					
TOTALE [W]:					1749,8					

Fig. 10 – Interfaccia grafica MC4-Calcoli-Dispersioni

Si nota che i risultati sono ben dettagliati e vengono forniti specificando per ogni esposizione tutte le dispersioni dovute alla trasmissione di calore attraverso l'involucro (perciò vengono specificati strutture, porte, finestre e ponti termici) nonché le dispersioni dovute alla ventilazione dell'ambiente considerato. È da precisare, a questo proposito, che i volumi di ricambi orari sono stati scelti in base alle norme, in mancanza di dati specifici.

- *legge 10*: lanciando il calcolo è possibile valutare i vari rendimenti per arrivare al rendimento medio stagionale (η_g) e l'energia primaria per il riscaldamento invernale EP_i in conformità con la norma UNI TS 11300/2 e quindi la targa energetica dell'edificio in esame. A questo scopo il programma necessita di ancora qualche dato, come le infiltrazioni di ogni zona che sono state impostate come delle perdite per ventilazione pari a 0,3 V/h per ogni ambiente dell'edificio. Da notare che tale valore è diverso da quelli impostati precedentemente per il calcolo delle dispersioni ed è giusto che sia così: infatti ora si stanno calcolando i rendimenti e la targa energetica, non più le dispersioni. Per i calcoli che verranno eseguiti, è indispensabile la tipologia e la posizione della caldaia; essa infatti, potrebbe trovarsi all'interno dell'immobile, all'esterno o addirittura interrata; inoltre, si possono avere caldaie utilizzate anche per l'acqua calda sanitaria, oppure indipendenti e quindi utilizzate esclusivamente per il riscaldamento. Bisogna in definitiva far comprendere al software se l'impianto di riscaldamento è indipendente oppure se è integrato alla rete idrica. Chiaramente parlando di targa energetica bisogna dare la possibilità a Mc4 di poter calcolare le dispersioni attraverso la rete dei tubi, quindi diventa indispensabile impostare le temperature di mandata e ritorno, per quel che riguarda l'impianto termico. Per ugual motivo l'utente sarà obbligato a selezionare la temperatura di erogazione dell'acqua calda sanitaria. Le ultime informazioni da fornire saranno legate ai terminali. Le scelte sono molteplici, legate alla tipologia di terminale (radiatori nel nostro caso) ed alla posizione all'interno dell'ambiente (poggiato su parete esterna). Come è noto la targa energetica è legata anche al rendimento di regolazione e quindi anche il dispositivo di regolazione dovrà essere impostato. E' possibile evidenziare anche il rendimento di erogazione che, nel caso non venga selezionato, acquisirà un valore standard. Ora, finalmente, si può conoscere la classe energetica dell'edificio in esame. Il programma espone anche tutti i fattori che influenzano il non adempimento della legge energetica. Una volta venuti a conoscenza delle problematiche nel progetto, è possibile intervenire apportando le opportune modifiche con l'obiettivo di elevare la classe energetica, di rientrare negli standard di legge e di diminuire il consumo di combustibile dell'immobile.

Di seguito sono elencati i rendimenti:

η_p : rendimento di produzione

η_e : rendimento di emissione

η_r : rendimento di regolazione

η_d : rendimento di distribuzione

η_g : rendimento globale (o rendimento medio stagionale)

Questi rendimenti possono essere calcolati in maniera tabellare e in maniera analitica, secondo la norma UNI/TS 11300-2. Per questo progetto si è utilizzato il calcolo tabellare. Un'ultima cosa da osservare relativamente al calcolo tabellare è che, nel software usato, è necessario andare a definire la caldaia che si vuole utilizzare e specificare le caratteristiche di quest'ultima che serviranno per individuare i rendimenti di interesse dalle tabelle relative, come già visto a pag. 70 (Fig. 9). È quindi importante definire il tipo di caldaia considerato, la temperatura di ritorno dell'acqua in caldaia ed il tipo di installazione della caldaia (se interna, esterna o esterna con accumulo esterno).

A questo punto, si esplica il procedimento seguito per ottenere i rendimenti cercati.

Per quanto riguarda il rendimento di generazione o produzione η_p si guarda negli appositi prospetti di seguito riportati (Fig. 11, 12).

Rendimenti di generazione precalcolati

La lettura dei prospetti seguenti deve essere fatta tenendo conto dei fattori di correzione elencati nella legenda. Come già precisato, qualora non si identifichi la tipologia del generatore tra quelle dei prospetti o quando le condizioni al contorno non siano comprese tra quelle indicate, si deve ricorrere al calcolo.

Legenda dei fattori di correzione:

- F1 rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta. Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata;
- F2 installazione all'esterno;
- F3 camino di altezza maggiore di 10 m;
- F4 temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto;
- F5 generatore monostadio;
- F6 camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'arresto (non applicabile ai premiscelati);
- F7 temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo.

prospetto 23a **Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)**

Valore di base	F1			F2	F3	F4
	1	2	4			
90	0	-2	-6	-9	-2	-2
Nota Per generatori antecedenti al 1996 valore di base 84. Per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88. Nota Valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.						

prospetto 23b **Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)**

Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1
Nota Valore di base riferito a: caldaia a tre stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.					

Fig. 11 –Prospetto dei rendimenti di generazione precalcolati

Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati ** (2 stelle)

Valore di base	F1			F2	F4	F5	F6
	1	1,25	1,5				
90	0	-1	-2	-1	-1	-1	-2
Nota	Per generatori antecedenti al 1996 valore di base 86. Per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.						
Nota	Valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.						

Generatori di calore a gas a condensazione ** (4 stelle)**

ΔT fumi - acqua ritorno a Pn	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
da 12 °C fino a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
>24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3
Nota	Valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12, da 12 fino a 24, oltre 24 °C a potenza nominale.									

Nel caso di installazione di caldaie a condensazione con accumulo in esterno, il fattore di correzione F2 è pari a -3.

Fig. 12 –Prospetto dei rendimenti di generazione precalcolati

Per ottenere il parametro del rendimento di emissione η_e occorre conoscere il tipo di terminale di erogazione, nel caso in esame radiatori su parete esterna isolata, nonché il carico termico medio annuo in W/m³. Quest'ultimo dato non è altro che il rapporto tra fabbisogno annuo di energia termica utile Q_h (in Wh) ed il tempo convenzionale di esercizio dei terminali (in ore, h) moltiplicato per il volume lordo riscaldato dell'edificio in m³ (Fig. 13).

prospetto 17 Rendimenti di emissione (η_e) in locali di altezza minore di 4 m

Tipo di terminale di erogazione	Carico termico medio annuo W/m ^{3 a)}		
	<4	4-10	>10
	η_e		
Radiatori su parete esterna isolata (*)	0,95	0,94	0,92
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori (**) valori riferiti a t_{media} acqua = 45 °C	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda (***)	0,94	0,92	0,90
Pannelli isolati annegato a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a pavimento (****)	0,98	0,96	0,94
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93

Fig. 13 –Prospetto dei rendimenti di emissione

Per conoscere il rendimento di regolazione η_r occorrono il tipo di regolazione (solo zona con regolatore), le caratteristiche ed il tipo di terminali usati (radiatori) (Fig. 14).

prospetto 20 Rendimenti (η_r) di regolazione¹²⁾

Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisciradianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo zona con regolatore	On off	0,93	0,91	0,87
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88

Fig. 14 –Prospetto dei rendimenti di regolazione

Infine, bisogna ricavare il rendimento di distribuzione η_d : questo è fissato in funzione del periodo di costruzione e se si tratta di impianti autonomi o centralizzati, viene riportato un esempio qui sotto per impianti autonomi (Fig. 15).

prospetto 21a

Rendimento di distribuzione

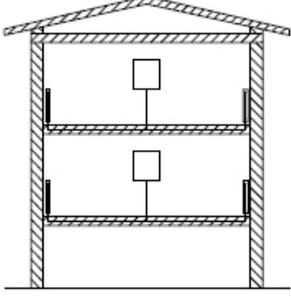
IMPIANTI AUTONOMI				
	Isolamento distribuzione			
	Legge 10/91 Periodo di realizzazione dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione prima del 1961
	0,990	0,980	0,969	0,958

Fig. 15 –Prospetto dei rendimenti di distribuzione

Il rendimento globale η_g dell'impianto di riscaldamento è dato dal prodotto dei primi quattro rendimenti:

$$\eta_g = \eta_p * \eta_e * \eta_r * \eta_d$$

- *stampe*: lanciando il comando si può decidere cosa il programma relaziona, in un file di word facilmente poi stampabile; fra le voci di maggior interesse per questo lavoro sono le “Dispersioni invernali” e ”Relazioni di legge → Relazione di calcolo invernale” (Fig. 16).

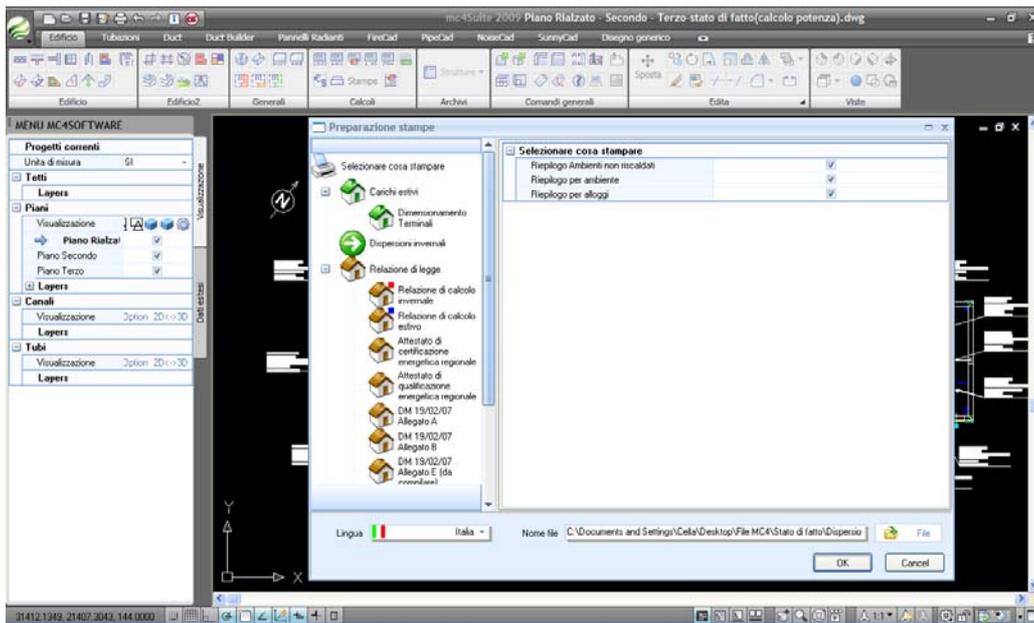


Fig. 16 – Interfaccia grafica MC4-Calcoli-Stampe

Infine, si riporta in figura (Fig. 17) un sunto di tutte le energie che entrano in gioco per la climatizzazione invernale, per poi risalire al Fabbisogno di Energia Primaria.

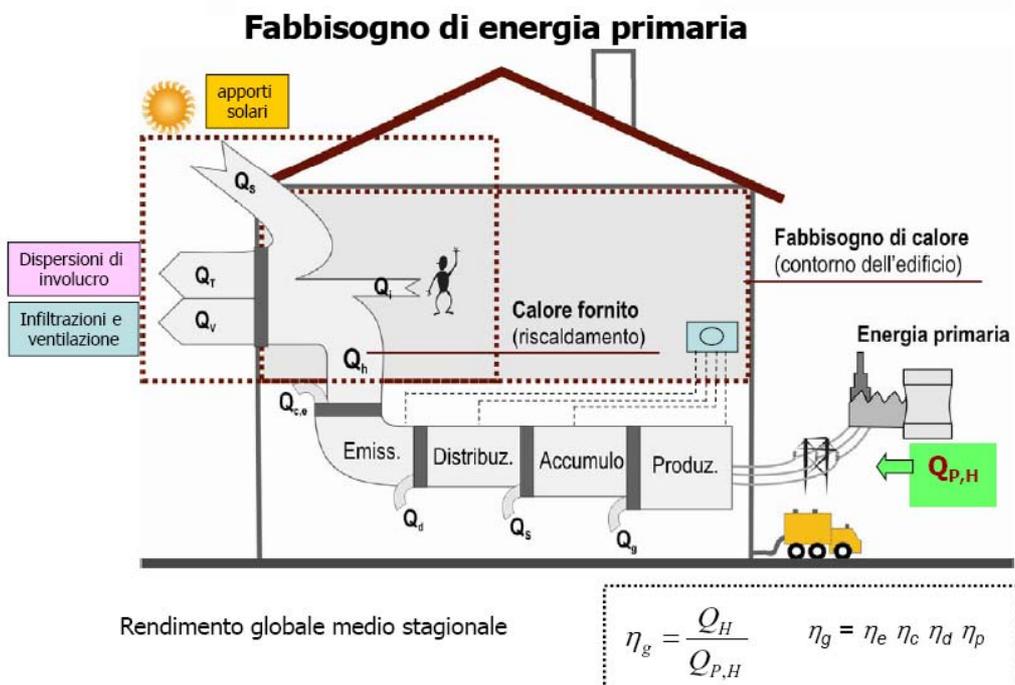


Fig. 17 – Ciclo dall'Energia Primaria per arrivare alla climatizzazione invernale

CAPITOLO 4 – ANALISI ENERGETICA DELLE CASE POPOLARISSIME DI VIA VEZZA: STATO DI FATTO

4.1- LOCALIZZAZIONE ED ANALISI AMBIENTALE

Prima di procedere all'analisi dello stato di fatto dell'edificio oggetto di intervento si ritiene opportuno analizzare quanto più possibile quelli che sono i fattori climatici agenti sul sito di studio (Tab. 3).

Bologna è situata ad una latitudine nord di 44° 30' e ad una longitudine est di 11° 20', ad una quota di 54 m. s.l.m. e presenta un clima di tipo continentale, il che la fa ricadere nella zona climatica contrassegnata dalla lettera E con gradi-giorno 2259 caratterizzato da inverni con temperature piuttosto rigide. In generale le medie mensili sugli ultimi trenta anni fanno registrare a dicembre un'oscillazione tra i 0° di minima e i 6° di massima, a gennaio tra i -2° e i 5°, a febbraio tra 1° e 8°. Non mancano le precipitazioni nevose, talvolta anche assai abbondanti, che si verificano quasi sempre nei mesi di gennaio e febbraio. La stagione estiva presenta i maggiori problemi essendo calda ed afosa, abitualmente in luglio ed agosto si superano i 37° uscendo dalla zona di comfort. Questi sono ovviamente i mesi più caldi, ma anche in giugno e settembre si possono avere temperature massime di 30°.

Le temperature percepite sono comunque alterate dall'alto livello di umidità relativa che attraversa tutto l'anno con medie superiori all'80 % da novembre a gennaio. Nella stagione calda le alte temperature ed i livelli di umidità relativa sempre superiori al 65 %. La primavera e l'autunno sono abbastanza miti e piovose in queste si concentrano il 70% delle precipitazioni annue comprese tra i 500 e i 1000 millimetri.

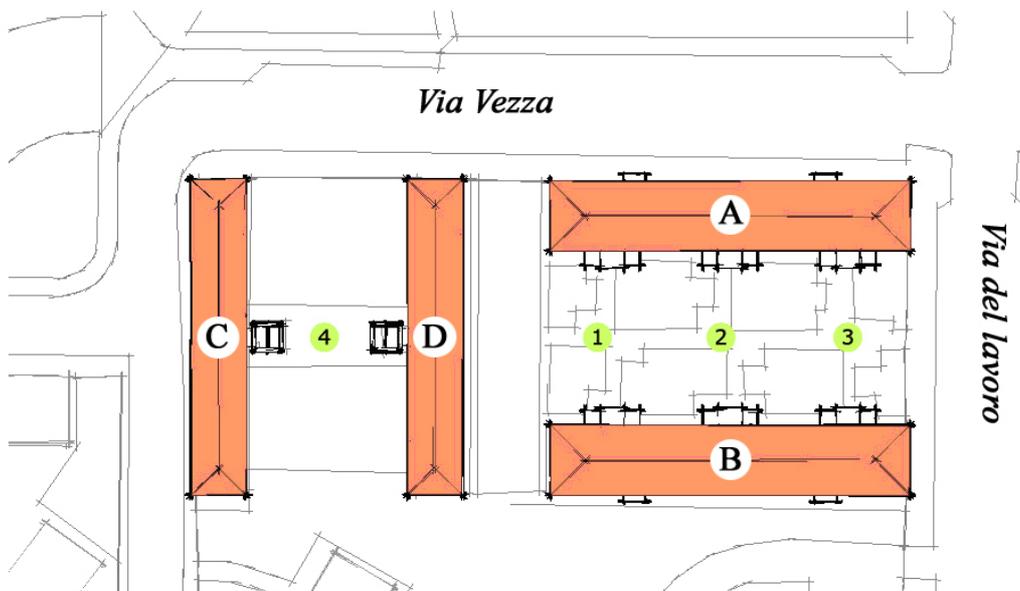
La ventosità in generale è molto bassa e si riduce a poche ore mensili con intensità medie attorno ai 2,5 metri al secondo (9 chilometri orari) e proviene dai quadranti est \ nord-est ed ovest \ nord-ovest.

Mese	T min	T max	Precip.	Umidità	Vento	Eliofania
Gennaio	-2 °C	5 °C	43 mm	0.83	WNW 9 km/h	3 ore
Febbraio	1 °C	8 °C	45 mm	0.78	WNW 9 km/h	3 ore
Marzo	4 °C	13 °C	60 mm	0.7	ENE 9 km/h	5 ore
Aprile	8 °C	18 °C	67 mm	0.71	E 9 km/h	6 ore
Maggio	12 °C	23 °C	65 mm	0.69	E 9 km/h	7 ore
Giugno	16 °C	27 °C	53 mm	0.68	ENE 9 km/h	9 ore
Luglio	18 °C	30 °C	43 mm	0.65	ENE 9 km/h	9 ore
Agosto	18 °C	29 °C	58 mm	0.66	ENE 9 km/h	8 ore
Settembre	15 °C	25 °C	61 mm	0.69	ENE 4 km/h	7 ore
Ottobre	10 °C	19 °C	72 mm	0.76	ENE 4 km/h	5 ore
Novembre	4 °C	11 °C	81 mm	0.84	WNW 4 km/h	3 ore
Dicembre	0 °C	6 °C	61 mm	0.84	W 9 km/h	2 ore

Tab. 3 - Tabella riassuntiva dei fattori climatici agenti in Bologna

4.2 – Presentazione degli edifici

Il complesso oggetto di studio denominato “Le Popolarissime di via Vezza” situato nella parte nord-est di Bologna, più precisamente nel quartiere San Donato, è formato da quattro strutture di forma parallelepipedica uguali due a due e disposte parallelamente tra loro sono delimitate a nord-est da via Del Lavoro, a sud-est via G. Pezzana, a sud-ovest da V. Reiter e a nord-ovest da via Vezza. Le due strutture indicate dalle lettere A e B che si affacciano su via Vezza, via Del Lavoro e via G. Pezzana hanno l’asse maggiore orientato sud/est - nord/ovest con ingressi contrassegnati dai numeri 1-2-3, mentre le altre due indicate dalle lettere B e C che si affacciano su via Vezza, via V. Reiter e via G. Pezzana sono disposte con l’asse maggiore in direzione nord/est - sud/ovest con ingressi contrassegnato dal numero 4, come mostrato nella tavola seguente (Tav.1).



Tav. 1 – Indicazione degli accessi del complesso

Di seguito sono allegate le tavole (Tav. 2, 3), le figure (Fig. 18, 19) relative all'inquadramento cartografico.



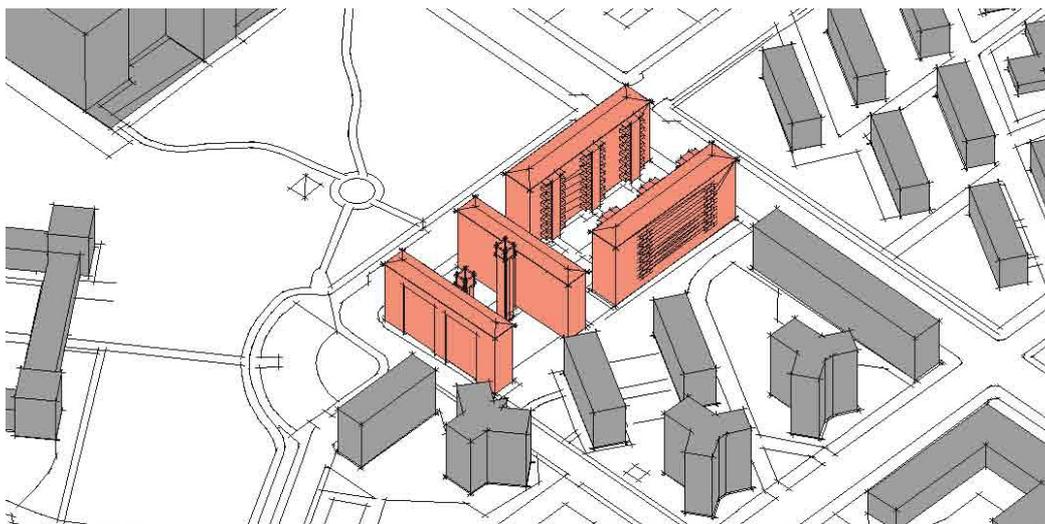
Tav.2 - Inquadramento cartografico del complesso



Fig. 18 - Immagine satellitare tratta da Google Earth con evidenziato in rosso il complesso



Fig. 19 - Immagine prospettica tratta da Google Earth del complesso



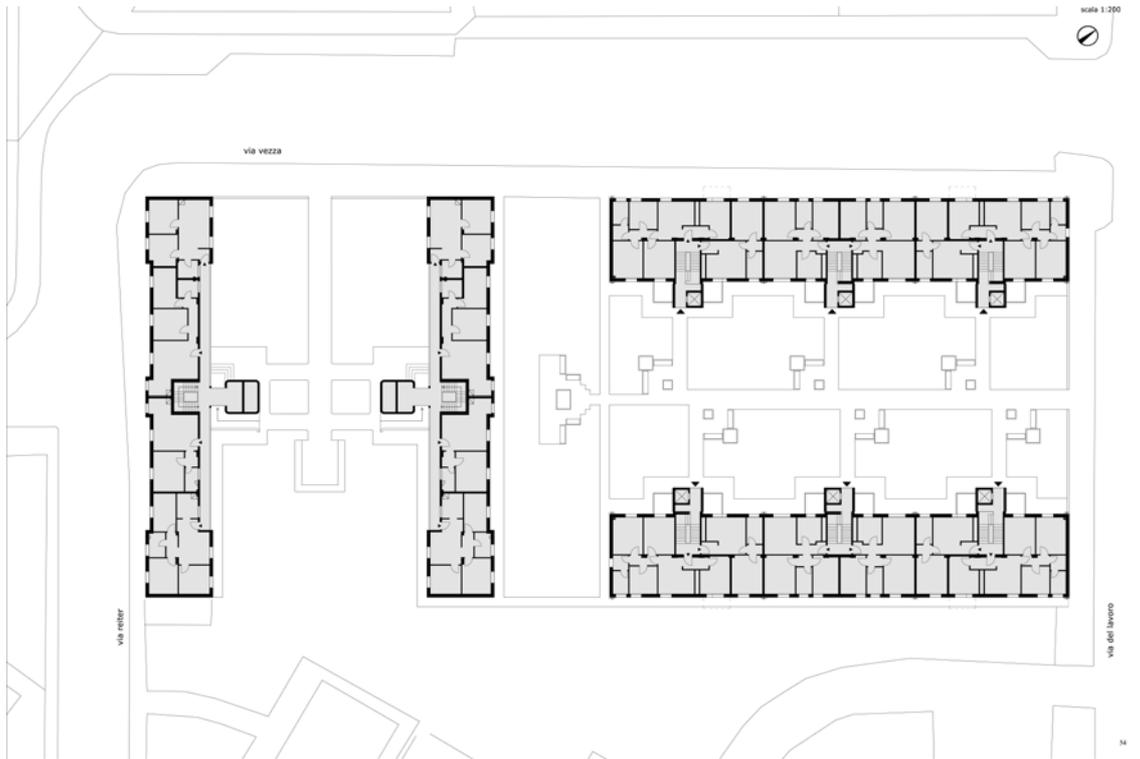
Tav .3 - Vista Assonometrica del complesso

e a seguire si riportano le tavole relative allo stato di fatto del complesso oggetto di studio:

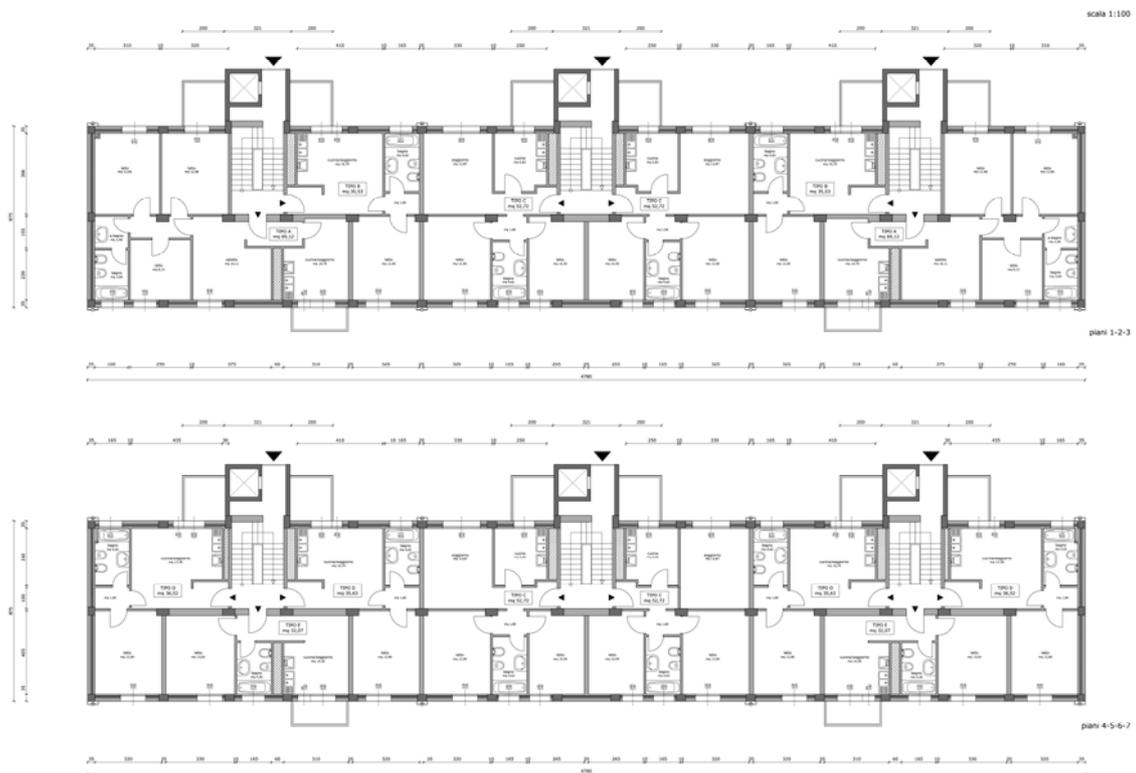
- Planimetria generale di varia scala Tav. 4, 5
- Piante piani tipo dei primi tre e degli ultimi quattro piani Tav. 6, 7
- Prospetti degli edifici Tav. 8, 9, 10



Tav. 4 – Planimetria generale



Tav. 5 – Planimetria generale



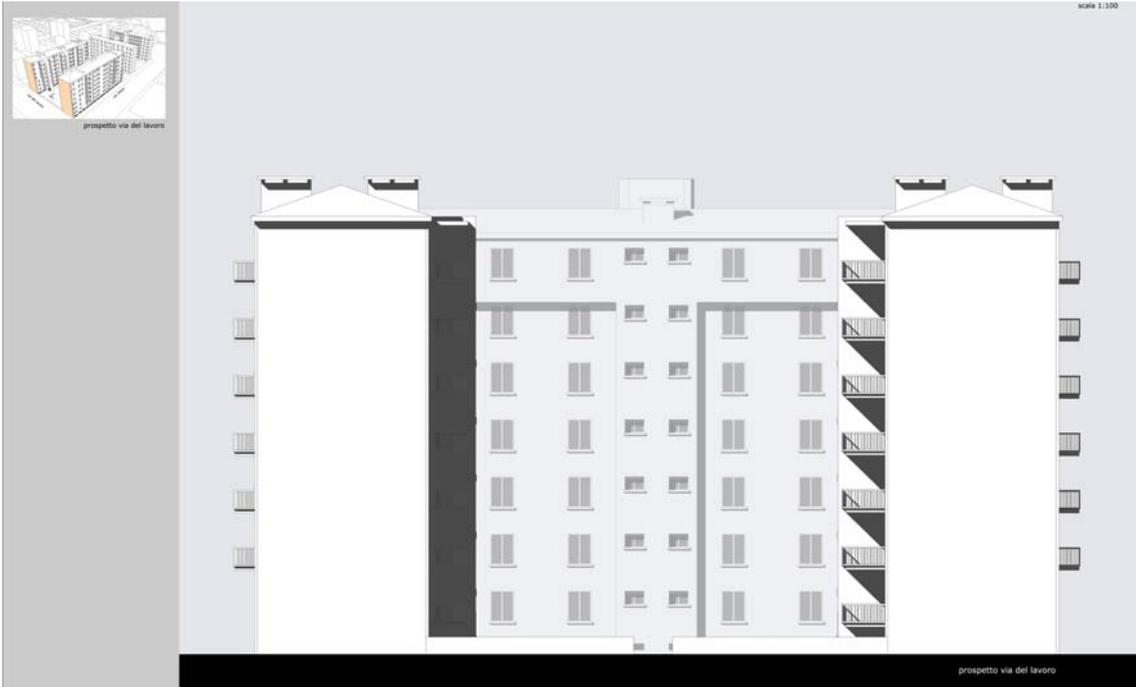
Tav. 6 – Piante tipo dell'edifici A e B distinte fra i primi tre piani e degli ultimi quattro piani



Tav. 7 – Piante tipo dell'edifici C e D



Tav. 8 – Prospetto nord-ovest



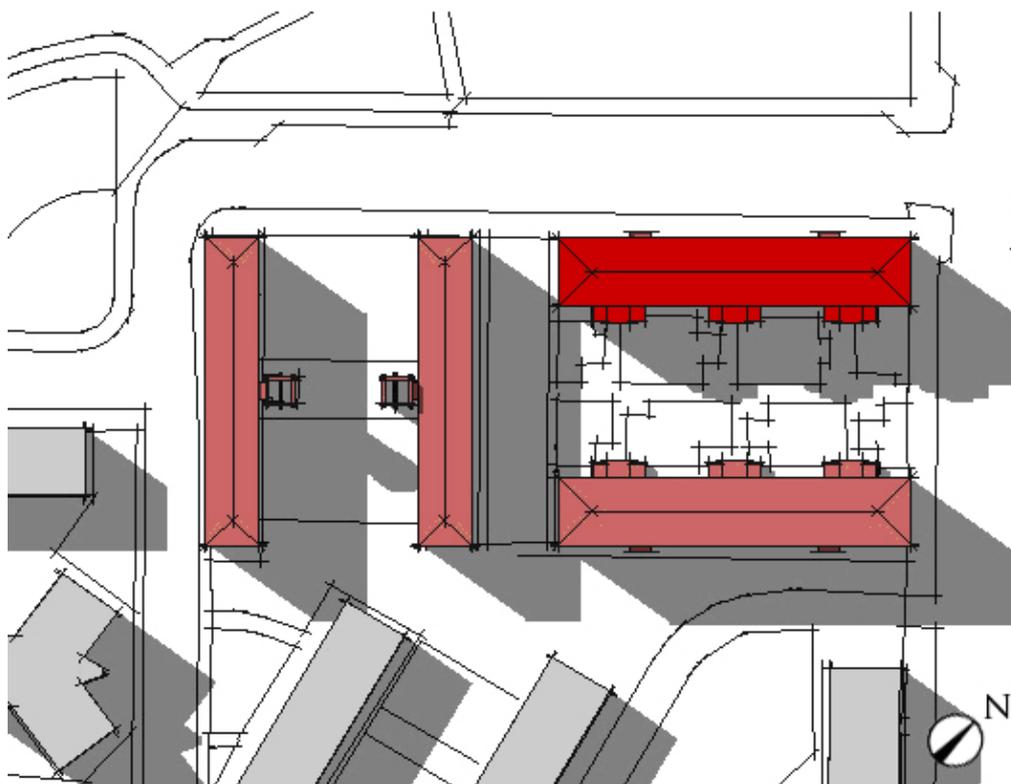
Tav. 9 – Prospetto nord-est



Tav. 10 – Prospetto sud-est

Come oggetto d'analisi viene presa in esame una delle quattro strutture e più precisamente l'edificio più a nord, ad angolo fra via Vezza e via Del Lavoro, avente come civici i numeri 30, 28 e 26 di via Del Lavoro come già indicata con la lettera A (Tav. 1) ed evidenziato in rosso nella tavola sottostante (Tav. 11).

Tale edificio è identico, come già descritto in precedenza al suo gemello, speculare rispetto alla corte privata.



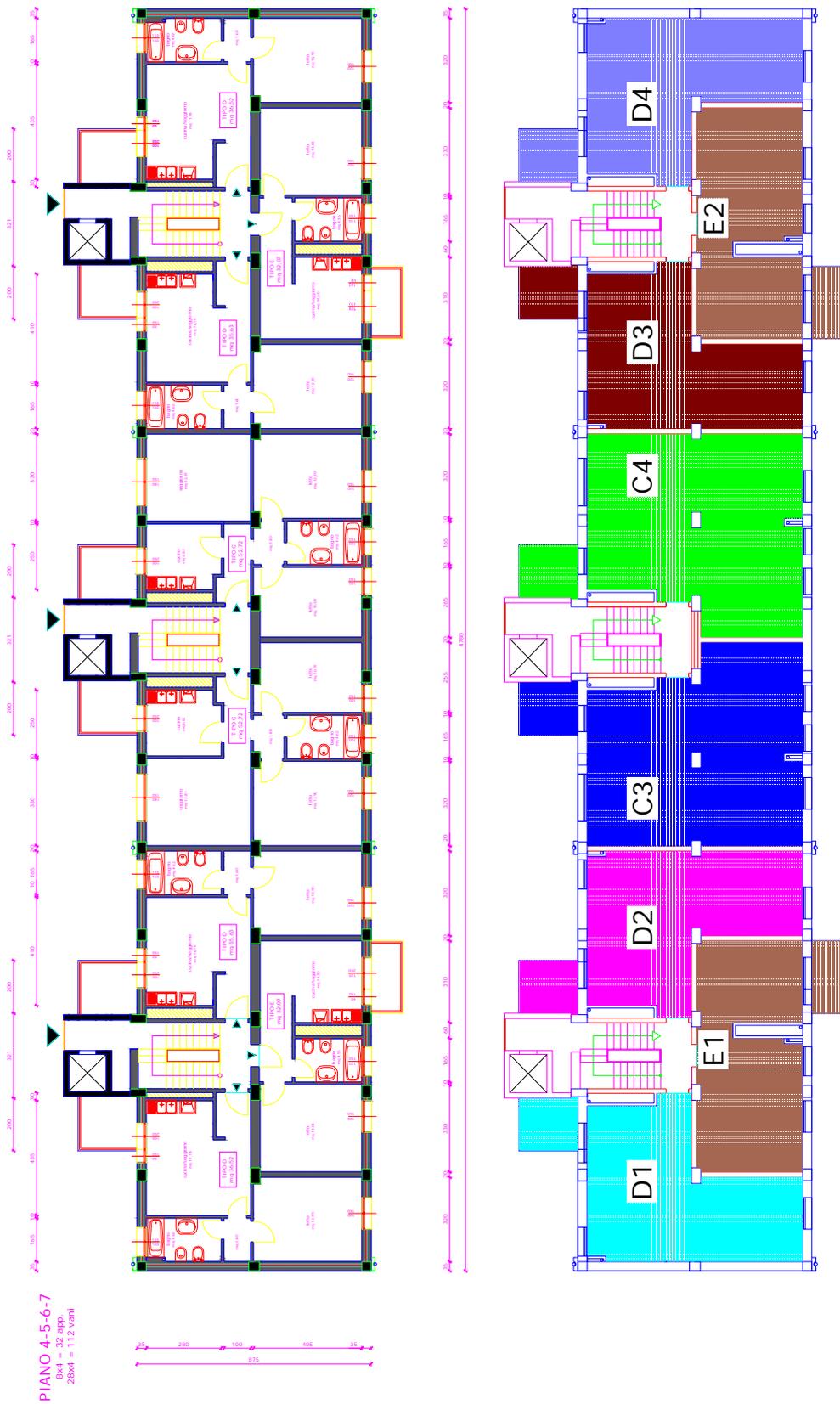
Tav. 11 – Edificio oggetto d'analisi

La scelta è stata condizionata dalle maggior documentazioni acquisite dall'archivio dell'ACER di Bologna a riguardo di questo edificio.

Dai documenti acquisiti quindi, è stato possibile valutare parte del tipo di strutture edilizie, mentre per altre si è ricorso alla formulazione di ipotesi a causa della mancanza di informazioni precise.



Tav. 12 – Pianta della zona cantinata (seminterrato) dell'edificio A oggetto di studio



Tav. 14 – Pianta tipo degli ultimi quattro piani dell'edifici A – a sinistra sinottico dei vani, a destra sinottico delle unità abitative e cavedi

Il fabbricato ad uso residenziale sito in via del lavoro con civici 30, 28 e 26 presenta tre ingressi e si sviluppa su 8 livelli così suddivisi:

Piano Cantinato (Seminterrato) :

al piano cantinato sono stati realizzati 54 vani, alcuni ad uso cantine di pertinenza degli appartamenti, locali condominiali, locali tecnici e di deposito (Tav. 12) ;

Piani Rialzato, Secondo e Terzo :

il rialzato, secondo e terzo piano sono strutturati in maniera identica fra loro e presentano 6 alloggi per piano di varia metratura, per un totale di 18 alloggi (Tav. 13) ;

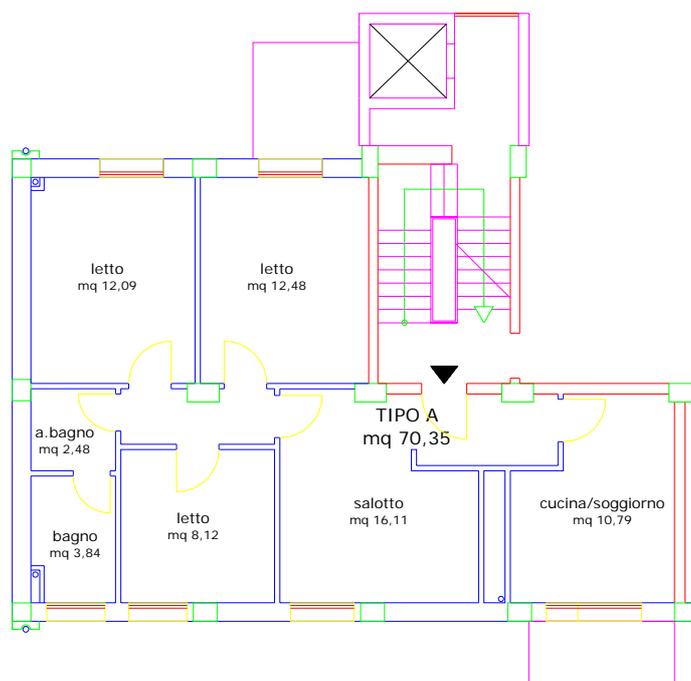
Piani Quarto, Quinto Sesto e Settimo :

nei rimanenti 4 piani, strutturati anch'essi in maniera identica fra loro, vi sono 8 alloggi per piano anch'essi di varia metratura, di diversa tipologia rispetto ai primi tre piani inferiori, per un totale di 32 alloggi (Tav. 14) .

Per ciascun edificio la tipologia degli alloggi è la seguente:

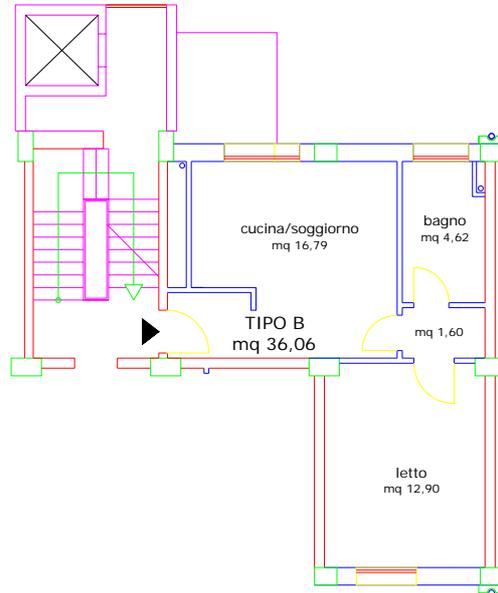
- Al primo, secondo e terzo piano sono presenti:

- due alloggi speculari fra loro denominati di tipo A1 e A2 di 70.35 mq, costituiti da ingresso, soggiorno con angolo cottura, salotto, disimpegno, antibagno e bagno, camera matrimoniale, camera doppia e camera singola, due balconi (Tav. 15).



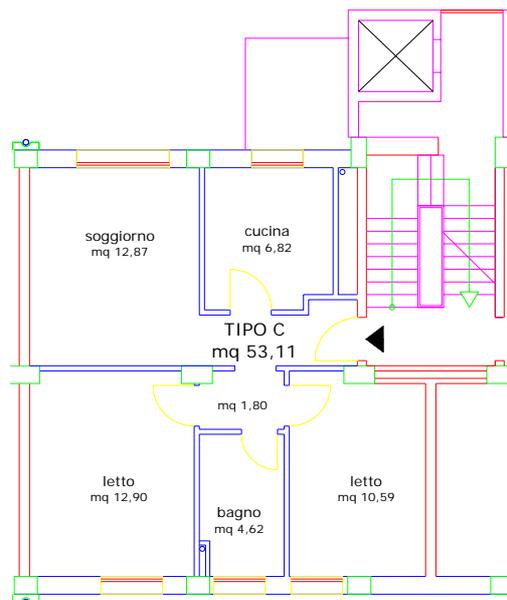
Tav. 15 – Pianta alloggio tipo A

- due alloggi speculari fra loro denominati di tipo B1 e B2 di 36.06 mq, costituiti da ingresso/soggiorno con angolo cottura, disimpegno, bagno, camera matrimoniale, un balcone (Tav. 16).



Tav. 16 – Pianta alloggio tipo B

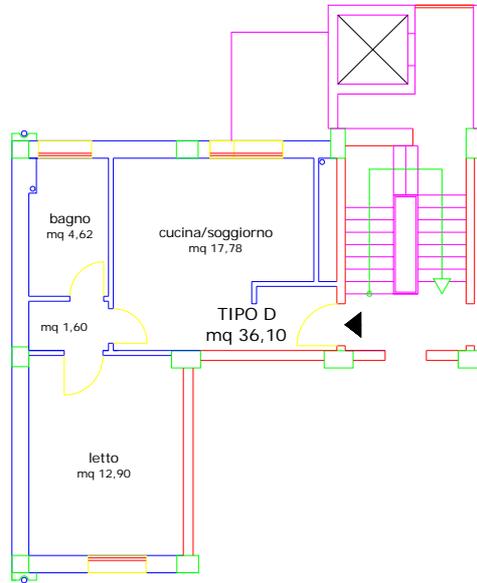
- due alloggi speculari fra loro denominati di tipo C1 e C2 di 53.11 mq, costituiti da ingresso/soggiorno, cucina abitabile, disimpegno, bagno, camera matrimoniale, camera doppia, un balcone (Tav. 17).



Tav. 17 – Pianta alloggio tipo C

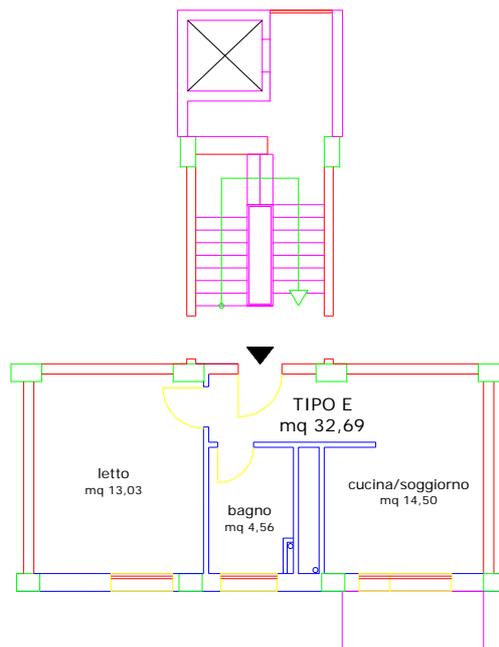
- Nei piani superiori sono presenti:

- quattro alloggi uguali fra loro denominati di tipo D1 e D3 e speculari agli alloggi D2 e D4 di 36,10 mq, costituiti da ingresso, soggiorno con angolo cottura, disimpegno, bagno, camera matrimoniale, un balcone (Tav. 18).



Tav. 18 – Pianta alloggio tipo D

- due alloggi speculari fra loro denominati di tipo E1 e E2 di 32,69 mq, costituiti da ingresso, soggiorno con angolo cottura, bagno, camera matrimoniale, un balcone (Tav. 19).



Tav. 19 – Pianta alloggio tipo E

- due alloggi speculari fra loro denominati di tipo C3 e C4 di 53,11 mq, costituiti da ingresso/soggiorno, cucina abitabile, disimpegno, bagno, camera matrimoniale, camera doppia, un balcone; come descritti precedentemente nella tipologia C1 e C2 (Tav. 17).

Di seguito si riporta la tabella (Tab. 4-5-6-7-8) riassuntiva delle superfici palazzina A.

Piano N°	Tipo Unità Abitativa	Tipo di Vani	Numero vani - N°	Superficie utile per Vano - mq.	Numero Unità Abitativa - N°	Totale Vani per Tipo - N°	Superficie utile per N° di Unità - mq.
Rrialzato	A 1,2	Cucina/Soggiorno	1	10.79	2	14	141
		Salotto	1	16.11			
		Bagno	1	6.32			
		Letto	3	32.69			
		disimpegno	1	3.21			
		Totali	7	70.35			
	B 1,2	Cucina/Soggiorno	1	16.79	2	8	72
		Bagno	1	4.62			
		Letto	1	12.90			
		disimpegno	1	1.60			
		Totali	4	36.06			
	C 1,2	Cucina	1	6.82	2	12	106
		Soggiorno	1	12.87			
		Bagno	1	4.62			
		Letto	2	23.49			
disimpegno		1	1.80				
Totali		6	53.11				
Totali al piani rialzato			17		6	34	319
Piano N°	Tipo Unità Abitativa	Tipo di Vani	Numero vani - N°	Superficie utile per Vano - mq.	Numero Unità Abitativa - N°	Totale Vani per Tipo - N°	Superficie utile per N° di Unità - mq.
2°	A 1,2	Cucina/Soggiorno	1	10.79	2	14	141
		Salotto	1	16.11			
		Bagno	1	6.32			
		Letto	3	32.69			
		disimpegno	1	3.21			
		Totali	7	70.35			
	B 1,2	Cucina/Soggiorno	1	16.79	2	8	72
		Bagno	1	4.62			
		Letto	1	12.90			
		disimpegno	1	1.60			
		Totali	4	36.06			
	C 1,2	Cucina	1	6.82	2	12	106
		Soggiorno	1	12.87			
		Bagno	1	4.62			
		Letto	2	23.49			
disimpegno		1	1.80				
Totali		6	53.11				
Totali al piani 2°			17		6	34	319

Tab. 4 – Tabella riassuntiva delle superfici, dei vani e i vari alloggi dei piani rialzato e secondo

Piano N°	Tipo Unità Abitativa	Tipo di Vani	Numero vani - N°	Superficie utile per Vano - mq.	Numero Unità Abitativa - N°	Totale Vani per Tipo - N°	Superficie utile per N° di Unità - mq.
3°	A 1,2	Cucina/Soggiorno	1	10.79	2	14	141
		Salotto	1	16.11			
		Bagno	1	6.32			
		Letto	3	32.69			
		disimpegno	1	3.21			
		Totali	7	70.35			
	B 1,2	Cucina/Soggiorno	1	16.79	2	8	72
		Bagno	1	4.62			
		Letto	1	12.90			
		disimpegno	1	1.60			
		Totali	4	36.06			
	C 1,2	Cucina	1	6.82	2	12	106
		Soggiorno	1	12.87			
		Bagno	1	4.62			
		Letto	2	23.49			
		disimpegno	1	1.80			
		Totali	6	53.11			
	Totale al piani 3°			17		6	34
Totale Piani Rialzato-2°-3°			51		18	102	957

Tab. 5 – Tabella riassuntiva delle superfici, dei vani e i vari alloggi del piano terzo

Piano N°	Tipo Unità Abitativa	Tipo di Vani	Numero vani - N°	Superficie utile per Vano - mq.	Numero Unità Abitativa - N°	Totale Vani per Tipo - N°	Superficie utile per N° di Unità - mq.
4°	C 3,4	Cucina	1	6.82	2	12	106.22
		Soggiorno	1	12.87			
		Bagno	1	4.62			
		Letto	2	23.49			
		disimpegno	1	1.80			
		Totali	6	53.11			
	D 1,2,3,4	Cucina/Soggiorno	1	17.78	4	16	144.4
		Bagno	1	4.62			
		Letto	1	12.90			
		disimpegno	1	1.60			
		Totali	4	36.10			
	E 1,2	Cucina/Soggiorno	1	14.50	2	8	65.38
		Bagno	1	4.52			
		Letto	2	13.03			
		Totali	4	32.69			
Totale al piani 4°			14	121.90	8	36	316

Tab. 6 – Tabella riassuntiva delle superfici, dei vani e i vari alloggi del piano quarto

Piano N°	Tipo Unità Abitativa	Tipo di Vani	Numero vani - N°	Superficie utile per Vano - mq.	Numero Unità Abitativa - N°	Totale Vani per Tipo - N°	Superficie utile per N° di Unità - mq.
5°	C 3,4	Cucina	1	6.82	2	12	106.22
		Soggiorno	1	12.87			
		Bagno	1	4.62			
		Letto	2	23.49			
		disimpegno	1	1.80			
		Totali	6	53.11			
	D 1,2,3,4	Cucina/Soggiorno	1	17.78	4	16	144.4
		Bagno	1	4.62			
		Letto	1	12.90			
		disimpegno	1	1.60			
		Totali	4	36.10			
	E 1,2	Cucina/Soggiorno	1	14.50	2	8	65.38
		Bagno	1	4.52			
		Letto	2	13.03			
Totali		4	32.69				
Totali al piani 5°			14	121.90	8	36	316
Piano N°	Tipo Unità Abitativa	Tipo di Vani	Numero vani - N°	Superficie utile per Vano - mq.	Numero Unità Abitativa - N°	Totale Vani per Tipo - N°	Superficie utile per N° di Unità - mq.
6°	C 3,4	Cucina	1	6.82	2	12	106.22
		Soggiorno	1	12.87			
		Bagno	1	4.62			
		Letto	2	23.49			
		disimpegno	1	1.80			
		Totali	6	53.11			
	D 1,2,3,4	Cucina/Soggiorno	1	17.78	4	16	144.4
		Bagno	1	4.62			
		Letto	1	12.90			
		disimpegno	1	1.60			
		Totali	4	36.10			
	E 1,2	Cucina/Soggiorno	1	14.50	2	8	65.38
		Bagno	1	4.52			
		Letto	2	13.03			
Totali		4	32.69				
Totali al piani 6°			14	121.90	8	36	316

Tab. 7 – Tabella riassuntiva delle superfici, dei vani e i vari alloggi del piano quinto e sesto

Piano N°	Tipo Unità Abitativa	Tipo di Vani	Numero vani - N°	Superficie utile per Vano - mq.	Numero Unità Abitativa - N°	Totale Vani per Tipo - N°	Superficie utile per N° di Unità - mq.
7°	C 3,4	Cucina	1	6.82	2	12	106.22
		Soggiorno	1	12.87			
		Bagno	1	4.62			
		Letto	2	23.49			
		disimpegno	1	1.80			
	Totali	6	53.11				
	D 1,2,3,4	Cucina/Soggiorno	1	17.78	4	16	144.4
		Bagno	1	4.62			
		Letto	1	12.90			
		disimpegno	1	1.60			
	Totali	4	36.10				
	E 1,2	Cucina/Soggiorno	1	14.50	2	8	65.38
		Bagno	1	4.52			
Letto		2	13.03				
Totali		4	32.69				
Totali al piani 7°			14	121.90	8	36	316
Totale Piani 4°-5°-6°-7°			56		32	144	1264
Totale Palazzina			94		50	246	2221.12

Tab. 8 – Tabella riassuntiva delle superfici, dei vani e i vari alloggi del piano settimo

La sistemazione dell'area cortilizia è dotata di una zona adibita a verde condominiale con area di sosta pedonale e panchine.

Essendo costruzioni dei primi decenni del '900 con restauri-ristrutturazioni successive, gli edifici rispondono per nulla o solo in parte ai requisiti prescritti dalle vigenti disposizioni di legge per l'eliminazione delle barriere architettoniche ed il consumo energetico.

4.3 – Il metodo di calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio

Prima di valutare le prestazioni energetiche dell'edificio allo stato di fatto e successivamente nell'ipotesi progettuale, risulta opportuno riportare alcune indicazioni per chiarire le grandezze che si andranno ad analizzare ed i metodi utilizzati per la loro valutazione.

Lo studio delle prestazioni energetiche dell'edificio avviene attraverso un bilancio relativo agli usi in particolare di climatizzazione invernale e di produzione di acqua calda sanitaria, ma anche di climatizzazione estiva.

Il fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale rappresenta ad ogni modo il fattore fondamentale per la classificazione energetica degli edifici esistenti, in quanto è il fattore che maggiormente incide sui consumi energetici.

Tale fabbisogno viene valutato attraverso l'indice di prestazione energetico per la climatizzazione invernale dell'edificio $EPI = \frac{Qp}{Su}$ dato appunto dal rapporto tra il fabbisogno energetico convenzionale per la climatizzazione invernale (convenzionale perché valutato nei confronti del rendimento dell'impianto) e l'area utile dell'edificio (o volume riscaldato lordo a seconda della categoria dello stesso).

Questo indice, insieme all'indice Epacs relativo alla produzione di acqua calda sanitaria e all'indice Ec relativo al condizionamento estivo, che, opportunamente combinati a seconda del metodo di classificazione energetica adottato, va confrontato con i limiti stabiliti dai diversi strumenti di certificazione.

Per poter giungere a determinare l'indice Epi è quindi necessario calcolare il fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale ($Q_H = Q_{h,nd}$), ossia la quantità di energia che occorre fornire all'edificio per garantire una temperatura costante di 20 ° C durante tutta la stagione di riscaldamento, definito dal D.P.R. 412.

L'energia ($Q_H = Q_{h,nd}$) necessaria a soddisfare tale fabbisogno viene fornita all'edificio da un impianto di riscaldamento che, per le sue inefficienze, consuma una quantità di energia maggiore che rappresenta l'energia primaria (Qp).

Allo stesso modo si può procedere per determinare l'indice (Epacs) relativo alla produzione di acqua calda ad uso sanitario, tramite il calcolo della quantità di energia

richiesta a tale scopo (Qacs), e all'indice per la climatizzazione estiva (Epc) tramite il relativo fabbisogno energetico (Qc).

Per le metodologie di calcolo dei valori di fabbisogno, si fa riferimento alla UNI TS 11300, così come indicato dalla vigente legislazione regionale (156/08, allegato 8).

Di seguito i metodi di calcolo riportati nella suddetta norma:

$$Q_H = Q_{H,nd} = Q_{H,t} - (\eta_{H,gn} * Q_{gn}) = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} * (Q_{int} + Q_{sol})$$

dove :

$Q_{H,nd}$ è il fabbisogno netto di energia per il riscaldamento;

$Q_{H,t}$ è lo scambio termico totale = (trasmissione + ventilazione) ;

$\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici gratuiti;

Q_{gn} sono gli apporti termici (gratuiti) totali;

$Q_{H,tr}$ è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} * (\theta_{int,set,H} - \theta_e) * t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} * t$$

$Q_{H,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} * (\theta_{int,set,H} - \theta_e) * t$$

dove :

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;

$H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;

$\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

$F_{r,k}$ è il fattore di forma tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste;

$\Phi_{r,mn,k}$ è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo

t è la durata del mese considerato.

Q_{int} apporti termici gratuiti interni;

Q_{sol} apporti solari gratuiti;

Il coefficiente globale di scambio termico $H_{tr,adj}$ con cui si calcola lo scambio per trasmissione per tutta la zona è la sommatoria dei contributi verso l'ambiente esterno, il terreno, gli ambienti non riscaldati e quelli con diversa climatizzazione, ed è dato dalla formula:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

Per le componenti opache (muri) e trasparenti (finestre) a contatto con l'ambiente esterno viene calcolato il coefficiente globale di scambio termico H_D attraverso il prodotto della loro area con i relativi valori di trasmittanza U . Per i ponti termici il calcolo è lineare.

dove :

H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno;

H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno;

H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati;

H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno dell'edificio) climatizzate a temperatura diversa;

Per quanto riguarda la ventilazione, il coefficiente globale di scambio termico $H_{ve,adj}$ con cui si calcola lo scambio per ventilazione, è dato dalla formula:

$$H_{ve,adj} = \rho_a * c_a * \left\{ \sum_k * b_{ve,k} * q_{ve,k,mn} \right\}$$

Il coefficiente globale di scambio termico è dato dal prodotto della capacità volumica dell'aria, costante, per la sommatoria dei volumi scambiati corretta a seconda del tipo di ambiente sorgente.

dove :

$\rho_a * c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a $1200 \text{ J}/(\text{m}^3 \times \text{K})$;

$q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo;

$b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k-esimo;

Il rinnovo dell'aria degli ambienti comporta un consumo di energia. Il risparmio di tale energia non può essere conseguito riducendo il tasso di ventilazione degli ambienti per non compromettere il benessere e la salubrità degli stessi. Il tasso di ventilazione convenzionale per gli edifici residenziali pari a 0,3 vol/h.

L'energia dovuta agli apporti energetici gratuiti Q_{gn} della formula iniziale è data dalla somma degli apporti termici interni Q_{int} con quelli solari Q_{sol} . L'energia dovuta ai primi comprende qualunque calore generato nello spazio climatizzato dalle sorgenti interne diverse dal sistema di riscaldamento (ad esempio gli apporti dovuti al metabolismo degli occupanti, il consumo di calore dovuto alle apparecchiature elettriche o di illuminazione, ecc). Gli apporti solari attraverso superfici opache o trasparenti vengono calcolati in rapporto all'insolazione normalmente disponibile, a seconda dell'orientamento delle superfici di raccolta, della presenza di ombreggiatura, dell'effetto di schermature mobili o permanenti, della trasmittanza solare e delle caratteristiche di assorbimento delle superfici soleggiate. Infine il coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti $\eta_{H,gn}$ viene stabilito in relazione al coefficiente γ che esprime il rapporto tra i guadagni e le perdite termiche mensili.

Poiché, come accennato in precedenza, l'energia necessaria a soddisfare il fabbisogno energetico (netto) viene fornito all'edificio da un impianto di riscaldamento che avendo un determinato rendimento, consuma in realtà una quantità di energia maggiore rispetto a quella calcolata come fabbisogno energetico netto, bisogna appunto definire il rendimento globale medio stagionale. Attraverso tale valore dal fabbisogno energetico invernale si può calcolare il fabbisogno di energia primaria durante la stagione di riscaldamento. Ai fini del calcolo dei rendimenti o delle perdite, gli impianti si considerano suddivisi in sottoinsiemi, e la determinazione del rendimento globale di un impianto di riscaldamento deve essere effettuata in base ai rendimenti dei sottoinsiemi che lo compongono.

Per ciascun sottosistema si deve determinare il fabbisogno di energia richiesto in ingresso, l'energia ausiliaria totale richiesta (ad esempio energia elettrica per azionare pompe, valvole, ventilatori, sistemi di regolazione), le perdite, e le perdite recuperate. Nel caso specifico, un impianto di riscaldamento è suddiviso in:

Sottosistema di emissione	η_e
Sottosistema di regolazione	η_c
Sottosistema di distribuzione	η_d
Sottosistema di generazione	η_p

Le perdite dei vari sottoinsiemi si calcolano noti i vari rendimenti che sono espressi come il rapporto tra un sistema di riferimento in grado di fornire una prestazione ideale e quella reale.

Il rendimento di emissione (η_e) è dato dal rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti, con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura perfettamente uniforme ed uguale nei vari ambienti, ed il sistema reale nelle stesse condizioni di temperatura interna ed esterna.

Il rendimento di regolazione (η_c), come quello di emissione, è un parametro che esprime la deviazione tra la quantità di energia richiesta in condizioni reali rispetto a quelle ideali, ed è dato dal rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con l'impianto di regolazione reale. Infatti, un sistema di regolazione che non risponde accuratamente e velocemente alla richiesta di energia, genera oscillazioni di temperatura all'interno dell'ambiente che causano incrementi di scambi termici per trasmissione e ventilazione con l'esterno.

Il rendimento di distribuzione (η_d) è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile reale delle zone e l'energia termica fornita dal sistema di produzione. Il rendimento di distribuzione medio stagionale caratterizza l'influenza della rete di distribuzione sulla perdita passiva di energia termica (quella non ceduta agli ambienti da riscaldare).

Il rendimento di produzione (η_p), infine, è il rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione in un determinato periodo (ad esempio un mese) ed il fabbisogno di energia primaria per lo stesso periodo. Le perdite di generazione dipendono non solo dalle caratteristiche del generatore di calore, ma sono fortemente influenzate anche dalle modalità di inserimento del generatore nell'impianto e, in particolare, dal suo dimensionamento rispetto al fabbisogno dell'edificio, dalle modalità di installazione e dalla temperatura dell'acqua (media e/o di ritorno al generatore) nelle condizioni di esercizio (medie mensili).

4.3.1 - IL CALCOLO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO

Il coefficiente globale di scambio termico $H_{tr,adj}$, come già accennato precedentemente,

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

con cui si calcola lo scambio per trasmissione per tutta la zona termica è dato dalla somma dei diversi contributi: coefficienti verso l'ambiente esterno, coefficienti verso il terreno, coefficienti verso gli ambienti non riscaldati e coefficiente verso quelli con diversa climatizzazione permettendo così di calcolare lo scambio totale per trasmissione con l'esterno.

La formula per valutare il coefficiente H_D è la seguente:

$$H_D = \sum A * U * e + \sum \Psi * L$$

Dove:

- A è la superficie dell'elemento di confine
- U è la trasmittanza termica unitaria dell'elemento opaco o trasparente
- e è il fattore di correzione in funzione dell'esposizione dell'elemento
- Ψ è il coefficiente di trasmissione lineica (ponti termici o giunto)
- L è la lunghezza del giunto

Il coefficiente globale di trasmissione termica o trasmittanza unitaria, rappresenta il flusso di calore che passa da un fluido (aria interna) ad un altro (aria esterna), nell'unità di tempo (h), attraverso un elemento edilizio, per m^2 di superficie e per $^{\circ}C$ di differenza di temperatura tra i due fluidi. Questo nell'ipotesi di trovarsi in condizioni di regime semistazionario, ossia che le temperature, sia all'esterno che all'interno dell'edificio, siano costanti negli intervalli di tempo stabiliti.

La trasmittanza termica unitaria dell'elemento opaco o trasparente U tiene conto anche dell'adduzione del calore dall'aria all'elemento e dall'elemento all'aria è misurato in $W/m^2^{\circ}K$ e si calcola con la seguente formula (UNI 7357):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \sum_i \frac{s_i}{\lambda_i} + \sum_k R_k + \frac{1}{h_{se}}}$$

dove:

- h_{si} è il coefficiente di adduzione interna, [$W/m^2 \text{ } ^{\circ}K$];
- h_{se} è il coefficiente di adduzione esterna, [$W/m^2 \text{ } ^{\circ}K$];
- s_i è lo spessore del materiale i-esimo, [m];
- λ_i è il coefficiente di conducibilità termica del materiale i-esimo [W/mK];
- $R_k = 1/C$ è la resistenza termica dell'elemento non omogeneo k, [m^2K/W] in cui C è la conduttanza dello strato [W/m^2K].

Tale grandezza esprime, quindi, lo scambio termico che si verifica quando un qualsiasi elemento strutturale è in contatto con l'esterno o con un ambiente non riscaldato. Tale scambio termico si verifica sia a seguito del fenomeno del trasferimento di calore per conduzione, sia attraverso convezione ed irraggiamento.

I coefficienti di adduzione (h_{si} e h_{se}) indicano la quantità di calore che viene ceduta dall'aria ad una parete (o viceversa) in un'ora, per 1 m^2 , per ogni grado Kelvin di differenza di temperatura in seguito all'insieme degli effetti di convezione ed irraggiamento.

I due termini centrali ($\sum_i \frac{s_i}{\lambda_i}$ e $\sum_k R_k$), invece, permettono di tenere conto della conduzione tra elementi composti da più strati di materiali omogenei o non omogenei. Il secondo termine, infatti, rappresenta la sommatoria delle resistenze termiche di ogni strato piano, omogeneo e a spessore costante i -esimo, di cui la parete si compone.

Essa si ottiene sommando i rapporti tra lo spessore s di ogni strato e la relativa conducibilità termica λ . Per ogni strato, il rapporto λ/s rappresenta la sua conduttanza termica (C) mentre il reciproco s/λ costituisce la resistenza termica (R). Poiché alcuni strati degli elementi costruttivi (intercapedini d'aria e strutture fortemente eterogenee come i solai o strutture forate con cavità piene d'aria) non sono omogenei o il valore della loro resistenza non può essere definito dal rapporto s/λ , il loro contributo può essere calcolato attraverso il termine R_k .

Per le intercapedini d'aria la resistenza termica dipende sia dal moto dell'aria all'interno dell'intercapedine (convezione) che dall'irraggiamento tra le due superfici che delimitano l'intercapedine. La norma UNI 6946 fornisce un metodo di calcolo per intercapedini aventi uno spessore inferiore a 0.3m (e minore al 10% delle altre due dimensioni) e le cui facce sono parallele ed ortogonali alla direzione del flusso termico. Per le strutture eterogenee invece, quali murature e solai contenenti blocchi di laterizio o calcestruzzo forati, i valori della resistenza sono forniti dalla norma UNI 10355 in apposite tabelle.

I valori del coefficiente di adduzione o adduttanza unitaria h_s o α sono fissati dalla norma UNI 7357-7411 in base a:

- disposizione della superficie: orizzontale e verticale;
- direzione del flusso per le superfici orizzontali: ascendente o discendente;

- condizioni dell'aria: per le pareti interne l'aria è in quiete, per quelle esterne la componente convettiva è superiore ed i valori forniti non dipendono dalla velocità del vento finché questa non superi i 4 m/s. Quando la velocità del vento durante la stagione invernale è superiore ai 4 m/s, i valori di h_s sono espressi in funzione della velocità del vento ω secondo relazioni empiriche.

Tornando al calcolo della dispersione energetica per trasmissione attraverso l'involucro edilizio, avendo assunto l'ipotesi di regime semistazionario, le temperature interna ed esterna possono essere considerate costanti nel tempo; pertanto, le temperature superficiali dell'elemento risultano uguali in ogni punto e, quindi, la distribuzione delle temperature nello spazio si può ritenere costante. Da ciò segue che il flusso di calore Q che attraverso ogni porzione discreta dA nell'unità di tempo è costante e le linee di flusso sono tutte parallele tra loro ed ortogonali alle superfici isoterme dell'elemento strutturale.

Nel caso in cui si riscontrassero delle difformità nel campo termico (presenza di perdite di calore attraverso i bordi dell'elemento), la propagazione del calore non sarebbe monodimensionale e, di conseguenza, la formula iniziale non sarebbe applicabile.

Per questo motivo bisogna considerare anche le dispersioni di calore attraverso gli elementi edilizi in cui il flusso non è monodimensionale, ovvero attraverso i "ponti termici".

In sintesi, i ponti termici possono essere originati da:

- disomogeneità termica dei materiali che compongono la struttura ;
- irregolarità geometrica della struttura ;
- interruzioni dello strato di isolamento termico.

Per il calcolo del flusso termico trasmesso in queste condizioni, si ricorre a una grandezza chiamata coefficiente di trasmissione lineica ψ definita a seconda delle varie configurazioni.

Il ponte termico è equivalente ad un elemento di frontiera avente dispersione lineare ψ e lunghezza L . L'aumento delle dispersioni termiche attraverso l'involucro non è l'unico effetto dei ponti termici: essi comportano una diversa distribuzione delle temperature

superficiali ed interne che genera fenomeni di condensazione sia interstiziale che superficiale. Ne deriva il degrado della struttura o parte di essa e, di conseguenza, l'abbassamento del livello di benessere abitativo.

Un ulteriore aspetto, oltre alle caratteristiche relative alle dispersioni termiche su cui va posta l'attenzione per giudicare la qualità delle chiusure opache è la verifica termigrometrica delle stesse, è quello che prevede il controllo dell'assenza di condensa superficiale e di condensazione interna delle strutture esterne dell'involucro edilizio. In realtà per giudicare idonea una struttura è sufficiente che, o la condensa accumulata in ogni interfaccia evapori completamente durante i mesi estivi oppure che la quantità massima di condensa accumulata nella struttura, dopo la quale viene a presentarsi il rischio di degrado e deterioramento, sia inferiore ai valori riportati nell'appendice H della norma UNI 10350.

Fissate le condizioni di progetto dell'aria interna t_i , φ_i e quelle dell'aria esterna t_e , φ_e , che variano a seconda della media registrata mensilmente, occorre verificare l'assenza di:

- condensa superficiale, cioè che la temperatura superficiale interna, t_{si} , sia superiore a quella di rugiada corrispondente alle condizioni termigrometriche dell'aria interna, t_{ri} (il valore di t_{ri} è facilmente ricavabile da un diagramma psicrometrico).

- $t_{si} = t_i + \frac{R_{si}}{R_T} * (t_i - t_e)$, $t_{ri} = f(t_i, \varphi_i)$

- $t_{si} > t_{ri}$

- condensa interna alle strutture (tramite metodo di Glaser), ossia che in nessun punto all'interno della struttura in esame la pressione parziale di vapore sia superiore alla pressione di saturazione corrispondente alla temperatura locale (dalle resistenze dei vari strati della parete si ricavano le temperature delle varie sezioni e in funzione di queste le pressioni di saturazione. Le pressioni parziali si ricavano utilizzando la legge di Fick relativa al trasporto di vapore all'interno della struttura).

Aspetto da non trascurare per la valutazione delle prestazioni energetiche delle strutture opache di un edificio, riguarda il comportamento delle stesse in regime estivo, in relazione cioè al consumo energetico per la climatizzazione nei mesi più caldi e quindi al contenimento della temperatura interna degli ambienti.

A tal proposito, l'Allegato I del DLgs 311/06 definisce alcune prescrizioni progettuali finalizzate a questi ultimi scopi. Nello specifico, in tutte le zone climatiche a esclusione della F, viene richiesta la verifica che, per le località nelle quali il valore dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione sia maggiore o uguale a 290 W/m^2 , il valore della massa superficiale delle pareti opache verticali, orizzontali o inclinate sia superiore a 230 kg/m^2 .

La norma specifica che gli stessi effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale delle pareti opache possono essere raggiunti, in alternativa, "... con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare ...". Uno dei metodi per valutare soluzioni alternative rispetto al vincolo della massa superficiale è quello di verificare per la parete in esame due parametri: il fattore di attenuazione f_a e il coefficiente di sfasamento Φ .

Il coefficiente di attenuazione del flusso termico f sulla superficie rivolta verso l'ambiente interno dovuto a sollecitazioni termiche agenti sulla superficie esterna è un numero complesso il cui valore dipende dalle caratteristiche dei materiali dei componenti la stratigrafia della struttura, in particolare dalla conduttività λ (W/mK), dalla capacità termica massica c (J/kgK), dalla massa volumica ρ (kg/m^3) e dallo spessore s (m).

Il fattore di attenuazione f_a (adimensionale) è il modulo del coefficiente di attenuazione f , e qualifica la riduzione di ampiezza dell'onda termica nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame, mentre il coefficiente di sfasamento Φ (espresso in ore) è l'argomento del coefficiente di attenuazione f , e rappresenta il ritardo temporale dell'onda termica nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame.

L'effetto della capacità termica di una parete è sicuramente positivo a parità di altre condizioni. Se l'obiettivo tuttavia è quello di limitare il flusso termico entrante per prevenire il surriscaldamento estivo è utile riflettere su alcuni punti:

- il flusso di calore entrante Q è essenzialmente legato alla trasmittanza U della parete. L'incremento della resistenza termica potrebbe quindi compensare una minore capacità termica della parete stessa (in alternativa al calcolo dei due parametri attenuazione e sfasamento si potrebbe ipotizzare un approccio alternativo più semplice attraverso il calcolo della trasmittanza termica periodica);
- il flusso di calore entrante Q dipende inoltre dalla temperatura fittizia esterna che dipende anche dal coefficiente di assorbimento α della parete. Una parete con un coefficiente di assorbimento elevato determina una temperatura fittizia esterna maggiore e quindi un maggior flusso di calore entrante a parità di altre condizioni;
- le chiusure verticali trasparenti nel periodo estivo concorrono alla determinazione del carico termico ambientale molto di più delle strutture verticali opache;
- la capacità termica che concorre allo smorzamento e alla distribuzione in tempi successivi del calore entrante è soprattutto quella che si riferisce alle strutture interne (solette, tramezze ecc.). La presenza di rivestimenti tessili, a parete o a pavimento, potrebbe ridurre in modo drastico l'effetto pur positivo dello sfasamento e dell'attenuazione generato dalla massa delle pareti.

Il problema della climatizzazione estiva rappresenta sicuramente un forte elemento di criticità e tutte le iniziative che portano a stabilire delle regole per ridurre il carico termico devono essere valutate in modo positivo.

Una parete che dovesse anche rispettare il valore della massa limite di 230 kg/m^2 , ma caratterizzata da una chiusura verticale trasparente molto estesa, non potrebbe mai garantire un livello prestazionale adeguato senza scelte progettuali relative a sistemi di schermatura.

Per chiarire maggiormente i concetti di sfasamento e attenuazione si faccia riferimento al grafico qui sotto (Fig. 20), che riporta in ordinata il flusso termico Q (W/m^2) e in ascissa il tempo (ore).

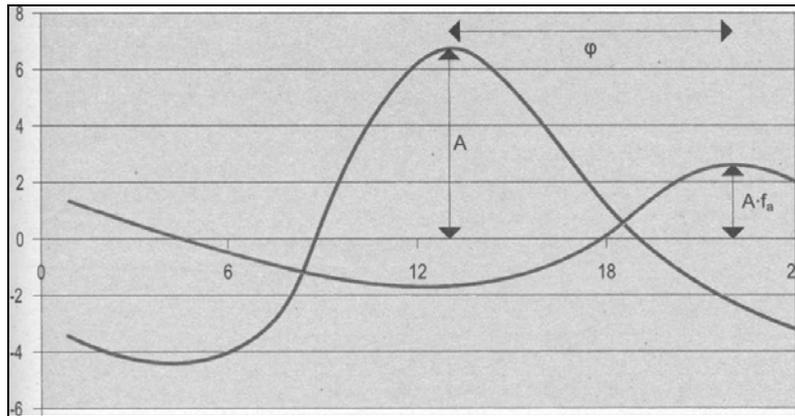


Fig. 20 – Tabella riassuntiva dello sfasamento e attenuazione dell'onda termica

Nel grafico sono date due curve: la curva con il picco più alto rappresenta la variazione del flusso di calore entrante nella situazione base, ossia con capacità termica nulla.

La presenza di una massa nella parete genera due effetti: un abbassamento del picco della curva che rappresenta sempre la variazione di flusso entrante e uno scostamento temporale del picco.

Se definiamo A il picco della prima curva (con capacità termica nulla) il picco della seconda curva può essere ricavato dal prodotto $f_a \cdot A$ dove f_a è appunto il fattore di attenuazione dell'onda. La differenza temporale tra i due picchi delle curve rappresenta invece lo sfasamento Φ del flusso di calore entrante.

Tornando alla trasmittanza termica unitaria dell'elemento opaco o trasparente U , per quel che riguarda le chiusure trasparenti, esse influiscono sul controllo e sull'utilizzo della radiazione solare sia dal punto di vista del bilancio termico sia per l'illuminazione naturale degli ambienti interni. La prestazione energetica di questo tipo di chiusure è influenzata principalmente da due fattori:

- la trasmittanza con i relativi ponti termici che tali superfici vetrate possono causare;
- gli apporti solari che possono essere captati.

La procedura per il calcolo della trasmittanza dei componenti edilizi trasparenti prende in considerazione diversi tipi di vetrate ed i relativi telai.

Vengono forniti anche valori di resistenza aggiuntiva dovuta a chiusure oscuranti di diverso tipo, in funzione della loro permeabilità all'aria. La trasmittanza termica di un

componente edilizio finestrato costituito dal serramento e dal vetro è data dalla relazione:

$$U_w = \frac{\sum A_g * U_g + \sum A_f * U_f + \sum l_g * \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$

dove:

U_g è la trasmittanza termica dell'elemento vetrato espressa in $W/m^2 \cdot K$;

A_g è l'area dell'elemento vetrato espressa in m^2 ;

U_f è la trasmittanza termica del telaio espressa in $W/m^2 \cdot K$;

A_f l'area del telaio in m^2 ;

l_g è la lunghezza del perimetro dell'elemento vetrato espresso in m;

Ψ_g è la trasmittanza termica lineare dovuta agli effetti combinati di vetro, telaio e intercapedine espressa in $W/m \cdot K$.

Nel caso di serramenti con singolo vetro, l'ultimo elemento al numeratore è posto uguale a 0 in quanto la correzione è trascurabile. In tutti gli altri casi, i valori di possono essere ricavati dalle tabelle.

La trasmittanza termica di un componente trasparente, sia esso vetro singolo che multiplo, secondo la EN 673 è data da:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{s,i} + R_{si}}$$

dove:

R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna espressa in $m^2 K/W$;

d_j è lo spessore del vetro espresso in m;

λ_j è la conduttività della lastra di vetro espressa in mK/W ;

$R_{s,i}$ è la resistenza termica dello strato racchiuso tra le due lastre espressa in $m^2 K/W$;

R_{si} è la resistenza termica superficiale interna espressa in $m^2 K/W$.

In generale i valori di trasmittanza vengono comunque forniti direttamente dai produttori.

Tornando al calcolo dell'energia termica richiesta per la produzione dell'acqua calda ad uso sanitario tramite (Q_{pac}), menzionata a pag. 98, si procede attraverso la UNI TS 11300/2 prospetto 12 (Tab. 9, terza riga) nel quale sono indicati i fabbisogni di energia

termica utile basati sulla differenza di temperatura convenzionale tra erogazione ed acqua fredda di ingresso di 25 K

Valori di a per le abitazioni (l/Gm²)

Fabbisogni	Calcolo in base al valore di S_u per unità immobiliare [m ²]			Valore medio riferito a $S_u = 80 \text{ m}^2$
	≤ 50	51- 200	>200	
a	1,8	$4,514 \times S_u^{-0,2356}$	1,3	1,6
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [Wh/G m ²]	52,3	$131,22 \times S_u^{-0,2356}$	37,7	46,7
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [kWh/m ² anno]	19,09	$47,9 \times S_u^{-0,2356}$	13,8	17,05

Tab. 9 – Tabella del fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria

ove in base alla superficie utile (S_u) ricavo q_{acs} giornaliera per poi trovare:

$$Q_{Wtot/anno} = q_{acs} * S_u * \text{giorni}$$

si trova il fabbisogno di energia termica per la produzione di a.c.s. annua al quale vanno decurtate le perdite di :

erogazione $\eta_{er,W} = 0.95$

distribuzione $\eta_{d,W} = 1 - f_{L,W,d} * f_{RH,W,d} = 1 - 0.08 * 0.5 = 0.96$

accumulo $\eta_{acc,W}$

generazione $\eta_{g,W} = \frac{n_1 * \eta_{gen} + n_2 * \eta_g}{n_1 + n_2} = \frac{183 * \eta_{gen} + 182 * \eta_g}{365}$

con n_1 e η_{gen} rispettivamente il numero di giorni in cui è acceso il riscaldamento e il rispettivo rendimento
e con n_2 e η_g rispettivamente il numero di giorni in cui è spento il riscaldamento e il rispettivo rendimento.

Quindi l'energia termica richiesta per la produzione di acqua calda annua ad uso sanitario sarà:

$$Q_{Pacs} = \frac{Q_{Wtot/anno}}{\eta_{er,W} * \eta_{d,W} * \eta_{acc,W} * \eta_{g,W}}$$

4.4- Descrizione dello stato di fatto dell'involucro

Si analizzano innanzitutto le strutture che costituiscono l'involucro.

L'edificio del 1935 è costituito da una intelaiatura a travi e pilastri in calcestruzzo armato (Foto1).



Foto 1 – Foto del lato nord-ovest della struttura denominata A nella Tav. 1

I vani scala sono ricavati all'interno di questa intelaiatura principale, mentre i vani ascensori, costruiti in un momento successivo rispetto al resto della struttura in seguito di una ristrutturazione generale del complesso negli anni 80 (impianto di riscaldamento 1984), sono costituiti da un getto continuo di calcestruzzo armato spesso 20 cm, esternamente al telaio principale ma ad esso connessi in corrispondenza dei vani scale (Fig. 21).

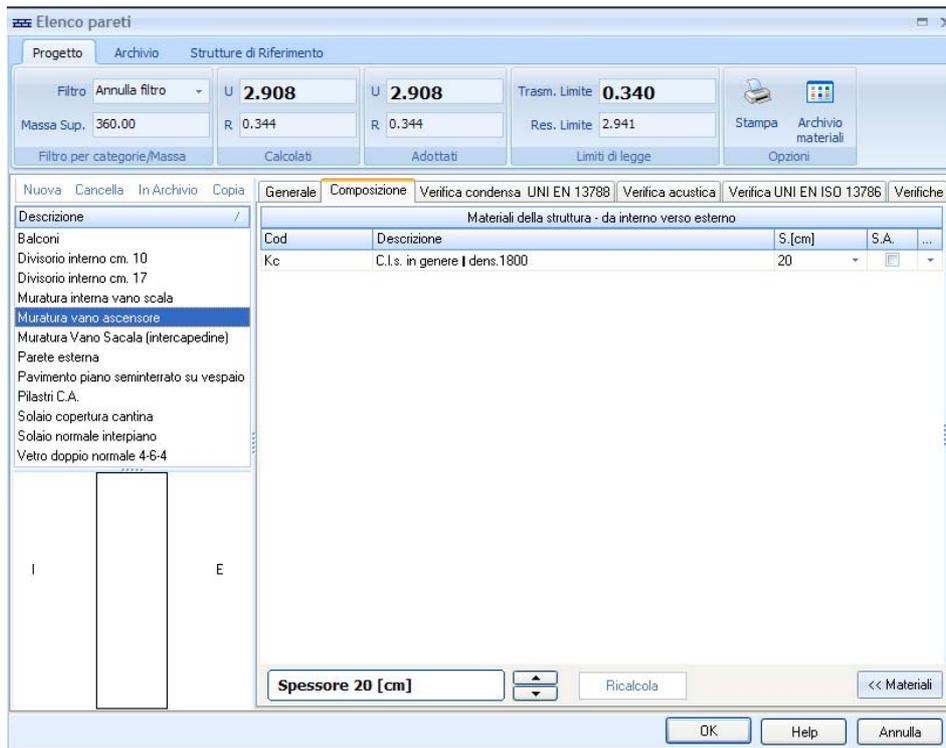


Fig. 21 – Interfaccia grafica MC4-Parete in C.A. del vano ascensore

Le pareti esterne verticali di tamponamento sono così stratificate (Fig. 22):

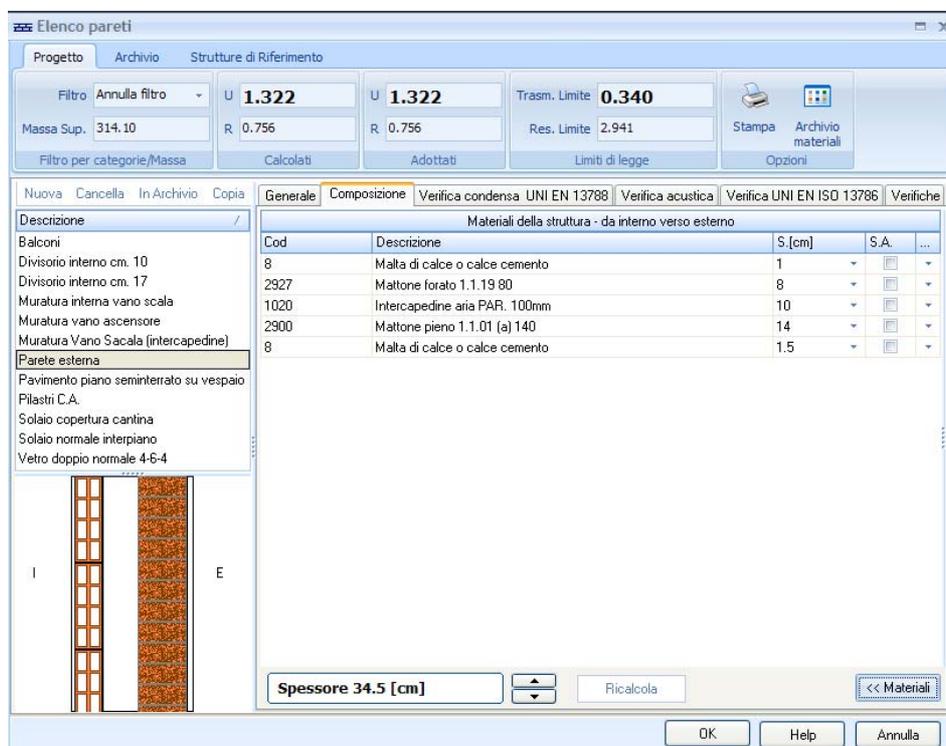


Fig. 22 – Interfaccia grafica MC4-Parete esterna di tamponamento

Le pareti di divisione tra gli alloggi e i vani scala sono costituiti invece da (Fig. 23):

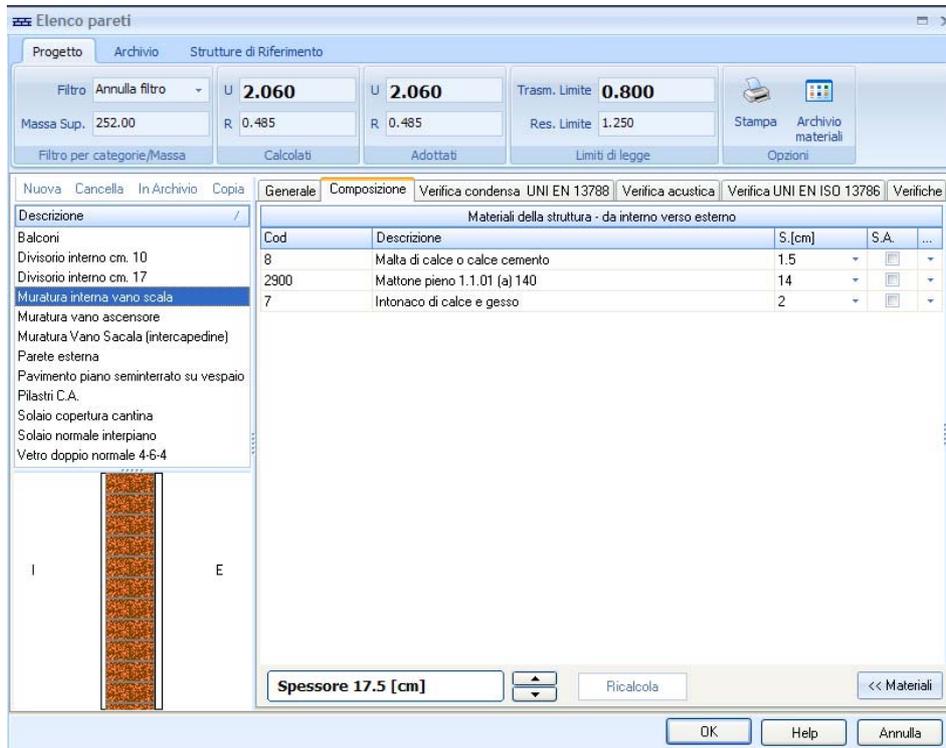


Fig.23 – Interfaccia grafica MC4-Parete divisoria tra gli alloggi e i vani scala

Due i tipi di tramezzature interne: quelle di separazione tra i locali dello stesso alloggio (Fig. 24):

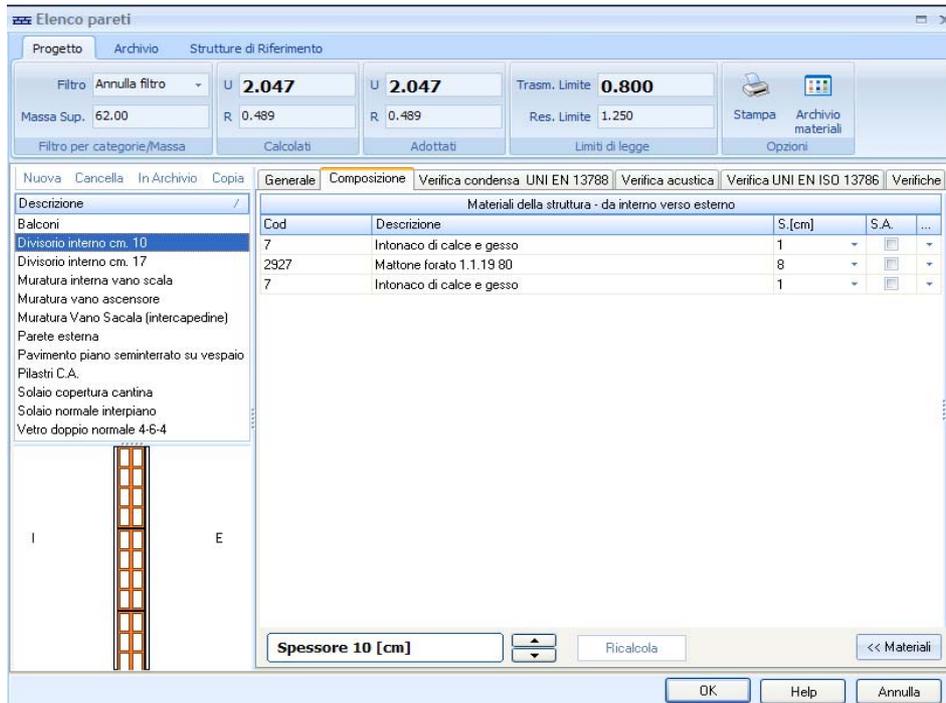


Fig. 24 – Interfaccia grafica MC4-Tramezzatura interna di separazione dello stesso alloggio

e quelle di separazione tra diverse unità abitative (Fig. 25):

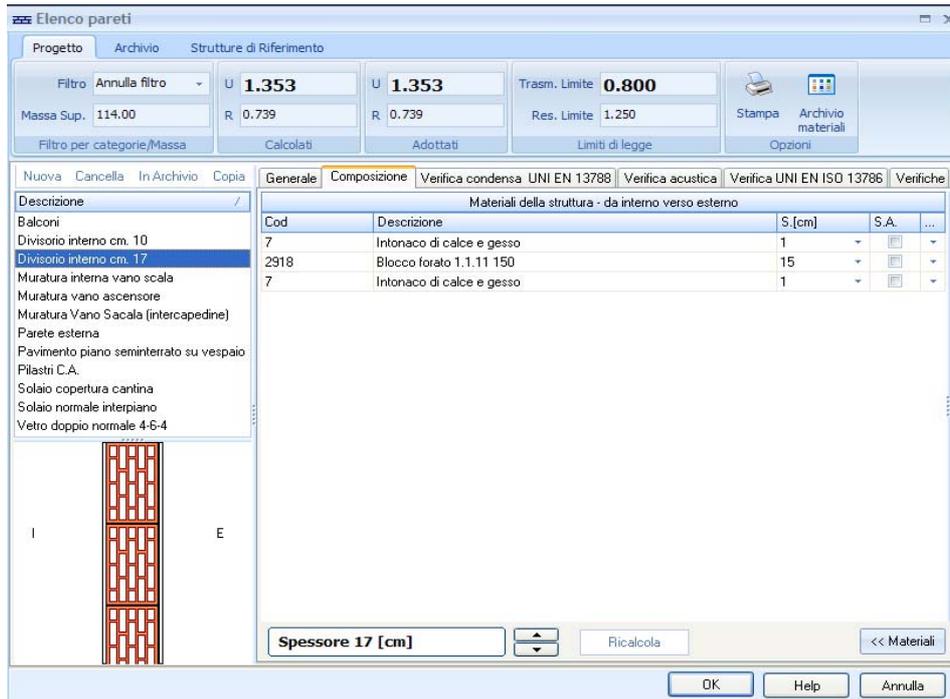


Fig. 25 – Interfaccia grafica MC4-Tramezzatura interna di separazione fra i diversi alloggi

Le pareti di divisione fra alloggi e vani scala con intercapedine sono costituiti invece da (Fig. 26):

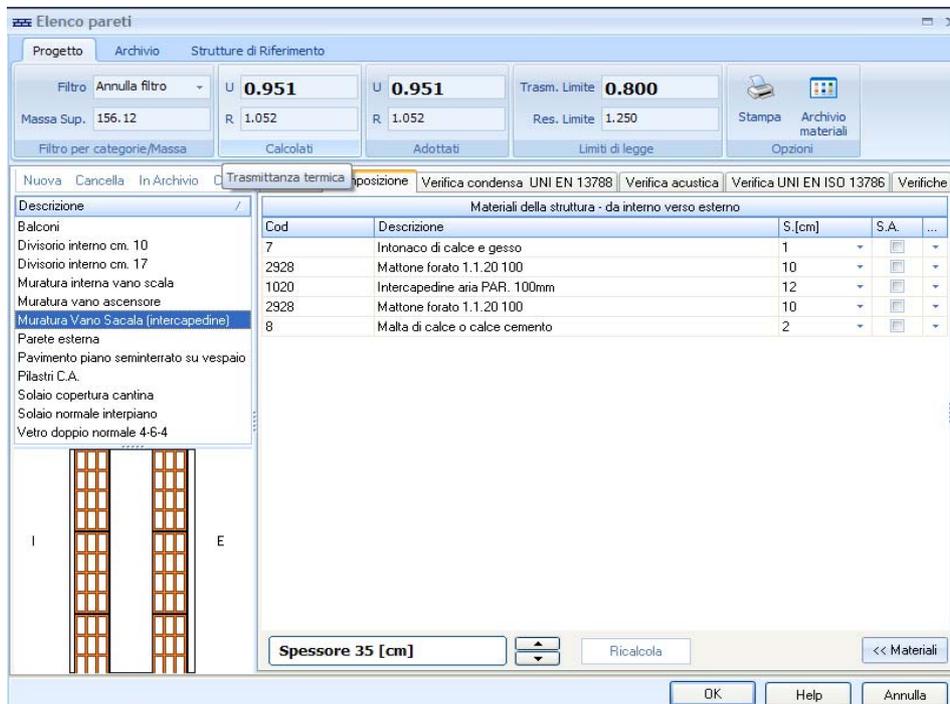


Fig. 26 – Interfaccia grafica MC4-Muratura divisoria tra gli alloggi e i vani scala con intercapedine

Solaio di copertura del tetto in C.A. con coppi dello spessore 33 cm (Fig. 27):

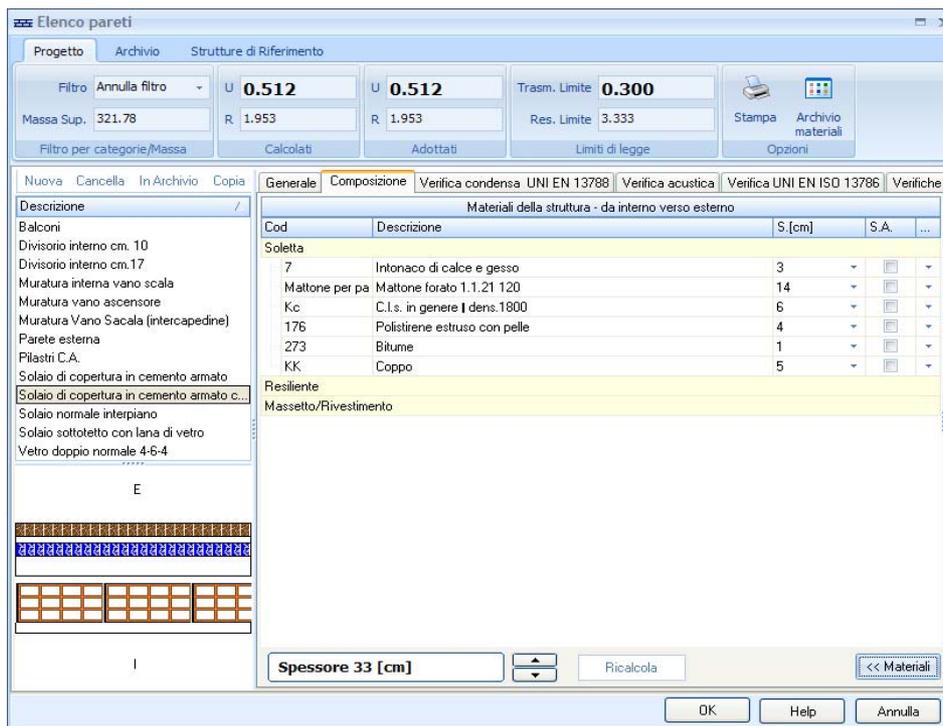


Fig. 27 – Interfaccia grafica MC4-Solaio di copertura tetto

I solai di interpiano tra le abitazioni sono del tipo in latero-cemento con uno spessore 24 cm al finito e con una struttura di questo tipo (Fig. 28):

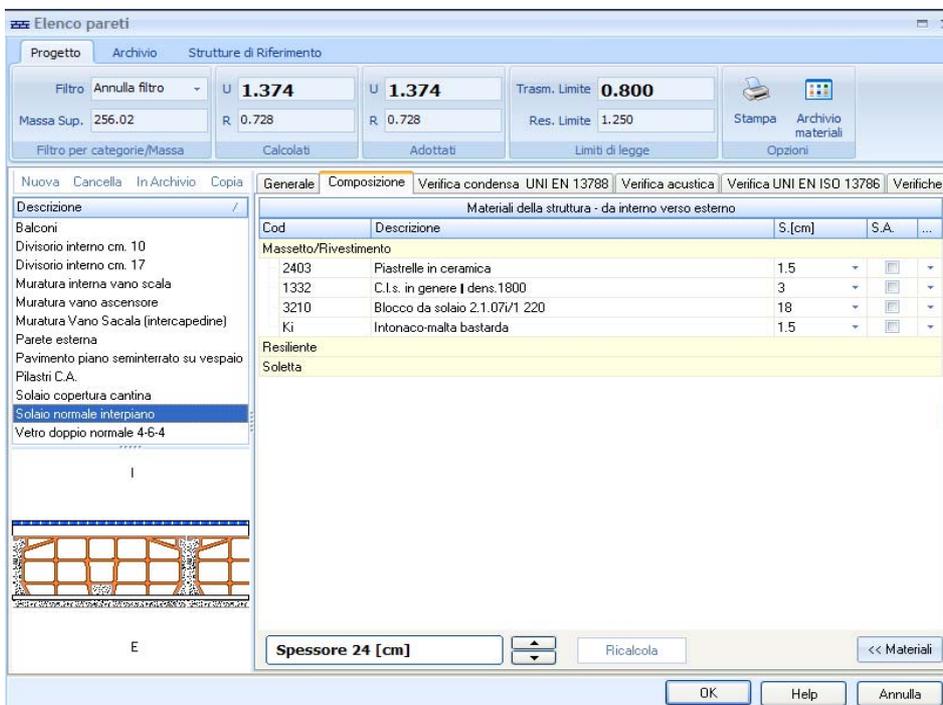


Fig. 28 – Interfaccia grafica MC4-Solaio interpiano in latero-cemento

Il solaio sottotetto, in sommità al settimo piano, sempre in latero-cemento di spessore 25 cm, è così composto (Fig. 29):

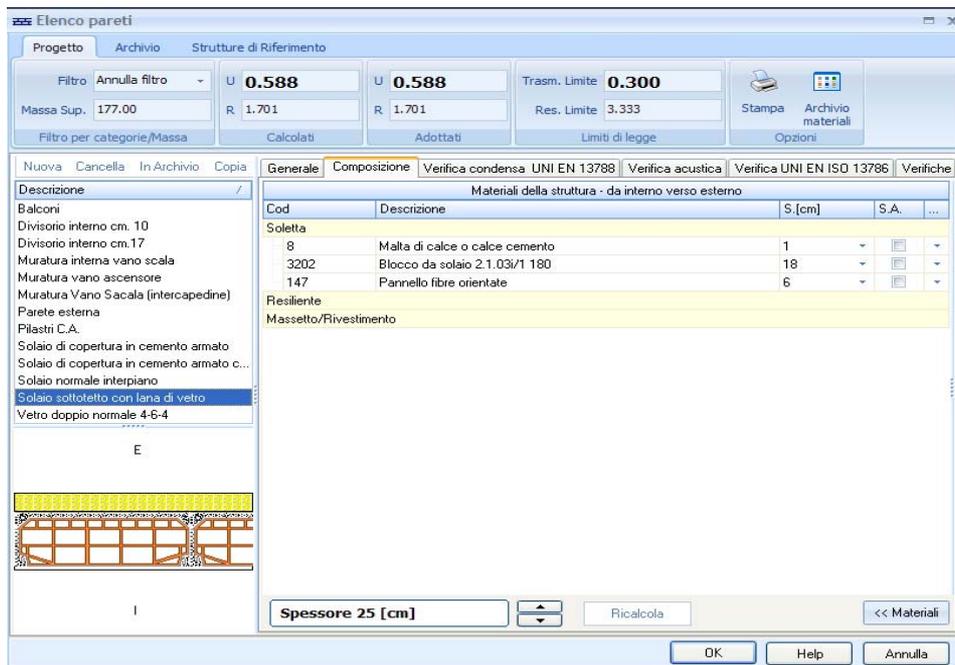


Fig. 29 – Interfaccia grafica MC4-Solaio sottotetto in latero-cemento

Solaio di copertura delle cantine di spessore 26 cm (Fig. 30):

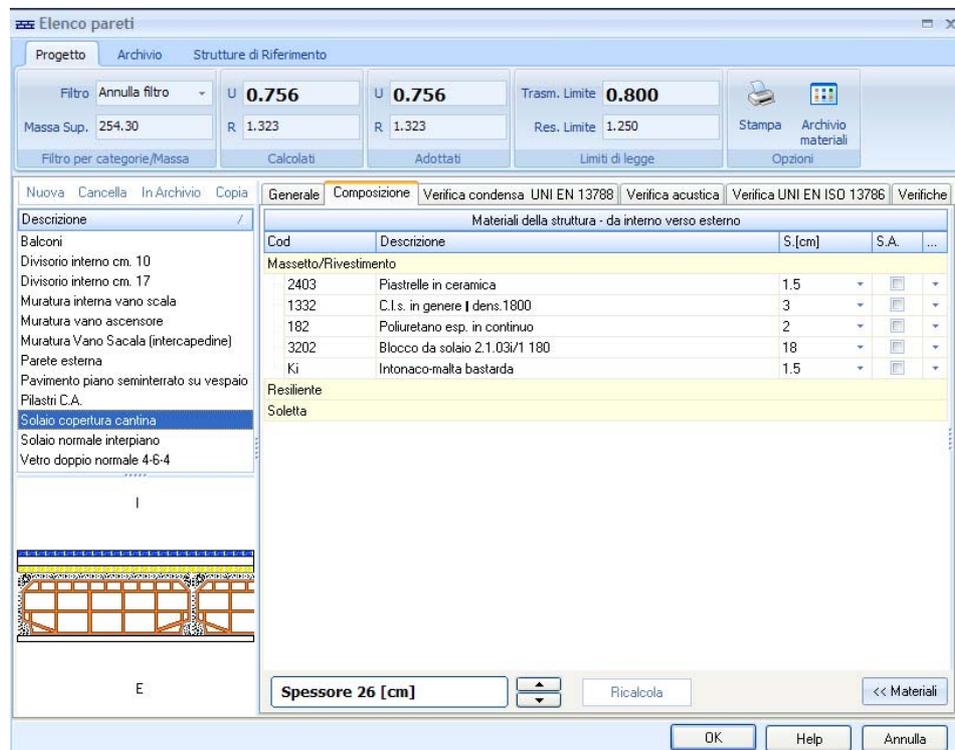


Fig. 30 – Interfaccia grafica MC4-Solaio copertura cantina

Per quanto riguarda infissi e vetrate installate, non sono stati acquisiti dati a sufficienza per determinarne con precisione le caratteristiche termoisolanti. Tramite osservazione diretta si può ipotizzare la presenza di infissi metallici senza taglio termico a telaio fisso e a 2 ante, posti a filo parete interna con cassonetto e vetri doppi normali da 4 mm con spessore della vetrocamera di 6 mm (Foto 2)



Foto 2 – Foto finestra tipo

Per non dilungarsi nel riportare pure le schermate di tutte le superfici trasparenti del software, se ne riporta solamente una finestra tipo, in quanto le caratteristiche *costruttive*, *termiche* e *solari* accomunano tutte le finestre e le vetrate a parte ovviamente le *misure* (Fig. 31); verrà poi riportato di seguito una tabella riassuntiva con le caratteristiche termiche delle superfici opache e trasparenti.

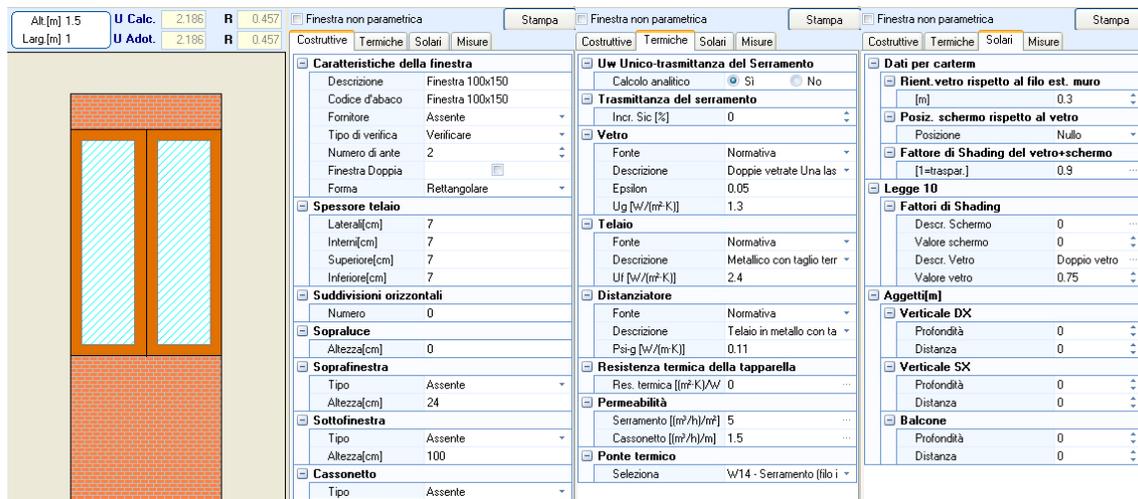


Fig. 31 – Interfaccia grafica del software MC4-Finestra tipo

I dati ottenuti sono riportati nella seguente tabella (Tab. 10), affiancati dai valori limite stabiliti negli Allegati del D.A.L. 156 del 2008, utilizzata come norma di riferimento essendo quella attualmente vigente nella Regione Emilia Romagna.

Descrizione chiusura opaca e trasparente	Trasmittanza U (W/mqK)	TrasmittanzaU limite (W/mqK)	Verifica
Parete di tamponamento esterna da 34.5 cm - Fig. 22	1.322	0.340	No
Parete separazione vano scala 17,5 cm - Fig. 23	2.060	0.800	No
Parete divisoria interna 10cm - Fig. 24	2.047	0.800	No
Parete divisoria interna degli alloggi 17cm - Fig. 25	1.353	0.800	No
Muratura vano ascensore in C.A. 20 cm - Fig. 21	2.908	0.340	No
Parete divisoria interna con intercapedine fra gli alloggi e vano scala 35cm - Fig. 26	0.951	0.800	No
Solaio interpiano 24cm - Fig. 28	1.374	0.800	No
Solaio sottotetto con lana di vetro 25cm - Fig. 29	0.588	0.300	No
Solaio di copertura cantina con poliuretano 26cm - Fig. 30	0.756	0.330	No
Solaio di copertura tetto in cemento armato con coppi 33cm - Fig. 27	0.512	0.300	No
Finestra 120x150 cm	4.174	2.200	No
Finestra 110x150 cm	4.223	2.200	No
Finestra 100x150 cm	4.294	2.200	No
Finestra 180x150 cm	4.174	2.200	No
Portafinestra 120x250 cm	4.144	2.200	No
Finestra 60x150 cm	4.174	2.200	No
Portafinestra 100x250 cm	4.267	2.200	No
Finestra 50x150 cm	4.294	2.200	No

Tab. 10 – Tabella riassuntiva delle chiusure allo stato di fatto

4.5 – Descrizione dello stato di fatto degli impianti

Ogni unità immobiliare è dotata di impianto autonomo di riscaldamento. E' stato in parte possibile ricostruire la tipologia dello stato di fatto degli impianti sulla base di documenti ufficiali acquisiti dall'archivio dell'ACER di Bologna, per altri dati si sono fatte delle ipotesi il più possibile realistiche.

In ogni alloggio è stata installata una caldaia in ghisa a pavimento, alimentate dal gas di rete, corredata di pompa a portata variabile e vaso di espansione, ma con potenza utile superiore alle reali necessità massime di 7.000 Kcal/h, (circa 8.141 W), in quanto la potenza massima riscontrabile dai documenti è di circa 7000 Kcal/h. Nella documentazione è sottolineato il problema di non riuscire a reperire sul mercato, all'epoca dell'installazione, caldaie con tale bassa potenza, il che ha comportato l'installazione di caldaie, non dichiarate nei documenti, con potenza termica utile superiore, ma regolabile alle effettive dispersioni degli alloggi. Infatti a servizio degli appartamenti al di sotto delle 7.000 Kcal/h di dispersione termica vi è una nota in cui si dichiara la necessità di regolazione alla minima potenza utile che può fornire la caldaia. Si è pensato che questa problematica possa anche giustificare l'adozione della pompa a portata regolabile. La regolazione della temperatura ambiente è realizzata mediante un termostato solo di zona del tipo on/off, che agisce sulla temperatura dell'acqua di mandata alla caldaia, la quale è collegata al quadro collettori con tubo di mandata e tubo di ritorno.

Dai collettori, accessoriati di sfiato, prendono origine uno o più anelli a seconda delle dimensioni dell'unità abitativa. Gli anelli sono in tubo di rame inglobati nel massetto "tecnico" del solaio.

Su questi anelli l'impianto di distribuzione è del tipo monotubo, cioè i radiatori sono montati in serie e sono dotati di valvola a 4 vie da parete, micrometrica, compatta per impianti monotubo con detentore incorporato, tipo Giacomini R 437 (Fig. 32), senza testa termostatica e corredata di valvola sfiato per ogni singolo elemento (Fig. 33).

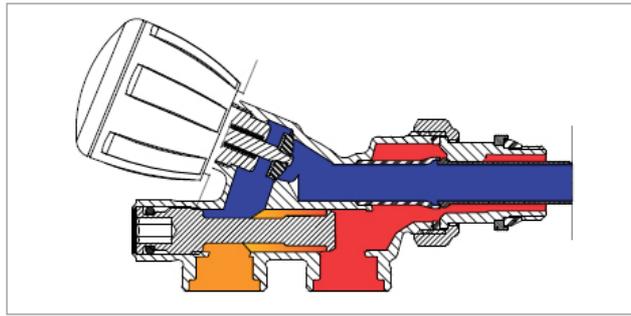


Fig. 32 – Valvola tipo Giacomini R437

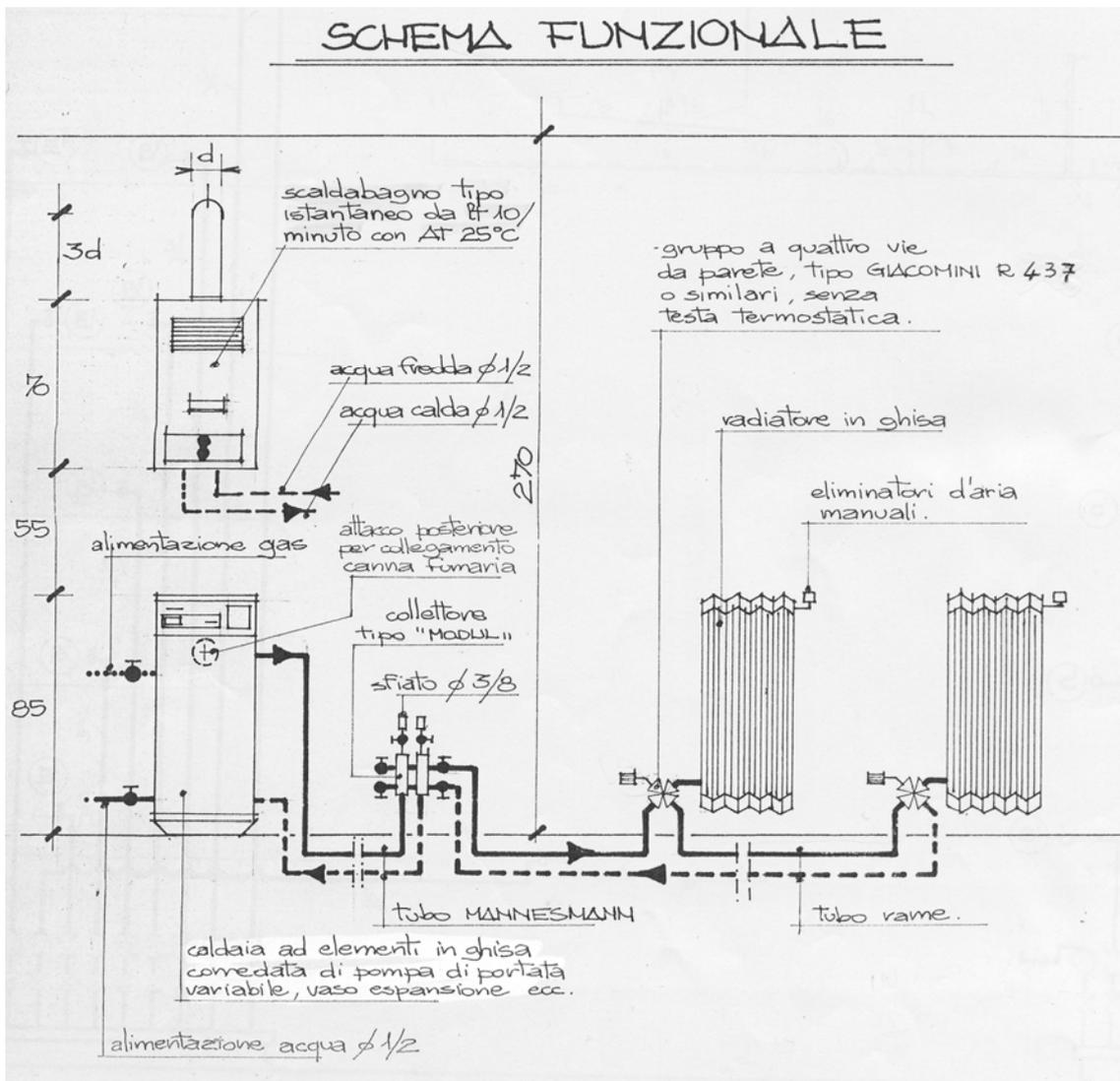


Fig. 33 – Schema funzionale – Stato di fatto

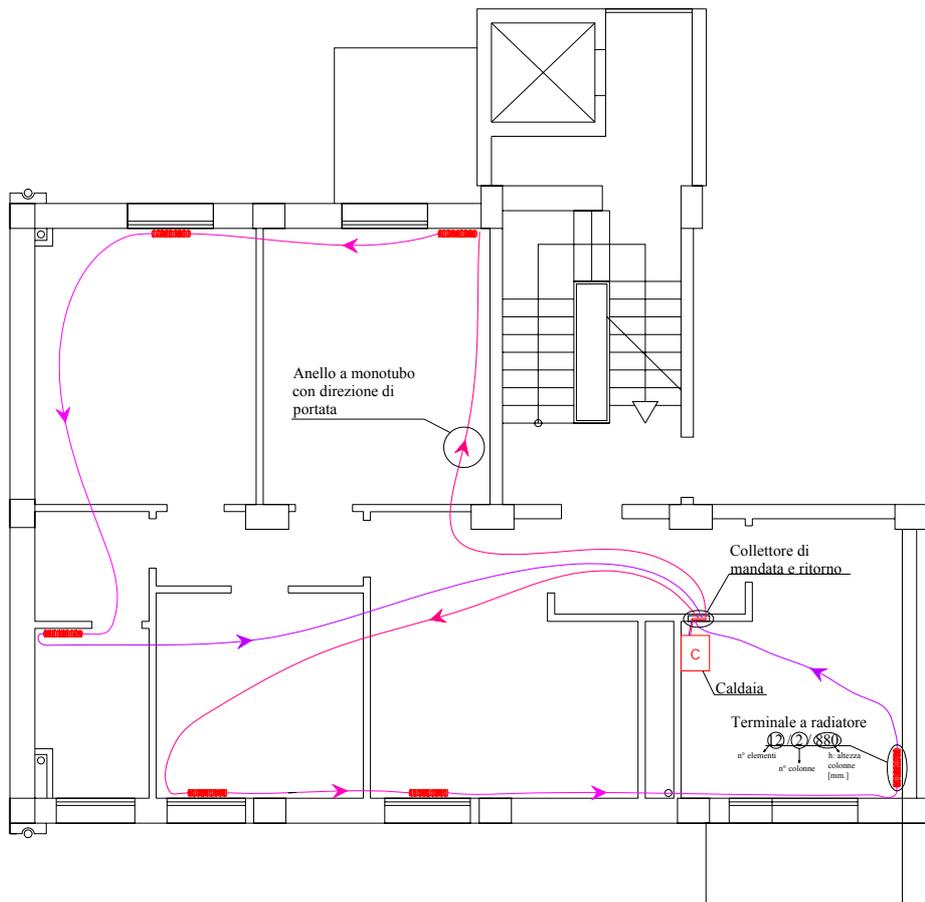
A seconda della dispersione termica di ogni ambiente è necessario una diversa potenza che è fornita da radiatori in ghisa, composti da un certo numero di elementi; gli elementi

utilizzati nell'impianto dell'edificio in studio, desunti dalla documentazione, hanno precise caratteristiche (Tab. 11)

n° colonne	altezza elemento [mm]	potenza elemento [Kcal/h]	n° colonne	altezza elemento [mm]	potenza elemento [Kcal/h]
2	690	70	2	880	86
3	690	96	3	880	118
4	690	122	4	880	152

Tab. 11 – Schema funzionale – Stato di fatto

La produzione di acqua calda sanitaria è garantita da scaldabagni di tipo istantaneo in grado di erogare 10 litri/minuto con salto termico ΔT 25°C, alimentati dal gas di rete. L'isolamento termico delle tubazioni dell'impianto di riscaldamento e dell'acqua calda ad uso sanitario è costituito da "isolene G.P.R. " o similari, con spessore del materiale coibente variabile in funzione del diametro del tubo, del materiale del tubo (acciaio, rame) e dei cavedi e luoghi di passaggio della tubazione stessa (locali interni riscaldati o privi di riscaldamento). Si riporta tavola distribuzione tipo di un alloggio tipo (Tav. 20)



Tav. 20 – Schema planimetrico di una distribuzione tipo

Si riportano tabelle con la tipologia dei radiatori relativa ad ogni alloggio e piano, specificando il numero degli elementi, il numero delle colonne, l'altezza degli elementi espressa in [mm] e la potenza dell'elemento espressa in Kcal/h e W (Tab. 12,13,14,15).

	Unità Abitativa	N° anelli	Numro radiatori	Ambienti	Tipo radiatore				Tubo Caldaia -> collettore	Tubo anello	
					Numero elementi	Numero colonne	Altezza elemento [mm]	Potenza elemento con $\Delta T = 55^{\circ}C$ [Kcal/h]			Potenza elemento con $\Delta T = 55^{\circ}C$ [W]
					mat. diam.	mat. diam.					
PIANO RIALZATO	A1	1a	3	letto	13	2	880	86	100	acciaio 1"	rame 14/16
				letto	14	4	690	122	142		
				bagno	14	2	880	86	100		
		2a	3	letto	9	2	690	70	81		
				soggiorno	14	3	690	96	112		
				cucina	12	2	880	86	100		
	B1	1b	3	cucina	13	4	690	122	142	acciaio 3/4"	rame 12/14
				bagno	6	2	880	86	100		
				letto	14	2	690	70	81		
	C1	1c	5	cucina	9	2	880	86	100	acciaio 3/4"	rame 16/18
				soggiorno	13	3	690	96	112		
				letto	13	2	690	70	81		
				letto	13	2	690	70	81		
				bagno	7	2	880	86	100		
	C2	1c	5	cucina	9	2	880	86	100	acciaio 3/4"	rame 16/18
				soggiorno	13	3	690	96	112		
				letto	13	2	690	70	81		
				letto	13	2	690	70	81		
				bagno	7	2	880	86	100		
	B2	1b	3	cucina	13	4	690	122	142	acciaio 3/4"	rame 12/14
bagno				6	2	880	86	100			
letto				14	2	690	70	81			
A2	1a	3	letto	13	2	880	86	100	acciaio 1"	rame 14/16	
			letto	14	4	690	122	142			
			bagno	14	2	880	86	100			
	2a	3	letto	9	2	690	70	81			
			soggiorno	14	3	690	96	112			
			cucina	12	2	880	86	100			

Tab. 12 – Tabella tipo radiatori suddivisa per alloggi, piano rialzato

	Unità Abitativa	N° anelli	Numro radiatori	Ambienti	Tipo radiatore				Tubo Caldaia -> collettore	Tubo anello
					Numero elementi	Numero colonne	Altezza elemento [mm]	Potenza elemento con $\Delta T = 55^{\circ}C$ [Kcal/h]		
										mat. diam.
PIANO SECONDO - TERZO	A1	1a	3	letto	10	2	880	86	acciaio 1"	rame 14/16
				letto	13	3	690	96		
				bagno	13	2	880	86		
		2a	3	letto	8	2	690	70		
				soggiorno	14	2	690	70		
				cucina	9	2	880	86		
	B1	1a	3	cucina	12	3	690	96	acciaio 3/4"	rame 12/14
				bagno	5	2	880	86		
				letto	11	2	690	70		
	C1	1c	5	cucina	7	2	880	86	acciaio 3/4"	rame 14/16
				soggiorno	13	2	690	70		
				letto	10	2	690	70		
				letto	10	2	690	70		
				bagno	5	2	880	86		
	C2	1c	5	cucina	7	2	880	86	acciaio 3/4"	rame 14/16
				soggiorno	13	2	690	70		
				letto	10	2	690	70		
				letto	10	2	690	70		
				bagno	5	2	880	86		
	B2	1b	3	cucina	12	3	690	96	acciaio 3/4"	rame 12/14
bagno				5	2	880	86			
letto				11	2	690	70			
A2	1a	3	letto	10	2	880	86	acciaio 1"	rame 14/16	
			letto	13	3	690	96			
			bagno	13	2	880	86			
	2a	3	letto	8	2	690	70			
			soggiorno	14	2	690	70			
			cucina	9	2	880	86			

Tab. 13 – Tabella tipo radiatori suddivisa per alloggi, piano secondo-terzo

	Unità Abitativa	N° anelli	Numro radiatori	Ambienti	Tipo radiatore				Tubo Caldaia -> collettore	Tubo anello	
					Numero elementi	Numero colonne	Altezza elemento [mm]	Potenza elemento con $\Delta T = 55^{\circ}C$ [Kcal/h]			Potenza elemento con $\Delta T = 55^{\circ}C$ [W]
					mat. diam.	mat. diam.					
PIANO QUARTO – QUINTO - SESTO	D1	1d	3	cucina	12	3	690	96	96	acciaio 3/4"	rame 14/16
				bagno	10	2	880	86	86		
				letto	14	3	690	96	96		
	E1	1e	3	cucina	11	2	880	86	86	acciaio 1/2"	rame 12/14
				letto	10	2	690	70	70		
				bagno	5	2	880	86	86		
	D2	1d	3	cucina	12	3	690	96	96	acciaio 3/4"	rame 12/14
				bagno	5	2	880	86	86		
				letto	11	2	690	70	70		
	C3	1c	5	cucina	7	2	880	86	86	acciaio 3/4"	rame 14/16
				soggiorno	12	2	690	70	70		
				letto	10	2	690	70	70		
				letto	10	2	690	70	70		
				bagno	5	2	880	86	86		
	C4	1c	5	cucina	7	2	880	86	86	acciaio 3/4"	rame 14/16
				soggiorno	12	2	690	70	70		
				letto	10	2	690	70	70		
				letto	10	2	690	70	70		
				bagno	5	2	880	86	86		
	D3	1d	3	cucina	12	3	690	96	96	acciaio 3/4"	rame 12/14
				bagno	5	2	880	86	86		
				letto	11	2	690	70	70		
	E2	1e	3	cucina	11	2	880	86	86	acciaio 1/2"	rame 12/14
				letto	10	2	690	70	70		
bagno				5	2	880	86	86			
D4	1d	3	cucina	12	3	690	96	96	acciaio 3/4"	rame 14/16	
			bagno	10	2	880	86	86			
			letto	14	3	690	96	96			

Tab. 14 – Tabella tipo radiatori suddivisa per alloggi, piano quarto-quinto-sesto

	Unità Abitativa	N° anelli	Numro radiatori	Ambienti	Tipo radiatore					Tubo Caldaia -> collettore	Tubo anello
					Numero elementi	Numero colonne	Altezza elemento [mm]	Potenza elemento con $\Delta T = 55^{\circ}C$ [Kcal/h]	Potenza elemento con $\Delta T = 55^{\circ}C$ [W]		
					mat. diam.	mat. diam.					
PIANO SETTIMO	D1	1d	3	cucina	12	4	690	122	122	acciaio 3/4"	rame 14/16
				bagno	11	2	880	86	86		
				letto	13	4	690	122	122		
	E1	1e	3	cucina	13	2	880	86	86	acciaio 3/4"	rame 12/14
				letto	13	2	690	70	70		
				bagno	6	2	880	86	86		
	D2	1d	3	cucina	12	4	690	122	122	acciaio 3/4"	rame 12/14
				bagno	6	2	880	86	86		
				letto	13	2	690	70	70		
	C3	1c	5	cucina	8	2	880	86	86	acciaio 3/4"	rame 16/18
				soggiorno	12	3	690	96	96		
				letto	13	2	690	70	70		
				letto	12	2	690	70	70		
				bagno	6	2	880	86	86		
	C4	1c	5	cucina	8	2	880	86	86	acciaio 3/4"	rame 16/18
				soggiorno	12	3	690	96	96		
				letto	13	2	690	70	70		
				letto	12	2	690	70	70		
				bagno	6	2	880	86	86		
	D3	1d	3	cucina	12	4	690	122	122	acciaio 3/4"	rame 12/14
				bagno	6	2	880	86	86		
				letto	13	2	690	70	70		
	E2	1e	3	cucina	13	2	880	86	86	acciaio 3/4"	rame 12/14
				letto	13	2	690	70	70		
				bagno	6	2	880	86	86		
	D4	1d	3	cucina	12	4	690	122	122	acciaio 3/4"	rame 14/16
				bagno	11	2	880	86	86		
				letto	13	4	690	122	122		

Tab. 15 – Tabella tipo radiatori suddivisa per alloggi, piano settimo

4.6 – Risultati di calcolo

Prima di procedere con i risultati delle verifiche sull'involucro e sull'impianto dell'edificio, si riportano in maniera riassuntiva i parametri climatici della località, necessari per l'individuazione dei valori limite delle diverse grandezze imposti dalle normative.

Comune	Bologna
Provincia	BO
Altitudine	54 m
Gradi giorno	2.259 °C
Giorni di riscaldamento	183
Zona climatica	E
Temperatura esterna	-5 °C
Latitudine	44° 30'
Longitudine	11° 21'
Zona di vento	1
Velocità del vento	1,6 m/s
U.R. interna	65,0 %
Irradianza massima orriz.	296.3 W/mq
Zona geografica	Italia Settentrionale Cispadana
Conduktività terreno	2,0 W/mK
Posizione edificio	Sito riparato (centro città)

I dati circa le strutture sopra riportate, sono stati immessi ed elaborati tramite il software MC4 Suite 2009, il quale ha permesso di ottenere i risultati delle prestazioni energetiche delle singole strutture, ossia le caratteristiche termoigrometriche delle diverse stratigrafie.

Le metodologie di calcolo, così come il significato delle diverse grandezze in gioco, sono state descritte nei paragrafi precedenti 3.3 e 3.3.1.

I dati ottenuti sulle strutture di chiusura (opache e trasparenti) sono state riportate nella tabella 10 (pag. 119), affiancati dai valori limite stabiliti negli Allegati al D.A.L. 156 del 2008, utilizzata come norma di riferimento essendo quella attualmente vigente nella Regione Emilia Romagna. Nella figura seguente vengono poi riportati i ponti termici adottati nello stato di fatto (Fig.34).

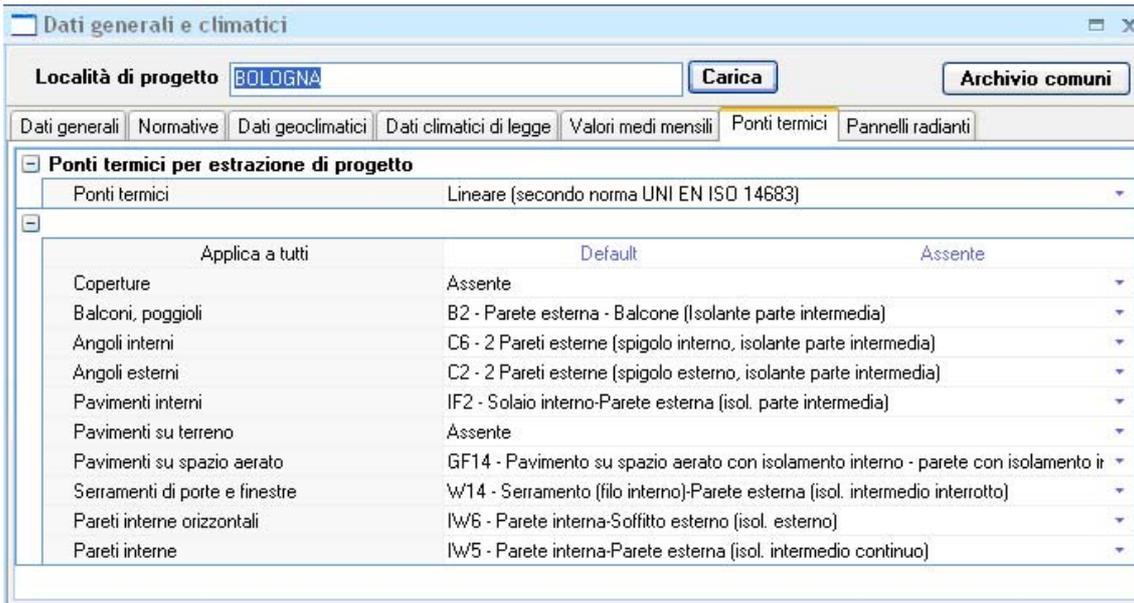


Fig.34 – Interfaccia grafica MC4-Ponti termici adottati nello stato di fatto

Qui sotto, i risultati della verifica termoisometrica della stratigrafia della parete di tamponamento esterna da 35 cm con intercapedine d'aria (Fig.35).

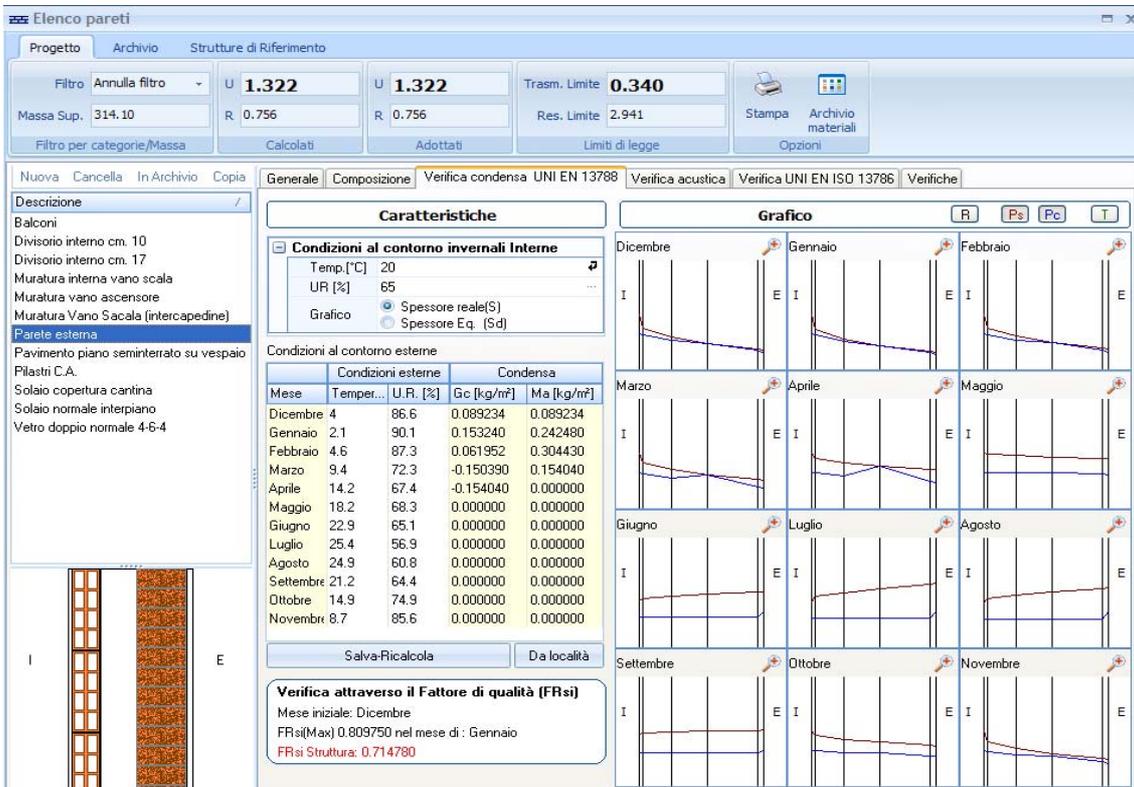


Fig.35 – Interfaccia grafica MC4-Parete esterna di tamponamento-Verifica termoisometrica

Riassumendo :

- Parete di tamponamento esterna: la struttura è soggetta a condensa superficiale, tutta la condensa interstiziale formatasi nei mesi invernali evapora nei mesi estivi, la quantità di condensa non supera i 0.5 Kg/m^2
- Parete vano ascensore: la struttura è soggetta a condensa superficiale, tutta la condensa interstiziale formatasi nei mesi invernali evapora nei mesi estivi, la quantità di condensa non supera i 0.5 Kg/m^2
- Pilastri C.A.: la struttura è soggetta a condensa superficiale, tutta la condensa interstiziale formatasi nei mesi invernali evapora nei mesi estivi, la quantità di condensa non supera i 0.5 Kg/m^2
- Solaio di copertura in C.A. con coppi: la struttura non è soggetta a condensa superficiale, tutta la condensa interstiziale formatasi nei mesi invernali evapora nei mesi estivi, la quantità di condensa non supera i 0.5 Kg/m^2

Infine, i dati relativi alla verifica della massa superficiale minima, ed ai valori dello sfasamento e del fattore di attenuazione delle strutture opache (per confrontarli con le classi stabilite dall'Allegato 3, tab. C2, DAL 156/08), necessari poiché nel caso in oggetto l'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione è di $296,3 \text{ W/m}^2$ che è maggiore dei 290 W/m^2 stabiliti dal decreto. Si riporta la verifica dell'inerzia termica per le tutte le chiusure opache indicando solo i dati corrispondenti nel caso delle componenti esterne (Tab.16)

Descrizione chiusura opaca	Massa superficiale (kg/mq)	Limite Massa sup. (kg/mq)	Verifica Massa	Capacità termica (kJ/mqK)	Sfasamento (h)	Smorzamento	Classe
Parete di tamponamento esterna da 35 cm (forato 8cm, intercapedine d'aria 10cm, mattone pieno 14cm)	314.10	230.00		56.04	7.73	0.46	IV
Parete separazione vano scala 17,5 cm (mattone pieno 14cm)	252.00	x	X	5.95	5.95	0.50	
Parete divisoria interna 10cm (laterizio forato 8cm)	62.00	x	X	2.47	2.47	0.89	
Parete divisoria interna 17cm (laterizio forato 15cm)	114.00	x	X	48.47	4.85	0.70	
Muratura Vano ascensore 20 cm (c.c.a.)	360.00	230.00		77.20	5.57	0.56	V
Solaio interpiano 24cm	256.02	x	X	56.64	7.21	0.46	
Solaio sottotetto con lana di vetro 25cm	177.00	x	X	10.48	6.72	0.40	
Solaio di copertura cantina con poliuretano 26cm	254.30	x	X	70.72	9.34	0.31	
Solaio di copertura in cemento armato con coppi 33cm	321.78	230.00		56.06	10.86	0.16	II

Tab.16 – Tabella massa superficiale

Si procede ora alla valutazione delle prestazioni energetiche dell'edificio nel suo complesso, allo stato di fatto, sulla base di quanto già detto nei paragrafi 4.4 e 4.5

“Descrizione dello stato di fatto dell’involucro” e “Descrizione dello stato di fatto degli impianti” con l’ausilio del sopraccitato software.

Per procedere ad una certificazione dell’edificio, bisogna precisare che i fabbisogni di energia vengono calcolati in condizioni standard ossia normalizzando tutte le informazioni riguardanti le modalità con le quali l’utenza utilizza gli impianti e ipotizzando, come già detto, lo stato stazionario.

Di seguito i dati relativi ai valori medi di temperatura e irradianza media mensile (Tab.17)

Temp medie (°C)	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
		2.1	4.6	9.4	14.2	18.2	22.9	25.4	24.9	21.2	14.9	8.7
Irradianza media (MJ/m ²)												
ORRIZ.	4.5	7.9	12.1	17.3	21	23.6	25.6	21	15.4	9.9	5.3	4.1
S	7.4	10.7	11.6	11.2	10.2	10	11.1	12	12.9	12.4	8.5	7.2
SO/SE	5.8	9	11	12.6	12.7	13.1	14.7	14.3	13.1	10.7	6.8	5.7
E/O	3.5	6.1	8.8	11.9	13.8	15.2	16.8	14.3	11.1	7.6	4.2	3.3
NE/NO	1.8	3.2	5.4	8.5	11.1	12.8	13.6	10.5	7	4.1	2.1	1.6
N	1.7	2.6	3.8	5.5	7.9	9.7	9.5	6.6	4.3	3	1.9	1.5

Tab.17 – Tabella dei valori medi di temperatura e irradianza media mensile

Vanno inoltre, conosciuti i dati relativi a superficie utile, volume riscaldato e rapporto S/V, (Tab.18-19)

Piano N°	Alloggi	superficie lorda [mq]	volume lordo [mc]	S/V [m]	Piano N°	Alloggi	superficie lorda [mq]	volume lordo [mc]	S/V [m]
Rrialzato	A1	209.00	260.33	0.80	2°	A1	119.62	248.65	0.48
	A2	209.00	260.33	0.80		A2	119.62	248.65	0.48
	B1	86.60	130.28	0.66		B1	42.05	124.43	0.34
	B2	86.60	130.28	0.66		B2	42.05	13.43	3.13
	C1	124.27	192.35	0.65		C1	59.50	183.72	0.32
	C2	124.27	192.35	0.65		C2	59.50	183.72	0.32
Piano N°	Alloggi	superficie lorda [mq]	volume lordo [mc]	S/V [m]					
3°	A1	124.55	258.66	0.48					
	A2	124.54	258.66	0.48					
	B1	43.86	129.44	0.34					
	B2	43.86	129.44	0.34					
	C1	62.11	191.12	0.32					
	C2	62.11	191.12	0.32					

Tab.18 – Tabella del Rapporto di Forma dei primi tre piani

Piano N°	Alloggi	superficie lorda [mq]	volume lordo [mc]	S/V [m]	Piano N°	Alloggi	superficie lorda [mq]	volume lordo [mc]	S/V [m]
4°	C3	62.21	191.12	0.33	5°	C3	62.21	191.12	0.33
	C4	62.21	191.12	0.33		C4	62.21	191.12	0.33
	D1	72.74	136.76	0.53		D1	72.74	136.76	0.53
	D2	43.96	129.44	0.34		D2	43.96	129.44	0.34
	D3	43.96	129.44	0.34		D3	43.96	129.44	0.34
	D4	72.74	136.76	0.53		D4	72.74	136.76	0.53
	E1	53.80	117.45	0.46		E1	53.80	117.45	0.46
	E2	53.80	117.45	0.46		E2	53.80	117.45	0.46
Piano N°	Alloggi	superficie lorda [mq]	volume lordo [mc]	S/V [m]	Piano N°	Alloggi	superficie lorda [mq]	volume lordo [mc]	S/V [m]
6°	C3	62.21	191.12	0.33	7°	C3	62.21	191.12	0.33
	C4	62.21	191.12	0.33		C4	62.21	191.12	0.33
	D1	72.74	136.76	0.53		D1	72.74	136.76	0.53
	D2	43.96	129.44	0.34		D2	43.96	129.44	0.34
	D3	43.96	129.44	0.34		D3	43.96	129.44	0.34
	D4	72.74	136.76	0.53		D4	72.74	136.76	0.53
	E1	53.80	117.45	0.46		E1	53.80	117.45	0.46
	E2	53.80	117.45	0.46		E2	53.80	117.45	0.46

Tab.19 – Tabella del Rapporto di Forma degli ultimi quattro primi

oltre che al valore di gradi giorno (GG) per poter successivamente calcolare l'indice Epi da confrontare con i valori limiti a norma di legge.

Con l'ausilio del software sono stati inseriti tutti i dati fino ad ora elencati in questo capitolo, in particolar modo nei paragrafi 4.1 - 4.4 - 4.5, è stato ricreato un modello tridimensionale dell'edificio (Fig.36) alle cui chiusure sono stati assegnati i valori prestazionali precedentemente descritti ed i locali sono stati suddivisi in riscaldati e non.

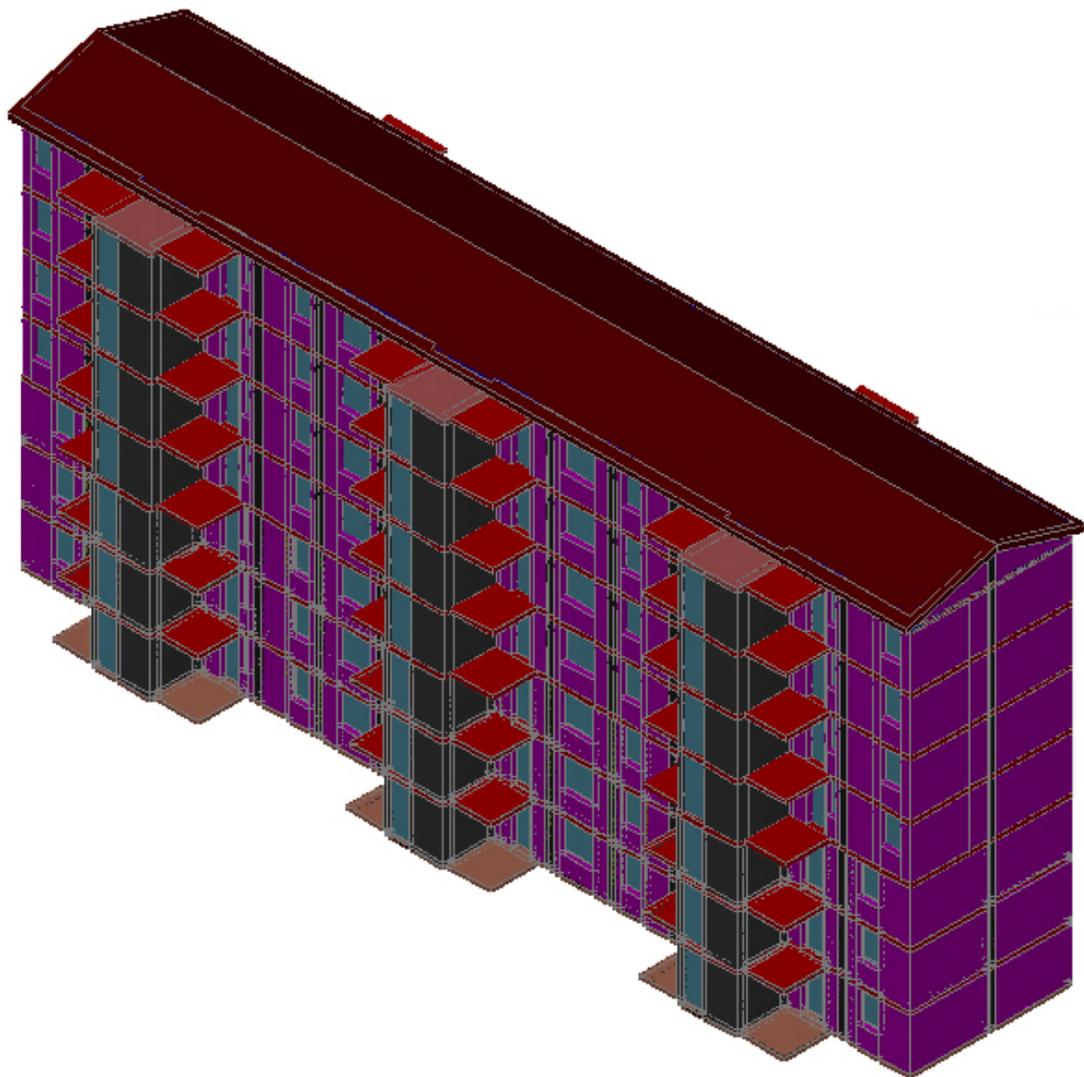


Fig.36 – Interfaccia grafica MC4-Modello tridimensionale dell'edificio

E' però necessario a questo punto introdurre alcune premesse.

Dall'analisi della documentazione esistente circa lo stato di fatto dell'edificio, questo risulta dotato di centrali termiche autonome per ogni unità immobiliare (50 alloggi in totale). La distribuzione del combustibile e dell'acqua fredda avviene per ogni alloggio tramite cavedi verticali allineati in corrispondenza delle cucine vani scala ed altri a seconda dei piani, in quanto il passaggio dal terzo al quarto piano vi è una redistribuzione diversa degli spazi interni e con conseguente cambio tipologico degli alloggi e dei cavedi stessi. L'assenza di un impianto centralizzato comune che riscaldi tutti gli alloggi, fa sì che nell'edificio vi siano tanti impianti e tante zone termiche quanti sono gli alloggi.

Il calcolo delle dispersioni e dei fabbisogni energetici, sulla base della metodologia di calcolo descritta al paragrafo 3.3 e 3.3.1, verrà quindi condotta per ogni singolo alloggio. Successivamente, al fine di ottenere dati rappresentativi per l'intero edificio e per meglio confrontare i risultati dello stato di fatto con quelli ottenuti nel caso di progetto di riqualificazione ipotizzato, questi verranno opportunamente mediati.

Per poter procedere ad una classificazione energetica la normativa richiede ovviamente anche l'introduzione di ipotesi sui dati relativi agli impianti di riscaldamento e di produzione dell'acqua calda sanitaria. A tal fine, previo calcolo delle dispersioni per ogni alloggio come evidenzia la relativa tabella (Tab. 20), sono state utilizzate caldaie con potenza nominale di 24 Kw, con temperature di mandata dell'acqua calda di 80°C e di ritorno 60°C, (come già detto a pag. 119, con potenze maggiori della reale necessità) e valore di rendimenti minimi calcolati, al 100% della potenza nominale, stabiliti dalla UNI TS 11300/2 appendice B.2.12 e parametri secondo prospetto B.7 (Tab.21), pari allo 87% e con un indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria E_{pacs} per ogni singolo alloggio, dedotti dal calcolo del fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria (Q_{pacs}) attraverso la UNI TS 11300/2 prospetto 12 (rapportati alle superfici utili (S_u) e corretti in base ai rendimenti di erogazione distribuzione e generazione tenendo conto del periodo invernale ed estivo vedi pag.111), mentre E_{pacs} limite è stato desunto dalla tabella B.1 della legge regionale in funzione della superficie utile (Tab.22).

Piano	Tipologia Unità Immobiliare							
	D1	E1	D2	C3	C4	D3	E2	D4
Settimo	5174	3929	4019	5265	5264	4019	3929	5020
Sesto	4835	3618	3681	4770	4770	4681	3618	3681
Quinto	4835	3618	3681	4770	4770	3681	3618	4681
Quarto	4587	3522	3564	4585	4585	3564	3522	4449
superficie	36.10	32.69	36.10	53.11	53.11	36.10	32.69	36.10
	Tipologia Unità Immobiliare							
Piano	A1		B1	C1	C2	B2	A2	
Terzo	7552		3531	4550	4550	3531	7410	
Secondo	7980		3678	4767	4767	3678	7821	
Piano Rialzato	8621		4005	5181	5181	4005	8495	
superficie	70.35		36.06	53.11	53.11	36.06	70.35	

Tab.20 – Tabella delle dispersioni alloggio per alloggio e suddivisa per piano espresse in Watt

Rendimenti minimi a carico nominale e a carico parziale secondo la Direttiva 92/42/CEE

Il rendimento minimo del generatore a pieno carico prescritto dalla normativa vigente si determina come segue:

$$\eta_{gn,Pn} = A + B \times \log \Phi'_{Pn} \quad [\%] \quad (B.24)$$

dove:

Φ'_{Pn} è la potenza utile nominale espressa in kW, col limite massimo di 400 kW. Se la potenza utile nominale è maggiore di 400 kW, i rendimenti si determinano utilizzando 400 kW nelle formule precedenti;

A, B, sono i parametri riportati nel prospetto B.7.

prospetto B.7 Parametri per la determinazione dei rendimenti minimi

Tipo di generatore	A	B		
Generatore standard	84	2		
Generatore a bassa temperatura	87,5	1,5		
Generatore a condensazione	91	1		

Tab.21 – Tabella tratta dalla UNI TS 11300/2 dei rendimenti minimi del generatore

Superficie utile	<50 m ²	50 m ²	200 m ²	>200 m ²	
EP _{acs}	15,70	16,00	11,70	12,00	Per edifici situati in centri storici
EP _{acs}	9,80	10,00	7,30	7,50	Per tutti gli altri edifici

Tab. B.1 Valore limite dell'indice di prestazione energetica EP_{acs} in kWh/m²anno per Edifici residenziali della classe E1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme nonché edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari.

Tab.22 – Tabella dei valori dell' E_{pacs} limite in base alla legge regionale

L'ipotesi sopra menzionata nasce sostanzialmente dalla considerazione che in genere il primo intervento di riqualificazione che si effettua su un edificio è quello relativo agli impianti (ristrutturazione o sostituzione degli stessi).

Fatte tutte le apposite premesse si procede con il calcolo del fabbisogno in termini di energia termica ideale ($Q_{H,nd} = Q_H$), espresse in MJ e poi riportate in Kwh/anno, con il calcolo dell'energia primaria richiesta (Q_p), espresse in MJ e poi riportate in Kwh/anno, calcolate su base mensile, ottenute tramite il rendimento globale (η_g sulla scorta delle ipotesi citate) e trovando così le prestazioni energetiche per la climatizzazione invernale (E_{pi}) espressi in Kwh/m², e poi proseguendo con il calcolo dell'energia per la produzione di acqua calda sanitaria (Q_{pacs}), espresse in MJ e poi riportate Kwh/anno, per arrivare alla determinazione delle prestazioni energetiche per la produzione di acqua calda sanitaria (E_{pacs}), espresse in Kwh/m² e anch'esse calcolate su base mensile, con i

relativi limiti come da normativa per poter in fine procedere alla classificazione energetica di ogni alloggio dell'edificio (Tab.23).

Piano	Alloggio	Su [mq]	Perdite per trasmissione e ventilazione QH _{tot} [Kwh/anno]	Fabbisogni energetici				Indici di prestazione energetica						Rendimento		Classe Energetica
				QH _{ed} [Kwh/anno]	Q _p [Kwh/anno]	Opacs [Kwh/anno]	Epi [Kwh/mq anno]	Epacs [Kwh/mq anno]	Ep _{tot} [Kwh/mq anno]	Ep _{limite} [Kwh/mq anno]	Eta g [%]	Eta g limite [%]				
P1	A1	70.35	158653.81	13940.96	20203.11	1236.75	287.18	17.58	304.76	85.05	69.00	79.12	G			
	B1	36.06	7007.18	5294.33	8555.67	688.39	237.26	19.09	236.33	9.80	61.88	79.12	G			
	C1	53.11	10120.57	7930.58	12104.62	997.94	227.92	18.79	246.71	9.94	65.52	79.12	G			
	C2	53.11	10123.53	7933.63	12108.71	997.94	227.99	18.79	246.78	9.94	65.52	79.12	G			
	B2	36.06	7571.37	5765.30	9215.93	688.39	255.57	19.09	214.66	9.80	63.56	79.12	G			
	A2	70.35	16515.96	13765.81	19971.87	1236.75	283.89	17.58	301.47	85.05	68.93	79.12	G			
P2	A1	70.35	14846.58	12168.43	17867.14	1236.75	253.98	17.58	253.98	9.63	68.27	79.12	G			
	B1	36.06	6113.31	4562.32	7305.11	688.39	202.58	19.09	216.78	9.80	64.14	79.12	G			
	C1	53.11	8966.44	6744.65	10515.36	997.94	197.99	18.79	216.78	9.94	64.14	79.12	G			
	C2	53.11	8966.44	6744.65	10515.36	997.94	197.99	18.79	216.78	9.94	64.14	79.12	G			
	B2	36.06	6480.61	4727.39	7795.96	688.39	216.19	19.09	235.28	9.80	60.64	79.12	G			
	A2	70.35	14846.58	12020.03	17632.17	1236.75	250.64	17.58	248.22	9.63	68.17	79.12	G			
P3	A1	70.35	14044.46	11372.27	16759.41	1236.75	238.23	17.58	247.81	9.63	67.86	79.12	G			
	B1	36.06	5823.22	4066.99	6908.19	688.39	191.58	19.09	210.67	9.80	58.87	79.12	G			
	C1	53.11	8542.77	6316.97	9941.71	997.94	187.19	18.79	205.98	9.94	63.54	79.12	G			
	C2	53.11	8542.77	6316.97	9941.71	997.94	187.19	18.79	205.98	9.94	63.54	79.12	G			
	B2	36.06	6190.52	4431.60	7398.57	688.39	203.17	19.09	224.26	9.80	59.90	79.12	G			
	A2	70.35	14044.46	10971.89	16196.82	1236.75	230.23	17.58	247.81	9.63	67.74	79.12	G			
P4	D1	36.10	7919.29	6228.80	9833.13	689.15	272.39	19.09	291.48	9.80	63.35	79.12	G			
	E1	32.69	5892.36	4381.97	7316.45	624.05	223.81	19.09	242.90	9.80	59.89	79.12	G			
	D2	36.10	5926.03	4246.75	7149.17	689.15	198.04	19.09	217.13	9.80	59.40	79.12	G			
	C3	53.11	8613.35	6396.25	10047.99	997.94	189.19	18.79	207.98	9.94	63.66	79.12	G			
	D4	36.10	8614.28	6397.19	10049.16	997.94	189.21	18.79	208.00	9.94	63.66	79.12	G			
	E2	32.69	5926.03	4246.75	7149.17	689.15	198.04	19.09	217.13	9.80	59.40	79.12	G			
P5	E2	32.69	5892.36	4381.97	7316.45	624.05	223.81	19.09	242.90	9.80	59.89	79.12	G			
	D4	36.10	7919.29	6053.67	9604.39	689.15	266.06	19.09	285.15	9.80	63.03	79.12	G			
	D1	36.10	8374.06	6691.00	10454.20	689.15	289.59	19.09	308.68	9.80	64.00	79.12	G			
	E1	32.69	6072.76	4559.52	7555.51	624.05	231.13	19.09	250.22	9.80	60.35	79.12	G			
	D2	36.10	6149.53	4468.62	7447.57	689.15	206.30	19.09	225.39	9.80	60.00	79.12	G			
	C3	53.11	8969.86	6751.29	10525.39	997.94	198.16	18.79	216.95	9.94	64.15	79.12	G			
P6	C4	53.11	8970.79	6752.14	10525.39	997.94	198.18	18.79	216.97	9.94	64.15	79.12	G			
	D3	36.10	6149.53	4468.62	7447.57	689.15	206.30	19.09	225.39	9.80	60.00	79.12	G			
	E2	32.69	6072.76	4559.52	7555.51	624.05	231.13	19.09	250.22	9.80	60.35	79.12	G			
	D4	36.10	8374.06	6515.52	10225.07	689.15	283.24	19.09	302.53	9.80	63.72	79.12	G			
	D1	36.10	8374.06	6691.00	10454.20	689.15	289.59	19.09	308.68	9.80	64.00	79.12	G			
	E1	32.69	6072.76	4559.52	7555.51	624.05	231.13	19.09	250.22	9.80	60.35	79.12	G			
P7	D2	36.10	6149.53	4468.62	7447.57	689.15	206.30	19.09	225.39	9.80	60.00	79.12	G			
	C3	53.11	8969.86	6751.29	10524.22	997.94	198.16	18.79	216.95	9.94	64.15	79.12	G			
	C4	53.11	8970.79	6752.14	10525.39	997.94	198.18	18.79	216.97	9.94	64.15	79.12	G			
	D3	36.10	6149.53	4468.62	7447.57	689.15	206.30	19.09	225.39	9.80	60.00	79.12	G			
	E2	32.69	6072.76	4559.52	7555.51	624.05	231.13	19.09	250.22	9.80	60.35	79.12	G			
	D4	36.10	8374.06	6515.52	10225.07	689.15	283.24	19.09	302.53	9.80	63.72	79.12	G			
P7	D1	36.10	8623.98	6928.37	10805.49	689.15	299.52	19.09	318.41	9.80	64.12	79.12	G			
	E1	32.69	6300.31	4851.47	8018.82	624.05	245.30	19.09	264.39	9.80	60.50	79.12	G			
	D2	36.10	6400.22	4692.59	7795.90	689.15	215.95	19.09	235.04	9.80	60.19	79.12	G			
	C3	53.11	9339.55	7092.99	11034.35	997.94	207.76	18.79	226.52	9.94	64.28	79.12	G			
	C4	53.11	9338.13	7091.50	11032.38	997.94	207.73	18.79	226.52	9.94	64.28	79.12	G			
	D3	36.10	6399.05	4691.42	7794.35	689.15	215.91	19.09	235.00	9.80	60.19	79.12	G			
P7	E2	32.69	6300.31	4851.47	8018.82	624.05	245.30	19.09	264.39	9.80	60.50	79.12	G			
	D4	36.10	8623.30	6756.36	10581.45	689.15	293.12	19.09	312.21	9.80	63.85	79.12	G			
	Totale	2'221.12	420'707.11	323'726.76	507'955.20	41'540.75	228.68	18.70	247.40	9.81	60.02	63.55	79.12	G		
	Media Pesata su Su						229.16	18.82	247.98	9.82	60.00	63.87	79.12	G		
	Media Aritmetica															

Tab.23 – Tabella riassuntiva dei fabbisogni energetici, indici limite e classificazione energetica per ogni alloggio

Il risultato della simulazione evidenzia le scarse prestazioni dell'edificio allo stato di fatto, infatti calcolati con medie pesate si è trovato come limite di E_{plim} , per l'intero edificio, un valore pari a 60.02 Kwh/m^2 e per dell' $E_{pi \text{ TOT}}$ un valore pari a 247.40 wh/m^2 . Tale valore colloca l'edificio nella classe G ai sensi della normativa regionale Allegato 9 (classe G: $E_{ptot} > 210$).

CAPITOLO 5 – IL RUOLO DELLE FONTI DI ENERGIE RINNOVABILI

Il decreto legge 311 del 2006, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il 1 febbraio 2007, modifica e rende operativa la Legge 192 sul risparmio energetico. In particolare rende obbligatorio l'utilizzo di pannelli fotovoltaici, pannelli solari per la produzione di acqua calda e schermature solari esterne per tutti gli edifici nuovi o ristrutturati; con superficie superiore a 1000 m² impone nuovi limiti, via via più stringenti dal 2006 al 2010, al fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale degli edifici ed alle trasmittanze di tutte le componenti dell'involucro edilizio.

Dal primo luglio 2008 sono entrate in vigore le disposizioni contenute nell' "Atto di Indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione degli edifici (D.A.L. 156/08)". L'atto dà attuazione alla Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia e alla Direttiva 2006/32/CE concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia ed i servizi energetici, in conformità ai principi fissati dal DLgs. 192/2005.

La delibera dell'Assemblea, in sintonia con quanto previsto dal Piano energetico regionale, rafforza i requisiti prestazionali relativi agli edifici fissati dal legislatore nazionale, in particolare per quello che riguarda il comportamento energetico degli edifici in regime estivo e il ruolo delle fonti rinnovabili per la copertura dei consumi di energia primaria. Alcuni Allegati tecnici dell'"Atto" sono stati successivamente modificati con Delibera di Giunta Regionale n. 1390 del 21 settembre 2009 "Modifica agli allegati tecnici della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 156/2008".

Tra le varie direttive, il provvedimento inoltre, dispone l'utilizzo obbligatorio delle fonti rinnovabili. In particolare, nel caso di edifici di nuova costruzione ovvero edifici esistenti oggetto di ristrutturazione integrale o in occasione di nuova installazione di impianti termici, l'impianto di produzione dell'energia termica dovrà essere progettato in modo che almeno il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria sia coperto da fonti rinnovabili. E' inoltre, obbligatoria l'installazione di impianti a fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica per una potenza da installare non inferiore a 1 Kw per unità abitativa.

Il provvedimento della Regione Emilia Romagna introduce anche la novità per l'uso delle fonti rinnovabili: nel caso in cui vi sia un'impossibilità tecnica nel realizzare gli impianti a fonti rinnovabili nell'edificio in questione, si possono adottare soluzioni alternative quali il collegamento ad una rete di teleriscaldamento; l'adozione di impianti di micro-cogenerazione; il collegamento a impianti di fonti rinnovabili comunali. La regione prevede, infatti, di realizzare piattaforme fotovoltaiche in ogni territorio [6]. Pertanto, sembra necessario a tal punto eseguire un breve excursus per definire le fonti di energia rinnovabili.

5.1 – Definizione di Energie rinnovabili

Sono da considerarsi energie rinnovabili quelle forme di energia generate da fonti che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano o non sono esauribili nella scala dei tempi umani e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future.

Mentre da un punto prettamente scientifico tale definizione non è rigorosa, in quanto in base ai postulati necessari per definire il primo principio della termodinamica (per cui nulla si crea o si distrugge), tutte le forme di energia sarebbero da considerarsi rinnovabili, da un punto di vista sociale, e quindi politico, si crea la distinzione in uso oggi fra fonti di energia considerate rinnovabili (il sole, il vento, ecc.), il cui utilizzo attuale non ne pregiudica la disponibilità nel futuro, e quelle non rinnovabili, le quali sia per avere lunghi periodi di formazione di molto superiori a quelli di consumo attuale (in particolare fonti fossili quali petrolio, carbone, gas naturale), sia per essere presenti in riserve non inesauribili sulla scala dei tempi umana (e quindi nucleare), sono limitate nel futuro. La classificazione delle diverse fonti è dunque soggetta a molti fattori, non necessariamente scientifici, creando di fatto situazioni di non uniformità di giudizio tra i diversi soggetti interessati.

Come già enunciato, non esiste una definizione univoca dell'insieme delle fonti rinnovabili, esistendo in diversi ambiti diverse opinioni sull'inclusione o meno di una o più fonti nel gruppo delle “rinnovabili”.

Secondo la normativa di riferimento italiana, vengono considerate “rinnovabili” il sole, il vento, le risorse idriche, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione in energia elettrica dei prodotti vegetali o dei rifiuti organici ed inorganici. Tutte queste fonti rinnovabili possono sicuramente procurare molti vantaggi sia a noi che alle generazioni future. Con l'andare del tempo inoltre i costi per la realizzazione dei vari impianti scenderanno notevolmente consentendo a chiunque di realizzare il proprio impianto senza costi eccessivi. Le fonti rinnovabili non inquinano, contribuiscono a tenere pulito il pianeta, fanno risparmiare, ed attualmente sono incentivate in varie forme sia dallo Stato Italiano che da gli enti locali.

Alcune amministrazioni locali inoltre incentivano la diffusione degli impianti solari concedendo svariati benefici quali: riduzione dell' imposta ICI, concessioni di volumetria maggiori, sconti sugli oneri concessori (Bucalossi) ecc.

Le fonti energetiche rinnovabili sono così attuali perché possono contribuire alla risoluzione del problema dell' inquinamento: l'ambiente va difeso in ogni modo. Il problema dell' inquinamento va affrontato al più presto con soluzioni innovative che possono sicuramente ritrovarsi nelle fonti energetiche alternative.

L'Italia sta muovendo ora i primi passi in questo settore e quindi si trova indietro rispetto ad altre nazioni europee che hanno colto il problema molto prima. L'Italia per la sua posizione potrebbe sfruttare molto bene l' energia solare; molto di più di altri stati che si trovano molto più a nord...vedi Germania, Svezia ecc. Queste due nazioni ad esempio hanno fatto del risparmio energetico un cavallo di battaglia.

In Germania ad esempio gli impianti fotovoltaici esistono già da tanti anni grazie soprattutto ad una politica di forti incentivi che ha fatto sì che molti privati installassero gli impianti solari.

Nel presente lavoro viene svolto un approfondimento limitato alle sole energie alternative potenzialmente sfruttabili negli impianti di edifici ad uso abitativo.

5.2 Energia Solare

Dal sole possiamo ottenere sia calore (solare termico) e sia energia elettrica (fotovoltaico). Il calore può essere impiegato soprattutto per scaldare l' acqua di cui si fa un largo uso; l'impianto per la generazione di acqua calda viene chiamato collettore solare o più comunemente ed impropriamente pannello solare. I collettori solari conosciuti più comunemente col nome di pannelli solari sono dei sistemi in grado di trasformare l'energia del sole, in energia termica per il riscaldamento dell' acqua domestica ed anche per il raffrescamento dell' aria.

Il rispetto dell' ambiente impone dei cambiamenti di vita e soprattutto il cercare nuove fonti di energia pulita. Il sole è una fonte di energia pulita ed inoltre è una fonte rinnovabile ossia per così dire, inesauribile.

Attualmente stanno nascendo nuove leggi ed incentivi che favoriscono l'installazione dei collettori solari o pannelli solari. Il loro costo se paragonato ai benefici ed ai risparmi che se ne possono ricavare non è elevato.

5.2.1 – IL SOLARE TERMICO

L'impianto solare termico è costituito dai collettori solari e da un serbatoio per l' accumulo. Il collettore è costituito da pannelli di rame che sono preposti all' assorbimento del calore del sole. Tali lamiere sono ricoperte da uno strato di colore nero che permette di intrappolare meglio il calore.

Possono esistere due generi di collettori solari. Quello a circolazione naturale e quello a circolazione forzata. Nell' impianto solare a circolazione naturale la circolazione del fluido termovettore avviene grazie alla differenza di densità tra tale fluido caldo ed il serbatoio freddo. Nell' impianto a circolazione forzata il fluido viene spinto da una pompa di circolazione.

Esistono vari tipi di collettori solari o pannelli: collettori a tubo sottovuoto e i collettori piani, più diffusi. Il nucleo del collettore piano è il cosiddetto assorbitore che è costituito da lamiere e tubi in metallo. L' assorbitore è sovrastato da un pannello vetrato che serve anche da protezione. L' altro tipo di collettore è quello sottovuoto, nel quale le lamiere per assorbire il calore vengono inserite all'interno di tubi dove viene creato il sotto vuoto. In questo modo le perdite di calore e di energia sono minori.

Il tetto che presenta le migliori caratteristiche per l'installazione dei pannelli solari è quello che ha un'esposizione verso sud/est, sud/ovest e con una inclinazione variabile dai 15° ai 60°. Anche con altre esposizioni più svantaggiose (est o ovest) si riesce ugualmente ad avere buoni risultati aumentando però la superficie del pannello solare.

Il funzionamento e il massimo utilizzo e sfruttamento di un impianto solare si ha logicamente nei periodi più soleggiati. Le regioni più avvantaggiate dunque, sono quelle centrali e meridionali che possono sfruttare molti mesi d'insolazione.

Anche le regioni del nord comunque possono sfruttare molto bene il sole soprattutto nel periodo Aprile-Settembre che risulta quello più soleggiato. In inverno, invece, l'impianto solare potrebbe servire per riscaldare una minima parte dell'acqua, il resto potrà essere fatto dalle attuali fonti energetiche (gasolio, gas).

Un impianto solare può essere utilizzato anche per il riscaldamento della casa. In questo caso però il fabbricato dovrà essere realizzato con un sistema di coibentazione molto alto in modo da impedire tutte le fughe di calore, e la superficie dei pannelli solari dovrà essere raddoppiata se non triplicata rispetto a quella per uso sanitario.

Un impianto solare è sicuramente molto vantaggioso sotto diversi punti di vista, anche economici. Molti vantaggi sono sicuramente per l'ambiente in quanto l'energia solare è un'energia pulita che non inquina; minor consumo di vecchio tipo di energia e quindi risparmio. I pannelli solari inoltre godono della detrazione Irpef e quindi è possibile avere anche un altro ritorno economico.

Vi sono inoltre incentivi per i pannelli solari, da parte del ministero dell'ambiente, regioni e province. Alcune banche inoltre offrono mutui a tasso agevolato.

Un impianto solare termico si dovrebbe ammortizzare in un range di 5/8 anni. Ci sono molti installatori che offrono l'installazione degli impianti solari tramite finanziamenti particolari, da restituire in qualche anno. Questo fa sì che l'impianto si possa pagare, o meglio ripagare esso stesso con i risparmi effettuati grazie all'energia solare gratuita.

Un altro vantaggio di una casa o comunque di un qualsiasi fabbricato dotato di impianto solare è il suo valore commerciale: infatti una casa costruita con determinate caratteristiche che mirano al risparmio energetico ha mediamente dei valori commerciali più alti.

5.2.2 – IL SOLARE FOTOVOLTAICO

Sempre dal sole possiamo ricavare anche l'energia elettrica: è sufficiente installare un impianto fotovoltaico. Ultimamente questo genere di impianto viene incentivato sia da leggi statali che regionali e quindi presenta tutta una serie di convenienze. L'effetto fotovoltaico consiste come già detto nella conversione dell'energia solare in elettricità. Questo processo è possibile grazie a specifiche proprietà fisiche di alcuni particolari elementi, detti semiconduttori.

L'elemento base della tecnologia fotovoltaica è la cella, che può essere realizzata con diverse modalità. La cella è formata da materiale semiconduttore con uno spessore ridotto, alla quale vengono collegati i contatti elettrici. Nella parte anteriore del pannello fotovoltaico troveremo: le celle fotovoltaiche ed un vetro di rivestimento.

Con l'esposizione alla luce la cella produce energia elettrica in corrente continua che poi successivamente verrà trasformata in corrente alternata attraverso un inverter per poter essere utilizzata direttamente nei normali impianti elettrici domestici.

Affinché la tecnologia fotovoltaica possa svilupparsi sempre più, si stanno sperimentando diverse strade. Lo scopo principale della ricerca rimane l'abbassamento dei costi di produzione per rendere gli impianti fotovoltaici più competitivi.

Quando la cella fotovoltaica viene investita da un fascio luminoso (luce solare) questa diviene un generatore di corrente continua.

Il valore dell'irraggiamento solare influenza l'intensità della corrente della cella in maniera direttamente proporzionale. Al crescere dell'intensità dell'energia elettromagnetica si verifica anche un aumento del flusso di elettroni da uno strato all'altro della cella.

La potenza massima estraibile dalla cella viene misurata in watt di picco (Wp). Nonostante la cella fotovoltaica sia il dispositivo fondamentale per la trasformazione dell'energia solare in energia elettrica, questa da sola non avrebbe senso di esistere.

Quindi per generare una certa quantità di energia elettrica è necessario unire diverse celle fotovoltaiche tra loro: ecco quindi che nasce il pannello fotovoltaico, che non è altro che un insieme di celle fotovoltaiche unite o collegate in serie o in parallelo. I moduli più diffusi generalmente sono composti da un numero di celle fotovoltaiche variabile dalle 30 a 36, con un peso di circa 7-8 kg.

La configurazione di un impianto fotovoltaico può essere diverso a seconda dei diversi campi di utilizzo. Si può comunque delineare uno schema generale valido per i diversi impianti fotovoltaici.

Il generatore o campo fotovoltaico genera corrente continua e la convoglia verso il carico, che può essere rappresentato da un' utenza in corrente continua o tramite inverter alternata, o da una batteria che alimenta a sua volta un carico.

Si possono trovare sistemi fotovoltaici isolati o collegati alla rete. Il primo sistema si trova in utenze isolate e lontane dalla rete elettrica: in questo caso si ottiene un sistema fotovoltaico che genera corrente elettrica ed una batteria o accumulatore che servirà appunto per l'accumulo dell'energia elettrica prodotta.

Il sistema fotovoltaico in rete invece, non necessita di batteria in quanto l'energia prodotta può essere convogliata direttamente nella rete elettrica tramite inverter, deputato a stabilizzare l'energia raccolta, a convertirla in corrente alternata e ad iniettarla in rete.

Un impianto fotovoltaico per poter funzionare correttamente ha bisogno dell'installazione di diversa componentistica. Le parti che costituiscono un impianto fotovoltaico sono le seguenti: generatore, cablaggi, connessioni, diodi, dispositivi di sicurezza, sezionatore di circuito, gli accumulatori (nel caso di impianti isolati).

Uno dei principali vantaggi di un impianto fotovoltaico è la scarsa manutenzione di cui necessita. Attualmente la vita media di un impianto fotovoltaico oscilla dai venti ai trent'anni, per cui una volta installati il loro costo inizierà ad ammortizzarsi. Attualmente si stima che il costo di installazione di un impianto si ammortizzi nel giro di dieci anni, dopo di che si potrà iniziare a guadagnare.

Affinché i moduli fotovoltaici riescano a captare e trasformare questo in energia elettrica è necessario e fondamentale che il modulo sia disposto e orientato in maniera ottimale. La ricerca stava mettendo a punto alcuni sistemi di automazione che permettessero ai moduli fotovoltaici l'inseguimento del sole. Questo sistema sicuramente può permettere un irraggiamento migliore in quanto il modulo sarebbe sempre rivolto verso il sole. Tuttavia i costi per realizzare questo genere di impianti automatici sono notevoli e non riscontrano vantaggi nel caso di piccole utenze private. Pertanto, attualmente si consiglia di installare il modulo fotovoltaico in maniera fissa,

ma col miglior orientamento possibile. E' stato stabilito che l'orientamento ottimale è verso il SUD.

Naturalmente il discorso su citato è molto semplicistico in quanto oltre all'orientamento verso il sud è necessario fare anche altri calcoli riguardo all' inclinazione del pannello che varia in base alla latitudine, all' ombreggiamento ecc.

Malgrado i costi per l' installazione dei vari moduli ci sono anche dei vantaggi economici: nessun inquinamento e nessuna immissione di gas serra in atmosfera. Per quanto riguarda i costi c'è da dire che l'impianto fotovoltaico una volta installato necessita di pochissima manutenzione e quindi anche di pochissime spese. Inoltre attualmente con le politiche di incentivazione statali e regionali si può addirittura guadagnare vendendo l' energia elettrica prodotta in surplus oltre al proprio fabbisogno.

5.3 Geotermia

Il calore della Terra è una fonte di energia naturale che da sempre accompagna la storia del pianeta. Per geotermia si intende la disciplina della geofisica che studia l'insieme dei fenomeni naturali coinvolti nella produzione e nel trasferimento di calore sulla Terra. Il termine geotermia deriva dal greco “geo” e “thermòs” ed il significato letterale è calore della Terra. Il calore terrestre nasce nella crosta e nel mantello a causa del decadimento radioattivo di alcuni elementi che li compongono, e successivamente viene trasferito verso la superficie terrestre mediante convezione del magma o di acque profonde. Da qui nascono la maggior parte dei fenomeni come le eruzioni vulcaniche, le sorgenti termali, i geysers, o le fumarole. Questo calore naturale proveniente dal sottosuolo può essere sfruttato per generare energia geotermica.

5.3.1 – GEOTERMIA DIRETTA

La temperatura media del terreno a circa 100 metri di profondità si aggira intorno ai 12°C. La temperatura del suolo aumenta man mano che si scende in profondità, (gradiente geotermico): in media ogni 100 metri la temperatura delle rocce cresce di + 3° C. In alcune particolari zone questa caratteristica naturale del pianeta si accentua con temperature nel sottosuolo leggermente più alte della media, ad esempio a causa di fenomeni vulcanici o tettonici. In queste zone calde l'energia può essere facilmente recuperata anche a basse profondità tramite la geotermia. I vapori provenienti dalle

sorgenti d'acqua nel sottosuolo sono convogliati verso apposite turbine adibite alla produzione di energia elettrica. Il calore sprigionato dai vapori può anche essere riutilizzato per il riscaldamento, le coltivazioni in serra ed in particolare il termalismo.

Le principali applicazioni del vapore naturale proveniente dal sottosuolo sono:

- la generazione di energia elettrica tramite turbine;
- il calore geotermico viene incanalato in un sistema di tubature per servire attività locali di teleriscaldamento.

Per alimentare la produzione del vapore acqueo dal sottosuolo e mantenerlo costante (senza sbalzi o picchi) si immette acqua fredda in profondità. In questo modo gli impianti a turbina possono lavorare a pieno regime e produrre calore con continuità. La geotermia è la fortuna energetica dell'Islanda. L'isola del nord Atlantico basa l'intera sua esistenza energetico-climatica sul naturale equilibrio tra l'acqua calda di profondità e l'atmosfera glaciale esterna. Un equilibrio naturale sfruttato dagli islandesi anche per la produzione di energia elettrica con gli impianti geotermici. La geotermia è una fonte energetica alternativa sfruttabile soltanto in alcuni limitati contesti territoriali. Resta in ogni caso una potenzialità energetica da sfruttare laddove possibile. In Italia la produzione di energia elettrica dalla geotermia è fortemente concentrata in Toscana.

Il calore della terra è un'energia inesauribile ed ecologica. I rifornimenti della terra potrebbero coprire il fabbisogno del mondo per 100.000 anni.

5.3.2 – GEOTERMIA INDIRETTA

Gli esempi sopra riportati si riferiscono ad un utilizzo diretto di tale energia termica. Ma bisogna ricordare che è possibile il suo utilizzo anche in maniera indiretta mediante pompe di calore. È possibile sfruttare questa energia gratuita, presente sotto i nostri piedi, trasportandola in superficie utilizzando come vettore l'acqua contenuta all'interno di sonde geotermiche le quali vengono inserite nel terreno a profondità generalmente variabili tra i 60 e i 120 metri. Per l'utilizzo del calore della terra con la pompa di calore è sufficiente una temperatura relativamente bassa (si parla in questi casi di bassa entalpia); la cosa importante è che si può sfruttare una temperatura che rimane praticamente sempre costante.

La pompa di calore è paragonabile al frigorifero: il frigorifero raffredda all'interno, ma riscalda all'esterno. Anche i sistemi che lavorano mediante pompa di calore possono

riscaldare o raffreddare. In pratica si tratta di un ciclo frigorifero che funziona all'inverso nella funzione riscaldamento.

La pompa di calore aumenta la temperatura mediante compressione del gas di raffreddamento. L'efficienza della pompa dipende dal lavoro che questa deve svolgere, quindi risulta essere più efficiente riscaldare a bassa temperatura per esempio sfruttando un sistema a distribuzione con pannelli radianti (a pavimento, parete o soffitto). Per migliorare l'efficienza il più possibile è anche importante isolare bene l'edificio.

La pompa di calore sfrutta la temperatura terrestre e la rende disponibile al sistema di riscaldamento, comprimendola e portandola sino a 35°C nel caso di sistema di distribuzione interno a bassa temperatura e anche fino a 70°C nel caso di presenza di un impianto a caloriferi tradizionale. Durante l'estate questo processo può venire semplicemente convertito in raffreddamento, garantendo una differenza di 8/10°C, che sono di fatto sufficienti per alimentare sistemi di raffreddamento a ventilconvettori utilizzati per fornire la cosiddetta “aria condizionata”. Alternativamente si può distribuire fresco con impianti a pannelli radianti, ottenendo maggiore efficienza e garantendo nell'ambiente una temperatura di circa 8°C inferiore rispetto a quella esterna.

Un impianto che funziona ad energia geotermica è composto da:

- una sonda geotermica inserita in profondità per scambiare calore con il terreno;
- una pompa di calore installata all'interno dell'edificio;
- un sistema di distribuzione del calore a bassa temperatura all'interno dell'ambiente, di cui ne esistono diversi tipi: impianti a pavimento, pannelli radianti, bocchette di ventilazione, ecc... .

L'energia geotermica viene trasferita tramite la pompa di calore che preleva energia mediante le sonde geotermiche oppure direttamente da una falda acquifera. Durante l'inverno la pompa trasferisce il calore dal sottosuolo all'interno dell'edificio; d'estate la pompa funziona inversamente, scaricando il calore nel sottosuolo.

Per sfruttare il calore che proviene dal sottosuolo è anche possibile collegare l'impianto direttamente al terreno, attraverso delle tubazioni a circuito chiuso al cui interno scorre un fluido termovettore.

Questo fluido, durante la stagione invernale sottrae calore al terreno trasferendolo alla pompa che produce calore per l'impianto di riscaldamento. Nella stagione estiva, la pompa sottrae calore agli ambienti dell'edificio rinfrescandolo, e lo cede al terreno.

Gli impianti geotermici possono sfruttare l'acqua di falda o di un pozzo come sorgente termica. Utilizzando come fonte termica la falda o il pozzo, la resa della pompa di calore è maggiore. In questo modo, la risorsa idrica non viene in alcun modo alterata perché si tratta semplicemente di uno scambio termico.

Se vi è disponibilità di acqua sotterranea per la prossimità di falde freatiche o di laghi od altre sorgenti, questa fonte di energia può essere usata nello stesso modo dell'energia del suolo. In questo caso sono di solito necessarie due perforazioni, una per portare l'acqua alla pompa di calore ed una per restituire l'acqua al sottosuolo. Questo sistema sotterraneo basato sull'acqua, funziona nello stesso modo del sistema basato sul suolo e garantisce la possibilità di scaldare e rinfrescare durante tutto l'anno, giorno e notte. Questo concetto di energia ci rende indipendenti dal gas e dal petrolio.

Di recente si sta sviluppando anche un settore della bioarchitettura specializzato nella mini-geotermia. In quest'ultimo caso non si tratta più della realizzazione dei grandi impianti industriali ma bensì di piccoli impianti condominiali in grado di sfruttare il calore nel sottosuolo per opere di riscaldamento/rinfrescamento degli appartamenti. Questi impianti possono essere realizzati quasi ovunque, attraverso il posizionamento di sonde geotermiche, ovvero uno scambiatore di calore, installato verticalmente, che richiede poca manutenzione e dura 50-100 anni. Il terreno viene, infatti, perforato per un diametro di 10-18 centimetri a pochi metri dall'edificio da riscaldare; vengono inseriti dei tubi a U, al cui interno circola un fluido termovettore che estrae il calore dal terreno. Il costo di realizzazione è però ancora elevato.

Un impianto geotermico permette di risparmiare fino all'80% dei costi di esercizio rispetto ad un sistema tradizionale. L'energia geotermica offre infatti questi vantaggi caratteristici ed unici:

- Rende indipendenti dal prezzo del petrolio e del gas.
- È ecologica dal punto di vista dell'inquinamento, poiché non emette CO₂.
- È ecologica dal punto di vista dell'impatto ambientale poiché non ci sono installazioni visibili all'esterno.
- Non necessita di manutenzione.

- L'impianto è molto silenzioso.
- Non ci sono pericoli di incendio o di emissioni gassose poiché non si ha a che fare con alcun tipo di combustibile (gas, petrolio o derivati).
- Fornisce riscaldamento, acqua calda e raffreddamento 24 ore al giorno, 365 giorni all'anno.

Le pompe di calore funzionano con energia elettrica, ma grazie alla loro efficienza è possibile trasformare mediamente 1kW di energia elettrica in 4,5 kW di energia termica. Un impianto geotermico generalmente si ammortizza in 5 anni dopo i quali con una minima spesa in termini di elettricità sarà possibile avere riscaldamento, raffreddamento e acqua calda in ogni momento.

5.4 IMPIANTI DI COGENERAZIONE

Col termine cogenerazione si indica la produzione ed il consumo contemporaneo di diverse forme di energia secondaria (energia elettrica e/o meccanica ed energia termica) partendo da un'unica fonte (sia fossile che rinnovabile) attuata in un unico sistema integrato. Un esempio è dato dal funzionamento di un'automobile, la potenza prelevata dall'albero motore è usata per la trazione e la produzione di elettricità, il calore sottratto ai cilindri per il riscaldamento dell'abitacolo e la pressione dei gas di scarico per muovere la turbina di sovralimentazione. Lo sfruttamento di calore e pressione non comporta un aumento dei consumi poiché sono scarti del processo di conversione da energia chimica ad energia meccanica attuato dal motore.

Il loro sfruttamento consente a parità di energia primaria immessa (il combustibile) una maggiore quantità di energia secondaria prodotta (movimento, calore). L'energia termica recuperata può essere utilizzata per uso industriale o condizionamento ambientale (riscaldamento, raffreddamento). La cogenerazione viene realizzata in particolari centrali termoelettriche, dove si recuperano l'acqua calda o il vapore di processo e/o i fumi, prodotti da un motore primo alimentato a combustibile fossile (gas naturale, olio combustibile, biomasse, ed altro): si ottiene così un significativo risparmio di energia rispetto alla produzione separata dell'energia elettrica (tramite generazione in centrale elettrica) e dell'energia termica (tramite centrale termica tradizionale). Questo tipo di impianto permette pertanto, di fornire al consumatore due dei più importanti tipi

di energia. Il calore generatosi durante la produzione di elettricità può essere recuperato per la produzione di acqua calda, vapore o calore per essiccazione. Il carburante viene così impiegato al 90 – 95%. Gli impianti di cogenerazione sono per lo più delle centrali termoelettriche a blocco comprendenti un motore a combustione ed un generatore. Il calore residuo utilizzato proviene dal raffreddamento del motore e dai gas di scarico.

L'efficienza può essere espressa in diversi modi, che non sempre portano ad un corretto confronto tra i vari impianti. Si illustrano allora le definizioni adottate dall'Environmental Protection Agency (EPA).

L'efficienza di un processo semplice è il rapporto tra energia conservata, al termine del processo, ed energia immessa.

Dato che i sistemi di cogenerazione producono sia elettricità, sia calore, la loro efficienza totale è data dalla somma dell'efficienza elettrica e dell'efficienza termica. Per esempio un impianto che utilizza 100 MWh di metano per produrre 40 MWh elettrici e 40 MWh termici ha un'efficienza elettrica e termica del 40% ed un'efficienza globale dell'80%.

L'EPA usa preferibilmente un'altra definizione di efficienza nota come «efficacia nell'utilizzazione di combustibile», rapporto tra l'uscita elettrica netta ed il consumo di combustibile netto (che non tiene conto del combustibile usato per produrre energia termica utilizzabile, calcolato assumendo un'efficienza specifica della caldaia dell'80%). Il reciproco di questo rapporto è la quantità netta di calore.

Esistono anche altri indici di valutazione delle prestazioni di un impianto cogenerativo: il primo tra tutti è il cosiddetto IRE, indice di risparmio energetico. Tale indice è definito come il rapporto tra la differenza di potenze introdotte negli impianti singoli per la produzione di energia elettrica e termica separatamente, meno quella introdotta nell'impianto cogenerativo, fratto la potenza introdotta negli impianti separati essendo questa potenza valutata in termini di combustibile a parità di potenza elettrica e termica prodotta dai rispettivi impianti. Tale indice dà l'idea di quanta energia possa essere risparmiata con tali impianti; è possibile tramite semplici calcoli analitici dimostrare che tale indice è dipendente dai rendimenti di riferimento dei singoli impianti definiti questi ultimi come i rapporti rispettivi tra la potenza elettrica su potenza introdotta e potenza termica su potenza introdotta.

Altri indici importanti sono l'indice elettrico definito come il rapporto tra la potenza elettrica prodotta e la potenza introdotta nell'impianto cogenerativo, il coefficiente di utilizzo inteso come somma dei rapporti tra la potenza elettrica e la potenza introdotta e la potenza termica e quella introdotta.

Tutti questi coefficienti sono però relativi ad un determinato istante intervenendo in essi le potenze, e per questo tali indici sono utili a determinare i valori di targa dell'impianto vale a dire i valori di massime prestazioni di impianto.

Molto spesso conviene riferirsi ad un periodo di tempo finito e valutare gli indici in tale periodo: ciò equivale a valutare gli indici in termini di rapporti energetici più che di potenze, tali valutazioni sono importanti perché permettono di stabilire dove è più conveniente realizzare un dato progetto di impianto cogenerativo, in funzione dei consumi energetici che in tali zone si ottengono.

Infine, l'indice di risparmio economico che è definito come il rapporto tra i costi che si avrebbero comprando energia dall'esterno meno i costi che si hanno comprando combustibile per alimentare l'impianto cogenerativo che si vuole costruire e che produce un'uguale quantità di energia che si vuol comprare, fratto il costo dell'energia che si vuol comprare. Tale indice permette di valutare la convenienza economica che un simile progetto comporta, naturalmente una corretta e completa valutazione economica implica un calcolo di spese per il mantenimento dell'impianto e relativi investimenti.

La cogenerazione è una tecnologia che consente di incrementare l'efficienza energetica complessiva di un sistema di conversione di energia. Ma per spiegarne il motivo occorre analizzare i rendimenti.

Il coefficiente di rendimento è caratteristico per ogni tipo di motore e rappresenta il rapporto tra la resa energetica che ne deriva ed il combustibile introdotto. Nel motore di una automobile indica il rapporto tra i chilometri percorsi e la quantità di idrocarburi introdotti; nei grandi motori per la produzione di energia elettrica il coefficiente indica il rapporto tra chilowattora prodotti e il combustibile consumato.

Questi rapporti sono caratteristici per ogni tipo di motore. Ad esempio i motori di auto a benzina presentano rendimenti che oscillano tra il 20 ed il 30 per cento; auto con motori diesel tra il 25 ed il 35 per cento, il restante diventa calore disperso.

I grandi motori hanno un'efficienza maggiore e, pur generalizzando molto, si può affermare che per i motori termoelettrici, il coefficiente di rendimento è discretamente

alto e può raggiungere un 55%. Ma il medesimo motore quando produce in cogenerazione presenta coefficienti che raggiungono l'85%, perché il potere calorifero del combustibile è utilizzato al meglio, con un'effettiva ottimizzazione dei processi.

Naturalmente gli investimenti per adattare i motori di una centrale termoelettrica alla cogenerazione sono notevoli, ma qualora sia possibile creare una rete di teleriscaldamento, i risultati sono sempre vantaggiosi. Va considerato infatti il periodo di utilizzo di queste macchine, che arriva anche a 30-40 anni.

Il più comune esempio di impianto cogenerativo è quello realizzato con turbogas/motore alternativo e caldaia a recupero. I fumi del turbogas o del motore alternativo vengono convogliati attraverso un condotto fumi nella caldaia a recupero. Il recupero può essere semplice, qualora non esista un post-bruciatore, o un recupero con post-combustione in caso contrario. I fumi in caldaia permettono di produrre acqua calda, vapore saturo o vapore surriscaldato. Solitamente si utilizza acqua calda per scopi di riscaldamento, vapore saturo per utenze industriali e vapore surriscaldato per turbine a vapore e utenze.

In definitiva si ottiene produzione di energia elettrica attraverso l'alternatore accoppiato al turbogas ed eventualmente attraverso l'alternatore accoppiato al turbo-vapore, e produzione di energia termica sotto forma di vapore, sfruttato poi dalle utenze connesse. In presenza di turbo-vapore si ottiene un ciclo combinato in cui la dispersione energetica è minima e consiste in maggior parte nel calore immesso in atmosfera dai fumi in uscita dalla caldaia a recupero.

Per quanto riguarda il fluido evolvente questo è solitamente l'acqua che, in molti casi, raggiunge lo stato di vapore surriscaldato, ma in altri può raggiungere temperature non sufficientemente alte. Per questo motivo vi sarà bisogno di scambiatori di calore intermedi per aumentarne la temperatura.

Più raramente il fluido evolvente è l'aria che presenta però il difetto di avere un coefficiente di scambio termico convettivo troppo basso e quindi sono richieste superfici di scambio termico ben più elevate.

Per quanto riguarda i motori a combustione interna, generalmente solo il 33% dell'energia totale disponibile viene trasformata in energia meccanica, il resto in parte perduta a causa dell'irreversibilità presenti nel motore pari ad un altro 33% dell'energia

totale ed infine l'ultimo 33% viene emessa nell'ambiente esterno sotto forma di energia termica che va in definitiva perduta.

Per recuperare tale calore altrimenti perduto si utilizzano diversi scambiatori di calore: un primo scambiatore che permette il raffreddamento dell'olio lubrificante, è disponibile a bassa temperatura (non oltre gli 80 °C), un altro scambiatore per il raffreddamento dell'acqua destinata a refrigerare il motore stesso, ed infine un ultimo scambiatore posto allo scarico del motore che permette di innalzare di molto la temperatura del fluido di scambio termico generalmente, come è stato detto, acqua, che per questo ulteriore scambio termico può arrivare allo stato di vapore surriscaldato. Attraverso tali impianti è possibile produrre energia elettrica e termica. A parte il costo degli scambiatori questo non costituisce una complicazione eccessiva di impianto perché tali motori hanno bisogno per funzionare comunque di un sistema di raffreddamento altrimenti si rischia il surriscaldamento del motore stesso.

Infine, fluidi evolventi particolarmente usati sono gli olii diatermici derivati dal petrolio, che hanno la caratteristica di mantenersi liquidi a pressione atmosferica fino a temperature di 300 °C, ed hanno un punto di solidificazione molto inferiore rispetto all'acqua, cosa che impedisce che gelino nelle condotte.

La cogenerazione con potenza elettrica inferiore ad 1 MW si definisce piccola cogenerazione, e viene effettuata tramite motori alternativi a combustione interna, microturbine a gas o motori a ciclo Stirling.

In estrema sintesi i vantaggi della piccola cogenerazione sono:

- risparmiare energia primaria, nell'ordine del 35-40%, diminuendo i costi energetici;
 - salvaguardare l'ambiente, emettendo in atmosfera oltre un milione di tonnellate di anidride carbonica in meno;
 - zero perdite di distribuzione calore (utilizzato in loco);
 - zero perdite di distribuzione nell'energia elettrica (riversata direttamente nelle linee a Bassa Tensione);
 - limitazione delle cadute di tensione sulle linee finali di utenza;
 - nessuna necessità di costruire grandi locali appositi;
 - limitazione della posa di linee elettriche interrato o tralicci, a parità di risultati.
- Un particolare campo dei sistemi di cogenerazione è quello della trigenerazione.

La trigenerazione implica la produzione contemporanea di energia meccanica (elettricità), calore e freddo utilizzando un solo combustibile. Le tradizionali centrali termoelettriche convertono soltanto 1/3 dell'energia del combustibile in elettricità, mentre il resto viene perso sotto forma di calore. Ne consegue l'esigenza di incrementare l'efficienza della produzione elettrica. Un metodo che va in questa direzione è la produzione combinata di calore ed elettricità (C.H.P.) dove più di 4/5 dell'energia del combustibile è convertita in energia utilizzabile, con benefici sia finanziari che economici.

Il potenziale di risparmio energetico legato all'impiego degli impianti di cogenerazione in combinazione con le pompe di calore elettriche è notevole; grazie ad essi, si potrebbero ridurre del 50% il fabbisogno di energia primaria e le emissioni di CO₂ derivanti dal riscaldamento degli ambienti e dalla produzione di acqua calda.

5.5 TELERISCALDAMENTO

Il termine “teleriscaldamento” indica la situazione in cui la fornitura di energia termica, per uso riscaldamento e/o acqua calda sanitaria, avviene attraverso apposite tubazioni che trasportano il calore generato in una o più centrali dislocate generalmente in zone periferiche dei centri abitati. In questo modo si andranno a sostituire gli impianti di generazione termica tradizionali collocati nei singoli edifici.

L'energia termica viene prodotta in una centrale di cogenerazione che rappresenta il “cuore” del sistema. Il termine cogenerazione, come già detto, indica la produzione combinata di calore ed energia elettrica partendo dalla medesima fonte primaria (es: gas naturale). Il calore generato all'interno della centrale viene distribuito alle varie utenze che sono direttamente collegate con la centrale stessa. Il trasporto del calore, dalla centrale ai punti di consegna presso i singoli edifici della città o del quartiere, avviene mediante un fluido vettore, che può essere acqua calda oppure acqua surriscaldata o vapore, posto in circolazione entro condotte interrate sotto le sedi stradali. La rete di distribuzione collega la centrale alle singole utenze, che possono trovarsi anche a distanza di alcuni chilometri. Il calore verrà ceduto attraverso un semplice scambiatore collocato all'interno dell'edificio che si vuole riscaldare. Lo scambiatore sarà collegato a monte con la rete di teleriscaldamento e a valle con l'impianto di distribuzione esistente

dell'edificio (Fig.37) e andrà così in questo modo a sostituire il tradizionale impianto termico, eliminando quindi le caldaie i bruciatori, le canne fumarie e serbatoi.

Riassumendo sono tre i punti cardine che costituiscono un impianto di teleriscaldamento:

- la centrale termica dove viene prodotto il calore;
- la rete di trasporto e distribuzione del calore costituita da speciali condotte sotterranee;
- le sottocentrali di scambio termico, situate nei singoli edifici dove tramite scambiatori, avviene la cessione di energia termica all'utenza.

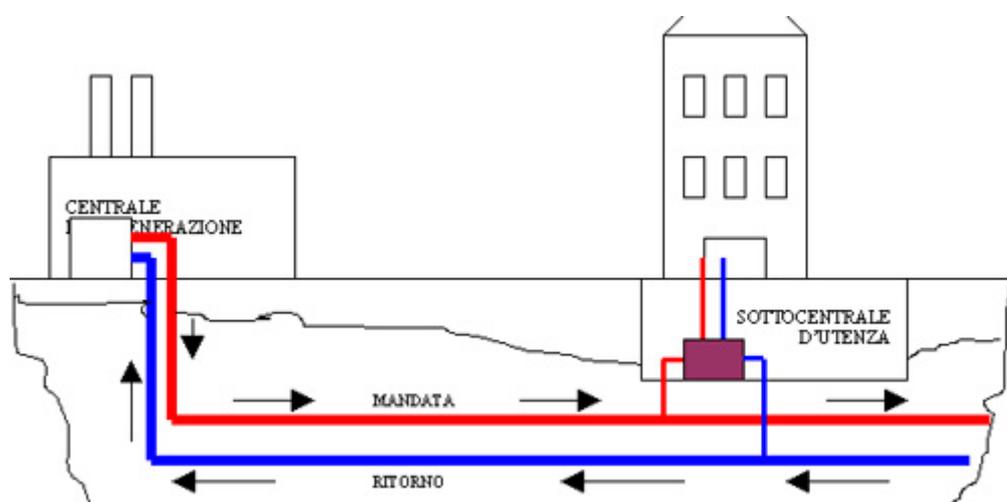


Fig.37 – Schema sintetico di teleriscaldamento

Il teleriscaldamento è un servizio di elevata qualità e, rispetto alle forme tradizionali di riscaldamento, offre notevoli vantaggi sia al cittadino che intende avvalersi del servizio, sia alla collettività. I vantaggi per il cittadino che sceglie di avvalersi del servizio di teleriscaldamento riguardano tre aspetti: sicurezza, comodità, risparmio. La maggior sicurezza è dovuta all'assenza di combustibili e di fiamme libere all'interno dell'edificio teleriscaldato. La combustione, infatti, viene realizzata presso la centrale di cogenerazione, ubicata in luogo lontano dalle abitazioni e comunque sotto il controllo di personale specializzato; si evita in questo modo il pericolo di avvelenamento da fumi, fughe di gas o esplosioni.

Inoltre, gli scambiatori delle sottocentrali d'utenza hanno un livello di affidabilità superiore rispetto ai generatori di calore tradizionali e ciò permette di diminuire i rischi di guasti o interruzioni del servizio. Tale rischio è ulteriormente ridotto dalla presenza in

centrale di caldaie di integrazione e di riserva. La comodità e la semplicità della fornitura sono indubbiamente un altro grande punto di forza che il teleriscaldamento urbano può offrire. Si elimina l'onere di acquisto del combustibile (metano, gasolio, olio combustibile) e si paga il calore "già pronto all'uso" a consumo effettuato. Non si spenderà più per il consumo di m³ di gas metano (o litri di gasolio/olio combustibile), ma l'utente acquisterà direttamente i kWh di energia termica necessari al suo fabbisogno energetico. Naturalmente ogni sottocentrale d'utenza sarà dotata di appositi strumenti per la contabilizzazione dell'energia (conta calorie). Le apparecchiature della sottocentrale sono semplici e quindi gli oneri di manutenzione si riducono al minimo, rispetto a quelli di una centrale termica tradizionale con caldaia e gli apparecchi come caldaie, bruciatori, eventuali cisterne, canne fumarie possono essere eliminati con conseguente recupero di spazi all'interno degli edifici. Il risparmio per l'utenza si traduce in:

- riduzione al minimo degli oneri di manutenzione e gestione dell'impianto.
- si eliminano gli oneri dovuti alla manutenzione periodica che compete alle centrali termiche tradizionali.
- l'utente/amministratore, nel caso molto diffuso di condomini con impianto centralizzato, non dovrà più preoccuparsi di richiedere e rinnovare il Certificato di Prevenzione Incendi (C.P.I.).

Tutti questi vantaggi si traducono in una valorizzazione dell'immobile allacciato alla rete di teleriscaldamento.

La collettività può godere di tutta una serie di benefici: l'utilizzo della tecnologia della cogenerazione permette di produrre in maniera combinata energia termica ed elettrica partendo da un'unica fonte primaria con evidente risparmio rispetto ai sistemi tradizionali di produzione separata di elettricità e calore. Con la cogenerazione al servizio del riscaldamento urbano in Italia è potenzialmente conseguibile un risparmio pari a quasi il 25% della domanda complessiva di energia per riscaldamento. E' evidente come il risparmio in questo settore possa svolgere un ruolo importante nel conseguimento degli obiettivi della politica energetica nazionale, che tende a ridurre l'attuale dipendenza energetica dal petrolio e che si propone di promuovere l'uso razionale dell'energia.

Vantaggi, non meno importanti, si hanno anche dal punto di vista ambientale.

Singoli camini di emissione controllati in centrale, contribuiscono concretamente alla tutela ambientale poiché vengono eliminati gli scarichi di molti camini, spesso collegati a caldaie poco efficienti e molto inquinanti e soprattutto collocati in corrispondenza dei luoghi abitati. Il vantaggio in questo caso è duplice: grazie alla maggiore efficienza di un unico sistema di produzione centralizzato rispetto a tante piccole centrali, si ha globalmente una riduzione delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) ed altri gas responsabili dell'effetto serra (causa dell'attuale riscaldamento globale del pianeta), nonché di sostanze inquinanti come ossidi di azoto (NO_x) e di zolfo (SO_x) e il tanto temuto monossido di carbonio (CO); in più c'è il vantaggio che il punto in cui i fumi di combustione vengono espulsi, si trova in corrispondenza della centrale cogenerativa, generalmente in zona periferica, decentrata quindi rispetto al centro abitato. Per queste ragioni le norme attuative degli accordi internazionali miranti alla riduzione dei gas serra (Protocollo di Kyoto) indicano proprio nel teleriscaldamento uno degli strumenti più efficaci ai fini della riduzione delle emissioni di anidride carbonica.

5.6 SCELTA DELLA FONTE ENERGETICA APPLICABILE AL CASO DI STUDIO

Dopo aver riportato, anche se in maniera sommaria, quello che attualmente la ricerca e la tecnica possono mettere a disposizione della civile abitazione, nel campo delle fonti di energia rinnovabili, si analizza la forma di energia rinnovabile utilizzabile per la copertura dei consumi di energia primaria, con lo scopo di ridurre i consumi di quelle energie non considerabili rinnovabili e contribuendo così alle limitazioni di emissioni inquinanti e climalterabili.

L'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, per la produzione di energia termica ed elettrica, è resa obbligatoria dalla normativa regionale n° 156 , Allegato 3 requisito 6.6 . Si è pensato di adottare, per l'edificio in studio, il solare termico sfruttando l'ottima altezza della struttura e la conseguente mancanza di altri edifici che, nell'arco della giornata, possano inficiare, parzializzando con ombre i collettori solari, la resa del sistema e la buona esposizione della falda rivolta a sud-est.

Per la riqualificazione, si è pensato di predisporre nella centrale termica un allaccio dell'impianto di riscaldamento centralizzato ad una eventuale rete di teleriscaldamento e nel contempo creare lo spazio necessario per poter accogliere in futuro una sottostazione per il teleriscaldamento.

Al momento questa soluzione non è perseguibile in quanto non vi sono reti di teleriscaldamento ad una distanza di 1000 metri, anche se sembra che nei prossimi anni, in questa zona, vi siano progetti che si orientano in questa direzione.

Considerando che la struttura ospita 50 unità abitative e che la normativa regionale n° 156 impone l'obbligatorietà di installare pannelli fotovoltaici per una potenza non inferiore ad 1 Kw per unità abitativa, si è ritenuto di scartare l'ipotesi fotovoltaico in quanto questa scelta avrebbe richiesto per il condizionamento invernale utenze elettriche come pompe di calore. L'adozione di pompe di calore è stata scartata a fronte della notevole pesa a cui bisognava far fronte con conseguenti tempi di ammortamento più lunghi dell'impianto. Altro aspetto negativo delle pompe di calore sarebbe stato quello di un intervento molto più invasivo e radicale all'interno degli alloggi, e ciò esulava dalla filosofia dell'intervento. Inoltre, non bisogna sottovalutare che comunque i pannelli fotovoltaici vanno ad esaurimento al contrario del solare termico.

La soluzione della cogenerazione si è ritenuta non praticabile al nostro caso in quanto richiederebbe una valutazione tecnico-economica molto accurata per la costruzione della centrale di cogenerazione. A livello tecnico richiederebbe calcoli molto precisi sugli effettivi consumi e una valutazione altrettanto precisa sui tempi di ritorno dell'investimento

La geotermia è stata scartata come conseguenza della non perseguibilità del sistema a pompe di calore, cioè interventi troppo radicali e dispendiosi.

Altro problema sensibile per la geotermia, è rappresentato dalle trivellazioni a medie profondità soggette a critiche in quanto, tali trivellazioni sono potenzialmente dannose per le falde acquifere perché potrebbero metterle in comunicazione con inquinanti.

CAPITOLO 6 – ANALISI ENERGETICA DELLE CASE POPOLARISSIME DI VIA VEZZA: INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE

Prima di definire gli interventi di riqualificazione, occorre individuare l'ambito legislativo in cui ricadono gli interventi da attuare. Poiché l'edificio in esame è sito nella regione Emilia Romagna, lo strumento legislativo di riferimento è la legge regionale D.A.L. 156/08 *“Atto di Indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione degli edifici”* .

Nella parte prima al punto 3.1 di tale “Atto” si stabilisce che i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli impianti energetici che vanno applicati alla progettazione e realizzazione degli interventi edilizi trovano:

- a) una applicazione integrale nel caso di edifici di nuova costruzione ed impianti in essi installati, demolizione totale e ricostruzione degli edifici esistenti, interventi di ristrutturazione integrale di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati,
- b) una applicazione integrale ma limitata al solo ampliamento dell'edificio nel caso che il volume a temperatura controllata della nuova porzione di edificio risulti superiore al 20% di quello dell'edificio esistente e comunque in tutti i casi in cui l'ampliamento sia superiore agli 80 metri quadrati,
- c) una applicazione limitata al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni, nel caso di interventi su edifici esistenti non ricadenti nelle tipologie di cui alle lettere a) e b) precedenti, quali:
 - ampliamenti volumetrici, sempre che il volume a temperatura controllata della nuova porzione dell'edificio non risulti superiore al 20% di quello esistente e comunque in tutti i casi in cui l'ampliamento sia inferiore agli 80 metri quadrati
 - ristrutturazione totale o parziale di edifici esistenti di superficie utile non superiore a 1000 metri quadrati
 - manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio
 - recupero di sottotetti per finalità d'uso

- nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici in edifici esistenti
- sostituzione di generatori di calore.

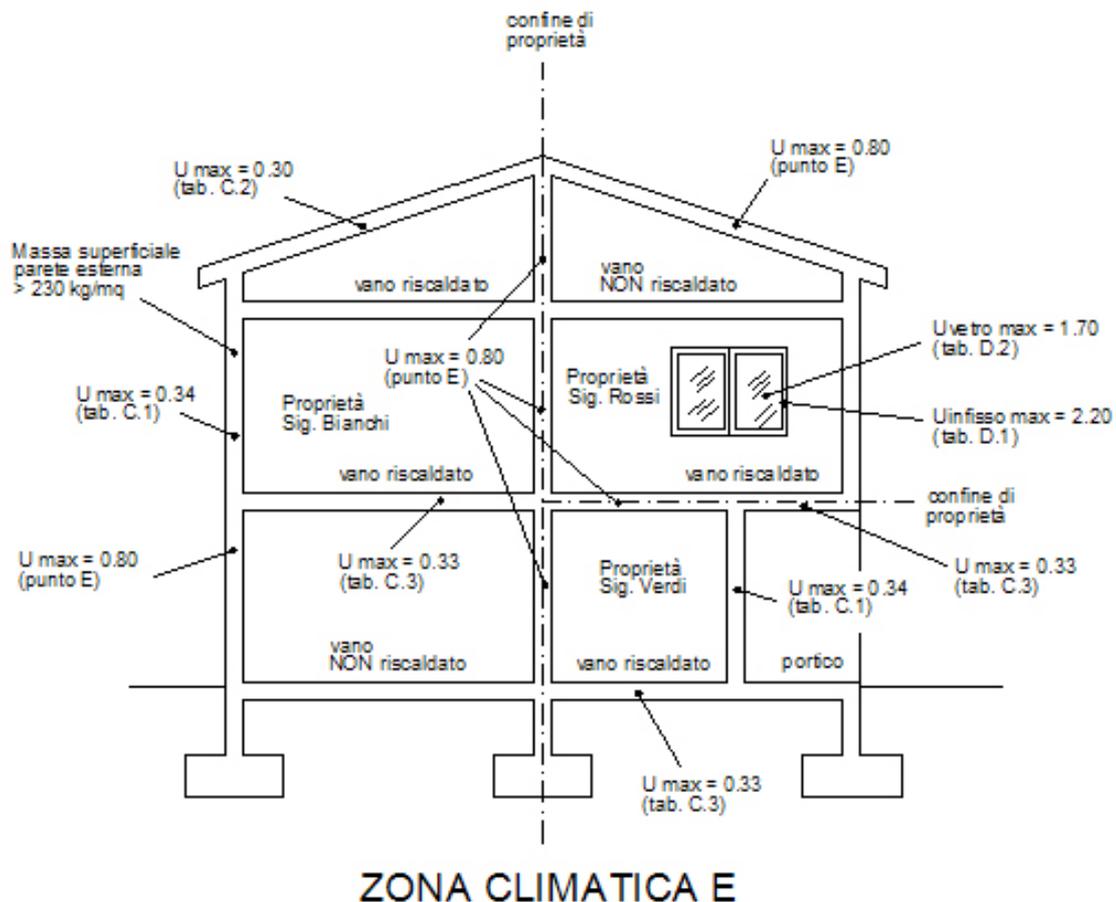
Dopo l'analisi prestazionale dell'edificio allo stato di fatto, si è ritenuto opportuno proporre ipotesi di riqualificazione limitatamente ai casi citati al punto c), prescindendo da eventuali ampliamenti della superficie riscaldata esistente e da ristrutturazioni che coinvolgano l'intero edificio.

I requisiti minimi fissati dalla suddetta normativa, relativi agli interventi riguardanti la manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio, quali ad esempio il rifacimento di pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell'impermeabilizzazione delle coperture e della ristrutturazione degli impianti termici vi trovano definizione nell'Allegato 2 con i relativi riferimenti ai valori nelle tabelle dell'Allegato 3, che riguardano in sintesi:

- la trasmittanza termica delle chiusure opache (strutture edilizie opache che costituiscono l'involucro dell'edificio) non superi i valori limite riportati nelle relative tabelle, (Requisito 6.1.2)
- la trasmittanza termica (U) delle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti nel caso di pareti divisorie verticali e orizzontali, nonché delle strutture opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento (Requisito 6.1.2)
- la trasmittanza termica delle chiusure trasparenti che delimitano l'edificio. (Requisito 6.1.2)
- il rendimento globale medio stagionale
- quando vi sussiste l'obbligatorietà di adottare impianti termici centralizzati, contabilizzazione e termoregolazione del calore nelle singole unità abitative
- definizione del rendimento minimo del generatore al 100% della propria potenza nominale, ugualmente per le pompe di calore; obbligatorietà, ove fattibile, di centraline di termoregolazione programmabili per ogni generatore (termostati ambiente) e dispositivi modulanti per la regolazione automatica della temperatura ambiente (valvole termostatiche)
- verifica dell'assenza di condensa sia superficiale che interstiziale

- obbligatorietà dell'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile e predisposizione delle opere necessarie a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento
- il rispetto dei valori minimi degli indici per la prestazione energetica a riguardo della climatizzazione invernale (E_{pi}) e per la produzione di acqua calda sanitaria (E_{pacs})

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei valori limite delle trasmittanze delle superfici opache e trasparenti tratta dalla normativa regionale n° 156 relativamente alla zona climatica contraddistinta dalla lettera E (Tab. 24)



Tab.24 – Tabella riassuntiva per la zona climatica E relativa alle trasmittanze limite di superfici opache e trasparenti

In conclusione si provvederà a testare le performance energetiche di consumo dell'edificio nell'ipotesi di intervento sull'involucro e sull'impianto di riscaldamento, e di verificare se migliorando le caratteristiche dello stesso sia possibile soddisfare i requisiti minimi di prestazione energetica per la climatizzazione invernale.

Dopo questa dovuta premessa si procede con la descrizione degli interventi pensati per migliorare le prestazioni dell'edificio sia a livello di involucro e sia a livello impiantistico.

6.1 – Riqualficazione dell'involucro

La trasmittanza termica che si vuole raggiungere nell'isolamento delle superfici opache di un edificio da riqualficare energeticamente si può ottenere con diverse combinazioni di soluzioni tecnologiche, da quelle più semplici a quelle più elaborate. L'involucro edilizio è un sistema complesso che svolge funzioni non solo necessariamente legate ad aspetti energetici ma anche altre di primaria importanza, come la funzione statica ed acustica, che non vengono considerate nel presente lavoro, ma che non possono ovviamente essere trascurate in sede progettuale.

Per la riqualficazione delle pareti di tamponamento con l'esterno, ma lo stesso discorso vale anche per le strutture orizzontali, le coperture e i basamenti, le combinazioni sono praticamente infinite.

Nel campo della riqualficazione si parte da una struttura di base quasi sempre inefficiente ed il progettista non può fare a meno di proporre soluzioni tecniche costituite da uno o più elementi di materiale isolante. La presenza di un supporto base in laterizio con un adeguato spessore, con elevata massa e con una buona percentuale di foratura costituisce comunque un buon punto di partenza. Un corretto uso dei materiali isolanti, che posseggono valori di conducibilità termica molto bassi, conferisce ai diversi componenti sui quali vengono applicati alti valori di resistenza termica riducendo, a parità di condizioni al contorno, i flussi di calore.

A tal proposito v'è detto che una tesi di laurea parallela a questa, in collaborazione con il Dipartimento di Architettura, si è già occupata del complesso delle "Popolarissime" trattando però in maniera specifica l'aspetto dell'involucro, ed arrivando a risultati utilizzati in questa tesi come dati di partenza per sviluppi ulteriori.

Son stati analizzati molteplici materiali isolanti disponibili sul mercato; si riporta di seguito una sintesi e alcune indicazioni circa le specifiche dei materiali più utilizzati (Tab.25) :

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	polistirene espanso sinterizzato ESP	polistirene espanso estruso XPS	poliuretano espanso rigido PUR	sughero espanso tostato	fibra di legno	lana di legno in blocchi	fibra di vetro	lana di roccia	perlite espansa	argilla espansa	intonaco isolante
Conducibilità termica λ (W/mk) UNI 10351	0.040	0.034	0.032	0.043	-	-	0.037	0.038	0.066	0.090	-
	0.056	0.041	0.034	0.052	-	-	0.043	0.054		0.120	
Conducibilità termica λ (W/mk) Documentazione commerciale	0.030	0.032	0.024	0.040	0.040	1.149	0.037	0.037	0.066	0.090	0.040
	0.048	0.036	0.034	0.045	0.060	1.189	0.048	0.045		0.120	
Densità ρ (Kg/m3) UNI10351	20	30	25	90	-	-	11	30	100	280	-
	30	50	50	2000	-	-	100	150		450	
Densità ρ (Kg/m3) documentazione commerciale	15	25	25	100	45	600	11	40	30	280	300
	40	55	50	170	280	1100	100	100	150	450	
calore specifico Cp (Kj/KgK)	1.25	1.45	1.30	1.60	2.50	-	0.84	0.84	0.84	0.92	-
coefficiente di dilatazione termica (mm/mK)	0.050	0.070	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ UNI 11351	21.0	87.0	96.0	9.0	-	-	1.3	1.3	-	-	-
	107.0	321.0	193.0	19.0	-	-		-	-	-	-
fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ documentazione commerciale	20.0	80.0	30.0	5.0	2.0	-	1.0	1.0	1.0	1.0	3.8
	130.0	250.0	150.0	10.0	5.0	-		2.0	-	-	
valore di sollecitazione a compressione che porta al 10% di deformazione (Kpa)	30.0	100.0	-	90.0	5.0	-	0.5	0.5	100.0	-	-
	500.0	1000	-	110.0	100.0	-	500.0	500.0	800.0	-	-
classe di reazione al fuoco	E	E	CDE	BCE	E	-	A2	AL	AL	AL	-
								AL FL	AL FL	AL FL	-

Tab.25 – Tabella che riassume alcune indicazioni circa le specifiche dei materiali più utilizzati

6.1.1 – LA COIBENTAZIONE DELLE STRUTTURE OPACHE

Le tecniche di isolamento delle pareti esterne si differenziano per la diversa successione degli strati e quindi il differente comportamento della struttura su cui sono posizionati. Molte volte la scelta del tipo di coibentazione è influenzata da vincoli statici, di ingombro ed estetici che non consentono una effettiva ottimizzazione tecnico-economica. Per le pareti verticali la tipologia di coibentazione adottata più di frequente per ridurre le dispersioni termiche in edifici esistenti, è la coibentazione dall'esterno detta “ a cappotto”. Il principio è molto semplice: posizionare il sistema di isolamento all'esterno della chiusura opaca verticale, da qui la definizione più conosciuta di questa tecnologia di "sistema a cappotto". Questo consiste nell'applicare sulla faccia esterna della parete un pannello di materiale isolante ricoperto da un intonaco, rinforzato da una armatura e completato da uno strato di finitura.

E' un tipo di coibentazione che consente di eliminare i ponti termici e i fenomeni di condensazione del vapor d'acqua, migliora l'inerzia termica dell'edificio e aumenta la temperatura superficiale degli strati costituenti la struttura edilizia.

Questa soluzione è possibile se si dispone di materiali isolanti aventi ottime caratteristiche meccaniche per resistere agli agenti atmosferici e tecniche per consentire una posa adeguata, e in secondo luogo un'adeguata permeabilità al vapore e capacità di assorbimento dell'acqua meteorica quasi nulla per completare i dati prestazionali dei "cappotti esterni".

I materiali più usati sono il polistirene espanso e la lana minerale; sono da evitare feltri in fibre minerali per le loro scarse caratteristiche meccaniche. Solitamente la posa del cappotto è effettuata a circa 2 metri sopra il piano di calpestio per evitare danni da urti.

Questa tecnologia, considerata fino a pochi anni fa nel nostro paese come soluzione ideale per intervenire su edifici esistenti, negli ultimi anni viene considerata anche nella progettazione di nuovi edifici.

Nel momento in cui sono necessarie normali opere di manutenzione straordinaria della facciata esterna, ad esempio il ripristino dell'intonaco, le spese fisse rendono molto conveniente l'installazione anche di un'opportuna coibentazione poichè il valore aggiunto del sistema isolante e della sua posa non influisce molto sulla spesa complessiva. Nel caso si intervenga su un edificio esistente e non esistano particolari

vincoli è opportuno ipotizzare l'applicazione di spessori di isolamento importanti, da 8 a 15 cm, considerando che il costo per centimetro di isolante è relativamente contenuto e l'effetto di incremento della resistenza termica è notevole col crescere dello spessore.

Isolare dall'esterno vuol dire quindi risolvere una delle maggiori criticità degli edifici poiché, se realizzato a regola d'arte, permette un'eliminazione pressoché totale dei ponti termici. Nel caso del sistema a cappotto infatti gli unici ponti termici che potrebbero determinare criticità sono quelli in corrispondenza di solai sporgenti rispetto alle facciate. Il problema è di non semplice soluzione perché in questi punti è necessario soddisfare due esigenze: quella dell'interruzione della continuità della soletta (requisito strutturale) e quella della limitazione della conduzione del calore attraverso il ponte termico stesso (requisito termico o energetico). Una soluzione definitiva del problema la si ottiene realizzando logge o balconi "che si appoggiano su una struttura indipendente ovviamente non sempre possibile su edifici esistenti.

L'isolamento a cappotto non deve quindi essere considerato come la semplice applicazione di uno strato isolante esterno, ma come vero e proprio sistema in grado di garantire prestazioni elevate . Va precisato però che ciò diventa possibile solo se il sistema di coibentazione viene effettuato correttamente da personale specializzato. Lo strato esterno di materiale isolante è infatti sottoposto a notevoli sollecitazioni e deve di fatto assorbire le stesse tensioni di origine termoplastica assorbite interamente dalla parete nel caso di assenza di isolamento esterno. Tali tensioni sollecitano il sistema di isolamento nei punti di fissaggio con la parete.

Le finiture esterne di un sistema a cappotto dovrebbero essere caratterizzate da coefficienti di assorbimento della radiazione solare bassi e presentare un indice di riflessione della luce non inferiore al 20%. Questa limitazione esclude in pratica solo tinte scure.

Esistono principalmente tre metodologie di montaggio di questa tecnologia detta "sistema a cappotto" :

- se la superficie di supporto lo consente, i pannelli isolanti possono essere semplicemente incollati.

L'incollaggio deve bloccare i pannelli lungo i bordi e lasciare una fascia di movimento libera all'interno per poter assecondare i movimenti termoplastici senza produrre lesioni.

Le lastre devono essere applicate procedendo dal basso verso l'alto e sfalsando le fughe verticali tra le varie file. In corrispondenza degli angoli devono essere posati profili d'angolo che vengono incollati direttamente sull'elemento isolante, prima di applicare la rasatura armata con rete. Tra lastra e lastra, sia in orizzontale sia in verticale, non ci devono essere vuoti, né reflussi di massa collante.

È necessario inoltre controllare assiduamente la planarità delle lastre, le quali non devono essere posate sopra giunti di dilatazione.

Occorre lasciare essiccare l'incollaggio per un periodo di tempo di almeno 12 ore.

- la tassellatura è necessaria nei casi in cui la parete da isolare sia intonacata, pitturata o rivestita, in cemento cellulare o alleggerito, spolverante, molto liscia, orizzontale rovescia. Si procede alla tassellatura dopo almeno 24 ore dall'incollaggio. I tasselli devono essere al minimo 5 cm più lunghi dello spessore delle lastre e devono comunque essere infissi nella struttura portante per almeno 3 cm.
- Se il supporto di base risulta fortemente degradato, il sistema a cappotto necessita di un fissaggio meccanico con guide; in questo caso non è necessario alcun trattamento particolare della base di supporto.

Una volta ultimato il fissaggio dei pannelli isolanti si procede a completare la finitura esterna. Molto importante per i sistemi a cappotto è evitare che si possano verificare delle infiltrazioni nello strato isolante, allo scopo devono essere installate delle opportune scossaline di protezione.

Per migliorare la prestazione energetica, per ciò che riguarda le strutture opache, si è seguita la linea adottata dalla tesi di laurea in parallelo a questa (sopra citata) ove si è pensato appunto di adottare un “sistema a cappotto” con l’unica eccezione dello spessore e cioè si è adottato, per la simulazione con MC4, una coibentazione con pannelli di Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) di 12 cm anziché 10 cm. (Fig.38) e per quanto riguarda il solaio sottotetto si è aumentato lo spessore del pannello isolante di lana di vetro passando dallo spessore di 6 cm a 14 cm (Fig.39) .

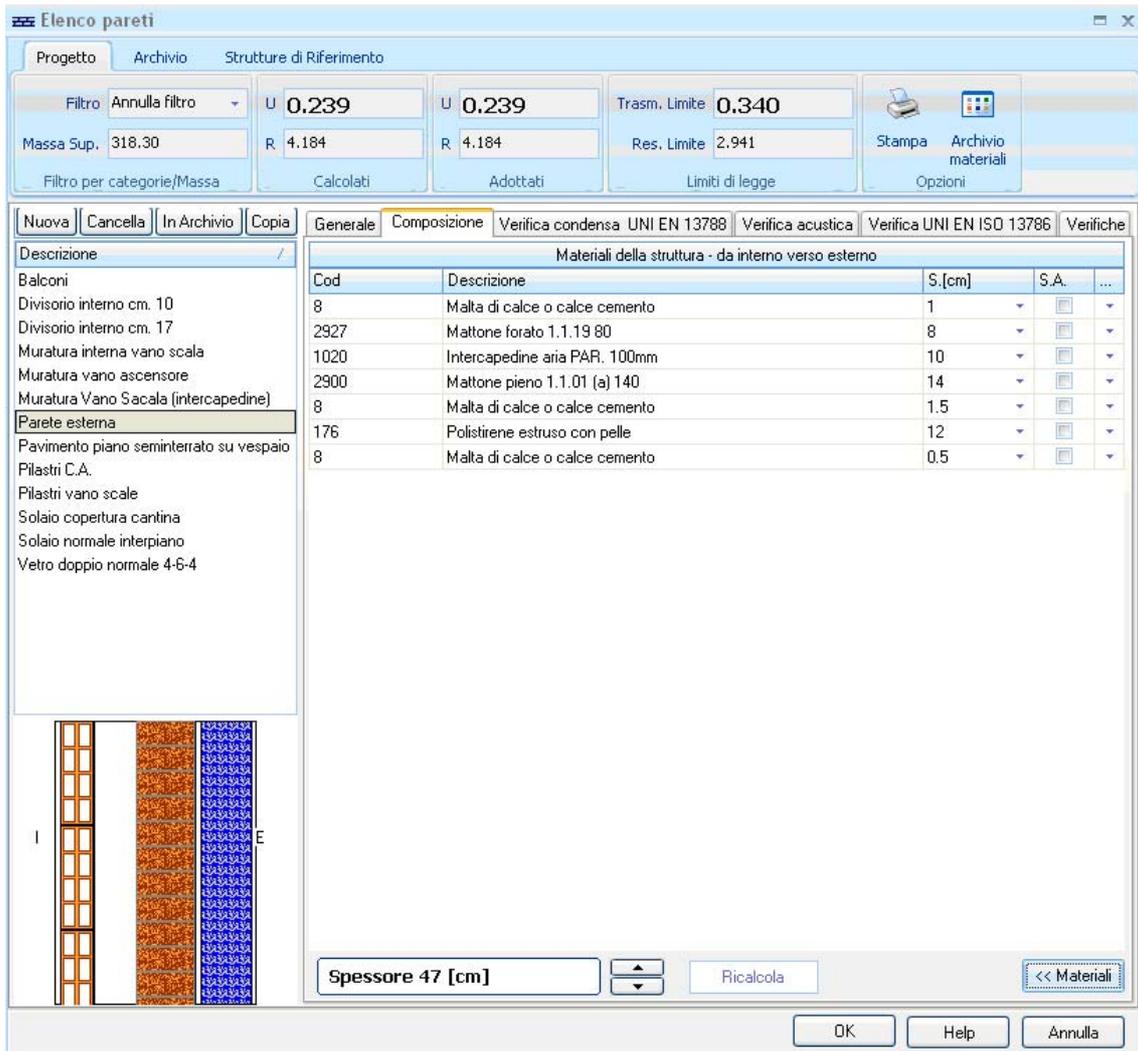


Fig. 38 – Interfaccia grafica MC4-Riquilificazione-Parete esterna di tamponamento

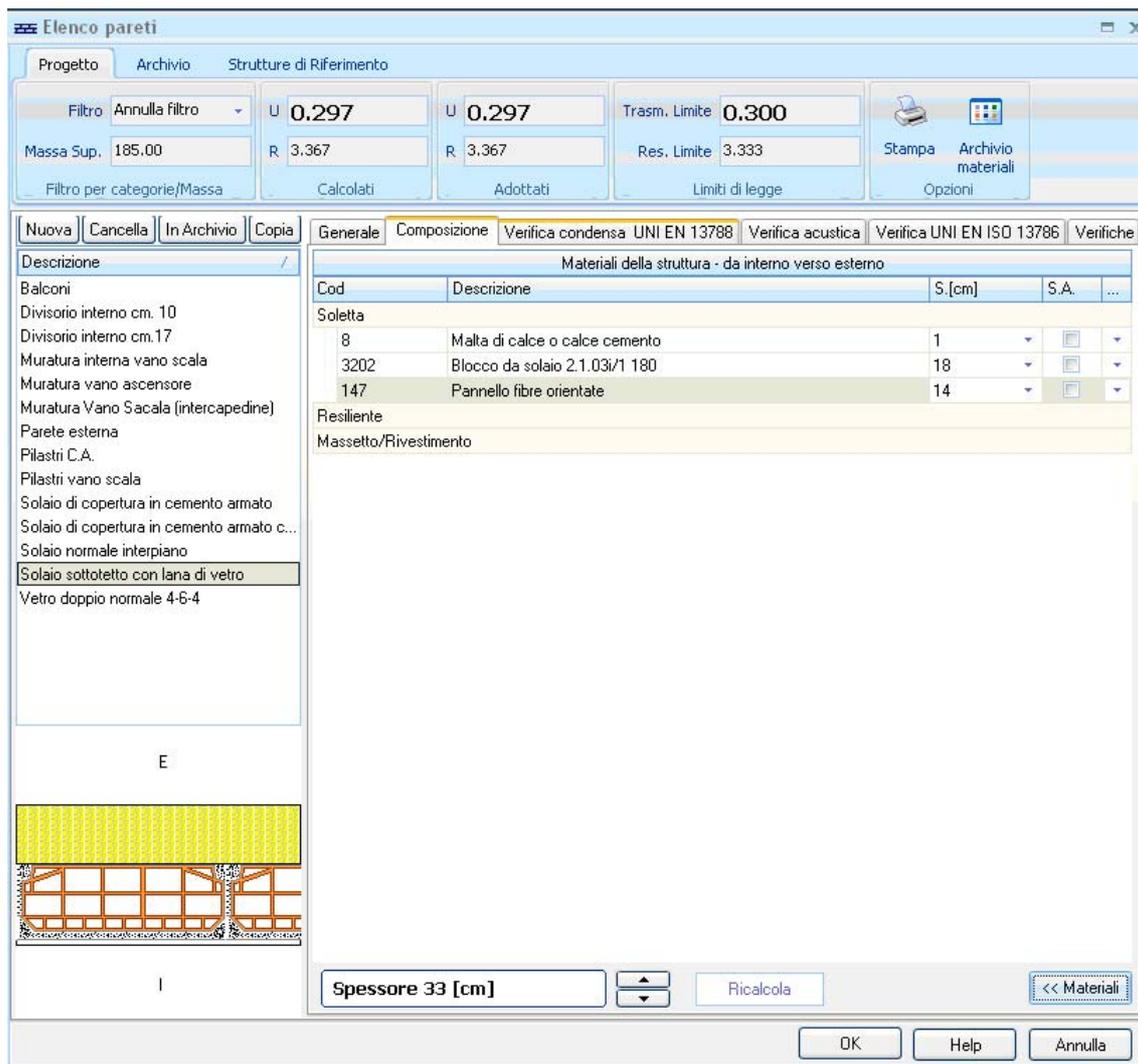


Fig. 39 – Interfaccia grafica MC4-Riqualificazione-Solaio sottotetto

La scelta è stata effettuata anche sulla base dei risultati ottenuti dal confronto delle prestazioni della parete esterna valutata con diversi materiali di coibentazione (Tab. 26)

Descrizione chiusura opaca	Trasmit. U (W/mqK)	Trasmit. limite U (W/mqK)	Massa superf. (kg/mq)	Limite Massa sup. (kg/mq)	Verifica Massa	Capacità termica (kJ/mqK)	Sfasam. (h)	Smorz. (h)	Classe
Parete di tamponamento esterna da 35cm + EPS da 12 cm	0.239	0.34	318.30	230		56.04	7.73	0.46	IV
Parete di tamponamento esterna da 35cm + Lana di Roccia da 12 cm	0.266	0.34	328.12	230		77.20	5.57	0.56	V
Parete di tamponamento esterna da 35cm + Lastra di Sughero da 12 cm	0.285	0.34	327.50	230		56.06	10.86	0.16	II

Tab. 26 – Tabella di confronto della parete esterna con diverse coibentazioni

Bisogna precisare inoltre, che in tutti i casi descritti in tabella, le verifiche termoigrometriche sono risultate soddisfatte (assenza di condensa interstiziale e superficiale).

In sintesi, si è preferita la soluzione a pannelli in EPS poiché risulta possedere le migliori caratteristiche di isolamento termico, a scapito di una non eccellente resistenza meccanica. Dal punto di vista del comportamento estivo, la parete così coibentata, pur non risultando in termini di sfasamento e attenuazione il miglior materiale, migliora notevolmente le performance rispetto allo stato di fatto, passando da una classe IV (mediocre) ad una classe II (buona).

Tra i motivi alla base della scelta, non da ultimo, vi è certamente l'aspetto economico, risultando questo materiale tra i più economici e diffusi in commercio.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva (Tab. 27) delle chiusure opache dove vengono indicate quelle che rientrano nei limiti, quella indicata con “no verifica” in

quanto è una struttura all'interno della stessa zona riscaldata ed in fine, quelle indicate con "in deroga" escluse da verifica per motivi tecnico-economici e perciò mandate in deroga come previsto dalla normativa. Infatti, come si legge nelle stesse relazioni tecniche fornite dall'ACER al tempo del primo intervento, è scritto: "dopo una approfondita analisi della metodologia dell'intervento e nella considerazione che l'integrale ossequio delle norme rischierebbe di snaturare l'edificio, quindi si è ritenuto di intervenire solo su alcune strutture".

Descrizione chiusura opaca e trasparente	Trasmittanza U (W/mqK)	TrasmittanzaU limite (W/mqK)	Verifica
Parete di tamponamento esterna da 47.0 cm - Fig.38	0.239	0.340	si
Parete separazione vano scala 17,5 cm - Fig.23	2.060	0.800	in deroga
Parete divisoria interna 10cm - Fig.24	2.047	0.800	no verifica
Parete divisoria interna degli alloggi 17cm - Fig.25	1.353	0.800	in deroga
Muratura vano ascensore in C.A. 20 cm - Fig.21	2.908	0.340	in deroga
Parete divisoria interna con intercapedine fra gli alloggi e vano scala 35cm - Fig.26	0.951	0.800	in deroga
Solaio interpiano 24cm - Fig.28	1.374	0.800	in deroga
Solaio sottotetto con lana di vetro da 14 cm, totale 33cm - Fig.39	0.297	0.300	si
Solaio di copertura cantina con poliuretano 26cm - Fig.30	0.756	0.800	si
Solaio di copertura tetto in cemento armato con coppi 33cm - Fig.27	0.300	0.300	si

Tab. 27 – Tabella riassuntiva delle chiusure opache nella riqualificazione

6.1.2 – LA SOSTITUZIONE DELLE STRUTTURE TRASPARENTI

Le superfici trasparenti dell'involucro edilizio costituiscono un elemento critico per il comfort microclimatico e per il bilancio energetico degli edifici. Le aree vetrate, da un lato, devono assicurare la sufficiente illuminazione e ventilazione naturale del locale mentre, dall'altro, devono costituire una barriera termica e acustica, garantire allo stesso tempo durabilità e sicurezza delle persone. In un'analisi dell'edificio nelle sue componenti trasparenti oltre ad esaminare il tipo di vetro e di telaio utilizzati è necessario individuare la presenza di sistemi di oscuramento interni o esterni, la tenuta all'aria e la composizione e le dimensioni delle superfici disperdenti del cassetto e del sottofinestra. Questi elementi, concorrono alla definizione delle dispersioni globali

dell'edificio attraverso i suoi elementi trasparenti. Dal punto di vista termico, l'involucro trasparente dovrebbe limitare gli scambi di calore tra interno ed esterno, smorzare le oscillazioni climatiche più rapide con la propria inerzia, assicurare l'equilibrio igrometrico tra interno ed esterno grazie alla propria permeabilità e garantire un adeguato benessere termo-igrometrico per gli occupanti.

Le superfici trasparenti generalmente sono dotate di una massa ridotta e, quindi, agiscono in minima parte come volano termico. Questa proprietà facilita le dispersioni termiche attraverso i vetri per conduzione, convezione e irraggiamento. La prima si manifesta tra le due facce del vetro a temperatura diversa ed essendo legata alla conducibilità termica del materiale non risulta essere particolarmente contenuta. La convezione si innesca in prossimità delle vetrate sempre per la differenza di temperatura tra interno ed esterno, con intensità dei moti che dipendono dalla velocità del vento, dalla temperatura e dall'emissività del materiale.

L'irraggiamento, infine, indica il calore trasferito tramite onde elettromagnetiche tra due corpi posti a differente temperatura. Attraverso il vetro, il calore interno si irradia all'esterno sotto forma di radiazioni infrarosse ed il flusso termico è proporzionale all'emissività dei corpi. Nel caso del vetro, gli scambi per convezione ed irraggiamento si hanno tra le superfici, l'aria e le pareti degli ambienti su cui si affacciano. Nelle varie evoluzioni tecnologiche che si sono susseguite, per ridurre le dissipazioni termiche per conduzione, in un primo tempo, è stato aumentato lo spessore del vetro: alla resistenza termica per conduzione, però, è sempre associata la resistenza dovuta alla convezione superficiale che è indipendente dallo spessore e svolge un ruolo prevalente. Pertanto, anche raddoppiando lo spessore della lastra le dissipazioni termiche non diminuiscono particolarmente. Si è preferito quindi, agire sulla conducibilità termica del materiale: sono state dapprima realizzate doppie finestre, ed in seguito, vetrocamera con intercapedine d'aria o di gas a bassa conducibilità (argon e kripton). L'aria immobile ha una conducibilità termica di $0,02 \text{ W/mK}$, l'argon di $0,01 \text{ W/mK}$ e il kripton di $0,009 \text{ W/mK}$. Il 90% del vetro prodotto a livello mondiale è il classico vetro detto "float" (dall'inglese galleggiare e prende questo nome dal processo di fabbricazione) che ha un'emissività abbastanza alta ($0,837$) e, quindi, favorisce gli scambi termici. Pertanto, per ridurre le dissipazioni per irraggiamento, sono stati inseriti materiali a bassa

emissività nella pasta vetrosa oppure rivestimenti con pellicole (coating) a bassa emissività che riflettono verso l'interno una parte del flusso di calore irraggiato.

I vetri basso emissivi, detti anche vetri a isolamento termico rinforzato, hanno una produzione analoga a quella dei vetri riflettenti a cui si aggiunge un trattamento specifico per riflettere il calore irraggiato dall'interno dell'ambiente, così da ridurre le dispersioni e mantenere un'alta trasmissione luminosa dall'esterno verso l'interno. Sono prodotti tramite il deposito di uno o più strati di ossidi metallici e di metalli ottenuti per polverizzazione catodica sottovuoto spinto in campo elettromagnetico a elevata densità. Le proprietà migliori sono ottenute con depositi di argento e rame, che però comportano un aumento dei costi. Buone prestazioni si ottengono anche con materiali alternativi, come il nitrato di titanio e l'alluminio. Con i coating si possono raggiungere valori di emissività di 0,2 o 0,1 e di trasmittanza pari a $1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, che equivale alla perdita di 8 litri di gasolio per ogni metro quadro di superficie finestrata. Questi vetri riflettono il 90% delle radiazioni prodotte oltre i $2,5 \mu\text{m}$, impedendone la fuoriuscita, mentre la trasmittività della luce solare rimane invariata. Il rivestimento basso emissivo, generalmente, è inserito in faccia 3 partendo dall'esterno, in modo da mantenere più calda la lastra interna.

Vi sono infine i cosiddetti "vetri sottovuoto" che hanno la caratteristica di azzerare gli scambi convettivi nell'intercapedine. L'aspirazione dell'aria, infatti, determina la diminuzione della conducibilità termica a 1/10 rispetto a quella che il materiale avrebbe in condizioni normali. Le finestre con intercapedine sottovuoto sono costituite da due lastre di vetro basso emissivo (3-4 mm) sigillate in modo ermetico sul perimetro e separate da uno spazio evacuato di circa 0,15 mm. Le lastre sono separate da una griglia di distanziatori (o pillar) in lega metallica o in composto ceramico che ne evita il collasso. Il dimensionamento della griglia influenza gli sforzi tensionali e la conduttività delle finestre, in quanto crea un ponte termico tra i due vetri. La trasmittanza caratteristica di questo sistema costruttivo si attesta su 0,6-0,8 $\text{W/m}^2\text{K}$.

Per quanto riguarda i sistemi di vetratura, è meglio scegliere vetri accoppiati e distanziati da camere d'aria contenenti sali disidratati che evitano la formazione di condensa e bloccano il ponte termico tradizionalmente costituito dalle finestre, creando anche un consistente beneficio dal punto di vista acustico. L'intercapedine d'aria immobile e asciutta limita gli scambi termici per convezione, sfruttando la scarsa

conduttività del materiale. Lo spessore della camera d'aria fino a 1,5 cm aumenta la resistenza termica, mentre oltre i 3 cm accresce la convezione dell'aria, con conseguente diminuzione delle proprietà isolanti. Ad esempio un doppio vetro con aria 4-6-4 mm ha una trasmittanza di 3,3 W/m²K e un doppio vetro con aria 6-16-6 mm di 2,7 W/m²K. Le soluzioni più adeguate sono pertanto costituite dai serramenti con doppi e tripli vetri oppure dalle doppie finestre, in cui la presenza di uno strato d'aria interno riduce la trasmittanza del sistema .

L'utilizzo di vetrocamera con gas nobili e a conduttività termica inferiore , come argon o kripton, aumenta le proprietà di isolamento termico del vetro.

Per limitare le dispersioni termiche attraverso le finestre, è opportuno scegliere infissi in legno massello o lamellare, in alluminio a taglio termico o in PVC, che impediscono la continuità del ponte termico tra esterno e interno.

I serramenti in alluminio semplice, costituiti da profili estrusi assemblati per formare il telaio, hanno pessime proprietà di isolamento termico. L'alluminio è un buon conduttore di calore (conducibilità termica λ pari a 200 W/mK) e, di conseguenza, il profilo è facilmente attraversato da un forte flusso termico che mantiene fredda la faccia interna del serramento. L'aria interna carica di umidità, se la temperatura del metallo raggiunge quella di rugiada, condensa quando lambisce le pareti. Per questo motivo, nel tempo si sono diffusi i serramenti in alluminio a taglio termico che separano i lati interni ed esterni del serramento (telaio fisso e ante mobili) mediante l'interposizione di una membrana in materiale plastico a elevata coibenza (generalmente barre di poliammide). Questa soluzione consente di tagliare il flusso termico, interrompendo la continuità metallica del telaio, pur garantendo quella fisica. La riduzione del flusso dipende dal grado di isolamento, dalla dimensione e dalla tecnologia applicativa del materiale interno. La resistenza termica del telaio può essere ulteriormente migliorata riempiendo la camera di separazione del telaio con materiale isolante, generalmente polistirolo.

La tabella di seguito riportata indica valori di trasmittanza di alcuni esempi di vetri e telai a titolo di esempio (Tab.28).

Materiale	Trasmittanza del sistema (W/mqK)		
	Aria	Argo	Krypton
Tipo di vetro			
Doppio vetro classico (float) 4-16-4	2.80	2.70	2.05
Vetrocamera bassao emissivo 4-16-4	1.60	1.01	0.90
Triplo vetro classico (float) 4-16-4	1.09	1.07	1.60
Triplo vetro basso emissivo 4-16-4	0.09	0.07	0.40
Tipo di telaio	Spessore del telaio (mm)		Uf (W/mqK)
Legno	20.00		2.60
	30.00		2.20
	40.00		2.00
	50.00		1.90
	70.00		1.65
	100.00		1.42
	130.00		1.22
	160.00		1.10
Alluminio con taglio termico	4.00		4.20
	6.00		3.70
	8.00		3.50
	10.00		3.30
	12.00		3.20
	15.00		3.10
	20.00		3.10
PVC	due camere		2.10
	tre camere		1.90

Tab. 28 – Tabella a titolo esemplificativo di vetri e telai

Si procede quindi ad analizzare i risultati dal punto di vista delle prestazioni energetiche che si otterrebbero nel caso di sostituzione delle chiusure finestrate installate nell'edificio oggetto di studio.

L'infisso scelto per sostituire l'esistente è in alluminio a taglio termico ($U_f = 2,40$ W/m²K) e la chiusura trasparente è invece affidata ad un doppio vetro 4-12-4 con trattamento basso emissivo 0,05 e argon al 90% nell'intercapedine ($U_g = 1,30$ W/m²K).

Di seguito si riporta la tabella (Tab.29) riassuntiva delle caratteristiche termiche degli infissi adottati.

Descrizione chiusura opaca e trasparente	Trasmittanza U (W/mqK)	TrasmittanzaU limite (W/mqK)	Verifica
Finestra 120x150 cm	2.080	2.200	si
Finestra 110x150 cm	2.129	2.200	si
Finestra 100x150 cm	2.186	2.200	si
Finestra 180x150 cm	2.080	2.200	si
Portafinestra 120x250 cm	2.094	2.200	si
Finestra 60x150 cm	2.080	2.200	si
Portafinestra 100x250 cm	2.200	2.200	si
Finestra 50x150 cm	2.200	2.200	si

Tab. 29 – Tabella riassuntiva delle chiusure trasparenti nella riqualificazione

6.2 – Riqualificazione degli impianti

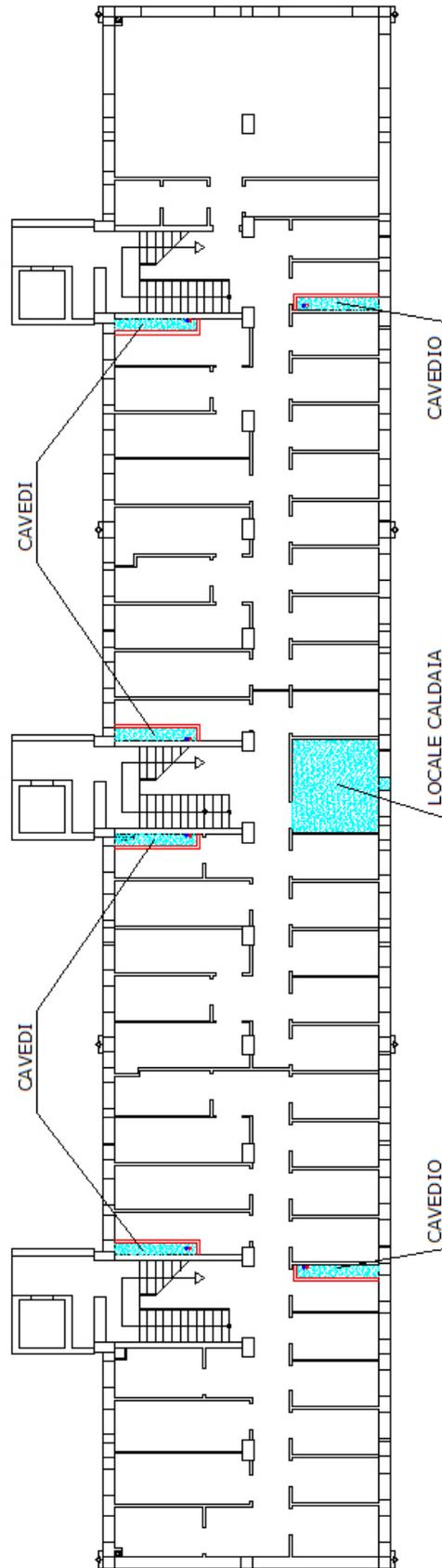
La riqualificazione è stata pensata con una trasformazione degli attuali singoli impianti autonomi, per ognuno dei 50 alloggi presenti nell'edificio oggetto di studio, ad un unico impianto centralizzato; tendenza pure imposta all'Allegato 2 punto 4 dalla normativa regionale n°156 per quanto riguarda edifici di nuova costruzione e con un numero di unità immobiliari superiore a 4.

Attualmente, come già detto e descritto ampiamente nel capitolo 4 paragrafo 4.5, ogni alloggio è fornito della propria piccola centrale termica; si è ipotizzato la completa rimozione delle stesse per installare un'unica centrale termica di grandi dimensioni, a servizio dell'intero edificio, all'interno di un locale caldaie da ricavare in posizione baricentrale nel piano cantinato, sacrificando alcune cantinette.

Si è specificato la posizione baricentrale per poter meglio sfruttare i già esistenti cavedi della struttura e per una migliore razionale distribuzione delle colonne montanti, in termini di percorso, perdite di carico e dissipazioni energetiche.

Per non intervenire troppo radicalmente ed invasivamente sull'impianto termico dei singoli alloggi, e conseguentemente arrecare eccessivo disagio ai residenti, si è pensato di mantenere la stessa distribuzione interna preesistente e gli stessi elementi radianti (radiator in ghisa) descritti al capitolo 4 paragrafo 4.5.

I collegamenti fra la centrale termica ed i vari piani e quindi alloggi, avviene per colonne montanti, opportunamente coibentate, all'interno dei cavedi già esistenti come rappresentati nelle relative tavole (Tav. 21-22).

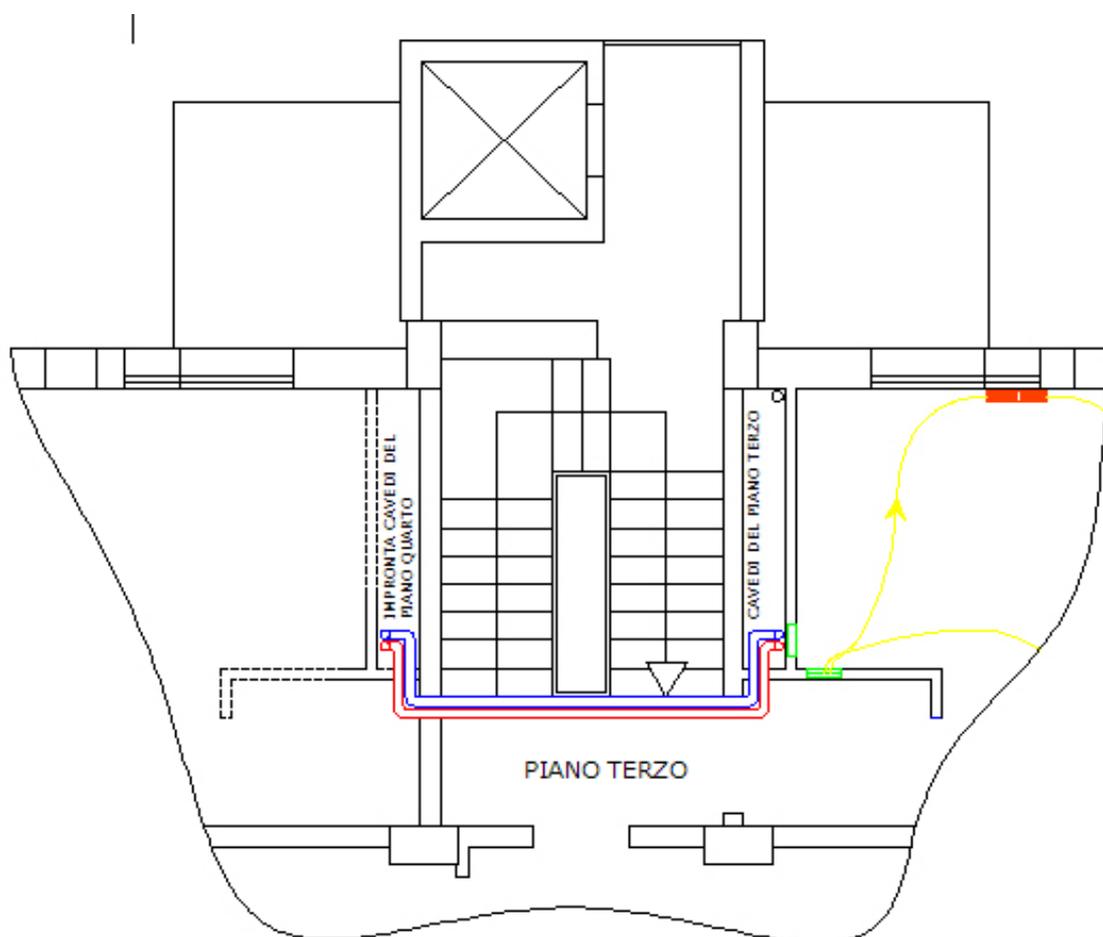


Tav. 21 – Schema planimetrico del piano cantinato con evidenziato il nuovo locale caldaia e i cavedi preesistenti utilizzabili per le colonne montanti in color ciano



Tav. 22 – Schema planimetrico dei piani tipo (primi tre ed ultimi quattro) con evidenziato in color ciano i cavodi e in color rosso gli impianti preesistenti riutilizzabili

Tali cavedi verticali sono allineati in corrispondenza dei vani scala e bagni e a seconda dei piani, in quanto nel passaggio dal terzo al quarto piano vi è una redistribuzione degli spazi interni con conseguente cambio tipologico degli alloggi e dei cavedi stessi. Questa redistribuzione ha comportato una complicazione tecnica nel passaggio delle due colonne montanti tra il terzo e il quarto piano, che dovranno servire gli alloggi alle due estremità dell'edificio. Si è fatto fronte a questo imprevisto, per entrambi i vani scala estremi, attraversando all'intradosso del solaio, debitamente controsoffittato, il vano scale del piano terzo ed andando così ad intercettare il cavedio estremo che prende origine dal pavimento del quarto piano, vedasi relativa tavola dettagliata (Tav. 23).



Tav. 23 – Schema planimetrico del collegamento fra il cavedio del terzo e quarto piano

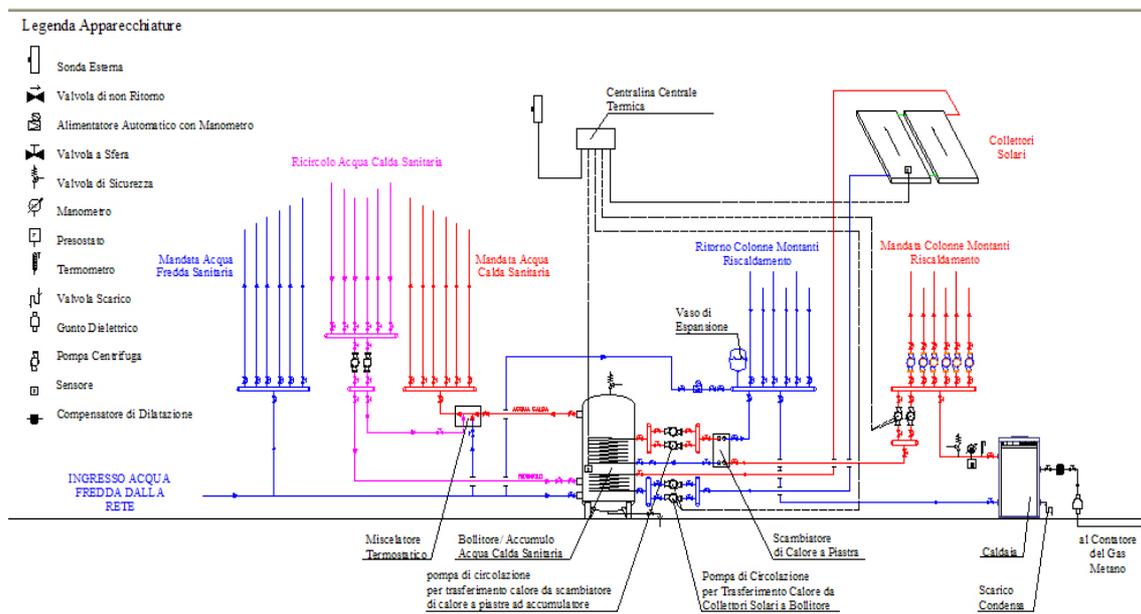
Definita l'ubicazione del locale caldaie, degli opportuni tracciati della linea dell'acqua fredda e del gas metano da addurre nello stesso locale, si descrive l'ipotesi del nuovo impianto.

Gli elementi principali dell'impianto sono la caldaia alimentata a gas metano di rete, una serie di bollitori o accumulatori di acqua calda, una serie di collettori solari da posizionare sul tetto nella falda orientata più verso SUD, elementi contacalorie, da installare in ogni alloggio, che vengono collegati ad un termostato di zona, per calcolare, appunto, le calorie che ogni alloggio consuma.

E' possibile, quindi, una descrizione sommaria del funzionamento dell'impianto. All'interno del bollitore sono ubicati due scambiatori di calore immersi in acqua, proveniente dalla rete idrica; uno dei due scambiatori è collegato direttamente ai collettori solari e costituisce un circuito. Una pompa mette in circolazione il fluido vettore che preleva calore dai collettori solari ed attraverso lo scambiatore, lo restituisce all'interno del bollitore all'acqua ivi contenuta chiuso il tutto gestito da un sensore che regola l'arresto o avvio della pompa in funzione della temperatura al collettore solare. Il secondo scambiatore svolge funzione analoga, in quanto attraverso un circuito chiuso, è direttamente collegato ad uno scambiatore a piastra in cui circola il fluido vettore spinto da una pompa. Il calore che viene prelevato dalla scambiatore a piastra viene, quindi, a sua volta ceduto all'interno del bollitore attraverso il secondo scambiatore. Lo scambiatore a piastra a sua volta, viene collegato alla caldaia attraverso ai collettori di mandata e di ritorno dai quali si staccano le colonne montanti per la distribuzione dell'acqua calda dell'impianto di riscaldamento. La caldaia è collegata al collettore di mandata ed al collettore di ritorno, attraverso due tubi distinti. Dal collettore di mandata si dipartono vari tubi, corredati di pompe, che vanno a costituire, all'interno dei cavedi, le colonne montanti per il trasporto del calore, attraverso il fluido termovettore (nella fattispecie acqua), all'impianto di riscaldamento dei singoli alloggi. All'interno degli stessi cavedi sono localizzati anche le colonne montanti di ritorno al rispettivo collettore in centrale, le quali raccolgono, dopo aver ceduto energia termica, l'acqua in uscita dagli alloggi. Ad ogni piano dalle colonne montanti, di mandata e di ritorno, sono presenti gli stacchi di mandata e di ritorno, che connettono i contacalorie presenti nei singoli alloggi.

Al bollitore è collegato un tubo di carico dell'acqua fredda nella porzione inferiore ed un tubo di uscita dell'acqua calda sanitaria in posizione superiore. Come descritto in precedenza per l'impianto termico di riscaldamento, il tubo dell'acqua sanitaria è collegato ad un collettore dal quale dipartono, all'interno dei cavedi, le colonne montanti dell'impianto di acqua calda dell'edificio.

Nel punto più alto della colonna montante, di mandata, dell'acqua calda sanitaria è previsto un circuito di ricircolo, costituito da un tubo di diametro inferiore rispetto alla mandata, che determina il ritorno dell'acqua calda sanitaria nel bollitore grazie alle pompe di ricircolo, ubicate nella centrale termica, sempre in funzione per poter rendere immediatamente disponibile l'acqua calda all'utenza. La temperatura dell'acqua in tale circuito è mantenuta ad un valore costante grazie ad una valvola a tre vie. E' necessaria una regolazione termostatica, sulla valvola a tre vie, che limiti la temperatura nelle tubature di mandata alle utenze dell'acqua calda sanitari. Tale circuito risulta vantaggioso economicamente in un impianto di grandi dimensioni. La temperatura dell'acqua calda sanitaria, all'interno del bollitore, viene regolata da un sensore che gestisce quando e da quale sorgente (caldaia o collettore solare) necessita di calore. Di seguito viene riportato lo schema dell'impianto della centrale termica (Tav. 24)



Tav. 24 – Schema dell'impianto della centrale termica

Nella fase di progettazione un rilievo importante da eseguire è la definizione del fabbisogno giornaliero di acqua calda, in riferimento al quale si determina la dimensione dell'impianto solare, cioè la superficie dei collettori e il volume del bollitore. Negli edifici residenziali il fabbisogno termico per la produzione di acqua calda rimane costante nel corso dell'anno. Un'indicazione sul fabbisogno di acqua calda di picco, cioè nell'ipotesi in cui tutte le utenze ne fanno uso, è data dal numero di persone che abitano l'edificio. Solitamente il consumo giornaliero procapite di acqua calda a 45°C viene stimato intorno ad un comfort medio di 50 litri procapite al giorno.

Per una situazione con orientamento ideale (orientamento verso SUD, inclinazione circa 30 °), si utilizzano i valori di riferimento di seguito riportati in tabella (Tab. 29) per dimensionare la superficie del collettore.

Zona (Italia)	Superficie Pannelli
	[mq/(50 L/giorno)]
Nord	1.20
Centro	1.00
Sud	0.80

Tab. 29 – Valore di riferimento per il dimensionamento dei collettori

Questi valori di dimensionamento permettono di coprire completamente il fabbisogno durante i mesi estivi, cioè in estate tutta l'acqua calda sanitaria viene riscaldata dall'impianto solare. Calcolato su tutto l'anno, il risparmio energetico ottenuto è di circa 50-80%.

Orientamenti diversi da quello ideale riducono la prestazione dell'impianto molto meno di quanto normalmente si pensi. Nella maggior parte dei casi questo può essere compensato da un minimo aumento della superficie dei collettori. Nella tabella sottostante sono indicati i valori di correzione per i diversi orientamenti. La superficie del collettore calcolata come descritto sopra deve essere quindi divisa per il fattore di correzione riportato nella tabella sottostante (Tab. 30).

Orientamento		Angolo di inclinazione						
Sud:0°	Est/Ovest:90°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0		0.89	0.97	1.00	0.99	0.93	0.83	0.69
15		0.89	0.96	1.00	0.98	0.93	0.83	0.69
30		0.89	0.96	0.99	0.97	0.92	0.82	0.70
45		0.89	0.94	0.97	0.95	0.90	0.81	0.70
60		0.89	0.93	0.94	0.92	0.87	0.79	0.69
75		0.89	0.91	0.91	0.88	0.83	0.76	0.66
90		0.89	0.88	0.87	0.83	0.78	0.71	0.62

Tab. 30 – Fattori di correzione per l'orientamento dei collettori

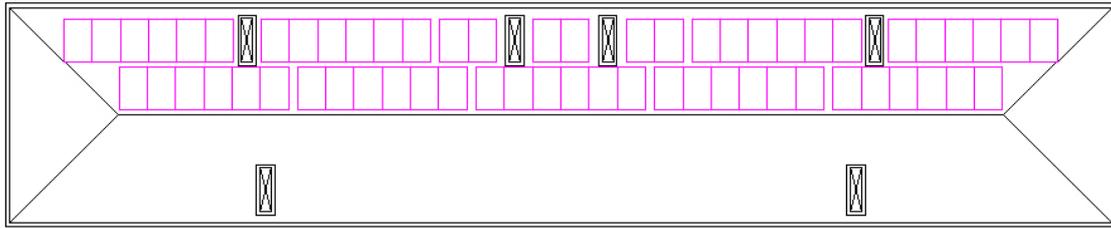
Importante è anche definire le dimensioni del bollitore. Questo serve ad equilibrare la differenza temporale tra la presenza dell'irraggiamento e l'utilizzo dell'acqua calda. Il volume del bollitore corrisponderà circa a 50-70 litri/ (m² superficie di collettore piano). Nel presente lavoro il fabbricato oggetto di studio è composto da 50 alloggi di diversa metratura, (come riportato nelle tabelle 4, 5, 6, 7 e 8) e facendo un calcolo approssimativo, si possono considerare in totale circa 106 persone. Il dimensionamento che ci si presta fare è proporzionato per una copertura del 70% dell'energia annua per la sola produzione di acqua calda sanitaria.

La misura della superficie complessiva dei collettori solari è data dal prodotto tra 106 che sono le persone residenti e 1,2 m² il valore di riferimento per il dimensionamento dei collettori per abitante che consuma in media 50 litri di acqua calda in una giornata, in relazione alla zona Nord dell'Italia.

$$106 * 1,2 = 128 \text{ m}^2$$

Considerando che l'orientamento della falda del tetto forma un angolo di 45° con la direzione Sud e che l'inclinazione della falda è di circa 30°, bisogna compensare la misura della superficie del collettore con un fattore di correzione che corrisponde a 0,97. Quindi il valore della superficie da considerare diventa 130 m².

I pannelli solari che vengono utilizzati hanno una superficie effettiva assorbitore di 2,15 m² e pertanto, sono necessari circa 60 collettori solari per soddisfare il fabbisogno complessivo. Nella tavola seguente viene riprodotto una possibile dislocazione dei pannelli sulla falda del tetto in esame (Tav. 25).



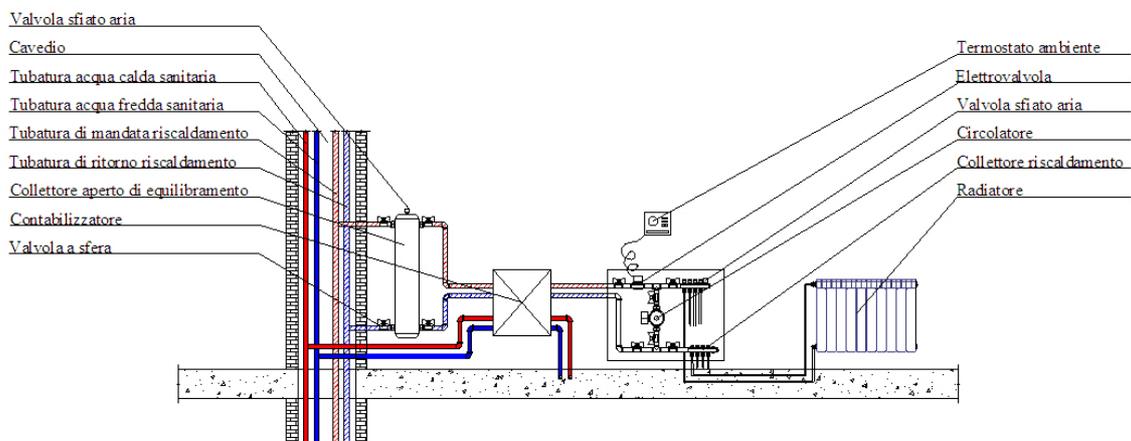
Tav. 25 – Schema di posizionamento dei collettori solari sulla falda esposta a Sud-Est

In relazione alla superficie calcolata per i collettori solari, il volume del bollitore da prendere in considerazione è determinato dal prodotto di:

$$130 \text{ m}^2 * 50 \text{ litri/m}^2 = 6500 \text{ litri}$$

Per soddisfare tale richiesta si ipotizza l'utilizzo di 2 bollitori da 3500 litri.

Secondo la UNI/TS 11300/1 nel presente lavoro è stato preso in considerazione un sistema edificio-impianto costituito da un unico edificio servito da un'unica centrale termica. In ogni alloggio è presente un sottosistema di distribuzione dell'impianto costituito da circuiti secondari che alimentano l'unica zona termica dotata di propria regolazione. Sono stati mantenuti le stesse tubazioni di distribuzione ed i terminali di erogazione preesistenti (Tab.12,13,14,15 e Tav.22), con l'aggiunta di una valvola termostatica. Nell'alloggio, dopo aver eliminato la vecchia caldaia, i collettori presenti sono stati messi in collegamento fra di loro attraverso un circolatore gestito dal termostato ambiente. I tubi che collegavano i collettori con la caldaia sono stati collegati ad un contacalorie che si connette con un collettore aperto di equilibrio che a sua volta ha la funzione di mantenere costante la pressione nell'impianto. All'ingresso del collettore di mandata è stata inserita una valvola termostatica controllata dal termostato ambiente che in funzione della temperatura rilevata in ambiente apre o chiude l'ingresso di acqua calda nell'impianto di riscaldamento e nella modalità di attenuazione o spegnimento arresta il circolatore (Tav. 26).



Tav. 26 – Schema del sottosistema di distribuzione dell’impianto all’interno degli alloggi

6.3 – Risultati di calcolo

Raccolti tutti i dati sugli interventi di riqualificazione fin ora ipotizzati, relativamente all’involucro nel paragrafo 6.1 (strutture opache e trasparenti) ed alla trasformazione dell’impianto di riscaldamento nel paragrafo 6.2, ci apprestiamo a riportare i risultati elaborati dal software.

Come già visto nei paragrafi 6.1, la stratigrafia di tutte le facciate esterne è stata fortemente coibentata. I risultati perseguiti in seguito a questa modifiche sono stati la forte riduzione della trasmittanza della parete di tamponamento esterna e delle trasmittanze lineiche dei ponti termici. Si riportano quindi di seguito i ponti termici corretti, rispetto allo stato di fatto, ed adottati per la riqualificazione (Fig. 40).

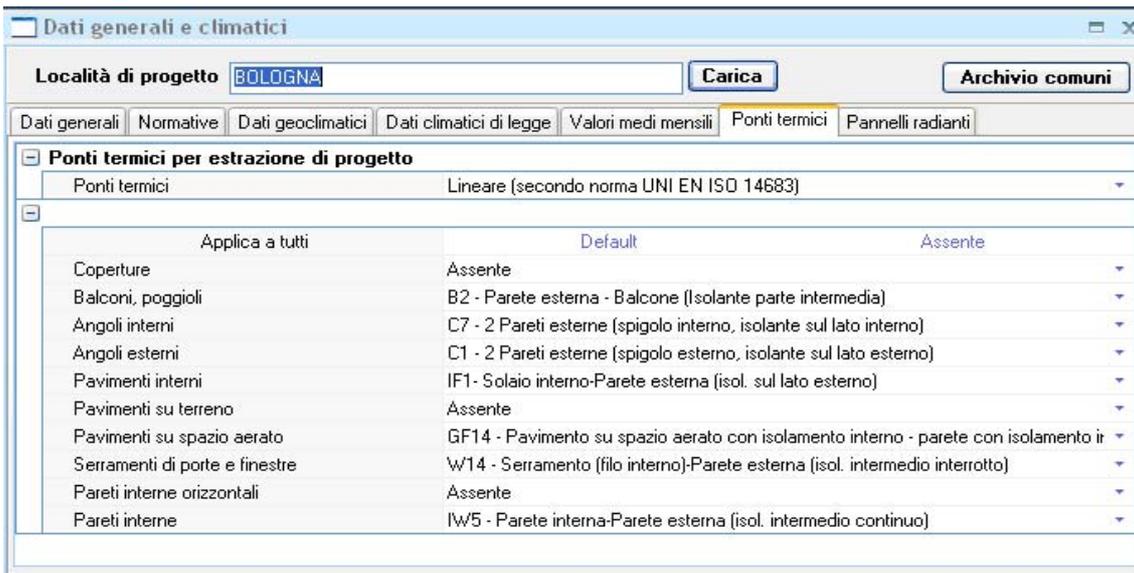


Fig. 40 – Interfaccia grafica MC4-Ponti termici adottati nella riqualificazione

e a seguire riportiamo solo il risultato della verifica termoigrometrica relativa alla parete di tamponamento esterna, di spessore 47 cm coibentata con EPS, in quanto nello stato di fatto era l'unica a presentare criticità di condensa ed ora pienamente verificata (Fig. 41).

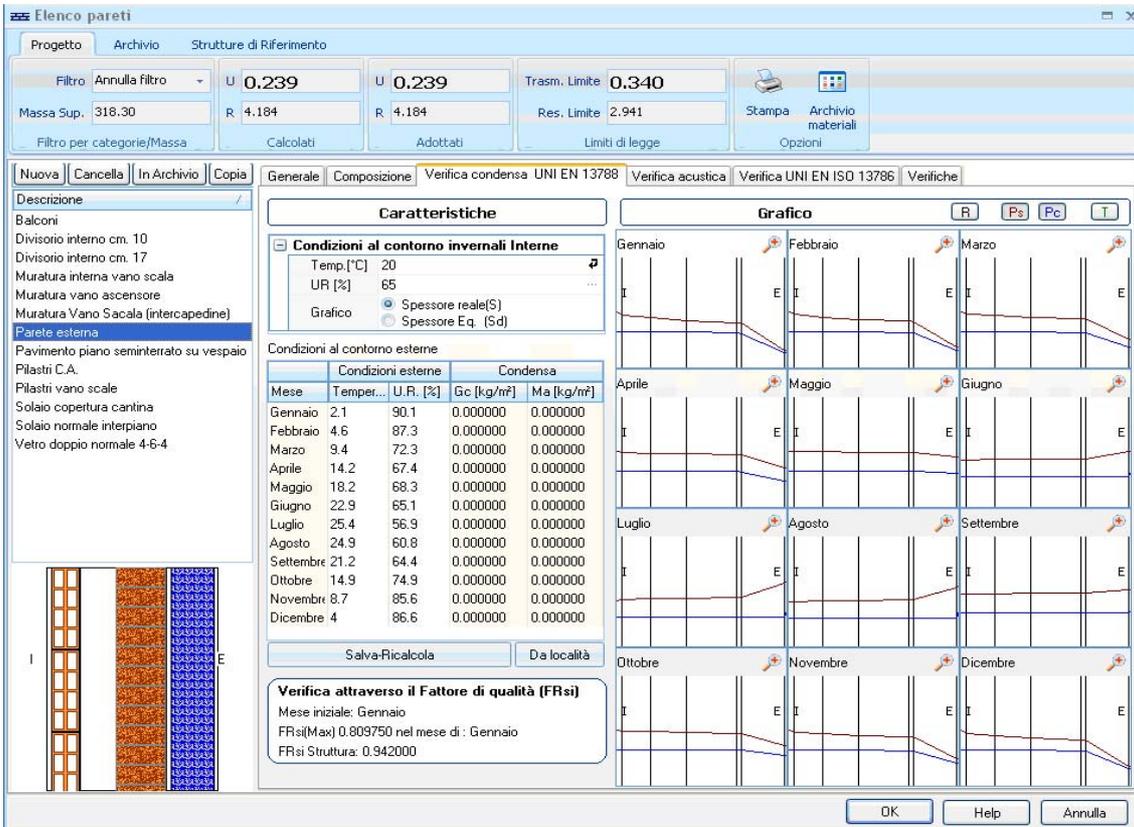


Fig. 41 – Interfaccia grafica MC4-Parete esterna di tamponamento-Verifica termoigrometrica

I dati relativi alla verifica dell'inerzia termica per la sola parete esterna sono già stati riportati nella tabella 26 di pagina 168 e i dati climatici in tabella 17 di pagina 131; stessa cosa per i dati riguardanti la superficie utile, il volume riscaldato e rapporto di forma S/V dell'intero edificio sono stati già schematizzati nella tabella 18 – 19 di pagina 131 e 132 e riassunti per la totalità dell'edificio nella tabella seguente (Tab. 31).

Sup. lorda	Vol. lordo	S/V
3916.15	7669.90	0.51

Tab. 31 – Fattori di correzione per l'orientamento dei collettori

Rapporto S/V necessario assieme ai gradi giorno (GG) per calcolare l'indice Epi, dell'intero edificio, da confrontare con il valore limite di legge.

Contrariamente a quanto già visto nello stato di fatto, nella riqualificazione abbiamo un'impianto centralizzato a servizio di tutti gli alloggi e ciò comporta un'unica zona termica. Il calcolo delle dispersioni (Tab. 32) e dei fabbisogni energetici verrà condotta per l'intero edificio.

Piani	Tipologia Unità Immobiliare								
	D1	E1	D2	C3	C4	D3	E2	D4	
Settimo Sesto Quinto Quarto	8119	7133	7528	8462	8470	7536	6082	8009	61339
superficie	144.40	130.76	144.40	212.44	212.44	144.40	130.76	144.40	1264.00
Piani	Tipologia Unità Immobiliare								
	A1		B1	C1	C2	B2	A2		
Terzo Secondo Rialzato	10705		5794	6291	6438	5788	10609		45625
superficie	281.4		144.24	212.44	212.44	144.24	281.4		1276.16
Totali	Superficie mq		2221						
	Dispersioni Watt		106964						

Tab. 33 – Tabella delle dispersioni per tipologia di alloggio

Per la scelta del generatore di calore, in base alle dispersioni, si può prendere in considerazione una caldaia a condensazione con potenza nominale di 115 Kw, con

temperatura di mandata 65°C e di ritorno 50°C, e che soddisfi i rendimenti minimi imposti dalla normativa.

Come già riportato nel paragrafo 4.6 gli indici di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria E_{pacs} per ogni singolo alloggio sono stati dedotti dal calcolo del fabbisogno di energia termica (Q_{pacs}) attraverso la UNI TS 11300/2 prospetto 12 (vedi pagina 111), mentre E_{pacs} limite è stato desunto dalla tabella 22.

Con il presente progetto si è quindi svolto il calcolo del fabbisogno in termini di energia termica ideale ($Q_{H,nd} = Q_H$), riportate in Kwh/anno, con il calcolo dell'energia primaria richiesta (Q_p), riportate in Kwh/anno, calcolate su base mensile, ottenute tramite il rendimento globale (η_g). Sono state, quindi, definite le prestazioni energetiche per la climatizzazione invernale (EPI) espressi in Kwh/m². Proseguendo con il calcolo dell'energia per la produzione di acqua calda sanitaria (Q_{pacs}), riportate in Kwh/anno, si sono determinate le prestazioni energetiche per la produzione di acqua calda sanitaria (E_{pacs}), espresse in Kwh/m² e anch'esse calcolate su base mensile, con i relativi limiti come da normativa. Ciò ha permesso di compilare la classificazione energetica dell'intero edificio.

Si procede ora alla valutazione delle prestazioni energetiche dell'edificio nell'ipotesi di riqualificazione, sulla base di quanto già scritto nel paragrafo 6.1 "Riqualificazione dell'involucro" (Tab. 34)

RIQUALIFICAZIONE															
Piano	Su [mq]	Fabbisogni energetici				Indici di prestazione energetica							Rendimento		Classe Energetica
		QH,nd [Kwh/anno]	Qp [Kwh/anno]	Qpacs [Kwh/anno]	Epi [Kwh/mq anno]	Epacs [Kwh/mq anno]	Eptot [Kwh/mq anno]	Epacs limite [Kwh/mq anno]	Ep limite [Kwh/mq anno]	Eta g [%]	Eta g limite [%]				
Rialzato, secondo,terzo	957,00	47909,42	54941,37	6628,182	57,41	64,34	7,50	60,47	87,20	80,10					
Quarto,Quinto,Sesto,Settimo	1'264,00	53'314,32	61'197,82	9071,728	48,42	55,59	7,50	58,90	87,12	80,54					
Totale Edificio	2'221,00	101'223,74	116'139,19	15699,91	52,29	59,36	7,50	59,57	87,15	80,35					
Media Pesata su Su					52,91	59,96	7,05	59,68	87,16	80,32					
Media Aritmetica															

Tab. 34 – Tabella riassuntiva dei fabbisogni energetici, indici limite e classificazione energetica dell'edificio

Il risultato della simulazione evidenzia che rispetto alle prestazioni dell'edificio allo stato di fatto, la riqualificazione energetica permette di collocare l'edificio in classe C ai sensi della normativa regionale Allegato 9 (classe C: $60 < E_p \text{ tot} < 90$). Infatti calcolati con medie pesate si è trovato come limite di $E_{p\text{lim}}$, per l'intero edificio, un valore pari a 59.57 Kwh/m^2 e per dell' $E_{pi \text{ TOT}}$ un valore pari a 60.22 wh/m^2 .

6.3 – Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti con il software di calcolo si può concludere che il progetto di riqualificazione proposto ha determinato un notevole miglioramento nel ridurre il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale. I vantaggi sono stati determinati da modifiche apportate all'involucro, cioè con l'applicazione dello strato coibente sul lato esterno dell'edificio e con la sostituzione di tutte le superfici trasparenti (infissi); ma sicuramente la riqualificazione dell'impianto termico con il passaggio da impianto di riscaldamenti autonomi ad un impianto centralizzato ed il posizionamento dei pannelli solari, ha determinato maggiori guadagni in termini energetici e non solo. Tale miglioramento nel suo complesso si traduce con un innalzamento di classe energetica dalla G alla C, cui corrisponde, in regime invernale, un risparmio di energia annuo del 77% rispetto alla situazione attuale (Tab. 35).

Sono diverse le ragioni che hanno portato alla formulazione di tali affermazioni.

- Se il tema della riqualificazione energetica è il presupposto di partenza nel processo di ri-progettazione, dall'analisi dell'edificio e dalle evoluzioni storiche che ne hanno determinato l'attuale conformazione è emersa la necessità di un intervento più "radicale" sull'involucro dell'edificio, coniugando l'aspetto più puramente energetico-prestazionale degli impianti.

- Il valore degli alloggi e quindi dell'edificio nel suo complesso risulta fortemente incrementato; va considerato infatti, che l'applicazione della normativa in esame implica certamente un salto di qualità del fabbricato. Ed infatti, in un'ottica di mercato, il valore di classe energetica è un parametro commerciale rilevante.

Naturalmente tutto questo ha un costo che, probabilmente non sarà indifferente, sia nella fase progettuale, sia nel corso della sua gestione, in quanto pretende non solo la scelta di materiali e di tecniche idonei allo scopo, ma anche la designazione di professionisti esperti e capaci per la bisogna.

Fonti Bibliografiche

TESTI

- Progettazione di Impianti Tecnici – Moncada, Lo Giudice, L. De Santoli – Casa Editrice Santoli
- Riscaldamento degli Edifici – Andeini Pittimada – edizione Hoepli
- Gian Luca Morini – Pdf - Progettazione di Impianti Termici a Pannelli Solari
- Tesi di laurea “Riqualficazione Ambientale ed Energetica nell’Edilizia Sociale, il Caso delle Popolarissime di Via Vezza a Bologna” – Romito Stefano – Facolta ingegneria – dipartimento D.A.P.T.
- G. Gresleri, Francesco Santini e la case popolari, anzi «popolarissime», degli anni Trenta, in Il sogno della casa. Modi di abitare a Bologna dal Medioevo a oggi, a cura di R. Renzi, Cappelli editore, Bologna, 1990

NORMATIVE

- Atto di Indirizzo e Coordinamento sui Requisiti di Rendimento Energetico e sulle Procedure di Certificazioni Energetiche degli Edifici, n.° 156
- UNI TS 11300 parte 1 e 2

SITI INTERNET

- ACER della provincia di Bologna, sito internet ufficiale, www.acerbologna.it
- Caleffi S.P.A.
- Riello S.P.A.

SOSTWARE di CALCOLO

- MC4 Suit 2009