

SEZIONE 3

COMPORTAMENTO TERMICO DEGLI EDIFICI IN TERRA BATTUTA

6. *COMPORTAMENTO TERMICO DEL PATRIMONIO IN TERRA BATTUTA*

Sezione 3

TERRA BATTUTA: UN COMPORTAMENTO TERMO-IGROMETRICO COMPLESSO

La terra battuta è un materiale poroso polifasico (Laurent 2010) ad alta densità, ed è composto da una struttura granulare di particelle di diverse dimensioni che comprende ghiaia, sabbia, limo, argilla, in proporzioni variabili a seconda della granulometria, acqua ed aria. Il comportamento dei grani e delle argille, definisce la fase solida del materiale, mentre la parte porosa, costituita dagli spazi lasciati liberi dai grani, può essere riempita dall'aria o eventualmente dall'acqua a seconda del grado di umidità dell'ambiente. Un involucro in terra battuta ha un'elevata massa termica ed un'elevata massa igrica, il che vuol dire che è in grado di immagazzinare e rilasciare grandi quantità di calore e, allo stesso tempo, di assorbire e rilasciare importanti quantità d'acqua, sotto forma di vapore, regolando l'umidità dell'aria degli ambienti interni (Hall - Allinson 2010).

Da un punto di vista termico un involucro in terra battuta ha un comportamento complesso dovuto a diversi fattori:

- Accumulo di calore in condizioni sature e non sature
- Trasferimento di calore per conduzione e conduttività termica del materiale dipendenti dall'umidità
- Accumulo di massa d'acqua per assorbimento di vapore e capillarità
- Trasferimento di vapore d'acqua per diffusione
- Trasferimento di liquidi superficiale per diffusione e conduzione capillare (Hall - Allinson 2009)

Trasferimenti di massa e vapore

I trasferimenti di massa e calore sono fortemente connessi e dipendenti gli uni dagli altri: il trasferimento di calore dipende dalla presenza di acqua allo stato liquido all'interno dei pori ed influenza i fenomeni di evaporazione e condensazione all'interno del muro. I cambiamenti di fase che si generano contribuiscono a determinare la quantità d'acqua o di vapore acqueo presente nei pori, i quali sono a loro volta legati a fenomeni di assorbimento e rilascio di umidità. (Contet 2012).

Trasferimento e stoccaggio del calore

Il trasferimento di calore nelle pareti avviene per conduzione, per irraggiamento solare e per convezione; la differenza di temperatura che si genera tra le due facce della parete produce un flusso di calore dalla superficie più calda a quella più fredda.

La conducibilità termica in una parete di terra battuta può dipendere da diversi parametri:

- Dalle proporzioni dei grani solidi contenuti nella miscela di terra

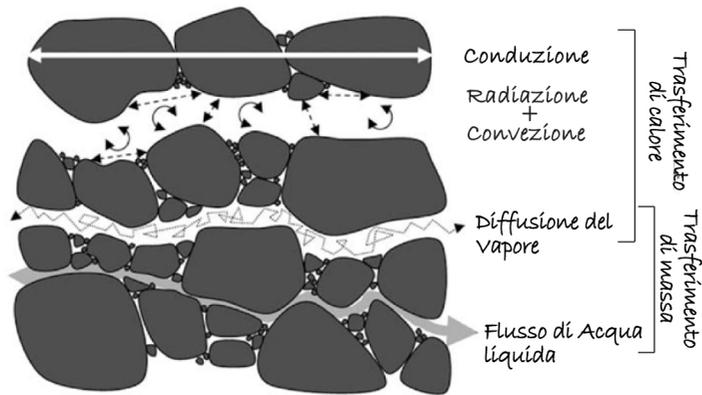


Fig. 6.1, Schema trasferimento di calore e massa attraverso una parete in terra battuta. (adattamento da Contet 2012)

- Dal grado di compattazione, che agisce sulla densità del materiale e sulla porosità
- Dalla distribuzione interna della dimensione dei pori e dal grado di contatto tra i grani
- Dalla temperatura ambiente
- Dal tenore d'acqua della parete (Laurent 2010)

Laurent indica anche la conduttività delle particelle solide tra i parametri concorrenti a determinare la conducibilità termica di una parete di terra, ma gli studi realizzati più recentemente da M. Hall e D. Allinson indicano che l'influenza di questo parametro è molto scarsa, mentre sostengono che la conducibilità termica aumenta in modo lineare all'aumentare del grado di saturazione del materiale e che la sensibilità di λ all'aumento del grado di saturazione del materiale varia in funzione della distribuzione granulometrica. Secondo studi compiuti da Hall e Allinson su campioni di parete in terra battuta stabilizzata con una piccola percentuale di cemento, il parametro di maggior influenza nel trasferimento di calore in materiali di terra battuta stabilizzata sembra essere il grado di contatto tra le particelle solide, dipendente dalla distribuzione dei grani, che a sua volta influisce sulla distribuzione delle dimensioni dei pori, e dal grado di compattazione (Hall - Allinson 2008). Densità a secco e distribuzione dei vuoti sono correlate e dipendenti dalla distribuzione dei grani e dall'energia di compattazione, quindi se decresce la porosità significa che sono minori i raggi delle particelle del materiale (Hall - Allinson 2009₂).

In condizioni normali, il tenore d'acqua del materiale varia all'interno della struttura di pori, che si riempiono d'acqua o si svuotano lasciando posto

all'aria; essendo l'aria 20 volte meno conduttiva dell'acqua, la conduttività della parete può cambiare in modo significativo al variare del tenore d'acqua. L'acqua assorbita all'interno del materiale, inoltre, aumenta di molto la contiguità tra grani, per cui aumenta anche la conduttività termica della terra (Laurent 2010).

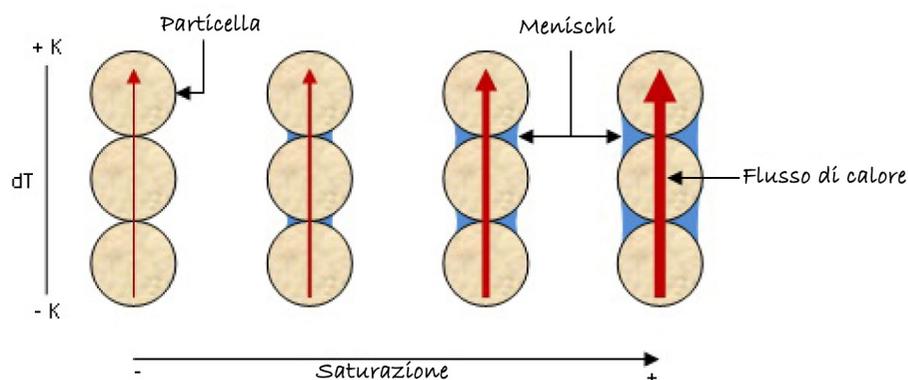


Fig. 6.2, Lo schema mostra la relazione tra il grado di saturazione dei pori all'interno della parete in terra battuta, e la trasmissione del flusso di calore. (adattamento da Contet 2012)

Secondo studi realizzati in Inghilterra, agendo sui parametri descritti, la resistenza termica di muri in terra battuta stabilizzata può variare fino a valori di $0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Hall - Allinson 2008). In letteratura è possibile trovare valori di conducibilità termica per pareti in terra battuta in funzione della densità secca che vanno da 0.7 a 1.4 W/mK (Rhölen, Ziegert 2011 pp. 210; Fix, Richman 2009)¹.

Questo parametro da solo però non è sufficiente a descrivere il comportamento termico della terra battuta. I cambiamenti di fase che avvengono di continuo all'interno del muro proprio perché il materiale tende a mantenere in equilibrio l'umidità interna, generano o consumano energia termica; queste trasformazioni di energia, insieme ai flussi d'acqua, allo stato liquido o di vapore, determinano i flussi di calore all'interno del materiale (Contet 2012).

Inerzia termica

Essendo dotate di una massa termica particolare, le pareti in terra battuta hanno una elevata capacità di inerzia termica: immagazzinano, cioè, calore all'interno del muro e lo rilasciano con un certo ritardo nell'ambiente. L'inerzia termica è legata alla capacità termica del materiale terra, determinata dalla

¹ Una tabella di valori di λ in funzione della densità a secco è riportata nel capitolo 2, pp. 26.

media ponderata, secondo la loro massa, di tutte le capacità termiche dei diversi materiali che lo compongono. La capacità termica dipende a sua volta dal calore specifico e dalla densità del materiale. Un'alta porosità determina una ridotta capacità termica, ma una maggiore capacità di assorbimento e permeabilità al vapore (Hall, Allinson 2009₂).

I dati raccolti in letteratura tuttavia indicano che le variazioni di capacità termica dovute alla composizione granulometrica della miscela di terra non sono significative; i valori di calore specifico per murature in terra battuta si attestano intorno a 800-900 J/kgK (Caracol 2013), Houben e Guillaud riportano un valore di 850 J/kgK (Houben, Guillaud 1989).

Secondo ricerche svolte da Hall e Allinson l'effetto massimo di inerzia termica giornaliera dovuto alla massa di un muro in terra battuta si ottiene con spessori di circa 20 cm (Hall - Allinson 2008); anche secondo altri autori il calore non riesce infatti ad attraversare spessori maggiori nell'arco delle 24h (Fix - Richman 2009). Elementi di elevata massa termica e spessore hanno la capacità di immagazzinare e rilasciare calore con cicli di tempo di lunga durata. Le pareti in terra battuta rilasciano gradualmente il calore accumulato a grandi profondità durante tutto l'arco della stagione invernale. Per una maggiore reattività dei processi di inerzia è conveniente invece lavorare con spessori ridotti, ma con un'ampia superficie di scambio; ricerche condotte presso CRAterre - ENSAG evidenziano come su un ciclo di tempo di durata giornaliera, reagiscono soltanto i primi 5-6 cm di spessore del materiale (Gasnier 2012).

6.1 TERRA BATTUTA E ADEGUAMENTO TERMICO

Quanto si evince da questo quadro comportamentale è che la terra battuta ha un comportamento termo-igrometrico particolarmente efficace sul lungo periodo.

Un'elevata densità e calore specifico, grande capacità di inerzia legata anche alle proprietà igroscopiche, poiché viene messo in gioco anche il calore latente dei passaggi di fase della componente di vapore acqueo contenuto nel materiale. Questo si traduce in una forte capacità di accumulare calore all'interno delle murature e rilasciarlo all'interno degli ambienti con un notevole ritardo, quello che viene definito sfasamento termico e, allo stesso tempo, in una certa attenuazione dei picchi di temperatura dell'onda termica determinata dal fattore di attenuazione dell'onda termica, f_a , nel momento in cui il calore viene trasferito dall'ambiente esterno a quello interno, o viceversa, attraverso la parete.

Il confronto con la normativa sull'adeguamento termico:

Nonostante questo al momento di intervenire su di un edificio in terra battuta per adeguamento termico si pone un problema non banale. La normativa di riferimento in Italia² tiene conto solamente della prestazione media di trasmittanza termica dei pacchetti murari dell'involucro esterno degli edifici, unicamente durante il periodo invernale; la terra cruda in questo modo risulta fortemente penalizzata. I valori medi di trasmittanza termica che l'involucro dovrebbe raggiungere a seguito di adeguamento termico secondo normativa in Italia per zone climatiche E, come quella della regione Piemonte ad esempio, sono dell'ordine di 0,36 W/m²K (Bollini 2013 pp. 185); si tratta di valori di

² La normativa in Italia in tema di adeguamento termico del costruito fa riferimento ai Decreti Legislativi n. 192/2005 e 311/2006 i quali, oltre a successive integrazioni a livello nazionale, sono integrati da decreti e leggi regionali specifiche.

fatto assolutamente irraggiungibili da questo tipo di murature, che come visto si attestano su valori intorno a 1-1.35 W/m²K. Da un punto di vista strettamente normativo la prestazione offerta da un involucro in terra cruda è quindi decisamente deficitaria.

Nonostante l'incompatibilità con la normativa, gli abitanti di case in terra cruda riportano spesso sensazioni positive rispetto al livello di comfort termico; è possibile che, effettuando una valutazione sulla prestazione termica dell'involucro in terra battuta su base annuale, i risultati non sarebbero così penalizzanti. Grazie alle particolari capacità di inerzia, infatti, l'involucro dovrebbe riuscire a mantenere temperature interne costanti e sufficientemente al di sotto di quelle esterne, durante la giornata nel periodo estivo. Per la loro capacità di accumulo i muri potrebbero inoltre aiutare l'impianto di climatizzazione a mantenere la temperatura interna anche nei mesi invernali, in virtù del ritardo con cui dissipano il calore verso l'esterno, a fronte di un dispendio di energia maggiore al momento di mettere in funzione l'impianto (Bollini 2013 pp.189). Bollini ipotizza, per quanto sia da dimostrare, che per strutture murarie dotate di bassa resistenza termica, ma con elevate capacità termiche, si possa lavorare su quest'ultima in fase di progetto in modo da bilanciare la risposta dell'involucro alla trasmissione del calore (Bollini 2013 pp. 188).

Studi realizzati in Australia su un campione di tre abitazioni in terra cruda, di cui due isolate, hanno evidenziato come il consumo energetico calcolato per persona, risultasse del 50% inferiore alla media registrata nella stessa zona territoriale (Soebarto 2009). L'autrice evidenzia però come questo dato potrebbe non dipendere solo dalle prestazioni del materiale d'involucro.

Al fine di ottenere dati scientifici sul comportamento termico di edifici in terra battuta e sul loro consumo energetico, abbiamo cercato di affrontare il problema secondo due modalità diverse: da un lato siamo andati a verificare il consumo energetico di edifici in terra battuta tradizionali per quanto riguarda la sola parte legata al dispendio degli impianti di climatizzazione; dall'altro abbiamo effettuato un monitoraggio su un edificio in terra battuta recentemente ristrutturato, sito nella zona di Novi Ligure (AL), per ottenere dati sulla prestazione termica dell'involucro, in regime estivo ed invernale.

6.2 PATRIMONIO COSTRUITO IN PISÈ E CONSUMO ENERGETICO:

UN PROGETTO DI RICERCA NELLA COMMUNAUTÉ DE COMMUNES CHALARONNE-CENTRE

Il progetto di ricerca: *Le patrimoine bâti face aux normes thermiques, Communauté de communes Chalaronne-Centre* è stato realizzato presso CRAterre-ENSAG, nell'ambito del proprio percorso di formazione DSA³ da Alejandro Buzo e Hyeon Jeong Cho (Buzo - Cho, 2014). Durante un periodo di scambio scientifico realizzato presso il laboratorio CRAterre-ENSAG ho potuto collaborare al progetto partecipando a parte delle visite sul campo e come supporto scientifico per gli studenti insieme all'arch. Grégoire Paccoud e alla sociologa Léa Genis di CRAterre. Il progetto di ricerca è stato realizzato in collaborazione con la *Communauté de communes Chalaronne-Centre*, nel dipartimento de

³ Il DSA "Architecture de Terre" (Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement en Architecture de Terre), presso il Laboratoire CRAterre è una formazione post universitaria iscritta nelle attività della cattedra Unesco "Architecture de Terre" per lo sviluppo di programmi educativi per favorire la diffusione delle conoscenze scientifiche sull'architettura di terra. (www.CRAterre.org/enseignement:dsa-terre/)

l'Ain, regione Rhône-Alpes in Francia, e con l'Association St Guignefort⁴, che opera sul posto.

6.2.1 IL PROGETTO: Contesto, Obiettivi e Metodologia

Contesto del Progetto

La *Communauté de communes Chalaronne-Centre*, dipartimento de l'Ain, Rhône-Alpes è una comunità di 16 comuni che ha il suo capoluogo a Chatillon sur Chalaronne ed è situata in una zona geografica denominata *La Dombes*. Geologicamente la zona è un altopiano glaciale di terra povera, costituita da un terriccio di sabbia e argilla che risulta di difficile lavorazione; si tratta di suoli permeabili durante la stagione secca, ma quasi impermeabili se particolarmente umidi.

Il clima è prevalentemente continentale con influenze oceaniche, con precipitazioni principalmente in autunno ed estati piuttosto secche.

La Dombes è un territorio storicamente diviso in grandi proprietà terriere, legato alla coltivazione della terra e alla piscicoltura in stagni artificiali (Manceron 2006); oggi, a causa dei costi elevati di questo tipo di coltura e degli stagni in particolare, gli interessi dei proprietari, liberi professionisti, imprenditori, industriali, si sono spostati prevalentemente sulla caccia.

Storicamente le abitazioni sono fattorie isolate nel tessuto rurale, costruite su piccole alture, al riparo dalle zone particolarmente soggette ad inondazione, secondo una tipologia dispersa. Sono costituite da più edifici strutturalmente indipendenti cui sono associate diverse funzioni, e sono realizzate interamente o parzialmente in terra cruda; a causa della natura sabbiosa-argillosa del suolo, la pietra è quasi introvabile, la terra è, in pratica, il materiale più largamente disponibile.

La *Dombes* vanta dunque un patrimonio in pisé particolarmente consistente, distribuito sia sul territorio rurale che in centri abitati; la terra utilizzata per la costruzione era estratta direttamente in loco le pareti in pisé erano realizzate su un basamento, in genere in ciottoli locali annegati a spina di pesce in una malta a base di calce, a volte intervallati da strati orizzontali di mattoni cotti.



Fig. 6.3, 6.4, Edifici in pisé localizzati nella Communauté de communes Chalaronne-Centre durante sopralluoghi per la geo-referenziazione.



Fig. 6.5, Tipico zoccolo in ciottoli posati in opera a spina di pesce, alternati a file di mattoni cotti.

⁴ <http://www.association-saint-guignefort.fr/>

Le abitazioni si sviluppano generalmente a partire da un'unica stanza, la cucina, luogo di principale svolgimento della vita quotidiana della famiglia; gli altri ambienti della casa vengono aggiunti progressivamente, spesso a formare una corte esterna. Si tratta generalmente di abitazioni ad un solo piano con una struttura di copertura lignea a due falde e tetto in coppi, spesso prolungata a formare un piccolo portico in facciata, sostenuto anch'esso da struttura lignea.

Le fattorie più ricche erano dotate di mura di recinzione del terreno di pertinenza e di un portale di ingresso unico. Con la comparsa di macchine agricole di grosse dimensioni, il portale venne utilizzato esclusivamente come ingresso di rappresentanza, con lo sviluppo differenziato di ulteriori accessi per macchinari, animali e persone.

Le tipologie e forme dell'abitazione subiscono in modo significativo l'influenza dell'architettura cittadina a partire dal XVIII° secolo, ma i materiali da costruzione non vengono interessati da questa piccola rivoluzione.

Nei decenni passati si è intervenuti per la manutenzione o il recupero su questo patrimonio con tecnologie e materiali non sempre adeguati. Inoltre il problema dell'adeguamento energetico di questi edifici, sia da un punto di vista normativo sia più semplicemente, nell'ottica di rispondere alle esigenze contemporanee legate al risparmio sui consumi, risulta di soluzione non convenzionale, proprio a causa della natura del materiale di costruzione delle abitazioni, le cui caratteristiche, metodi di lavorazione e di impiego sono divenuti oggi poco conosciuti.

Il progetto "*Le Patrimoine bâti face aux normes thermiques*" si inquadra in questo tipo di contesto, e si rivolge a quel patrimonio costruito, costituito dalle abitazioni che non hanno un particolare valore storico o monumentale.

Obiettivi del progetto di ricerca

- Inventario del patrimonio costruito a scopo abitativo sul territorio della *Communauté de communes Chalaronne-Centre*, georeferenziazione e classificazione sommaria.
- Stato dell'arte sul consumo energetico del patrimonio identificato
- Descrizione delle tecniche di intervento utilizzate negli anni per il recupero degli edifici, con particolare riguardo per quelle rivolte al recupero energetico.



Fig. 6.6, 6.7, 6.8, Tipologie di abitazioni in pisé nel dipartimento de l'Ain, con strutture di copertura lignee (Foto 6.6, R. Pennacchio, Foto 6.7, 6.8, Buzo - Cho)



Fig. 6.9, Ingressi differenziati per pedoni, mezzi agricoli, o bestiame (Foto Buzo - Cho)

- Comprensione più dettagliata delle ragioni di intervento sugli edifici e loro conseguenze in termini di consumo energetico.
- Individuazione di fattori di matrice sociale e tecnica che concorrono alla prestazione energetica legati alla riqualificazione energetica degli edifici analizzati sul territorio della *Communauté de communes Chalaronne-Centre*, nell'ottica di produrre successivamente un piccolo manuale di consigli utili al recupero del patrimonio oggetto della ricerca.

Metodologia del progetto di ricerca

- **Individuazione di una metodologia di censimento e geo-referenziazione del patrimonio costruito sul territorio:**

In base al periodo di costruzione degli edifici in terra della zona, è stato effettuato un incrocio di dati tramite la sovrapposizione delle carte del catasto Napoleonico del 1812 con quelle attuali. Un certo numero di abitazioni è stato evidenziato sul catasto Napoleonico analizzando la tipologia delle piante, mentre la verifica della presenza odierna, e delle eventuali trasformazioni subite dagli edifici, è stata effettuata attraverso la sovrapposizione con la mappa del catasto attuale, seguita da un ulteriore controllo con google maps. A questa prima fase è seguito un sopralluogo fotografico realizzato in auto, con l'aiuto di un programma di geo-referenziazione della posizione del veicolo. Incrociando l'orario di scatto delle foto con quello del programma è stato possibile definire le coordinate delle abitazioni visitate sul territorio. I dati sono poi stati elaborati attraverso il software *Air*⁵.

- **Individuazione di un campione di indagine approfondita**

Sono stati coinvolti i Comuni del territorio in modo da accedere ai contatti dei proprietari degli edifici identificati. Presso i proprietari disponibili è stato realizzato un sopralluogo più approfondito con l'obiettivo di raccogliere ulteriori dati: attraverso un questionario di inchiesta rivolto agli abitanti delle case, un reportage fotografico e una raccolta delle rappresentazioni architettoniche e di dettaglio dell'edificio e delle sue successive trasformazioni, se disponibili. Il campione finale di studio, che comprende 23 abitazioni, è stato costruito in relazione alla tipologia degli edifici, privilegiando gli edifici costruiti in pisé, stato di mantenimento

⁵ Il lavoro sul software è stato realizzato dall'arch. G. Paccoud e chi scrive non vi ha preso parte.



Fig. 6.10, Ingresso differenziato per macchine agricole (foto Buzo-Cho)



Fig. 6.11,6.12, Edifici localizzati durante sopralluogo nella regione di indagine. (Foto Pennacchio)

della struttura, tipo di lavori effettuati, disponibilità degli abitanti, alla distribuzione delle abitazioni sul territorio della *Communauté de communes Chalaronne-Centre*.

- **Preparazione di un questionario socio-tecnico**

Il Questionario è stato preparato dagli studenti DSA di CRAterre con Léa Genis, sociologa presso CRAterre-ENSAG. Le domande necessarie alla raccolta dei dati di interesse sono state stilate in base all'individuazione di una serie di ambiti di riferimento di valenza tecnologica e sociologica: Rilievo architettonico e tecnico, Rilievo degli interventi di rinnovazione dell'edificio, Storia dell'abitazione, Lavori realizzati, Modi di vita legati al consumo energetico e al comfort termico, Informazioni sugli impianti di climatizzazione e sulle modalità di impiego.

- **Realizzazione di schede sintetiche di inchiesta**

In fase di rielaborazione, per ogni edificio analizzato viene realizzata una scheda sintetica riassuntiva degli elementi di inchiesta. I dati riguardano: la geo-referenziazione dell'edificio, la storia dell'edificio e dei lavori realizzati, la rappresentazione grafica degli spazi attuali e dati sulle superfici abitate e riscaldate, una rappresentazione schematica degli interventi legati alla riqualificazione energetica realizzati e dati sul consumo energetico e sul sistema di climatizzazione utilizzato.

- **Sintesi dei risultati**

I dati raccolti vengono rielaborati, sintetizzati ed incrociati attraverso grafici in modo da analizzarli in funzione delle tematiche proposte dagli obiettivi del progetto. Si evidenzia il consumo energetico per m² e per abitante associando entrambi i dati alle fonti di energia utilizzate per i sistemi di climatizzazione, agli interventi di isolamento realizzati sui diversi elementi costruttivi dell'abitazione, all'orientamento, alla presenza di umidità.

6.2.2 PARAMETRI CONSIDERATI

Gli elementi in grado di influenzare il consumo energetico degli edifici, schematizzati nel grafico della figura X, sono molteplici e appartengono a diversi gruppi di parametri.

I **Parametri ambientali** sono legati al territorio, alla sua cultura e al suo clima ed influenzano in modo particolare i modi di vita degli abitanti e determinano quali siano le risorse disponibili riguardo ai materiali come ai sistemi costruttivi. Le norme sul consumo energetico degli edifici prendono in considerazione principalmente i **parametri funzionali**, generalmente la superficie riscaldata, il consumo annuale e le fonti di energia; durante le inchieste sono stati presi in considerazione anche altri fattori come le tecniche di isolamento, il sistema di climatizzazione, l'orientamento degli edifici.

I **parametri di comfort termico** si riferiscono principalmente a fattori controllati dagli abitanti, e riguardano la temperatura interna, la ventilazione, ma anche le attività legate alla vita quotidiana. Dall'epoca di costruzione di questi edifici le abitudini di vita sono radicalmente mutate, molte attività svolte all'interno dell'abitazione sono oggi

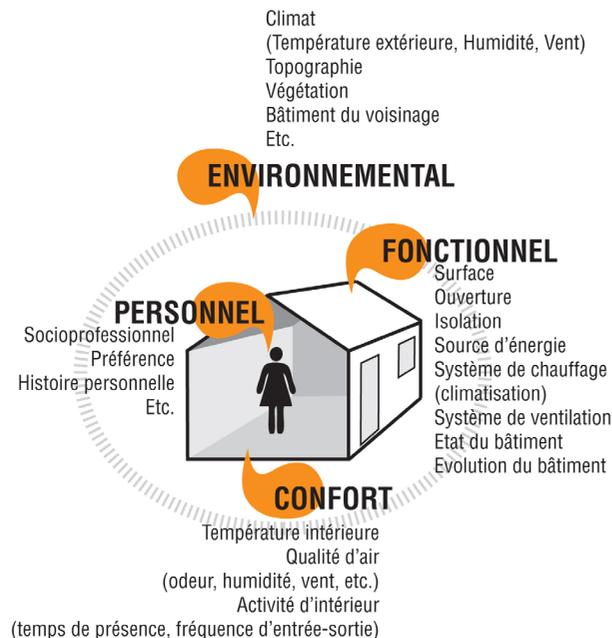


Fig. 6.13, I parametri che concorrono a determinare il consumo energetico degli edifici, che sono stati presi in considerazione durante l'inchiesta. (da Buzo - Cho, 2013)

attività sedentarie, ed anche la percezione del comfort termico è cambiata notevolmente. Durante le inchieste è apparso chiaramente quanto chi ancora conduce un'attività legata all'agricoltura e al lavoro nei campi, abituato a vivere all'esterno l'intera giornata, percepisce il freddo, e di conseguenza la necessità di riscaldare l'abitazione, in modo sensibilmente diverso da chi invece lavora in ambienti interni.

Le abitudini di vita e le attività professionali hanno ricadute anche sulla scelta delle fonti primarie di energia per gli impianti di climatizzazione; praticamente tutti gli agricoltori, ad esempio, hanno scelto la legna potendo approvvigionarsi direttamente sul proprio terreno.

6.2.3 SCHEDE DI INCHIESTA: Guida alla lettura

Complessivamente sono stati realizzati 23 casi studio distribuiti in 16 comuni, le relative schede di analisi sono documentate in Buzo & Cho (Buzo - Cho 2014). In queste pagine sono riportate esclusivamente le schede delle abitazioni alle cui inchieste ho potuto prendere parte. Le schede sono state rielaborate in modo da sfruttare anche le informazioni disponibili relative

alle superfici abitate e riscaldate precedentemente agli interventi di recupero, per fornire ulteriori dati a supporto delle analisi proposte.

La scheda di sintesi, oltre a fornire dati sull'ubicazione degli edifici, propone tre linee principali di analisi ed è organizzata in una sezione grafica e in tabelle di analisi così distribuite:

Area grafica

- Viene condotta un'analisi sugli spazi dell'edificio comparando, quando possibile, planimetrie e sezioni antecedenti agli interventi di recupero, con quelle dello stato attuale. Vengono evidenziati i cambi di destinazione degli ambienti dell'abitazione ed eventuali aumenti di volume; sono così ricavate le superfici abitate e riscaldate dell'abitazione che vengono poi confrontate. In questo modo è possibile fornire un'interpretazione dell'influenza che i cambiamenti di abitudini di vita e dell'uso dello spazio hanno avuto sul consumo energetico.

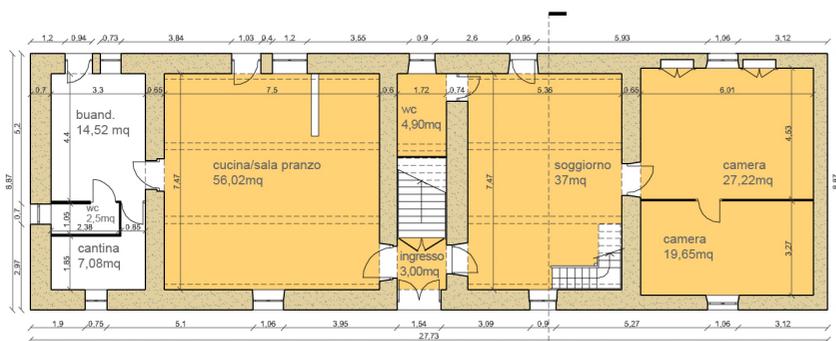


Fig. 6.14, Planimetria degli ambienti dell'abitazione prima dell'intervento di recupero, così come riportati nelle schede di inchiesta, sono visibili in arancio le aree riscaldate.

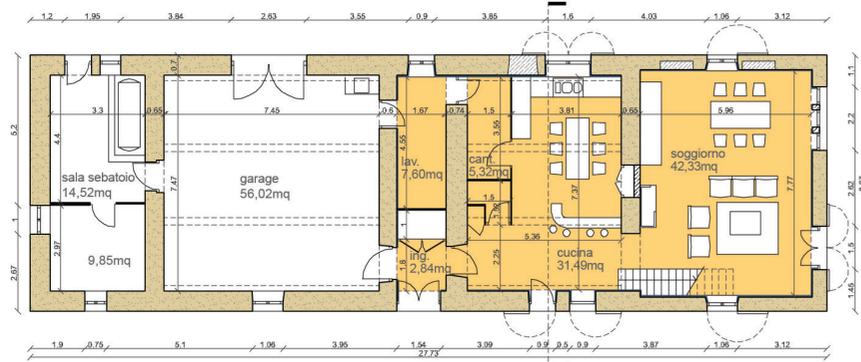


Fig. 6.15, Planimetria degli ambienti dell'abitazione a seguito dell'intervento di recupero, così come riportati nelle schede di inchiesta, sono visibili in arancio le aree riscaldate (caso Maillard, Condeissiat.)

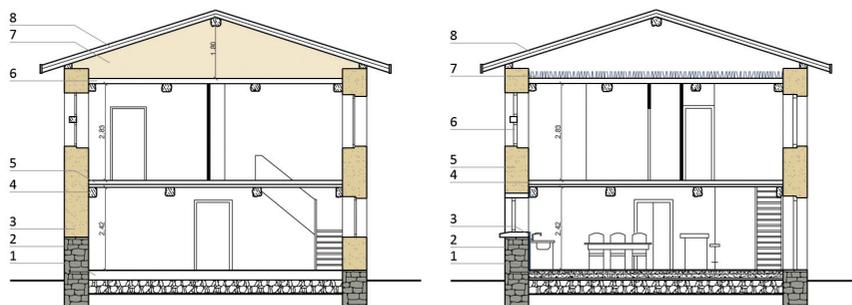


Fig. 6.16, Rappresentazione degli interventi di recupero realizzati attraverso la comparazione delle sezioni allo stato antecedente e successivo ai lavori.

- Attraverso la rappresentazione grafica sono riportati gli interventi di recupero realizzati sull'edificio, con particolare approfondimento di dettaglio sugli interventi che riguardano la coibentazione, corredato al fondo da una piccola scheda che ne riporta le stratigrafie. I grafici di dettaglio sono stati realizzati durante l'inchiesta sulla base della descrizione fornita dagli abitanti. Gli interventi di recupero generali sono inoltre elencati in una tabella a lato.

Tablelle di analisi

Le tabelle illustrano l'analisi della prestazione energetica dell'edificio per la sola parte relativa alla climatizzazione dell'edificio, attraverso un prospetto che riporta i dati raccolti durante l'intervista con gli abitanti, riguardanti il sistema di riscaldamento e il consumo energetico annuale espresso in kWh. Attraverso i dati raccolti vengono calcolati consumi energetici annuali per abitante e per m²; il valore calcolato viene comparato con il consumo annuale medio delle abitazioni in Francia. Un grafico riporta, seppur con una certa approssimazione, dovuta all'omissione dei consumi per acqua sanitaria ed elettricità, la classe energetica cui potrebbe appartenere l'edificio secondo la Classificazione Europea. Si precisa che non si tratta di una certificazione energetica, ma solo di una comparazione tra i dati ricavati dall'inchiesta e le fasce di consumo indicate dalla Classificazione Europea.

PRESTAZIONE ENERGETICA

SISTEMA DI RISCALDAMENTO

PRINCIPALE	Caldaia a Gasolio condensazione
SECONDARIO	Camino a focolare chiuso
DISPOSITIVI DI EMISSIONE	Radiatori Riscaldamento a pavimento
REGOLAZIONE	Valvole termostatiche e Caldaia
TEMPERATURA IMPOSTATA	62° (Caldaia)

CONSUMO ANNUALE

TIPO DI ENERGIA	CONSUMO ANNUALE	FATTORE DI CONVERSIONE	CONSUMO IN KWH
Gasolio	2250 litri	10	22.500 kWh
Legna	Stères*	1500	8.250 kWh
Totale			30.750 kWh
Consumo annuale per abitante			10.250 kWh
Consumo annuale per m²			158 kWh/m²
Consumo ann. medio riscaldamento Francia			120 kWh/m²

CLASSIFICAZIONE EUROPEA	A < 50	D
	B da 51 - 90	
	C 91 - 150	
	D 151 - 230	
	E 231 - 330	
	F 331 - 450	
	G > 451	

kWh_{EP}/m²·an

In inverno i proprietari non sono a loro agio al piano terra e c'è una forte differenza di temperatura tra i due livelli della casa. Quando il riscaldamento è spento l'umidità è fortemente percepibile.

Reinterpretazione da A.Buzo, H.Cho, 2014

Fig. 6.17, Esempio di tabella di analisi del consumo energetico di un'abitazione, come riportate nelle schede.



Facciata Nord-Ovest

05 Bellevue

Chatillon sur Chalaronne

Comunità dei Comuni di Chalaronne – Centre

Anno di costruzione 1850

Intervento Recupero e adeguamento termico

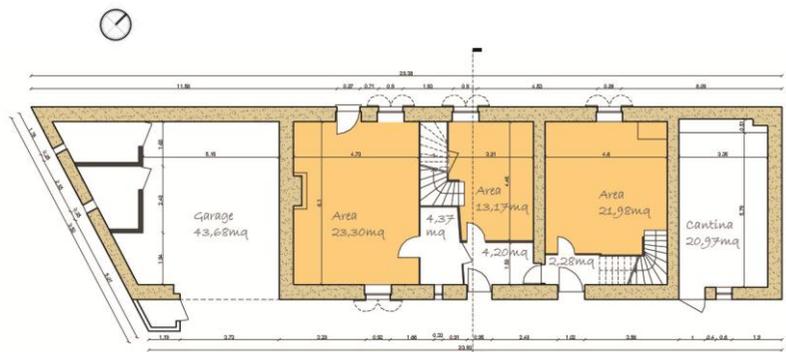
Funzione principale Abitazione

Coordinate 46,117725 5,047542



05BELLEVUE – CHATILLON SUR CHALARONNE Intervento di recupero e adeguamento termico

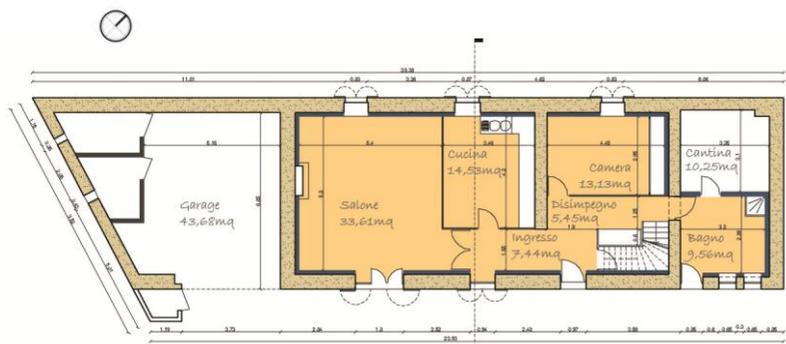
PIANTA PIANO TERRA STATO PRECEDENTE ALL'INTERVENTO



Superficie coperta complessiva piano terra 134 m²

Area riscaldata 58,45 m²
 Area non riscaldata 75,5 m²

PIANTA PIANO TERRA PROGETTO D'INTERVENTO



Superficie complessiva piano terra 138m²

Area riscaldata 83,72 m²
 Area non riscaldata 54 m²



Umidità di risalita e dilavamento sulla facciata sud-est, i segni di umidità non sono apprezzabili all'interno dell'abitazione.



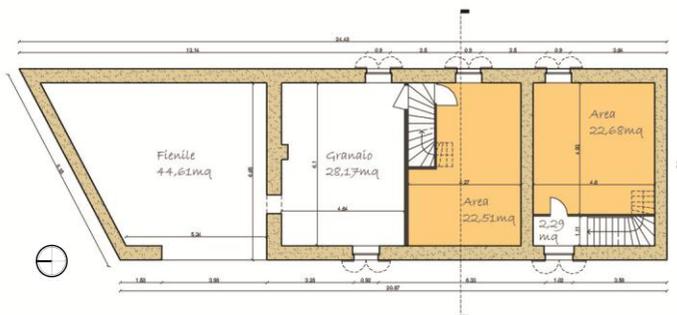
Segni di umidità di risalita sono visibili anche sul basamento del lato nord-est e su quello della facciata nord-ovest.

FUNZIONE ORIGINARIA	Fattoria con scuderie
FUNZIONE ATTUALE	Abitazione
NUMERO ABITANTI	2 adulti



05BELLEVUE – CHATILLON SUR CHALARONNE Intervento di recupero e adeguamento termico

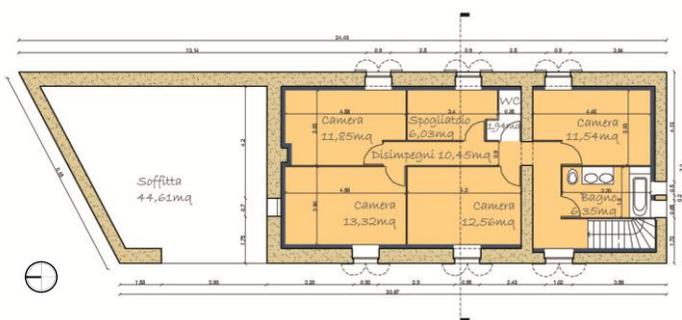
PIANTA PIANO PRIMO STATO ANTECEDENTE ALL'INTERVENTO



Superficie coperta complessiva primo piano 120 m²

Area riscaldata 45,19 m²
 Area non riscaldata 75,1 m²

PIANTA PIANO PRIMO PROGETTO D'INTERVENTO



Superficie coperta complessiva primo piano 119 m²

Isolamento polistirene 10cm e mattoni forati
 Area riscaldata 72,10 m²
 Area riscaldata 46,55 m²

INTERVENTI REALIZZATI 1996 - 2007

SOLAIO CONTRO TERRA	Soletta di accumulo elettrico Isolamento perimetrale
MURI IN TERRA	Isolamento Polistirene 10cm e Forati
SERRAMENTI	Istallazione doppi vetri finestre Riduzione aperture su lato strada
SOLAIO INTERPIANO	-
CONTROSOFFITTO	Isolamento con lana di vetro, 20 cm Ricostruzione parziale controsoffitto
TETTO	Rifacimento struttura in legno
PROTEZIONE UMIDITA'	Drenaggio intorno all'abitazione
IMPIANTI	-

Il pavimento ad accumulo è stato installato perché le condutture a gas non erano ancora disponibili a Chatillon. Oggi i proprietari rimpiangono la scelta poiché pochi anni dopo la fine dei lavori sarebbe stato possibile l'istallazione dell'impianto a gas.



Il Camino a focolare chiuso con visibili le bocchette del sistema di canalizzazione dell'aria calda

6.2.4 RISULTATI DELLA RICERCA

Consumo energetico e sistema di riscaldamento

Se si considera la media dei valori di consumo energetico ottenuti dalle inchieste in termini di kWh/m², il risultato, comparato con il consumo energetico medio degli edifici in Francia secondo dati INSEE - ADEME 2012⁶, è alquanto deficitario, la media dei consumi per gli edifici visitati è largamente superiore. Ad un'analisi più approfondita, i dati mostrano che, in realtà, nonostante la maggior parte dei casi ecceda il valore medio nazionale, quasi la metà gli si avvicina molto. Il valore medio della casistica della ricerca risulta in parte "dopato" da alcune abitazioni con consumi particolarmente alti.

Consumo/ m²

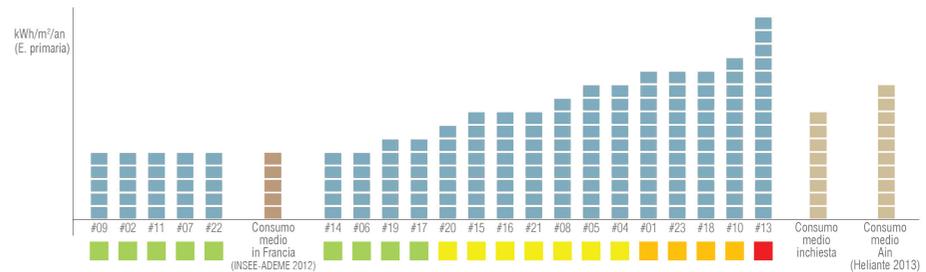


Fig. 6.18, Grafico Consumi energetici per mq dei casi rilevati nella Communauté de communes Chalaronne-Centre. (da Buzo - Cho 2013)

I sistemi di riscaldamento riscontrati durante il lavoro sono risultati molto diversificati, in molti casi vengono utilizzati due sistemi accoppiati, uno primario ed uno secondario. Le caldaie a petrolio sono tra i sistemi maggiormente diffusi, ma nella maggior parte dei casi sono utilizzate come opzione secondaria, generalmente per riscaldare rapidamente la casa; la temperatura desiderata viene poi mantenuta attraverso sistemi meno costosi. Chiaramente il fattore economico gioca un ruolo dominante sulla scelta del sistema di climatizzazione; molti proprietari hanno installato le caldaie a petrolio quando il suo costo era piuttosto basso, quando il prezzo è salito hanno preferito accoppiargli sistemi che sfruttano altre fonti di energia. I sistemi di riscaldamento con sola caldaia a petrolio sono installazioni risalenti a più di 20 anni fa (Buzo - Cho 2014).

Data la varietà riscontrata, per una valutazione comparata con i consumi

⁶ INSEE, Institut National de la Statistique et des études économiques, www.insee.fr; ADEME, Agence de l'Environnement et de la Métrise de l'Energie, www.ademe.fr

energetici si è preferito far riferimento alle fonti di energia piuttosto che ai sistemi di climatizzazione. Come già accennato, in virtù del prezzo contenuto di un tempo, non è strano che il petrolio risulti la fonte di energia più utilizzata per i sistemi di riscaldamento, relegata oggi a sistema secondario. Anche il legno è molto usato e merita un discorso approfondito legato alla natura di queste abitazioni e alle trasformazioni funzionali subite. Gli edifici in pisé visitati sono principalmente vecchie fattorie situate in ambiente rurale che sono state trasformate in grandi abitazioni dai nuovi proprietari; con l'edificio, i nuovi proprietari sono entrati in possesso anche della terra di pertinenza, molti di loro hanno quindi accesso facile, e soprattutto gratuito, al legno, potendo approvvigionarsi direttamente dai propri terreni. A questo punto però un'altra riflessione sul bilancio dei consumi energetici sembra doverosa: supponendo che la necessità di contenere i consumi energetici sia dovuta principalmente ad un problema economico e non ad una questione di sostenibilità, è chiaro che chi possiede un sistema di riscaldamento a legna, a queste condizioni, è poco interessato a mantenere bassi i propri consumi. I dati sul consumo energetico riferiti ai sistemi a legna potrebbero quindi restituire valori maggiori di quanto sarebbe necessario per un normale livello di comfort (Buzo - Cho 2014).

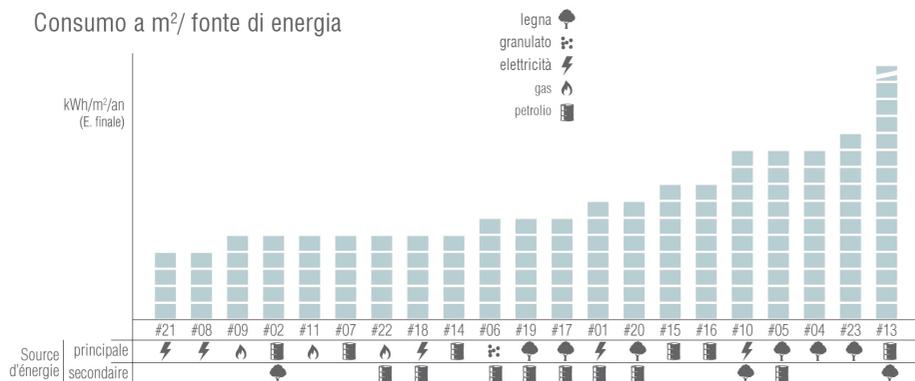


Fig. 6.19, Grafico Consumi energetici per mq in relazione alle fonti di energia utilizzate per l'impianto di climatizzazione dei casi rilevati nella Communauté de communes Chalaronne-Centre. (da Buzo - Cho 2013)

Tendenze di ristrutturazione: trasformazione degli spazi abitativi

A seguito degli interventi di ristrutturazione e recupero sugli edifici analizzati, si riscontra un comune denominatore nell'aumento degli spazi della casa destinati all'abitazione, sia in termini di superficie che in termini volumetrici. Molti di questi spazi sono stati sottratti a quelli in origine erano destinati alle attività strettamente legate all'agricoltura o all'allevamento del bestiame, alterando l'equilibrio termico degli edifici. Queste case presentavano in origine

due livelli ed articolati secondo soluzioni a volte complesse, in cui le funzioni di isolamento termico sono affidate esclusivamente all'involucro esterno.

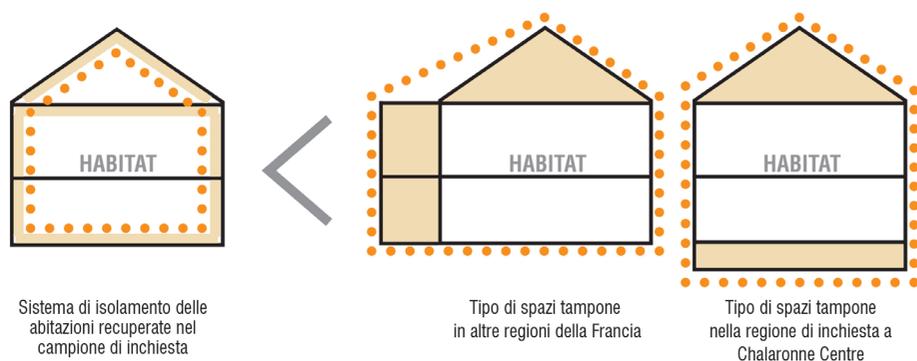


Fig. 6.22, L'evoluzione del sistema di isolamento delle abitazioni in pisé nelle zone rurali della Communauté de communes Chalaronne-Centre; dagli spazi adibiti a granai, fienili, cantine e stalle, all'uso di materiale sottile, ad alte prestazioni termiche. (Grafico da Buzo - Cho, 2013)

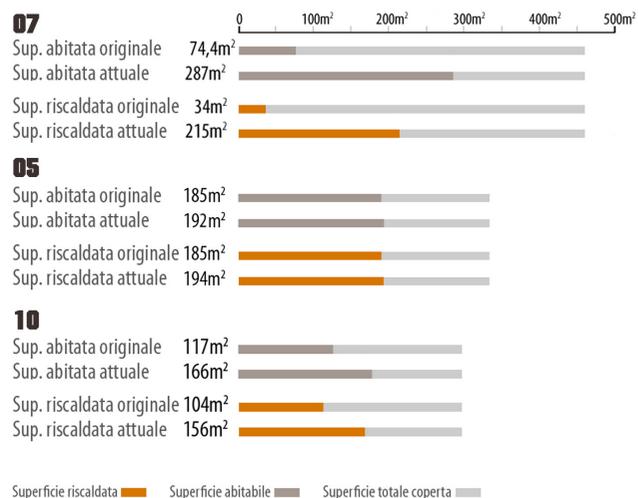


Fig. 6.23, Il grafico mostra l'evoluzione delle superfici destinate ad abitazione e riscaldate di alcune abitazioni tra i casi studio, prima e dopo gli interventi di recupero. Sono rappresentati i casi visitati dall'autore di cui è stato possibile risalire ai dati di superficie precedenti alla ristrutturazione.

Riduzione degli abitanti

A completamento del quadro, va sottolineato che la maggior parte degli edifici del campione analizzato è abitata da un numero esiguo di persone. Una volta le famiglie che occupavano queste case erano molto numerose e vivevano concentrate in poco spazio, oggi il rapporto spazio/numero di abitanti sembra essersi rovesciato. In Francia i giovani lasciano la famiglia molto presto e la maggior parte dei nuclei familiari analizzati è composta solo di una coppia matura. La diminuzione del numero effettivo di abitanti a fronte di un

aumento drastico di superfici e volumi abitati da riscaldare, accompagnato dall'eliminazione degli spazi tampone ha contribuito ad un forte aumento dei consumi energetici per il riscaldamento invernale dell'edificio. Alcune famiglie hanno cercato di contenere il problema lasciando il piano superiore disabitato ed utilizzando un sistema di climatizzazione che permetta di riscaldare esclusivamente gli spazi al piano terra, ma i grafici mostrano in modo inequivocabile il peso del parametro legato al numero di abitanti sul consumo energetico dell'abitazione, rimarcando indirettamente quanto le trasformazioni dello spazio abitativo possano avere influito su questo risultato.

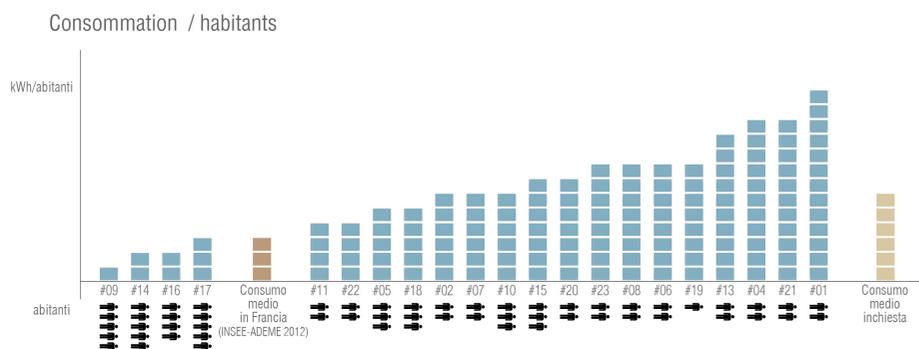


Fig. 6.24, Il grafico mostra come i consumi energetici siano fortemente legati al numero di abitanti dell'edificio. (adattamento da Buzo - Cho 2013)

Soluzioni per l'isolamento

A parte qualche caso isolato interventi di isolamento vero e proprio sulle murature sono stati evitati; la maggior parte degli abitanti si è piuttosto preoccupata di gestire l'effetto di parete fredda, utilizzando per lo più contropareti interne in cartongesso o mattoni cotti, lasciando un intercapedine d'aria tra il muro in pisé e la nuova struttura. Solo in qualche caso è stato previsto un vero e proprio isolamento, per lo più con lana di vetro. Questa soluzione è generalmente sconsigliabile: la lana di vetro se inumidita perde gran parte della propria resistenza termica, essendo un materiale con una permeabilità al vapore molto alta potrebbe essere rischioso accoppiarla a pareti in terra battuta, che come si è visto, sono soggetti ad un particolare comportamento igrotermico e a frequenti trasferimenti di vapore legati proprio alla termoregolazione. Quasi tutti gli interventi optano per un isolamento della copertura, la maggior parte sfruttando le controsoffittature o i solai delle soffitte; difficilmente si sono riscontrati casi in cui sono state isolate direttamente le strutture di copertura.

Una delle principali cause di dispersione del calore è forse da imputare al solaio contro terra, se la soluzione del pavimento a riscaldamento radiante è stata impiegata con una certa frequenza, pochi hanno previsto un effettivo isolamento. La maggior parte degli interventi prevede un isolamento periferico, esclusivamente ai bordi del solaio, per “evitare passaggi di umidità dalle fondazioni e ridurre i ponti termici”, secondo l’opinione degli abitanti. Purtroppo in molti casi non è stato possibile verificare la modalità di impiego del sistema di riscaldamento nè il tipo di isolamento utilizzato. Mancando però un isolamento dal terreno è chiaro che una parte del calore prodotto viene disperso verso il terreno stesso, questo abbassa in modo significativo le prestazioni dell’impianto radiante e contribuisce all’aumento dei consumi complessivi.

Consumo/ m² per isolamento

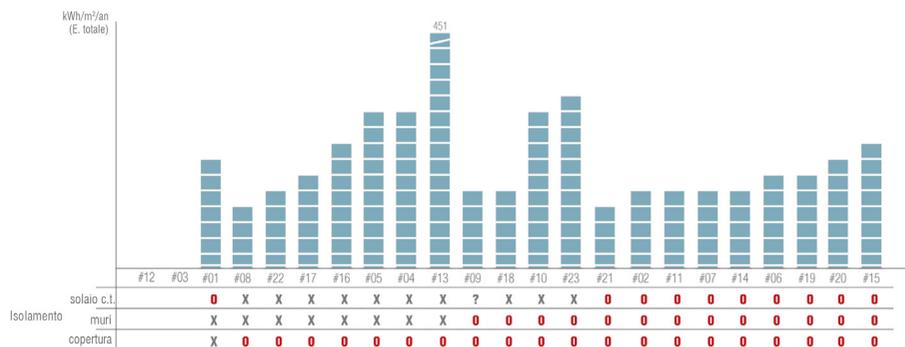


Fig. 6.25, Nel grafico si evidenzia la relazione tra consumi al mq e interventi di isolamento realizzati sui principali elementi costruttivi dell’abitazione in pisé esposti alle temperature esterne. Dall’analisi è difficile dedurre particolari tendenze.

(adattamento da Buzo - Cho 2013)

Inerzia termica, Orientamento e nuove aperture

La maggior parte dei casi studio risultano esposti secondo un asse Est-Ovest per evitare, a detta degli abitanti, una superficie largamente esposta a nord, da dove soffiano venti freddi durante l’inverno. Se in base a quanto riportato nel grafico riassuntivo è difficile trovare una relazione particolare tra il consumo energetico e l’orientamento, è possibile tuttavia fare qualche riflessione riguardo alle trasformazioni effettuate durante il recupero. Durante l’estate, le pareti in terra battuta accumulano calore al loro interno nel corso della giornata e lo liberano negli ambienti circostanti durante la notte, permettono così di regolare il clima e le temperature interne producendo, come visto, un ritardo nella trasmissione del calore proveniente dall’esterno e, allo stesso tempo, una riduzione dell’ampiezza dell’onda termica. Durante la stagione invernale il comportamento termico delle pareti in terra cruda è di più difficile gestione in