

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA*

*CORSO DI LAUREA INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA*

**TESI DI LAUREA**

in  
Progettazione Sostenibile

**RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E ARCHITETTONICA**

**Il caso del comparto di via Torino-via degli Ortolani a Bologna**

CANDIDATO

Vittorio Specchia

RELATORE:

Prof. Annarita Ferrante

Anno Accademico 2015/16

Sessione III

# **INDICE**

## **INTRODUZIONE**

### **CAPITOLO 1**

EDILIZIA POPOLARE ITALIANA: CENNI STORICI .....	6
LA REALTÀ BOLOGNESE .....	10
CASO DI STUDIO: IL QUARTIERE CAVEDONE .....	17
CARATTERI COSTRUTTIVI DELL'EDILIZIA POPOLARE CASO DI STUDIO: "COFFRAGE TUNNEL" .....	23

### **CAPITOLO 2**

ANALISI ENERGETICA COMPARTO VIA TORINO-VIA DEGLI ORTOLANI.....	28
CALCOLO DEL CONSUMO ENERGETICO DEL COMPARTO VIA TORINO-VIA ORTOLANI .....	52

### **CAPITOLO 3**

SOSTENIBILITÀ.....	87
CONTENIMENTO COSTI/CONSUMI .....	98

### **CAPITOLO 4**

COSTI DI INTERVENTO E PIANO DI AMMORTAMENTO .....	114
---	-----

### **CAPITOLO 5**

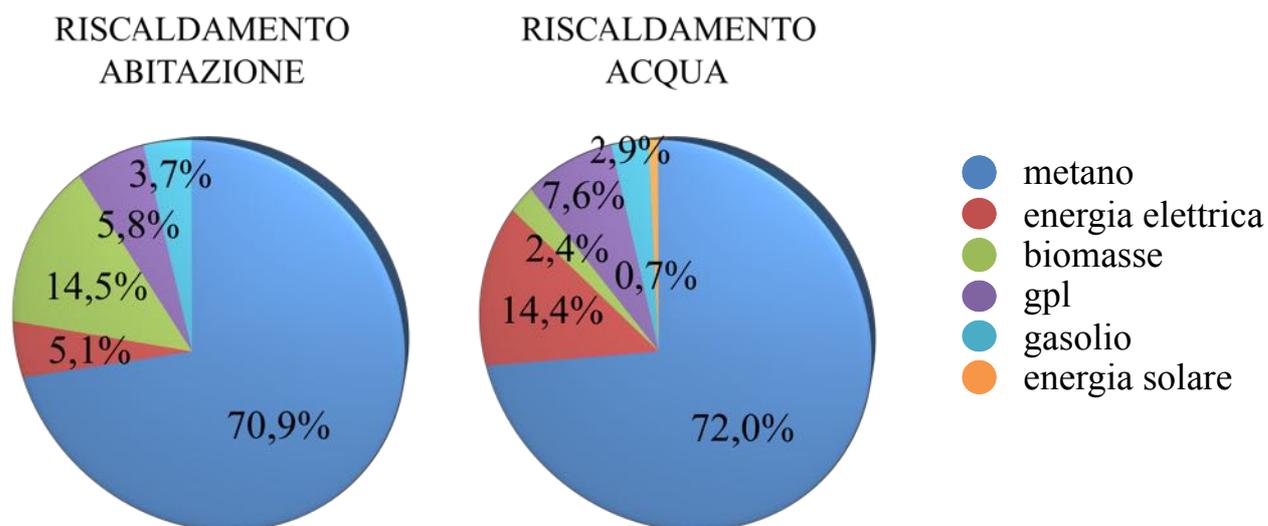
SCELTE DI PROGETTO .....	118
EDIFICIO IN LINEA.....	135
SCELTE STRUTTURALI.....	150
CONCLUSIONI .....	156
FONTI BIBLIOGRAFICHE .....	162

## INTRODUZIONE

Nel campo dell'edilizia gli aspetti dell'impatto ambientale e dei consumi energetici rappresentano due delle tematiche più rilevanti e discusse nel XX e XXI secolo.

Già alla fine degli anni Sessanta nascono negli Stati Uniti procedure amministrative, come la Valutazione Di Impatto Ambientale (VIA), finalizzate a individuare, descrivere e valutare gli impatti ambientali di un'opera il cui progetto è sottoposto ad approvazione o autorizzazione.

Sulla falsariga dei provvedimenti statunitensi, negli anni successivi anche altri paesi intraprendono disposizioni e misure analoghe, quali l'Environmental Assessment Review Process (Canada,1973), la legge n.76-629 "Relative à la protection de la nature" (Francia,1976), la Direttiva 337/35/CEE "Concernente la valutazione di impatto ambientale di determinati interventi pubblici e privati" (Comunità Europea, 1985); in tempi recenti si giunge poi a normative più aggiornate, quali il Protocollo di Kyoto (redatto nel 1997 da più di 180 paesi ed entrato in vigore nel 2005) e la Direttiva Europea 2006/32/CE che, con prolungamento degli obiettivi al 2020, puntano a limitare l'impatto ambientale favorendo la sostenibilità, a minimizzare i consumi e a incentivare l'utilizzo di fonti di energia pulite e soluzioni tecnologiche che garantiscano l'efficienza di un progetto.



Nel settore Edile questi aspetti non possono che avere come oggetto le costruzioni e i loro consumi ed emissioni.

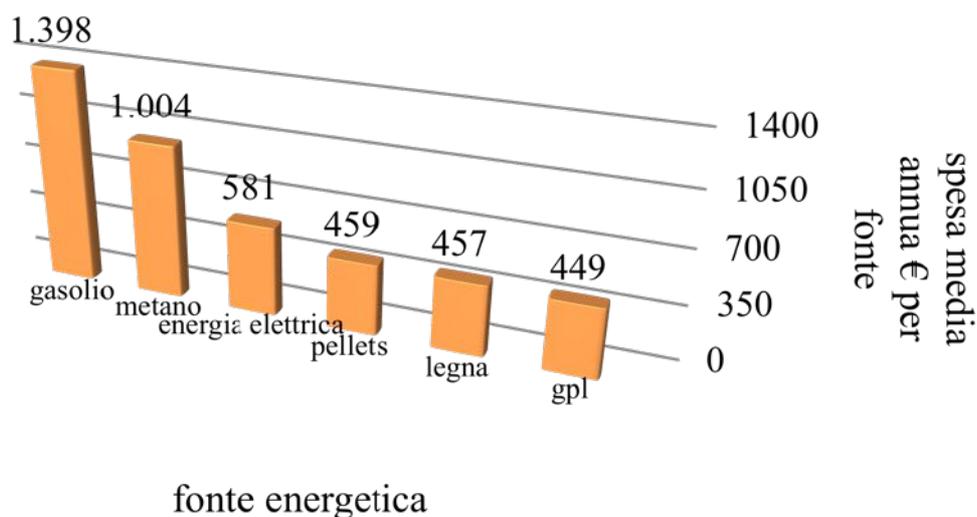
Facendo riferimento ai dati ISTAT (2013), il patrimonio edilizio italiano comprende 14.452.680 edifici e 64.115 complessi di edifici, di cui circa l'88% è ad uso residenziale (12.187.698), e da cui otteniamo circa 31.208.161 unità abitative.

Secondo le stime ISTAT, al 2013 circa il 20% del fabbisogno energetico totale italiano è dedicato all'ambito civile, sia residenziale che terziario, in particolare per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua, mentre minori sono i consumi per il raffrescamento.

La principale fonte di riscaldamento dell'abitazione e dell'acqua è il metano, che viene utilizzato da più del 70% delle famiglie.

Per consumi energetici nel residenziale vengono complessivamente spesi oltre 42 miliardi di euro/anno, con una spesa media per famiglia pari a 1635 euro, con valori diversi in rapporto all'area geografica (maggiori nel nord Italia) e all'ampiezza del nucleo familiare.

Il gasolio è la fonte energetica che determina una più elevata spesa media effettiva, con quasi 1400 euro l'anno, seguita dal metano con circa 1000 euro.



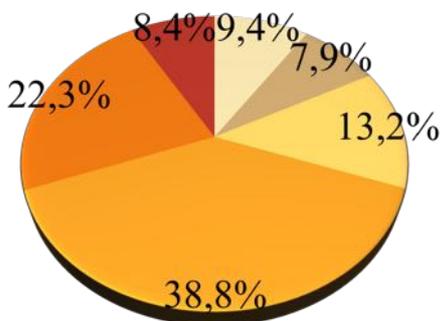
Una quota rilevante di tali consumi risente di lacune nelle passate progettazioni, che non ponevano particolare attenzione all'aspetto energetico, realizzando strutture scarsamente isolate (e non pensate per sfruttare gli apporti gratuiti di calore) e l'utilizzo di impianti e generatori obsoleti e con rendimenti non paragonabili a quelli moderni, frutto dello sviluppo di nuove tecnologie.

Dal momento che quasi il 70% della popolazione italiana risiede in edifici costruiti più di 30 anni fa, e che la prima normativa sull'isolamento degli edifici risale al 1991, si può affermare con buona approssimazione che la grande maggioranza di essi sia stata progettata senza soffermarsi sul contenimento dei consumi; inoltre, sempre con riferimento ai dati ISTAT, la metà di essi risulta non aver subito nel corso del tempo interventi di rinnovamento impiantistico e/o di involucro.

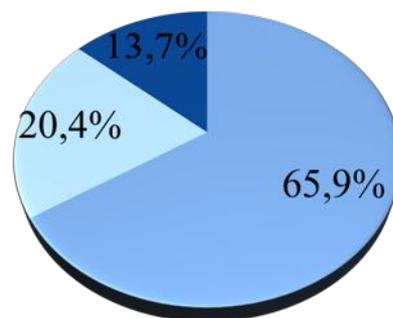
Per quanto riguarda l'impianto di riscaldamento, il più diffuso è l'impianto autonomo, seguito da quello centralizzato ed infine da singoli apparecchi che riscaldano l'abitazione o porzioni di essa. Solo l'8,6% di abitazioni, per motivi geografici, non necessita di impianto.

- prima 1919
- dal 1919 al 1945
- dal 1946 al 1960
- dal 1961 al 1980
- dal 1981 al 2000
- dal 2001 al 2011

- impianto autonomo
- impianto centralizzato
- apparecchi singoli



PATRIMONIO EDILIZIO  
RESIDENZIALE ITALIANO



TIPOLOGIA DI IMPIANTI DI  
RISCALDAMENTO

Sulla base di questi dati, può essere quindi posta tale considerazione: la portata degli interventi attuabili sul patrimonio edilizio esistente è varia e cospicua, e può portare al raggiungimento di risultati importanti e a benefici sia dal punto di vista della sostenibilità ambientale, che dal punto di vista prestazionale, dei consumi e quindi anche economici.

La presente relazione ha questa finalità, oltre che l'obiettivo di intervenire a livello "sociale": viene quindi proposto un progetto di riqualificazione di strutture di edilizia popolare site in un'area periferica della città di Bologna.

# CAPITOLO 1

## EDILIZIA POPOLARE ITALIANA: CENNI STORICI

In Italia, come in Europa, la questione dell'edilizia pubblica e della casa popolare è gran parte storia del Novecento, e ha nel dopoguerra il periodo di sua maggior affermazione e sviluppo.

Il problema dei fabbisogni abitativi affonda le sue radici tuttavia già nella seconda metà dell'Ottocento quando, in seguito all'industrializzazione crescente del paese, si assiste ad un massiccio esodo di persone dalle campagne alle città in cerca di lavoro in fabbrica.

A fronte del bisogno di nuove abitazioni, che soddisfino criteri igienici e di sicurezza, si assiste in questo periodo ad una speculazione edilizia che porta alla realizzazione di edifici e quartieri di scarsa qualità, malsani, carenti di servizi e inquinati e fonte di degrado sociale.

È per porre rimedio a tale situazione che a inizio secolo (31 maggio 1903) lo Stato approva il progetto di legge n. 251 proposto dall'On. Luigi Luzzatti, che vede la nascita degli "Istituti Autonomi per le Case Popolari" (IACP).

Il provvedimento si inseriva in un quadro di politica sociale che prevedeva interventi a beneficio dei ceti popolari, senza trascurare il fattore di sviluppo economico.

Con tali disposizioni si intendeva migliorare le condizioni di vita della popolazione, in particolare dei ceti meno abbienti, applicando nel rapporto sociale il principio della "solidarietà" e restituendo dignità al lavoratore.

Gli Istituti Autonomi che coinvolgevano anche altre compagini non avevano un interesse prettamente economico o esigenze di profitto, ma una precisa volontà nell'intervenire nel sistema sociale esclusivamente tramite il "bene Casa".

I soggetti potenzialmente coinvolti nel provvedimento legislativo erano plurimi: Comuni, cooperative, società di mutuo soccorso, istituti di beneficenza, banche ed anche privati, garantendo loro importanti agevolazioni fiscali, e dando vita ad un modello organizzativo a metà strada tra l'iniziativa privata e la municipalizzazione.

Parallelamente, modelli analoghi si stavano sviluppando anche nelle grandi "città-cantiere" europee degli anni Venti come Francoforte, Vienna, Berlino, Amsterdam, anche se in maniera più definita e più avanzata rispetto alla situazione italiana.

Un cambiamento importante si ebbe a fine anni Trenta quando, con la separazione dalle aziende municipalizzate delle competenze attinenti all'edilizia popolare, i Comuni passarono in secondo piano e i protagonisti dell'edilizia pubblica divennero gli Enti specificati nel T.U. 1165 del 1938.

I Comuni quindi, si limitarono a conferire denaro, aree e stabili ai nuovi Enti, mentre lo Stato concorse solo per l'IACP di Roma e le Casse di Risparmio supportarono in maniera modesta le regioni settentrionali.

Il capitale privato intervenne quasi sempre sotto forma di donazione benefica, fatti salvi gli interventi diretti delle imprese per la realizzazione di abitazioni per i propri dipendenti.

Per poter seguire e applicare il proprio programma edilizio, per gli Istituti Autonomi Case Popolari fu necessario ricorrere al credito: ciò ebbe effetti rilevanti sulla sopravvivenza e l'operare degli stessi Istituti, considerando che la realizzazione dei programmi costruttivi e il livello dei canoni di locazione dipendeva strettamente dalla celerità, dalle condizioni e dalle modalità di concessione dei finanziamenti da parte degli Istituti di Credito (mutuanti) e dello Stato (sovventore).

Ma è nella seconda metà del Novecento che l'attività di edilizia pubblica raggiunge il momento più intenso, cambiando anche rapporti e dinamiche viste sinora.

Sono gli anni della ricostruzione. Moltissimi sono gli edifici distrutti dai bombardamenti, e la arretratezza del settore edilizio aggrava il relativo affollamento degli edifici esistenti; vi è mancanza di materie prime e, in un quadro più ampio, una stasi a livello produttivo.

Lo scenario è quello del dopoguerra, e anche per uscire da questo momento di crisi il sistema di finanziamento dell'edilizia popolare viene modificato in modo da non fare più esclusivamente affidamento sul 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 dal 1963) concorsero per intero al finanziamento delle costruzioni.

Il piano INA-casa venne finanziato con un sistema misto che includeva Stato, datori di lavoro e lavoratori ai quali veniva trattenuta una parte di salario mensile.

La logica utilizzata era quella di una politica corporativa, dove il prelievo fiscale avveniva sia sui lavoratori che sugli industriali, e le abitazioni poi messe sul mercato, parte in proprietà e parte in affitto attraverso graduatorie di assegnazione.

Il piano si sviluppò in 2 fasi della durata di sette anni ciascuna.

La prima fase, dal 1949 al 1956, fu caratterizzata da grande rapidità ed efficienza.

Nella seconda, dal 1956 al 1963, i beneficiari del piano ebbero la possibilità di riscattare l'abitazione che era in posizione di affitto. In questa fase, il 70% delle abitazioni passarono a riscatto e il 40% delle famiglie ottenne per la prima volta una casa.

Nel 1963 il patrimonio edilizio INA-Casa venne liquidato passando sotto la gestione della GESCAL e dei Comuni direttamente interessati.

Una prima conseguenza della nuova struttura dell'edilizia pubblica di questi anni fu la modifica del modo di operare degli IACP e, vista la situazione, una pesante diminuzione della loro autonomia.

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

Tenendo inoltre in considerazione che il periodo post-bellico fu un momento difficile per lo stesso Stato, ad incidere negativamente sulla situazione economica e finanziaria degli IACP fu anche l'alternanza di finanziamenti cospicui e di momenti di completa stagnazione.

Questo portò inevitabilmente a crisi di bilancio per sotto utilizzazione del proprio personale destinato alle costruzioni e alle manutenzioni.

La necessità di reperire nuovi terreni per una edilizia a costi contenuti per i ceti meno abbienti si ripropone negli anni Sessanta ma con una economia in netta ripresa: si parla infatti di miracolo economico, che accompagna una parallela crescita delle città.

Con Legge n. 167 del 18.4.1952 che disciplinava le "Disposizioni per favorire l'acquisizione di aree fabbricabili per l'edilizia economica e popolare" vennero introdotti i PEEP (Piani per l'Edilizia Economica Popolare), che consentivano l'esproprio da parte del Comune per i fini citati, congelando il valore di mercato dei terreni a due anni prima; lo stesso Comune poi, dopo aver urbanizzato queste aree, le cedeva in proprietà o uso a soggetti abilitati a realizzare questo tipo di edilizia (enti pubblici, cooperative, imprese di costruzioni, singoli privati).

I Comuni potevano stipulare convenzioni nelle quali gli assegnatari delle aree si impegnavano a rispettare accordi presi, riguardanti i prezzi di vendita ed il canone degli affitti.

I Peep permisero di intervenire in maniera decisa sulla rendita immobiliare urbana, eliminando la rendita fondiaria al momento del cambiamento di destinazione d'uso del terreno da agricolo a urbano, e portando quindi alla nascita di buona parte delle periferie delle nostre città.

Un altro punto di svolta nella storia degli IACP fu la promulgazione della Legge n. 865 del 22.10.1971 (Legge quadro sulla casa) che li trasformò da Enti Pubblici Economici ad Enti Pubblici non Economici con prevalenza di attività pubblico-assistenziale.

Si cominciò a parlare di integrazione della politica della casa, di sviluppo del territorio e di una disciplina unitaria dei canoni, e si mise in atto il primo tassello del decentramento burocratico con trasferimento di deleghe alla Regione, che avvenne con il DPR n. 616 del 1977.

Sempre con l'applicazione della Legge n. 865 vennero poi i due DPR 1035 e 1036, che disciplinarono l'assegnazione e l'organizzazione degli Enti Pubblici operanti nel settore dell'edilizia residenziale e trasferirono parte del patrimonio della soppressa GESCAL agli IACP, ora unici soggetti attuatori dell'edilizia residenziale pubblica.

Un passo in avanti nello sviluppo dell'edilizia residenziale si ebbe con la Legge n. 457 del 5.8.1978 meglio nota come "Piano Decennale" che delegò al CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica, istituito nel 1967) la distribuzione delle risorse secondo una programmazione organica e pluriennale, aumentando l'efficienza degli interventi rispetto al passato, quando erano realizzati ragionando sul breve periodo, e cercando per la prima volta di recuperare e riqualificare aree esistenti.

La storia delle riforme degli anni '80 si può riassumere in una serie di normative che hanno come oggetto i canoni di locazione e gli aspetti gestionali, senza tuttavia modificare significativamente le impostazioni del decennio precedente.

Da citare è la Legge n. 560 del 24.12.1993 che consentiva la vendita di una cospicua parte del patrimonio immobiliare degli Enti Pubblici, prevedendo espressamente il reinvestimento dei capitali per l'incremento e la riqualificazione dell'edilizia residenziale.

La percentuale di edilizia pubblica comunque scende attorno al 10% negli anni '80 fino ad arrivare ad un modestissimo 0,5% degli ultimi anni.

L'edilizia residenziale degli anni 2000 entra infatti in una fase di crisi a causa di una riduzione degli investimenti, conservando solo inizialmente un modesto dinamismo grazie ai residui dei finanziamenti provenienti dai precedenti programmi, ma che poi si esaurirà.

La modifica della Carta Costituzionale con la Legge Costituzionale n. 3 del 18.10.2001 contribuisce ulteriormente alla delocalizzazione dell'autorità in materia di edilizia residenziale: superando il vincolo di rispetto dell'interesse nazionale, si attribuisce alle Regioni la potestà legislativa sulle materie non riservate a competenza esclusiva dello

Stato (cui rimane il controllo sui livelli essenziali delle prestazioni, l'immigrazione, l'ordine pubblico e la sicurezza, la cittadinanza e le norme processuali).

Da ciò il rischio insito di una edilizia sociale attuata in maniera disorganica e incoerente, vista la diversità degli "Enti gestori" responsabili e la assenza di norme e modelli comuni a tutto il territorio nazionale.

## LA REALTÀ BOLOGNESE IL PRIMO VENTENNIO DEL NOVECENTO

L'evoluzione urbanistica di Bologna avviene di pari passo e con le stesse modalità delle altre città italiane medio/grandi come Milano, Torino, Firenze, Roma e Napoli.

Il processo di industrializzazione del Paese a cavallo tra Ottocento e Novecento comportò la migrazione di un grande massa di persone dalle campagne alle città, in cerca di un lavoro nelle fabbriche, con un conseguente aumento demografico e di inurbamento che causò nuovi bisogni e urgenze.

Innanzitutto la necessità di nuovi spazi fece sì che, secondo le modifiche previste dal piano regolatore del 1889, vennero abbattute le mura medievali del XIII secolo della città per favorire la realizzazione di una prima periferia che aderisse al centro storico, amalgamandosi ad esso nella maniera più naturale possibile.

Il centro è stato per molti secoli un luogo fisico preciso i cui confini erano individuati appunto dalle mura, che coincidevano con l'attuale tracciato dei viali di circonvallazione e da cui dipartivano il portico di San Luca, con l'appendice verso la Certosa, e il portico degli Alemanni, con la diramazione del portico dei Mendicanti.

Nonostante la reticenza dei conservatori il provvedimento fu approvato per via dei molteplici vantaggi che esso avrebbe portato sotto il profilo sociale, produttivo ed economico.

La modifica, attuata da inizio Novecento agli anni '30, oltre ad assicurare una occupazione alle masse di manovali e braccianti in cerca di lavoro, permetteva anche di modernizzare la città creando le abitazioni delle nuove classi borghesi.

Il lavoro di questi anni fu la causa della perdita di parte del patrimonio storico cittadino, ma anche della creazione di alcuni dei luoghi che ai nostri giorni vengono considerati punti di riferimento caratteristici di Bologna come il Mercato delle Erbe in via Ugo Bassi, piazza Cavour e piazza Minghetti, e il palazzo della Banca d'Italia.

L'incremento demografico e lo sviluppo industriale portarono, come era prevedibile, alla diversificazione tra la nuova borghesia nascente e la classe operaia più povera.

Quest'ultima numericamente rappresentava più del 18% dei circa 100 000 abitanti della città, e molto spesso si trovava a vivere in tuguri piccoli, scarsamente illuminati e ventilati, in condizioni insalubri, esposti alla sporcizia e poco riparati dall'ambiente esterno.

A farsi carico di queste problematiche furono il Comune e alcune società di credito come la Cassa di Risparmio, la Banca Popolare, la Banca Operaia, ma anche Cooperative e Fondazioni, ed infine, nel 1906, a seguito della Legge Luzzati del 1903, l'Istituto Autonomo Case Popolari.

La presidenza dell' IACP fu tenuta dall'allora sindaco Giuseppe Tanari, con il Consiglio di amministrazione composto esclusivamente da consiglieri comunali.

Vennero stretti accordi con il Comune riguardanti la concessione gratuita di aree edificabili, l'esenzione dalle spese di urbanizzazione e dal pagamento di dazi sui materiali, e con le Casse di Risparmio riguardo la concessione di crediti.

L'intento era quello di tutelare i ceti più deboli applicando un principio "solidale" e restituendo dignità al lavoratore attraverso la realizzazione di alloggi a canoni e costi bassi e accessibili, fornendo i requisiti minimi richiesti dal decoro.

I primi fabbricati realizzati dall'Istituto seguivano gli stessi modelli abitativi dell'edilizia residenziale borghese, pur non raggiungendo gli stessi livelli qualitativi di progetto e organizzazione degli spazi, estetici, dei servizi e di collocazione urbana, trovandosi spesso e volentieri in zone non ancora urbanizzate.

L'area testimone della nascita dei primi alloggi, secondo quanto stabilito dal PRG del 1889, fu quella della Bolognina, a nord della stazione ferroviaria, scelta strategica vista la grande percentuale di operai dipendenti delle Ferrovie dello Stato tra i richiedenti di una casa.

Questi iniziali tentativi di risposta al "problema casa" evidenziarono la sufficienza e l'inesperienza con le quali l'Istituto aveva affrontato la situazione; infatti, pur avendo realizzato appartamenti migliori rispetto a quelli vetusti e insalubri del passato, garantendo comunque un miglioramento sotto questo punto di vista, i prezzi di locazione non erano più bassi di quelli di mercato.

A venire incontro ai cittadini più poveri e a cercare di risolvere questo problema fu il sindaco Francesco Zanardi, capo della Giunta Socialista, dal 1914 al 1920 e che più tardi divenne presidente proprio dell'Istituto.

Zanardi varò un nuovo regolamento di igiene, ma i provvedimenti più importanti furono la modifica del contratto di affitto, prevedendo una rateizzazione mensile del canone, e

la fondazione dell'Ufficio Casa, che avrebbe fatto da tramite tra proprietari di alloggi sfitti e cittadini privi di abitazione.

La guerra rallentò fortemente l'attività dell'Istituto che ebbe a disposizione meno risorse economiche, e per proseguire il processo edilizio fu costretto in un secondo momento anche ad aumentare il prezzo dei fitti, senza tener conto che a guerra terminata ci si sarebbe ritrovati anche con un aumento delle richieste, per la presenza di profughi ed immigrati (si passa dai 100.000 abitanti di inizio secolo, ai 169.000 del 1908, ai quasi 200.000 del 1918).

## IL PERIODO FASCISTA

Nel periodo che va dal 1923 al 1933 la presidenza dell'IACP fu presieduta dal fascista Leonardo Arpinati.

In un primo momento gli interventi seguirono le linee guida stabilite dal PRG del 1889 e dalla Giunta precedente, ma dal 1926 venne avviata la costruzione di case non necessariamente "popolari", da cedere in affitto ai ceti medi dal reddito fisso, con patto di futura vendita agli assegnatari.

L'Istituto incarnava in questi anni il potere politico al governo del Paese, interessandosi più alla realizzazione di opere di "regime" e all'ascesa della classe borghese piuttosto che ai bisogni reali della città, contribuendo ad accrescere il problema abitativo delle classi più umili.

I fabbricati con alloggi a riscatto sorsero nella nuova periferia cittadina subito a ridosso dei viali di circonvallazione (via Leandro Alberti, Laura Bassi Verratti, Andrea Costa, Calori, Carrara, Liuzzi).

Nel 1933 divenne Podestà Angelo Maranesi e alla presidenza dell'Istituto fu nominato l'ing. Enrico Boriani con l'obiettivo, condiviso anche dall'Associazione fascista della proprietà edilizia, già contraria alle scelte imposte in precedenza da Arpinati, di costruire case popolari e popolarissime.

Il Podestà Manaresi assegnò all'IACP il compito di dare casa a chi viveva ancora nel Baraccato, un ex ospedale militare utilizzato come alloggio in stato di emergenza, oltre ai cittadini del centro storico che per via dell'ampliamento delle strade cittadine avrebbero dovuto perdere l'alloggio.

Nell'anno successivo, il 1934, venne costituita una sezione dell'Istituto denominata "Azienda Case Popolarissime", dotata di un proprio statuto e di un proprio bilancio in modo da monitorare la sua gestione rispetto a quella degli altri fabbricati.

Sempre in quest'anno venne rivisto il regolamento di Igiene del Comune definendo nuove altezze minime dei vani, dimensioni e numero degli ambienti e le posizioni della città in cui sarebbero sorte le case popolari.

Dopo la morte dell'ing. Boriani, e fino al 1945, a capo dell'Istituto venne nominato l'ing. Augusto Baulina Paleotti, prima nelle vesti di Regio Commissario poi in quelle di Presidente, ed è in questo periodo (tra il 1934 e il 1937) che vengono realizzate le "popolarissime", uno dei primi esperimenti 'moderni' di edilizia residenziale pubblica a Bologna.

Le "popolarissime" si contraddistinguevano per via della disposizione caratteristica a stecche parallele, costituita da blocchi autonomi e dalla presenza di "innovativi" servizi igienici.

Esse si situavano in via Scipione dal Ferro, via Pier Crescenzi e via Vezza; la maggior parte di esse erano affidate dal Comune a famiglie di provata indigenza, la restante quota assegnate dall'Azienda stessa.

Nel 1935 venne istituito, presso il Ministero dei lavori pubblici, un Consorzio Nazionale fra Istituti Fascisti Autonomi per le Case Popolari che aveva il compito di sovrintendere e monitorare l'attività di tutti gli Istituti italiani.

Ad esso venivano sottoposti i progetti, le richieste di mutui e contributi finanziari.

Il Consorzio svolgeva inoltre attività di vigilanza per contenere la morosità degli inquilini.

## IL DOPOGUERRA

Al termine del secondo conflitto mondiale la città era uscita sfigurata dai bombardamenti, al punto che quasi la metà dei fabbricati necessitava di interventi di ricostruzione.

La situazione era aggravata dalla presenza di profughi sfollati, che non facevano altro che aggravare lo stato di emergenza dell'intero paese.

I primi interventi furono tempestivi e riguardarono il ripristino dei servizi, la bonifica dei servizi di rete minati dal conflitto e il ripristino delle strutture ferroviarie distrutte, che giovarono alla popolazione pur non resolvendo la questione abitativa.

Per rendere più sensibile lo Stato riguardo ai problemi della collettività e spronarlo ad intervenire in maniera organica e soprattutto funzionale, a scapito del "monumentalismo celebrativo" del periodo fascista, un gruppo di architetti locali (G. Mazzanti, G.

Pizzighini e L. Vignali) propose nel 1945 un “piano clandestino” che suggeriva come riorganizzare la città.

Ufficialmente nulla si mosse fino al 1948, quando, anche accogliendo alcune delle proposte del “piano clandestino”, venne adottato uno specifico piano di ricostruzione che prevedeva l’espansione a macchia d’olio della periferia, la ricostruzione delle aree bombardate, e sventramenti e rettificazione di strade in prossimità delle mura dei Mille, per favorire la circolazione automobilistica.

Nel febbraio del 1949 le problematiche post belliche raggiunsero tali livelli di criticità e urgenza che venne promulgata la Legge n. 43, meglio nota come Legge Fanfani, che rimetteva allo Stato l’onere e il compito di risolvere il problema abitativo.

Iniziò dunque la gestione dell’IACP da parte dell’INA-Casa che, in collaborazione con cooperative private e tramite l’edilizia residenziale, cercò di arginare la disoccupazione presente e di fissare nuovi criteri per la ricostruzione e realizzazione di nuovi edifici.

Le difficoltà affrontate dall’IACP furono legate soprattutto alla disponibilità di risorse e come ridistribuirle nei vari interventi, cioè se investire sulla ricostruzione dei vani lesionati o di tutto l’edificio (quasi la totalità degli edifici di proprietà dell’Istituto andarono distrutti), se considerare la demolizione di alcuni fabbricati per realizzare un progetto più organico e di maggiore portata, e se rispondere alle urgenze quantitative immediate a scapito di quelle qualitative.

Dagli anni ’50 si cercò di favorire nuovi criteri progettuali e costruttivi che videro il pieno sviluppo nel decennio successivo.

Nuovi quartieri si affermarono nelle aree della prima periferia, in modo da renderne possibile l’integrazione con il centro storico: erano costituiti da edifici scatolari a blocco multipiano di scarso spessore figurativo, ma che accrescevano gli standard dei servizi dell’abitazione, riproponendo l’idea del borgo o del villaggio (piazza, chiesa, scuole, servizi collettivi, spazi porticati, spazi verdi, strade); esempi sono Borgo Panigale e il villaggio Due Madonne. Erano progettati come nuclei urbani e sociali riconoscibili, autonomi, dotati di un proprio centro civico su cui ruotava la vita di quartiere, diventando modelli di riferimento della nuova periferia.

La gestione raccomandava ai progettisti di curare particolarmente l’aspetto competitivo di insieme, agevolando il radicamento dei nuovi residenti, l’integrazione e lo sviluppo della vita comunitaria.

Si mosse in questa direzione il riformismo urbanistico degli anni ’60 promosso dall’architetto Campos Venuti che nel 1963 presentò un Piano per l’Edilizia Economica Popolare (PEEP), che prevedeva l’esproprio dei terreni previsti per l’espansione urbana dal PRG in vigore e dalla densità abitativa ridotta.

Il piano consentiva all'Amministrazione comunale di cedere a prezzo politico aree demaniali (3.600 lire al mq, senza oneri di urbanizzazione) stimolando una risposta positiva delle cooperative d'Abitazione, di Produzione e Lavoro.

Il più noto degli insediamenti programmati in questi anni è il quartiere Fossolo, particolarmente ricco di verde, ma abbiamo anche l'Isolato in via del Lavoro-via San Donato, il quartiere tra via Mondo e via Torretta, il quartiere Foscherara-Battipaglia, il quartiere Uccellino in San Ruffillo e gli edifici in via Libia, via Matteotti e via Pier Crescenzi.

È nel secondo "settennio" di gestione INA-Casa che vennero realizzati il quartiere Barca, il quartiere San Donato-Andreini ed il quartiere Cavedone (nostro caso di studio).

## GLI ANNI '70 E '80: RECUPERO DEL CENTRO STORICO E FRENO DELLO SVILUPPO PERIFERICO

Se fino a questo momento la politica urbana aveva avuto una natura prevalentemente espansiva, ora si inverte la tendenza favorendo il più possibile il recupero del centro storico allo scopo di riparare ai danni che aveva portato la guerra, ma anche ai continui interventi e abbattimenti che si erano susseguiti nel corso degli anni per "modernizzare" la città.

Non era da trascurare, inoltre, l'aspetto sociale, come il contenere l'allontanamento dei ceti più deboli dalle zone di tradizionale residenza e dunque la "ghettizzazione" di certe aree.

La fondamentale opera di delimitazione delle zone da salvaguardare fu il presupposto della stesura dell'art. 2 del DM n.1444 del 1968, che individuava le "parti di territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico o di particolare pregio ambientale o di porzioni di essi, comprese le aree circostanti, che possono considerarsi parte integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi".

Il Piano urbanistico di salvaguardia e risanamento del centro storico venne reso operativo con il PEEP del 1972 e si riassumeva in una serie di fattori: la volontà di superare il concetto di tutela delle sole emergenze monumentali, estendendo la salvaguardia al valore complessivo dell'edilizia minore, che comunque era parte integrante del contesto urbano-storico della città; il recupero di comparti degradati, migliorando gli standard abitativi; il mantenimento della funzione abitativa del centro

storico; il coinvolgimento delle cooperative e di privati che avevano le loro radici nel territorio regionale.

Gli interventi possibili vennero classificati in: restauri; risanamento e ripristino conservativo o ristrutturazione con vincolo parziale; demolizione e ricostruzione condizionata o senza possibilità di ricostruzione.

Parallelamente si procedeva, seppur in maniera modesta viste le scelte di politica urbana, al risanamento e alla ricomposizione e riqualificazione delle preesistenti aree periferiche migliorandone gli standard urbanistici, e l'abitabilità sfruttando il "materiale" a disposizione.

Le prime aree di intervento di recupero da parte dell'IACP, in applicazione del programma pluriennale 1974-1978, furono il quartiere San Donato (lungo via Vezza), il quartiere San Vitale (lungo via Scipione dal Ferro) e il quartiere Lame (lungo via Pier Crescenzi).

L'esigenza di intervenire in questo modo sul territorio, considerando l'esistente come opportunità e non come un peso, prende piede e si sviluppa dagli anni '80 fino ai nostri giorni, sollecitando la progettazione a riflettere sul contesto storico ambientale e sulle disponibilità dell'area oggetto di lavoro.

Avvicinandosi al nuovo millennio si realizza una progressiva delocalizzazione di autorità riguardante l'edilizia residenziale verso le Regioni, che già dalla seconda metà degli anni '90 hanno iniziato a riformare il settore.

La legge regionale Emilia Romagna n. 24 dell'8 Agosto del 2001, riguardante la "disciplina generale dell'intervento pubblico" ha trasformato l'IACP in Azienda Casa Emilia Romagna della provincia di Bologna (ACER) attualmente operante sul territorio della città e provincia.

Del patrimonio di ACER il 20 % era destinato alla Provincia, mentre la parte rimanente era suddiviso tra i restanti Comuni, in proporzione al numero di abitanti.

Le attività di cui ACER si occupa sono:

“-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;

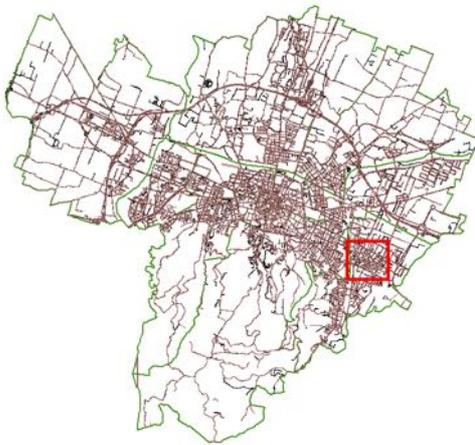
i Comuni, le Province e gli altri enti pubblici possono avvalersi dell'attività di Acer anche attraverso la stipula di una apposita convenzione, che stabilisce i servizi prestati, i tempi e le modalità di erogazione degli stessi ed i proventi derivanti dall'attività.

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

La contabilizzazione degli oneri e dei proventi che derivano dalle diverse attività e servizi svolti viene distinta in voci in modo da poter monitorare i movimenti di denaro.

## CASO DI STUDIO: IL QUARTIERE CAVEDONE

L'area oggetto di studio si trova nella periferia est di Bologna, nei pressi di via Cavedone e dell'omonimo quartiere realizzato tra il 1957 e il 1960 nell'ambito del secondo settennio di gestione dell'edilizia pubblica di INA-Casa.



INQUADRAMENTO  
URBANO DAL PRG  
DI BOLOGNA



INQUADRAMENTO  
URBANO DAL PRG

La progettazione di questo insediamento urbano si deve alla collaborazione di un gruppo di progettisti tra cui F. Gorio, L. Benevolo, V. Calzolari, M. Carini, S. Danielli e M. Vittorini e prevede, in un primo momento, l'organizzazione delle aree che si

estendevano dalla linea ferroviaria della Direttissima Bologna-Firenze a via degli Ortolani, via Cavedone, via della Battaglia fino al torrente Savena, assecondando in maniera organica l'espansione urbana delle periferie.

Questo primo progetto contemplava la realizzazione di unità abitative per 7500 abitanti, tradotto in 18 edifici a corte collegati da percorsi ortogonali, distanziati da zone verdi e forniti di servizi come scuole, chiese, parchi, negozi e mercati, e venne solo parzialmente accolto dalla Consulta di Gestione (organo tecnico-amministrativo dell'INA-Casa).

Vennero ridotte le dimensioni (attuale popolazione insediata 5000 abitanti), eliminati alcuni elementi e realizzate due torri che non stravolgevano tuttavia l'idea di partenza.

Il prodotto finale è un complesso di edifici che si sviluppa in maniera uniforme pur offrendo leggere varianti dovute alla diversità di ciascuna corte, al rifiuto di un'organizzazione secondo una griglia ortogonale, a lievi rotazioni e cambi di dimensione.

I fabbricati furono realizzati tutti su pilotis o porticati, in modo da rendere il quartiere interamente percorribile a piedi, e in modo che gli spazi verdi risultassero collegati visivamente tra loro.

Il progetto riprende l'idea di borgo o di villaggio che faceva da linea guida per la progettazione popolare di questi anni e che aumenta gli standard abitativi e favorisce lo sviluppo della vita comunitaria.

La scelta tipologica della corte evidenzia la volontà di creare degli spazi interni nei quali gli inquilini degli alloggi possano incontrarsi e sostare all'aperto e rimanda all'idea di vicinato, comunità e unità sociale.

Essa delinea all'esterno l'immagine del tipico aggregato storico urbano e all'interno uno spazio intimo e protetto.

Dal punto di vista costruttivo invece la semplicità dell'unione tra muratura portante e orizzontamenti in conglomerato cementizio armato (c.c.a) trasmette chiarezza e linearità.

Nella progettazione di questo complesso emerge la consapevolezza del rapporto che c'è tra l'ambiente e l'uomo, pur avendo anch'essa le sue debolezze che si manifestano in maniera più evidente a opera realizzata e con il passare degli anni.

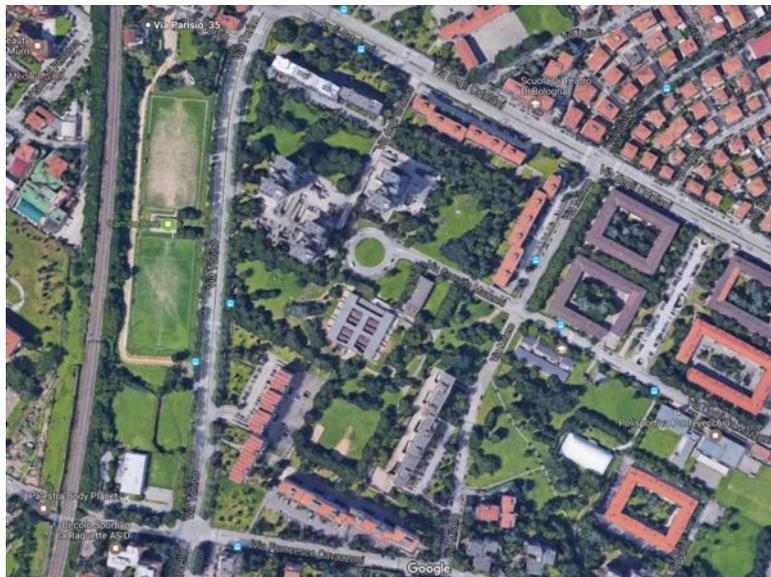
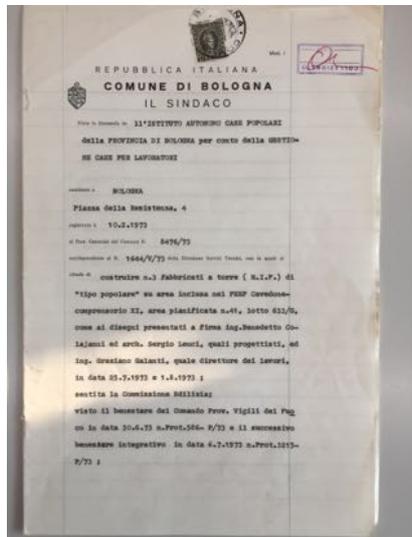
## COMPARTO VIA TORINO-VIA ORTOLANI

Nel 1968 l'Istituto Autonomo Case Popolari bandì un concorso d'appalto per la realizzazione di 278 alloggi e 1444 vani convenzionati GESCAL da distribuire in quattro edifici, e per attrezzature delle aree di pertinenza degli stessi, nell'ambito del programma di intervento straordinario e urgente nel Comune di Bologna.

L'area destinata alla realizzazione di tali alloggi, della superficie di 26254 mq, era appunto quella del quartiere Cavedone dov'era stato approvato un PEEP qualche anno prima.

Il concorso d'appalto fu aggiudicato al Consorzio Ravennate Cooperative di Produzione e Lavoro che affidò la progettazione dei fabbricati all'ingegner Benedetto Colajanni in collaborazione con l'architetto Sergio Lenci, sotto la direzione lavori dell'ingegner Graziano Galanti.

Il risultato dell'attività progettuale fu un complesso di tre edifici a torre e uno in linea, indicati nella planimetria presentata nel 1972 rispettivamente con le lettere F, H, I ed E, che andavano ad inserirsi nel contesto di un quartiere già provvisto sia di residenze che di servizi e attrezzature collettive per lo svolgimento delle attività sociali, culturali e commerciali



INDIRIZZO	TIPOLOGIA EDILIZIA	ANNO DI COSTRUZIONE	IMPIANTO TERMICO
Via degli Ortolani 15 (F)	Edificio a torre	1976	CT 1976 / SCT 1999
Via degli Ortolani 17 (H)	Edificio a torre	1976	CT 1976 / SCT 1999
Via degli Ortolani 19 (I)	Edificio a torre	1976	CT 1976 / SCT 1999
Via Torino 2-10 (E)	Edificio in linea	1976	CT 1976 / SCT 1999

Le torri comprendevano ciascuna 65 alloggi analoghi costituiti da 5 vani, mentre l'edificio in linea 92 alloggi con numero variabile di vani da 4 a 7.

La concezione del nuovo complesso residenziale ideato dal gruppo Colajanni si allontana da quella dei fabbricati esistenti adiacenti, caratterizzati da edifici a corte in mattoni strettamente connessi all'idea di unità di vicinato tipica della gestione INA-Casa.

Concentrando l'attenzione soprattutto sulle torri, osserviamo come esse si distinguano ulteriormente dagli elementi circostanti sia per via delle loro dimensioni e del loro maggiore sviluppo in altezza, sia per la forma volumetrica "lamellare" e per la scelta estetica delle pareti esterne.

Mentre per i due prospetti principali i muri, prevalentemente pieni, sono caratterizzati da facciate in cemento armato a vista come richiesto dal bando, per gli altri due laterali, dove si aprono le finestre e i balconi, viene riproposto il tema degli edifici circostanti ovvero un rivestimento in mattoni.

Per quanto riguarda l'aspetto strutturale di progetto, seppure il bando non ponesse particolari vincoli nella scelta del sistema costruttivo, il Consorzio Ravennate Cooperative di Produzione e lavoro scelse di applicare il sistema a "cassaforme mobili" o "coffrage tunnel" che approfondiremo più avanti.

Si andava incontro così alla richiesta di un sistema che consentisse una progettazione ed esecuzione unitaria, e che in questo modo era anche resa estremamente rapida e permetteva al Consorzio di abbattere i costi di produzione senza compromettere la qualità dell'alloggio.

Andando più nel particolare la struttura portante dei due corpi di fabbrica degli edifici a torre è costituita da setti debolmente armati e disposti ortogonalmente tra loro.

Per il calcolo delle pareti portanti in cemento armato, in mancanza di normative italiane, si fece riferimento alle norme tedesche DIN 1054 e 1047 ed a un metodo esposto nella rivista "Annales de l'Istitut technique du Batiment et de travaux publiques" (n. 278 Fevrier 1971) dai MM. A. Coin e A. Decauchy, che considerava le sollecitazioni generate dal vento.

Nonostante vi siano minori testimonianze, documenti e materiale riguardanti l'edificio in linea, esso è stato realizzato con le stesse tempistiche, gli stessi metodi costruttivi e seguendo gli stessi principi progettuali degli edifici a torre in quanto parte integrante di un progetto più ampio, tant'è che sia in fase progettuale che a costruzione ultimata essi sono stati soggetti alle stesse modifiche e alle stesse varianti.

Il 10 febbraio del 1973 viene fatta richiesta di costruzione dei fabbricati H, I, F (torri) ed E (linea) (fig. 1 e 2).

Il 16 gennaio del 1974 viene avanzata proposta di modifica del piano interrato degli edifici H, I, F e del piano terra ed interrato dell'edificio E (fig. 3, 4, 5), dove inizialmente era anche prevista un'organizzazione degli spazi esterni e della rampa per accedere ai parcheggi interrati diversa da quella che possiamo osservare oggi.

L'11 agosto del 1977 viene fatta richiesta di modifica del piano terra degli edifici H, I, F, E per la realizzazione di una saletta condominiale (edificio E) e di alcune salette condominiali (edifici a torre) (fig. 6, 7, 8).

Infine il 21 marzo 1981 viene richiesta la modifica dei box del piano interrato degli edifici (H, I, F, E) per trasformarli in autorimesse (fig. 9).

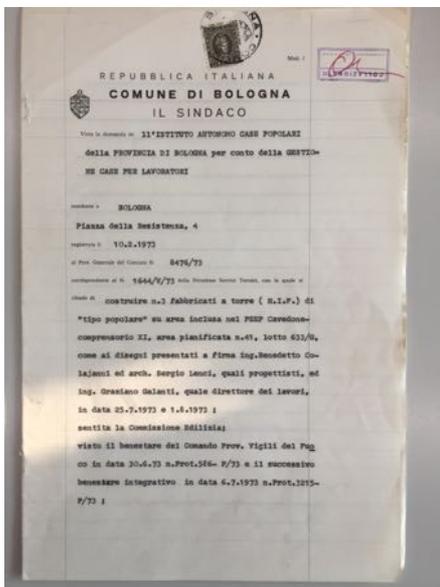


Fig. 1

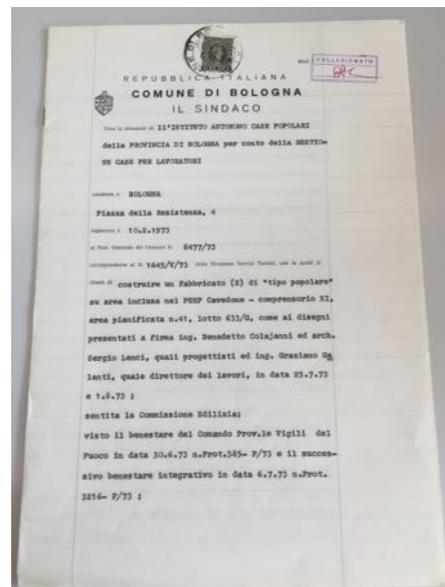


Fig. 2

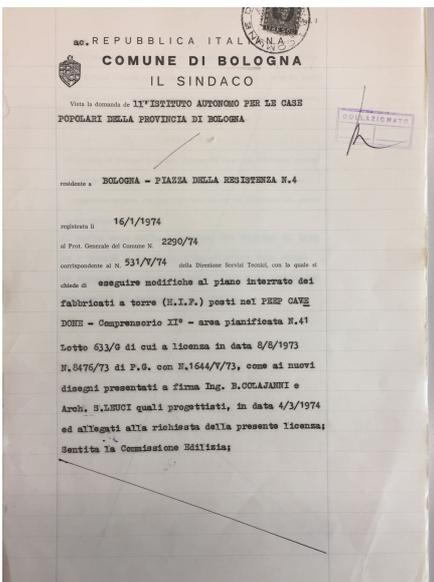


Fig. 3

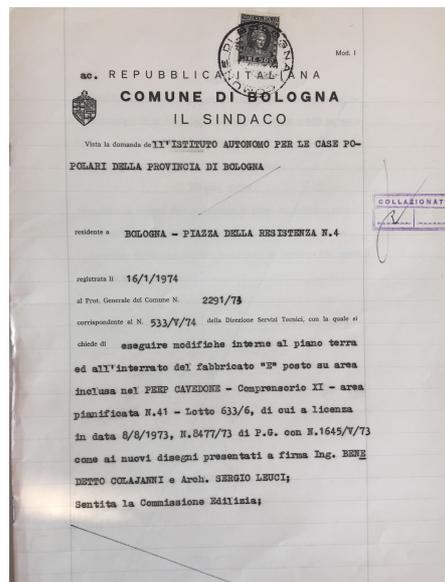


Fig. 4

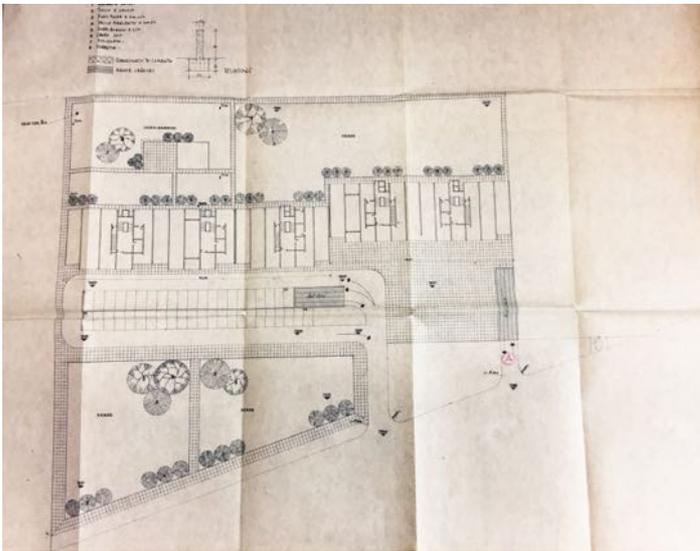


Fig. 5

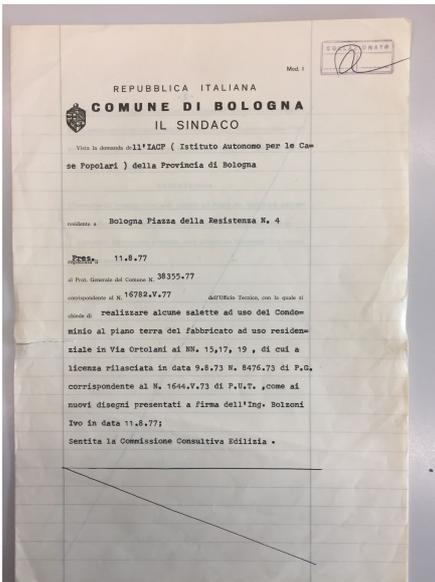


Fig. 6

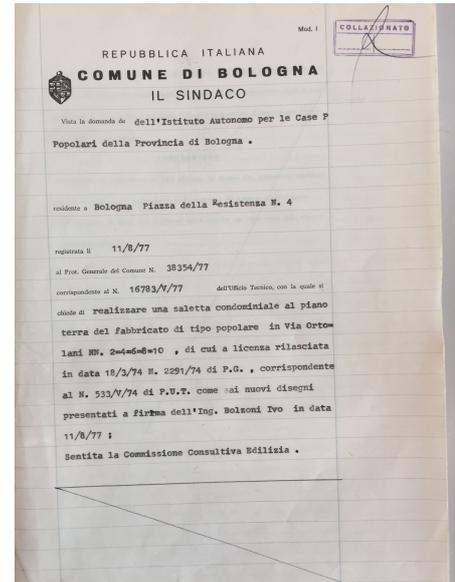


Fig. 7

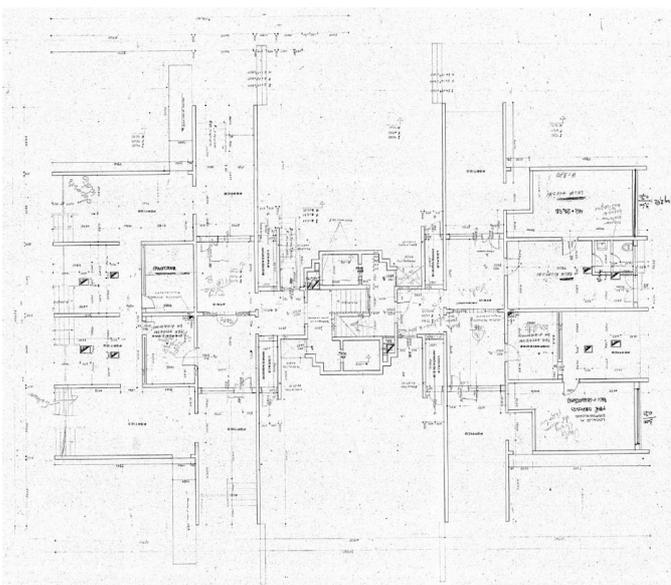


Fig. 8

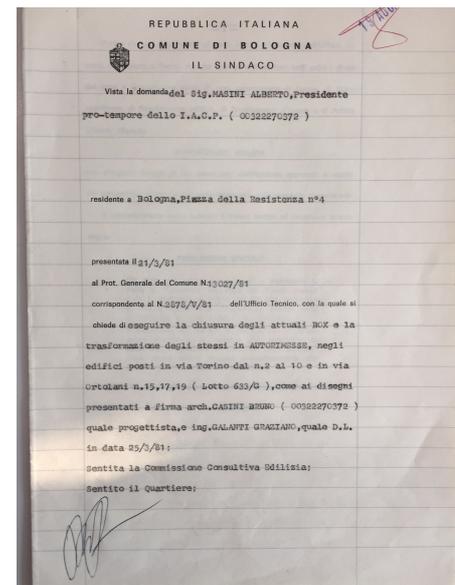


Fig. 9

Nel 2005 vengono eseguiti dei lavori di manutenzione straordinaria sulle torri con il ripristino del calcestruzzo dei setti ammalorati e successiva verniciatura.

## CARATTERI COSTRUTTIVI DELL'EDILIZIA POPOLARE CASO DI STUDIO: "COFFRAGE TUNNEL"

Il ventennio compreso tra il 1960 e il 1980 fu caratterizzato da un grande fermento delle attività in materia di costruzione industrializzata e prefabbricata per l'edilizia residenziale pubblica, a partire dal reperimento e diffusione delle nozioni scientifico-tecniche, dal coordinamento di gruppi esterni di progettazione, fino alla formazione di gruppi di studio con partecipazioni di tecnici esterni di cooperative di produzione e lavoro e di istituti universitari italiani ed europei.

La serialità funzionale e la dimensione urbana tipica degli interventi di questo periodo si riflette nell'utilizzo su larga scala di tecniche di razionalizzazione evolute, rivolte al massimo sfruttamento delle capacità dei materiali e delle tecnologie a disposizione.

Il prodotto edilizio rappresentava il risultato dell'applicazione di procedimenti programmati in serie.

La progettazione si articolava in due momenti distinti: la progettazione di componenti per la realizzazione industriale, cioè di elementi costruttivi combinabili in diverse maniere per fornire varietà di soluzioni oppure direttamente prefabbricando la "cellula" abitativa con un unico ciclo di lavorazione, e la successiva progettazione di aggregazioni degli elementi prodotti.

La tecnica costruttiva era quindi progettata in funzione dell'oggetto stesso, sia per via dell'organizzazione del processo costruttivo che per il tipo di lavorazione.

Il sistema industriale e prefabbricato utilizzava mezzi e metodologie sempre più progredite come la prefabbricazione totale o parziale degli elementi in officina, che verranno poi montati in cantiere nel minor tempo possibile.

La soluzione costruttiva più diffusa per l'edilizia residenziale, mono o bifamiliare, era quella a pareti portanti su tutti i lati, mentre per edifici che si sviluppavano in altezza su più piani era molto più conveniente l'utilizzo di setti trasversali gettati in opera ed elementi prefabbricati per le facciate.

I materiali ricorrenti erano il calcestruzzo con inerti normali o porosi e il calcestruzzo areato con l'introduzione di additivi.

Come già accennato precedentemente le nuove metodologie e nozioni costruttive venivano dall'estero, in particolare si rivolse l'attenzione all'ambiente francese.

In Francia, nel periodo compreso tra le due guerre mondiali, si svilupparono nuovi procedimenti costruttivi per far fronte all'urgente richiesta abitativa e di servizi pubblici, nonostante i mezzi e le risorse fossero scarse.

Fu grazie all'impegno di organi come il Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), l'Association Française de Normalisation (AFNOR) e di imprese e studiosi qualificati che vennero codificati i nuovi criteri di unificazione, normalizzazione, sperimentazione tecnica, di prefabbricazione e specifiche tecniche dei prodotti.

Aperto questo scambio di conoscenze con la Francia, vediamo le prime applicazioni del sistema di prefabbricazione totale a opera dell'Istituto Autonomo Case Popolari di Milano.

Gli elementi costitutivi dell'edificio venivano definiti con assoluta precisione nei loro aspetti dimensionali, strutturali, funzionali ed estetici sapendo che poi si sarebbe dovuto unificare ogni "modulo" con le parti rimanenti della struttura.

L'edificio era visto come un numero limitato di elementi verticali e orizzontali che andavano a costituire le pareti di facciata, i tramezzi longitudinali e trasversali e i solai, definendo la grandezza dei vani, oltre a componenti speciali come i blocchi per lo scarico dei rifiuti, la ventilazione, il fumo, il gas e la luce, servizi generali e le rampe delle scale.

Uno degli svantaggi più grandi della scelta di queste metodologie costruttive era la realizzazione di fabbricati difficilmente modificabili da interventi futuri.

Parallelamente alla prefabbricazione si afferma, integrandosi spesso e volentieri con essa, la tecnologia dei getti.

Specialmente dagli anni '70 si utilizzano varie tipologie di cassaforme di forme e materiali diversi a seconda dell'impiego, riducendo i tempi di messa in opera, di smontaggio, il numero di personale e i possibili "errori" umani, il tutto a costi inferiori rispetto a metodi tradizionali e potendo "riciclarle" in altri interventi.

I procedimenti più sfruttati in questo periodo furono: le "banches e tables", le cassaforme tunnel, le cassaforme automontanti, a predalles e del sistema HBS.

Nel nostro caso sono state utilizzate cassaforme a tunnel ("coffrage tunnel") che possono essere considerate come una combinazione dei casseri utilizzati con il metodo banches e tables.

Queste ultime sono intelaiature metalliche verticali (banches) e orizzontali sempre metalliche o in legno (tables) che sorreggono cassetture di grandi dimensioni che si sviluppano bidimensionalmente per il getto in opera in 2 diversi momenti di pareti e solai.

Le banches sono intelaiature a traliccio dotate di piedini filettati per la messa a piombo per sostenere le passerelle di servizio, dalle quali si controllano le operazioni di getto e di montaggio.

Le tables vanno inserite tra i setti precedentemente realizzati e sono costituite dalla struttura metallica composta da montanti, diagonali e correnti che sorreggono il pannello della cassaforma.

La grande differenza rispetto al metodo a tunnel è la tempistica di intervento in quanto in questo caso il getto non è contemporaneo ma è costituito da due momenti: uno iniziale dove, dopo aver inserito le armature e le canalizzazioni degli impianti nell'interspazio tra i casseri ed aver eseguito il getto di calcestruzzo, si realizzano gli elementi verticali ed uno successivo nel quale si realizzano gli elementi orizzontali.

Di volta in volta si spostano le banches e tablet ai piani superiori in maniera iterativa per realizzare gli altri livelli dell'edificio.

Le cassaforme a tunnel sono una combinazione dei due tipi di casseri, ma al posto delle due intelaiature diverse si utilizza una carpenteria metallica a forma di U rovesciata di altezza dell'interpiano (Fig. 1) e con una luce pari a quella delle solette.

La forma a U rovesciata della cassaforma si può anche ottenere accoppiando due elementi a L rovesciata (Fig. 2).

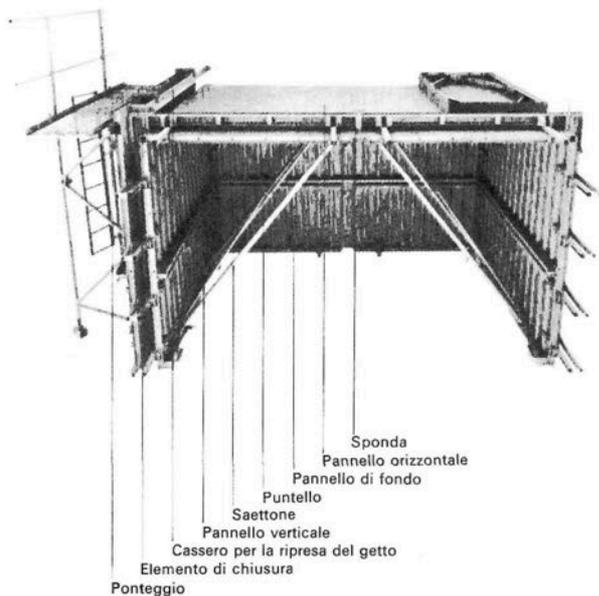


Fig. 1

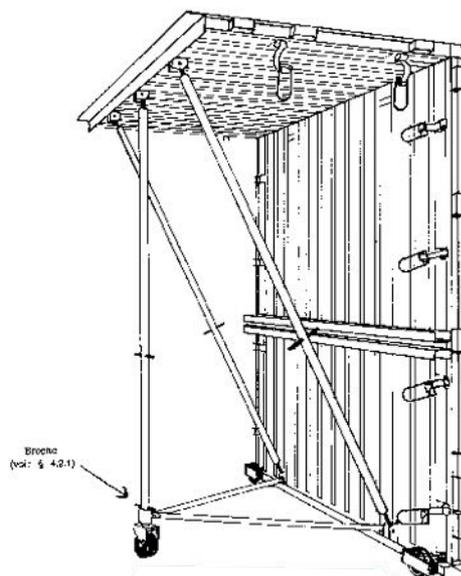


Fig. 2

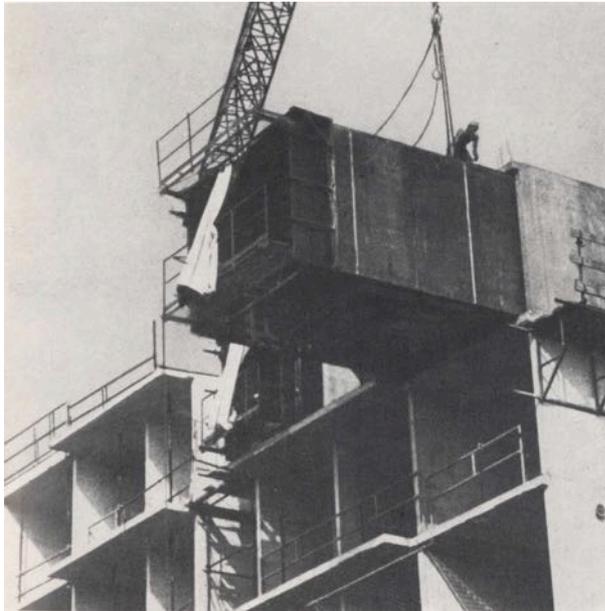


Fig. 3

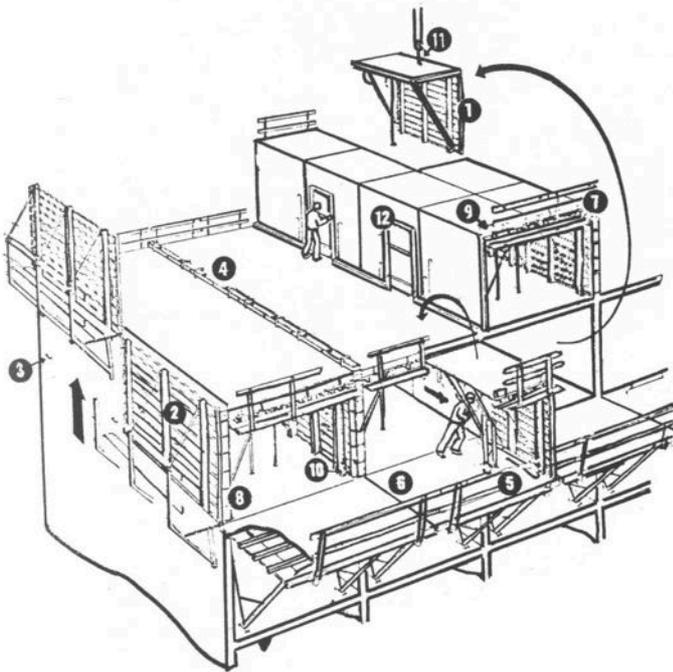


Fig. 4

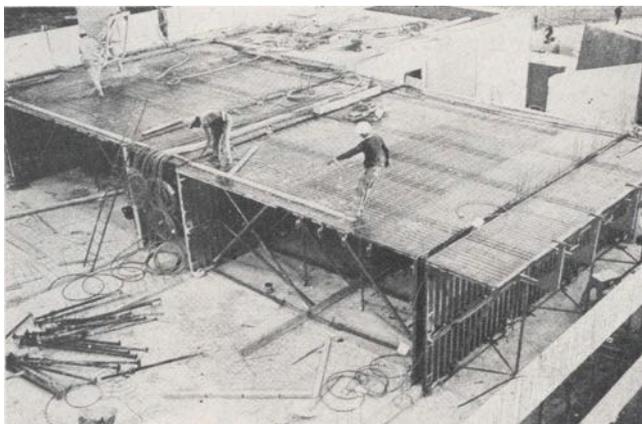


Fig. 5

L'accostamento in pianta e la sovrapposizione in altezza dei moduli di base permette di realizzare gli elementi portanti e i gli impalcati di solaio secondo una logica aggregativa di tipo alveolare (Fig. 3).

Per le testate dei fabbricati si deve procedere invece diversamente utilizzando una cassaforma di tipo banches.

La sezione tipo della cassetta è formata da una lamiera metallica esterna, irrigidita da profilati metalli e lamiere grecate che insieme ad altri dispositivi contengono il getto e, allo stesso tempo, permettono di cambiare l'assetto geometrico della carpenteria, il facile montaggio e smontaggio, la vibrazione e maturazione forzata dei getti, la realizzazione di canalizzazioni per l'inserimento degli impianti e la realizzazione di spazi di lavoro per le lavorazioni manuali (Fig. 4, 5).

Il ciclo costruttivo è unico e avviene, dopo predisposizione di armature e aperture previste, con il getto di calcestruzzo nello spazio individuato dalle matrici verticali e orizzontali.

Data la mole e le dimensioni rilevanti delle cassaforme, esse vengono assemblate direttamente in cantiere, risolvendo i possibili problemi di trasporto.

Il procedimento a tunnel prevede anche l'integrazione di componenti realizzati con il metodo della prefabbricazione, come i tamponamenti esterni, ma non è raro trovare anche degli elementi strutturali eseguiti in questa maniera.

Il suo nome deriva dalla particolare forma a tunnel adiacenti che hanno gli organismi realizzati con questo metodo, generalmente utilizzato per edifici in linea o a schiera.

Per quanto possa sembrare facile il montaggio delle cassaforme, il getto del calcestruzzo e il successivo smontaggio, il procedimento banches e tables e quello a tunnel, così come gli altri solo menzionati, richiedono l'utilizzo di personale esperto e specializzato oltre ad un'approfondita e programmazione e organizzazione del cantiere.

Oltre al nostro caso di studio, altri edifici realizzati con questo metodo nel panorama bolognese sono quelli in linea a Casteldebole e il Virgolone e le torri del quartiere Pilastro, in cui viene integrato l'impiego di pannelli prefabbricati.

## CAPITOLO 2

### ANALISI ENERGETICA COMPARTO VIA TORINO-VIA DEGLI ORTOLANI

In questo capitolo ci soffermeremo sullo studio degli edifici in questione dei quali verrà fatta un'analisi energetica senza utilizzare alcun software di calcolo specifico, ma facendo riferimento a dati ambientali, caratteristiche strutturali e tecniche dei fabbricati, proprietà dei materiali, leggi fisiche e normative, e dalla quale si arriverà, nonostante approssimazioni, a risultati prossimi a quelli reali.

#### IL FABBISOGNO ENERGETICO DI UN FABBRICATO

Per poter determinare il livello di prestazioni di un edificio è necessario effettuare un bilancio dovuto agli usi dello stesso e al relativo consumo in termini energetici.

Il fabbisogno energetico di un edificio è in gran parte dovuto al riscaldamento degli ambienti e dell'acqua che avviene prevalentemente nel periodo invernale, ed incide dunque in maniera più rilevante rispetto al consumo di energia per il raffrescamento estivo.

Possiamo quindi definire il fabbisogno di energia termica come la quantità di energia termica dissipata dall'immobile in un certo intervallo di tempo.

Questo fabbisogno viene valutato attraverso l'EPI (indice di sostenibilità ambientale, Environmental Performance Index)  $EPI = Q_{p,H} / S_u$  (rapporto tra il fabbisogno di energia primaria e la superficie utile dell'edificio), l'Epacs l'indice relativo alla produzione di acqua calda e l'Ec quello relativo al condizionamento estivo.

È evidente come questo quantitativo energetico sia direttamente dipendente da diversi fattori come la localizzazione geografica del fabbricato e le conseguenti condizioni ambientali, le sue dimensioni, le sue caratteristiche tecniche e impiantistiche, e l'intervallo di tempo per il quale si necessita energia.

La somma tra i contributi "negativi" dei fattori che assorbono e disperdono energia e quelli "positivi" che invece apportano benefici costituisce il bilancio energetico dell'edificio.

Come si può vedere in figura 1 abbiamo:

$Q_h$ : il fabbisogno di energia utile dell'edificio, cioè la quantità di energia richiesta dall'edificio al netto degli apporti gratuiti per mantenere una data temperatura interna (20 °C per tutto il periodo di riscaldamento come stabilito dal DPR n. 412 del 1993).

$Q_{P,H}$ : il fabbisogno di energia primaria dell'edificio, cioè la quantità di energia non rinnovabile assorbita dall'impianto di climatizzazione per mantenere una determinata temperatura interna.

$Q_t$  e  $Q_v$ : le dispersioni di involucro di ventilazione e  $Q_g$ ,  $Q_s$ ,  $Q_d$  e  $Q_{c,e}$  le quantità di calore prodotte, accumulate, distribuite, emesse dall'impianto di climatizzazione e infine  $Q_i$  l'apporto di calore gratuito generato dalla presenza umana.

Gli apporti gratuiti ( $Q_{gn}$ ) sono costituiti dal contributo solare ( $Q_{sol}$ ), di altre fonti di energia rinnovabili e dalle perdite che si possono considerare recuperabili.

$Q_L$ : come vedremo più avanti è lo scambio termico totale per trasmissione e ventilazione.

Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti, dipendente dall'inerzia termica dell'edificio e dal rapporto apporti gratuiti e dispersioni, è indicato da  $\eta_{H,gn}$  mentre rendimento globale medio stagionale da  $\eta_g = Q_h / Q_{P,H}$ .

Per il calcolo del fabbisogno si fa riferimento alla UNI TS 11300 che fornisce la formula:

$$Q_h = Q_L - \eta_{H,gn} Q_{gn} = Q_t + Q_v - \eta_{H,gn} (Q_i + Q_{sol})$$

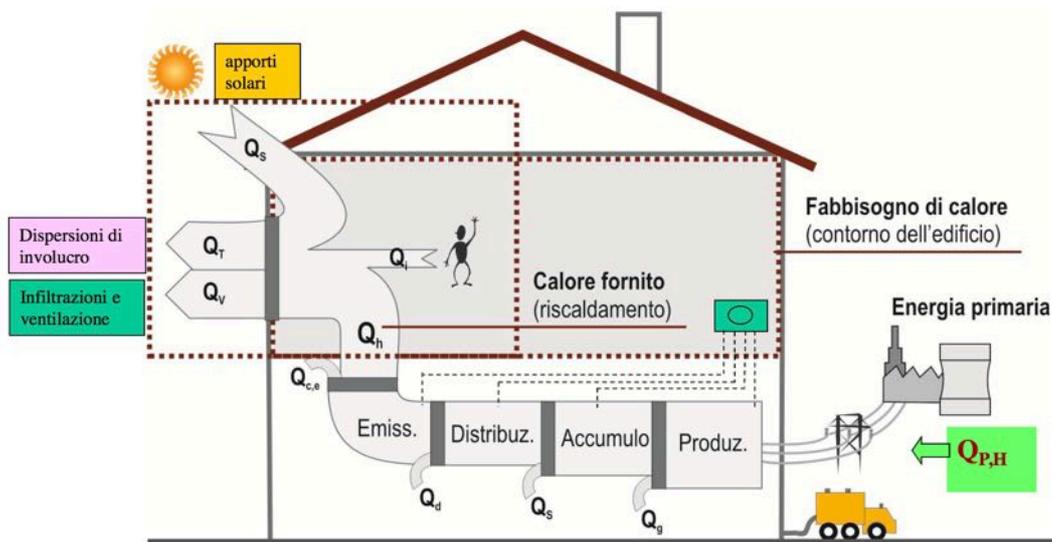


Fig. 1

## LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

Gli edifici oggetto di studio sono localizzati a Bologna, che secondo il DPR n. 412 del 26 Agosto del 1993, si classifica dal punto di vista climatico nella zona E.

Le zone climatiche sono aree del territorio italiano classificate in base al valore dei Gradi Giorno (GG), la sommatoria delle differenze tra temperatura interna (20 °C) e la temperatura esterna media giornaliera relativa a tutto l'intervallo di riscaldamento scandito su base mensile (Fig. 2 e 3).

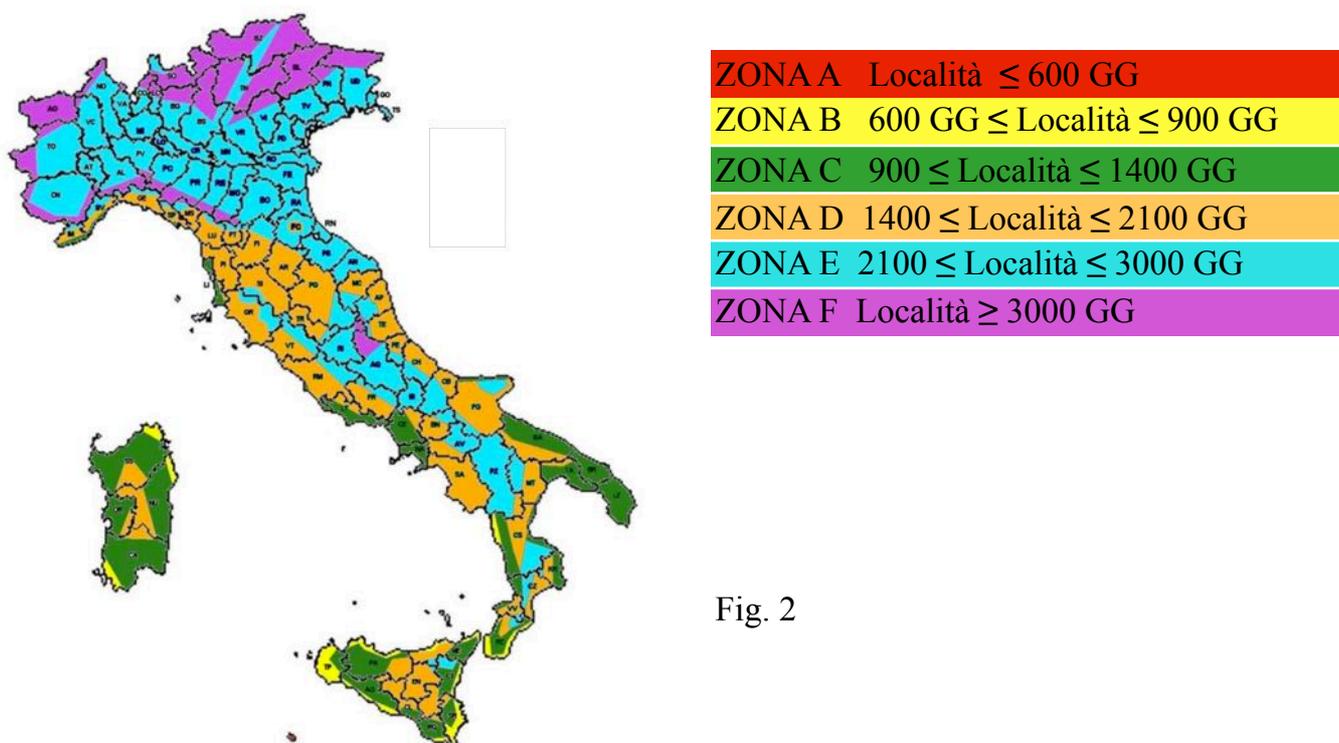


Fig. 2

ZONA CLIMATICA	INIZIO	FINE
A	1 Dicembre	15 Marzo
B	1 Dicembre	31 Marzo
C	15 Novembre	31 Marzo
D	1 Novembre	15 Aprile
E	15 Ottobre	15 Aprile
F	1 Ottobre	22 Aprile

Fig. 3

Più precisamente i GG di Bologna (Lat. 44° 30' , Long. 11° 20' , 54 m.s.l.m) sono 2259 e la città è caratterizzata da un clima continentale contraddistinto da inverni rigidi ed estati calde e afose.

Facendo riferimento alla tabella delle medie mensili degli ultimi 30 anni (Fig. 4), osserviamo come la temperatura minima annuale sia di -2 °C nel mese di Gennaio, e come sempre nel periodo invernale, quando gli impianti di riscaldamento sono sempre in funzione, siano prossime o leggermente superiori agli 0 °C.

Le temperature sono tuttavia alterate da un livello di umidità relativa molto alto che si assesta con medie annuali del 74% e, limitatamente al periodo invernale, del 78% anche se gli effetti più rilevanti si hanno durante la stagione estiva, quando le temperature massime percepite sono molto superiori a quelle indicate in tabella raggiungendo valori superiori ai 37 ° , necessitando di sistemi di raffreddamento per non uscire da una zona di comfort.

Le precipitazioni annue, comprese tra i 43 mm e gli 81 mm, si concentrano prevalentemente nel periodo primaverile e negli ultimi mesi dell'anno, mentre la ventosità è bassa e quasi costante (9 km/h) in direzione Est-Nord-Est e Ovest-Nord-Ovest.

Mese	T min	T max	Precipit.	Umidità	Vento	Eliofania
Gennaio	-2 °C	5 °C	43 mm	83%	WNW 9 km/h	3 ore
Febbraio	1 °C	8 °C	45 mm	78%	WNW 9 km/h	3 ore
Marzo	4 °C	13 °C	60 mm	70%	ENE 9 km/h	5 ore
Aprile	8 °C	18 °C	67 mm	71%	E 9 km/h	6 ore
Maggio	12 °C	23 °C	65 mm	69%	E 9 km/h	7 ore
Giugno	16 °C	27 °C	53 mm	68%	ENE 9 km/h	9 ore
Luglio	18 °C	30 °C	43 mm	65%	ENE 9 km/h	9 ore
Agosto	18 °C	29 °C	58 mm	66%	ENE 9 km/h	8 ore
Settembre	15 °C	25 °C	61 mm	69%	ENE 4 km/h	7 ore
Ottobre	10 °C	19 °C	72 mm	76%	ENE 4 km/h	5 ore
Novembre	4 °C	11 °C	81 mm	84%	WNW 4 km/h	3 ore
Dicembre	0 °C	6 °C	61 mm	84%	W 9 km/h	2 ore

Fig. 4

## DISPERSIONI TERMICHE (1)

Avendo localizzato geograficamente i fabbricati, per poter determinare il consumo energetico annuale degli stessi, è ora importante quantificare le dispersioni di calore delle varie Zone Termiche dell'edificio.

Si definisce Zona Termica la porzione dell'edificio, climatizzato da un unico sistema di generazione, mantenuto ad una temperatura con identiche modalità di regolazione (fig. 5).

I confini della Zona Termica sono definiti dalle superfici esterne dell'involucro del volume climatizzato e dalle superfici delle mezzerie degli elementi che dividono Zone Termiche adiacenti.

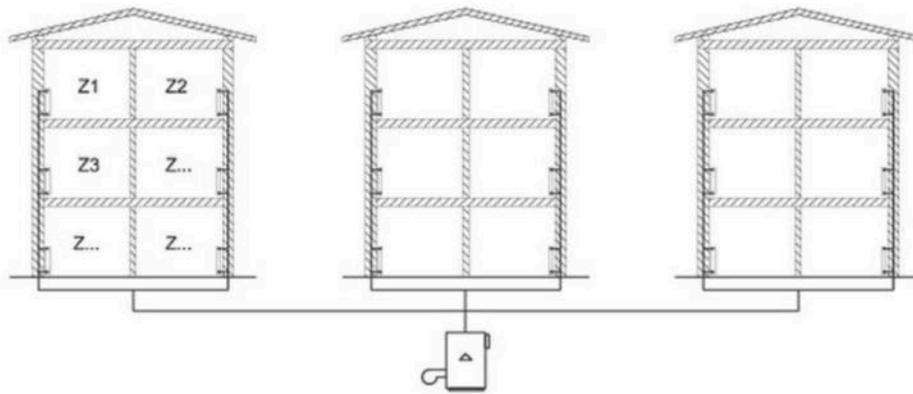


Fig. 5

Per ogni mese del periodo di riscaldamento preso in considerazione, l'energia che viene scambiata complessivamente per trasmissione e ventilazione attraverso l'involucro edilizio delimitante uno spazio riscaldato a temperatura uniforme è data dalla somma di:

$$Q_L = (Q_D + Q_G + Q_U) + Q_V + Q_A$$

- $Q_D$  è l'energia scambiata per trasmissione con l'esterno
- $Q_G$  è l'energia scambiata con il terreno

- $Q_U$  è l'energia scambiata con ambienti adiacenti non riscaldati
- $Q_V$  è l'energia scambiata per ventilazione
- $Q_A$  è l'energia scambiata con zone a temperatura prefissata

$$Q_L = H (\theta_i - \theta_e) t$$

- $H$  è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione o ventilazione
- $\theta_i$  è la temperatura interna della zona termica
- $\theta_e$  è la temperatura media mensile esterna o del locale adiacente
- $t$  è il periodo di calcolo (86400 x n° giorni del mese = 1 mese)

Analizzando i coefficienti di dispersione termica:

$$H = H_T + H_V \quad H_T = H_D + H_G + H_{ie}$$

$H_T + H_V$  sono rispettivamente il coefficiente di dispersione termica per trasmissione e ventilazione (UNI EN ISO 131789).

$H_D$  è il coefficiente di dispersione termica relativo alle dispersioni attraverso un elemento generico (opaco o finestrato) verso l'esterno.

$$H_D = (\sum A_j U_j + \sum \psi_k l_k) \quad [W/K]$$

$U_j$  è la trasmittanza termica di ciascun componente (opaco UNI EN ISO 6946, o finestrato UNI EN ISO 10077-1)  $[W/m^2K]$

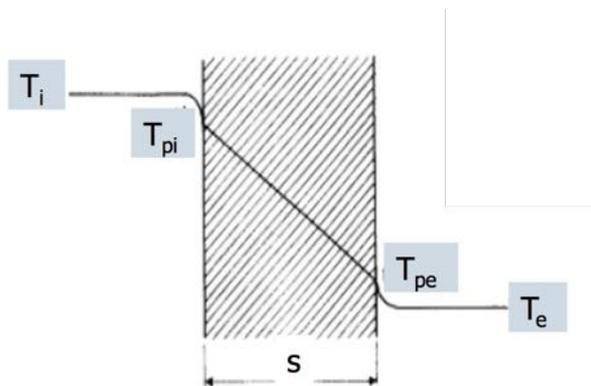
$A_j$  è l'area di ogni componente teoricamente uniforme rivolta verso l'esterno  $[m^2]$

$\psi_k$  è la trasmittanza termica lineare del ponte termico (UNI EN ISO 14683)

$l_k$  è la lunghezza del ponte termico

## TRASMITTANZA TERMICA

Per Trasmittanza termica si intende il flusso di energia termica (calore) che attraversa 1 m<sup>2</sup> di parete che separa i due ambienti soggetta ad una differenza di temperatura pari ad 1 K, nell'ipotesi di considerare un flusso termico monodimensionale (ovvero il caso di strutture di grandi dimensioni, omogenee o con strati di materiale omogeneo, ad esclusione degli effetti di bordo).



Per superfici opache:

$$U = \frac{(Q/A)}{T_i - T_e} = \frac{1}{R_{Tot}} = \frac{1}{R_{se} + R_{muro} + R_{si}}$$

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_i \frac{s_i}{\lambda_i} + \left( \sum_j R_j \right) + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Con  $R_{si}$ ,  $R_{se}$  resistenze termiche superficiali [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] (UNI EN ISO 6946/99)

$S_i$  spessore dello strato omogeneo di parete [m]

$\lambda_i$  conduttività termica dello strato di materiale omogeneo [ $\text{W/mK}$ ] (UNI 10351/94)

$R_j$  resistenza termica unitaria dello strato omogeneo di materiale [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] (UNI 10351/94)

I valori delle resistenze termiche superficiali dipendono dalla direzione del flusso termico (ascendente, orizzontale, discendente) e sono indicate nelle tabelle normative (UNI EN ISO 6946), anche se più in generale si possono ricavare tramite la formula fisica:

$$R_s = 1/(h_c + h_r)$$

con  $h_c$  coefficiente di convezione e  $h_r$  coefficiente di irraggiamento, che assumono determinati valori e sono relativi a determinate formule a seconda che si stia

considerando superfici interne o esterne, e a seconda del flusso termico (solo per interne) ascendente, discendente o orizzontale.

La norma prevede inoltre anche valori per casi specifici come pareti con intercapedini d'aria non ventilabile, debolmente ventilate e fortemente ventilate.

Per quanto riguarda i sottotetti vengono forniti valori di resistenza termica semplificati e se si vuole effettuare un calcolo più preciso allora va effettuato secondo le disposizioni dell'ISO 13789.

La norma UNI 10351 fornisce inoltre i valori di conduttività termica e permeabilità al vapore, che andranno poi inseriti nelle formule per il calcolo della resistenza e trasmittanza termica, classificandoli in base al materiale (laterizi, laterizi forati, materie plastiche cellulari, poliuretani, ...) e al tipo di elemento strutturale (murature e solai).

Per quanto riguarda i componenti finestrati la formula per il calcolo della trasmittanza è diversa perché considera l'area e i perimetri dei vari elementi che compongono l'oggetto:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + L_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$



$U_g$  trasmittanza termica dell'elemento vetrato

$U_f$  trasmittanza termica del telaio

$L_g$  perimetro della superficie vetrata

$\psi_g$  trasmittanza lineare del giunto fra le lastre di vetro (da considerarsi solo in presenza di più vetri)

$A_f$  area del telaio (considerando la proiezione su un piano parallelo al vetro)

$A_g$  area del vetro

Trasmittanza termica dell'elemento vetrato:

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \sum_1^n R_s + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

con  $\lambda_i$  conducibilità della lastra di vetro (1 W/mK) o del materiale trasparente considerato

$d_i$  spessore della lastra [m]

$n$  numero di lastre che costituiscono l'elemento trasparente

$R_s$  resistenza termica dell'eventuale spazio racchiuso tra le due lastre

Analogamente al caso delle superfici opache anche qui i valori di resistenza superficiale sono forniti dalla normativa (UNI EN ISO 10077-1), e si differenziano a seconda dell'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della vetrata e a seconda che la superficie sia interna o esterna.

I valori di resistenza termica  $R_s$  dello spazio racchiuso tra le due lastre invece sono forniti da tabelle che li classificano in base allo spessore delle intercapedini d'aria e dal trattamento delle superfici.

Il valore  $U_f$  di trasmittanza di un telaio realizzato in materiali plastici è fornito dalla normativa, in base alla varietà di materiale di cui è costituito (poliuretano, pvc, ...) e dal tipo di telaio (con anima in metallo, con una o più camere cave, ...).

Per i telai metallici è invece fornita una formula:

$$U_f = \frac{1}{R_{si} A_{f,i} / A_{d,i} + R_f + R_{se} A_{f,e} / A_{d,e}} \quad R_f = \frac{1}{U_{f0}} - 0.17$$

$A_{f,i}$  area interna proiettata dal telaio su un piano parallelo alla vetrata

$A_{f,e}$  area esterna proiettata dal telaio su un piano parallelo alla vetrata

$A_{d,i}$  area del telaio a contatto con l'aria interna

$A_{d,e}$  area del telaio a contatto con l'aria esterna

$R_f$  resistenza termica del telaio

Esistono tabelle a cui far riferimento anche per quanto riguarda la trasmittanza lineare del giunto fra le lastre di vetro  $\psi_g$  a seconda del materiale (legno, plastica, metallo, ...) e dell'utilizzo di aria o gas nelle intercapedini dei vetri.

Nel caso di doppio serramento o serramento combinato si ha:

$$U_w = \frac{1}{1/U_{w1} + R_{si} + R_s + R_{se} + 1/U_{w2}}$$

$U_{w1}$ ,  $U_{w2}$  trasmittanze termiche dei singoli componenti esterno ed interno

$R_s$  resistenza termica dell'eventuale spazio racchiuso tra i due telai

Nel caso di finestra con tapparella o schermo esterno chiuso:

$$U_{ws} = \frac{1}{1/U_w + \Delta R}$$

$\Delta R$  resistenza termica aggiuntiva, con valori differenti a seconda della differente permeabilità all'aria della chiusura.

Con il Decreto Legislativo 311/06 sono stati imposti dalla normativa dei limiti di trasmittanza per edifici di nuova costruzione e in caso di ristrutturazioni a seconda della zona climatica di riferimento (Tab. 1).

	Coperture	Pareti	Pavimenti	Vetri	Finestre
A	0,38	0,62	0,65	3,7	4,6
B	0,38	0,48	0,49	2,7	3,0
C	0,38	0,40	0,42	2,1	2,6
D	0,32	0,36	0,36	1,9	2,4
E	0,30	0,34	0,33	1,7	2,2
F	0,29	0,33	0,32	1,3	2,0

[W/m<sup>2</sup>K]

Tab. 1

## PONTE TERMICO

Il ponte termico è la discontinuità di isolamento termico e discontinuità di forma che si può verificare in corrispondenza agli innesti di elementi strutturali (solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro) (Fig. 1).

Un ponte termico determina un incremento della potenza termica dispersa rispetto al caso della parete corrente.

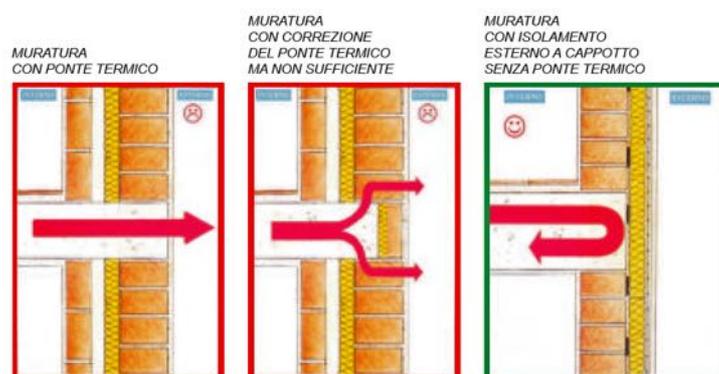


Fig. 1

Si definisce coefficiente di trasmissione lineica  $\psi$  [W/mK] il valore dell'incremento di potenza (rispetto al caso di parete omogenea con isoterme parallele) per unità di lunghezza L (lunghezza del giunto).

Le norme di riferimento per il calcolo di  $\psi$  sono la UNI EN ISO 10211 e la UNI EN ISO 14683 e forniscono valori differenti a seconda della tipologia di elemento costruttivo (pareti, solai, coperture, ...) e del tipo di soluzione tecnica isolante adottata (Fig. 2).

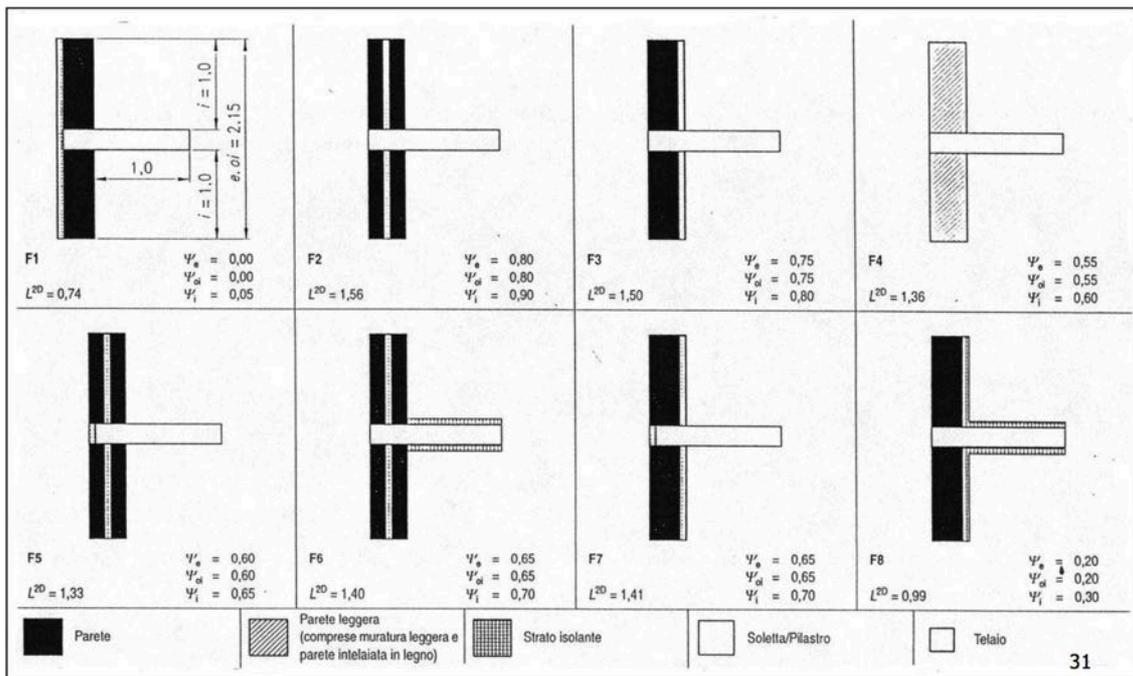


Fig. 2

## DISPERSIONI TERMICHE (2)

Tornando alle dispersioni termiche, dopo aver affrontato quelle verso l'esterno (pareti, coperture), analizziamo ora gli altri due tipi,  $H_g$  e  $H_{ie}$ .

$H_g$  sono le dispersioni termiche verso il terreno.

Nel caso il pavimento sia direttamente appoggiato sul terreno (Fig. 1), la formula indicata dalla normativa (UNI EN ISO 13370) per il calcolo delle dispersioni è:

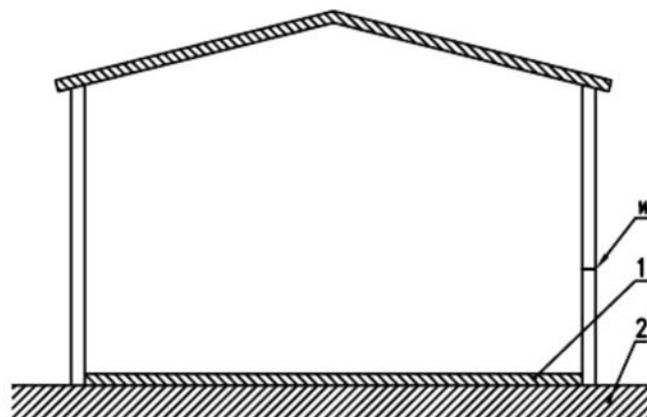


Fig. 1

$$H_G = A U_0 + P \Delta\psi$$

$$\text{con } d_t = w + \lambda (R_{si} + R_p + R_{se})$$

dove:

A è l'area del pavimento a contatto con il terreno [m<sup>2</sup>]

P è il perimetro del pavimento esposto (lunghezza delle sole pareti che separano lo spazio riscaldato dall'esterno) [m]

$d_t$  spessore equivalente per pavimenti [m]

w è lo spessore delle pareti perimetrali esterne [m]

$\lambda$  è la conduttività termica del terreno [W/mK]

$R_{si}$ ,  $R_{se}$  sono le resistenze termiche superficiali interne ed esterne [m<sup>2</sup>K/W]

$R_p$  è la resistenza termica del pavimento (la resistenza termica del calcestruzzo al di sotto della soletta può essere trascurata, così come la stessa se sottile) [m<sup>2</sup>K/W]

$U_0$  è la trasmittanza termica del terreno [m<sup>2</sup>K/W]

Per determinare  $\lambda$  si usano delle tabelle nelle quali sono distinti valori in base alla tipologia di terreno presente nel caso di studio (argille, limi, sabbia, ghiaia, roccia, ...).

se i pavimenti non sono isolati o moderatamente isolati ( $d_t < B$ ) :

$$U_0 = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B + d_t} \ln\left(\frac{\pi \cdot B}{d_t} + 1\right)$$

se i pavimenti sono ben isolati ( $d_t \geq B$ ) :

$$U_0 = \frac{\lambda}{0.457 \cdot B + d_t}$$

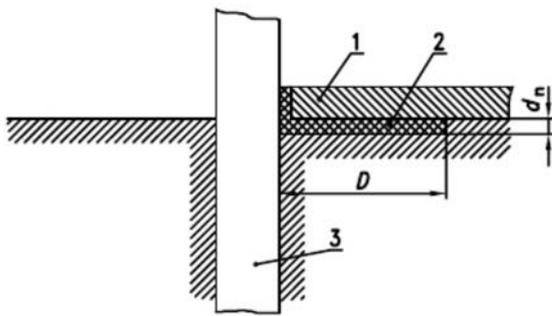
con B dimensione caratteristica del terreno  $B = A / 0.5P$

il termine  $\Delta\psi$  tiene conto dell'effetto dovuto all'aggiunta di isolamento di bordo sul pavimento o su gli elementi verticali di fondazione.

$\Delta\psi = 0$  per pavimenti non isolati o uniformemente isolati

$\Delta\psi < 0$  per pavimenti con isolamento perimetrale

Nel caso di isolamento perimetrale orizzontale (Fig. 2):



$$\Delta\psi = -\frac{\lambda}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left( \frac{D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]$$

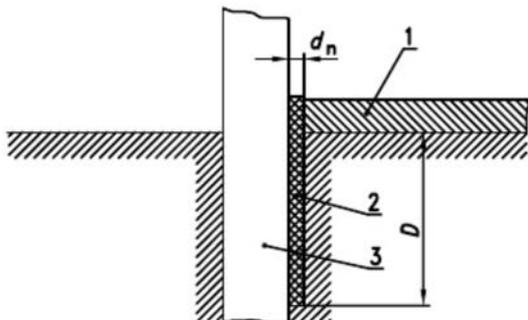
Fig. 2

$$d' = (R_n - d_n / \lambda) \lambda$$

$R_n$  è la resistenza termica aggiuntiva dell'isolamento di bordo (orizzontale o verticale)

$d_n$  è lo spessore dell'isolamento di bordo

Nel caso di isolamento perimetrale verticale (Fig. 3):



$$\Delta\psi = -\frac{\lambda}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{2D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left( \frac{2D}{d_t + d'} + 1 \right) \right]$$

Fig. 3

Nel caso di pavimento su spazio areato (Fig. 4) la formula indicata dalla normativa per il calcolo delle dispersioni è:

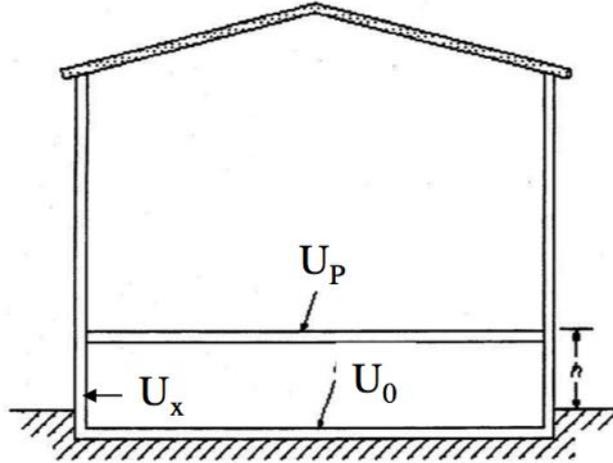


Fig. 4

$$H_G = A U_G$$

$$U_G = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + \frac{1}{U_0 + U_x}}$$

$U_p$  è la trasmittanza termica del pavimento al di sopra dello spazio areato

$U_0$  è la trasmittanza termica del solaio verso il terreno

$U_x$  è la trasmittanza termica equivalente tra lo spazio areato e l'ambiente esterno comprendente la dispersione attraverso le pareti dello spazio sotto il pavimento e la ventilazione dello stesso spazio

$$U_0 = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B + d_t} \ln \left( \frac{\pi \cdot B}{d_t} + 1 \right)$$

$$U_x = 2 \cdot z \frac{U_w}{B} + 1450 \varepsilon \cdot v \cdot \frac{f_v}{B}$$

$z$  è l'altezza della superficie superiore del pavimento sopra al livello del terreno [m]

$U_w$  è la trasmittanza termica delle pareti dello strato areato [W/mK]

$\varepsilon$  è l'area delle aperture di ventilazione per unità di lunghezza del perimetro dello spazio areato [m<sup>2</sup>/m]

$v$  è la velocità del vento a 10 metri di altezza

$f_v$  è il coefficiente di protezione dal vento

- protetta = 0.02 (centro città)
- media = 0.05 (periferia)
- esposta = 0.10 (rurale)

Infine nel caso di un pavimento su un piano interrato riscaldato (Fig. 5) la formula indicata dalla normativa per il calcolo delle dispersioni è:

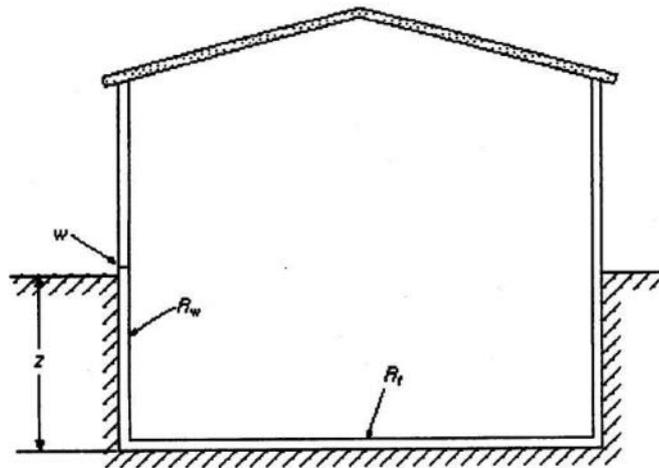


Fig. 5

$$H_G = A U_G$$

$$U_G = U_0 + \frac{z \cdot P \cdot U_w}{A}$$

Se i pavimenti non sono isolati o sono moderatamente isolati ( $d_t + (z/2) < B$ )

$$U_0 = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B + d_t + z/2} \ln\left(\frac{\pi \cdot B}{d_t + z/2} + 1\right)$$

Se i pavimenti sono ben isolati ( $d_t + (z/2) \geq B$ )

$$U_0 = \frac{\lambda}{0.457 \cdot B + d_t + z/2}$$

Infine si definisce il parametro  $U_w$ :

$$U_w = \frac{2\lambda}{\pi \cdot z} \left(1 + \frac{0.5d_t}{d_t + z}\right) \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right)$$

con  $d_t = w + \lambda (R_{si} + R_p + R_{se})$  e  $d_w = \lambda (R_{si} + R_w + R_{se})$

se  $d_t < d_w$  si scambia  $d_t$  con  $d_w$ ;

$d_w$  è lo spessore equivalente per le pareti dei piani interrati

Vista la difficoltà di calcolo delle dispersioni verso il terreno la normativa offre anche la possibilità di ricorrere ad un metodo semplificato dove:

$$H_G = A U_P b_{tr,g}$$

con  $U_P$  trasmittanza termica del solaio e  $b_{tr,g}$  fattore di correzione (tab. 1)

AMBIENTE CONFINANTE	$b_{tr,g}$
pavimento controterra	0,45
parete controterra	0,45
pavimento su vespaio areato	0,85
piano interrato riscaldato	0,45
piano interrato non riscaldato o parzialmente riscaldato	0,45

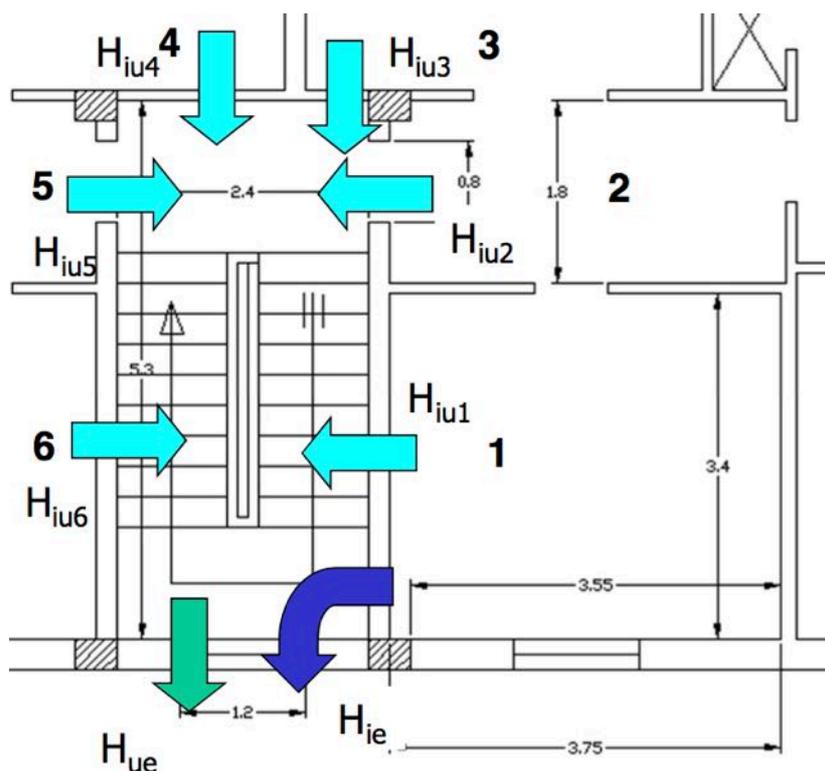
Tab. 1

$H_{ie}$  sono le dispersioni termiche verso ambienti non riscaldati; La normativa (UNI EN ISO 13789) prevede il loro calcolo tramite la formula:

$$H_{ie} = \sum_{j=1}^u \frac{H_{iu} \cdot H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

$H_{iu} = H_{Tiu} + H_{Viu}$  (coeff. di dispersione termica tra la zona termica riscaldata e ciascun ambiente non riscaldato)

$H_{ue} = H_{Tue} + H_{Vue}$  (coeff. di dispersione termica tra ciascun ambiente non riscaldato e l'esterno)



con  $H_T = \sum A_J U_J + \sum \psi_i L_i$

mentre secondo la convenzione:  $H_{V_{ue}} = 0$  e  $H_V = 0.34 n_{ue} V$

dove  $n_{ue}$  è il tasso di ventilazione tra lo spazio non riscaldato e l'ambiente esterno ed è indicato in apposite tabelle.

Anche in questo caso vista la complessità della formula la normativa fornisce un metodo semplificato di calcolo che sfrutta vari fattori di correzione  $b_{tr,g}$  (tab. 2):

$$H_{ie} = \frac{H_{iu} \cdot H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} = H_{iu} \cdot b_{tr,x}$$

AMBIENTE CONFINANTE	$b_{tr,g}$
sottotetto areato	1
sottotetto ben sigillato	0,80
appartamenti non riscaldati	0,50
corpi scala piano terra	0,70
corpi scala altri piani	0,50
cantina con serramenti chiusi	0,60
cantina con serramenti aperti	0,90

Tab. 2

## DISPERSIONI PER VENTILAZIONE

Sono le dispersioni di calore conseguenti al movimento dell'aria in un ambiente; il metodo di calcolo di queste dispersioni e dei valori minimi sono forniti dalla normativa UNI EN 13790 :

$$H_v = c_p \cdot \rho \cdot \frac{n}{3600} \cdot V = 0.34 \cdot n \cdot V$$

$c_p$  è il calore specifico isobaro dell'aria (valore di riferimento 1000 J/KgK)

$\rho$  è la massa volumica dell'aria (valore di riferimento 1.2 kg/m<sup>3</sup>)

$n$  è il numero di ricambi d'aria orari per ventilazione ed infiltrazione [h-1]

$V$  è il volume interno netto della zona [m<sup>3</sup>]

I valori minimi di  $n$  sono:

- $n = 0.5$  [h-1] per il calcolo carico termico di progetto in edifici residenziali
- $n = 0.3$  [h-1] per il calcolo del fabbisogno di energia di edifici residenziali

## APPORTI GRATUITI DI CALORE

Gli apporti gratuiti di calore "totali" sono dati dalla somma degli apporti di calore interni e di quelli solari :

$$Q_{gn} = Q_i + Q_{sol}$$

Gli apporti interni sono dovuti alle sorgenti interne allo spazio riscaldato e dipendono dagli apporti dovuti al metabolismo degli abitanti, al consumo di calore dovuto alle apparecchiature elettriche e agli apparecchi di illuminazione e agli apporti netti provenienti dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua.

$$Q_i = \phi_i t$$

$\phi_i$  è la potenza media degli apporti interni [W]

t è il tempo

Se non si hanno dati specifici riguardo la potenza degli apporti interni la normativa prevede tabelle di riferimento che forniscono un valore di riferimento rispetto all'area di pavimento dello spazio riscaldato [W/m<sup>2</sup>].

I vari valori sono classificati in base alla tipologia di edificio e alla rispettiva metratura quadrata.

Gli apporti dovuti alla radiazione solare sono dati da:

$$Q_{sol} = N \sum I_{s,j} (\sum A_{e,i}) \quad [MJ]$$

N sono il numero di giorni del mese

$I_{s,j}$  è l'irradiazione globale giornaliera media mensile relativa ad una data esposizione [MJ/m<sup>2</sup>giorno]

$A_{e,i}$  è l'area equivalente della generica superficie trasparente con data esposizione

L'area equivalente viene calcolata con la formula:

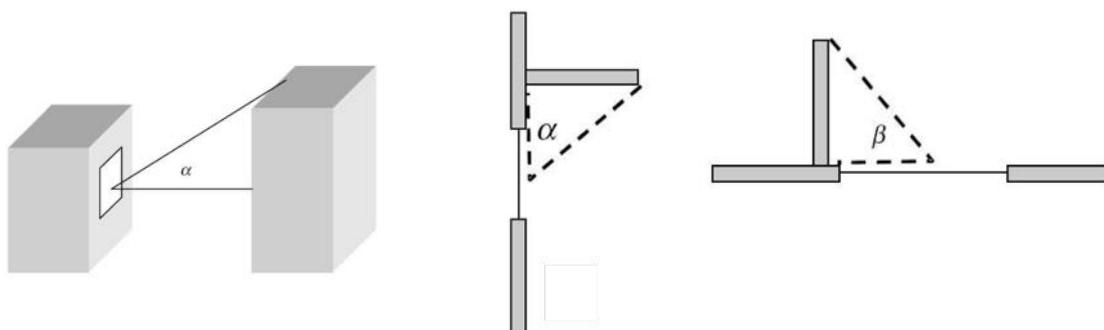
$$A_e = F_S F_C F_F g A$$

- $F_S$  è il fattore di schermatura dovuto ad ostruzioni legate sia all'orografia del territorio che agli aggetti dell'edificio

$$F_S = F_h F_o F_f$$

$F_h F_o F_f$  sono i fattori di ombreggiatura parziale dovuti ad ostruzioni esterne, aggetti verticali e aggetti orizzontali.

Questi valori sono indicati nelle rispettive tabelle a seconda della localizzazione geografica dell'immobile e dell'angolo di inclinazione sull'orizzonte o che vanno a formare sulla parete dell'edificio



- $F_c$  è il coefficiente di riduzione dovuti a schermi interni ed esterni presenti sulle finestrate
- $F_f$  è il coefficiente di riduzione dovuto all'area del telaio
- $g$  è la trasmittanza solare totale dell'elemento (relativa alla media delle inclinazioni dei raggi solari)

$$g = g_{\perp} F_w$$

con  $g_{\perp}$  indicato in tabelle a seconda della tipologia di vetro e  $F_w=0.9$   
 $A$  è l'area della superficie dell'apertura nella parete

Si ritorna ora dunque alla formula che abbiamo visto a inizio capitolo:

$$Q_h = Q_L - \eta_{H,gn} Q_{gn} = Q_t + Q_v - \eta_{H,gn} (Q_i + Q_{sol})$$

$\eta_{H,gn}$  è il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti, dipendente dall'inerzia termica dell'edificio e dal rapporto apporti gratuiti e dispersioni.

È un termine che tiene conto del comportamento dinamico dell'edificio

$$\eta_{H,gn} = (1-\gamma^a) / (1-\gamma^{a+1}) \text{ se } \gamma \neq 1 ; \quad \eta_{H,gn} = a / (a+1) \text{ se } \gamma = 1 ;$$

$\gamma = Q_{gn} / Q_L$  è il rapporto tra gli apporti gratuiti e le dispersioni termiche

$\tau = C/H$  è una costante di tempo legata all'inerzia tecnica dello spazio riscaldato (i valori semplificati di  $C$  per unità di volume lordo riscaldato sono indicati in tabelle normative)

$a$  è un parametro numerico che dipende dalla costante di tempo  $\tau$

## RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE

Dalla conoscenza del fabbisogno utile (netto) di energia  $Q_h$  si determina il fabbisogno di energia primaria  $Q_{P,H}$ , a seconda dei rendimenti dei vari sottosistemi in cui è suddiviso l'impianto:

$$Q_{P,H} = Q_h / (\eta_e \eta_c \eta_d \eta_p) \quad \eta_g = \eta_e \eta_c \eta_d \eta_p$$

$\eta_e$  è il rendimento di emissione, legato al tipo di terminale (radiatori, fan coil, pannelli radianti, ...), alla tipologia di installazione (su parete interna, esterna, isolata o non), alla temperatura di mandata

$\eta_c$  è il rendimento di regolazione, legato alla presenza di sonde temperatura, di centraline elettroniche di regolazione e della loro sensibilità

$\eta_d$  è il rendimento di distribuzione, legato alla lunghezza dei tubi di adduzione ai terminali interni ed esterni alla struttura

$\eta_p$  è il rendimento di produzione, legato al tipo di generatore di calore, se abbinato o meno alla produzione di acqua calda

I valori di questi rendimenti sono indicati in tabelle dal DPR n. 412 del 1993 a seconda del tipo di impianto e delle caratteristiche dell'edificio.

## VALUTAZIONE DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Tenuto conto di tutti i fattori che possono incidere sul calcolo del fabbisogno energetico di un edificio abbiamo che l'Indice di sostenibilità ambientale EP è:

$$EP = Q_{P,H} / S_u \text{ [kWh/m}^2\text{anno]} \text{ per edifici residenziali}$$

$$EP = Q_{P,H} / V_{\text{lordo}} \text{ [kWh/m}^3\text{anno]} \text{ per altri edifici}$$

Le classi energetiche nelle quali si inquadrano gli edifici vengono valutate relativamente al sistema di rating basato sul valore di EP per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda annuale  $EP = EPI + Epacs$ .

Tabella delle Classi Energetiche della regione Emilia Romagna



# CALCOLO DEL CONSUMO ENERGETICO DEL COMPARTO VIA TORINO-VIA ORTOLANI

## STATO DI FATTO

Il complesso di edifici del comparto di via Torino-via Ortolani è costituito da 3 elementi a torre e da uno in linea (fig. 1, 2).

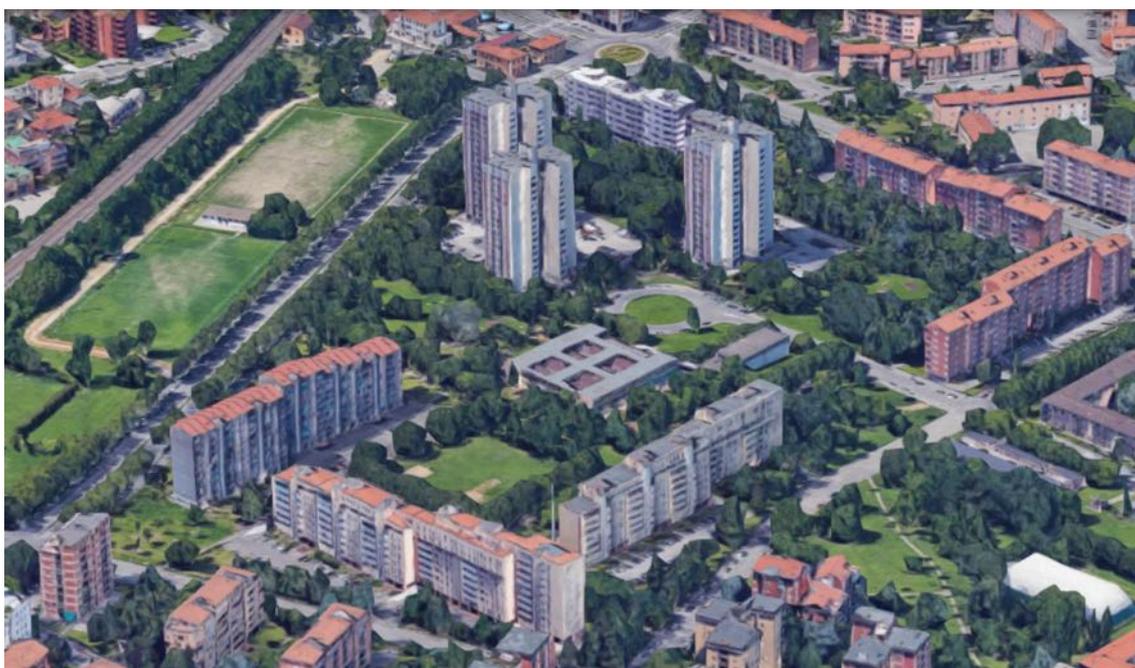


Fig. 1



Fig. 2

**EDIFICI A TORRE (via degli Ortolani 15-17-19):**

Come si evince dalle planimetrie e dalle piante rilasciate dagli uffici comunali, le torri si sviluppano sopra un primo livello interrato ad uso parcheggio coperto che, tramite una serie di rampe e di vani scala, consente il transito delle macchine e l'accesso delle persone allo spazio

al piano terra (fig. 3).

Al piano terra lo spazio limitrofo alle torri è diviso in una zona parcheggi e in una zona pedonale caratterizzata dalla presenza di aiuole e superfici verdi che si contrappongono al cemento dei parcheggi (fig. 4).

Lo spazio esterno di "proprietà" della singola torre è identificabile nello spiazzo immediatamente sottostante l'edificio, mentre questa divisione è più difficile per la zona parcheggi che si estende da una torre all'altra come un a sorta di collegamento tra i fabbricati, creando un effetto di "continuità".

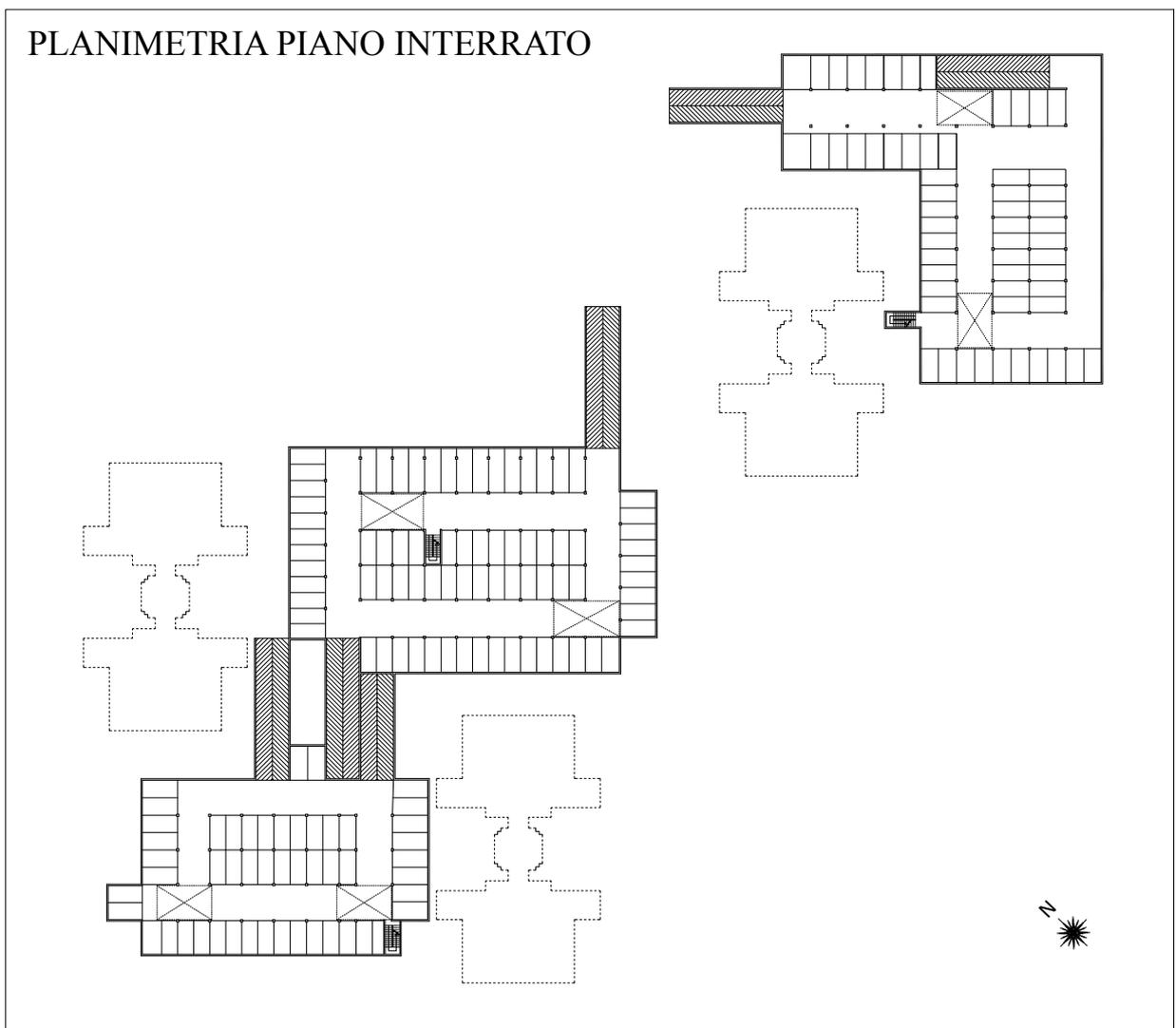


Fig. 3

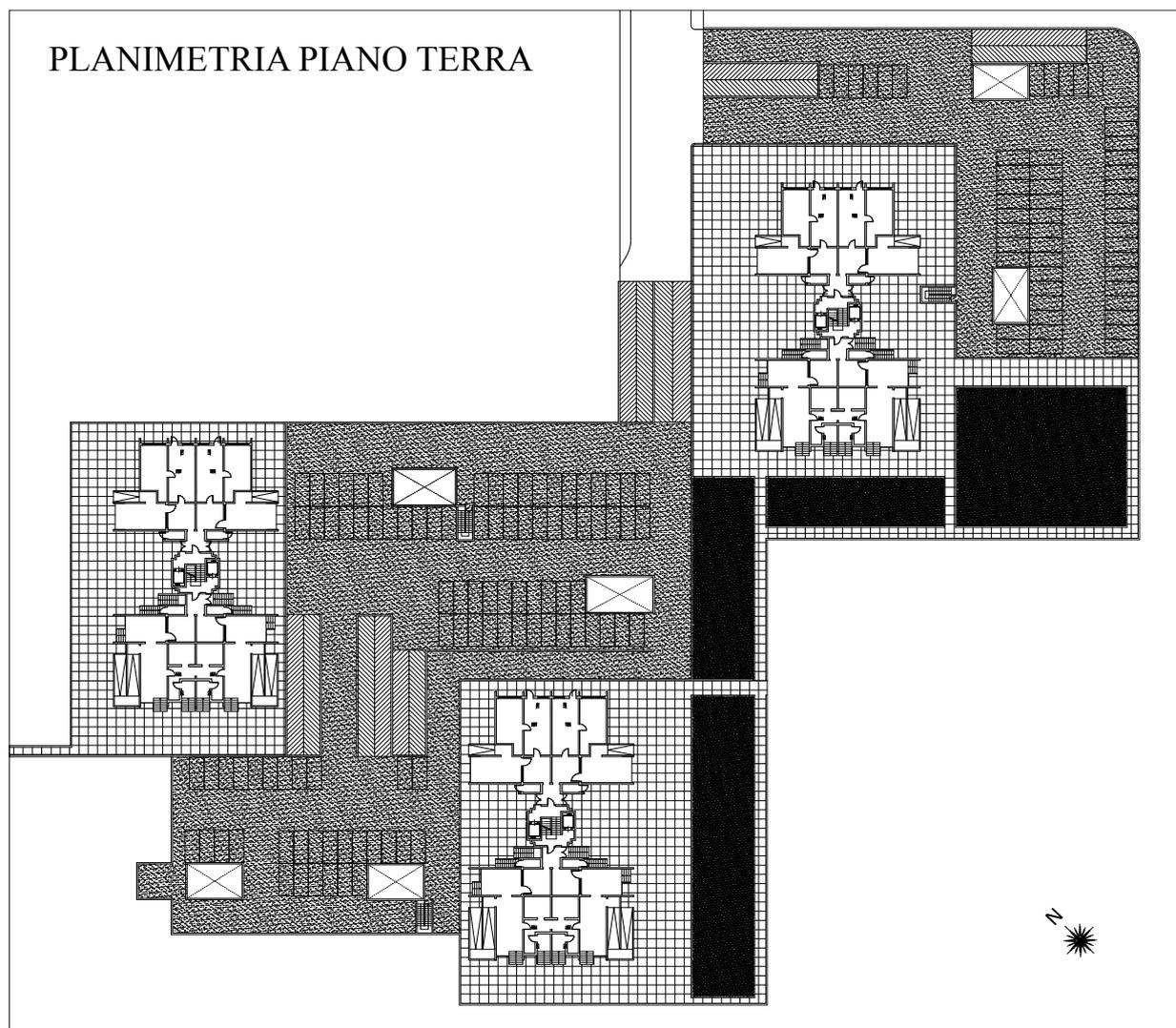


Fig. 4

Il piano terra di ogni singola torre è adibito ad uso comune con la presenza di locali condominiali, portici e vani vuoti che fanno da interspazio tra l'esterno dell'edificio e i vani scala e ascensore situati nel nucleo centrale della costruzione (fig. 5).

Nonostante gli accessi principali all'edificio si trovino sui lati Sud-Ovest e Nord-Est, è possibile accedere alla struttura anche dai lati Sud-Est e Nord-Ovest e volendo si può evitare di passare dagli ambienti comuni grazie a delle altre entrate che danno direttamente sul vano scala e ascensore.

# PIANTA PIANO TERRA

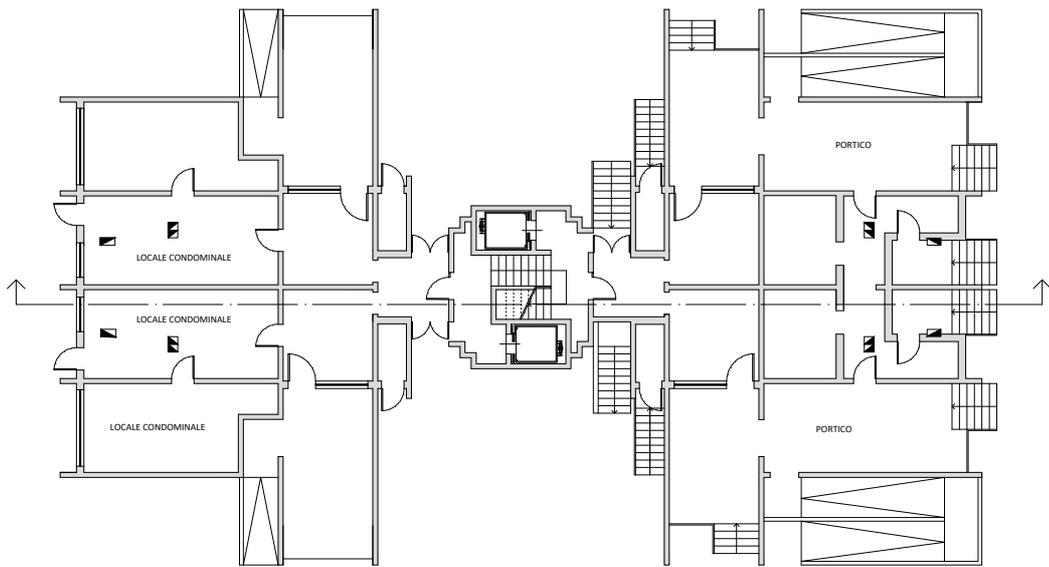


Fig. 5

# SEZIONE EDIFICIO

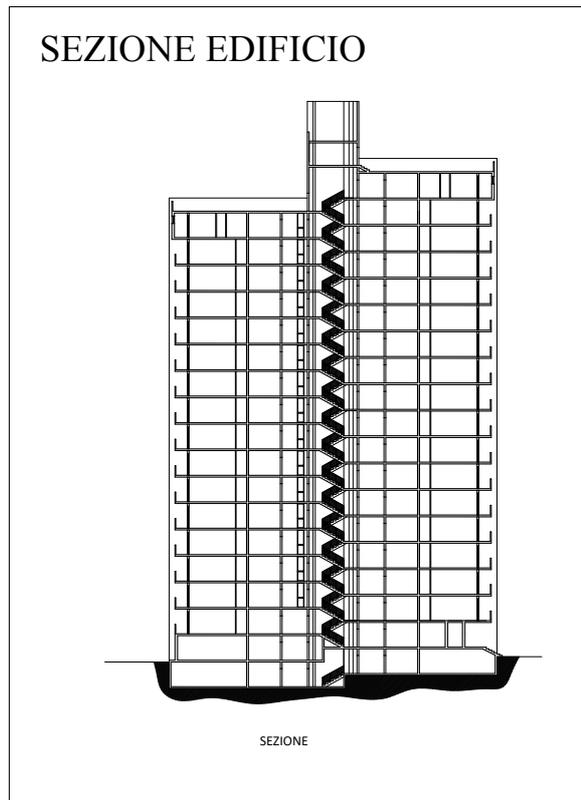


Fig. 6

Grazie alla sezione possiamo vedere come ogni edificio si sviluppi in altezza tramite un'organizzazione sfalsata dei piani che fa sì che tutti i piani orientati a Sud-Ovest di tutti e tre i fabbricati siano rialzati di 105 cm rispetto a quelli orientati Nord-Est (fig. 6).

Al piano terra questo comporta un accesso scalinato al blocco orientato a Sud-Ovest di ogni struttura (4 scalinate dal lato Sud-Ovest del blocco, 2 dal lato Sud-Est e 1 dal lato Nord-Ovest) (fig. 7).



Fig. 7

Il piano tipo degli edifici a torre è costituito da 4 appartamenti uguali di 94 m<sup>2</sup> costituiti da 5 ambienti e disposti simmetricamente rispetto al vano scala e ascensore, per un totale di 64 alloggi che vanno dal primo piano al sedicesimo (fig. 8), mentre l'ultimo piano è destinato alla zona cantine (fig. 9).

Tutti gli impianti percorrono in altezza gli edifici grazie a vani tecnici situati nei blocchi laterali posti ovviamente in prossimità delle cucine e dei bagni.

# PIANTA PIANO TIPO

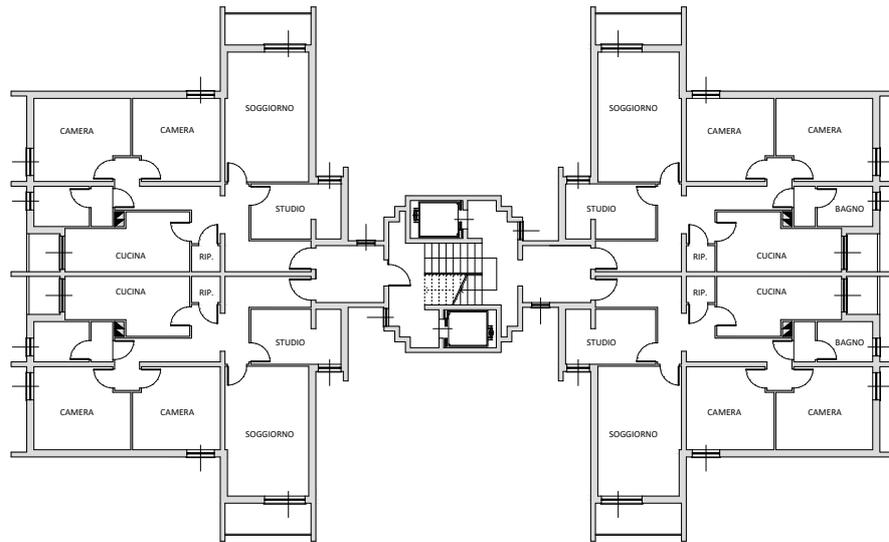


Fig. 8

# PIANTA PIANO 17

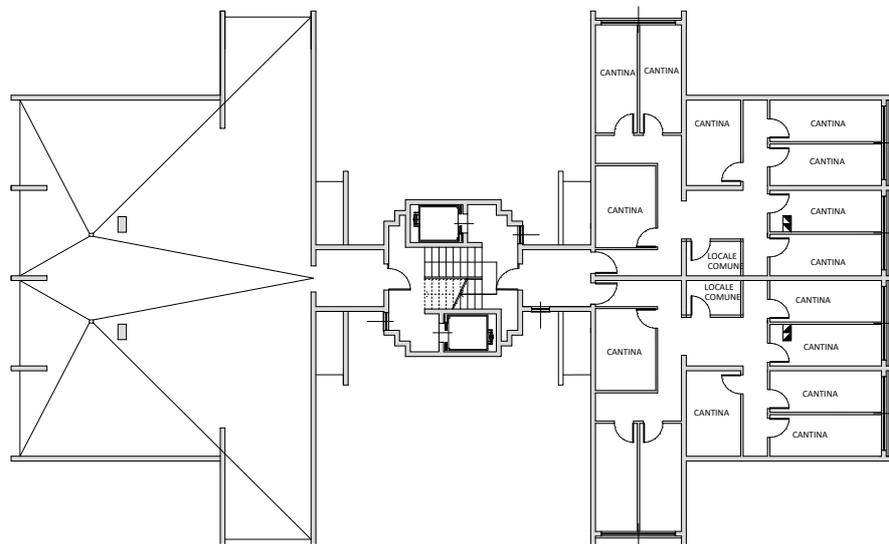


Fig. 9

L'involucro esterno riprende, dal punto di vista dei materiali, il tema degli edifici circostanti, proponendo per i due prospetti principali (Nord-Ovest e Sud-Est) facciate in cemento armato a vista intervallate da una fascia in mattoni (fig. 10, 11), mentre per quelli laterali (Nord-Est e Sud-Ovest), dove si aprono la maggior parte delle finestre e dei balconi, un rivestimento in mattoni (fig. 10, 12).

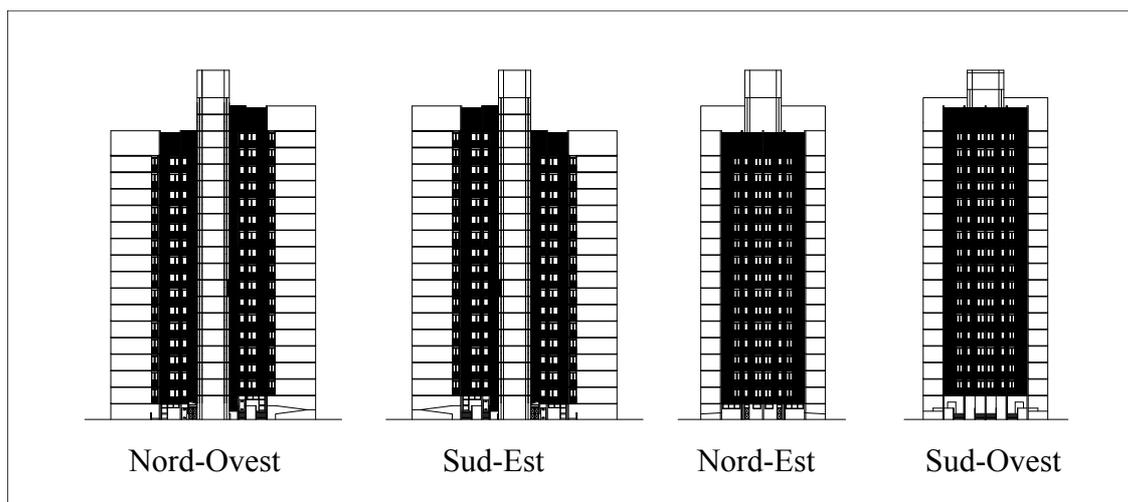


Fig. 10



Fig. 11



Fig. 12

dove si aprono la maggior parte delle finestre e dei balconi, un rivestimento in mattoni (fig. 10, 12).

Già da una prima visione dall'esterno è possibile individuare, grazie alla forma, alla distribuzioni dei materiali e delle finestre, l'organizzazione spaziale degli appartamenti e degli ambienti all'interno dell'edificio, che viene poi confermata dalla lettura delle piante.

Il vano scala è l'elemento che si distingue di più dal resto dell'edificio per via della posizione rientrante rispetto alla facciata, per via della forma e delle dimensioni, diverse dai blocchi laterali a "parallelepipedo" adibiti agli appartamenti, e dalla funzione chiaramente di collegamento tra essi.

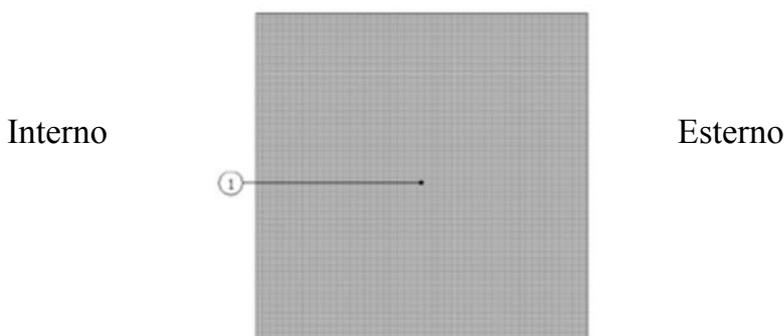
Dal punto di vista strutturale ogni torre è stata realizzata con il sistema a setti murari portanti in cemento debolmente armato di 20 cm di spessore e da murature con tamponamento in mattoni, intonacate e non, di circa 28/29 cm (tab. 1, 2, 3).

#### MURI PORTANTI:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	20	2,50	12,500	2400	0,080
	Spessore totale	20				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,130
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,250
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	4,000

Tab. 1

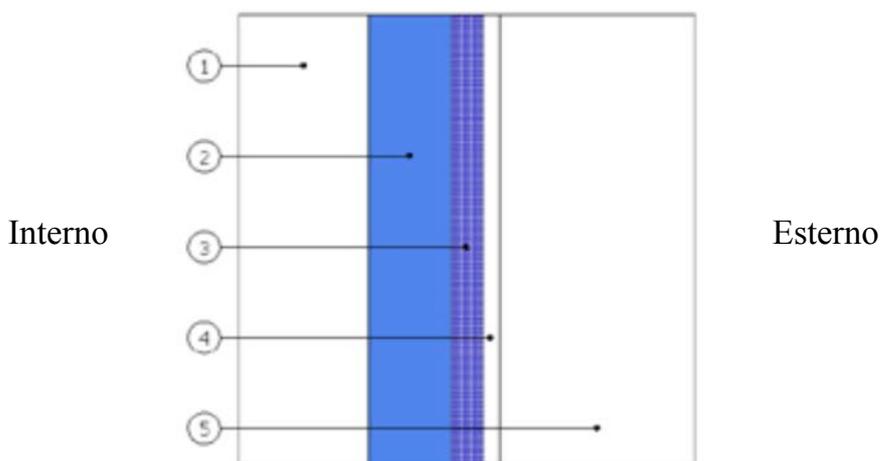


MURI DI TAMPONAMENTO:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Gesso	8,0	0,56	7,000	1500	0,143
2	Aria intercapedine flusso ascendente 50 mm	5,0	-	6,156	1	0,162
3	Polistirene espanso estruso senza pelle	2,0	0,04	2,050	30	0,488
4	Malta di gesso per intonaci	1,0	0,58	58,000	1200	0,017
5	Mattoni per pareti esterne	12,0	0,41	3,417	800	0,293
	Spessore totale	28				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,130
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	1,272
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	0,786

Tab. 2

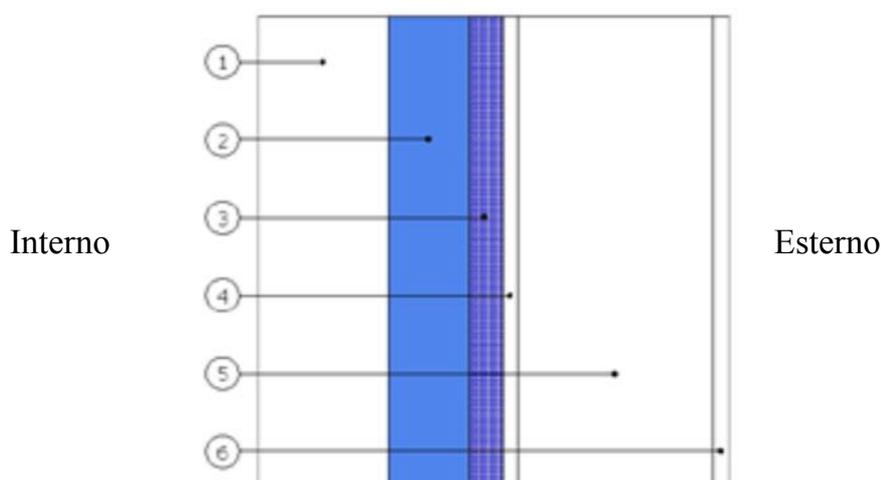


MURI DI TAMPONAMENTO INTONACATI:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Gesso	8,0	0,56	7,000	1500	0,143
2	Aria intercapedine flusso ascendente 50 mm	5,0	-	6,156	1	0,162
3	Polistirene espanso estruso senza pelle	2,0	0,04	2,050	30	0,488
4	Malta di gesso per intonaci	1,0	0,58	58,000	1200	0,017
5	Mattoni per pareti esterne	12,0	0,41	3,417	800	0,293
6	Malta di gesso per intonaci	1,0	0,58	58,000	1200	0,017
	Spessore totale	28				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,130
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	1,290
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	0,775

Tab. 3



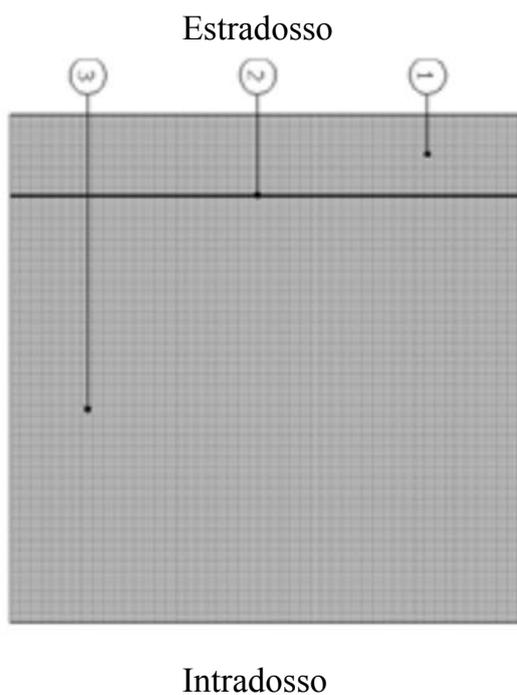
Per completare lo studio strutturale dell'edificio si considerano le varie tipologie di solaio che lo compongono (tab. 4, 5, 6, 7).

### SOLAIO DI TERRA:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Calcestruzzo	3,0	0,56	7,000	1500	0,143
2	Cartone bitumato	0,1	-	6,156	1	0,162
3	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0	0,04	2,050	30	0,488
	Spessore totale	19,1				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,170
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,300
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	3,333

Tab. 4

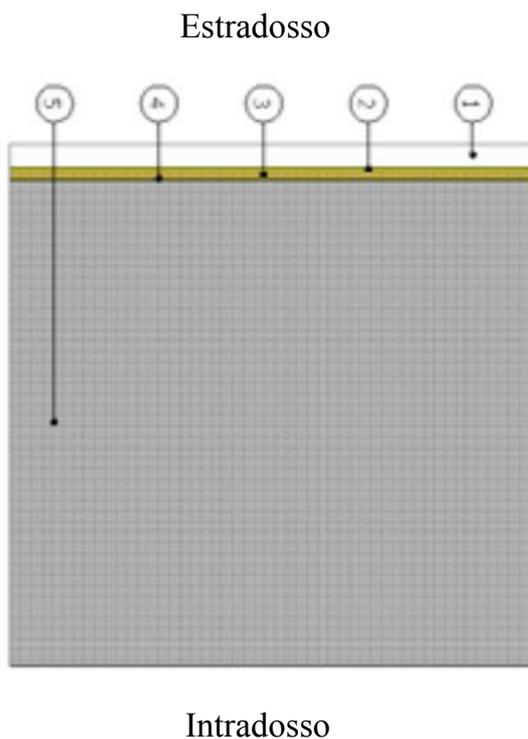


SOLAIO TIPO:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Quercia (flusso perpendicolare alle fibre)	0,8	0,22	27500	850	0,036
2	Silicone,mastice	0,1	0,50	500000	1450	0,002
3	Pannelli di sughero	0,2	0,05	22500	130	0,044
4	Silicone,mastice	0,1	0,50	500000	1450	0,002
5	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0	2,50	15625	2400	0,064
	Spessore totale	17,2				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,348
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	2,874

Tab. 5

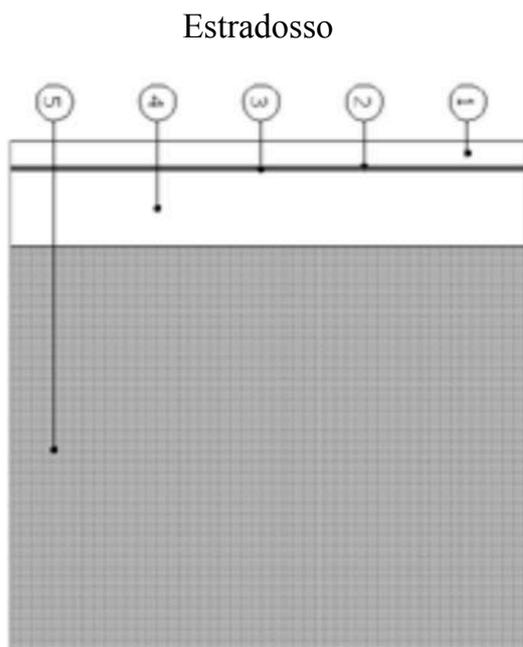


SOLAIO SOTTOTETTO:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Piastrelle in ceramica	1,0	1,30	27500	2300	0,036
2	Silicone,mastice	0,1	0,50	500000	1450	0,002
3	cartone bitumato	0,1	0,23	22500	1100	0,044
4	Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche (pannelli semirigidi)	3,0	0,04	1400	40	0,714
5	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0	2,50	15625	2400	0,064
	Spessore totale	20,2				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,992
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	1,008

Tab. 6



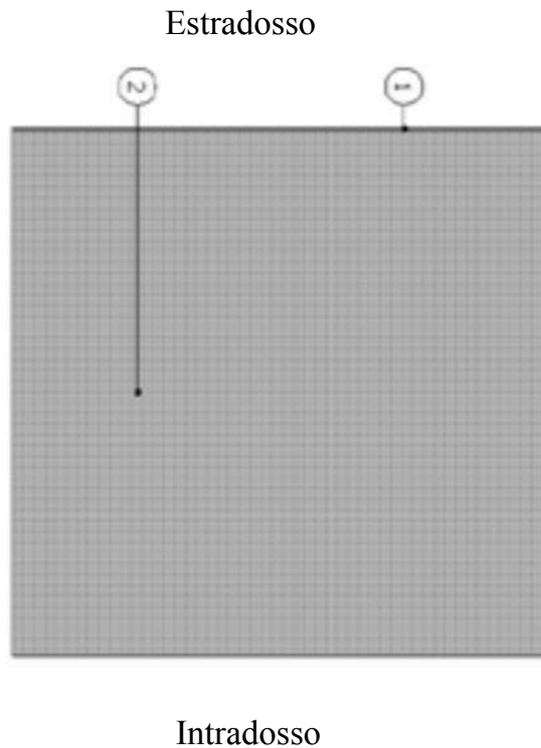
Intradosso

SOLAIO COPERTURA:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	cartone bitumato	0,1	0,23	230000	1100	0,004
2	calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	16,0	2,50	15625	2400	0,064
	Spessore totale	16,1				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,208
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	4,808

Tab. 7



## EDIFICIO IN LINEA (via Torino 2-10):

L'edificio in linea, a differenza delle vicine torri, si sviluppa in lunghezza piuttosto che in altezza, nonostante esso sia costituito da un numero considerevole di piani (9).

Dalle planimetrie (fig. 1, 2) si può notare come esso riprenda lo schema organizzativo delle torri, presentando un piano interrato con parcheggi coperti e una serie di posti auto al piano terra lungo il lato Nord-Ovest.

Come nel caso delle torri il piano interrato è ventilato da una serie di cavedi di areazione, che al piano terra sono situati nella passeggiata che si trova sul lato Sud-Est dell'edificio.

Al piano terra lo spazio tra i setti murari portanti è occupato dai vani scala e ascensore (a cui si accede solo dal lato parcheggi) e da locali condominiali comuni, e frequentemente da zone aperte che fungono da passaggio o collegamento con la passeggiata e il parco che si trovano al di là dell'edificio.

In questo caso però le cantine sono localizzate non alla sommità del fabbricato ma nel piano interrato, esattamente nello spazio delimitato dai muri perimetrali dello stesso fabbricato.

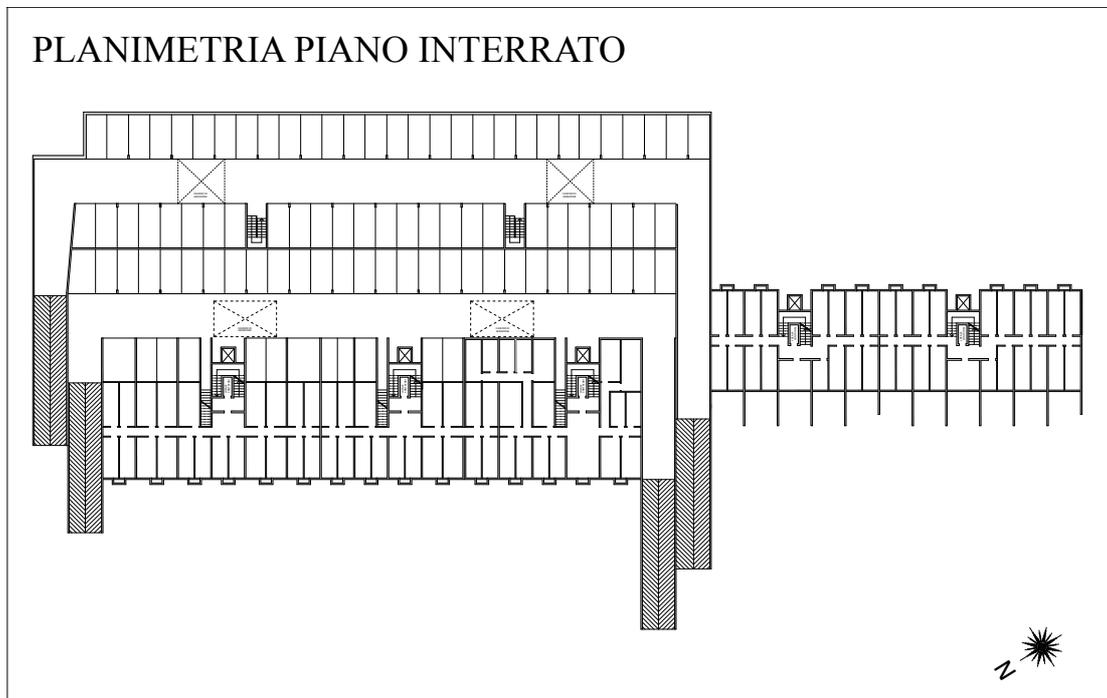


Fig. 1

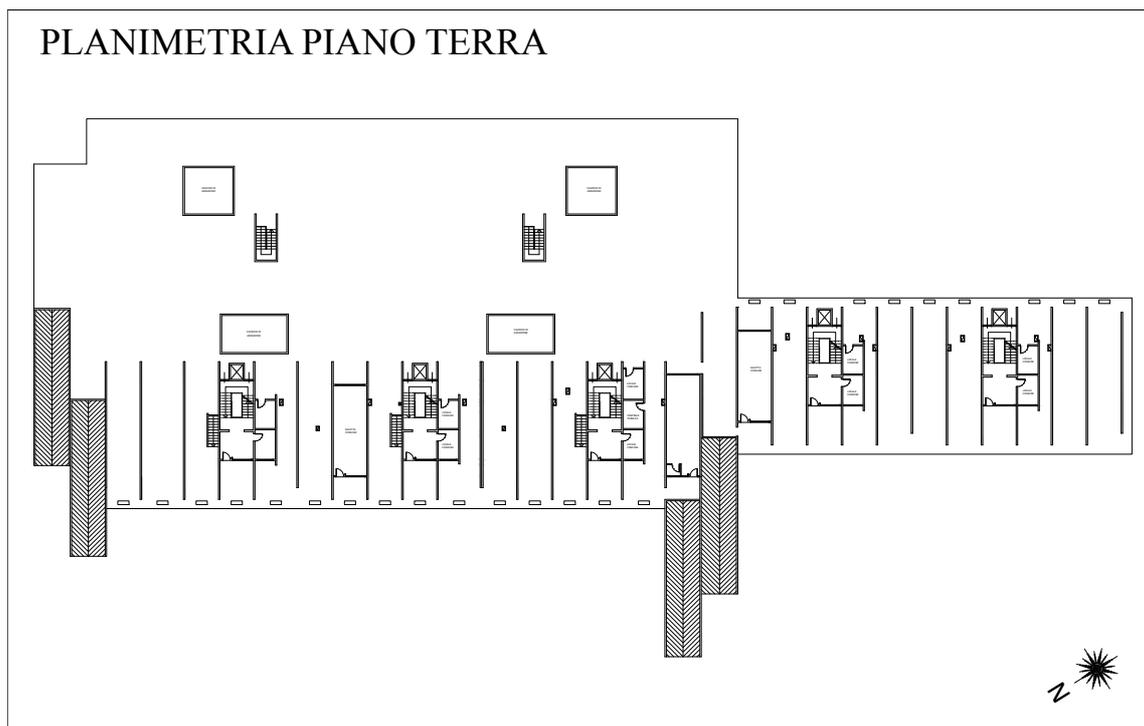


Fig. 2

Gli alloggi, 92 in totale, sono localizzati nei piani superiori (dal 1° al 9° piano), considerando che negli ultimi piani il numero sarà inferiore per via dell'organizzazione a "gradoni" della copertura, come vedremo meglio nei prospetti più oltre.

Osservando le piante (fig. 3, 4, 5, 6, 7) vediamo come siano stati realizzati appartamenti di metrature quadrate varie (80, 120, 145 m<sup>2</sup>), dai più piccoli costituiti da 4 vani fino ai più grandi di 7.

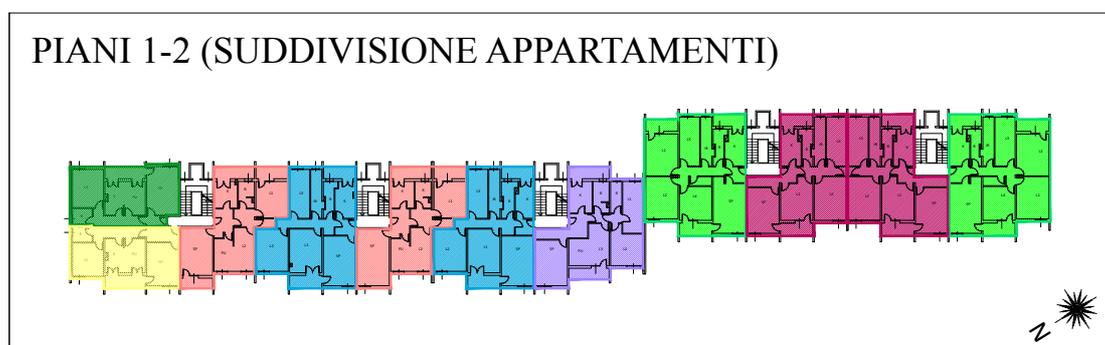


Fig. 3

PIANO 3 (SUDDIVISIONE APPARTAMENTI)

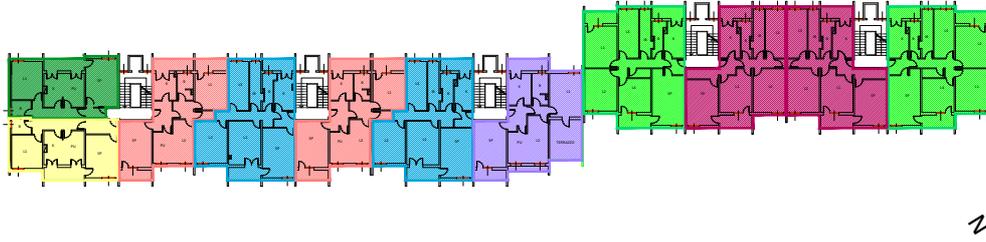


Fig. 4

PIANI 4-5-6-7 (SUDDIVISIONE APPARTAMENTI)

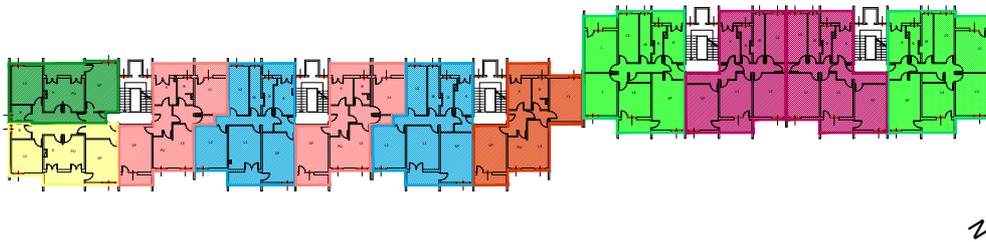


Fig. 5

PIANO 8 (SUDDIVISIONE APPARTAMENTI)

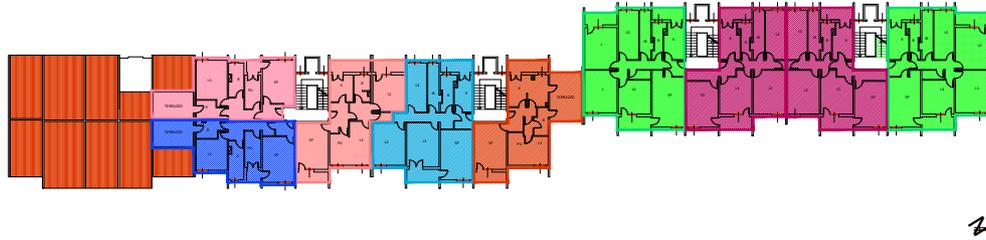


Fig. 6

PIANO 9 (SUDDIVISIONE APPARTAMENTI)

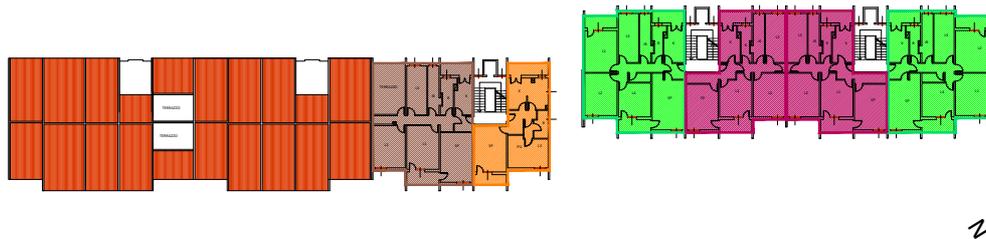


Fig. 7

La distribuzione degli ambienti è più o meno la stessa per tutti i piani, con le camere, la cucina ed i servizi rivolti verso il lato Sud-Est dell'immobile con affaccio sulla passeggiata e sul parco, mentre i salotti e qualche altra camera sono rivolti sul lato Nord-Ovest con affaccio su via Torino (fig. 8).

I vani tecnici per gli impianti rimangono in asse attraverso i piani, non presentando deviazioni importanti, a parte quelle dei due appartamenti situati più a Nord dell'ottavo piano che non riprendono l'organizzazione degli ambienti del piano sottostante.

L'involucro riprende ancora una volta i materiali utilizzati per la costruzione delle torri e degli edifici circostanti, ma questa volta sono disposti in posizione invertita rispetto alle facciate delle torri.

Le facciate a Nord-Est e Sud-Ovest sono in calcestruzzo, mentre quelle principali a Sud-Est e Nord-Ovest sono in mattoni a vista (fig. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15).

Osservando l'edificio dall'esterno si percepisce la ripetizione geometrica della struttura, scandita da quelli che si intuiscono essere i setti murari portanti e da quelli che sono i blocchi in cemento che costituiscono i vani ascensore (fig. 15).

L'edificio si sviluppa in lunghezza lungo l'asse Sud-Ovest Nord-Est per cui le facciate con questo orientamento hanno estensione molto minore rispetto alle altre due; la facciata Sud-Ovest è totalmente priva di aperture mentre quella Nord-Est ha esclusivamente quelle per l'illuminazione e la ventilazione dei bagni degli alloggi alla testa del fabbricato (fig. 10).

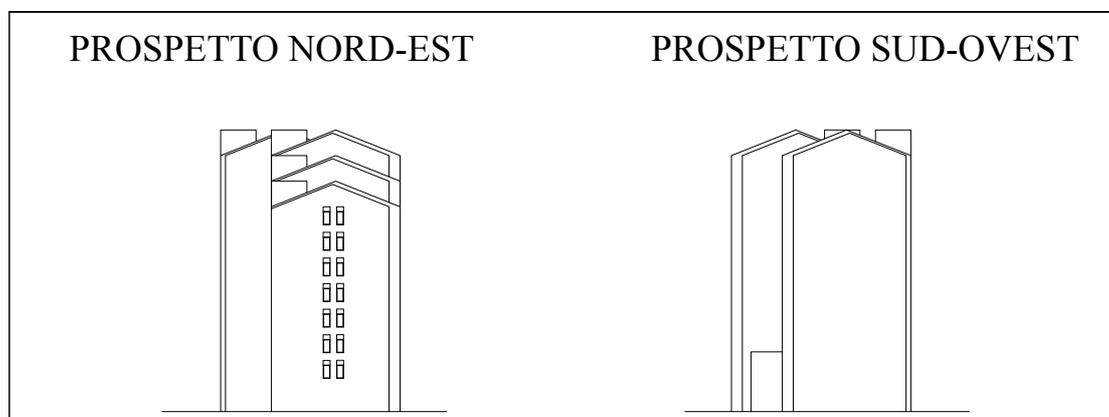


Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13

## PROSPETTO SUD-OVEST



Fig. 14



Fig. 15

Strutturalmente non è stato possibile reperire informazioni dettagliate riguardo ai pacchetti murari e di solaio dell'edificio, tuttavia sulla base dei dati disponibili è possibile giungere a conclusioni realistiche.

Gli edifici a torre e in linea sono stati realizzati infatti nell'ambito dello stesso progetto di edilizia popolare, la costruzione ha proceduto parallelamente passo per passo, e le modifiche e varianti sono state proposte negli stessi anni.

Il sistema costruttivo utilizzato è stato il medesimo, e anche l'organizzazione progettuale degli spazi è la stessa, escludendo il diverso sviluppo delle superfici (le torri in altezza e la linea in lunghezza).

Si trattava di interventi di edilizia popolare, che pur soddisfacendo sufficientemente gli standard qualitativi, miravano prima di tutto a rispondere alla necessità quantitativa e urgente di alloggi a basso costo, per cui difficilmente sarebbe stato investito maggior denaro per realizzare due progetti "slacciati" e con soluzioni tecniche diverse.

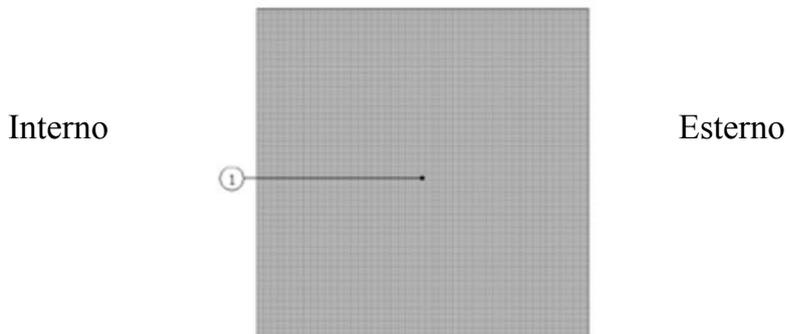
Viste le numerose analogie possiamo quindi dedurre che i pacchetti murari e di solaio siano gli stessi di quelli delle tre torri, con conseguenti caratteristiche termiche (tab. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

**MURI PORTANTI:**

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16	2,50	12,500	2400	0,080
	Spessore totale	16				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,130
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,250
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	4,000

Tab. 1

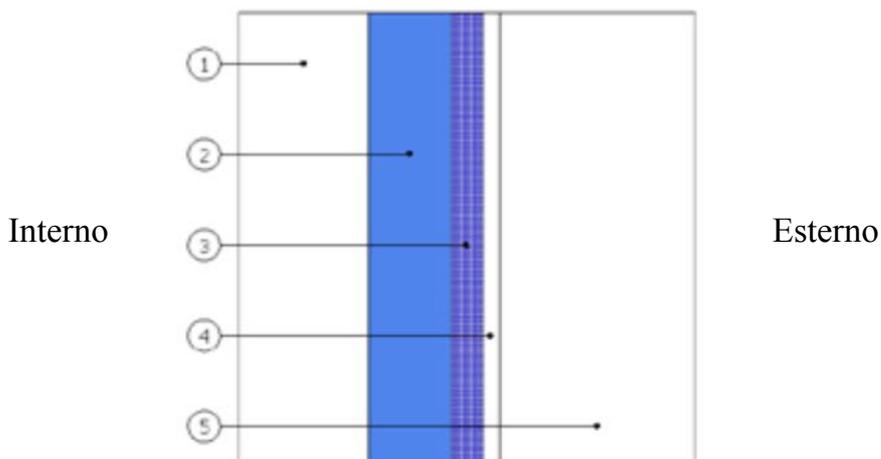


MURI DI TAMPONAMENTO:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Gesso	8,0	0,56	7,000	1500	0,143
2	Aria intercapedine flusso ascendente 50 mm	5,0	-	6,156	1	0,162
3	Polistirene espanso estruso senza pelle	2,0	0,04	2,050	30	0,488
4	Malta di gesso per intonaci	1,0	0,58	58,000	1200	0,017
5	Mattoni per pareti esterne	12,0	0,41	3,417	800	0,293
	Spessore totale	28				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,130
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	1,272
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	0,786

Tab. 2

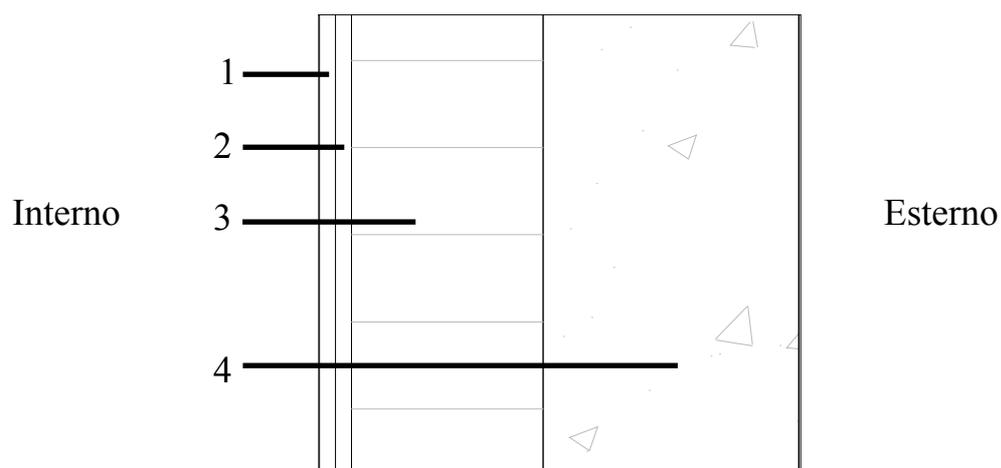


MURI IN CALCESTRUZZO E MATTONI (Solo per edificio in linea):

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Intonaco	1,0	1,00	-	1600	0,015
2	Rasatura	1,0	-	-	-	-
3	Mattoni per pareti esterne	12,0	0,41	3,417	800	0,293
4	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0	2,50	12,500	2400	0,080
	Spessore totale	30				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,130
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,558
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	1,900

Tab. 3



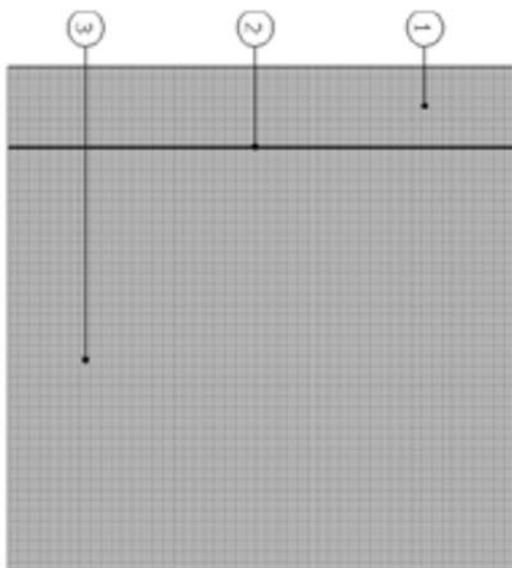
SOLAIO DI TERRA:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Calcestruzzo	3,0	0,56	7,000	1500	0,143
2	Cartone bitumato	0,1	-	6,156	1	0,162
3	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0	0,04	2,050	30	0,488
	Spessore totale	19,1				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,170
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,300
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	3,333

Tab. 4

Estradosso



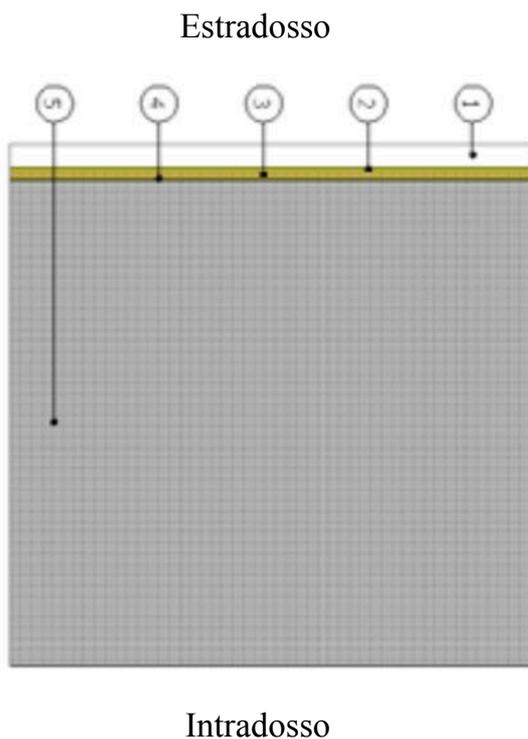
Intradosso

SOLAIO TIPO:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Quercia (flusso perpendicolare alle fibre)	0,8	0,22	27500	850	0,036
2	Silicone,mastice	0,1	0,50	500000	1450	0,002
3	Pannelli di sughero	0,2	0,05	22500	130	0,044
4	Silicone,mastice	0,1	0,50	500000	1450	0,002
5	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0	2,50	15625	2400	0,064
	Spessore totale	17,2				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,348
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	2,874

Tab. 5

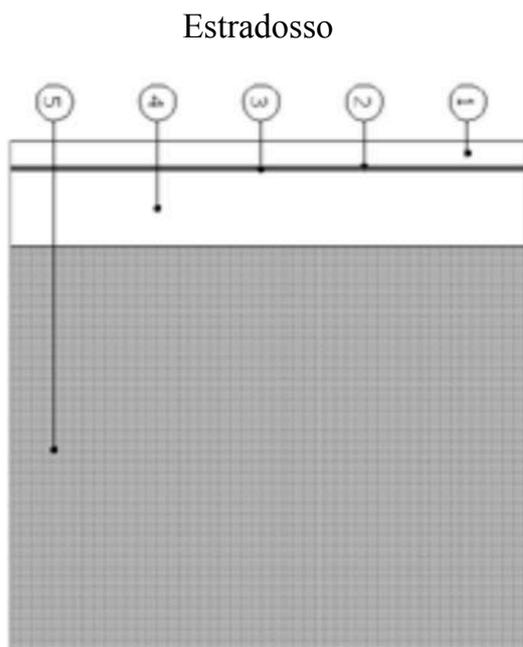


SOLAIO SOTTOTETTO:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	Piastrelle in ceramica	1,0	1,30	27500	2300	0,036
2	Silicone,mastice	0,1	0,50	500000	1450	0,002
3	cartone bitumato	0,1	0,23	22500	1100	0,044
4	Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche (pannelli semirigidi)	3,0	0,04	1400	40	0,714
5	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0	2,50	15625	2400	0,064
	Spessore totale	20,2				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,992
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	1,008

Tab. 6



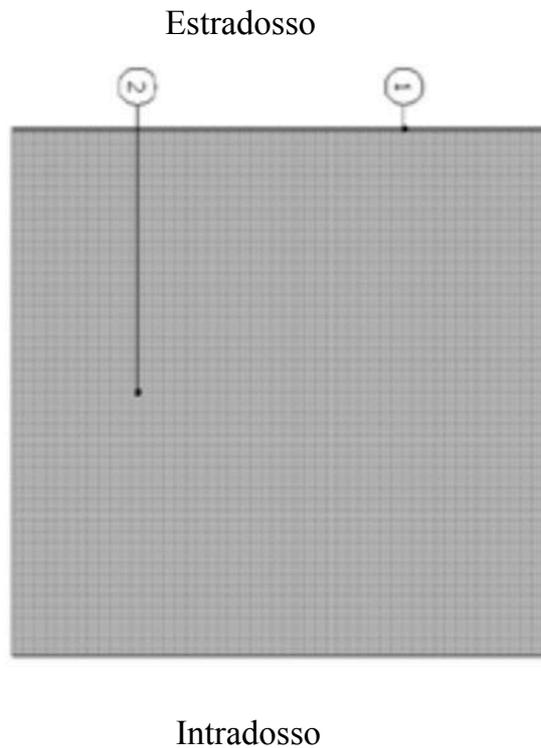
Intradosso

SOLAIO COPERTURA:

N	Strati	Spess. [cm]	$\lambda$ [W/mK]	Cond [W/m <sup>2</sup> K]	Dens. [kg/m <sup>3</sup> ]	Res. [m <sup>2</sup> k/W]
1	cartone bitumato	0,1	0,23	230000	1100	0,004
2	calcestruzzo armato (con 2% di acciaio)	16,0	2,50	15625	2400	0,064
	Spessore totale	16,1				

Resistenza superficiale interna [m <sup>2</sup> k/W]	0,100
Resistenza superficiale esterna [m <sup>2</sup> k/W]	0,040
Resistenza termica totale [m <sup>2</sup> K/W]	0,208
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]	4,808

Tab. 7



## CALCOLO FABBISOGNO ENERGETICO

Facendo riferimento alle normative e ai metodi di calcolo delle dispersioni energetiche e degli apporti gratuiti visti nel capitolo 2 possiamo infine, dopo aver ipotizzato alcune condizioni, calcolare il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale degli edifici.

Prima di tutto dobbiamo ipotizzare la composizione degli elementi finestrati, che non è stato possibile osservare di persona, e le conseguenti caratteristiche termiche:



Elemento vetrato torre



Elemento vetrato linea

Per quanto gli elementi di scorrimento delle tapparelle siano in metallo, gli infissi delle finestre sembrano realizzati in legno con rivestimento protettivo bianco e facendo riferimento alla tipologia più diffusa e poco costosa di elemento finestrato degli anni '70 possiamo ipotizzare un "telaio in legno con vetro singolo  $U_w \approx 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ."

Dal punto di vista impiantistico invece, sappiamo che sia le torri che la linea sono dotate di un impianto termico centralizzato (CT) realizzato nel 1976, costituito da una centrale termica composta da tre generatori di calore che concorrono anche alla produzione di acqua calda sanitaria (fig. 1, 2, 3, 4).

Nel 1999 sono state realizzate delle sottocentrali termiche (SCT) anticipando la direttiva sull'efficienza energetica 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio

dell'Unione Europea che stabilisce l'obbligo, entro il 31 dicembre 2016, di installare su ciascun termosifone, di gli immobili residenziali con riscaldamento centralizzato, delle valvole termostatiche con contabilizzatori di calore.

Allo stato di fatto la rete di distribuzione necessita di interventi di manutenzione straordinaria.

Si ipotizza quindi, visto l'età dell'impianto, le sue condizioni, e facendo riferimento alle normative, un rendimento medio  $\eta_g = 0,74$  con singoli rendimenti:

- di emissione  $\eta_e = 0,9$
- di regolazione  $\eta_c = 0,94$
- di distribuzione  $\eta_d = 0,97$
- di produzione  $\eta_p = 0,9$



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

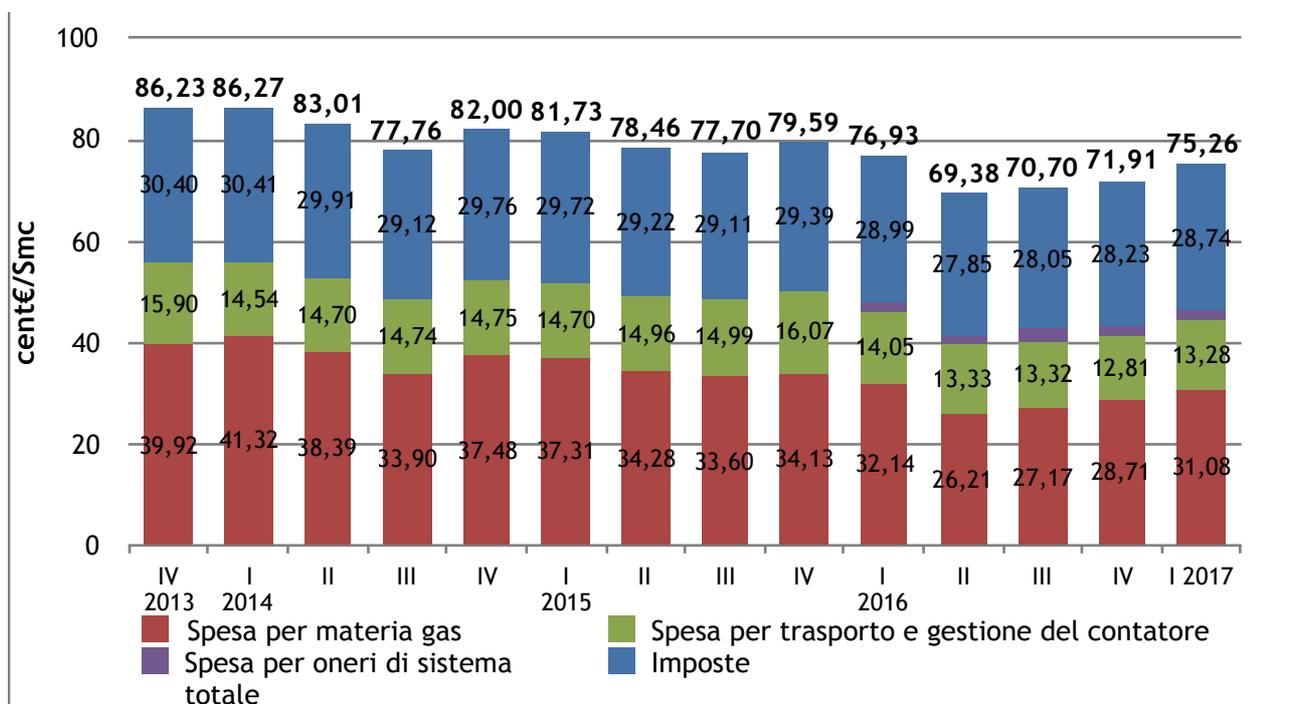


Fig. 4

Tra le altre variabili da considerare:

- è stato condotto un calcolo stagionale (e non mensile) considerando la temperatura media esterna invernale
- il periodo di calcolo è 180 giorni (15 ott.-15 apr.) come da zona E
- gli apporti medi solari sono stati calcolati utilizzando ipotizzando un fattore di trasmissione delle finestre pari a 0,6
- sono state eseguite misure di superfici pacchetti murari e elementi finestrati, tenendo conto anche dei loro orientamenti
- gli apporti interni sono stati fissati a 8 W/m<sup>2</sup>
- i ponti termici sono stati compresi nei valori di trasmittanza
- Sono stati considerati nei valori di trasmittanza (dove necessario) le adiacenze con spazi non riscaldati ma non esterni alla struttura
- il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti fissato a 0,9

Inoltre grazie all' "Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico" è stato possibile determinare il prezzo del gas per il riscaldamento (tab. 1).



Tab. 1

\*Andamento del prezzo del gas naturale per consumatore domestico tipo in regime di tutela

(Condizioni economiche di fornitura per una famiglia con riscaldamento autonomo e consumo annuale di 1400 m<sup>3</sup>).

Abbiamo visto che la valutazione di prestazione energetica viene condotta sulla base di più indici (EP = EPI + Epacs), ma poiché i consumi per il riscaldamento degli ambienti corrisponde a circa l'80% del totale annuale, per semplificare la raccolta di dati e quindi il conto, considereremo, appunto, per il calcolo solo l'indice EPI.

Sono state realizzate delle tabelle di calcolo excel compilate con dati climatici o dipendenti da normative e da valori numerici (dimensioni e geometria edifici, superficie dei pacchetti murari che fungono da isolamento, superficie dei pacchetti di solaio, superficie aperture, valori di trasmittanza delle strutture, apporti gratuiti, fattori di ombreggiamento, rendimento impianti e costo del gas) in modo da ottenere un risultato espresso sia in termini energetici che di costo €/anno.

## EDIFICIO A TORRE:

### DATI CLIMATICI

City	<b>BOLOGNA</b>
Winter external mean temperature	8,3 °C
Internal temperature	20 °C
Heating Time period	182 gg
Zone	E
Degree Days	2259

### DIMENSIONI EDIFICIO

<b>Volume</b>	22.041,00 mc
Net volume (80%)	17.632,80 mc
Number air changes	0,3 mc/h·mc of air
<b>Usable area</b>	5.877,60 mq

	Area (mq)	Thermal transmittance U (W/mq·K)	
cls	4.226,60	4,0000	W/mq·K
tamponamento	1.427,84	1,0000	W/mq·K
solaio p1	379,20	2,8000	W/mq·K
sottetto	379,20	1,0080	W/mq·K
finestre	722,00	4,5000	W/mq·K
			W/mq·K
			W/mq·K
			W/mq·K

## DISPERSIONI E APPORTI GRATUITI

Dispersion coefficient	
H,1	14.194,98 W/K
H,2	2.321,07 W/K
H,3	530,39 W/K
H,4	359,86 W/K
H,5	4.223,70 W/K
H,6	0,00 W/K
H,7	0,00 W/K
H,8	0,00 W/K
<b>Ht,tot</b>	<b>21.629,99 W/K</b>
<b>Hg,tot</b>	<b>0,00 W/K</b>
<b>Hv,tot</b>	<b>1.798,55 W/K</b>
<b>H TOT</b>	<b>23.428,54 W/K</b>

<b>Internal gain</b>	<b>6 W/mq</b> 35.266 W
----------------------	---------------------------

<b>Solar gain</b>	
fattore di trasmissione solare	0,75
fattore di ombreggiamento	0,5

	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr		
Te (°C)	14,9	8,7	4	2,1	4,6	9,4	14,2		
Number days	17	30	31	31	28	31	15		
<b>Qh</b>	48.750	190.615	278.893	312.012	242.457	184.767	48.919	<b>1.306.413 kWh</b>	Calore disperso
<b>Qint</b>	14.388	25.391	26.238	26.238	23.698	26.238	12.696	<b>154.887 kWh</b>	Guadagni interni
E-O	7,6	4,2	3,3	3,5	6,1	8,8	11,9		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq
Qs	0	0	0	0	0	0	0		*superficie vetrata kWh
S	12,4	8,5	7,2	7,4	10,7	11,6	11,2		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
SO-SE	10,7	6,8	5,7	5,8	9	11	12,6		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*	351	351	351	351	351	351	351		mq
Qs	6.651	7.459	6.461	6.574	9.214	12.468	6.910		kWh
NO-NE	4,1	2,1	1,6	1,8	3,2	5,4	8,5		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*	371	371	371	371	371	371	371		mq
Qs	2.694	2.435	1.917	2.156	3.463	6.469	4.927		kWh
N	3	1,9	1,5	1,7	2,6	3,8	5,5		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
<b>Qs</b>	9.344	9.893	8.377	8.730	12.676	18.937	11.838	<b>79.797 kWh</b>	Guadagni solari
<b>Q</b>	32.137	165.915	254.663	287.534	216.995	153.145	31.745	<b>kWh</b>	Bilancio energetico

Fattore utilizzazione apporti gratuiti 0,7

**FABBISOGNO UTILE** 1.584.322 kWh

<b>RENDIMENTO MEDIO IMPIANTO</b>	0,74
emissione	0,9
distribuzione	0,94
regolazione	0,97
produzione	0,9

**FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA** 2.145.156 kWh

= 7.722.563 MJ

**Epi** 365 kWh/mq·a

	pci metano	36 MJ/mc
	costo gas	0,85 €/mc
<b>CONSUMI</b>	consumo gas	214.516 mc
	<b>costo</b>	<b>182.338 €</b>
<b>RISPARMIO</b>	Delta kWh	0 kWh/mq
		0 MJ
		0 mc
		0 €

## EDIFICIO IN LINEA:

### DIMENSIONI EDIFICIO

<b>Volume</b>	39.000,00 mc
Net volume (80%)	31.200,00 mc
Number air changes	0,3 mc/h·mc of air
<b>Usable area</b>	10.402,00 mq

### DATI CLIMATICI

City	<b>BOLOGNA</b>
Winter external mean temperature	8,3 °C
Internal temperature	20 °C
Heating Time period	182 gg
Zone	E
Degree Days	2259

	Area (mq)	Thermal transmittance U (W/mq·K)	
cls+tamp	266,00	1,9000	W/mq·K
cls	2.369,00	4,0000	W/mq·K
tamponamento	3.336,00	1,0000	W/mq·K
solaio p1	1.570,00	2,9000	W/mq·K
solaio di sottotetto	1.256,00	1,0080	W/mq·K
finestre	1.760,00	4,5000	W/mq·K
			W/mq·K
			W/mq·K

## DISPERSIONI E APPORTI GRATUITI

Dispersion coefficient	
H,1	613,28 W/K
H,2	12.131,86 W/K
H,3	4.960,43 W/K
H,4	3.143,75 W/K
H,5	3.768,24 W/K
H,6	10.296,00 W/K
H,7	0,00 W/K
H,8	0,00 W/K
<b>Ht,tot</b>	<b>34.913,56 W/K</b>
<b>Hg,tot</b>	<b>0,00 W/K</b>
<b>Hv,tot</b>	<b>3.182,40 W/K</b>
<b>H TOT</b>	<b>38.095,96 W/K</b>

Internal gain	6 W/mq
	62.412 W

Solar gain	
fattore di trasmissione solare	0,75
fattore di ombreggiamento	0,5

	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr		
Te (°C)	14,9	8,7	4	2,1	4,6	9,4	14,2		
Number days	17	30	31	31	28	31	15		
<b>Qh</b>	79.270	309.949	453.494	507.347	394.248	300.440	79.544	<b>2.124.292</b>	kWh Calore disperso
<b>Qint</b>	25.464	44.937	46.435	46.435	41.941	46.435	22.468	<b>274.114</b>	kWh Guadagni interni
E-O	7,6	4,2	3,3	3,5	6,1	8,8	11,9		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq *superficie vetrata
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
S	12,4	8,5	7,2	7,4	10,7	11,6	11,2		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
SO-SE	10,7	6,8	5,7	5,8	9	11	12,6		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*	899	899	899	899	899	899	899		mq
Qs	17.034	19.104	16.547	16.838	23.599	31.933	17.699		kWh
NO-NE	4,1	2,1	1,6	1,8	3,2	5,4	8,5		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*	861	861	861	861	861	861	861		mq
Qs	6.251	5.650	4.449	5.005	8.036	15.014	11.435		kWh
N	3	1,9	1,5	1,7	2,6	3,8	5,5		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
<b>Qs</b>	23.285	24.754	20.996	21.842	31.635	46.947	29.134	<b>198.593</b>	kWh Guadagni solari
<b>Q</b>	45.145	261.165	406.293	459.553	342.745	235.073	43.423	<b></b>	kWh Bilancio energetico

Fattore utilizzazione apporti gratuiti

0,7

**FABBISOGNO UTILE**

**1.789.530 kWh**

**RENDIMENTO MEDIO IMPIANTO**

**0,74**

emissione

0,9

distribuzione

0,94

regolazione

0,97

produzione

0,9

**FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA**

**2.423.005 kWh**

= 8.722.819 MJ

**Epi**

**233**

kWh/mq·a

pci metano

36 MJ/mc

costo gas

0,85 €/mc

**CONSUMI**

consumo gas

242.301 mc

**costo**

**205.955 €**

**RISPARMIO**

Delta kWh

0 kWh/mq

0 MJ

0 mc

0 €

Come si poteva supporre per delle costruzioni di questo tipo, epoca di costruzione e questi pacchetti murari, essi sono classificati secondo le tabelle dell'Emilia Romagna come residenze di classe energetica G (EP > 210 kWh/m<sup>2</sup>anno), la peggiore in termini di consumo energetico.

L'edificio a torre ha un consumo maggiore e questo è dovuto alla maggiore quantità di muratura in calcestruzzo debolmente armato, che è un pessimo isolante, rispetto alla linea

## CAPITOLO 3

### SOSTENIBILITÀ

La Sostenibilità è “il massimo ammontare che una comunità può consumare in un certo periodo e rimanere, tuttavia, lontana dall’esaurimento delle risorse come all’inizio” (J.R. Hicks).

Lo sviluppo sostenibile è “lo sviluppo che risponde alle necessita del presente, senza compromettere la capacita delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze” (rapporto “Bruntland” 1987).

“Per sviluppo sostenibile si intende un miglioramento di qualità della vita, senza eccedere la capacità di carico degli ecosistemi alla base” ONU (WCU-Wildlife Conservation Union, UNEP-United Nation Enviroment Programme 1970, WWFN-World Wide Fund for Nature).

### ARCHITETTURA SOSTENIBILE

L’architettura sostenibile è conosciuta in diversi modi (bioarchitettura, architettura biologica, green building) e ha come fine quello di progettare e realizzare edifici in grado di limitare gli impatti sull’ambiente.

L’architettura sostenibile è un fenomeno che si è sviluppato prevalentemente negli ultimi decenni, di pari passo con lo sviluppo di nuove tecnologie e con la consapevolezza sempre maggiore degli impatti che l’attività umana ha sul nostro pianeta.

Essa affonda, tuttavia, le sue radici già negli anni ’70 in Germania con la Bioedilizia, arrivando poi ad includere principi ecologici e il concetto di sviluppo sostenibile.

Innato nell’uomo è infatti il desiderio e la continua ricerca di migliorare le prestazioni della propria abitazione, sia dal punto di vista intuitivo (come la scelta della localizzazione della propria casa in base alle condizioni del territorio, l’orientamento rispetto all’esposizione solare e ai venti), sia dal punto di vista artigianale (con le scelte di progetto e dei materiali da utilizzare).

Nella prima metà del XX secolo, caratterizzata da un intenso sviluppo industriale, si cerca di massimizzare le possibilità realizzative che le nuove tecnologie permettono, trascurando le potenziali ricadute sull'ambiente.

Partendo dagli effetti subito evidenti e rilevanti, come per esempio l'inquinamento, e i suoi pesanti riflessi sanitari, o il consumo delle risorse disponibili, dagli anni '70 si cerca, in una visione più ampia e consapevole, di sfruttare le risorse offerte dalla natura proiettando il pensiero nel futuro non solo immediato.

Nasce il concetto di Sostenibilità fondato su certi principi:

- l'esistenza di vincoli in un pianeta finito, con una propria "carrying capacity" che non può essere superata.
- la consapevolezza che il secondo principio della termodinamica pone dei limiti riguardanti le trasformazioni energetiche
- l'accettazione delle ipotesi di Herman Daly, il padre delle teorie sulla sostenibilità, secondo le quali:
  - "l'utilizzo delle risorse rinnovabili non deve superare il loro tasso di rigenerazione"
  - "l'immissione di sostanze inquinanti (solide, aeree o liquide) nell'ambiente non deve superare la capacità dell'ambiente stesso di metabolizzarle"
  - "l'uso di risorse non rinnovabili deve ridursi progressivamente fino ad arrestarsi per essere sostituito da risorse di tipo rinnovabile"

Il legame con l'architettura si esprime attraverso un approccio consapevole alla costruzione e alle ripercussioni che essa ha sul mondo circostante considerando lo sviluppo presente strettamente interconnesso con quello futuro.

Tutte le scelte riguardanti i materiali, i componenti tecnici e di progetto devono essere fatte con la consapevolezza che degli impatti che esse hanno sull'uomo e sull'ambiente, nelle loro fasi di produzione, impiego e dismissione al termine del ciclo di vita.

La fase più critica dal punto di vista energetico dell'edificio è il periodo di utilizzo.

Considerando la durata della vita di un edificio intorno ai 50 anni, il riscaldamento, la produzione di acqua calda, l'illuminazione e la climatizzazione estiva incidono per più del 90% sul consumo totale in tale arco di tempo.

Visto l'impatto che questo aspetto ha sull'ambiente e i costi che esso comporta, l'architettura sostenibile focalizza l'attenzione sull'aspetto energetico-funzionale, senza trascurare quello estetico-formale.

Il prodotto sostenibile raggiunge le sue prestazioni caratteristiche impiegando sempre minori quantità di materia, si basa su materiali rinnovabili e processi produttivi non inquinanti, è costituito da componenti omogenei, scomponibili nelle fasi di montaggio, manutenzione e demolizione e siano facilmente smaltibili e riciclabili.

Si favorisce l'uso di materiali di cui si conosce la provenienza o, ancora meglio, locali, in modo da valorizzare le risorse del posto e consentire un inserimento "dolce" nel contesto edilizio ambientale esistente.

Ogni elemento o strato funzionale dovrebbe essere concepito con un'attenzione particolare alle operazioni alle quali andrà incontro nel corso della sua vita, e al suo collegamento ed innesto in relazione ad altri elementi contigui.

Il reimpiego del materiale assume un peso importante in termini economici e di sfruttamento delle risorse, permettendone un riutilizzo analogo a quello avuto fino al momento dello smontaggio, oppure una riutilizzazione totale o parziale per la realizzazione di un prodotto nuovo.

È fondamentale considerare questo aspetto in quanto il ciclo di vita del costruito diventa irrimediabilmente sempre più breve per via dell'esplosione consumistica moderna, con il rischio che un prodotto o materiale sia considerato "rifiuto" non per via del suo deperimento chimico e fisico, che ne compromette le caratteristiche, ma per l'incapacità o non volontà da parte del proprietario di trovarne un nuovo utilizzo.

Le nuove prerogative progettuali sottintendono spesso un procedimento costruttivo basato su elementi tecnici concepiti e realizzati su strati sovrapposti, con connettori meccanici facilmente decostruibili.

Tutte le scelte progettuali vengono prese in relazione alla forma e all'orientamento, all'irraggiamento, alla produzione di ombre, al soleggiamento, al rapporto coperto/scoperto, alla geometria delle pareti esterne e delle coperture.

Vengono considerati i vantaggi ottenibili dalle varie tipologie di impianti e dalle soluzioni tecnologiche e tecniche applicabili sull'edificio.

L'integrazione dell'opera con l'ambiente e nella natura, applicando il concetto di economia, va intesa non come il minor costo a breve termine, ma come sistema che evita di generare sprechi.

Lo scopo dell'architettura sostenibile è di mirare al benessere degli abitanti, inteso anche come stato psicofisico che concorre alla salute dell'individuo.

L'edificio fa parte di un sistema interattivo e dinamico che considera gli elementi naturali (sole, vento, acqua, terra, vegetazione) e sociali (identità di appartenenza dei luoghi) le fondamenta di progetto.

Il progetto di recupero, che implica, già nella sua definizione, il senso di un positivo rinnovo e il riacquisto di una perduta funzionalità, rientra a pieno titolo nella cultura del costruire sostenibile, riutilizzando risorse già presenti sul territorio, senza sprecaerne di ulteriori.

La conoscenza dell'edificio su cui si andrà ad intervenire è fondamentale per operare in maniera corretta, procedendo con la consapevolezza che lo sfruttamento degli elementi esistenti e delle condizioni di vincolo per realizzare qualcosa di nuovo daranno nuova funzionalità al manufatto.

L'acquisizione di nozioni riguardanti l'edificio permette la comprensione delle scelte di progetto, dei materiali, delle tecniche costruttive in funzione dei vincoli esistenti, dei requisiti richiesti e dello sfruttamento massimo dei fattori positivi presenti, al momento della costruzione del manufatto.

Intervenire sull'esistente significa far coesistere materiali tradizionali con tecniche e tecnologie innovative e materiali e viceversa, creando un punto di incontro con quelli del passato; significa valutare la compatibilità tra quello che c'è e quello che si va ad inserire ed accostare.

Molti materiali o assemblaggi innovativi sono oggi applicati a progetti di recupero in funzione sia di rinforzo strutturale, come le resine epossidiche, che per il comfort ambientale, come gli involucri ventilati che allo stesso tempo fanno da isolamento termico in inverno e da dissipatori della radiazione solare nel periodo estivo. Altri elementi utilizzati in edilizia sostenibile sono i pannelli o schermi in materiale plastico per la loro flessibilità progettuale, leggerezza ed economicità, e i polimeri plastici applicati alla struttura in modo da permetterne un successivo smontaggio ed eventuale lavorazione e rimessa nel ciclo produttivo.

## ZEB (Zero Energy Buildings)

Con ZEB si identifica un edificio in grado di garantire un bilancio fra energia consumata e energia prodotta prossimo allo zero.

È evidente come questa definizione possa avere un senso per un qualsiasi tipo di edificio, commerciale, residenziale e industriale, e di qualsiasi dimensione, che però sia stato progettato con un fabbisogno energetico minimo.

Non si può parlare infatti di ZEB per un edificio che necessita di un ingente quantitativo di energia per la climatizzazione e che cerca di compensare questo consumo semplicemente applicando soluzioni tecnologiche nuove.

In fase di progetto per un fabbricato ZEB si fissano gli obiettivi da raggiungere in termini energetici, e si scelgono le soluzioni che meglio si adattano al caso specifico per raggiungere questi obiettivi.



- |         |            |             |                    |
|---------|------------|-------------|--------------------|
|         |            | -Inorganici | -Vetro cellulare   |
| POROSI: | -Naturali  | -Inorganici | -Pomice            |
|         |            |             | -Argilla espansa   |
|         |            |             | -Vermiculite       |
|         |            |             | -Perlite           |
|         | -Sintetici | -Inorganici | -Calcio silicato   |
|         |            |             | -Cemento cellulare |

Possono inoltre essere adottate soluzioni ad alta inerzia, intervenendo in maniera più importante sotto l'aspetto progettuale, come l'utilizzo di tetti verdi (fig. 2).

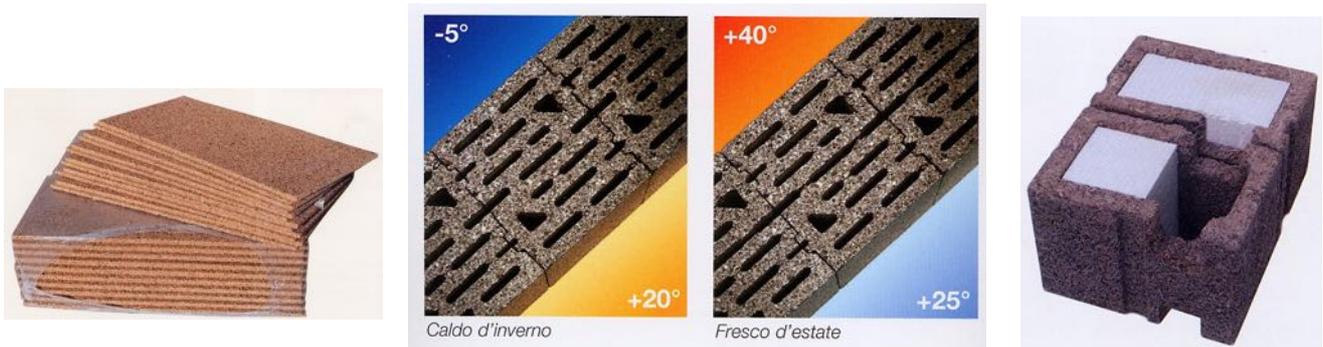


Fig. 1



Fig. 2

L'illuminazione naturale è un altro fattore che incide sul consumo energetico di un edificio (tempo di utilizzo dell'illuminazione elettrica, riscaldamento superfici, ...), e le scelte del buon progettare puntano a massimizzarne i benefici.

Ciò può essere conseguito mediante l'orientamento, la forma e le aperture presenti su un edificio, o tramite soluzioni tecniche come condotti di luce (fig. 3), che possono essere fissi o mobili, nel caso che dei vincoli di qualsiasi tipo non permettano di sfruttare i primi tre fattori.

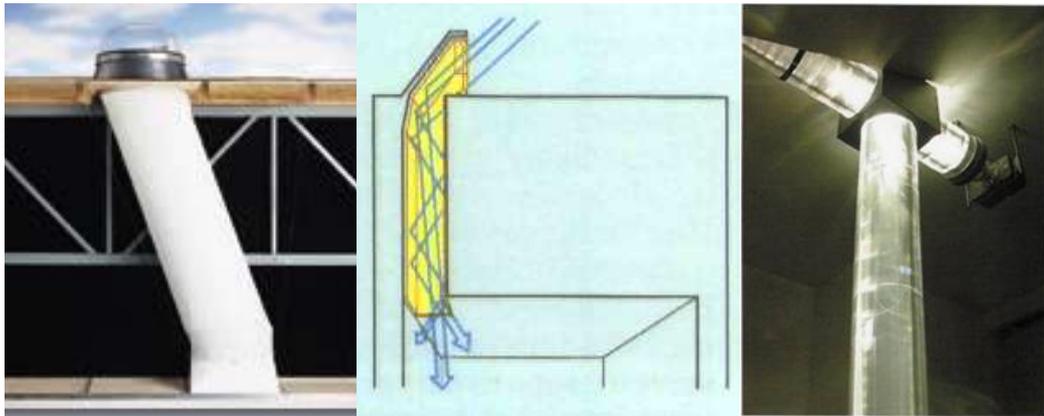


Fig. 3

I sistemi di riscaldamento passivi sono quelli che sono in grado di controllare le dinamiche degli scambi termici tra interno ed esterno dell'edificio, sfruttando come fonte di energia la radiazione solare e i componenti dell'edificio come ricettori ed elementi di accumulo.

I sistemi solari passivi sono ricollegabili a tre tipologie (a guadagno diretto, indiretto o isolato) a seconda della modalità con cui viene incamerata l'energia termica.

I primi prevedono che, una volta entrato, il calore esterno venga immagazzinato dalla massa termica interna. come può essere il caso di un edificio protetto da aggetti l'estate ma non l'inverno (fig. 4).

Per i secondi è la massa termica delle pareti esterne che accumula il calore e poi lo rilascia all'interno (fig. 5).

A questa categoria appartengono i muri solari, come i muri massivi o di Trombe, realizzati in muratura o calcestruzzo e verniciati di nero per immagazzinare più calore possibile.

Sfruttano lo stesso principio i Roof-pond che però invece di riscaldare l'ambiente riscaldano l'acqua che vi passa all'interno.

Gli ultimi sono separati dall'edificio, come il termosifone che sfrutta l'effetto camino, un collettore e una massa di accumulo termico, o il sistema Barra-Costantini che è costituito da un pannello metallico che si riscalda aumentando la temperatura dell'aria che circola tra i solai dell'edificio tramite tubi e canali (fig.6).

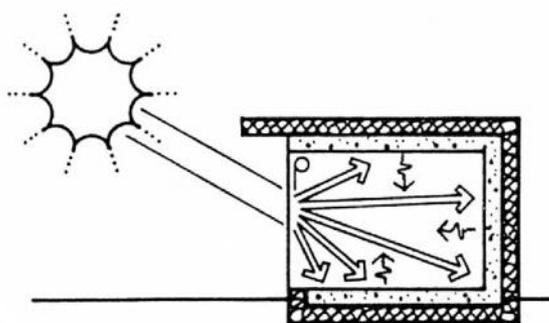


Fig. 4

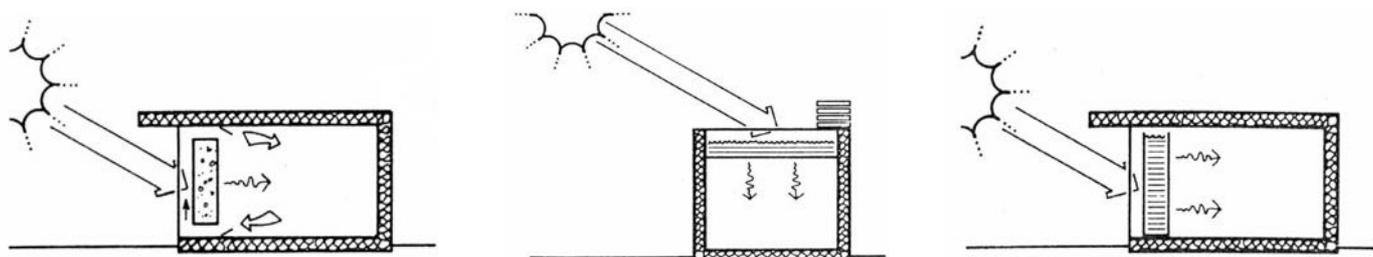


Fig. 5

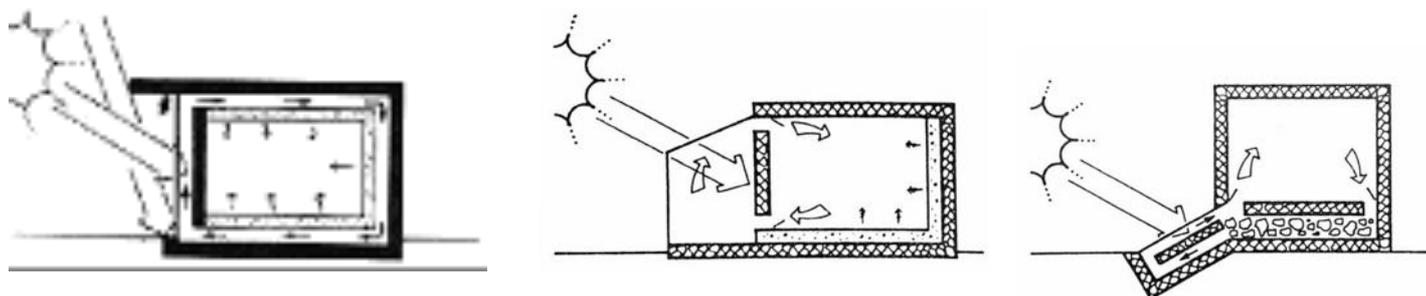


Fig. 6

I sistemi di raffrescamento sono tutti quei sistemi che sfruttano il posizionamento, l'orientamento, la ventilazione o risorse naturali, quindi evitando impianti di climatizzazione, per abbassare la temperatura degli ambienti di un edificio durante il periodo estivo.

Questo risultato può essere ottenuto grazie alla forma della struttura, che a seconda della posizione del sole, crea zone di ombra (fig. 7), oppure utilizzando schermi protettivi (tettoie, brise soleil, griglie ...) (fig. 8).



Fig. 7



Fig. 8

Per abbassare la temperatura di un ambiente si può ricorrere anche alla ventilazione naturale, favorendo il passaggio dell'aria tramite aperture trasversali (fig. 9), oppure realizzando sistemi più complessi come torri del vento, camini di ventilazione (fig. 10).

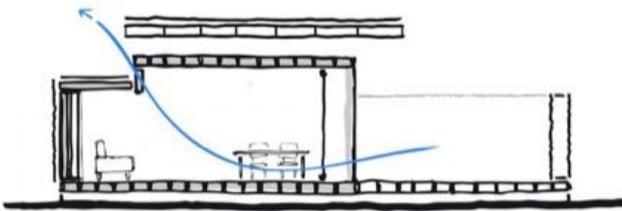


Fig. 9

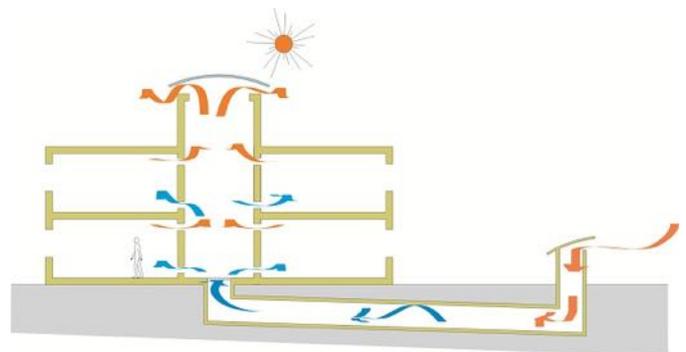


Fig. 10

Per raffreddare l'ambiente si ricorre anche a soluzioni più tecniche, come l'utilizzo di pareti e coperture ventilate, in modo da proteggere lo strato termoisolante dall'umidità esterna ed allontanare il calore accumulato per irraggiamento dallo strato di rivestimento (fig. 11, 12).

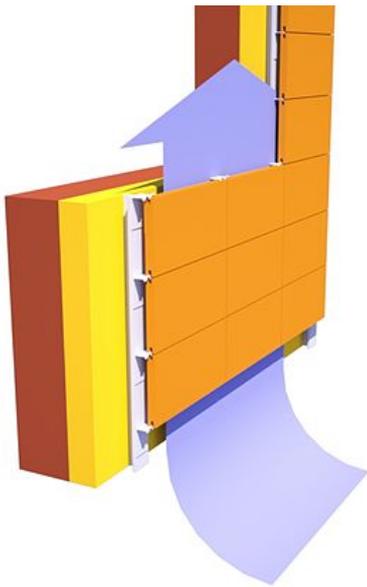


Fig. 11

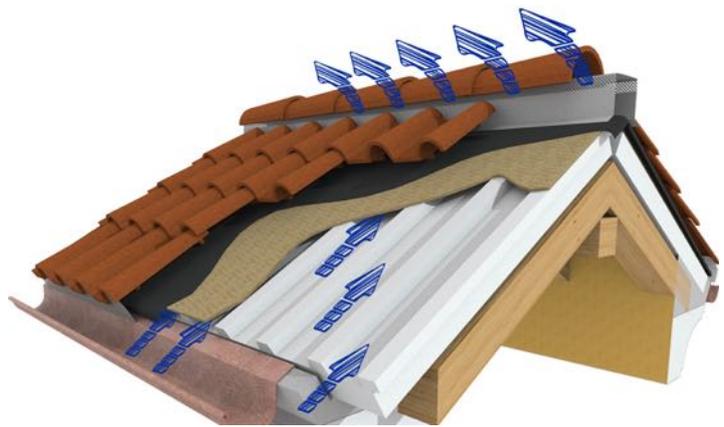


Fig. 12

L'applicazione di una o più di queste soluzioni combinate tra loro, che abbiamo affrontato per il controllo dei consumi energetici di un fabbricato, porta a risultati diversi; bisogna quindi avere ben chiaro quali risultati si vogliono ottenere e su quali aspetti di progetto concentrarsi (tab. 1).

	RAFFRESCAMENTO			IRRAGGIAMENTO	ISOLAMENTO	RISCALDAMENTO	
	Ventilazione	Ombreggiamento	Raffreddamento	Luce naturale	Resistenza termica	Captazione solare	Integrazione edificio-impianti
Pareti ventilate	✓	✓					
Tetti ventilati	✓	✓					
Torri di ventilazione	✓		✓	✓			
Tetti verdi		✓			✓		
Sistemi di ombreggiamento fissi	✓	✓		✓			
Sistemi di ombreggiamento assetto variabile	✓	✓		✓	✓		
Pareti ad alta inerzia					✓		
Serre solari					✓	✓	
Camini solari	✓			✓			
Muri di Trombe						✓	✓
Barra-Costantini						✓	✓
Pannelli solari	✓	✓			✓	✓	✓

Tab. 1

La Direttiva europea 2010/31/UE si pone l'obiettivo di convertire l'intero patrimonio edilizio in Edifici ad Energia quasi Zero (ZEB), imponendo agli stati membri l'obbligo di fissare requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici esistenti e di nuova costruzione, garantendo la certificazione energetica e disciplinando il controllo sugli impianti.

La DI 63/2013 individua la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, fissa i requisiti minimi e le modalità di rilascio, da parte di professionisti qualificati, dell'APE (Attestato di Prestazione Energetica).

Le due direttive fissano nel 31 Dicembre 2018 il termine ultimo entro il quale tutti gli immobili di proprietà o occupati dalla pubblica amministrazione dovranno essere ad Energia quasi Zero.

Gli stessi vincoli saranno poi estesi anche al settore privato, per il quale dal 2020 ogni nuova costruzione dovrà essere uno ZEB.

## CONTENIMENTO COSTI/CONSUMI

Come visto nelle tabelle di calcolo delle dispersioni nei capitoli precedenti, i due edifici sono inquadrabili nella classe energetica G, la meno efficiente e la più dispersiva a livello energetico.

Dopo aver determinato i consumi ed i costi annui, il passo successivo per riqualificare i fabbricati è la scelta degli interventi da compiere per abbassare il valore EPI.

È evidente come le problematiche maggiori siano dovute alle dispersioni di calore di involucro.

Pur potendo sostituire l'impianto di riscaldamento con uno più moderno, si decide di intervenire in maniera meno "invasiva", scegliendo di non spendere ulteriore denaro, oltre a quello che già servirà per la ristrutturazione, per un impianto termico nuovo.

Per migliorare il rendimento medio annuale bisognerebbe infatti intervenire su tutti i contributi di rendimento coinvolti nel calcolo (rendimenti di produzione, di distribuzione, di regolazione e di emissione).

Secondo una nota comunale (ACER), allo stato di fatto, la sola rete di distribuzione necessita di interventi di manutenzione, per cui non è evidenziata l'urgenza di sostituire la centrale termica comune.

Sostituire le tubazioni per il trasporto del calore per tutta la struttura significherebbe abbattere o aprire tagli e spaccature per i muri dei vari appartamenti, cosa assai scomoda e non vantaggiosa.

Per quanto riguarda il rendimento di regolazione, nel 1999 sono state applicate valvole termostatiche con contabilizzatori di calore realizzando delle sottocentrali termiche (SCT), mettendosi anticipatamente in regola con la direttiva sull'efficienza energetica 2012/27/UE.

Il rendimento di emissione, infine, dipende da vari fattori, tra cui l'isolamento di involucro di un ambiente e la forma degli elementi che possono influire sulla distribuzione del calore all'interno di esso.

Vista la sola esigenza di mantenere la rete di distribuzione, e la possibilità di migliorare il rendimento complessivo degli impianti migliorando le capacità isolanti di pareti e solai, si decide di non intervenire a livello impiantistico.

Compresa la costituzione dei vari pacchetti murari di parete e di solaio, che costituiscono l'isolamento dei vani riscaldati nei vari alloggi dall'esterno, si utilizzano nuovi materiali e soluzioni tecniche, per lo più aggiunta di strati isolanti, per migliorare le capacità prestazionali (termiche e acustiche) degli edifici.

La scelte tecniche (materiali, spessori, ancoraggi, ...) sono state prese cercando di minimizzare l'impatto, i tempi di lavoro, e la modifica dimensionale degli edifici (riduzione di dimensioni dei vani alloggi).

## EDIFICIO A TORRE:

### -Muri portanti:

Per i setti portanti in calcestruzzo debolmente armato è stata prevista l'aggiunta di un pannello isolante "Resphira" di 10 cm in polistirene espanso ad alta densità e polistirene espanso arricchito di grafite (fig. 1).

L'isolamento termico "a cappotto" dei muri perimetrali è la soluzione migliore per migliorare le prestazioni termiche di abitazioni esistenti, in modo da contenere i consumi energetici.

L'isolamento a cappotto risolve il problema dei ponti termici che causano dispersioni di calore, muffe e condensa; questo specifico tipo di pannello è anche dotato di ampie capacità traspiranti, grazie ai microfori ottenuti nel procedimento di stampaggio (a celle chiuse) che rendono anche nullo l'assorbimento dell'umidità.

Il polistirene è inoltre un materiale riciclabile, privo di sostanze nocive per l'uomo o per l'ambiente.

L'aggiunta di questo strato (10 cm;  $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $R = 3,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), insieme ad un altro di rasatura (1 cm) e un altro ancora di intonaco (1 cm), permette di ottenere una nuova trasmittanza termica  $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

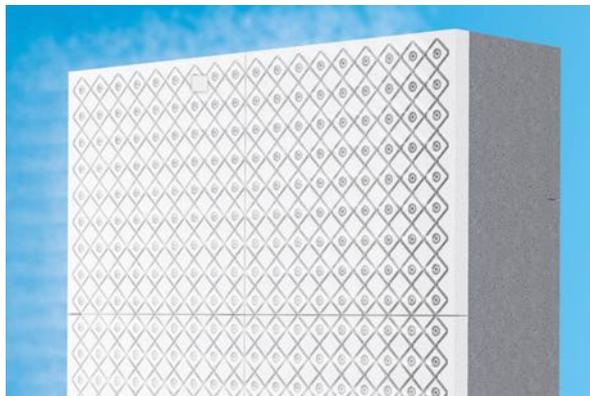
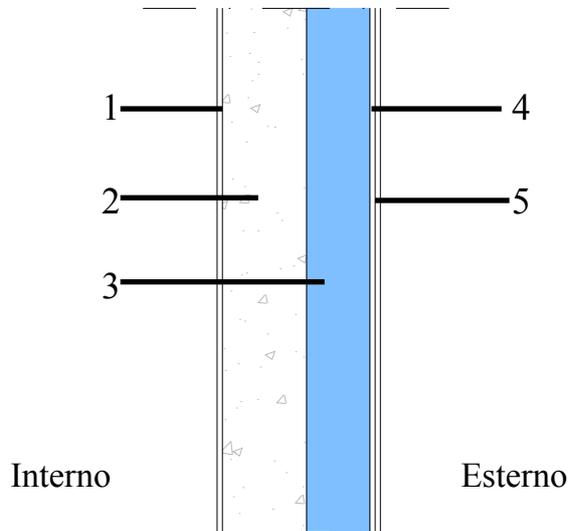


Fig. 1

Il nuovo pacchetto murario previsto sarà dunque:

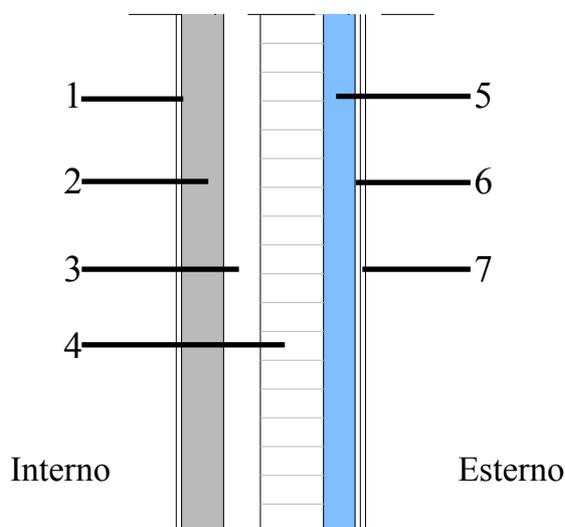


N	Strati	Spess. [cm]
1	Intonaco	1
2	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	20
3	Pannello Resphira	10
4	Rasatura	1
5	Intonaco	1
Spessore totale		33

Trasmittanza	0,29 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

### -Muri tamponamento:

Anche in questo caso è stato utilizzato un pannello Resphira in polistirene espanso con polistirene arricchito da grafite, ma questa volta, per via delle migliori qualità isolanti del muro, ne è stato scelto uno dello spessore di 6 cm ( $U = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $R = 1,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), ottenendo una nuova trasmittanza  $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



N	Strati	Spess. [cm]
1	Intonaco	1
2	Gesso	8
3	Aria	7
4	Mattoni	12
5	Pannello Resphira	6
6	Rasatura	1
7	Intonaco	1
Spessore totale		33

Trasmittanza	0,34 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

## -Solaio p.1:

Il primo solaio da isolare è quello del primo piano, in quanto si affaccia all'intradosso su vani condominiali non isolati ma che non necessitano di riscaldamento.

Per non ridurre l'altezza utile del piano, anche se solo di qualche centimetro, si è deciso di aggiungere all'intradosso uno strato di pannelli isolanti termo-acustici in lana di vetro (10 cm;  $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $R = 2,94 \text{ m}^2\text{K/W}$ ).

Questo pannello, realizzato in lana di vetro ad alta densità, idrorepellente, trattato con resine termoindurenti a base di componenti organici e vegetali, è ancorato al solaio tramite adesivi cementizi e un ulteriore fissaggio meccanico per cappotto in PVC (fig. 2, 3).

La stratificazione del solaio si conclude con gli ultimi livelli di rasatura (1 cm) e di intonaco (1 cm), ottenendo una nuova trasmittanza  $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Fig. 2

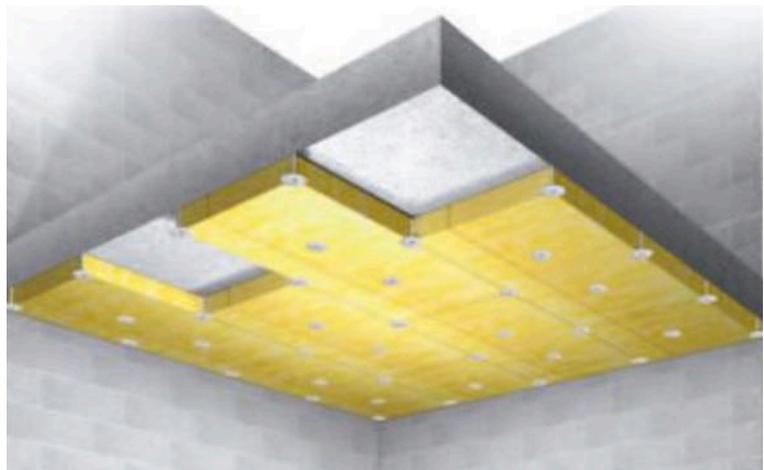
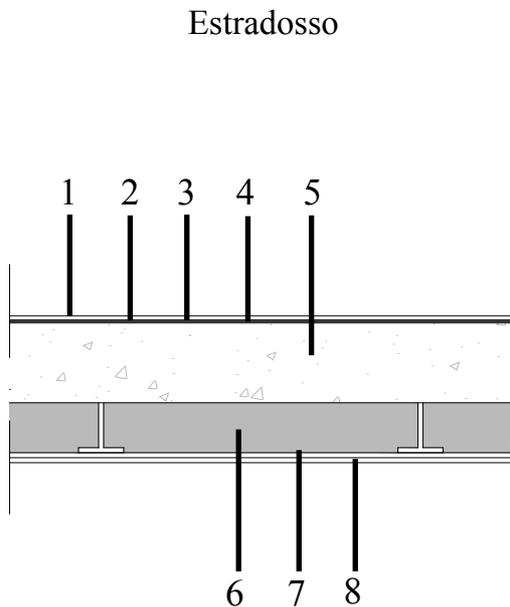


Fig. 3

Il nuovo pacchetto di solaio previsto sarà dunque:



N	Strati	Spess. [cm]
1	Quercia	0,8
2	Silicone,mastice	0,1
3	Pannelli di sughero	0,2
4	Silicone,mastice	0,1
5	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0
6	Lana di vetro	10,0
7	Rasatura	1,0
8	Intonaco	1,0
	Spessore totale	29,2

Intradosso

Trasmittanza	0,30 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

### -Solaio sottotetto:

Dal solaio di sottotetto, che si affaccia anch'esso su uno spazio che non necessita di essere riscaldato, è stato rimosso lo strato esistente di piastrelle in ceramica per far posto ad uno strato isolante in lana di vetro di (10 cm;  $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $R = 2,94 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) e uno strato di tavolato rigido (2 cm), sorretto da listelli di legno (13 cm) inseriti tra l'isolante (fig. 4).

La nuova trasmittanza ottenuta è  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

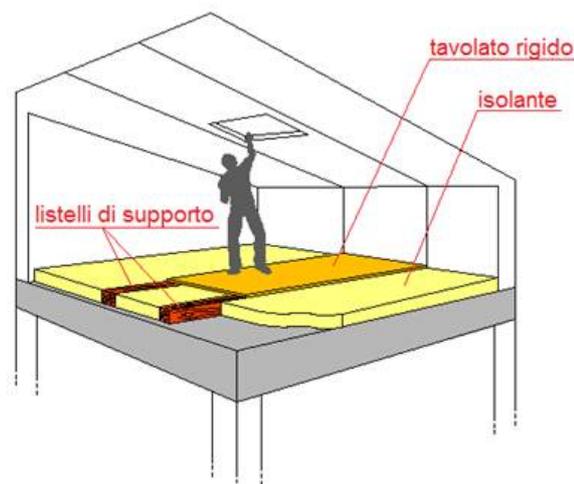
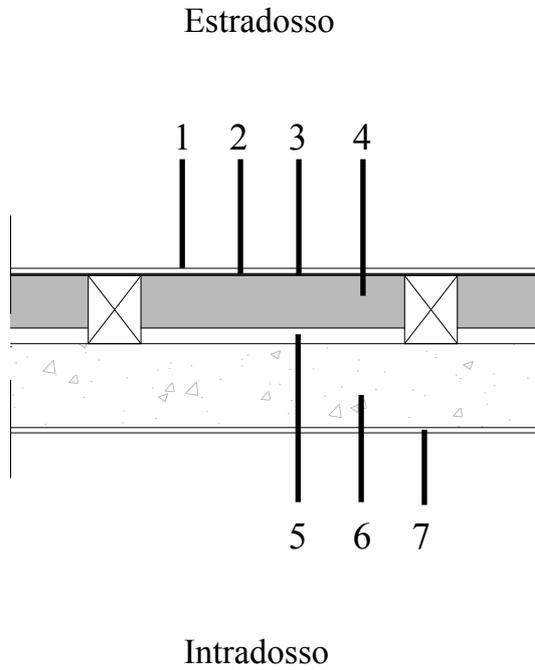


Fig. 4

Il nuovo pacchetto di solaio previsto sarà dunque:



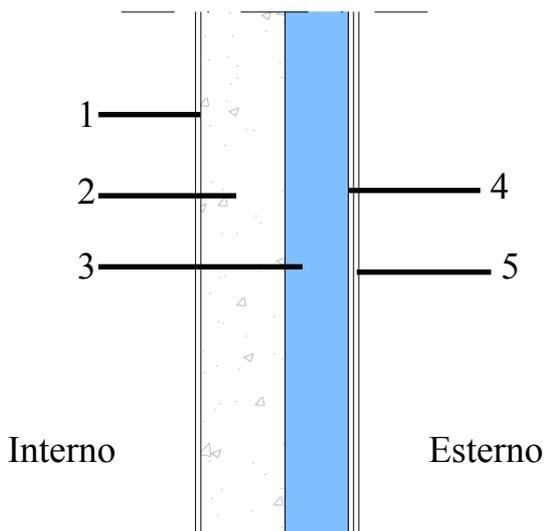
N	Strati	Spess. [cm]
1	Tavolato rigido	2,0
2	Silicone, mastice	0,1
3	Cartone bitumato	0,1
4	Lana di vetro	10,0
5	Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche	3,0
6	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0
7	Intonaco	1,0
	Spessore totale	32,2

Trasmittanza	0,25 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

## EDIFICIO IN LINEA:

Essendo stati costruiti con gli stessi principi e con le stesse scelte tecniche, gli edifici hanno gli stessi pacchetti murari, per cui gli interventi di isolamento termo-acustico sono analoghi a quelli delle torri.

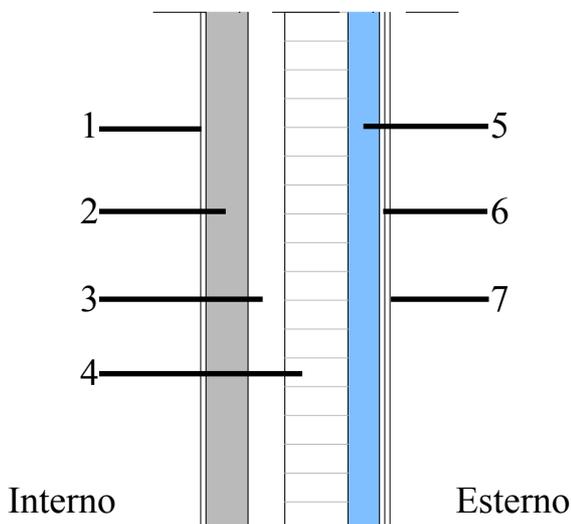
### -Muri portanti:



N	Strati	Spess. [cm]
1	Intonaco	1
2	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16
3	Pannello Resphira	10
4	Rasatura	1
5	Intonaco	1
Spessore totale		29

Trasmittanza	0,29 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

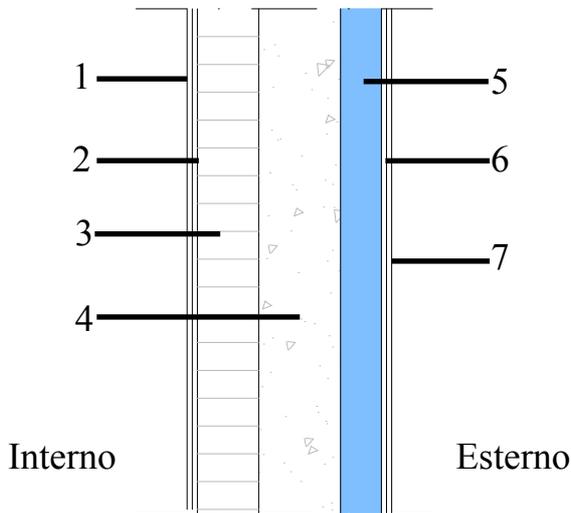
### -Muri tamponamento:



N	Strati	Spess. [cm]
1	Intonaco	1
2	Gesso	8
3	Aria	7
4	Mattoni	12
5	Pannello Resphira	6
6	Rasatura	1
7	Intonaco	1
Spessore totale		33

Trasmittanza	0,34 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

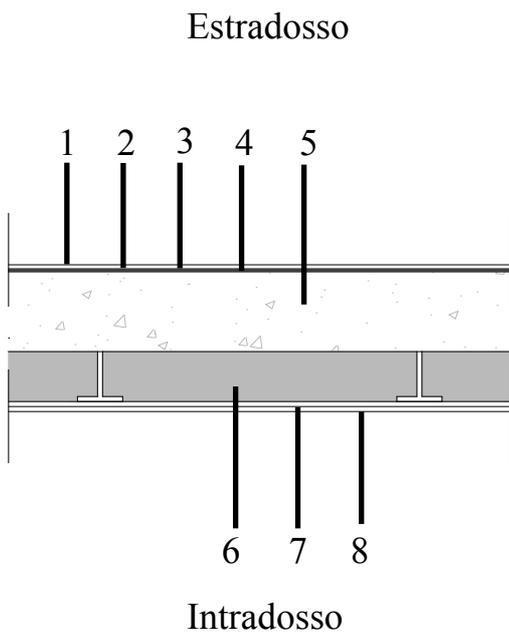
-Muri calcestruzzo e mattoni (solo per l'edificio in linea):



N	Strati	Spess. [cm]
1	Intonaco	1
2	Rasatura	1
3	Mattoni	12
4	Calcestruzzo	16
5	Pannello Resphira	8
6	Rasatura	1
7	Intonaco	1
	Spessore totale	40

Trasmittanza	0,32 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

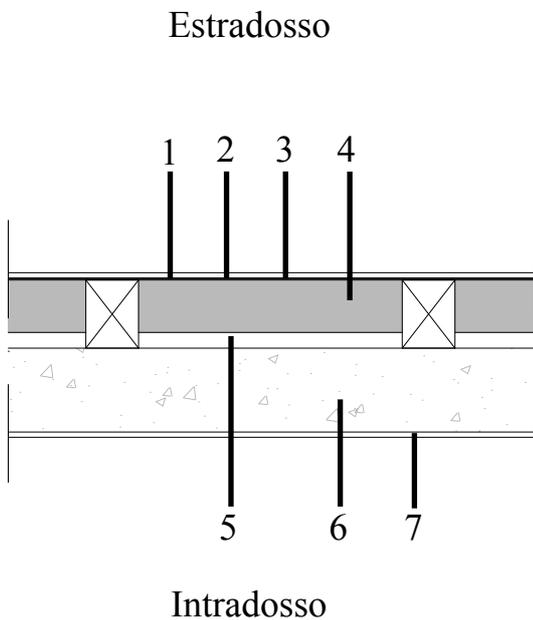
-Solaio p.1:



N	Strati	Spess. [cm]
1	Quercia	0,8
2	Silicone,mastice	0,1
3	Pannelli di sughero	0,2
4	Silicone,mastice	0,1
5	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0
6	Lana di vetro	10,0
7	Rasatura	1,0
8	Intonaco	1,0
	Spessore totale	29,2

Trasmittanza	0,30 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

-Solaio sottotetto:



N	Strati	Spess. [cm]
1	Tavolato rigido	2,0
2	Silicone,mastice	0,1
3	Cartone bitumato	0,1
4	Lana di vetro	10,0
5	Fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche	3,0
6	Calcestruzzo armato (con 2% acciaio)	16,0
7	Intonaco	1,0
	Spessore totale	32,2

Trasmittanza	0,25 W/m <sup>2</sup> K
--------------	-------------------------

**ELEMENTI FINESTRATI:**

Uno dei fattori che maggiormente incide nelle dispersioni termiche dell'involucro è sicuramente rappresentato dalle finestre con i rispettivi infissi ( $U = 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Nella ristrutturazione sia delle torri che della linea è stata prevista la sostituzione completa di questi elementi con altri più moderni e prestazionali.

Le nuove finestre saranno a doppio vetro, con gas kripton nello spazio interno, in modo da formare un pacchetto di 4-15-4 mm, e avranno un telaio in alluminio (fig. 1, 2).

Essendo componenti altamente performanti la nuova trasmittanza sarà  $U = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

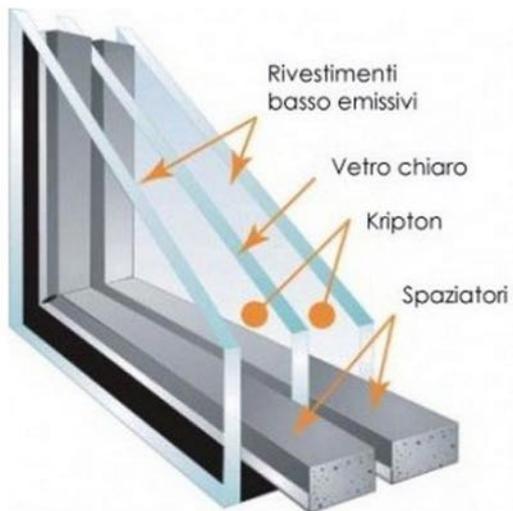


Fig. 1



Fig. 2

## RICALCOLO CONSUMI

Trasportando i nuovi valori nelle tabelle si procede ora al ricalcolo dei consumi, e quindi del possibile risparmio economico annuo per entrambe le tipologie di fabbricato.

### EDIFICIO A TORRE:

#### DATI CLIMATICI

City	<b>BOLOGNA</b>
Winter external mean temperature	8,3 °C
Internal temperature	20 °C
Heating Time period	182 gg
Zone	E
Degree Days	2259

#### DIMENSIONI EDIFICIO

<b>Volume</b>	22.041,00 mc
Net volume (80%)	17.632,80 mc
Number air changes	0,3 mc/h·mc of air
<b>Usable area</b>	5.877,60 mq

	Area (mq)	Thermal transmittance U (W/mq·K)	
cls	4.226,60	0,2898	W/mq·K
tamponamento	1.427,84	0,3448	W/mq·K
soffitto	379,20	0,3037	W/mq·K
sottetto	379,20	0,2594	W/mq·K
finestre	722,00	1,0000	W/mq·K
			W/mq·K
			W/mq·K
			W/mq·K

## DISPERSIONI E APPORTI GRATUITI

Dispersion coefficient	
H,1	14.194,98 W/K
H,2	2.321,07 W/K
H,3	530,39 W/K
H,4	359,86 W/K
H,5	4.223,70 W/K
H,6	0,00 W/K
H,7	0,00 W/K
H,8	0,00 W/K
<b>Ht,tot</b>	<b>21.629,99 W/K</b>
<b>Hg,tot</b>	<b>0,00 W/K</b>
<b>Hv,tot</b>	<b>1.798,55 W/K</b>
<b>H TOT</b>	<b>23.428,54 W/K</b>

<b>Internal gain</b>	<b>6 W/mq</b>
	35.266 W

<b>Solar gain</b>	
fattore di trasmissione solare	0,75
fattore di ombreggiamento	0,5

	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr		
Te (°C)	14,9	8,7	4	2,1	4,6	9,4	14,2		
Number days	17	30	31	31	28	31	15		
<b>Qh</b>	48.750	190.615	278.893	312.012	242.457	184.767	48.919	<b>1.306.413 kWh</b>	Calore disperso
<b>Qint</b>	14.388	25.391	26.238	26.238	23.698	26.238	12.696	<b>154.887 kWh</b>	Guadagni interni
E-O	7,6	4,2	3,3	3,5	6,1	8,8	11,9		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq *superficie vetrata
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
S	12,4	8,5	7,2	7,4	10,7	11,6	11,2		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
SO-SE	10,7	6,8	5,7	5,8	9	11	12,6		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*	351	351	351	351	351	351	351		mq
Qs	6.651	7.459	6.461	6.574	9.214	12.468	6.910		kWh
NO-NE	4,1	2,1	1,6	1,8	3,2	5,4	8,5		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*	371	371	371	371	371	371	371		mq
Qs	2.694	2.435	1.917	2.156	3.463	6.469	4.927		kWh
N	3	1,9	1,5	1,7	2,6	3,8	5,5		Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)
Area*									mq
Qs	0	0	0	0	0	0	0		kWh
<b>Qs</b>	9.344	9.893	8.377	8.730	12.676	18.937	11.838	<b>79.797 kWh</b>	Guadagni solari
<b>Q</b>	<b>32.137</b>	<b>165.915</b>	<b>254.663</b>	<b>287.534</b>	<b>216.995</b>	<b>153.145</b>	<b>31.745</b>	<b>kWh</b>	<b>Bilancio energetico</b>

Fattore utilizzazione apporti gratuiti 0,7

**FABBISOGNO UTILE** 137.355 kWh

<b>RENDIMENTO MEDIO IMPIANTO</b>	<b>0,74</b>
emissione	0,9
distribuzione	0,94
regolazione	0,97
produzione	0,9

**FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA** 185.977 kWh

= 669.518 MJ

**Epi** 32 kWh/mq·a

	pci metano	36 MJ/mc
	costo gas	0,85 €/mc
<b>CONSUMI</b>	consumo gas	18.598 mc
	<b>costo</b>	<b>15.808 €</b>

## EDIFICIO IN LINEA:

### DATI CLIMATICI

City	<b>BOLOGNA</b>
Winter external mean temperature	8,3 °C
Internal temperature	20 °C
Heating Time period	182 gg
Zone	E
Degree Days	2259

### DIMENSIONI EDIFICIO

<b>Volume</b>	39.000,00 mc
Net volume (80%)	31.200,00 mc
Number air changes	0,3 mc/h·mc of air
<b>Usable area</b>	10.402,00 mq

	Area (mq)	Thermal transmittance U (W/mq·K)	
cls+tamp	266,00	0,3211	W/mq·K
cls	2.369,00	0,2898	W/mq·K
tamponamento	3.336,00	0,3448	W/mq·K
solaio p1	1.570,00	0,3037	W/mq·K
solaio di sottotetto	1.256,00	0,2594	W/mq·K
finestre	1.760,00	1,0000	W/mq·K
			W/mq·K
			W/mq·K

## DISPERSIONI E APPORTI GRATUITI

Dispersion coefficient	
H,1	613,28 W/K
H,2	12.131,86 W/K
H,3	4.960,43 W/K
H,4	3.143,75 W/K
H,5	3.768,24 W/K
H,6	10.296,00 W/K
H,7	0,00 W/K
H,8	0,00 W/K
<b>Ht,tot</b>	<b>34.913,56 W/K</b>
<b>Hg,tot</b>	<b>0,00 W/K</b>
<b>Hv,tot</b>	<b>3.182,40 W/K</b>
<b>H TOT</b>	<b>38.095,96 W/K</b>

<b>Internal gain</b>	<b>6 W/mq</b> 62.412 W
----------------------	---------------------------

<b>Solar gain</b>	fattore di trasmissione solare <b>0,75</b> fattore di ombreggiamento <b>0,5</b>
-------------------	--

	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr		
Te (°C)	14,9	8,7	4	2,1	4,6	9,4	14,2		
Number days	17	30	31	31	28	31	15		
<b>Qh</b>	79.270	309.949	453.494	507.347	394.248	300.440	79.544	<b>2.124.292 kWh</b>	Calore disperso
<b>Qint</b>	25.464	44.937	46.435	46.435	41.941	46.435	22.468	<b>274.114 kWh</b>	Guadagni interni
E-O	7,6	4,2	3,3	3,5	6,1	8,8	11,9	Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)	
Area*								mq	*superficie vetrata
Qs	0	0	0	0	0	0	0	kWh	
S	12,4	8,5	7,2	7,4	10,7	11,6	11,2	Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)	
Area*								mq	
Qs	0	0	0	0	0	0	0	kWh	
SO-SE	10,7	6,8	5,7	5,8	9	11	12,6	Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)	
Area*	899	899	899	899	899	899	899	mq	
Qs	17.034	19.104	16.547	16.838	23.599	31.933	17.699	kWh	
NO-NE	4,1	2,1	1,6	1,8	3,2	5,4	8,5	Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)	
Area*	861	861	861	861	861	861	861	mq	
Qs	6.251	5.650	4.449	5.005	8.036	15.014	11.435	kWh	
N	3	1,9	1,5	1,7	2,6	3,8	5,5	Irradianza giornaliera media mensile (MJ/mq·gg)	
Area*								mq	
Qs	0	0	0	0	0	0	0	kWh	
<b>Qs</b>	23.285	24.754	20.996	21.842	31.635	46.947	29.134	<b>198.593 kWh</b>	Guadagni solari
<b>Q</b>	45.145	261.165	406.293	459.553	342.745	235.073	43.423	<b>kWh</b>	Bilancio energetico

Fattore utilizzazione apporti gratuiti 0,7

**FABBISOGNO UTILE 199.970 kWh**

RENDIMENTO MEDIO IMPIANTO	
emissione	0,74
distribuzione	0,9
regolazione	0,94
produzione	0,97

**FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA 270.757 kWh**

= 974.726 MJ

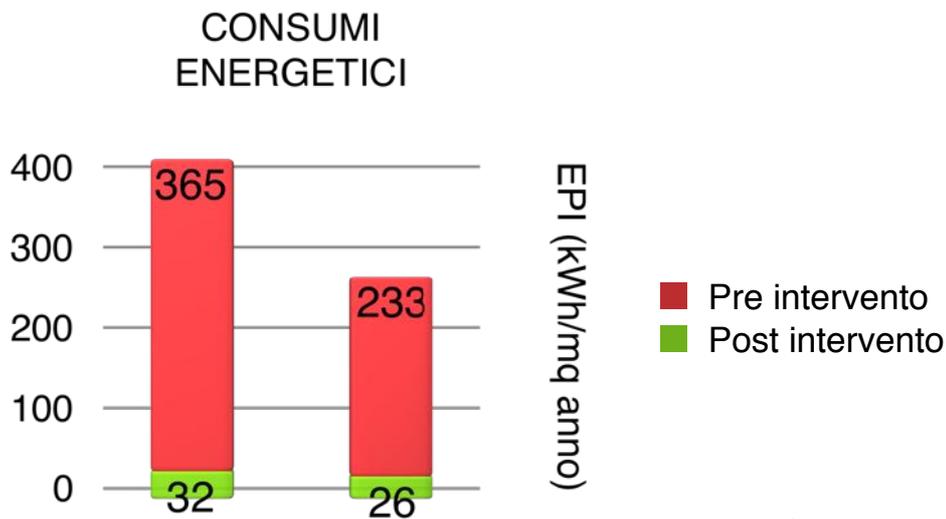
**Epi 26 kWh/mq·a**

pci metano	36 MJ/mc
costo gas	0,85 €/mc
<b>CONSUMI</b>	consumo gas 27.076 mc
<b>costo</b>	<b>23.014 €</b>

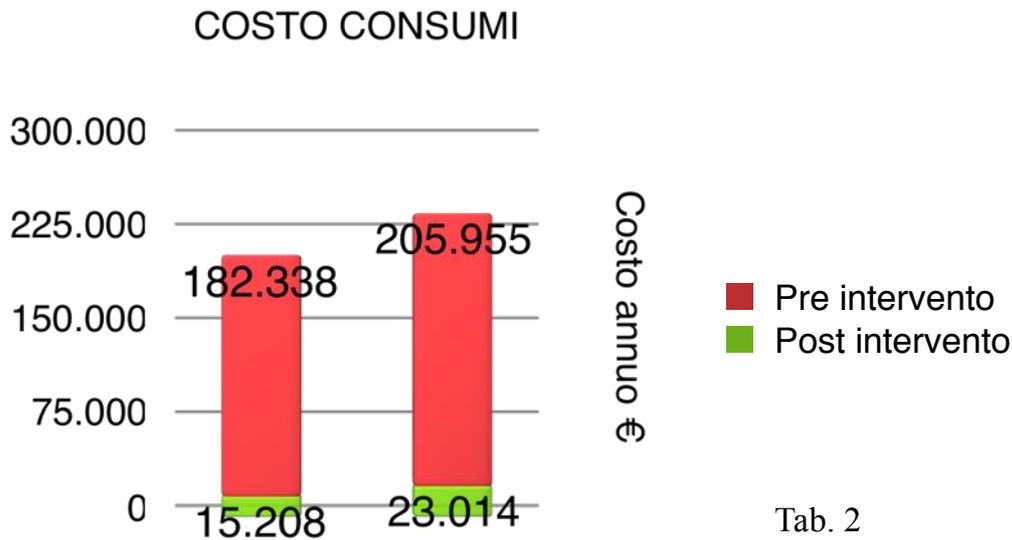
Le tabelle (tab. 1, 2) mostrano come il risparmio in termini di consumi e denaro sia ingente, e come un semplice intervento di isolamento di involucro cambi la classificazione energetica di questi edifici da G ad A.

Dai grafici si evidenzia che il risparmio in termini energetici per una torre sia del 91,23% , e per la linea dell'88,84% .

Relativamente ai costi annui, il risparmio per la torre è pari al 91,66%, mentre quello per la linea all'88,83% .



Tab. 1



I risultati ottenuti sono positivi, ma per trasformare le strutture in edifici “passivi”, cioè in ZEB, è necessario compensare il consumo EPI residuo con l’applicazione di nuove tecnologie, come i pannelli solari.

Per determinare la superficie richiesta per l’installazione di pannelli solari si è proceduto come segue:

se ogni m<sup>2</sup> di pannello PV monocristallino produce 195,31 Watt di picco (W<sub>p</sub>), cioè 0,2 kW<sub>p</sub>, bisogna determinare quanti pannelli, e quindi quanta superficie, saranno necessari per portare gli EPI della torre e della linea a 0.

**EDIFICIO A TORRE (5 877,6 m<sup>2</sup> che consuma 32 kWh/m<sup>2</sup> anno):**

Si utilizza il parametro di riduzione 0,4 per poter trasformare i kWh/m<sup>2</sup> (termici) in kWh elettrici.

$$5\,877,6 \times 0,4 \times 32 = 75\,233,3 \text{ kWh}$$

1 kW di PV produce 1300 kWh elettrici, quindi

$$75\,233,3 / 1300 = 57,87 \text{ i kW di picco di cui necessito}$$

Per ottenere 1 kW occorrono 5 m<sup>2</sup> di PV netti

$$5 \times 57,87 = 289,35 \text{ m}^2$$

1 m<sup>2</sup> costa 600 €

$$600 \times 289,35 = 176\,610 \text{ €}$$

Occorrono 289,35 m<sup>2</sup> di superficie per i pannelli solari, circa 0,05 m<sup>2</sup> di PV per ogni m<sup>2</sup> di superficie utile che consuma 32 kWh/m<sup>2</sup> anno, per un costo di 176 610 €.

EDIFICIO IN LINEA (10402 m<sup>2</sup> che consuma 26 kWh/m<sup>2</sup> anno):

Si utilizza il parametro di riduzione 0,4 per poter trasformare i kWh/m<sup>2</sup> (termici) in kWh elettrici.

$$10\,402 \times 0,4 \times 26 = 108\,180,8 \text{ kWh}$$

1 kW di PV produce 1300 kWh elettrici, quindi

$$108\,180,8 / 1300 = 83,2 \text{ i kW di picco di cui necessita}$$

Per ottenere 1 kW occorrono 5 m<sup>2</sup> di PV netti

$$5 \times 83,2 = 416,1 \text{ m}^2$$

1 m<sup>2</sup> costa 600 €

$$600 \times 416,1 = 249\,648 \text{ €}$$

Occorrono 416,1 m<sup>2</sup> di superficie per i pannelli solari, circa 0,04 m<sup>2</sup> di PV per ogni m<sup>2</sup> di superficie utile che consuma 26 kWh/m<sup>2</sup> anno, per un costo di 249 648 €.

## CAPITOLO 4

### COSTI DI INTERVENTO E PIANO DI AMMORTAMENTO

L'accettabilità del piano di ristrutturazione è ovviamente soggetta alla quantificazione della spesa totale per gli interventi e del piano di ammortamento su più anni in modo che esso non sia un peso, ma un'opportunità per il Comune di Bologna o qualsiasi investitore voglia prendere parte al progetto.

Un intervento sul patrimonio esistente non solo migliorerebbe la qualità della vita degli inquilini degli edifici oggetto di studio, ma estendendo la riqualificazione all'area immediatamente circostante, si genererebbe un aumento del valore dei terreni in questione, degli immobili esistenti e di quelli che verranno realizzati in futuro.

Per poter ammortizzare l'investimento infatti l'investitore dovrà realizzare nuovi alloggi o spazi commerciali da rivendere o da mettere in locazione in modo da rientrare della spesa sostenuta e di ottenere un profitto.

Gli inquilini non dovranno contribuire economicamente agli interventi, che comunque arrecheranno disagi per tutto il tempo dei lavori, e beneficeranno dell'ammodernamento della struttura e inoltre di un futuro risparmio energetico/economico anno.

Il risultato finale avrebbe anche benefici a livello sociale favorendo l'aggregazione delle persone che troverebbero un ambiente nuovo, esteticamente gradevole, immerso in un'area verde ed in grado di fornire svaghi e servizi.

L'impressione generale sarebbe ben lontana da quella di un ghetto-dormitorio, ma anzi di un gradevole spazio aggregante non solo per i residenti, ma appetibile anche per non residenti.

Il primo passo è dunque quantificare i costi di intervento totali e quanto si dovrà costruire da nuovo per ammortizzare l'investimento.

#### EDIFICIO A TORRE (x3):

Si utilizza la formula

$$t_r = \frac{C_r \times y + C_c \times x - C_v \times x}{C}$$

- $t_r$  è il tempo di ritorno dell'investimento
- $C_r$  è il costo di ristrutturazione dell'edificio al  $m^2$

- $C_c$  è il costo di costruzione per un nuovo edificio al  $m^2$
- $C_v$  è il prezzo di vendita dell'edificio costruito al  $m^2$
- $C$  è il costo in € annuale per fabbisogni energetici
- $x$  è la superficie addizionale da realizzare per compensare i costi degli interventi
- $y$  è la superficie utile dell'edificio

Pongo  $t_r$  come tempo di rientro dell'investimento in relazione al risparmio economico dovuto alla ristrutturazione.

Considero un prezzo di ristrutturazione, per portare l'edificio a energia quasi zero di 800 € (costo medio di un Restauro/Ristrutturazione funzionale tipologica di tipo medio/pesante, senza modifiche ai vani interni agli alloggi), un costo di costruzione di 1100 €/m<sup>2</sup> e un prezzo di vendita in quell'area della città di 2800 €/m<sup>2</sup> (secondo quotazioni immobiliari).

Nel calcolo, oltre a fare riferimento ai consumi energetici ormai individuati, è stato inserito anche il costo dell'impianto fotovoltaico visto nel capitolo precedente.

Su un tempo di rientro di 5 anni e ponendo  $x$  come l'incognita da trovare avrò:

$$5 = 800 \times 5\,877,6 (\times 3) + 176\,610 (\times 3) + 1100 \times x - 2800 \times x$$


---


$$182\,338 (\times 3)$$

$x = 7000 \text{ m}^2$  di superficie utile da realizzare

Su un tempo di rientro di 0 anni e ponendo  $x$  come l'incognita da trovare avrò:

$$0 = 800 \times 5\,877,6 (\times 3) + 176\,610 (\times 3) + 1100 \times x - 2800 \times x$$


---


$$182\,338 (\times 3)$$

$x = 8609 \text{ m}^2$  di superficie utile da realizzare

EDIFICIO IN LINEA:

Si utilizza la stessa formula

$$t_r = \frac{C_r \times y + C_c \times x - C_v \times x}{C}$$

Su un tempo di rientro di 5 anni e ponendo x come l'incognita da trovare avrò:

$$5 = \frac{800 \times 10402 + 249\,648 + 1100 \times x - 2800 \times x}{205\,955}$$

x = 4436 m<sup>2</sup> di superficie utile da realizzare

Su un tempo di rientro di 0 anni e ponendo x come l'incognita da trovare avrò:

$$0 = \frac{800 \times 10402 + 249\,648 + 1100 \times x - 2800 \times x}{205\,955}$$

x = 5042 m<sup>2</sup> di superficie utile da realizzare

Il costo totale degli interventi e la superficie da edificare è quantificabile a seconda del tempo stabilito per il rientro del capitale:

	COSTO INTERVENTO					
	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE (NUOVA COSTRUZIONE)		TOTALE 5 ANNI	TOTALE 0 ANNI	
		$t_r = 5$ ANNI	$t_r = 0$ ANNI			
TORRI	14,636,070 €	7,700,000 €	9,469,900 €	22,336,070 €	24,105,970 €	
LINEA	8,571,248 €	4,879,600 €	5,546,200 €	13,450,848 €	14,117,448 €	
		TOTALE EDIFICI		35,786,918 €	38,223,418 €	
		TOTALE SUPERFICIE DA EDIFICARE		11,436 m <sup>2</sup>	13,651 m <sup>2</sup>	

Tab. 1

La tabella 1 distingue i costi delle varie componenti di intervento, evidenziando quali siano i costi per la riqualificazione energetica degli edifici (parte fissa), e quali siano quelli dovuti alla nuova costruzione per la vendita o locazione futura.

L'obiettivo di questa relazione è quello di riqualificare a livello energetico il patrimonio edilizio esistente e la progettazione di nuove aree e spazi che mantengano queste prerogative; non fa riferimento perciò, pur tenendoli in considerazione, a parametri economici che dovrebbero essere valutati dai soggetti interessati.

Tra gli aspetti favorevoli, oltre al miglioramento della qualità della vita, miglioramenti sociali, ambientali e ad un eventuale futuro profitto, abbiamo anche altri incentivi a livello economico, in quanto il Comune di Bologna riconosce la premialità dell'incremento volumetrico (almeno del 20% del volume).

# CAPITOLO 5

## SCELTE DI PROGETTO

### INQUADRAMENTO ED ANALISI DEL SITO:

L'area oggetto di studio si trova, come riportato nei capitoli precedenti, nella periferia Sud-Est di Bologna (fig. 1, 2) e, pur non essendo nelle immediate vicinanze del centro storico, è comunque fornita di collegamenti ad esso e alle altre zone della città grazie alla presenza di mezzi pubblici come autobus (linee 11, 27, 36, 90).



Fig. 1

-  Centro storico
-  Area di interesse



Fig. 2

L'area si trova all'interno del quartiere Savena, che, pur non avendo il fascino ed il pregio del centro storico, fornisce ai residenti i servizi necessari alla vita quotidiana senza costringerli ad allontanarsi troppo dalla propria abitazione.

Nei pressi dell'area sono presenti infatti due grandi parchi, il parco dei Cedri e la Lunetta Gamberini, impianti sportivi (calcio, baseball, rugby), due grandi supermercati, le Coop di via Dagnini e San Ruffillo, alcuni bar e negozi, una libreria, alcuni ristoranti e pizzerie, scuole e licei.

L'organizzazione dello spazio dell'area di progetto e di quello immediatamente adiacente è in linea con quella del quartiere, presentandosi come un “quartiere nel quartiere” (fig. 3).



Fig. 3

I punti di forza presenti da valorizzare sono sicuramente il buon collegamento con il resto della città, il facile accesso alle aree abitative, l'abbondante presenza di parcheggi, la presenza di luoghi di interesse, di impianti sportivi e di servizi.

Tuttavia, nonostante la presenza di numerosi servizi e di spazi comuni nella zona, spesso e volentieri non si percepisce la continuità dell'area con il sistema collettivo della città.



Gli spazi delimitati dai percorsi stradali principali (via Torino, via degli Ortolani, via Milano e via Benedetto Marcello) non sono fruiti in maniera collettiva, come se essi fossero "isole" di proprietà esclusiva dei residenti dei fabbricati presenti.

Il costruito e gli spazi comuni sono in cattive condizioni e, nonostante la comodità nell'accesso dei residenti alle aree di parcheggio private e alle rispettive abitazioni, l'accesso ed il transito da parte di terzi attraverso l'area risulta difficoltoso.

Non solo è difficile individuare gli ingressi agli spazi comuni, ma la presenza di numerose barriere architettoniche come muretti, reti, a volte anche alberi o siepi, e la pendenza e gli scoscendimenti che caratterizzano il terreno, producono una sensazione di spaesamento e inducono il visitatore a compiere percorsi lunghi e scomodi.

Questi fattori influiscono anche sulla fruizione delle aree verdi che, tranne che in alcune zone, non sono quasi mai pianeggianti.

Nonostante la vasta superficie disponibile, quindi, non sono individuabili percorsi chiari, e si sente l'assenza di un percorso ciclabile che attraversi l'area senza dover utilizzare le strade circostanti altamente trafficate.

Si sente anche la necessità di nuove attrattive nell'area, come alcuni negozi e attività commerciali, locali di ristorazione e bar, luoghi di svago e punti di interesse.

La presenza di nuovi accessi, percorsi pedonali e ciclabili e di queste attrattive, non solo gioverebbe all'organizzazione, all'utilizzo e all'estetica dell'area, ma incentiverebbe anche i non residenti alla frequentazione della stessa trasformandola in un luogo di aggregazione.

Il miglioramento del sistema di illuminazione permetterebbe inoltre di estendere l'utilizzo del luogo all'intera giornata, con anche la possibilità di organizzare eventi in orario serale post-lavorativo.

L'area risulterebbe molto più "viva" ed integrata con il resto della città, generando benefici e miglioramenti anche a livello sociale, senza poi considerare la rivalutazione economica degli immobili.

Come obiettivi primari e come punto di partenza di progetto si interviene dunque in modo da valorizzare gli aspetti positivi e da risolvere le criticità riscontrate:

- Miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici oggetto di studio
- Risoluzione del degrado degli stessi edifici
- Miglioramento dell'impatto ambientale dei fabbricati e risparmio sul lungo termine
- Valorizzazione dei punti di interesse esistenti
- Risoluzione delle criticità sulla accessibilità e flusso di persone tra le varie zone
- Addizioni volumetriche migliorative dell'area
- Sviluppo sociale ed economico dell'area
- Creazione di possibilità di intervento e di valorizzazione dei fabbricati



## RIORGANIZZAZIONE URBANA E NUOVE VOLUMETRIE

Facendo riferimento alla stima dei conti illustrati nel capitolo precedente, per un ritorno dell'investimento a 0 anni è necessario edificare 13651 m<sup>2</sup> da rivendere.

Questa metratura servirebbe tuttavia a rientrare esclusivamente dell'investimento e non genererebbe ulteriore guadagno, eccetto quello legato alla compravendita degli appartamenti esistenti, ristrutturati e migliorati a livello energetico.

È necessario dunque cercare di edificare il più possibile entro i limiti accettabili, cercando di preservare il verde e non stravolgere l'area.

Si conduce uno studio per capire dove poter inserire i nuovi volumi, determinare la tipologia di intervento e le superfici ottenute.

Le figure 1, 2 mostrano l'irraggiamento medio giornaliero degli edifici nell'area di studio, in cui i colori tendenti al giallo indicano un irraggiamento delle superfici superiore rispetto a quelli tendenti al blu.

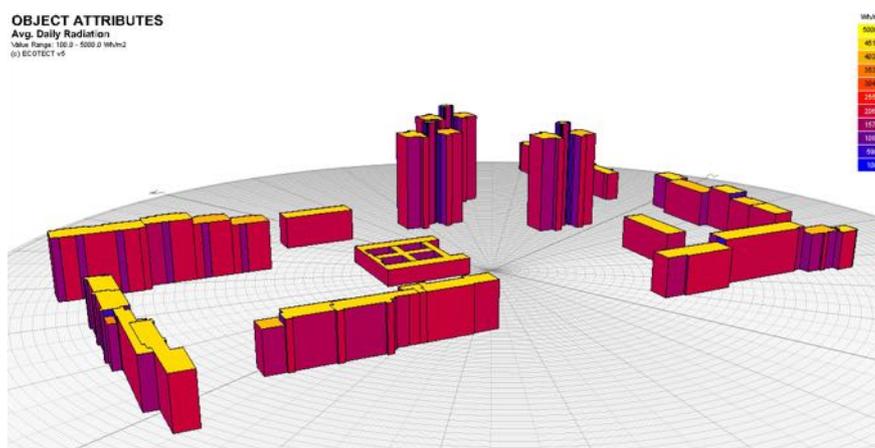


Fig. 1

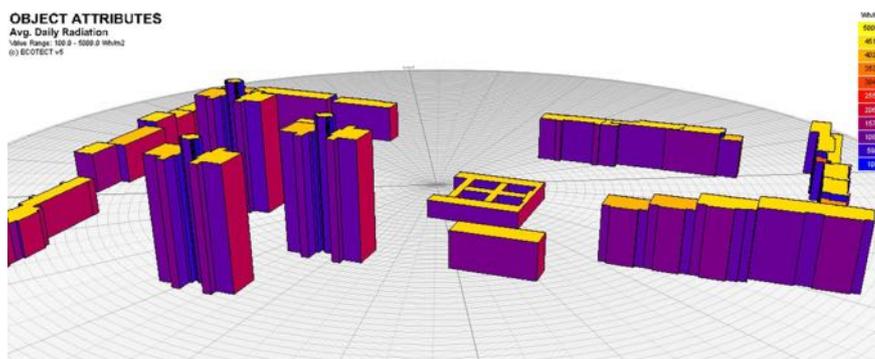


Fig. 2

Come si può rilevare le superfici degli edifici orientate a Est e a Sud ricevono molta più luce e calore di quelle rivolte a Ovest e a Nord che hanno una esposizione solare minore.

Ad influire sul colore dei fabbricati sono anche le rientranze e gli aggetti, come si può notare negli spazi vuoti centrali delle torri e sulle facce degli edifici "schermati" da

volumi adiacenti, o abbastanza alti da interferire per alcuni periodi della giornata con l'irraggiamento solare.

Si osserva anche la gittata delle ombre nel periodo estivo (Mag-Set) ed in quello invernale (Nov-Mar), in modo da prevedere quali zone sarebbero in ombra durante i vari mesi dell'anno e quali no (fig. 3).

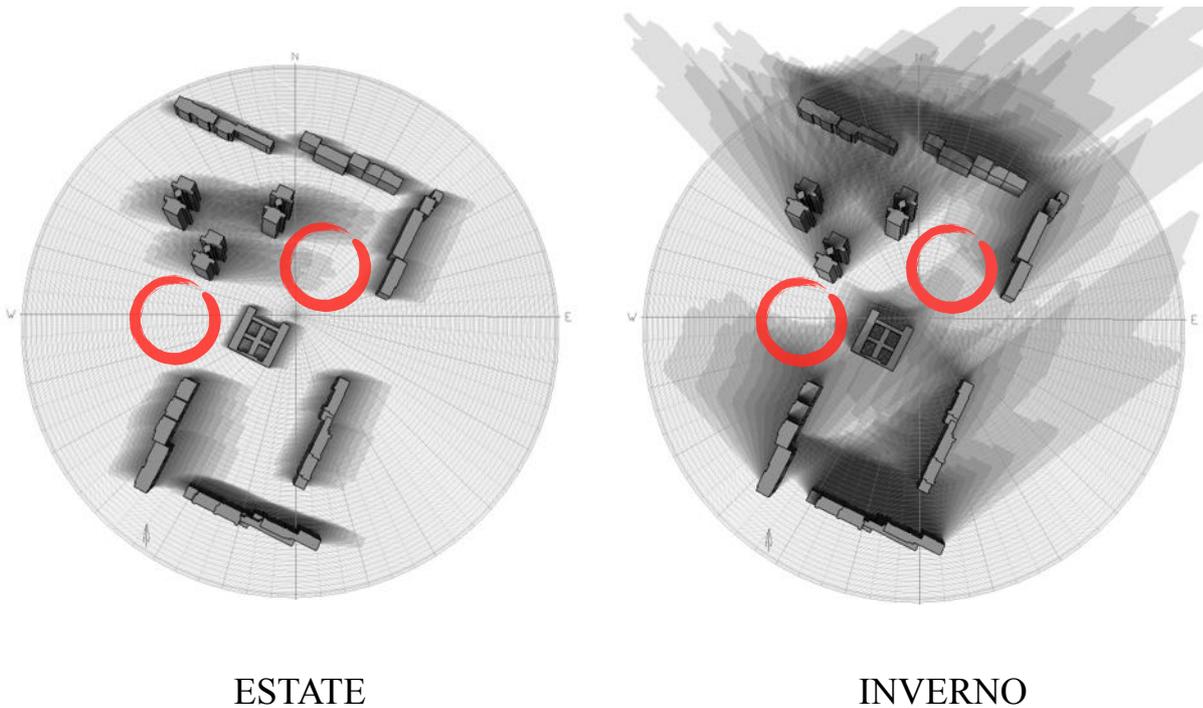


Fig. 3

La grande differenza di lunghezza delle ombre nei due periodi è dovuta alla diversa posizione del sole nel cielo, più alta nel periodo estivo e quindi in grado di produrre ombre più "corte" e contenute rispetto al periodo invernale, quando il sole è più basso. Ovviamente la lunghezza delle ombre dipende anche dalla gittata, mentre la loro intensità varia in funzione della loro distanza dal volume che le genera, risultando via via meno intense, come si può rilevare nella figura 3.

I cerchi rossi individuano le aree ideali per poter realizzare nuove volumetrie, in quanto durante il periodo estivo queste aree non sono in ombra, ed in quello invernale le ombre che riescono ad espandersi sino a quei punti hanno un'intensità debole.

Allo stesso tempo, tenendo conto dell'esposizione della zona al vento (fig. 4), si può sfruttare la presenza di spazi aperti e corridoi vuoti per raffrescare gli edifici nel periodo estivo.

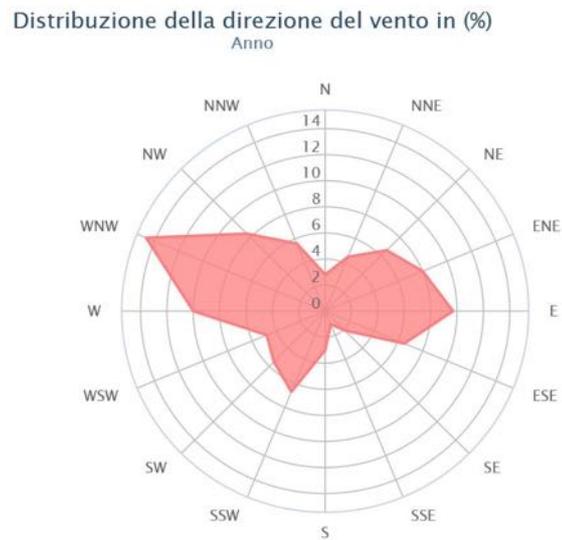
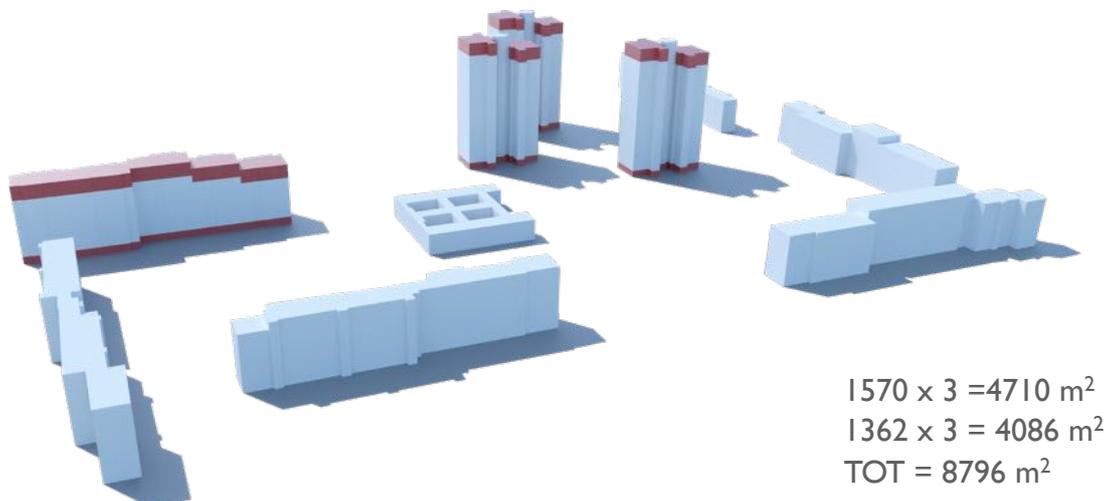


Fig. 4

Per quanto riguarda la tipologia di intervento da eseguire, si può prevedere di saturare i vuoti disponibili nell'edificio senza andare ad impermeabilizzare nuove superfici.

### Saturazioni volumetriche



Si può per esempio andare a realizzare nuovi livelli o piani sulla sommità dei fabbricati esistenti oppure a "riempire" i vani vuoti al piano terra.

Si preserverebbero così le superfici verdi esterne, ma allo stesso tempo si aggiungerebbe ulteriore carico sulle strutture portanti degli edifici e, visti gli spessori esigui degli elementi portanti, non sarebbe forse la scelta più congeniale di progetto.

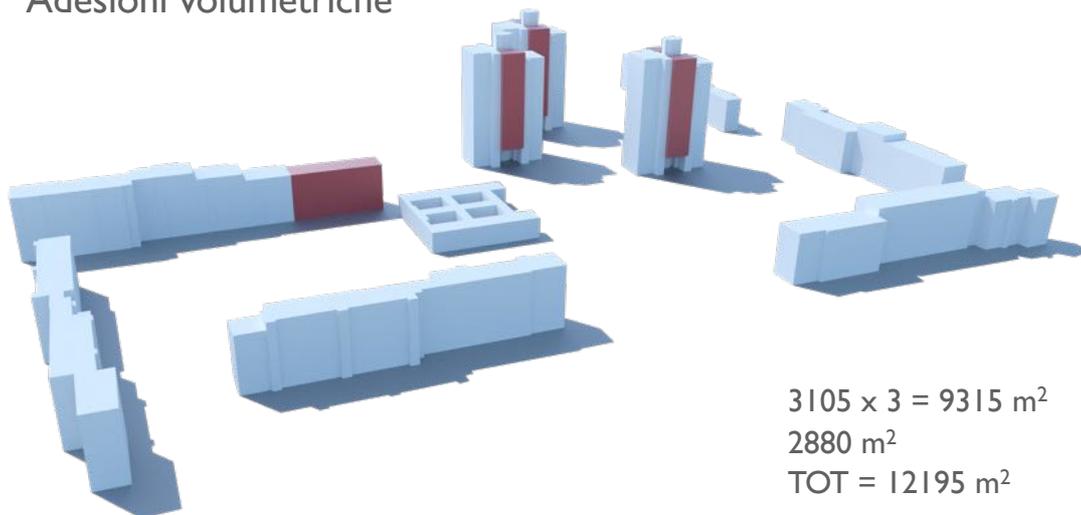
Ad ogni modo, conoscendo la superficie di base di ogni edificio si potrebbe ipotizzare la saturazione del piano terra sia delle torri che della linea quantificando la metratura quadrata ottenibile in:

$$1570 \text{ m}^2 \text{ linea} \times 3 \text{ piani} = 4710 \text{ m}^2$$

$$454 \text{ m}^2 \times 3 \text{ torri} \times 3 \text{ piani} = 4086 \text{ m}^2$$

$$4710 + 4086 = 8796 \text{ m}^2$$

### Adesioni volumetriche



Questo tipo di soluzione prevede di estendere una porzione di edificio oppure di realizzare una nuova volumetria a ridosso di quella esistente, limitando comunque l'impatto sul verde ma senza gravare sulla struttura esistente.

A livello strutturale infatti si possono realizzare volumetrie con una loro ossatura disgiunta da quella esistente, conferendo in questo caso una maggior libertà progettuale, potendo per esempio scegliere tra setti portanti, un telaio di acciaio oppure un sistema a pilastri.

Si ipotizza di realizzare in adesione alla linea un edificio che ha dimensioni :

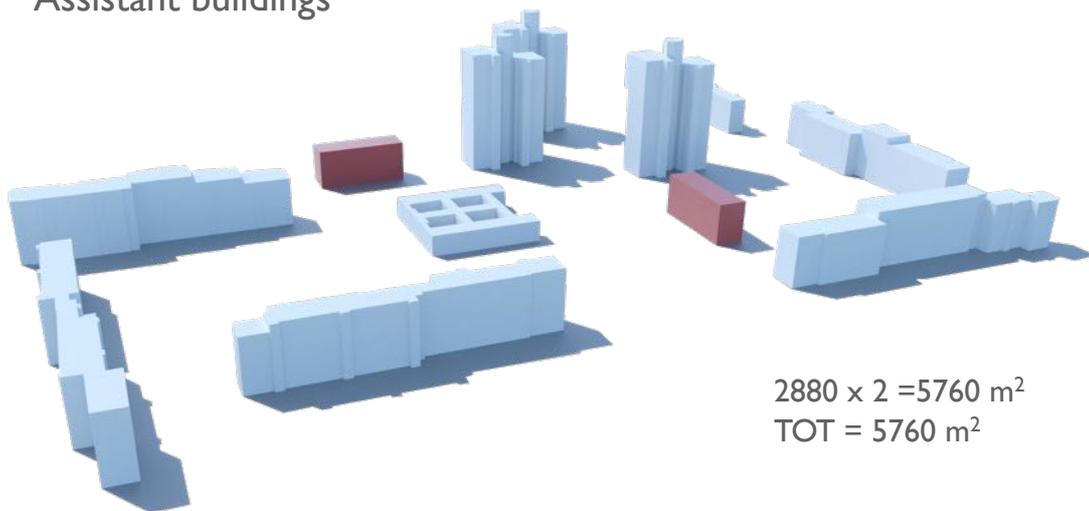
$$40 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 480 \text{ m}^2 \text{ di } 6 \text{ piani di altezza } 480 \times 6 = 2880 \text{ m}^2$$

Si decide anche di sfruttare lo spazio vuoto tra i 2 blocchi di ogni torre aumentando in maniera naturale i volumi, e occupando uno spazio comunque inutilizzato senza intervenire sull'area in maniera più invasiva.

La superficie di base prevista per ogni aggiunta (2 per torre) è di  $103.5 \text{ m}^2$  ( $9 \text{ m} \times 11.5 \text{ m}$ ) e si sviluppa in altezza per 15 piani, per cui  $103.5 \times 15 \times 2 \times 3 = 9315 \text{ m}^2$ .

Il totale di superficie ottenibile da questa soluzione è dunque  $2880 + 9315 = 12\,915 \text{ m}^2$

### Assistant buildings



Quest'ultima soluzione prevede di realizzare nuovi fabbricati indipendenti da quelli esistenti e quindi svincolati a livello progettuale, tecnico, funzionale ed estetico.

Si realizzano edifici completamente nuovi, con forma, volumi, materiali, tecniche e organizzazione degli spazi da stabilire.

Questa soluzione è sicuramente la più comoda per ottenere superficie utile perché non grava sull'esistente e non è direttamente influenzata da esso conservando una certa "libertà", ma allo stesso tempo implica una riduzione del verde e della superficie

permeabile dell'area per la realizzazione dei piani terra, interrati o eventualmente parcheggi e/o cantine e infine delle fondazioni.

Si ipotizza la realizzazione di 2 blocchi di 40 m x 12m di 6 piani ciascuno, ottenendo una superficie totale di 5760 m<sup>2</sup>.

Valutati i vantaggi e gli svantaggi di tutte le tipologie di intervento, si decide di procedere con una soluzione mista (fig. 5).

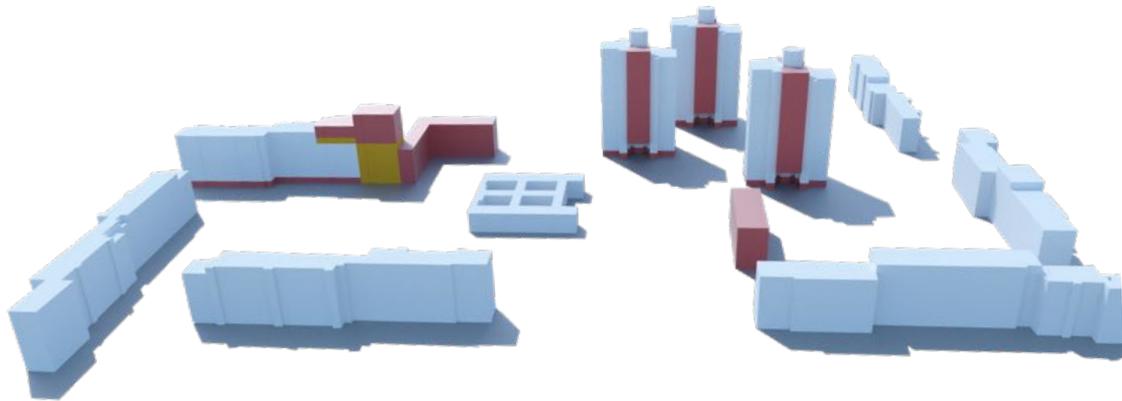


Fig. 5

Questa scelta prevede di realizzare i blocchi in adesione visti nella seconda soluzione, gli assistant buildings della terza soluzione, la saturazione dei piani terra e di alcune porzioni di piano in sommità dell'edificio in linea.

Vista la dimensione dell'area e degli edifici di progetto ci si concentra sulla riqualificazione dell'edificio in linea, come si può già intuire da uno sviluppo più articolato delle volumetrie a ridosso dello stesso.

Si decide di realizzare le nuove volumetrie utilizzando principalmente una struttura portante in X-lam (fig. 6).

I pannelli X-lam sono pannelli in legno multistrato che costituiscono le pareti portanti di un edificio (dai 3 agli 8 strati e con uno spessore totale che va generalmente dai 57 ai 320 mm).



Fig. 6

Questi pannelli possono essere impiegati per pareti, solette e tetti in edifici mono e plurifamiliari, palazzine multipiano per uffici, capannoni industriali, ampliamenti e sopraelevazioni.

La direzione delle lamelle di uno strato è ortogonale a quella dello strato adiacente, in modo tale che questa disposizione incrociata possa conferire al pannello un ottimo comportamento meccanico in tutte le direzioni e eccellenti caratteristiche di stabilità dimensionale.

Gli spessori delle pareti portanti sono eseguiti pur mantenendo queste caratteristiche, e il peso è nettamente inferiore a quello di una parete in calcestruzzo, permettendo di risparmiare una grande quantità di materiale e di avere meno carichi sulla struttura.

A livello economico questo materiale si sposa benissimo con la tecnica della prefabbricazione e di conseguenza con la rapidità di montaggio.

L'X-lam ha inoltre ottime capacità di resistenza a livello sismico, efficiente anche con sollecitazioni di terremoti ad elevata magnitudo.

Il livello di prestazione energetica viene incrementato dall'aggiunta di isolamento aggiuntivo, i pacchetti murari prevedono già canali per gli impianti elettrici, ed è un materiale eco-compatibile e facile da smaltire (fig. 7).

A livello di prestazioni isolanti una parete di X-lam di 26 cm ha le stesse prestazioni estive di quelle di una parete in mattoni di 50 cm.

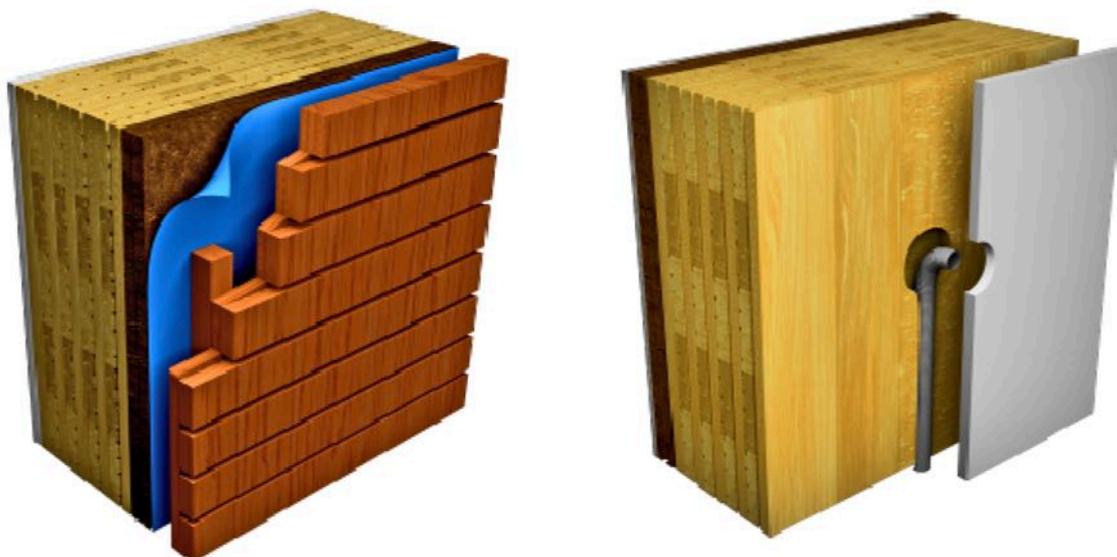


Fig. 7

La figura 8 mostra come si decide di intervenire sulla linea.

L'assistant building sarà collegato al resto del fabbricato tramite un'adesione volumetrica alla testa della linea.

La parte finale della linea sarà demolita per poi essere ricostruita in modo da raggiungere i 10 /12 piani, ma poiché gli edifici in X-lam raggiungono massimo 8 piani i primi 4 piani saranno realizzati con setti portanti in calcestruzzo in modo da poter fornire una base solida al resto dell'edificio.

Sarà poi demolita un' altra porzione di piano in sommità, in modo da poter realizzare 3 nuovi piani ( 1 a sostituire l'esistente e 2 nuovi) aggiungendo volumi con carichi minori rispetto ad aggiunte in calcestruzzo.

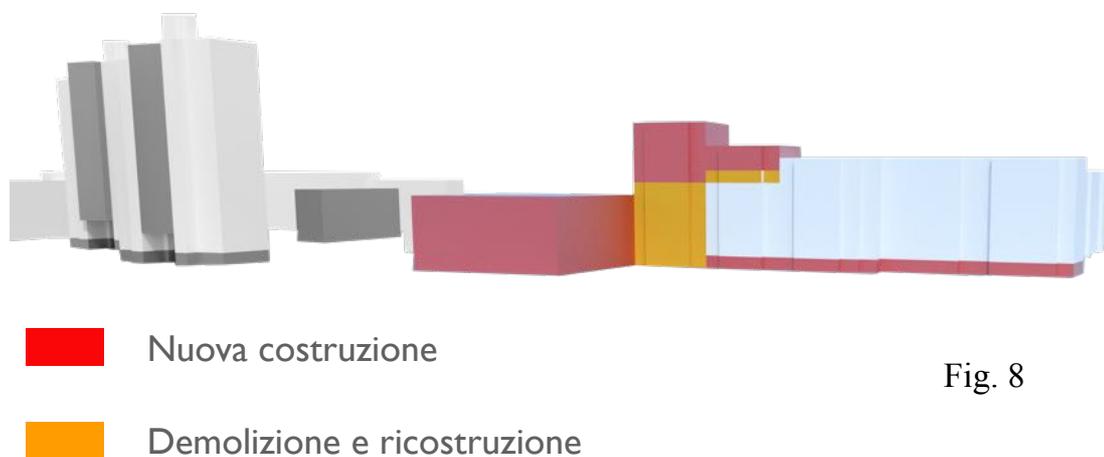


Fig. 8

Le nuove volumetrie previste porteranno così ad un incremento dei costi di € 1 936 400 per via delle demolizioni (facendo riferimento al prezzario per le demolizioni dell'Emilia Romagna, considero 20 €/m<sup>3</sup> per 705 m<sup>3</sup> x 9 piani, compreso terra ed interrato) e per i costi di ricostruzione su cui non si avrà profitto.

La formula vista nei capitoli precedenti per il calcolo della metratura quadrata da realizzare per rientrare dell'investimento a 0 anni diventa:

$$0 = \frac{800 \times 10402 + 249\,648 + 126\,900 + (1100 \times 235 \times 9) + 1100 \times x - 2800 \times x}{205\,955}$$

$$x = 6181 \text{ m}^2$$

Si avrà quindi oltre ad un incremento dei costi per la demolizione e ricostruzione (1 936 400 €), un parallelo incremento della superficie da edificare di 1139 m<sup>2</sup>.

Secondo le scelte finali, le superfici totali che si progetta di realizzare ammonteranno a 20 386 m<sup>2</sup> per cui, rispetto alla nuova metratura quadrata minima per compensare l'investimento (14 790 m<sup>2</sup>), si avrà un aumento dei costi totale di 8 092 000 € (comprensivo del costo per realizzare nuove costruzioni) e un avanzo di 5596 m<sup>2</sup> che genererà un utile di 9 513 200 €, oltre al futuro ricavo dalla vendita degli appartamenti ristrutturati esistenti.

A livello urbano l'area di studio viene riorganizzata in modo tale da favorire la fruizione anche da parte dei non residenti.

Vengono realizzati nuovi e chiari accessi agli spazi pubblici e viene eliminata la maggior parte delle barriere architettoniche presenti, tra cui anche i parcheggi scoperti a ridosso della linea e delle torri che, pur essendo di grande comodità, spezzavano la continuità del verde e del flusso di persone.

I nuovi parcheggi vengono interrati ed integrati agli altri già presenti nel sottosuolo, e a cui si accederà tramite le due vie principali della zona via Torino e via degli Ortolani, migliorando anche l'estetica del luogo in superficie.

I cavedi di aerazione esistenti, individuabili a livello di terra da parapetti in cemento sono stati eliminati e chiusi da delle grate metalliche che consentono l'aerazione senza creare disturbi visivi e funzionali.

Il tema comune che lega tutte le porzioni della zona è una passeggiata in legno che attraversa tutto lo spazio di progetto nelle due direzioni principali (Sud-Ovest ↔ Nord-Est; Sud-Est ↔ Nord-Ovest) e che, sviluppandosi in maniera regolare e squadrata lungo 2 assi principali, non solo crea un effetto di continuità a livello materico ed estetico, ma semplifica anche a livello funzionale il transito delle persone rendendo immediatamente intuibile quali sono le direzioni da percorrere, dove esse porteranno, senza incappare in barriere, dislivelli o ostacoli di alcun tipo (fig. 9, 10).

Fig. 9



-  Parcheggi scoperti
-  Rotonda
-  Area nuovi parcheggi
-  Percorso ciclabile

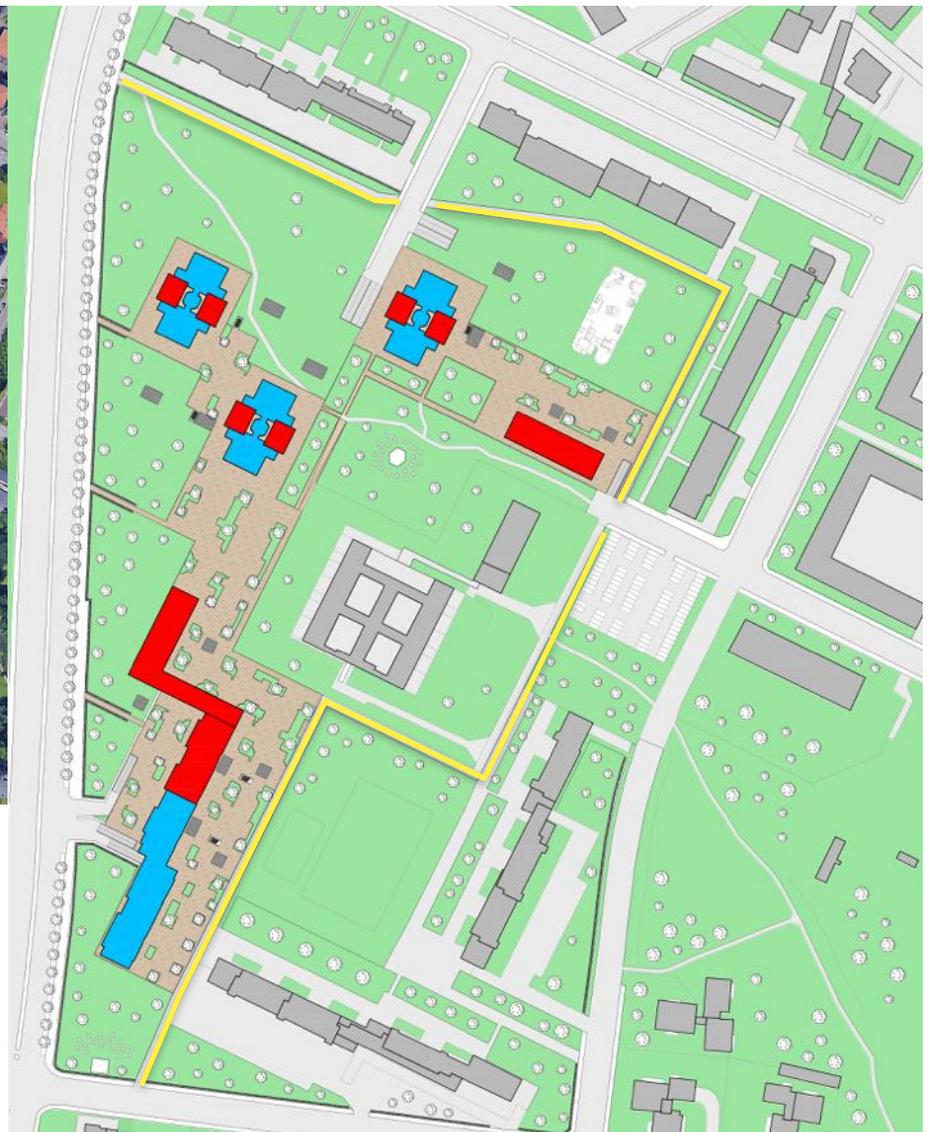


Fig. 10

Il legno è un materiale naturale che si sposa perfettamente con il verde presente senza appesantire a livello materico e strutturale il territorio; all'interno dello spazio della stessa passeggiata sono state previste fioriere con sedute che consentono lo sosta da parte delle persone e il godimento dell'ambiente circostante (fig. 11).

La passeggiata non sarà perciò un semplice elemento di transito, ma anche di sosta durante la quale le persone potranno riposare, rilassarsi, conversare con conoscenti o, nel caso di genitori, badare a bambini che giocano.

La presenza della scuola nelle vicinanze fa infatti sì che negli orari di ingresso e di uscita questo scenario si presenti frequentemente.



Fig. 11

La rotonda presente nel centro dell'area, che fino ad ora veniva utilizzata esclusivamente come parcheggio, verrà riportata a spazio verde, e il nuovo parcheggio (82 posti auto), di cui vi è necessità vista la prossimità delle 2 scuole, sarà realizzato nello spazio compreso tra esse al termine di via Milano (fig. 9, 10).

Come già rilevato durante l'analisi delle criticità è impensabile che un'area di queste dimensioni non sia fornita di un percorso ciclabile che viene prontamente realizzato in progetto (fig. 10).

Il percorso si affianca inizialmente alla passeggiata e attraversa il “parco”, prevalentemente lungo l’asse rispetto a cui si sviluppa maggiormente il terreno di studio (Sud-Ovest ↔ Nord-Est), collegando le porzioni di area più lontane e sfociando in via Benedetto Marcello e via degli Ortolani.

Nel tratto più vicino a via degli Ortolani il percorso svolta in direzione ortogonale, in modo da consentire l’attraversamento anche nell’altra direzione principale mettendo in comunicazione via Torino e via Mazzoni.

I nuovi percorsi pedonali e ciclo-pedonali sono stati realizzati in modo da consentire l’attraversamento di tutta l’area e il raggiungimento di distanze relativamente lontane senza dover necessariamente passare per la strada o sul marciapiede a fianco delle automobili e del traffico, ma al contrario in mezzo al verde.

Osservando la planimetria si nota come si cerchi di preservare l’ambiente conservando e quando possibile ampliando le aree verdi, impedendo alle strade di penetrare troppo in profondità all’interno del parco, se non per raggiungere le rampe che collegano i parcheggi interrati residenziali con l’esterno.

Definita l’organizzazione funzionale dell’area si cerca di offrire al pubblico ulteriori motivi per frequentare la zona.

Ai servizi già presenti vengono aggiunte nuove attività commerciali nelle saturazioni eseguite al piano terra degli edifici da ristrutturare, sfruttando uno spazio disponibile ma che difficilmente, per via della collocazione, è possibile sfruttare a livello residenziale.

Inoltre è prevista la risistemazione e valorizzazione degli impianti sportivi pubblici presenti a lato della passeggiata e a sud della scuola e l’aggiunta, nelle varie parti dell’area collegata dalla passeggiata, di nuovi punti di interesse.

Nel cuore del parco dove prima c’era la rotonda si prevede la realizzazione di un’attività ristorativa come un bar/chiosco con tavolini all’aperto, così come nella porzione di verde a Sud della linea presso l’ingresso di via Benedetto Marcello.

Come nei parchi più grandi della città, per esempio i Giardini Margherita e la più vicina Lunetta Gamberini, le interazioni sociali si sviluppano prevalentemente nei dintorni dei campi sportivi e dei bar.

A nord della passeggiata, verso via degli Ortolani è stato progettato uno skate-park, fornendo un ulteriore impianto che possa attrarre giovani e che vada a “riempire” una superficie ampia e fino ad ora quasi vuota.

Per tutte le altre zone verdi non sono previste realizzazioni di alcun tipo, esclusi nuovi percorsi pedonali che portano alla passeggiata, in modo da lasciare gli spazi “aperti” per poter semplicemente godere della natura circostante ed immergersi nel verde.

Il parco e la passeggiata saranno illuminati anche in orario serale, permettendo di usufruire dell'area anche in assenza di luce naturale tramite un nuovo sistema di illuminazione.

Ricordando la superficie minima totale di pannelli solari necessaria per portare a zero consumi le tre torri e la linea ( $289,35 \times 3 = 868,05 \text{ m}^2$ ;  $416,1 \text{ m}^2$  ; Tot =  $1 284,15 \text{ m}^2$ ) si programma di utilizzare le superfici eccedenti a disposizione (di copertura e dove possibile di parete) degli edifici esistenti e di nuova costruzione per aggiungere pannelli. I pannelli in eccedenza dovranno alimentare i lampioni presenti nell'area non gravando a livello economico sui conti del Comune.

Infine tutta l'area sarà riparata dalle strade vicine in maniera naturale tramite siepi che si estenderanno perimetralmente lasciando aperture e varchi in prossimità degli ingressi.

## EDIFICIO IN LINEA

Dopo aver compreso in cosa consiste a livello generale e volumetrico l'intervento sull'edificio in linea, ci si sofferma ora sulle specifiche e sui cambiamenti previsti.

Come menzionato in precedenza, i parcheggi esterni in superficie sono stati interrati e sostituiti dalla passeggiata in legno che si sviluppa parallelamente sul lato interno al parco del fabbricato e in cui va a ricongiungersi (fig. 1, 2).

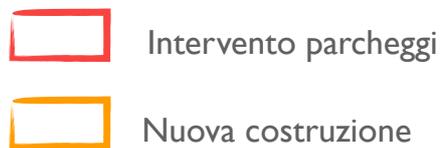


Fig. 1

## Piano Terra



Fig. 2



Il progetto prevede che la nuova porzione di passeggiata nata in seguito a questo intervento si ricollegi al corpo principale, lasciando delle volumetrie vuote per l'altezza di 2 piani (6 m) nello spazio tra i vecchio ed il nuovo corpo costruttivo.

Il collegamento tra questi due blocchi principali verrà eseguito da un corpo centrale sospeso (fig. 3) che, vista la differenza estetica e strutturale dal resto dei fabbricati, può essere destinato a sua volta ad una differente funzione come quella di uffici nel caso non si vogliano realizzare ulteriori appartamenti.

## Vista Nord-Ovest



Fig. 3

Eliminando a terra in parcheggi e aumentando il numero di alloggi del blocco in linea si rende necessario integrarne di nuovi al piano interrato aumentandone l'estensione e garantendo 94 nuovi posti auto in relazione all'incremento del numero di appartamenti di progetto (fig. 4).

Sempre in seguito a queste scelte viene anche incrementato il numero di cantine e vani di deposito materiali (55) a disposizione dei residenti.

## PIANO INTERRATO

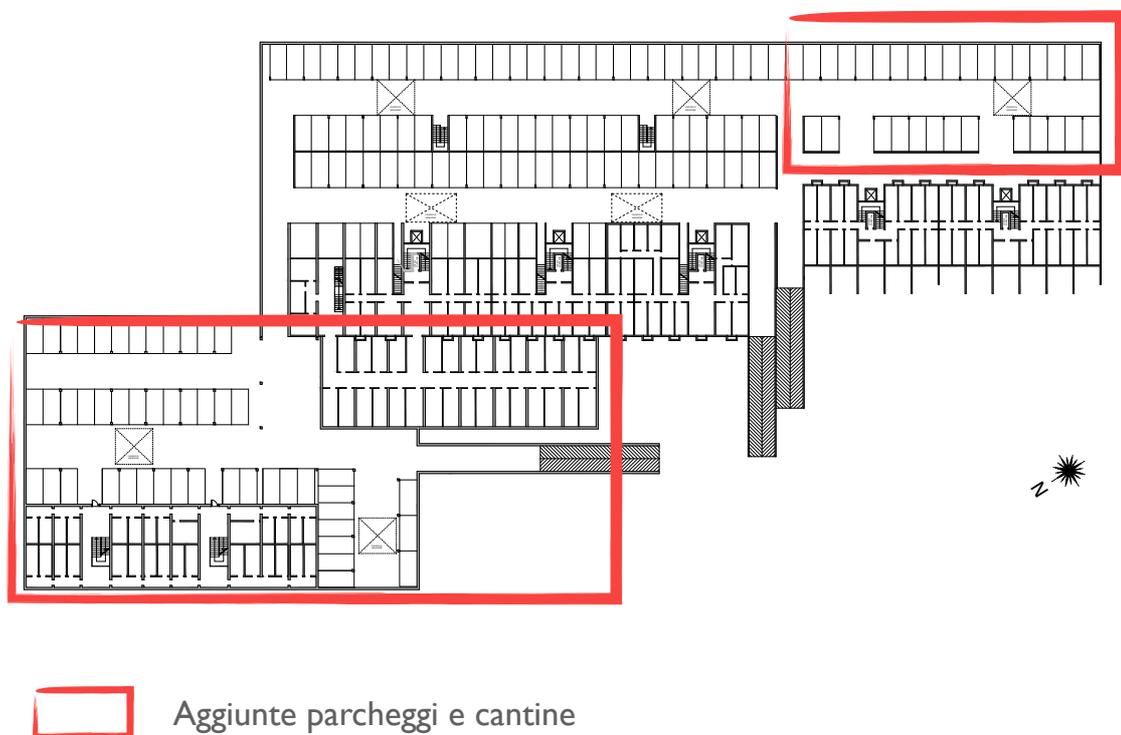


Fig. 4

Sull'altro lato della linea si trasforma la piana di cemento esistente, nella quale emergono i parapetti in cemento dei cavedi di areazione dei piani interrati, nel corpo principale della passeggiata di cui abbiamo detto nelle pagine precedenti, fornendo un affaccio degli appartamenti qualitativamente migliore rispetto a quello precedente (fig. 5, 6).

Come si vede le uniche volumetrie di cemento emergenti dal terreno lasciate immodificate sono i parapetti e le pareti delle scale che portano al piano inferiore, mentre le altre sono state sostituite da arte metalliche che soddisfano gli stessi scopi.



Fig. 5



Fig. 6

Al piano terra alcuni dei corridoi vuoti sono stati convertiti in locali commerciali e sale comuni condominiali, mentre gli altri non sono stati chiusi mettendo in comunicazione le due parti della passeggiata.

Le nuove volumetrie della linea abbracciano lo sviluppo della passeggiata fungendo da "filtro" tra la parte interna del parco e la zona esterna.

Ciò fa sí che, trovandosi ad altezza uomo, ci si senta invogliati ad entrare in questi corridoi per "scoprire" cosa si trova dall'altra parte senza percepire i fabbricati come barriere.

Questi principi sono anche alla base della scelta di realizzare il blocco sospeso di collegamento tra i due corpi principali dell'edificio.

Il progetto comporterà la realizzazione di 48 nuovi appartamenti la cui organizzazione si può vedere nelle figure 7 e 8.

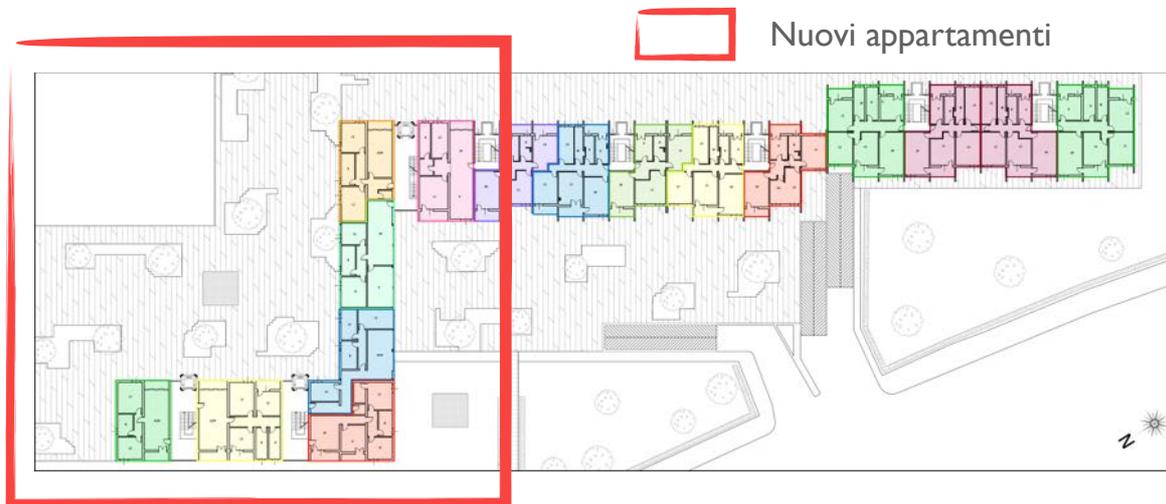


Fig. 7

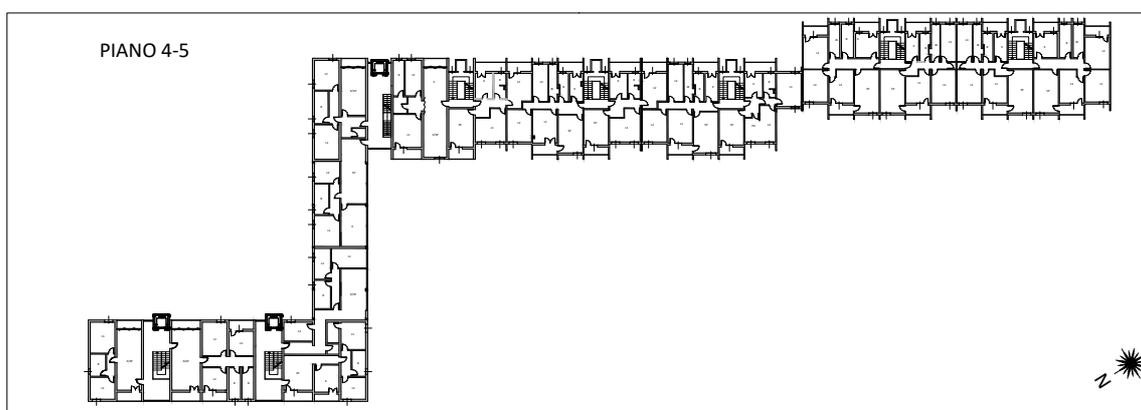


Fig. 8

Osservando le piante si vede come sia per la porzione demolita e ricostruita che per la porzione di edificio realizzata da zero si riproponga lo stesso schema a setti portanti, dando una certa regolarità alla pianta e all'organizzazione degli spazi e, come vedremo dopo, anche ai prospetti.

La disposizione del vano ascensore e scala che collega i diversi piani è la stessa di quella dell'edificio esistente ed ognuno di essi permette l'accesso a 1-2 appartamenti.

La scelta di creare vani scala ampi e lunghi è stata presa considerando di creare spazi "ariosi", non sacrificati, che vengano illuminati da più lati possibili, e poter gestire al meglio, in questo modo, l'ingresso al blocco sospeso e ai vari appartamenti avendo meno vincoli spaziali da tenere in considerazione.

L'organizzazione degli ambienti all'interno degli appartamenti è influenzata dalla scelta di riproporre lo schema strutturale dell'edificio esistente e di creare continuità tra il vecchio ed il nuovo.

Gli appartamenti realizzati sono di varie metrature (dai 90 ai 210 m<sup>2</sup>), a cui si è cercato di dare almeno due affacci trasversali in modo da garantire la ventilazione naturale nel periodo estivo e il conseguente raffrescamento naturale degli ambienti.

Si è cercato, laddove si fosse andati ad aggiungere piani in sommità, di organizzare gli spazi tenendo conto della disposizione dei vani impianti dei piani inferiori, facendoli passare direttamente negli spazi previsti nel pacchetto murario senza creare antiestetiche sporgenze, se non ritenuto necessario.

Per tutti gli appartamenti si è provato a dare le viste e gli affacci migliori sull'esterno agli ambienti più vissuti della casa, e si è provato quando possibile, seguendo lo stesso schema ripetitivo dell'esistente, di dare agli ambienti principali, come salotti e cucine dove le famiglie si riuniscono oppure accolgono ospiti, un terrazzo o balcone.

Spesso per una ottimizzazione degli spazi, sempre vincolati dalla presenza di setti murari portanti fissi, si è ricorsi alla soluzione moderna salotto-cucina open space, ottenendo superfici vivibili maggiori e creando una interazione più stretta tra i 2 ambienti, e quindi anche tra le persone che svolgono diverse attività al loro interno.

Quando si è ricorsi a questa soluzione in genere lo si è fatto per recuperare più superficie utile possibile e per non dare accesso diretto all'appartamento sulla zona notte.

Questi ambienti sono generalmente i più grandi della casa, e sono illuminati spesso da pareti vetrate a tutta altezza che permettono alla luce di arrivare in profondità in vani che si sviluppano soprattutto in lunghezza.

La lunghezza considerevole di questi ambienti permette di tenere unita la zona cucina e salotto ma allo stesso tempo di creare zone distinte in spazi aperti nei quali è comunque possibile organizzare in futuro delle divisioni o mettere dei separè.

Gli appartamenti di dimensioni maggiori sono nei piani più alti della porzione demolita e ricostruita, nella porzione vicina semplicemente aggiunta e nella parte centrale del blocco di nuova costruzione che si trova più vicino alla strada (fig. 9, 10, 11).



Fig. 9

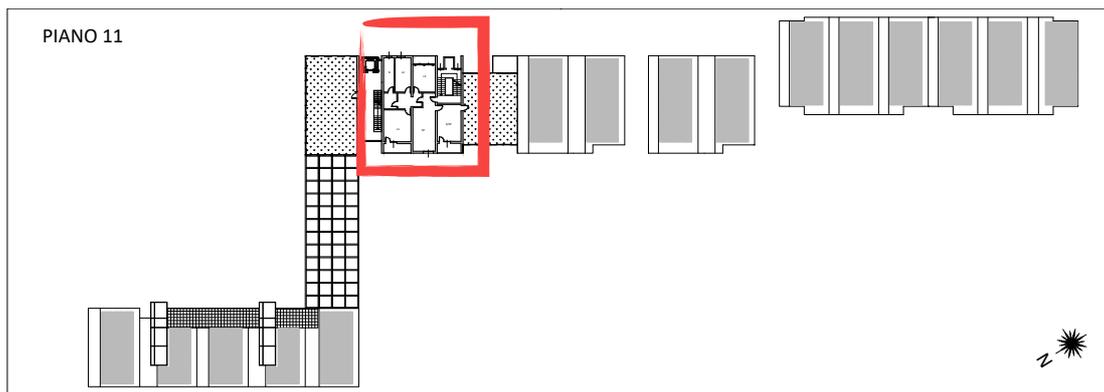


Fig. 10

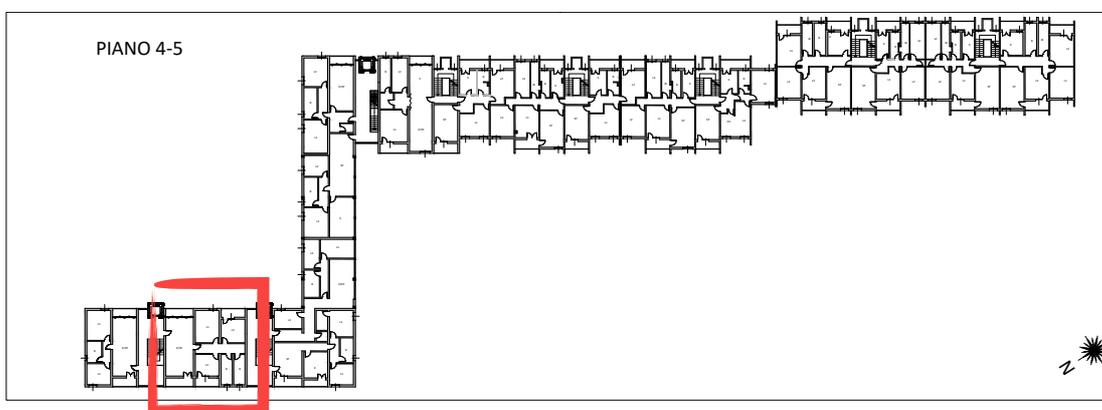


Fig. 11

Le altezze delle porzioni dell'edificio sono fortemente influenzate dalla scelta di non saturare la sommità dell'edificio e allo stesso tempo di ottenere più superficie possibile in copertura per la disposizione dei pannelli solari.

La scelta di utilizzare pannelli solari per portare a zero il consumo energetico degli edifici e per alimentare il sistema di illuminazione del parco fa sì che nel nuovo progetto le falde di copertura non siano più simmetriche ed orientate lungo l'asse Est-Ovest, ma siano disposte (con la falda maggiormente estesa) verso Sud.

L'orientamento precedente delle falde avrebbe consentito ai pannelli di sfruttare solamente metà dell'irraggiamento giornaliero per volta, a seconda che il sole irraggiasse il lato Sud-Est la mattina o il lato Nord-Ovest il pomeriggio, senza contare che verso ad una certa ora del pomeriggio la luce inizia ad essere meno intensa.

La nuova disposizione permette di ottimizzare l'orientamento dell'edificio esistente, assorbendo le radiazioni solari per la maggior parte della giornata; infatti nonostante che ad inizio e fine giornata non siano perfettamente allineati con il sole i pannelli svolgono bene la loro funzione assorbendo quanta più energia possibile nel periodo di picco che va dalle 10.00 alle 16.30.

Considerando poi che l'alba e il tramonto sono i periodi con minore intensità solare, e rifacendoci agli studi sull'irraggiamento sulle volumetrie esistenti viste precedentemente, possiamo affermare che tale modifica risulta conveniente.

L'altezza verso la testa dell'edificio va in crescendo per evitare che i nuovi volumi facciano ombra sui pannelli solari dei piani inferiori.

Si decide di sfruttare la parete a Sud della linea già priva di aperture e finestre per aumentare la superficie dove inserire pannelli solari: si crea in questo modo una sorta di "pelle" che riveste l'edificio in sommità, estendendola fino alle parti di nuova costruzione, creando un effetto di continuità estetica senza trascurare l'aspetto funzionale.

Le pareti secondarie (quelle meno larghe) del complesso saranno perciò rivestite da una pelle in lamiera/alucobond metallica sulla quale saranno, dove possibile, montati i pannelli solari (fig. 12).



Fig. 12

La copertura va quindi in crescendo in altezza per poi decrescere naturalmente sul blocco di nuova costruzione, per non realizzare una struttura troppo pesante e che non "chiuda" le zone di verde e della passeggiata che si trovano al di là.

Negli spazi vuoti in sommità sono state realizzate delle serre/verande condominiali e private che richiamino l'idea di verde presente a livello di terra, che caratterizzino ulteriormente la copertura, che aumentino il pregio degli immobili (con conseguente aumento di valore), che migliorino le capacità prestazioni dell'edificio (i tetti verdi hanno migliore potere isolante rispetto ad un pacchetto di copertura classico) ed infine che svolgano un ruolo sociale, di aggregazione nella vita quotidiana dei residenti.

Alle serre condominiali si accede tramite i vani scala dei due blocchi principali del complesso, ma mentre per la parte terminale della linea non è necessario uscire dall'edificio, per il nuovo blocco l'accesso alla serra è sul tetto, alla fine di un terrazzo panoramico di collegamento.



Analizzando i prospetti si osserva che le scelte progettuali siano state orientate a mantenere una certa continuità con l'esistente anche in facciata e non solo in pianta. Le scelte attuate a livello di pianta si riflettono in facciata, facendo percepire la suddivisione degli spazi interni grazie alla riproposizione dei setti murari che fungono da ossatura portante della struttura e che si intravedono grazie alle rientranze e sporgenze che delimitano gli affacci (fig. 13).

### Prospetto Nord-Ovest



Fig. 13

### Stato attuale



Ovviamente il rivestimento, l'involucro dell'edificio, è cambiato per permettere la riqualificazione energetica dell'esistente aggiungendo cappotti isolanti e intonaco.

La facciata principale dell'edificio esistente non è più in mattoni a vista ma intonacata di bianco e, oltre a sostituire gli infissi, sono state sostituite anche le ringhiere dei terrazzi, e le finestre sono state dotate di pannelli in legno scorrevoli che fungono da riparo da una luce solare troppo intensa o da condizioni meteorologiche non gradite.

I pannelli riprendono il motivo della passeggiata sottostante, dando carattere ad una facciata molto pulita sulla quale non sono stati eseguiti stravolgimenti.

Laddove prima erano presenti terrazzini sono state realizzate delle fasce vetrate che creano delle verande e che vengono riproposte per la lunghezza dell'edificio in maniera regolare e ripetitiva, rafforzando l'effetto di continuità all'interno del complesso e slanciandolo in altezza nonostante si sviluppi prevalentemente in lunghezza.

Le verande inoltre, come i tetti verdi, limiteranno le dispersioni energetiche in inverno, in quanto la parete non si affaccerà direttamente sull'esterno ma su un ambiente non riscaldato interno, e non creeranno quella sensazione di chiusura e effetto serra l'estate, essendo costituite da pannelli di vetro anch'essi scorrevoli e apribili.

La scelta di utilizzare materiali diversi in facciata deriva dalla volontà di distinguere comunque gli interventi di ristrutturazione e di nuova costruzione che in questa maniera vengono evidenziati.

Il rivestimento utilizzato per la parte di nuova costruzione è lo stesso dei pannelli e della passeggiata, non andando ad appesantire una struttura già abbastanza massiccia per via delle sue dimensioni e permettendo al fabbricato di integrarsi naturalmente con l'ambiente circostante.

In questa parte della costruzione i pannelli scorrevoli sono assenti lasciando intravedere l'intonaco bianco dei terrazzi, dando maggior luminosità e leggerezza alla facciata.

Gli stessi concetti sono ripresi anche nell'altro prospetto principale (fig. 14) dove però l'aggiunta volumetrica è stata messa in evidenza da un rivestimento in erba, proponendo una parete verde e richiamando il verde del parco sottostante.

I pannelli scorrevoli presenti nella parte di nuova costruzione sono realizzati secondo gli stessi principi di quelli in legno ma questa volta con materiali diversi.

Si è pensato di utilizzare materiali plastici rivestiti di una superficie d'erba per riprendere il tema della parete su cui scorreranno e, nel caso dovessero essere chiusi, per dare l'idea di trovarsi davanti ad una superficie completamente verde.

Prospetto Sud-Est

Fig. 14



Stato attuale



Nel prospetto Sud-Est è possibile inoltre individuare i vani ascensore che sono stati demoliti e ricostruiti, realizzando la parete esterna e la tromba dell'ascensore in vetro e acciaio, in modo da slanciare il blocco ed avere una vista panoramica sul parco e sulla passeggiata.

La stessa scansione della facciata è stata ripresa anche dal blocco di nuova costruzione retrostante.

Il prospetto Sud-Ovest (fig. 15) evidenzia la disposizione dei pannelli solari sulla parete del lato sud della linea, di cui si è detto prima, e le serre che si trovano in sommità della linea stessa e sopra il blocco sospeso.

Prospetto Sud-Ovest



Fig. 15

Stato attuale



Il prospetto Nord-Est (fig. 16) dà continuità alla scelta di realizzare una parete verde per le facciate che danno sulla passeggiata e sul parco, creando quel senso di unità per gli interventi di nuova costruzione.

Anche in questo caso si utilizzano pannelli scorrevoli verdi.

Sul tetto del blocco sospeso si trova una delle serre; nella facciata nord (lamiera/alucobond) del blocco di nuova costruzione non è stato necessario inserire ulteriori pannelli solari sapendo che questi affacci sono quelli meno illuminati.

## Prospetto Nord-Est



## Stato attuale



Fig. 16

Un'altra visione della disposizione dei vani interni del complesso si ottiene osservando le sezioni in figura 17,18, 19.

La disposizione interna si ripete in maniera quasi identica per ogni piano, in modo da semplificare la progettazione ed avere risultati omogenei in facciata.

Visto lo sviluppo ad "S" della struttura e della difficoltà a sezionare tutto il corpo del complesso, si decide di eseguire due sezioni inquadrando 2 delle parti più rilevanti dell'edificio, il corpo originale con relativa estensione e il blocco sospeso disposto ortogonalmente.

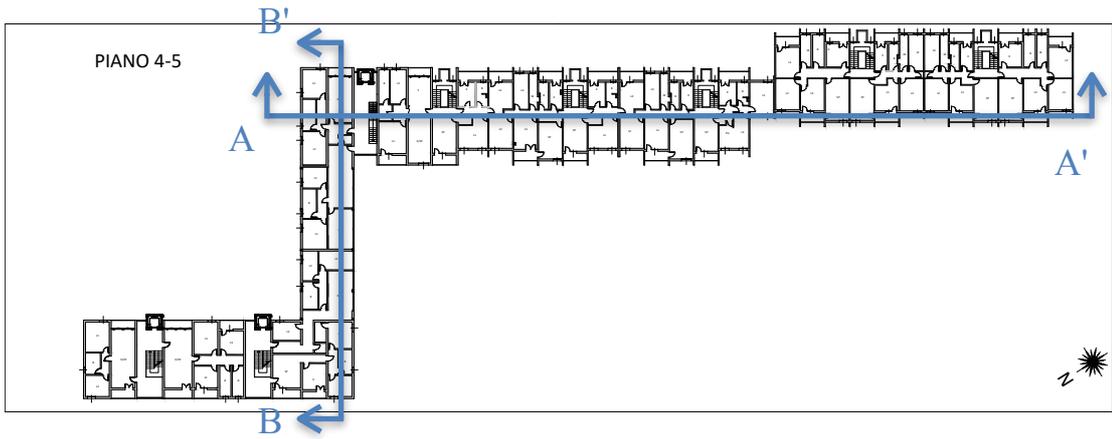


Fig. 17



Fig. 18

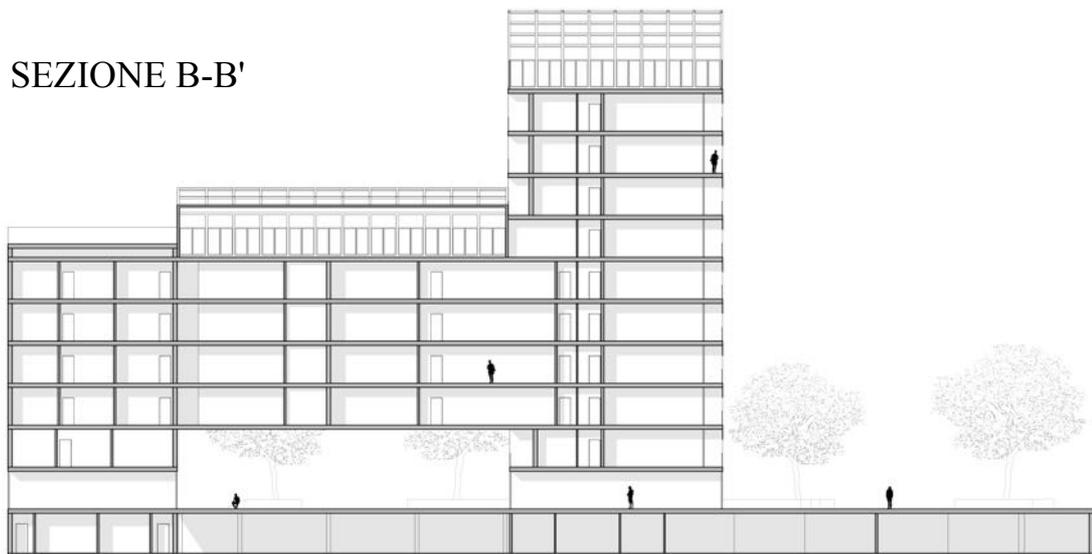


Fig. 19

## SCELTE STRUTTURALI

Le aggiunte volumetriche previste dal progetto sono realizzate utilizzando prevalentemente una struttura a setti portanti in X-lam (di cui si é detto).

Gli interventi sulla linea possono essere distinti in quattro blocchi principali (fig. 1).



Fig. 1



Il nuovo blocco (D), non avendo altezze eccessive, è stato realizzato in X-lam ad eccezione del piano interrato che ha murature in calcestruzzo a cui si aggancia tramite piastre, angolari e viti.

La porzione di edificio demolita e ricostruita (A), dovendo raggiungere altezze maggiori che l'X-lam da solo non potrebbe sopportare, necessita che anche i primi 4 piani, oltre al piano interrato, siano realizzati in calcestruzzo in modo da fornire un adeguato sostegno alla struttura in legno sovrastante.

Le saturazioni volumetriche (B), essendo stati aggiunti solo tre piani in X-lam (1 demolito e ricostruito per alleggerire il carico e 2 nuovi), vanno a fissarsi alla struttura in calcestruzzo sottostante senza gravare eccessivamente su di essa.

Grazie alla distinzione materica volta ad individuare immediatamente su ogni prospetto le porzioni di edificio sottoposte ad intervento abbiamo diversi pacchetti murari a seconda della facciata che consideriamo.

Sono stati assemblati pacchetti che prevedono il solo intonaco come rivestimento più esterno, altri che prevedono pannelli in alucobond a cui verranno fissati i pannelli solari, altri in legno, altri un rivestimento verde.

Sono stati realizzati pacchetti che mostrino anche i nodi tra parete e solaio, e pacchetti delle coperture verdi nei punti dove sono stati previste serre o tetti-terrazzi.

I vari pacchetti e dettagli costruttivi dei blocchi A,B,D sono mostrati dalle figure 2, 3, 4, 5, 6, 7.

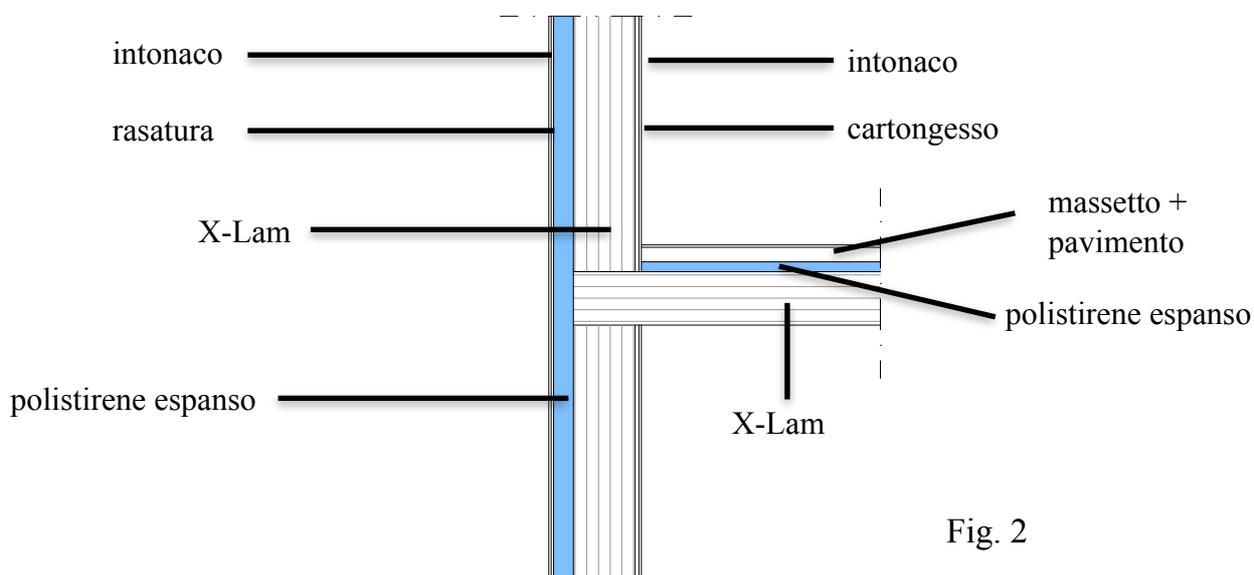


Fig. 2

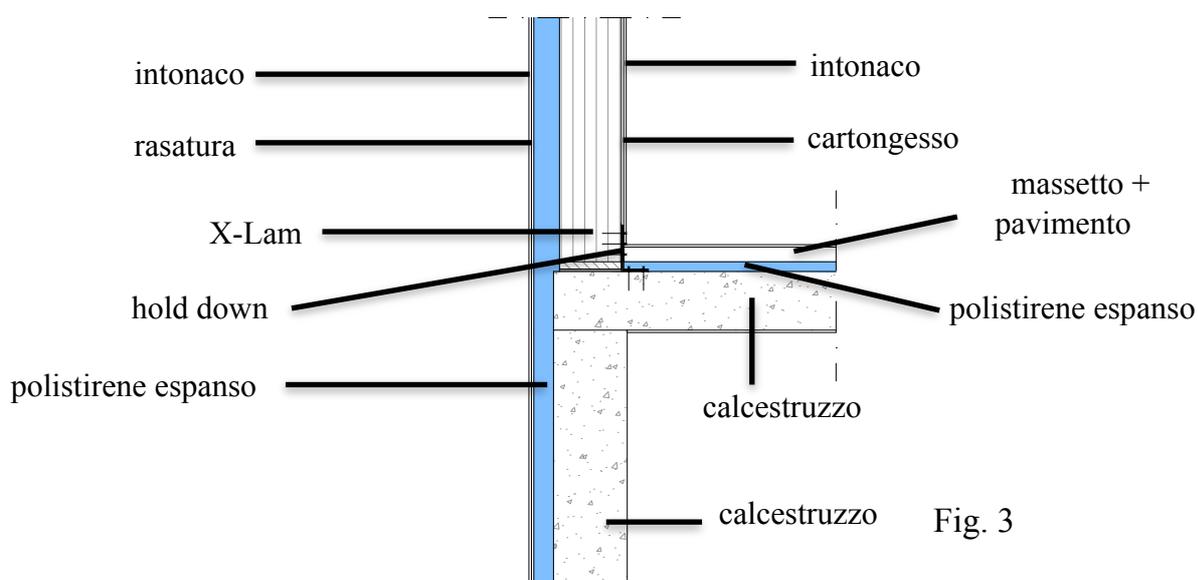


Fig. 3

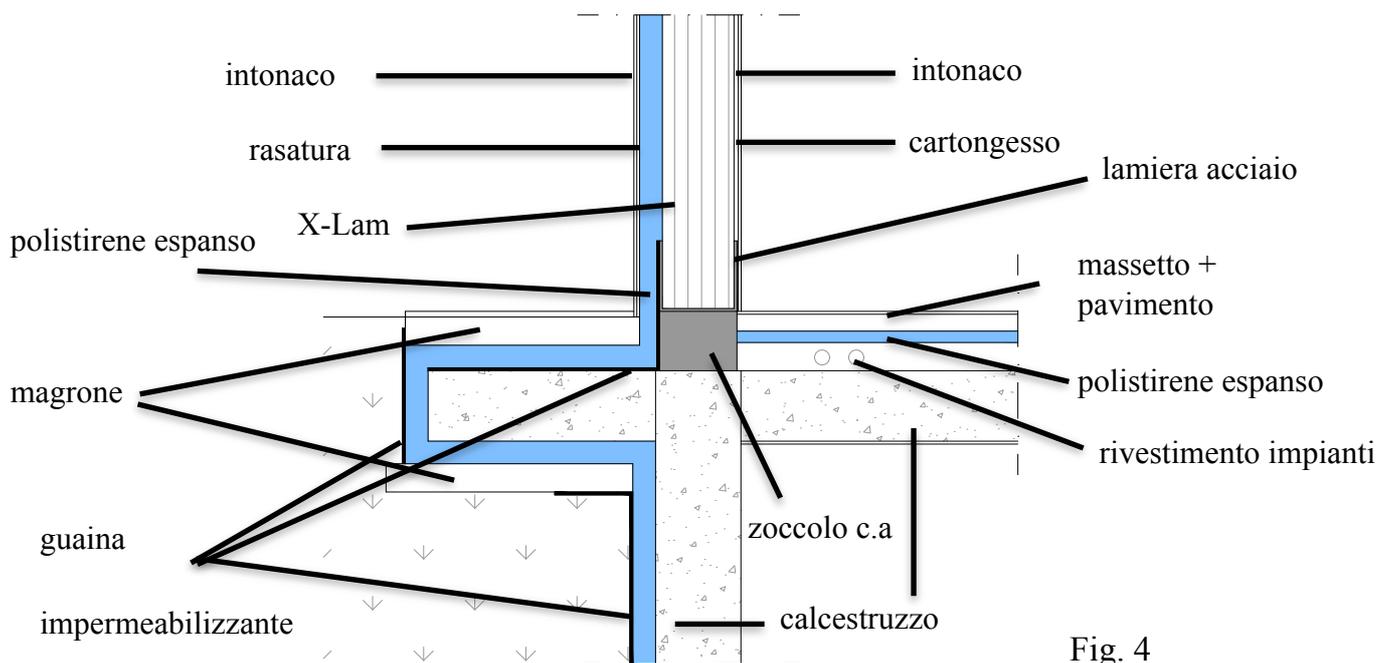


Fig. 4

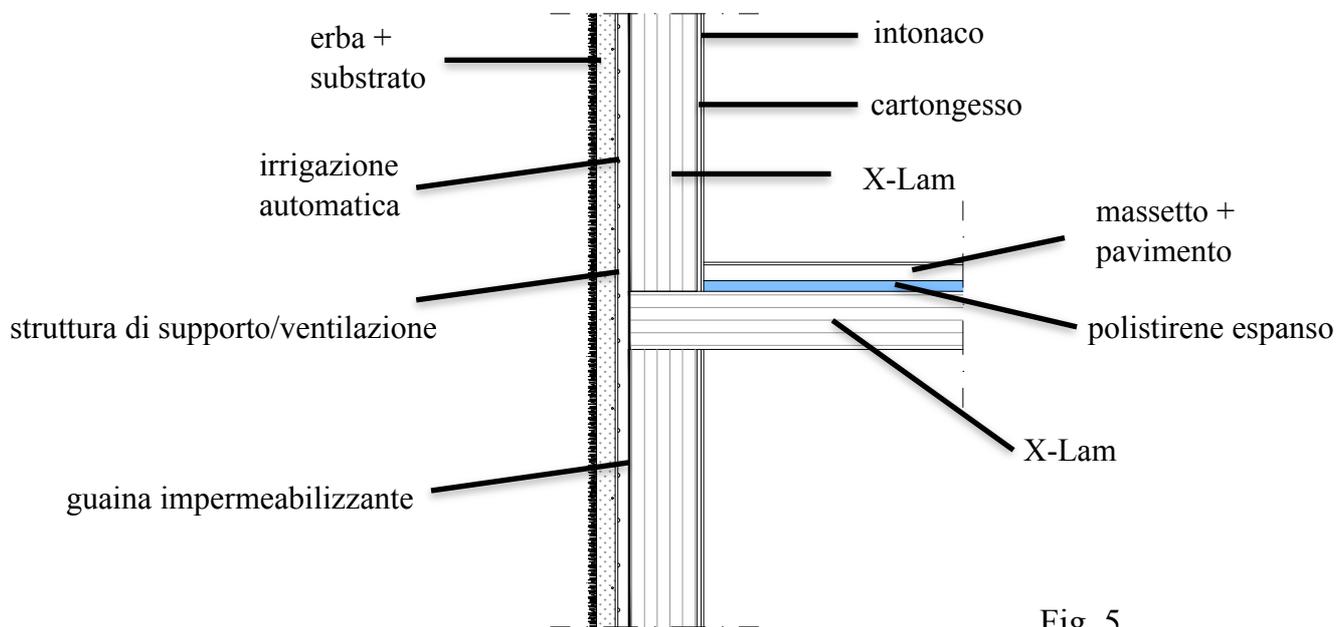


Fig. 5

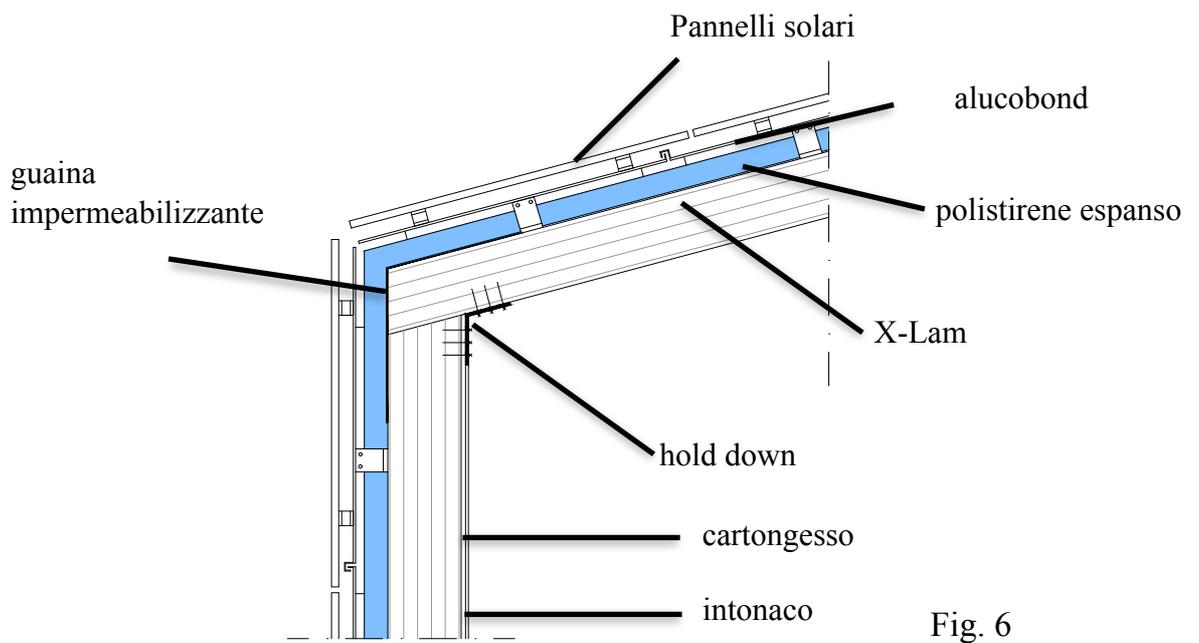


Fig. 6

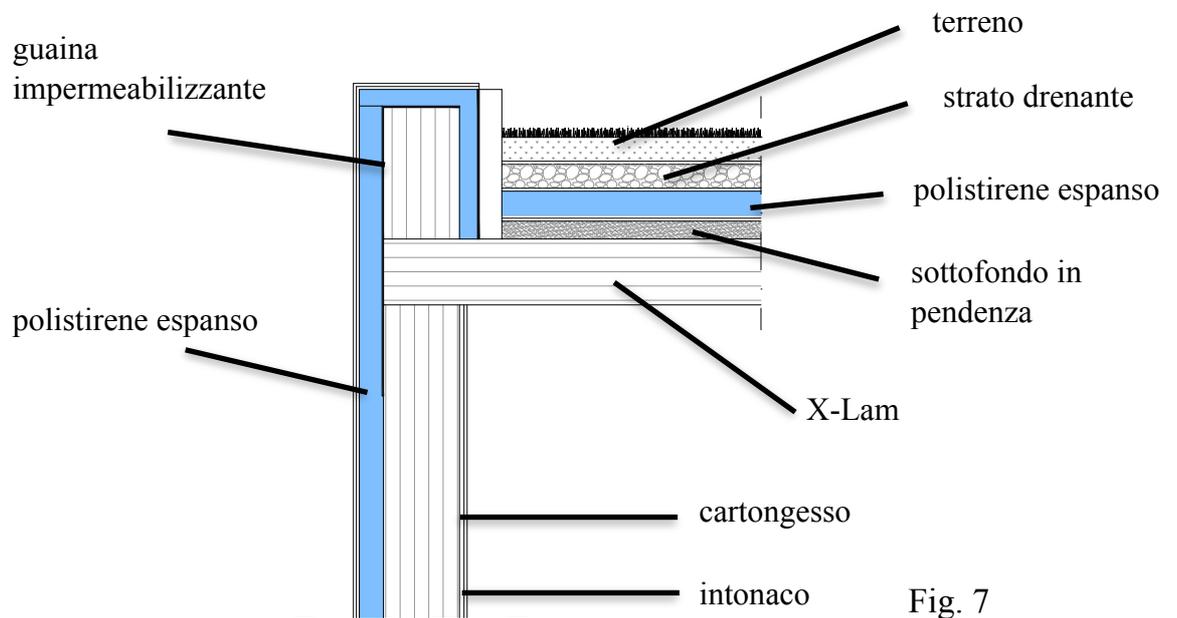


Fig. 7

L'assistant building (C) è quello che si differenzia maggiormente, in quanto si presenta come una struttura sospesa che per questo motivo dev'essere ancorata ai due blocchi adiacenti fungendo da collegamento a livello funzionale.

Si è voluto lasciare i primi piani del blocco vuoti in modo da consentire il transito e la continuità della passeggiata, rendendo necessario l'utilizzo di una struttura portante a telaio in acciaio nella quale si sfruttano travi reticolari per coprire luci importanti e permettere una organizzazione degli spazi interni più libera.

In facciata la disposizione reticolare delle travi e dei pilastri permette di realizzare pareti vetrate che si ripropongono regolarmente.

I pilastri in acciaio che si è deciso di utilizzare, viste le dimensioni del blocco, sono profilati Hea 260, mentre le travi reticolari a cui sono fissati sono state pensate di 60 cm di altezza.

La struttura a telaio sarà fissata ai blocchi A e D grazie ad un collegamento diffuso dei pilastri Hea 260 di testa.

Il pilastro sarà ancorato alla testa del setto portante del blocco adiacente grazie a piastre angolari bullonate ed estese per tutta l'altezza del blocco sospeso.

Dovendo sopportare oltre ai carichi normalmente previsti anche quelli del blocco sospeso, i setti portanti dei blocchi di sostegno A e D saranno realizzati in calcestruzzo armato (30 cm) invece che in X-lam (fig. 8, 9, 10).

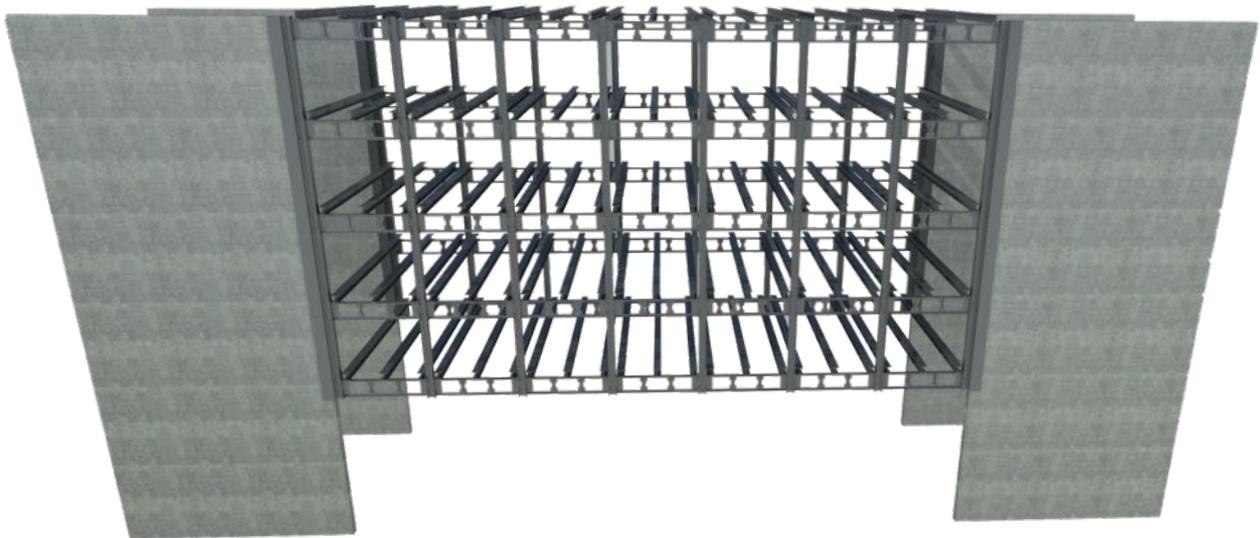


Fig. 8

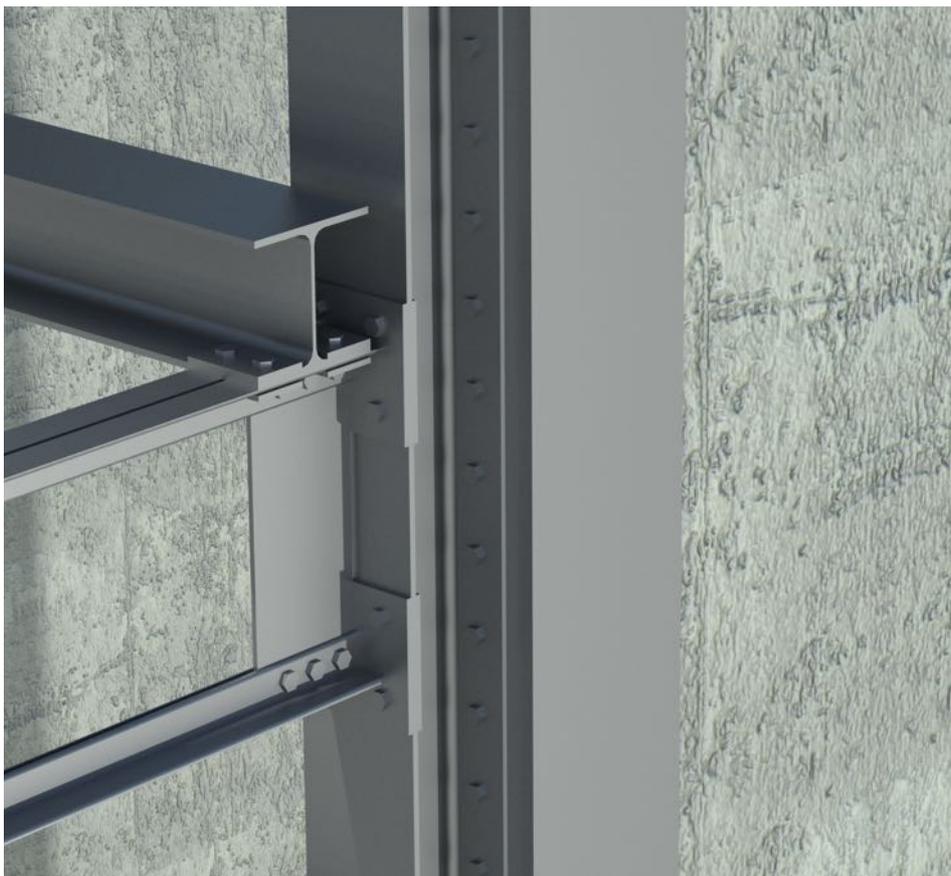


Fig. 9

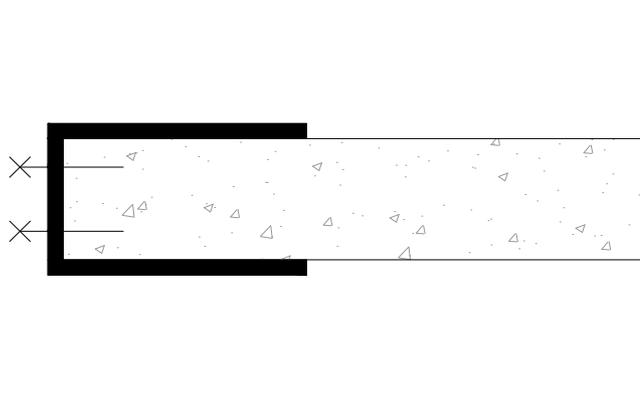


Fig. 10

Ad integrare il sistema portante a telaio saranno realizzati dei pacchetti di solaio e murari, che riprendono lo schema di quelli già visti per gli altri blocchi.

Non avendo necessità di essere elementi portanti, ma solo di tamponamento per sfruttare le capacità isolanti, le componenti strutturali di parete potranno avere spessori minori.

Per quanto riguarda invece il solaio non saranno effettuati cambiamenti.

## CONCLUSIONI

Riguardo al progetto esposto in questa relazione, si possono fare alcune considerazioni, la cui premessa è l'indubbio vantaggio economico che negli ultimi anni ha caratterizzato la riqualificazione degli edifici urbani.

*Nella fattispecie obiettivo del progetto di riqualificazione del complesso edilizio sito nell'area di Bologna, sono non solo le soluzioni migliorative finalizzate alla valorizzazione della struttura, in termini sia funzionali che patrimoniali, con un rapporto costi-benefici positivo, ma anche in termini di qualità di vita e consumi energetici per gli abitanti. Questo non solo significa ottenere un risparmio energetico sui consumi a lungo termine ma anche un immediato sgravio nel bilancio mensile e annuale di una famiglia, cosa ultimamente assai appetibile per la valorizzazione dell'intero immobile. Ovviamente la tipologia degli interventi è condizionata dalla loro compatibilità con la struttura preesistente, ma sempre comunque economicamente vantaggiosa se si tiene conto di eventuali costi per la costruzione di nuovi edifici e per l'acquisto preliminare del terreno edificabile.*

Solitamente infatti gli edifici su cui si va ad intervenire sono edifici popolari, industriali oppure locati in quartieri di periferia o di basso valore sul mercato, e che quindi hanno prezzi interessanti e favorevoli.

Una volta "riqualificati" essi acquisiranno un valore molto maggiore di quello di acquisto e di quello che si sarebbe raggiunto con un semplice restauro visto le nuove capacità prestazionali, e sarà dunque possibile ottenere una plusvalenza economica importante.

Chiaramente un intervento su un complesso di queste dimensioni richiede un investitore o gruppi di investitori dotati di grande solidità economica visto l'investimento da affrontare, ma, come illustrato nel capitolo sui costi, il guadagno ripagherà proporzionalmente i fondi impegnati.

Nell'analisi economica sono stati considerati i costi complessivi di intervento su tutti gli immobili, tempi di rientro a 0 anni e superfici massime da edificare, e quindi fatte valutazioni sulle condizioni estreme che ci si può trovare ad affrontare, per cui un investitore può liberamente decidere di intervenire su solo uno dei fabbricati o decidere i tempi, prezzi di vendita o variabili diverse.

Ovviamente un intervento che comprendesse tutti gli immobili e anche l'area circostante piuttosto che uno solo di essi avrebbe una generale ricaduta positiva.

L'incremento del valore immobiliare dell'esistente, del terreno e delle nuove costruzioni entrerebbero in positiva sinergia senza contare gli sgravi fiscali e incentivi economici per l'impresa di costruzioni e per gli investitori.

La tendenza avviata con la Direttiva europea 2010/31/UE, che ha come obiettivo quello di convertire l'intero patrimonio edilizio esistente in ZEB, si sposerebbe perfettamente con questo tipo di intervento.

Entro il 2020 non solo gli edifici della pubblica amministrazione ma anche quelli privati e di nuova costruzione dovranno utilizzare energia quasi zero e questo fa sì che il progetto esposto sia molto attuale e in linea con la filosofia costruttiva moderna.

Lavorare su aree e immobili presenti da anni sul territorio consentirebbe sotto un certo punto di vista anche di conservare lo storico della città o di una sua area facendosi sicuramente preferire a qualcosa di completamente nuovo che pur rispettoso delle direttive in atto, dovrebbe attendere molti anni per assumere atmosfera conviviale.

I fabbricati in oggetto non sono opere di rilievo artistico da mettere sullo stesso piano di testimonianze storicamente ed esteticamente acquisite, di cui il nostro territorio è ricco sono comunque tracce di un passato da conservare al meglio.

Il passare del tempo non nobilita forse ed ingentilisce anche le comuni realizzazioni della modernità? Il riciclare anche edifici industriali, capannoni, vecchie abitazioni popolari e' diventata negli ultimi decenni anche in Italia una prassi conservativa di un passato quotidiano: es. il quartiere milanese della moda o la caserma dei vigili del fuoco a Ferrara che dimostrano la volontà di continuità con il proprio passato, nel primo caso con forti investimenti, nel secondo a costo o per la proprietà, (Provincia di Ferrara) con riqualificazione ad attribuzione parcellizzata previo restauro dei locali attribuiti.

Questa sensibilità nuova nasce molto dopo le grandi opere di riconversione o di totale trasformazione già in atto in molte grandi città' statunitensi: edifici industriali riconvertiti in abitazioni o luoghi espositivi, cisterne e torri, divenute abitazioni o prestigiosi studi professionali.

La rivitalizzazione delle zone interessate ,non più "non luoghi",ma gradevoli centri aggregativi che si propongono al pubblico in modo gradevole e disponibile non solo ai pochi residenti, sarebbe anch'esso un valore aggiunto.

Sicuramente gli addetti ai lavori in campo medico-psicologico plaudirebbero ai vantaggi sulla popolazione, esercitati da luoghi non più miserevoli e deprimenti.

Il trovarsi in una realtà come quella prevista dal progetto tiene conto di tutto ciò con il conseguente vantaggio economico.

A questo punto, ritorniamo inevitabilmente all'aspetto economico ,che pur non essendo l'unico resta indubbiamente rilevante.

Facendo riferimento alle cifre, osserviamo come l'investimento massimo in caso di rientro a 0 anni e nel caso di intervento su tutti e quattro i fabbricati sarebbe di circa 46 milioni di euro (38 di base + 8 di demolizione e ricostruzione insieme alle nuove costruzioni).

Nella situazione di compravendita degli alloggi da ristrutturare si otterrebbe innanzitutto una plusvalenza sull'incremento del loro valore, infatti facendo riferimento ai dati del sito "[borsinoimmobiliare.it](http://borsinoimmobiliare.it)" che effettua stime su tutto il territorio nazionale possiamo vedere che per l'area di studio:

MOSTRA Quotazioni di vendita				MOSTRA Quotazioni di locazione				MOSTRA Quotazioni di vendita				MOSTRA Quotazioni di locazione					
Abitazioni e Ville		Uffici		Box & Parcheggi		Locali & Negozi		Abitazioni e Ville		Uffici		Box & Parcheggi		Locali & Negozi			
ABITAZIONI CIVILI <input type="button" value="In buono stato"/>				Tipologia molto richiesta VENDI SUBITO!				ABITAZIONI CIVILI <input type="button" value="In ottimo stato"/>				Tipologia molto richiesta VENDI SUBITO!					
2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore		2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore		2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore	
2.366 €/mq	2.730 €/mq		3.094 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>		2.912 €/mq	3.185 €/mq		3.458 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>		2.912 €/mq	3.185 €/mq		3.458 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>	
VILLE E VILLINI <input type="button" value="In buono stato"/>				Tipologia molto richiesta VENDI SUBITO!				VILLE E VILLINI <input type="button" value="In ottimo stato"/>				Tipologia molto richiesta VENDI SUBITO!					
2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore		2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore		2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore	
2.730 €/mq	3.139 €/mq		3.549 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>		3.367 €/mq	3.730 €/mq		4.094 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>		3.367 €/mq	3.730 €/mq		4.094 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>	
ABITAZIONI DI TIPO ECONOMICO <input type="button" value="In buono stato"/>				Tipologia molto richiesta VENDI SUBITO!				ABITAZIONI DI TIPO ECONOMICO <input type="button" value="In ottimo stato"/>				Tipologia molto richiesta VENDI SUBITO!					
2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore		2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore		2° FASCIA (Ubicaz. Minor pregio)	FASCIA MEDIA		1° FASCIA (ubicaz. Maggior pregio)	Calcola il valore	
2.002 €/mq	2.275 €/mq		2.548 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>		2.548 €/mq	2.775 €/mq		3.003 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>		2.548 €/mq	2.775 €/mq		3.003 €/mq	<input type="button" value="Valutometro"/>	

Gli immobili da ristrutturare sono quasi certamente abitazioni di tipo economico di media o seconda fascia ed hanno un costo di circa 2000/2200 €/m<sup>2</sup> mentre a lavori conclusi sarebbero inquadrabili almeno come abitazioni economiche in ottimo stato e di

prima fascia se non addirittura come abitazioni civili di fascia media o prima a seconda dell'andamento del mercato.

Nel nostro calcolo è stato usato come riferimento un prezzo di vendita di 2800 €/m<sup>2</sup> per cui si avrà un guadagno di 800 €/m<sup>2</sup>.

Sapendo la dimensione media di un appartamento delle torri (94 m<sup>2</sup>) e della linea (80, 120, 140 m<sup>2</sup>) possiamo immaginare un guadagno per entrambe le tipologie di fabbricato.

Gli alloggi totali sono 192 per le torri (64 a torre) per guadagno complessivo di 14 438 400 €, mentre per la linea gli alloggi sono 92 (media di 113 m<sup>2</sup>) per un totale di guadagno di 8 316 800 €.

Si comprende che non è facile riuscire ad acquistare tutti gli appartamenti presenti e quindi raggiungere queste cifre, ma per la completezza di informazione vengono riportati lo stesso questi dati.

A questa cifra va aggiunto anche il guadagno dovuto alla costruzione e alla rivendita delle nuove volumetrie previste dal progetto che sempre usando come riferimento un prezzo di vendita di 2800 €/m<sup>2</sup> che come abbiamo visto ora potrebbe essere addirittura superiore genererebbero un utile di 9 513 200 €.

L'ultima fonte di guadagno sarebbe l'energia in eccesso prodotta dai pannelli solari disposti sulla copertura degli edifici e delle nuove volumetrie che oltre a soddisfare il fabbisogno delle abitazioni ed illuminare l'area in orario serale, potrebbe essere rivenduta a prezzi competitivi al comune o ad un Ente energetico.

A fronte quindi di un esborso totale massimo di 46 315 418 € sarebbe possibile avere un guadagno massimo di 32 268 400 €.

Tutti questi calcoli sono ovviamente approssimativi e durante lo sviluppo dei progetti e dei lavori sicuramente si fronteggeranno spese o mancati introiti che non erano stati previsti, ma comunque bisogna considerare che anche rientri del capitale più bassi attorno ai 20 000 000 € sarebbero da considerarsi comunque ottimi visto i 46 315 418 € investiti inizialmente.

Tutti queste cifre sono riassunte in tabella 1.

COSTI			
	PARTE FISSA (RISTRUTT.)	PARTE VARIABILE (NUOVA COSTRUZIONE 0 ANNI)	TOTALE 0 ANNI
TORRI	14,636,070 €	9,469,900 €	24,105,970 €
LINEA	8,571,248 €	5,546,200 €	14,117,448 €
	TOTALE COSTI CON INCREMENTO SUPERFICIE PER OTTENERE GUADAGNO (13 651 m <sup>2</sup> ↔ 20 386 m <sup>2</sup> )		46,315,418 €
GUADAGNI			
	INCREMENTO VALORE IMMOBILIARE (RISTRUTT.)	NUOVA COSTRUZIONE	
TORRI	14,438,400 €	9,513,200 €	
LINEA	8,316,800 €		
TOTALE SUPERFICIE EDIFICATA	20 386 m <sup>2</sup>	TOTALE GUADAGNI	32,268,400 €

Tab. 1

La realizzazione di un progetto del genere sarebbe quindi si impegnativa, ma porterebbe a vantaggi sotto più punti di vista quantificabili economicamente e non, e sta a chi vede in esso un'opportunità approfittarne.





## FONTI BIBLIOGRAFICHE

- A.A.A. ADEGUAMENTO, ADATTABILITÀ, ARCHITETTURA teorie e metodi per la riqualificazione architettonica, energetica ed ambientale del patrimonio edilizio esistente - Annarita Ferrante - Casa Editrice Mondadori.
- Tesi di laurea “Riqualificazione energetica di un insediamento residenziale: Le popolari di via Vezza a Bologna” di Cellarosi Michele - Facoltà di ingegneria Bologna.
- “Corso di storia dell’architettura contemporanea” - Prof. Alessandro De Magistris - Facoltà di architettura Milano.
- “Tecnica e Tecnologia dei sistemi edilizi” - Eugenio Arbizzani - Maggioli Editore
- “Costruire il progetto sostenibile” - Vittorio Manfron, Giovanni Mucelli, Patrizia Paganuzzi, Nicola Sinopoli, Valeria Tatano
- Ufficio stampa e collaborazioni del Comune di Bologna
- Progetto “Rig.ener.a”Acer Bologna
- Gazzetta ufficiale dell’Unione Europea
- Slide formative Corso di Progettazione Sostenibile 2016 - Prof. Annarita Ferrante
- Slide formative Impianti Tecnici - Prof. Giovanni Semprini
- Normative di riferimento UNI EN ISO 13789, UNI EN ISO 6946, UNI EN ISO 10077-1, UNI EN ISO 14683, UNI EN ISO 10233, UNI EN ISO 13370, UNI 10351, UNI 10355, UNI EN ISO 14683, UNI EN ISO 10211
- Sito web Bio x-lam [www.ligna-construct.com](http://www.ligna-construct.com)
- Sito web [www.isoltop.it](http://www.isoltop.it)
- Sito web Acer provincia di Bologna [www.acerbologna.it](http://www.acerbologna.it)
- Sito web IACP [www.iacpisernia.com](http://www.iacpisernia.com)
- Sito web [www.saperetecnicocondiviso.it](http://www.saperetecnicocondiviso.it)
- Sito web Salaborsa [www.bibliotecasalaborsa.it](http://www.bibliotecasalaborsa.it)
- Sito web [www.tecnoborsa.com](http://www.tecnoborsa.com)
- Sito web [www.rinnovabili.it](http://www.rinnovabili.it)
- Sito web [www.autorità.energia.it](http://www.autorità.energia.it)
- Sito web [www.studiooatta.it](http://www.studiooatta.it)
- Sito web [www.isover.it](http://www.isover.it)
- Sito web [www.ilmeteo.it](http://www.ilmeteo.it)
- Sito web [www.borsinoimmobiliare.it](http://www.borsinoimmobiliare.it)

## RINGRAZIAMENTI

A conclusione del mio percorso formativo desidero ringraziare il corpo docenti con il quale nel corso degli anni mi sono confrontato ed in particolare coloro che mi hanno seguito e dato utili indicazioni per la stesura della mia tesi di laurea. Anche le difficoltà che hanno reso il mio percorso lungo ed accidentato, mi sono state di insegnamento non solo culturale, ma anche di vita per l'oggi e penso lo saranno per il futuro.

Un non meno sentito ringraziamento ai miei genitori che in questi anni mi hanno supportato economicamente e sopportato moralmente, a tutti i parenti che hanno riposto in me speranze, agli amici che hanno fatto il mio stesso percorso o no, che mi hanno sostenuto e dato forza nei momenti più difficili.