



Università degli Studi di Parma
Dipartimento di Ingegneria Civile, dell' Ambiente, del Territorio e Architettura

Dottorato di Ricerca in Forme e Strutture dell'Architettura

XXV Ciclo

(ICAR 08 - ICAR 09 - ICAR 10 - ICAR 14 - ICAR 17 - ICAR 18 - ICAR 19 - ICAR 20 - MAT 02)

Laura Musetti

**La riqualificazione energetica degli edifici storici.
Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.**

Energy retrofit for historic buildings.

Guidelines for the intervention on Emilia Romagna rural buildings.



ICAR 19

Tutor: prof. Carlo Blasi

Co-tutor: prof. Agnese Ghini

Coordinatore del Dottorato: prof. Aldo De Poli



Università degli Studi di Parma

Dipartimento di Ingegneria Civile, dell' Ambiente, del Territorio e Architettura

Dottorato di Ricerca in Forme e Strutture dell'Architettura

XXV Ciclo

(ICAR 08 - ICAR 09 - ICAR 10 - ICAR 14 - ICAR 17 - ICAR 18 - ICAR 19 - ICAR 20 - MAT 02)

Collegio docenti:

prof. Bruno Adorni

prof. Carlo Blasi

prof. Eva Coisson

prof. Aldo De Poli

prof. Agnese Ghini

prof. Paolo Giandebiaggi

prof. Ivo Iori

prof. Marco Maretti

prof. Maria Evelina Melley

prof. Federica Ottoni

prof. Enrico Prandi

prof. Carlo Quintelli

prof. Paolo Ventura

prof. Chiara Vernizzi

prof. Michele Zazzi

prof. Andrea Zerbi

Dottoranda:

Laura Musetti

Titolo della tesi:

La riqualificazione energetica degli edifici storici.

Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

Energy retrofit for historic buildings.

Guidelines for the intervention on Emilia Romagna rural buildings.

ICAR 19

Tutor: prof. Carlo Blasi

Co-tutor: prof. Agnese Ghini

Coordinatore del Dottorato: prof. Aldo De Poli

La riqualificazione energetica degli edifici storici.

Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

INTRODUZIONE: NOTA METODOLOGICA

PARTE I. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

1. LO SCENARIO ATTUALE
2. IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO
3. L'INSEGNAMENTO CHE POSSIAMO TRARRE DALLA STORIA
4. CONSIDERAZIONI SUL TEMA

PARTE II. NOTE SULLE PROBLEMATICHE RELATIVE
AGLI INTERVENTI SUGLI EDIFICI STORICI

1. SCALA DI LETTURA: L'EDIFICIO DEL PASSATO
2. LA PRATICA DEL RESTAURO
3. TRA TUTELA E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
4. CONSIDERAZIONI SUL TEMA

PARTE III. GLI ASPETTI ENERGETICI NEL RESTAURO
DEGLI EDIFICI STORICI RURALI

1. LE COSTRUZIONI RURALI IN EMILIA ROMAGNA
2. L'ANALISI DELLE PARTI
3. GLI INTERVENTI COMPATIBILI
4. CASI DI STUDIO

PARTE IV. LINEE GUIDA IN 10 PUNTI PER LA RIQUALIFICAZIONE
ENERGETICA DEGLI EDIFICI STORICI RURALI

CONSIDERAZIONI SULLA RICERCA

PARTE V. BIBLIOGRAFIA RAGIONATA E GLOSSARIO

INTRODUZIONE: NOTA METODOLOGICA

1. Definizione dell'ambito di ricerca p. 3
2. Limiti al campo d'indagine p. 6
3. Obiettivi della ricerca p. 7
4. Metodologia di indagine p. 9

PARTE I. SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

1. LO SCENARIO ATTUALE p. 15
 - 1.1 Le ragioni di un cambiamento p. 15
 - 1.2 L'importanza della sostenibilità ambientale degli edifici p. 18
 - 1.3 La possibilità di un'architettura sostenibile p. 20
 - 1.4 Chiarezza sui termini p. 22
2. IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO p. 25
 - 2.1 Le azioni e le normative a livello europeo p. 25
 - 2.1.1 Gli impegni internazionali
 - 2.1.2 Le Direttive Comunitarie
 - 2.2 Il quadro italiano p. 34
 - 2.2.1 Le disposizioni normative
 - 2.2.2 I Piani nazionali
 - 2.3 Le competenze regionali p. 42
 - 2.4 Le scelte dell'Emilia Romagna in materia energetica p. 44
 - 2.4.1 Excursus normativo
 - 2.4.2 Il Piano Energetico Regionale
3. L'INSEGNAMENTO CHE POSSIAMO TRARRE DALLA STORIA p. 49
 - 3.1 Uno sguardo al passato p. 49
 - 3.2 Le testimonianze attraverso gli scritti di architettura p. 51
 - 3.3 Archetipi per la climatizzazione p. 58
 - 3.3.1 Il riscaldamento
 - 3.3.2 Il raffrescamento
 - 3.4 Soluzioni bioclimatiche nell'architettura storica p. 68
4. CONSIDERAZIONI SUL TEMA p. 71

PARTE II. NOTE SULLE PROBLEMATICHE RELATIVE AGLI INTERVENTI SUGLI EDIFICI STORICI

1. SCALA DI LETTURA: L'EDIFICIO DEL PASSATO	p. 77
1.1 Le alterne fortune degli edifici storici	p. 77
1.2 Il quadro normativo	p. 80
1.2.1 I documenti internazionali	
1.2.2 Le disposizioni italiane	
1.3 Questioni terminologiche	p. 85
1.4 Note sulle teorie del restauro	p. 88
1.4.1 Restauro come pura conservazione	
1.4.2 Restauro come ripristino	
1.4.3 Restauro critico-conservativo	
2. LA PRATICA DEL RESTAURO	p. 93
2.1 Note sul restauro architettonico oggi	p. 93
2.2 La necessità del riuso per la conservazione del patrimonio architettonico	p. 96
2.3 L'intervento di restauro	p. 98
2.3.1 Il processo di conoscenza	
2.3.2 Le analisi e le valutazioni preliminari	
2.3.3 Gli aspetti di intervento	
2.3.4 Le competenze coinvolte	
2.4 Gli edifici storici	p. 105
2.4.1 Edifici definiti beni culturali	
2.4.2 Edifici di interesse storico-culturale e testimoniale	
3. TRA TUTELA E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	p. 109
3.1 Il concetto di deroga nella normativa	p. 109
3.2 Stato dell'arte: studi recenti sulla riqualificazione energetica degli edifici storici	p. 112
3.3 Definizione degli obiettivi	p. 116
3.4 Edifici storici ed edifici rurali	p. 117
4. CONSIDERAZIONI SUL TEMA	p. 119

PARTE III. GLI ASPETTI ENERGETICI NEL RESTAURO DEGLI EDIFICI STORICI RURALI

1. LE COSTRUZIONI RURALI IN EMILIA ROMAGNA	p. 125
1.1 Introduzione alla lettura	p. 125
1.2 Gli elementi di base	p. 128
1.3 La classificazione tipologica	p. 134
1.3.1 L'insediamento a blocco	
1.3.2 L'insediamento con torre	
1.3.3 L'insediamento a corte	
1.4 Le invarianti tipologiche	p. 149
2. L'ANALISI DELLE PARTI	p. 153
2.1 Il contesto	p. 153
2.2 Il sistema tecnologico: materiali e tecniche costruttive	p. 159
2.2.1 Le strutture di fondazione	
2.2.2 I solai	
2.2.3 Le coperture	
2.2.4 Le murature	
2.2.5 Le aperture	
2.3 I vincoli e gli interventi ammessi	p. 181
2.4 Lo stato di conservazione	p. 186
3. GLI INTERVENTI COMPATIBILI	p. 191
3.1 La riduzione del fabbisogno di energia	p. 191
3.1.1 I solai a terra	
3.1.2 I solai interpiano	
3.1.3 Le coperture	
3.1.4 Le murature	
3.1.5 Gli infissi	
3.2 L'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili	p. 233
3.3 L'inserimento degli impianti	p. 237
3.3.1 L'impianto di riscaldamento	
3.3.2 L'impianto di raffrescamento	
3.3.3 L'impianto di ventilazione	
3.4 La valorizzazione degli aspetti bioclimatici	p. 245
4. CASI DI STUDIO	p. 251

PARTE IV. LINEE GUIDA IN 10 PUNTI PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI STORICI RURALI

PREMESSA	p. 309
PUNTO 1. LA SPECIFICITÀ ¹ DEGLI EDIFICI STORICI	p. 311
PUNTO 2. I SOLAI	p. 315
2.1 I solai a terra	p. 316
2.2 I solai interpiano	p. 318
PUNTO 3. LE COPERTURE	p. 322
PUNTO 4. LE MURATURE	p. 325
PUNTO 5. LE APERTURE	p. 328
PUNTO 6. IL RISCALDAMENTO	p. 332
6.1 I sistemi passivi	p. 333
6.2 I sistemi attivi	p. 335
PUNTO 7. IL RAFFRESCAMENTO	p. 340
7.1 I sistemi passivi	p. 341
7.2 I sistemi attivi	p. 343
PUNTO 8. LA VENTILAZIONE	p. 345
8.1 I sistemi passivi	p. 346
8.2 I sistemi attivi	p. 348
PUNTO 9. LE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI	p. 350
PUNTO 10. IL FUTURO DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI STORICI	p. 353
CONSIDERAZIONI SULLA RICERCA	
1. Conclusioni	p. 359
2. Questioni aperte	p. 362
PARTE V. BIBLIOGRAFIA RAGIONATA E GLOSSARIO	
1. REPERTORIO DELLE FONTI BIBLIOGRAFICHE	p. 367
2. SITOGRAFIA	p. 386
3. GLOSSARIO DEI TERMINI	p. 387

La riqualificazione energetica degli edifici storici.
Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

INTRODUZIONE: NOTA METODOLOGICA

1. DEFINIZIONE DELL'AMBITO DI RICERCA

L'aumento del costo delle fonti energetiche fossili, i cambiamenti climatici e la rottura degli equilibri naturali, hanno dimostrato chiaramente la necessità di agire su diversi fronti, per mettere in atto un processo sostenibile di sviluppo.

Il coinvolgimento in questo senso del patrimonio architettonico è derivato dall'analisi dei consumi energetici, che ha mostrato come le condizioni attuali degli edifici permettano ampi margini di miglioramento.

L'ultimo Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica (RAEE) dell'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile), fornisce il quadro della situazione del sistema energetico italiano: il settore civile, nel 2010, ha assorbito il 35% dell'energia disponibile, prodotta per l'80% da fonti non rinnovabili, che contribuiscono ad incrementare la concentrazione di CO₂ in atmosfera.

Le normative in materia energetica, in continua evoluzione, si sono fatte più stringenti negli ultimi anni e, come diretta conseguenza, gli edifici di nuova costruzione sono energeticamente efficienti e spesso ricorrono a fonti energetiche rinnovabili.

Il consumo, a scopi edificabili, di terreni agricoli o a verde, non potrà però protrarsi a lungo: le nuove costruzioni andranno riducendosi e l'attenzione dovrà essere rivolta prioritariamente al patrimonio edilizio esistente.

Un passo in questa direzione è già stato fatto: la normativa energetica include infatti gli edifici esistenti, oggetto di ristrutturazione, nel suo ambito di applicazione. In questo modo tali costruzioni sono rese adeguate alle attuali esigenze, con prevedibili conseguenze positive sia in termini economici che ambientali.

Mentre, quindi, per ciò che riguarda il retrofit energetico degli edifici del secolo scorso le prescrizioni e i requisiti imposti sono chiari, la strada che porta agli edifici storici è ancora poco battuta.

Il problema dell'applicazione delle norme inerenti il risparmio energetico agli edifici storici, caratterizzati da forte singolarità, è stato affrontato, come spesso accade, col concetto di "deroga".

Se, da un lato, la separazione degli edifici storici dalle altre costruzioni, per quanto riguarda prescrizioni e obblighi, è positiva, in considerazione dell'importanza

intrinseca al di là dell'uso, dall'altro lato un corretto intervento per la riduzione dei consumi energetici è fondamentale per tutte le tipologie di edifici.

Il rischio, infatti, è che per le costruzioni storiche la deroga diventi la prassi e che si ignorino le reali possibilità d'intervento, inducendo così, in un tempo relativamente breve, ad abbandonare tali edifici per gli alti costi di gestione.

Secondo i più recenti orientamenti teorici del restauro, la "conservazione" di un bene architettonico avviene anche attraverso l'attribuzione di funzioni compatibili con le sue caratteristiche costruttive. In questo senso è possibile adattare l'edificio alle esigenze moderne, pur con la consapevolezza che, trattandosi di situazioni estranee alla logica con cui è stato costruito, saranno necessarie delle trasformazioni, purché non ne vengano compromessi ed alterati i caratteri originari.

Far rientrare nel progetto di restauro anche il miglioramento dell'efficienza energetica, può essere un ulteriore passo per la conservazione dell'edificio, ma comporta la necessità di affrontare una serie di problemi aggiuntivi.

La ricerca, collocandosi in questo contesto, mira a definire un punto di incontro tra "sostenibilità" e "conservazione". La focalizzazione sugli edifici storici deriva da una duplice considerazione: da un lato vi è una sempre maggiore volontà e necessità di riuso di tali edifici per ragioni conservative, economiche e ambientali, dall'altro la carenza normativa in ambito energetico, non permette di sfruttare tali occasioni per inserire interventi migliorativi adeguati alla tipologia.

Sebbene gli edifici storici rappresentino una porzione del patrimonio edilizio che, per quantità, non è paragonabile alle costruzioni risalenti al periodo successivo al secondo dopoguerra, essi rivestono grande importanza in un Paese ricco di storia come l'Italia.

Le speciali caratteristiche di cui sono dotati tali edifici impongono, senza dubbio, che le scelte progettuali siano definite non solo in relazione alle necessità d'uso, ma anche alla compatibilità con le caratteristiche peculiari. Fra le tipologie di intervento attuabili sulle preesistenze, da quelli prettamente conservativi, a quelli distruttivi e di ricostruzione, sarà quindi necessario individuare le soluzioni più idonee per l'adattamento funzionale e l'adeguamento impiantistico.

Restaurare un edificio storico significa in primo luogo analizzarlo con attenzione. Riscoprire il comportamento passivo, valorizzandone l'originaria qualità

energetica, fa capire come edifici costruiti in "collaborazione" con le componenti climatiche siano ancora oggi in grado di ottenere condizioni interne migliori e, quindi, di ridurre il consumo di energia.

Concentrarsi sugli edifici storici è da sempre un ambito che pone forti limitazioni, ma è necessario superare la visione puramente conservativa optando per un approccio che ricorra a soluzioni "su misura", sfruttando anche i continui progressi della tecnologia.

2. LIMITI AL CAMPO D'INDAGINE

La categoria dei cosiddetti edifici storici, che comprende sia le costruzioni che rientrano nella definizione normativa di bene culturale, sia quelle comunque meritevoli di essere tramandate per il proprio valore storico-documentario o artistico, racchiude un insieme molto vasto di edifici e, di conseguenza, una certa varietà di caratteristiche, valori e vincoli.

L'ampiezza dell'argomento richiede, per poter ottenere risultati validi e stabilire un modo concreto di procedere, di circoscrivere il campo di indagine della ricerca, focalizzandosi su un ambito specifico che permetta di limitare le variabili.

Il settore della riqualificazione energetica degli edifici storici è stato, negli ultimi anni, oggetto di diversi studi che, pur partendo dalla medesima idea di base, sono stati declinati in modi differenti dal punto di vista del metodo, delle ipotesi iniziali, degli obiettivi, della tipologia specifica e dei destinatari.

La ricchezza storica del nostro Paese, se da un lato permette di rendere interessante l'argomento, dall'altro dà origine ad una varietà di casi e di caratteristiche difficilmente governabile in un tempo limitato con i mezzi e le risorse a disposizione.

Allo scopo quindi di evitare una trattazione superficiale, si è deciso di limitare la ricerca nel tempo e nello spazio.

In questo senso si è scelto in primo luogo di focalizzarsi sull'Emilia Romagna, dotata di una propria normativa in materia energetica; fissato il limite geografico, e volendo produrre un contributo specifico per la regione, concentrandosi però su costruzioni che fossero rappresentative dell'argomento generale, si è scelto di incentrare la ricerca sugli edifici rurali. Questi infatti, oltre a caratterizzare il paesaggio agricolo della regione, sono spesso oggetto di rimaneggiamento e riuso e sono il risultato dell'impiego di materiali e tecnologie proprie del luogo. Inoltre, pur presentando caratteri sostanzialmente tipici e caratteristiche specifiche, che ne permettono il riconoscimento, comprendono diversi casi in tema di valori, vincoli, materiali e tecnologie.

Il panorama che ne deriva, ampio ma non eccessivamente vasto, permette una visione globale non ravvisabile lavorando a più ampia scala.

3. OBIETTIVI DELLA RICERCA

La ricerca si prefigge lo scopo di stabilire un rapporto proficuo tra "sostenibilità" e "compatibilità", mediando tra i requisiti energetici e le valenze storiche ed estetiche degli edifici storici.

Il nucleo della questione è capire su quali basi, e fino a che punto, è possibile conservare i caratteri storico-culturali e contemporaneamente migliorare dal punto di vista energetico gli edifici oggetto di intervento.

La questione non riguarda il mero miglioramento energetico di edifici esistenti, ma l'elaborazione di indicazioni flessibili che permettano, con un approccio di tipo prestazionale, di definire gli interventi più idonei attraverso un processo che si basa sulla conoscenza approfondita dell'edificio e del suo rapporto con il contesto.

La ricerca parte dal concetto che, utilizzando i criteri propri del restauro, come il minimo intervento, la compatibilità, la reversibilità e la distinguibilità, sarà possibile ottenere una conservazione che sia letteralmente sostenibile.

Ciò significa mantenere la possibilità di identificare nella costruzione gli stessi valori materiali e simbolici leggibili oggi, pur dotandola di quegli strumenti che le permettano di non essere un edificio "energivoro" e che soddisfino le esigenze derivate dal nuovo uso e dal nuovo livello di benessere. In questo senso la riqualificazione energetica non deve riguardare esclusivamente l'ottimizzazione delle prestazioni dell'involucro e degli impianti, ma deve comprendere un processo di analisi che consenta di definire le potenzialità e i limiti dello specifico edificio, in relazione alla destinazione d'uso che si andrà ad inserire.

La sintesi della ricerca si avrà nelle Linee guida, redatte allo scopo di fornire indicazioni operative su come portare ad efficienza energetica l'edilizia rurale storica, e con quali materiali, tecnologie e impianti sia possibile intervenire per riuscire a conservare il pregio storico ed estetico-tipologico, in un'ottica di sostenibilità energetica.

Le linee guida proposte, nell'ottica di orientare l'azione nel rispetto dei provvedimenti in vigore per gli edifici storici, affrontano il tema sotto l'aspetto tecnico-progettuale, per evidenziare come le problematiche connesse con la riqualificazione energetica rientrino nel più complesso ambito del rapporto tra conservazione e uso compatibile del patrimonio architettonico.

Tali linee guida, che possono costituire l'avvio di un percorso metodologico che giunga, con successivi approfondimenti, a prescrizioni normative, dovrebbero indicare i più moderni metodi di intervento ecosostenibile applicabili agli edifici storici, senza definire obiettivi obbligatori da raggiungere, ma lasciando alla valutazione del progettista, in accordo con il committente, la scelta del livello di intervento compatibile con le caratteristiche del manufatto.

Le differenti strategie devono confluire in un approccio globale e integrato che tenga conto di molteplici fattori, dagli aspetti locali e geografici alle necessità di comfort da conferire all'ambiente.

La ricerca si pone quindi come obiettivo quello di riuscire a coniugare efficienza e risparmio energetico con il riuso degli edifici storici, senza pregiudicare la corretta conservazione delle peculiarità storico-artistiche proprie dell'oggetto d'intervento. Trattandosi di un approccio evidentemente limitato all'argomento, si tratta di un documento sempre rivedibile e aggiornabile in quanto, avanzando le conoscenze e gli studi, esso dovrà necessariamente adeguarsi ai futuri sviluppi e alle esperienze elaborate.

4. METODOLOGIA DI INDAGINE

La metodologia d'indagine si basa sull'analisi, dapprima separata, dei due aspetti che compongono la questione: la riqualificazione energetica e gli edifici storici. Tale procedimento permette infatti di definire quali siano i possibili punti di incontro.

In primo luogo la ricerca ha riguardato l'analisi delle specificità e delle possibilità insite nel processo di riqualificazione energetica degli edifici in generale, indagando lo stato attuale, sia a livello di consumi che di obiettivi e norme.

Nell'ambito di questa parte, si è indagata la questione dell'utilizzo dei fattori climatici da parte degli antichi, che non avevano altri strumenti per difendersi dal clima ostile. La lettura di testi teorici e l'osservazione di soluzioni adottate da secoli, anche in realtà differenti, danno un'indicazione di quali fossero le competenze degli architetti nei secoli scorsi e quali sistemi di climatizzazione si utilizzassero nelle epoche preimpiantistiche.

Agire su un edificio che ha almeno un secolo di vita alle spalle significa in primo luogo studiarlo con attenzione, prendendo spunto dalle numerose esperienze storiche, che affondano le loro radici in pratiche costruttive lontane nel tempo. Le sperimentazioni del passato rendono evidente quanto è poco produttivo incentrare unicamente l'attenzione sulle soluzioni impiantistiche per migliorare il benessere degli occupanti.

In un secondo momento la ricerca si è focalizzata propriamente sugli edifici storici. Dopo aver esaminato le strategie attuali di conservazione e l'analisi della normativa di settore, si sono analizzate le teorie del restauro. Questo perché i problemi di ottimizzazione energetica degli edifici storici, rientrando nella problematica più generale della conservazione del patrimonio storico, devono sottostare a specifiche limitazioni per evitare l'alterazione irreversibile del bene. Pertanto, inquadrare il problema nel suo contesto è necessario per comprendere come affrontare le difficoltà e le scelte che si presenteranno.

Successivamente si sono messi a sistema tutela e riqualificazione energetica, analizzando il concetto di deroga nella normativa e lo stato dell'arte sul tema.

In particolare il reperimento di informazioni sulle ricerche in corso, ha permesso di circoscrivere il campo di indagine sia in termini di area geografica che di tipologia edilizia, scegliendo un ambito non oggetto di altri studi.

A questo punto la ricerca è scesa nel dettaglio degli edifici rurali dell'Emilia Romagna, individuandone in primo luogo le caratteristiche che, in quanto edifici storici, non devono essere modificate anche in caso di restauro. Si è quindi studiato un processo di intervento idoneo, che parta dalla conoscenza dell'edificio e arrivi alla definizione dei possibili interventi.

Il principio base è quello del risanamento energetico su misura: ogni edificio ha infatti un suo carattere ed una sua storia che vanno rispettati, e per questo sarà oggetto di interventi calibrati su quella storia e quei caratteri.

Il punto di partenza è quindi sempre, e in ogni caso, la conoscenza dell'oggetto di intervento e delle sue caratteristiche, perché è necessario che l'intervento si limiti il più possibile ad implementare le prestazioni degli elementi tecnici, evitando così di snaturare le caratteristiche principali dell'edificio.

In questa fase si sono catalogati tutti i possibili stati di fatto della tipologia presa in esame, sia a livello di contesto che di singoli elementi tecnologici.

Lo studio approfondito delle strutture ha permesso di individuare le criticità, al fine di intervenire con progetti mirati e specifici, di minor impatto rispetto ad interventi estesi ed acritici.

In linea generale è importante ricostruire le fasi costruttive del fabbricato e le successive modifiche che ha subito nel tempo, al fine di individuare le zone di possibile discontinuità e disomogeneità delle murature o la presenza di vuoti, che possono essere causa di un incremento delle dispersioni o che possono essere riutilizzati per altri scopi.

Alla luce delle normative, sia nel campo dell'energetica che in quello del restauro, e analizzate le caratteristiche climatiche e le potenzialità e i limiti della tipologia indagata, si sono identificate le soluzioni costruttive e impiantistiche idonee.

Ne è derivata una catalogazione di tutti i possibili interventi di cui si sono valutate le prestazioni date e le trasformazioni richieste.

Il processo proposto è stato poi messo in pratica attraverso tre casi studio, rappresentativi delle caratteristiche degli edifici rurali del territorio.

Gli esiti della ricerca si sono riassunti nelle linee guida, che forniscono indicazioni operative su come intervenire nell'edilizia rurale storica sulla base dei vincoli e delle modifiche attuabili.

Il contributo della ricerca è quindi la definizione di indicazioni che consentano, attraverso una lettura critica dell'oggetto e delle sue parti, di trovare soluzioni che diminuiscano i consumi energetici da fonti non rinnovabili e conservino le peculiarità storico-estetiche della costruzione, mantenendo invariata la risposta alle esigenze dei fruitori.

La riqualificazione energetica degli edifici storici.
Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

PARTE I.
SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE
DEGLI EDIFICI

1. LO SCENARIO ATTUALE

1.1. LE RAGIONI DI UN CAMBIAMENTO

La consapevolezza dello stato di precarietà ambientale ed economica che caratterizza il presente, induce a cercare nuove vie e nuove soluzioni.

Cosa si vuole ottenere è chiaro, in quale modo ottenerlo non lo è altrettanto.

Le problematiche attuali affondano le loro radici fino al periodo dell'industrializzazione, un processo che, se da un lato ha portato trasformazione ed evoluzione, dall'altro ha generato conseguenze negative durevoli nel tempo.

Individuato nel petrolio, e nel suo sfruttamento incondizionato, il nucleo della questione, l'aumento del suo prezzo appare come l'impatto più forte, senza considerare che è il cambiamento climatico il tema che riveste maggior rilevanza dal punto di vista delle conseguenze che produrrà a lungo termine.

Tale cambiamento, osservabile in modo diretto nelle variazioni di temperatura della superficie terrestre e dell'aria, nei mutamenti delle precipitazioni, dei venti, del livello del mare e non solo, è conseguenza, in larga parte, dell'attività antropica.

Anche in natura esistono gas serra, quali il vapore acqueo, l'anidride carbonica, l'ozono, il metano e l'ossido d'azoto, ma l'incremento prodotto dai gas serra artificiali, creati dall'uomo e dalle sue attività, altera l'equilibrio terrestre.

In natura, considerando i valori medi annuali e la Terra nel suo insieme, l'energia della radiazione solare in arrivo sulla superficie terrestre, è all'incirca bilanciata dalla contro-radiazione atmosferica verso lo spazio. Ogni fattore che riduce l'efficienza con cui la superficie terrestre reirraggia le radiazioni, determina un riscaldamento della superficie terrestre e dei bassi strati atmosferici, mentre l'alterazione dell'arrivo della radiazione sulla superficie terrestre, ne causa il raffreddamento.

In entrambi i casi si produce un'alterazione del clima.

Un'altra considerazione è da farsi sull'entità del contributo di questi fattori: l'emissione di gas serra con un lungo periodo di permanenza, rappresenta una causa quasi irreversibile di cambiamento nella disponibilità netta di energia per il sistema terrestre, che può durare decenni, secoli o millenni prima che i processi naturali possano rimuovere i gas emessi.

La rottura degli equilibri naturali rientra nel concetto di "carico ambientale", che rappresenta il danno prodotto alla natura da consumi ed emissioni inquinanti, a al quale può porre rimedio l'ambiente con le sue capacità di rigenerarsi e di smaltire le sostanze nocive.

La capacità di uno specifico territorio di "sostenere" le attività di una certa popolazione, definita *carrying capacity*, individua il numero di persone che può insediarsi in una determinata area, senza ridurre le risorse a disposizione e senza degradare l'ambiente naturale. Non esiste una capacità di carico prefissata per ogni territorio, in quanto essa dipende dall'efficienza delle tecnologie usate, dalle condizioni dell'ambiente, dagli stili di vita della popolazione abitante.

Allo stato attuale, in un ipotetico bilancio globale, la popolazione mondiale ha superato la capacità di carico dell'intero pianeta: è saltato l'equilibrio "sostenibile" tra sfera antropica e sfera naturale, i flussi di prelievo e scarto hanno superato quelli di rigenerazione e smaltimento.

Il 22 agosto scorso è stato l'*Earth Overshoot Day* per il 2012, ovvero la data (approssimativa) oltre la quale il consumo di risorse supera la capacità della Terra di ricostituirle. Questo marcatore annuale, che segna il punto oltre il quale la popolazione mondiale inizia a vivere al di là dei propri mezzi in un dato anno, indica che da quel giorno, fino alla fine dell'anno, la Terra lavorerà "in debito", attingendo alle riserve delle risorse locali e accumulando anidride carbonica nell'atmosfera.

Secondo il Global Footprint Network, che misura ogni anno la domanda e l'offerta delle risorse naturali, è da metà degli anni '70 che l'*Overshoot Day* inizia ad essere prima del 31 dicembre. A partire dal 1987, anno in cui è iniziato il calcolo, ogni anno i consumi raggiungono il livello delle risorse naturali disponibili un po' prima.

Le trasformazioni di intenti e le azioni che si prospettano inevitabili, coinvolgono tutti i settori e le aree geografiche, e l'Europa ha intrapreso la via del cambiamento.

Per quanto riguarda le emissioni di CO₂, il *Protocollo di Kyoto* e il *Pacchetto clima-energia 20-20-20* hanno stabilito, in modo preciso, le percentuali di riduzione di CO₂ e, più in generale, dei gas responsabili dell'effetto serra, che ogni Stato deve perseguire per contenere le variazioni climatiche.

Un progetto di particolare interesse è quello dell'ETH di Zurigo (*Eidgenössische Technische Hochschule Zürich*), che ha elaborato, allo scopo di diminuire il

consumo pro-capite di energia, il modello "2000-Watt society", che mira a ridurre le emissioni nocive garantendo un elevato standard di vita.

Il dato di partenza è 6000 W, ovvero la quota a cui arriva il fabbisogno procapite in Europa occidentale, di molto superiore ai 500 W dei paesi industrialmente non ancora sviluppati.

L'obiettivo principale dello studio è stato quello di riportare il consumo energetico medio di un cittadino al livello del 1960, 17.500 kWh/anno, ovvero 2000 Watt/persona, senza tuttavia ridurre il tenore di vita acquisito nel frattempo. I mezzi individuati per arrivare allo scopo sono essenzialmente legati all'efficienza energetica: case a basso consumo energetico, automobili che consumino non più di tre litri ogni 100 Km e beni prodotti con l'efficace impiego di materie prime e con poca energia primaria.

La creazione di questo tipo di società dunque si fonda su due pilastri: la riduzione delle perdite collegate alla trasformazione dell'energia primaria in energia finale dall'attuale 57% al 40% e il dimezzamento del consumo d'energia utile finale tramite nuovi concetti e tecnologie.

Secondo le stime del Politecnico di Zurigo, per raggiungere questo obiettivo occorrono almeno 70 anni ed è dall'edilizia che ci si attendono i maggiori risparmi, in considerazione del fatto che il settore edile consuma in Svizzera circa la metà dell'energia non rinnovabile, dalla produzione dei materiali da costruzione alla climatizzazione degli edifici.¹

Le prospettive che si aprono, per raggiungere lo scopo di diminuire il consumo di energia da fonti fossili, e di conseguenza anche le emissioni nocive in atmosfera, sono tre: utilizzare energie rinnovabili, migliorare l'efficienza di macchine ed edifici o limitare il comfort. L'energia atomica, spesso indicata come ulteriore opzione, ha come vantaggio, con il nuovo eco bilancio, di non incrementare la produzione di CO₂, ma produce di fatto rifiuti radioattivi che necessitano di uno stoccaggio lunghissimo e i pericoli ingenti nel caso di danno alla centrale.

La metodologia che appare più valida e percorribile è quella di agire su più fronti, razionalizzando l'uso delle risorse, migliorando l'efficienza energetica ed incrementando l'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili, che attualmente coprono solo il 14% della produzione energetica globale.

¹ Maggiori informazioni in: MARCO MOROSINI, A "2000 Watt Society" in 2050: a Realistic Vision?

1.2. L'IMPORTANZA DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

"Il riscaldamento e l'illuminazione degli edifici assorbono la maggior parte del consumo di energia (42%, di cui il 70% per il riscaldamento) e producono il 35% delle emissioni complessive di gas serra. Gli edifici e l'ambiente costruito utilizzano la metà dei materiali estratti dalla crosta terrestre e producono ogni anno 450 milioni di tonnellate di rifiuti da costruzione e da demolizione, ossia più di un quarto di tutti i rifiuti prodotti. (...) In Europa la popolazione trascorre quasi il 90% del proprio tempo all'interno degli edifici: una cattiva progettazione degli immobili o il ricorso a metodi di costruzione inadeguati può avere un effetto significativo sulla salute dei loro occupanti e può renderne estremamente costosa la manutenzione, il riscaldamento e il raffreddamento".²

Lo stile di vita dei paesi industrializzati è altamente energivoro, e gli edifici contribuiscono in maniera sostanziale. Considerando i costi dell'intero ciclo di vita di un edificio, indicativamente il 17% è relativo alla realizzazione e alla progettazione, il 40% riguarda manutenzione e ristrutturazione, per l'energia da climatizzazione si considera il 40% e il rimanente 3% è per la demolizione. In un progetto di nuova costruzione di un edificio "ad energia quasi zero", come da normativa, l'investimento iniziale è maggiorato del 10%, (equivalente al 1,5% del costo del ciclo di vita), ma il 40% dei costi del ciclo di vita possono essere recuperati risparmiando l'energia non utilizzata e mediante interventi di riqualificazione energetica sull'esistente si possono raggiungere percentuali di risparmio dal 10% ad oltre il 50% dei consumi.

Ne deriva che la questione della sostenibilità nell'edilizia è di inevitabile urgenza ma c'è un ampio margine di miglioramento.

Il fatto che le costruzioni abbiano una durata molto maggiore, ad esempio, dei mezzi di trasporto, e che incidano molto in termini ambientali, da un lato impone di pensare bene a strategie di lunga durata, ma dall'altro assicurano che, una volta attuate soluzioni effettivamente positive, si produrranno risultati sostanziali.

In tal senso può essere importante considerare l'intero ciclo di vita dell'edificio.

² Comunicazione della Commissione delle Comunità Europee al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Bruxelles, 2004.

“La valutazione ambientale del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment - LCA*) è un metodo di analisi sistematica che valuta gli impatti ambientali di un prodotto, di un processo o di un servizio durante tutto il suo ciclo di vita, attraverso la quantificazione dei flussi di materia ed energia in ingresso (consumi) e in uscita (emissioni) nelle fasi di estrazione delle materie prime, trasporto, produzione, distribuzione, uso e dismissione”.³

Obiettivo primo dell'applicazione del metodo LCA in edilizia, è quello di fornire informazioni ambientali di supporto alle scelte del progetto, tramite una valutazione integrale dei consumi e delle emissioni inquinanti derivanti, a livello di sistema edificio, dalla scelta di certi materiali e componenti edilizi, di certe soluzioni tecnico-costruttive e di certe soluzioni impiantistiche. Per capire inoltre come un edificio efficiente dia anche un vantaggio economico, è possibile una valutazione dei costi che prenda in considerazione l'intero ciclo di vita (*Life Cycle Costing*), chiarendo così come un maggior investimento all'atto della costruzione, sia restituito grazie all'economicità di gestione.

Se si realizza un bilancio LCA degli impatti ambientali di un edificio, sistema molto complesso e non privo di limiti e approssimazioni, si nota come senza dubbio la riqualificazione dell'esistente è da favorire rispetto alla demolizione e costruzione, poiché si riduce l'impiego di nuovi materiali e la produzione di rifiuti. Chiaramente è necessario valutare la capacità dell'edificio di essere modificabile, ma dal punto di vista ambientale il riutilizzo delle strutture esistenti costituisce una scelta sostenibile.

³ MONICA LAVAGNA, *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Milano, Hoepli, 2008.

1.3. LA POSSIBILITÀ DI UN'ARCHITETTURA SOSTENIBILE

Considerato il ruolo che gli edifici hanno nel consumo di energia, l'azione in parte già intrapresa, ma che dovrebbe divenire prassi negli anni a venire, è quella di indirizzarsi verso un'architettura che si relazioni con il contesto e il suo intorno, sia in termini di utilizzo delle risorse disponibili, sia in termini di attenzione agli effetti indotti dal processo di costruzione.

Un'architettura che si preoccupa fin dall'inizio di valutare gli impatti a lungo termine, ben si coniuga con il concetto di sviluppo sostenibile, definito come "uno sviluppo in grado di garantire il soddisfacimento dei bisogni attuali senza compromettere la possibilità delle generazioni future di far fronte ai loro bisogni. Un processo nel quale lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e il cambiamento istituzionale sono tutti in armonia, e accrescono le potenzialità presenti e future per il soddisfacimento delle aspirazioni e dei bisogni umani." ⁴

L'aggettivo "sostenibile" indica quindi la compatibilità con gli equilibri sociali e con la salvaguardia e la conservazione delle risorse ambientali; in questo senso l'architettura che tende verso la riduzione del consumo delle risorse e dell'inquinamento, si definisce sostenibile.

Nei fatti l'architettura sostenibile unisce i principi dell'architettura ecologica, dell'architettura bioclimatica, della bioedilizia e della bioarchitettura.

Valuta i materiali, sia dal punto di vista di qual è il loro impatto ambientale, sia per i caratteri prestazionali, impiega soluzioni tecnologiche di gestione e uso dell'edificio che portino efficienza e risparmio energetico, minimizza l'impiego di petrolio producendo energia da fonti rinnovabili, predilige soluzioni di involucro e impianti che facciano attenzione alla possibilità di sfruttare il clima e le risorse naturali e incentiva la gestione e il recupero dei rifiuti e delle acque reflue.

L'architettura sostenibile rivolge la sua attenzione principalmente all'ambiente e al suo mantenimento, riducendo gli impatti negativi su di esso, e all'uomo, attuando soluzioni che rendano gli ambienti salubri, pur mantenendo il benessere a cui è abituato; rappresenta il frutto di una mediazione e una sintesi tra le peculiarità del

⁴ *Our common future*, World Commission on Environment and Development, 1987.

contesto e le esigenze dello specifico edificio da realizzare, allo scopo di raggiungere un risultato ottimale.

In questo senso l'architettura sostenibile può riguardare sia la costruzione del nuovo che l'intervento sulla preesistenza, considerando però che, in una visione davvero sostenibile, il consumo di nuovo suolo a scopi edificabili dovrebbe essere ridotto ai minimi termini.

1.4. CHIAREZZA SUI TERMINI

Per meglio comprendere cosa si intende con le parole usate nella trattazione, è utile chiarire il significato dei termini che oggi si incontrano spesso nel linguaggio comune.

Architettura bioclimatica

Per architettura bioclimatica si intende un modo di progettare e costruire edifici in stretto rapporto alle condizioni climatiche del luogo in cui sorge, sfruttando gli apporti energetici naturali per realizzare un elevato comfort climatico interno, con un minimo apporto di climatizzazione artificiale. Tale approccio richiama l'architettura storica e l'antico sistema di costruire in rapporto al clima locale, alle sue variazioni stagionali e in base alle esigenze fisiologiche dell'uomo.

L'architettura tradizionale di ogni Paese, con i propri elementi formali e tecnici consolidati dimostra come sia possibile trovare soluzioni idonee ad ogni clima senza estremizzare l'impiantistica, costruendo con materiali e metodi differenti a seconda delle diverse esigenze e prestazioni richieste.

Bioedilizia

La definizione del termine, introdotta dall'Associazione Nazionale di Architettura Bioecologica (ANAB), traduce al meglio quello che i Paesi di lingua tedesca, originari esponenti di questo approccio all'architettura, definiscono *Baubiologie*.

La bioedilizia si occupa delle interazioni tra l'uomo e l'ambiente costruito e, in particolare, degli effetti del costruito sulla salute dell'uomo, mettendo al centro dell'attenzione la salubrità ambientale, il risparmio energetico e il minimo impatto ecologico.

L'idea che l'involucro edilizio sia assimilabile ad una terza pelle che deve mantenere un equilibrio con il cosmo, mette in primo piano, nella scelta dei materiali e delle soluzioni abitative, la compatibilità con l'uomo e con le sue attività. In questa visione si pone particolare attenzione agli effetti dannosi dei materiali di origine artificiale impiegati in edilizia, puntando alla scelta dei materiali e delle tecnologie più biocompatibili.

Bioarchitettura

La bioarchitettura, ulteriore evoluzione dei due temi precedenti, propone il rispetto dell'ecosistema naturale, ottimizzando le risorse e privilegiando l'impiego di

materiali e di tecnologie che consentano un risparmio energetico e siano biocompatibili.

Il termine, coniato dall'Istituto Nazionale di Bioarchitettura (INBAR) nel 1987, identifica un'architettura che vede l'edificio in rapporto con il luogo, il territorio naturale e antropico, attuando una serie di principi guida che collaborino tra loro, come l'uso di materiali naturali e bassi indici di fabbricazione.

"La Bioarchitettura tende alla conciliazione ed integrazione delle attività e dei comportamenti umani con le preesistenze ambientali ed i fenomeni naturali. Ciò al fine di realizzare un miglioramento della qualità della vita attuale e futura".⁵

Bio-compatibilità

Il termine è molto diffuso nel mondo dell'edilizia moderna, sia per quanto riguarda l'architettura che per i materiali. *Bio*, che significa vita, è prefisso di molte parole connesse allo studio della vita. La biologia è la scienza che studia tutte le manifestazioni della vita e i fenomeni comuni a tutti gli esseri viventi e la bioclimatica è la disciplina che analizza le relazioni tra organismi viventi e clima.

"Il termine bioclimatico deriva da una disciplina, la bioclimatologia, proposta dal Köppen agli inizi del secolo per cercare di spiegare le cause di una determinata distribuzione della vegetazione nelle varie regioni del nostro pianeta. (...) La bioclimatologia dunque studia le connessioni tra clima e vita, definisce il modo in cui l'uomo costruisce la propria casa tenendo conto dei vari tipi di clima sulla terra." ⁶

Con il termine *compatibilità* si indica, in generale, l'iterazioni tra due oggetti che si possono mettere in relazione senza comportare effetti negativi. Per *bio-compatibilità* si intende quindi l'assenza di impatti negativi nell'iterazione con gli esseri viventi e, nell'ambito delle costruzioni, l'attenzione all'uomo e alla sua salute.

Eco-sostenibilità

L'architettura moderna, si dice spesso, vuole essere "ecosostenibile", un termine nato dall'associazione di due parole: ecologia e sostenibilità. Il prefisso *eco* (da *oikos* = casa) si riferisce all'ambiente che, nel suo complesso, circonda gli esseri viventi. L'ecologia studia i rapporti fra gli organismi viventi e il loro habitat, e le

⁵ <http://www.bioarchitettura.it/istituto>

⁶ VICTOR OLGAY, *Progettare con il Clima. Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Padova, Franco Muzzio, 1981.

conseguenze di tali rapporti. In ambito costruttivo l'attenzione è rivolta all'impatto dell'edificio sull'ambiente mirando alla valutazione degli impatti a lungo termine e alla riduzione degli effetti negative.

Il termine *sostenibilità*, così come l'aggettivo *sostenibile*, è strettamente connesso al concetto dello sviluppo sostenibile spiegato nel paragrafo precedente. Nella progettazione la sostenibilità riguarda il rispetto dei luoghi, la gestione corretta delle risorse e l'utilizzo di materiali e soluzioni in un'ottica di efficienza e risparmio di energia. Per *eco-sostenibilità* si intende quindi, in primo luogo, il rispetto e l'attenzione verso l'ambiente naturale e l'integrazione nel contesto e, più in generale, un approccio di rispetto delle risorse al fine di non esaurirle.

Riqualificazione energetica

Il termine *riqualificazione*, che in generale indica un aumento della qualità dell'oggetto, è da sempre utilizzato in edilizia per indicare interventi di miglioramento su edifici esistenti.

L'espressione *riqualificazione energetica* si riferisce a quell'insieme di interventi che prevedono la totale o parziale ristrutturazione dell'edificio e/o degli impianti, al preciso scopo di migliorarne l'efficienza energetica.

Efficienza energetica

L'efficienza energetica, a cui mira la riqualificazione energetica, è il rapporto tra il rendimento, inteso come prestazione fornita, e l'immissione di energia. Il miglioramento dell'efficienza energetica è, per definizione da normativa, l'"incremento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, risultante da cambiamenti tecnologici, comportamentali, economici".⁷

Risparmio energetico

Il risparmio portato dall'efficienza energetica si definisce *risparmio energetico*, ovvero "la quantità di energia risparmiata, determinata mediante una misurazione e/o stima del consumo prima e dopo l'attuazione di più misure di miglioramento dell'efficienza energetica, assicurando nel contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influiscono sul consumo energetico".⁸

⁷ Decreto Legislativo 115/2008, art. 2.

⁸ Decreto Legislativo 115/2008, art. 2.

2. IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1. LE AZIONI E LE NORMATIVE A LIVELLO EUROPEO

2.1.1. Gli impegni internazionali

Il Protocollo di Kyoto

Nel 1992, durante la Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite tenutasi a Rio de Janeiro, fu prodotta la "Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici" ("*United Nations Framework Convention on Climate Change*" o "UNFCCC"). Obiettivo: "stabilizzare, in conformità delle pertinenti disposizioni della convenzione, le concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera a un livello tale che escluda qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema climatico. Tale livello deve essere raggiunto entro un periodo di tempo sufficiente per permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente ai cambiamenti di clima e per garantire che la produzione alimentare non sia minacciata e lo sviluppo economico possa continuare ad un ritmo sostenibile." ¹

Il trattato, legalmente non vincolante, nella versione originaria non poneva limiti obbligatori per le emissioni di gas serra alle nazioni, ma includeva previsioni di aggiornamenti, protocolli, che avrebbero posto i limiti obbligatori di emissioni.

Gli Stati infatti riconobbero subito che si trattava di una base su cui sviluppare un'azione più energica nel futuro, adottando impegni supplementari, in funzione dell'evoluzione delle conoscenze scientifiche e della volontà politica.

La Convenzione obbligava i governi firmatari a perseguire un "obiettivo non vincolante" per ridurre le concentrazioni atmosferiche dei gas serra con l'obiettivo di "prevenire interferenze antropogeniche pericolose con il sistema climatico terrestre". Queste azioni erano dirette principalmente ai paesi industrializzati, con l'intenzione di stabilizzare le loro emissioni di gas serra ai livelli del 1990 entro il 2000; altre responsabilità ricadevano invece su tutte le parti della convenzione. Le nazioni firmatarie concordarono di riconoscere "responsabilità comuni ma differenziate", con maggiori responsabilità per la riduzione delle emissioni di gas serra nel breve periodo per i Paesi sviluppati.

¹ Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici, art.2.

Avendo ricevuto le ratifiche di più di 50 Paesi, il trattato entrò in vigore il 24 marzo 1994.

Durante la terza sessione della Conferenza delle Parti (CP-3) tenutasi a Kyoto, Giappone, nel dicembre del 1997, fu deciso di adottare un Protocollo in base al quale i paesi industrializzati si impegnavano a ridurre, per il periodo 2008–2012, il totale delle emissioni di gas ad effetto serra almeno del 5% rispetto ai livelli del 1990. "Le Parti incluse nell'Allegato I assicureranno, individualmente o congiuntamente, che le loro emissioni antropiche aggregate, espresse in equivalente-biossido di carbonio, dei gas ad effetto serra indicati nell'Allegato A, non superino le quantità che sono loro attribuite, calcolate in funzione degli impegni assunti sulle limitazioni quantificate e riduzioni specificate nell'Allegato B e in conformità alle disposizioni del presente articolo, al fine di ridurre il totale delle emissioni di tali gas almeno del 5% rispetto ai livelli del 1990, nel periodo di adempimento 2008–2012." ²

Lo scopo dell'impegno, giuridicamente vincolante, era di produrre un'inversione alla tendenza ascendente delle emissioni.

Il Protocollo di Kyoto, aperto alla firma il 16 marzo 1998, è entrato in vigore il 16 febbraio 2005.

L'Agenda 21

Nel 1992, dopo la Conferenza ONU che ha visto nascere la UNFCCC, 178 Stati adottarono l'Agenda 21, un programma per la promozione di uno sviluppo sostenibile. Si tratta della pianificazione completa delle azioni da intraprendere a tutti i livelli di governo e di amministrazione del territorio, da quello mondiale a quello comunale in ogni area e in ogni attività in cui la presenza umana ha impatti sull'ambiente. L'elemento innovativo è il coinvolgimento più ampio possibile dei portatori di interesse (*stakeholder*) che operano su un determinato territorio.

L'Agenda 21, mira a cogliere anticipatamente gli elementi di incompatibilità esistenti tra le attività socio-economiche e le politiche di protezione e salvaguardia dell'ambiente, stabilisce i criteri e gli obiettivi di carattere generale da perseguire entro prestabiliti limiti di tempo, e contiene proposte dettagliate per quanto riguarda le aree economiche, sociali e ambientali.

² Protocollo di Kyoto, art. 3, comma 1.

Approvata dai partecipanti alla conferenza europea sulle città sostenibili, che si svolse ad Aalborg, in Danimarca, dal 24 al 27 maggio 1994, la Carta di Aalborg costituisce l'impegno delle amministrazioni locali europee ad attuare l'Agenda 21 a livello locale e a elaborare piani d'azione a lungo termine per uno sviluppo durevole e sostenibile, nonché ad avviare la campagna per uno sviluppo durevole e sostenibile delle città europee.

"Le amministrazioni locali dovrebbero dialogare con i cittadini, le organizzazioni locali e le imprese private ed adottare una propria "Agenda 21 locale". Attraverso la consultazione e la costruzione del consenso, le amministrazioni locali dovrebbero imparare dalla comunità locale e dal settore industriale e acquisire le informazioni necessarie per formulare le migliori strategie. Il processo di consultazione intende accrescere la consapevolezza delle famiglie sulle problematiche dello sviluppo sostenibile. I programmi, le politiche, le leggi e i regolamenti adottati dalle amministrazioni locali per raggiungere gli obiettivi di Agenda 21 dovrebbero essere valutati e modificati sulla base dei programmi di azione locale concertati. Potrebbero essere messe in atto specifiche strategie per sostenere richieste di finanziamento a livello locale, nazionale, ed internazionale."³ Non esiste uno schema rigido e codificato di Agenda 21 Locale in quanto i problemi da affrontare e risolvere nei singoli contesti locali sono molto differenziati. Unico è invece l'obiettivo: un'azione condivisa, programmata e responsabile per la sostenibilità locale, idonea a determinare positivi effetti sulle condizioni ambientali globali.

Il processo di costruzione della Agenda 21 locale si sviluppa intorno ad alcuni passi fondamentali. Tra di essi vi è l'attivazione di un Forum, un organismo di partecipazione della comunità locale, e la redazione di un Rapporto sullo stato dell'Ambiente. Quest'ultimo comprende, oltre alla raccolta dei dati sull'ambiente fisico, sociale ed economico su scala provinciale, anche la redazione del Piano di Azione Ambientale, un programma di azioni concrete, aggiornabile, volte a migliorare le condizioni del territorio e la qualità della vita dei cittadini e necessarie per raggiungere gli obiettivi prefissati.

La valutazione della sintonia tra i piani tradizionali di organizzazione del territorio (PTP, Piani di sviluppo, Piani d'area, ed i PRG comunali, ecc) ed il Piano di Azione

³ Agenda 21, capitolo 28, paragrafo 3.

ambientale potrà essere fatta con la valutazione ambientale strategica (VAS) ossia la valutazione del grado di sostenibilità della pianificazione, rispetto agli obiettivi di qualità fissati dal Piano di Azione Ambientale. Il compito di definire e poi attuare il piano non è dell'autorità locale, ma degli "attori" della comunità: (istituzioni, mondo scientifico, imprese, sindacati, associazioni di cittadini, Comprensori, Comuni, ecc.), che hanno il compito di fissare gli obiettivi a lungo termine, stabilire le risorse finanziarie e gli strumenti di supporto.

Il pacchetto clima-energia 20-20-20

Il Parlamento Europeo, nel 2008, ha approvato il "*Pacchetto clima-energia 20-20-20*" che contiene provvedimenti operativi per contrastare i cambiamenti climatici, dimostrazione dell'impegno degli Stati dell'Unione Europea per il post-Kyoto, ovvero dopo il 2012.

Obiettivi al 2020: ridurre del 20% le emissioni di gas a effetto serra, portare al 20% il risparmio energetico e aumentare al 20% il consumo di fonti rinnovabili.

Il pacchetto comprende misure per la riduzione delle emissioni di gas serra (del 21% nel 2020 rispetto al 2005), con la revisione del Sistema di scambio delle quote delle emissioni di gas serra (European Union Emissions Trading Scheme, EU-ETS) e la "*Effort sharing*", cioè "ripartizione dello sforzo", che avalla la possibilità di attribuire ai singoli Stati membri delle quote di emissione da ridurre nei settori non compresi nella direttiva ETS (Effort Sharing extra EU-ETS).

Il pacchetto fissa obiettivi nazionali di riduzione (per l'Italia 13%), prevedendo anche la possibilità per gli Stati membri di ricorrere a parte delle emissioni consentite per l'anno successivo o di scambiarsi diritti di emissione.

Propone nuove Direttive per regolamentare il ruolo del confinamento geologico della CO₂ (*Carbon Capture and Storage - CCS*) nel mix di strategie disponibili per far fronte alla crescente concentrazione in atmosfera di CO₂ di origine antropica. Promuove inoltre l'uso di energia prodotta da fonti rinnovabili, fissando dei target nazionali vincolanti (17% per l'Italia) per garantire che, nel 2020, una media del 20% del consumo di energia dell'UE provenga da fonti rinnovabili.

Roadmap 2050

A marzo 2012 il Parlamento Europeo ha approvato un progetto della *European Climate Foundation* "*ROADMAP 2050 guida pratica ad un'Europa prospera a basse emissioni di carbonio*". Tale risoluzione non legislativa afferma la necessità,

per l'Unione Europea, di servirsi di politiche in materia di energia, trasporti ed agricoltura per ridurre le emissioni di CO₂, e migliorare l'*Emissions trading system* (ETS) al fine di rendere l'economia più competitiva e meno dipendente dalle energie fossili.

La roadmap nasce dalla considerazione che l'attuale obiettivo a breve termine non costituisce un percorso *cost-efficient* per delle riduzioni più importanti che devono essere realizzate in vista del cambiamento climatico.

Prevede quindi che l'UE raggiunga una riduzione dell'80 - 95% delle sue emissioni di CO₂ entro il 2050 e per farlo fissa delle tappe di riduzione delle emissioni: - 40% entro il 2030, - 60% entro il 2040 e - 80% al 2050.

Il Parlamento ha riconosciuto che l'ETS, il principale strumento dell'UE per ridurre le emissioni delle industrie e favorire gli investimenti ambientali, debba migliorare ed è necessario, per quanto possibile, che si "congelino" i permessi di inquinare.

Gli ultimi indicatori internazionali segnalano che le emissioni sono cresciute del 6% nel 2010 e la CO₂ si sta accumulando nell'atmosfera a un ritmo crescente, anche se l'Europa contribuisce solo all'11% delle emissioni mondiali.

L'Europa ha il compito di dimostrare che un'economia a basse emissioni di carbonio è possibile.

2.1.2. Le Direttive comunitarie

L'Europa, fin dagli anni '70, mantiene un forte impegno nella tutela della qualità dell'aria e dell'acqua, nella conservazione delle risorse e della biodiversità, nella gestione dei rifiuti e delle attività con effetti dannosi sono alcuni dei suoi ambiti d'intervento, sia a livello degli Stati membri che su scala internazionale, e le sue norme ambientali sono molto rigorose.

“La politica dell'Unione in materia ambientale contribuisce a perseguire i seguenti obiettivi:

- salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente,
- protezione della salute umana,
- utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali,
- promozione sul piano internazionale di misure destinate a risolvere i problemi dell'ambiente a livello regionale o mondiale e, in particolare, a combattere i cambiamenti climatici.”⁴

L'Unione Europea, impegnata sia sul piano interno che a livello internazionale, ha fatto della lotta al cambiamento climatico una delle priorità del suo programma di interventi, di cui è espressione la sua politica climatica.

Le Direttive, strumento attraverso il quale l'UE ha dato le indicazioni agli Stati membri negli ultimi anni, sono atti che il Parlamento europeo, congiuntamente con il Consiglio, può adottare per l'assolvimento dei compiti previsti dai trattati, perseguendo un obiettivo di armonizzazione delle normative degli Stati membri.

“La direttiva vincola lo Stato membro cui è rivolta per quanto riguarda il risultato da raggiungere, salva restando la competenza degli organi nazionali in merito alla forma e ai mezzi.”⁵

Mentre il regolamento è generale, la direttiva può essere rivolta ad un singolo o un numero definito di stati membri, anche se non sono mancate cosiddette direttive generali rivolte a tutti gli Stati. La direttiva, dettando solo un obbligo di risultato, lascia spazio all'iniziativa normativa di ogni stato cui è diretta.

Le direttive comunitarie sono recepite in vario modo dal legislatore italiano, attraverso norme primarie, ovvero atti aventi forza di legge, con sanzioni penali,

⁴ Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea, art. 191, comma 1.

⁵ Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea, art. 288, comma 3.

oppure attraverso norme secondarie, come ad esempio un regolamento di attuazione, senza legge delega, del tutto privo di conseguenze penali.

Per capire le competenze dell'UE bisogna tenere conto del principio di sussidiarietà, introdotto dal Trattato di Maastricht, che rende mobile la linea di demarcazione tra le competenze attribuite alla Comunità Europea e quelle che restano agli Stati membri.

"In virtù del principio di sussidiarietà, nei settori che non sono di sua competenza esclusiva l'Unione interviene soltanto se e in quanto gli obiettivi dell'azione prevista non possono essere conseguiti in misura sufficiente dagli Stati membri, né a livello centrale né a livello regionale e locale, ma possono, a motivo della portata o degli effetti dell'azione in questione, essere conseguiti meglio a livello di Unione." ⁶

Ed ecco di seguito le principali Direttive comunitarie in materia di energia:

Direttiva 2001/77/CE

La Direttiva riguarda la promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili. Lo scopo è quello di aumentare lo sfruttamento di queste risorse sottoutilizzate, sia per scopi ambientali che per aumentare i posti di lavoro. A tal proposito gli Stati membri sono chiamati ad adottare misure appropriate atte a promuovere l'aumento del consumo di elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili, sulla base di obiettivi nazionali stabiliti.

Direttiva 2002/91/CE

La Direttiva, rinominata EPBD (*Energy Performance Building Directive*), concerne il rendimento energetico nell'edilizia. L'obiettivo prefissato, tenuto conto dell'alto potenziale di risparmio energetico proprio del settore edilizio, è quello promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici, in considerazione delle specificità climatiche di ogni Stato, in un'ottica di efficienza economica.

Tale Direttiva è stata abrogata ufficialmente il 1° febbraio 2012 venendo sostituita a tutti gli effetti dalla Direttiva 2010/31/UE.

Direttiva 2003/87/CE

La Direttiva, denominata *Emissions Trading*, istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra all'interno della Comunità Europea, al fine

⁶ Trattato sull'Unione Europea, art. 5, comma 3.

di promuovere la riduzione delle emissioni secondo criteri che siano validi in termini economici.

L'EU ETS ovvero l'*Emissions Trading System* dell'Unione Europea, è un sistema di commercio delle emissioni dirette. Ciascuno Stato membro elabora un piano nazionale che determina le quote totali di emissione di CO₂ che intende assegnare, per ogni periodo, al gestore di ciascun impianto, per consentire di partecipare al mercato di scambio comunitario. Ogni anno i partecipanti devono restituire un numero di quote pari alle loro emissioni annuali verificate. Il deficit di quote sarà sanzionato, mentre il surplus di quote potrà essere venduto o accantonato per gli anni successivi. La direttiva ritiene che lo scambio di diritti di emissione costituisca uno strumento efficiente delle politiche ambientali e che, attraverso tale scambio, le riduzioni di emissioni avranno luogo su tutta la Comunità.

Direttiva 2006/32/CE

La Direttiva concerne l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. Scopo della direttiva è quello di raggiungere l'obiettivo di risparmio energetico rafforzando il miglioramento, sotto il profilo costi/benefici, dell'efficienza degli usi finali dell'energia. A tal fine gli Stati membri adottano misure efficaci per conseguire un obiettivo nazionale globale di risparmio energetico pari al 9% entro il nono anno di applicazione della Direttiva. Tale percentuale si calcola sull'ammontare medio annuo del consumo finale di energia, relativo ai cinque anni precedenti l'attuazione della direttiva, rappresentato dalla quantità di energia distribuita o venduta ai clienti finali. Allo scopo di raggiungere l'obiettivo prefissato la Direttiva istituisce i PAEE, ovvero i Piani di Azione nazionale in materia di Efficienza Energetica, che ogni tre anni vengono aggiornati per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Direttiva 2009/28/CE

La Direttiva, che di fatto abroga le direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE, verte sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. Stabilisce un quadro comune per la promozione dell'energia da fonti rinnovabili e fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva di energia da fonti rinnovabili. La Direttiva prescrive inoltre che ogni Stato membro assicuri che la propria quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia nel 2020, sia almeno pari al

proprio obiettivo nazionale generale per la quota di energia da fonti rinnovabili per quell'anno, e che ogni Stato adotti un piano nazionale per le energie rinnovabili.

Direttiva 2010/31/UE

La Direttiva, di fatto una rifusione della Direttiva 2002/91/CE (EPBD), tratta della prestazione energetica nell'edilizia ed è denominata EPBD2 (*Energy Performance Building Directive 2*). La Direttiva promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione Europea, tenendo conto delle condizioni climatiche esterne, delle necessità climatiche interne, in un'ottica di efficacia sotto il profilo dei costi.

A tale scopo adotta una metodologia per il calcolo della prestazione energetica degli edifici e applica requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici, sia di nuova costruzione che esistenti. Di fondamentale importanza è la prescrizione per cui entro il 31 dicembre 2020 gli edifici di nuova costruzione devono essere "edifici a energia quasi zero" ovvero "edifici ad altissima prestazione energetica, determinata in conformità all'allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze."⁷

⁷ Direttiva 2010/31/UE, articolo 2, comma 2.

2.2. IL QUADRO ITALIANO

2.2.1. Le disposizioni normative

Le normative inerenti il risparmio energetico fecero la loro comparsa nello scenario italiano nel 1976. La crisi petrolifera mondiale del 1973 riportò l'attenzione sui consumi energetici e sulla dipendenza da fonti non rinnovabili, chiarendo la necessità di creare delle regolamentazioni sull'argomento. Nel 1976 fu quindi emanata la prima legge in merito, la *Legge 373/76*, "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici", che tentava di limitare i consumi energetici in edilizia ed imponeva limiti alla dispersione termica degli involucri. Non trovò l'applicazione auspicata nell'edilizia, a causa dei pochi controlli e della poca sensibilità generale all'argomento. Di fatto portò in luce, senza risolverlo, il conflitto di interessi tra chi costruiva economizzando per ottenere dalla vendita il massimo profitto, e chi acquistava questi edifici, costruiti in modo non idoneo, che richiedevano un grande dispendio di denaro per essere climatizzati.

Nonostante questa, e la precedente *Legge 615/66* "Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico", la prima Legge considerata pioniera in Italia, in tema di risparmio energetico, è la *Legge 10/91* "Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".

Essa trovò espressione nel *Decreto Presidenziale 412/93*, "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della Legge 9 gennaio 1991, n. 10", poi parzialmente modificato dal *Decreto Presidenziale 551/99* "Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia".

In estrema sintesi la Legge 10/91 fu la prima ad imporre di verificare l'isolamento delle pareti murarie e delle coperture per evitare dispersioni di energia e sprechi. Le fonti considerate rinnovabili erano il sole, il vento, le risorse geotermiche, l'energia idraulica, le maree e la trasformazione di rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali. Anche la cogenerazione o il calore di recupero dai fumi di

scarico degli impianti termici erano considerate fonti di energia assimilabili alle fonti rinnovabili. La norma obbligava inoltre alla manutenzione degli impianti ed all'emanazione di norme attuative per la certificazione energetica degli edifici.

Solo 14 anni dopo fu emanato il decreto attuativo della Legge 10/'91, il *Decreto Ministeriale 178/2005* del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante: «Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia»".

Fu subito chiarito che questo decreto, attuativo di una legge emanata tanti anni prima, rappresentava parte dell'iter necessario per il recepimento in Italia della Direttiva Europea 2002/91/CE, sul rendimento energetico degli edifici.

Pochi mesi dopo infatti l'Italia iniziò il recepimento delle Direttive comunitarie in materia di energia, con il *Decreto legislativo 192/2005* "Attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

Questa norma, recepimento della suddetta Direttiva, viene considerata anche la normativa di riferimento in materia di certificazione energetica, poiché è la prima legge che riconosce il ruolo del certificatore energetico e le sue responsabilità. In linea di principio la norma stabilisce criteri e modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici e favorire lo sviluppo e l'integrazione delle fonti rinnovabili, disciplina la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e i criteri generali per la certificazione energetica, ed invita all'ispezione periodica degli impianti di climatizzazione. "Il decreto stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorirne lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico."⁸

Il *Decreto legislativo 311/2006* "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia", emanato ad integrazione e

⁸ Decreto Legislativo 192/2005, art. 1, comma 1.

correzione del precedente, amplia l'ambito di intervento, che ora non riguarda più solo gli edifici di nuova costruzione, ma anche gli impianti in essi installati, e i nuovi impianti installati in edifici esistenti, nonché le opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti. Dispone, inoltre, che per migliorare le prestazioni energetiche del proprio edificio o del proprio impianto si possa accedere ad incentivi o sgravi fiscali.

Con l'emanazione di nuove Direttive europee, anche l'Italia ha ampliato il proprio pacchetto normativo sull'argomento, e nel 2008 ha emanato il *Decreto legislativo 115/2008* "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE". Il decreto stabilisce una serie di misure atte al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, sotto il profilo costi e benefici, allo scopo di contribuire al miglioramento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e alla tutela dell'ambiente attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra. A sua modifica e integrazione viene emanato il *Decreto legislativo n. 56/2010* "Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE".

Nel 2009 arriva il decreto di attuazione con il *Decreto Presidenziale 59/2009* "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia". Questo decreto, attualmente in vigore, ha lo scopo di far applicare in maniera omogenea su tutto il territorio nazionale le norme per l'efficienza energetica degli edifici nuovi e da ristrutturare, definendo i criteri, i requisiti minimi e le metodologie di calcolo per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria. Lo stesso decreto specifica, però, che le sue disposizioni si applicano solo nelle regioni non già dotate di una norma specifica in materia.

Il *Decreto Ministeriale 26/6/2009* del Ministero dello Sviluppo Economico "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" è la legge nazionale di riferimento per la certificazione energetica degli edifici nuovi e preesistenti e per la definizione dei metodi di calcolo. Dal 25 Luglio 2009 le Regioni prive di norme sulla certificazione energetica degli edifici dovranno seguire le linee guida nazionali, mentre le Regioni che hanno già recepito la direttiva comunitaria

2002/91/CE dovranno conservare le proprie norme, ma adeguandole a quelle nazionali.

Nel 2011, sempre allo scopo di attuare Direttive europee, è stato emanato il *Decreto legislativo 28/2011* "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE". Tale norma definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi al 2020, in materia di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.

2.2.2. I Piani nazionali

Piano di Azione italiano per l'Efficienza Energetica (P.A.E.E.)

La Direttiva 2006/32/CE sull'efficienza degli usi finali dell'energia, ha stabilito che "gli Stati membri adottano e mirano a conseguire un obiettivo nazionale indicativo globale di risparmio energetico, pari al 9% per il nono anno di applicazione della presente direttiva da conseguire tramite servizi energetici e ad altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica." ⁹

Il riferimento è l'ammontare medio annuo del consumo degli Stati membri, ottenuto come la media della quantità di energia distribuita o venduta ai clienti finali durante gli anni 2001-2005; la percentuale di risparmio, da raggiungere entro il 2016, è data dal cumulo dei risparmi energetici annuali conseguiti nell'intero periodo dei nove anni di applicazione. Per raggiungere l'obiettivo ogni Stato istituisce il P.A.E.E., che viene aggiornato ogni tre anni.

L'Italia, ha approvato, nel 2007, il primo Piano di Azione nazionale per l'Efficienza Energetica (P.A.E.E. 2007), che ha individuato gli orientamenti del governo per raggiungere gli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica e dei servizi energetici. Nel 2011 ha redatto il secondo Piano di Azione nazionale per l'Efficienza Energetica (P.A.E.E. 2011), che di fatto rappresenta un aggiornamento del precedente piano, con la prosecuzione coerente delle azioni e delle iniziative. Il PAEE 2011, che pone le basi per la predisposizione di una pianificazione strategica delle misure di efficienza energetica su tutti i risparmi, non solo in termini di energia finale, illustra i risultati conseguiti al 2010 e aggiorna le misure di efficienza energetica da adottare per il conseguimento dell'obiettivo generale al 2016.

La metodologia di calcolo dell'obiettivo, il valore totale di risparmi energetici attesi al 2016 e le tipologie d'intervento, sono rimaste sostanzialmente le stesse, anche se all'interno del documento sono elencate, in maniera non esaustiva, altre aree di intervento che potrebbero integrare i risparmi al 2016 già stabiliti.

Il Piano fornisce indicazioni a favore dell'efficienza energetica come premessa necessaria per la realizzazione degli obiettivi in materia di energie rinnovabili e riduzione della CO₂, spingendo quindi a valutare l'attuazione della direttiva

⁹ Direttiva 2006/32/CE, art. 4, comma 1.

2006/32/CE all'interno di un contesto strategico, anche al di fuori del proprio ambito settoriale.

I programmi e le misure per il miglioramento dell'efficienza energetica nei diversi settori economici (residenziale, terziario, industriale e dei trasporti), previsti nel precedente piano, hanno portato al conseguimento degli obiettivi attesi, e il settore civile ha fornito un contributo determinante al raggiungimento degli obiettivi previsti dal PAEE 2007 soprattutto grazie all'aggiornamento normativo, l'adeguamento delle relative norme tecniche e l'incentivazione di interventi nel settore civile.

Per quanto riguarda il raggiungimento degli obiettivi di risparmio di energia primaria al 2020, stabiliti dal "Pacchetto clima-energia 20-20-20" dell'Unione Europea, il PAEE 2011, come richiesto dalla Commissione Europea, si indirizza anche verso il raggiungimento del target della riduzione del 20% della domanda di energia primaria al 2020.

Il Piano promuove una nuova edilizia ad alta efficienza energetica per edifici di futura costruzione ed esistenti. Nel settore terziario sono previste misure di miglioramento dell'efficienza in tema di: prestazioni energetiche degli edifici, condizionamento efficiente, illuminazione pubblica e degli ambienti interni. Come per il residenziale, queste misure derivano dal recepimento delle direttive 2002/91/CE e 2010/31/UE sui requisiti degli apparecchi correlati all'energia (ErP).

Quest'ultimo piano include "criteri ambientali minimi" da introdurre nelle varie fasi di definizione delle procedure d'appalto pubbliche per alcune categorie di prodotti, servizi e lavori, individuati come prioritari in relazione sia all'entità degli impatti ambientali, sia al volume di spesa pubblica coinvolti.

Gli elementi di criticità riscontrati riguardano il fatto che una parte consistente delle misure previste dal Piano d'Azione è legata a meccanismi di incentivazione non strutturali. Per questo motivo è in fase di studio uno schema di incentivazione stabile ed economicamente sostenibile per potere raggiungere gli ambiziosi obiettivi di efficienza energetica che la strategia energetica europea indica al 2020.

Piano di Azione Nazionale (P.A.N.)

La Direttiva 2009/28/CE sulla promozione sull'uso dell'energia da fonti rinnovabili, stabilisce un quadro comune per la promozione di energia da fonti rinnovabili e

fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo.

Ogni Stato membro è tenuto ad adottare un piano di azione nazionale per le energie rinnovabili, che fissa gli obiettivi nazionali per la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel settore dei trasporti, dell'elettricità e del riscaldamento e raffreddamento nel 2020, tenendo conto degli effetti di altre misure politiche relative all'efficienza energetica sul consumo finale di energia, e delle misure appropriate da adottare per raggiungere detti obiettivi nazionali generali.

Il Piano d'Azione Nazionale per le energie rinnovabili (P.A.N.), emanato dal Ministero dello Sviluppo Economico e dal Ministero dell'Ambiente nel 2010, con specifiche tecniche e orizzonti temporali diversi dal P.A.E.E., fissa obiettivi vincolanti al 2020 per ciò che riguarda la quota di energia da fonti energetiche rinnovabili (F.E.R.).

Il recepimento della Direttiva 2009/28/CE, che fornisce ulteriori indicazioni a favore dell'efficienza energetica come presupposto indispensabile per il raggiungimento degli obiettivi in materia di energie rinnovabili e riduzione della CO₂, induce quindi a valutare l'attuazione della Direttiva 2006/32/CE in un contesto strategico anche al di fuori del proprio ambito settoriale.

In effetti, la riduzione del consumo finale lordo di energia al 2020, conseguita mediante programmi e misure di miglioramento dell'efficienza energetica, agevolerà il conseguimento efficiente dell'obiettivo di produzione di energia da fonti rinnovabili.

L'obiettivo nazionale italiano, da raggiungere entro l'anno 2020, è quello di coprire con energia da fonti rinnovabili il 17% dei consumi finali lordi di energia.

In particolare, il calcolo dell'obiettivo complessivo del P.A.N. è dato dal rapporto tra consumi finali lordi di energia rinnovabile (elettricità, calore, trasporti) e i consumi finali lordi totali (CFL totali: prodotti energetici forniti a scopi energetici all'industria, ai trasporti, alle famiglie, ai servizi, all'agricoltura, alla silvicoltura e alla pesca, servizi ausiliari per la generazione di elettricità e calore, perdite di distribuzione di elettricità e calore).

Il Piano d'Azione Nazionale per le Energie Rinnovabili si inserisce in un quadro più ampio di sviluppo di una strategia energetica nazionale sostenibile dal punto di vista ambientale e risponde ad una molteplicità di obiettivi che saranno meglio delineati nel documento programmatico (Strategia Energetica Nazionale) in corso

di elaborazione. Tra questi, tenuto conto delle specificità nazionali, assumono particolare rilievo:

- 1) la sicurezza degli approvvigionamenti energetici, data l'elevata dipendenza dalle importazioni di fonti di energia;
- 2) la riduzione delle emissioni di gas climalteranti, data la necessità di portare l'economia italiana su una traiettoria strutturale di riduzione delle emissioni e di rispondere degli impegni assunti in tal senso dal Governo a livello europeo ed internazionale;
- 3) il miglioramento della competitività dell'industria manifatturiera nazionale attraverso il sostegno alla domanda di tecnologie rinnovabili e lo sviluppo di politiche di innovazione tecnologica.

Il documento disegna le principali linee d'azione per le fonti rinnovabili che si articolano su due piani. Da un lato il coordinamento tra la politica energetica e le altre politiche, tra cui la politica industriale, la politica ambientale e quella della ricerca per l'innovazione tecnologica. Dall'altro la condivisione degli obiettivi con le Regioni, in modo da favorire l'armonizzazione dei vari livelli di programmazione pubblica, con la definizione di un *burden sharing* regionale che possa responsabilizzare tutte le istituzioni coinvolte nel raggiungimento degli obiettivi.

2.3. LE COMPETENZE REGIONALI

E' con il Decreto Legislativo 112/'98 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali", in attuazione del capo I della Legge 15 marzo 1997, n.59" che lo Stato delega "alle regioni le funzioni amministrative in tema di energia, ivi comprese quelle relative alle fonti rinnovabili, all'elettricità, all'energia nucleare, al petrolio ed al gas, che non siano riservate allo Stato ai sensi dell'articolo 29 o che non siano attribuite agli enti locali ai sensi dell'articolo 31." ¹⁰ Così facendo lo Stato ha dato un certo grado di autonomia alle Regioni in tema di energia.

In particolare ogni regione è tenuta a svolgere la funzione di programmazione, indirizzo, coordinamento e controllo dei compiti attribuiti agli enti locali, e stabilisce gli obiettivi di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili e le relative modalità di raggiungimento. Alla Regione spetta, tra l'altro, l'approvazione, l'attuazione e l'aggiornamento del Piano Energetico Regionale (P.E.R.) e promuove lo sviluppo dei titoli di efficienza energetica e la diffusione delle fonti rinnovabili.

L'autonomia data alle Regioni non significa libertà totale in materia, in quanto "sono conservate allo Stato le funzioni e i compiti concernenti l'elaborazione e la definizione degli obiettivi e delle linee della politica energetica nazionale, nonché l'adozione degli atti di indirizzo e coordinamento per un'articolata programmazione energetica a livello regionale."¹¹

Lo Stato conserva la possibilità di definire dei requisiti minimi che ciascuna regione deve ottenere al fine di raggiungere un obiettivo nazionale.

In tal senso si è mosso con l'emanazione del *Decreto Ministeriale 15 marzo 2012* del Ministero dello Sviluppo Economico "Definizione e qualificazione degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili e definizione della modalità di gestione dei casi di mancato raggiungimento degli obiettivi da parte delle regioni e delle province autonome (c.d. *Burden Sharing*)."

Di fatto si tratta di una regionalizzazione dell'obiettivo di produzione energetica da fonti rinnovabili, attribuito all'Italia in sede di approvazione della Direttiva

¹⁰ Decreto Legislativo 112/'98, art. 30, comma 1.

¹¹ Decreto Legislativo 112/'98, art. 30, comma 1.

2009/28/CE. Ciò è stato fatto allo scopo di raggiungere più agevolmente l'obiettivo nazionale imposto dall'Unione Europea.

Il decreto definisce come ripartire la quota minima di incremento dell'energia prodotta con fonti rinnovabili per raggiungere l'obiettivo del 17% del consumo interno lordo entro il 2020. L'obiettivo è quello di quantificare gli obiettivi intermedi e finali che ciascuna regione e provincia autonoma deve conseguire, per raggiungere l'obiettivo nazionale al 2020 definito nel P.A.N. in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e di quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.

La ripartizione è stata effettuata in modo da tener conto della situazione pregressa e dei potenziali disponibili in ciascuna regione e provincia autonoma.

Per i consumi elettrici, si fa riferimento alla ripartizione derivante dalla media dei consuntivi dei consumi regionali di energia elettrica nel periodo 2006-2010, inclusi i consumi dei servizi ausiliari e perdite di rete pubblicati da Terna, mantenendo costante al 2020 la quota di ogni regione e provincia autonoma nell'anno di riferimento. Per i consumi termici, si fa riferimento alla ripartizione derivante dai consumi regionali di energia per usi termici nel periodo 2005-2007 elaborati da ENEA. Il valore medio consente di "normalizzare" le variazioni dei consumi energetici termici dovute alle diverse condizioni climatiche dei singoli anni del triennio. Per i consumi dei trasporti, si fa riferimento ai consuntivi dei consumi regionali di energia per trasporto nel periodo 2005-2007 elaborati da ENEA.

I valori regionali del CFL per gli anni intermedi sono ottenuti per ciascuna regione e provincia autonoma, coerentemente alla traiettoria del CFL riportata nel PAN.

"Si ripartisce a livello regionale esclusivamente l'obiettivo nazionale definito dal PAN di produzione nazionale di elettricità da fonti rinnovabili e dei consumi di fonti rinnovabili termiche. Gli obiettivi definiti dal PAN sulle fonti rinnovabili per i trasporti e sulla quantità di energia elettrica da fonti rinnovabili importata da altri Stati membri e Paesi terzi sono considerati come obiettivi da conseguire tramite azioni che coinvolgono il livello centrale e, per questo, non sono oggetto di ripartizione regionale".¹²

La tabella A all'art. 3 definisce quali sono gli obiettivi regionali, dalla situazione iniziale al 2020; gli obiettivi finali e intermedi a partire dal 2016 sono vincolanti.

¹² Decreto Ministeriale 15 marzo 2012, allegato 2.

2.4. LE SCELTE DELL'EMILIA ROMAGNA IN MATERIA ENERGETICA

2.4.1. Excursus normativo

L'Emilia Romagna rientra tra le regioni che hanno disciplinato e attivato un proprio sistema di certificazione energetica che sostituisce il *Decreto Legislativo 311/2006* prima del 2011 e che dovranno progressivamente ravvicinare le proprie disposizioni alle norme attuative nazionali. Come lei anche Piemonte, Lombardia, Liguria e la provincia autonoma di Bolzano.

In Emilia Romagna le prime pianificazioni nel settore delle Fonti Energetiche Rinnovabili risalgono al 1999, con l'approvazione del "Piano regionale di azione in materia di uso razionale dell'energia, risparmio energetico, valorizzazione delle fonti energetiche rinnovabili e limitazione dei gas serra". Il Piano era finalizzato all'acquisizione di un progetti specifici; nel 2001 sono stati stanziati i fondi per finanziare i progetti scelti. Gli interventi vertevano sulla riqualificazione energetica del patrimonio edilizio pubblico, sulla razionalizzazione energetica della pubblica illuminazione e, in generale, sulla riqualificazione energetica del sistema edilizio urbano.

Con il *Decreto Presidenziale 2679/2002* viene approvato il Piano Energetico Regionale, il cui obiettivo principale era quello di qualificare il sistema elettrico ed energetico regionale, raggiungendo l'autosufficienza elettrica entro il 2010, rispetto al 50% del 2002. La tendenza emersa dagli studi effettuati ai fini della stesura del Piano era di un'ulteriore crescita dei consumi, che avrebbe reso più difficile il raggiungimento dell'obiettivo di Kyoto, quindi il P.E.R. 2002 prevedeva azioni che dovevano portare le emissioni di CO₂ da 13,2 Mt a 11,2 Mt entro il 2010. Successivamente sono state emanate la *Delibera di Giunta Regionale 387/2002* "Prime disposizioni concernenti il coordinamento dei compiti attribuiti agli enti locali in materia di contenimento dei consumi di energia negli edifici ai sensi del comma 5, art. 30 del *Decreto Legislativo 112/98*" e la *Legge Regionale 19/2003* "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico".

La *Legge Regionale 26/2004* "Disciplina della programmazione energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia" o Legge quadro sull'energia, ha avviato le principali misure regionali in campo energetico, definendo le funzioni della Regione, delle Province e dei Comuni in materia. Alla Regione spetta, tra

l'altro, l'approvazione e l'attuazione del Piano Energetico Regionale (PER), nonché il suo aggiornamento periodico, sulla base dei risultati ottenuti. Inoltre, essa promuove ed organizza lo sviluppo dei titoli di efficienza energetica e la diffusione delle fonti rinnovabili.

La *Delibera dell'Assemblea Legislativa 156/2008* "Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici" è la norma fondamentale della Regione in materia energetica, e fin'ora sono seguite due Delibere di Giunta Regionale per aggiornare gli allegati ma nessuna revisione totale. La *Delibera dell'Assemblea Legislativa 156/2008* nasce dal recepimento dei Decreti Legislativi 192/2005 e 311/2006 che hanno recepito la Direttiva europea 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici. Il successivo aggiornamento degli allegati, *Delibera di Giunta Regionale 1362/2010* "Modifica degli allegati di cui alla parte seconda della delibera di assemblea legislativa n.156/2008" nasce come recepimento del D.P.R. 59/2009 e il D.M. 26/6/2009 elaborati ai sensi del Decreto Legislativo 192/2005 e 311/2006. Mentre la *Delibera di Giunta Regionale 1366/2011* è l'aggiornamento degli Allegato dovuto al recepimento del Decreto Legislativo 28/2011 a sua volta recepimento della Direttiva 2009/28/CE.

Con la *Delibera dell'Assemblea Legislativa 156/2008* sono entrati in vigore i requisiti cogenti di prestazione energetica

"Al fine di favorire il risparmio energetico, l'uso efficiente delle risorse energetiche, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, contribuendo a conseguire la limitazione delle emissioni inquinanti e climalteranti, anche nell'ottica del rispetto degli obiettivi posti dal protocollo di Kyoto, il presente atto disciplina in particolare:

- a) l'applicazione di requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli impianti energetici in essi installati;
- b) le metodologie per la valutazione della prestazione energetica degli edifici e degli impianti
- c) il rilascio dell'attestato di certificazione energetica degli edifici;
- d) il sistema di accreditamento degli operatori preposti alla certificazione energetica degli edifici;
- e) l'esercizio e la manutenzione degli edifici e degli impianti;

f) il sistema informativo regionale per il monitoraggio della efficienza energetica degli edifici e degli impianti;

g) le misure di sostegno e di promozione finalizzate all'incremento dell'efficienza energetica ed alla riduzione delle emissioni climalteranti." ¹³

Le modifiche principali riguardano il comportamento in regime estivo, normato dal punto 17 dell'Allegato 2, in cui si dice che gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o di trasmittanza termica periodica delle pareti opache, possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare o soluzioni idonee a ridurre il carico termico di pareti e coperture. In tali casi deve essere prodotta una adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attesti l'equivalenza con le predette disposizioni

Per tutte le categorie di edifici è fatto obbligo in sede progettuale di prevedere l'utilizzo di fonti rinnovabili a copertura di quota parte del consumo di energia termica dell'edificio con diverse quote e parametri.

¹³ Regione Emilia Romagna, Delibera di Assemblea Legislativa 156/2008, art. 1, comma 1.

2.4.2. Il Piano Energetico Regionale

Nel 2002 è stato approvato il Piano Energetico Regionale, con la *Delibera di Giunta del 23 dicembre 2002 n. 2679*, il cui obiettivo principale era quello di qualificare il sistema elettrico ed energetico regionale, raggiungendo l'autosufficienza elettrica entro il 2010. Nel 2002 infatti era emersa la tendenza ad un'ulteriore crescita dei consumi, che avrebbe reso più difficile il raggiungimento dell'obiettivo di Kyoto riguardante la limitazione delle emissioni di gas serra.

Il 14 novembre 2007 l'Assemblea Legislativa dell'Emilia-Romagna ha approvato il Piano Energetico Regionale (P.E.R.) seguendo le indicazioni della *Legge Regionale 26/2004*, "Disciplina della programmazione energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia".

I punti chiave del nuovo PER sono l'uso efficiente dell'energia, il risparmio energetico, lo sviluppo delle fonti rinnovabili, la riqualificazione del sistema elettrico, l'introduzione di nuove tecnologie nell'industria, la certificazione energetica degli edifici, lo sviluppo dei servizi di *energy management* e la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra.

Il Piano, di durata decennale, può essere aggiornato nel caso in cui i suoi obiettivi e le sue linee di intervento siano coinvolti in modo sostanziale da eventuali mutamenti del sistema energetico. E' realizzato tramite piani triennali di intervento e attualmente è in vigore il Secondo Piano Triennale di Attuazione (P.T.A.) 2011-2013.

Da un primo bilancio effettuato nel giugno del 2009, risulta che dall'attuazione del primo Piano Triennale 2008 - 2010, in meno di due anni si è avuta una forte spinta allo sviluppo di fonti rinnovabili e risparmio energetico.

La sostituzione dei vecchi impianti ad olio combustibile con quelli a tecnologia avanzata ad alta efficienza ha consentito una riduzione delle emissioni del 30%. E' cresciuto anche l'utilizzo della cogenerazione, delle biomasse e dell'eolico.

Ad integrazione degli obiettivi al 2010, nel Piano è delineato anche un set di "obiettivi prestazionali", con un orizzonte di più lunga prospettiva, al 2015. Nel set di obiettivi prestazionali si intrecciano i temi essenziali dell'uso efficiente delle risorse energetiche, della sicurezza, continuità ed economicità degli approvvigionamenti e della tutela dell'ambiente.

Per quanto attiene al risparmio energetico e all'uso efficiente delle risorse, l'obiettivo al 2015 è di ridurre nei primi 10 anni l'indice di intensità energetica di 1,5

punti percentuali all'anno, e di aumentare in egual misura il contributo delle fonti rinnovabili al consumo elettrico finale. Questo obiettivo impone un salto di qualità nelle prestazioni di edifici, processi produttivi, impianti, prodotti, mezzi di trasporto, sistemi territoriali, reti e servizi pubblici e di pubblica utilità, e richiede di essere sostenuto da una coerente politica ai vari livelli istituzionali.

3. L'INSEGNAMENTO CHE POSSIAMO TRARRE DALLA STORIA

3.1. UNO SGUARDO AL PASSATO

La questione di come controllare l'ambiente in cui vivere, creando ripari e costruzioni che permettessero condizioni favorevoli all'uomo, risale a millenni fa.

L'architettura antecedente l'avvento degli impianti era inconsapevolmente bioclimatica, data l'assenza di altri mezzi per proteggere gli abitanti dal clima ostile.

Gli antichi si rendevano conto che l'adattamento al clima era un principio essenziale e in quest'ottica l'architettura era intesa come concretizzazione del *genius loci*, lo spirito del luogo, ovvero delle proprietà della località che dovevano essere colte e comprese nell'edificio da abitare.

"Gli antichi eseperirono il loro ambiente come costituito di caratteri definiti. In particolare riconobbero essere di importanza vitale il venire a patti con il genius della località in cui doveva avere luogo la loro esistenza. Nei tempi passati la sopravvivenza dipendeva da un buon rapporto con il luogo, in senso fisico e psichico".¹

Questi sono i motivi per cui l'edificio storico, costruito prima dell'estrema evoluzione impiantistica, costituisce un modello di comportamento progettuale fondamentale. Esso andrebbe preservato anche solo per i saperi incorporati nella sua architettura, per le proprie capacità intrinseche di rispondere alla specifica identità dei contesti climatici in cui si trova.

In questa prospettiva l'architettura storica, tipicamente appropriata al sito e integrata nel contesto, rappresenta un modello a cui rifarsi per l'attenzione alla posizione, all'orientamento, a come e dove fare le aperture e altri accorgimenti tali da ridurre l'influenza dei venti freddi di tramontana ed alleviare la calura estiva del solleone.

L'apprendimento dell'architettura si è fondato per secoli sul rilievo degli edifici esistenti e sull'analisi del loro comportamento. Così facendo, e grazie ad una lunga sperimentazione delle tecnologie già adottate, è stata possibile, nel tempo,

¹ CHRISTIAN NORBERG-SCHULZ, *Genius loci. Paesaggio Ambiente Architettura*, Milano, Electa, 1996.

la progressiva selezione dei materiali e la correzione degli errori riscontrati durante il loro uso, raggiungendo un'armonia delle parti.

Studiando le soluzioni adottate dagli antichi per sopportare i cambiamenti di temperatura è possibile ricavare accorgimenti e tecniche da mettere in pratica oggi nelle nuove costruzioni. Allo stesso modo, in caso di intervento su un edificio storico, è possibile evitare che l'operazione di restauro, con l'adattamento alla nuova funzione, privi l'edificio di caratteristiche, in apparenza vezzi estetici, che alla luce di queste analisi, sono soluzioni che permettono di interagire con gli aspetti climatici del luogo.

Gli estratti di testi dell'architettura riportati nel capitolo successivo sono una dimostrazione di come l'attenzione al clima, ai venti, alle acque e all'orientamento fosse un presupposto fondamentale alla salubrità delle costruzioni.

E' la cosiddetta "evoluzione" che ha allontanato l'apprendimento dell'architettura dal rilievo e dallo studio degli edifici storici. La lettura di tali edifici, esercitata da personaggi come Brunelleschi, Alberti, Palladio era indispensabile per esplicitare la loro grammatica; oggi gli edifici storici sono considerati rilevanti come strumenti atti a rappresentare l'epoca storica che non c'è più, piuttosto che un modello costruttivo.

L'architettura storica potrebbe rappresentare un modello tipologico per l'architettura attuale; un modello di comportamento che, anche se non ancora del tutto compreso, possa correggere e integrare le carenze di quelli moderni.

Ma come apprendere dalle architetture esistenti per migliorare le architetture moderne?

Non è possibile né corretto copiarle. La filosofia del restauro filologico che imita/riproduce gli edifici del passato non è oggi applicabile e nemmeno auspicabile. Il procedimento corretto è quello di carpire il linguaggio per scrivere con nuove frasi i medesimi contenuti, estrarre saperi adottando forme appropriate alle attuali tecniche costruttive.

Stessi contenuti con diversi linguaggi.

Per secoli è avvenuto proprio questo, attraverso le tante variazioni del sistema classico.

I contenuti delle lingue architettoniche sono quelli già definiti da Vitruvio: contenuti costruttivi (*firmitas*), organizzativi e distributivi (*utilitas*), formali e stilistici (*venustas*).

3.2. LE TESTIMONIANZE ATTRAVERSO GLI SCRITTI DI ARCHITETTURA

Vitruvio

Architetto e scrittore romano vissuto nel I secolo a.C., Vitruvio è ritenuto il più famoso teorico dell'architettura. La sua importanza è dovuta al trattato *De architectura*, in 10 libri, dedicato all'imperatore Augusto, scritto probabilmente tra il 29 e il 23 a.C.

Vitruvio, nel suo trattato, spiega che gli architetti devono acquisire conoscenze e competenze in diverse materie allo scopo di progettare correttamente gli edifici.

*"Il sapere dell'architetto è ricco degli apporti di numerosi ambiti disciplinari e di conoscenze relative e vari campi (...) Grazie all'ottica, negli edifici la luce viene fatta arrivare correttamente attraverso l'esposizione a zone del cielo ben precise. (...) Occorre poi che l'architetto conosca la scienza medica, in considerazione delle zone determinate dall'inclinazione dell'asse terrestre (in greco klimata), e delle proprietà dell'aria e dei luoghi, che possono essere salubri o malsani, e delle acque; se non si prendono in considerazione infatti questi elementi non è possibile costruire alcuna abitazione salubre. (...) Con lo studio infine dell'astronomia si acquisiscono le nozioni di oriente, occidente, mezzogiorno, settentrione."*²

Con lo stesso scopo detta anche il migliore orientamento per le diverse stanze della casa, differenziate sulla base dell'uso che si intende farne.

*"E ancora, si avrà convenienza conforme alla natura se per le camere da letto e per le biblioteche le aperture luminose vengono orientate a oriente, per i bagni e gli appartamenti invernali a occidente, per le pinacoteche e quegli ambienti che hanno bisogno di una luce uniforme a nord, poiché questa zona del cielo non riceve né maggiore luce né ombra in rapporto al corso del sole, ma si mantiene regolare e invariata per l'intera giornata. (...) Nelle cantine coperte (...) aperture (...) a nord, poiché questa zona climatica non subisce in nessun momento variazioni di temperatura".*³

"Sulla corte la cucina sia sistemata nella posizione più calda, abbia inoltre congiunte le stalle per i buoi, e le loro mangiatoie guardino verso il focolare e la zona orientale del cielo, per il fatto che i buoi, se vedono la luce e il fuoco non diventano selvaggi. (...) la cella vinaria, (...) finestre rivolte a nord. Poiché se le avrà da un'altra parte che il sole può riscaldare, il vino che si troverà in tale cella intorbidato dal calore diverrà senza vigore. Invece la cella olearia deve essere disposta in modo da ricevere luce da sud e dagli orientamenti caldi. Poiché l'olio deve non congelarsi ma raffinarsi con il clima caldo. (...)

I granai siano disposti col fondo rivestito e guardanti verso nord e l'aquilone, poiché in tal modo le granaglie non possono riscaldarsi in fretta, ma rinfrescate dall'aria si conservano a lungo. E infatti gli altri orientamenti danno vita al gorgoglione e alle altre bestiole che sogliono nuocere alle granaglie. Alle scuderie siano riservate le sedi più caldi nella villa,

² MARCO VITRUVIO POLLIONE, *De Architectura*, libro I

³ *Ibidem*, libro I

purché non guardino verso il focolare. Poiché i giumenti quando stalleggiano presso un fuoco, diventano selvaggi.”⁴

Allo stesso modo è importante tenere conto del clima della città in cui si intende abitare, affinché sia salubre per i suoi abitanti e l'edificio sia costruito in stretto legame con il contesto climatico in cui sorge. In luoghi diversi gli edifici dovranno essere costruiti con principi differenti in relazione al clima, con accorgimenti atti adeguarsi all'ambiente.

“Se comprendiamo che il corpo degli esseri viventi risulta dalla combinazione degli elementi, (...) non possiamo avere dubbi sulla necessità di condurre ricerche molto accurate per scegliere le zone climatiche più temperate, dal momento che nella costruzione delle mura di una città bisognerà rispondere al requisito della salubrità.”⁵

“Saranno gli edifici privati ben disposti, se dal bel principio si rifletterà agli aspetti e ai climi, nei quali si fabbrica; imperciocché è fuori di dubbio che abbiano ad essere diverse le fabbriche che si fan nell'Egitto da quelle che si fan nella Spagna, diverse quelle del Ponto da quelle di Roma, e così anche negli altri paesi. Giacché una parte della Terra è sottoposta al corso del sole, un'altra ne resta lontana; e l'altra, che è nel mezzo, è temperata. Laonde siccome la costituzione del cielo riguardo alla Terra, per la inclinazione del zodiaco e per lo corso del sole, è naturalmente dotata di diverse qualità, con questa stessa regola conviene formare gli edifici secondo il temperamento dei luoghi e i vari aspetti del cielo.

Sotto il settentrione si hanno a fare le abitazioni a volta, il più che si può riparate, anzi rivolte agli aspetti più caldi: nei luoghi meridionali all'incontro sottoposti alla veemenza del sole, perché vi si muore dal caldo, si debbono fare aperte e rivolte a Tramontana o a Greco. Così con l'arte si ripara al danno che farebbe da sé la natura. Si prenderà negli altri paesi della stessa maniera un temperamento corrispondente al loro clima.”⁶

Francesco di Giorgio Martini

Architetto, teorico dell'architettura, pittore, ingegnere, scultore, Francesco di Giorgio Martini visse nel 1400. Originario di Siena, è ad Urbino, presso la corte di Federico da Montefeltro, che trascorse gran parte della sua vita e raggiunse i suoi maggiori successi diventando una delle figure più importanti della progettazione ingegneristica ed architettonica rinascimentale. Le sue ricerche si ampliarono allo studio dell'antico e di Vitruvio e scrisse il *Trattato di architettura civile e militare* da cui è tratto parte del paragrafo riportato sotto *“Della situazione delle case secondo i climi e i venti”*. Come Vitruvio, Francesco di Giorgio Martini riteneva che il clima fosse la prima cosa da considerare al momento della costruire di un

⁴ Ibidem, libro VI

⁵ Ibidem, libro I

⁶ Ibidem, libro VI

edificio, per l'importanza di differenziare l'architettura sulla base dell'ambiente in cui ci si trova.

*"la prima avvertenza che l'architetto debba avere è di considerare in che clima (...) si ha a fare l'edificio, e la complessione di quel luogo avvertire: perocchè il sole per i suoi vari moti diversamente discorre sopra la terra abitabile, varie zone causando, come l'esperienza ne insegna (...). Per questo altre considerazioni sono necessarie ad uno edificio in Egitto, altre in Alamania, altre in Spagna, altre in Italia, altre nella parte opposta ad Spagna; dove è da intendere che essendo la complessione umana una certa armonia e temperanza di quattro qualità contrarie ridutte al mezzo (...) ogni eccessiva qualità quella corrompe. E per questo le case da farsi sotto il mezzogiorno, debbono verso il settentrione con lumi e con stanze più usate e abitate esser volte: e per contrario quelle sotto settentrione verso mezzogiorno."*⁷

L'orientamento della stanza all'interno di una casa, secondo Francesco di Giorgio Martini, è determinato anche dalla scelta di destinare tale ambiente all'utilizzo invernale o estivo.

Allo stesso modo, si differenzieranno anche le caratteristiche architettoniche proprie della stanza, facendole ad esempio in volta e piccole o ampie e aperte.

*"(...) È da sapere che le stanze delle case verso tramontana debbano essere testudinate, ovvero in volta. A perfezione eziandio della casa, è da dividere quella in due parti, in una delle quali siano ordinate le stanze e abitazioni per il verno, e nell'altra parte la state: e quella parte debba essere con maggiore diligenza ordinata, il quale loco dominasse. Le stanze per il verno sieno volte, come è detto, a mezzogiorno, sieno in volta e piccole: quelle per la state per contrario volte verso borea, ampie e aperte. E circa questo è da avvertire che poca grossezza di muro è sufficiente a resistere al freddo, ma volendo ostare al caldo bisogna fare i muri grossi: e la ragione è manifesta, perchè il freddo è condensativo dell'aere e ingrossativo, e per questo non penetra facilmente: ma il calore per l'opposito è sottigliativo e rarefattivo, donde ne segue che con facilità i muri penetra. (...) Dopo questo è da avere avvertenza che essendo ne' luoghi bassi l'aere molto grosso, generalmente è infetto, e in luoghi eminenti per contrario troppo sottile e penetrativo: fa adunque di bisogno per conservazione della sanità, nei luoghi bassi edificare con più solari, e più abitare le stanze alte che le basse: e così per contrario nei luoghi montuosi e alti, dove è sottile l'aere, edificare da basso e fare lato l'edificio e non alto; la qual regola in Italia poco si osserva, anzi quasi il contrario in molte città si vede usarsi."*⁸

Leon Battista Alberti

Architetto, scrittore, matematico, umanista e non solo, Leon Battista Alberti viene considerato, accanto a Brunelleschi, il fondatore dell'architettura rinascimentale. Le sue riflessioni teoriche trovarono espressione nel *De re aedificatoria*, un trattato

⁷ FRANCESCO DI GIORGIO MARTINI, *Trattato di architettura militare*, parte I, libro II, capo I

⁸ Ibidem, parte I, libro II, capo I

di architettura in 10 libri, completato nel 1450 concepito sul modello del *De Architectura* di Vitruvio.

L'Alberti si focalizza sulla salubrità del luogo, spiegando che la cosa migliore è vivere in un luogo in cui l'aria sia pulita, con la giusta quantità di sole e vento, perché al contrario di terra e acqua, sui quali si può agire per migliorarli, l'aria non si può cambiare.

*"Gli antichi facevano ogni sforzo per poter disporre di un ambiente che presentasse, per quanto possibile, tutti i vantaggi e fosse scevro di ogni elemento nocivo: e anzitutto facevano molta attenzione ad evitare un clima molesto e malsano. Precauzione, questa, assai saggia e anzi indispensabile. Si ammette infatti che, se la natura del terreno o delle acque presenta qualche svantaggio, si può modificarla con opportuni accorgimenti; ma né l'ingegno né la potenza dell'uomo possono mutare il cielo. E indubbiamente l'aria che respiriamo, la quale avvertiamo essere ciò che più contribuisce ad alimentare e a conservare la vita, se sarà perfettamente pura riuscirà di massimo giovamento alla salute. (...) Ora è manifesto essere più salubre proprio quell'aria che è pura e serena, che permette la massima visibilità, che si presenta trasparente e leggera, uniforme e senza variazioni. Diremo invece perniciosa quell'aria che l'addensamento di nebbie e l'esalazione di vapori rende densa e fetida, onde una sorta di gravezza incombe sull'occhio ostacolando la vista. Nell'un caso e nell'altro credo che i fattori fondamentali, tra vari altri, delle condizioni atmosferiche siano i soli e i venti. (...) E' quindi buona norma tener conto della quantità di sole che riceve un ambiente, e in quali modi lo riceva, al fine di evitare un eccesso sia di luce che di ombra. (...) In genere tra i venti saranno preferibili quelli leggeri; ma si sopporteranno meglio i venti più pungenti e sfrenati che un'aria immobile e grave."*⁹

Come per la qualità dell'aria, Alberti spiega che il clima migliore in cui vivere è quello né troppo umido né troppo caldo, e che porre un edificio in fondo ad una valle è poco salubre.

*"Ma in generale per inalzare un edificio (...) L'ambiente dovrà essere inoltre né troppo umido (...) né tormentato dalla siccità; bensì accogliente e temperato. Se poi non sarà possibile soddisfare questa esigenza, lo si sceglierà piuttosto un po' freddo e secco che non caldo e umido più del necessario. (...) Tuttavia l'ambiente più consigliabile sarà quello che ha il clima moderatamente umido e tiepido (...). Subito dopo, in ordine di convenienza, verrà l'ambiente più soleggiato di tutti in una zona nevosa, o quello più umido e ombroso in regioni aride e assolate. In ogni caso nessun edificio, (...) sarà peggio collocato, (...), di quanto lo si celi nel fondo di una valle. (...) Pertanto la conformazione del luogo dovrà essere (...) mai sprofondata in basso, ma anzi in posizione elevata sulla zona circostante, e tale da essere continuamente allietata da buona aria."*¹⁰

Alberti dedica una parte della sua trattazione alla posizione delle stanze all'interno della casa, in funzione dell'uso e del periodo in cui si intende abitarle.

⁹ LEON BATTISTA ALBERTI, *De re edificatoria*, libro I, cap. III

¹⁰ *Ibidem*, libro I, cap. VI

"Nella suddivisione si dimostra tutta l'acutezza di ingegno e la preparazione tecnica dell'architetto. (...) Bisogna poi tener conto delle stagioni, e conferire diverse caratteristiche agli ambienti estivi e a quelli invernali. Giacché in tal senso varia la posizione e l'ampiezza delle stanze: quelle da abitarsi d'estate conviene che siano spaziose, quelle invernali possono anche essere alquanto ristrette. Inoltre le une devono essere ventilate e rivolte verso l'ombra, le altre esposte al sole. Ed è bene evitare l'eventualità che gli abitanti, uscendo da un ambiente freddo, entrino in uno caldo, o da questo in un altro esposto al gelo o ai venti, senza passare per una zona dall'aria a temperatura intermedia." ¹¹

"Sarà dunque opportuno che ogni stanza sia provvista di finestre, al fine sia di dar luce, sia di ricambiare l'aria; e dovranno esser fatte in modo da adattarsi allo scopo cui il luogo è adibito e all'ampiezza del muro; si che risultino in numero non eccessivo, né insufficiente e forniscano una quantità di luce non maggiore né minore di quanto sia necessario. Sarà bene altresì prevedere a quali venti saranno esposte le finestre stesse. Quelle infatti che accolgono venticelli salutari si potranno fare anche molto ampie da ogni lato; e sarà bene allargarle in modo tale che l'aria giunga a circolare tra i corpi degli abitanti (...) Invece le finestre che siano esposte in direzione di venti non sempre salubri, saranno situate in modo da non illuminare meno del dovuto, ma neppure di più. Si collocheranno in alto, perché il muro frapposto difenda gli abitanti dai venti; in tal modo questi vi penetreranno per quel tanto che basti al ricambio d'aria ma perdendo la loro forza e riuscendo quindi meno nocivi. E' pure da prevedere in quali modi il sole dovrà entrare in casa attraverso le finestre, le quali si faranno più o meno ampie a seconda del tipo di abitazione. Negli appartamenti estivi si faranno finestre ampie in ogni direzione nelle pareti rivolte e nord, basse e strette in quelle rivolte al sole di mezzogiorno: le une saranno meglio ventilate, le altre meno vulnerabili al sole; anche così l'illuminazione, per il risplendere continuo del sole all'intorno, sarà sempre sufficiente in luoghi come questi, dove si va in cerca, assai più che di luce, di ombra. Negli appartamenti invernali, invece, si faranno finestre molto ampie, in modo da accogliere il sole direttamente nell'interno, ma poste in alto, in modo da non esporsi troppo ai venti, che non devono investire direttamente gli abitanti nemmeno quando stanno in piedi." ¹²

Andrea Palladio

Vissuto nel 1500 Palladio fu architetto, teorico dell'architettura e scenografo del Rinascimento. Influenzato dall'architettura greco-romana, e in primo luogo da Vitruvio, è considerato una delle personalità più influenti nella storia dell'architettura occidentale.

Un contributo fondamentale di Palladio alla teoria dell'architettura è il trattato *I quattro libri dell'architettura*, pubblicato a Venezia nel 1570, che definì i canoni classici degli ordini architettonici, sviluppando la teoria delle proporzioni architettoniche già presente nell'antico trattato *De Architectura* di Vitruvio, la progettazione di ville patrizie, di palazzi pubblici e di ponti in legno o muratura e che anticipò lo stile dell'architettura neoclassica.

¹¹ Ibidem, libro I, cap. IX

¹² Ibidem, libro I, cap. XII

Nel paragrafo *Del compartimento delle stanze e altri luoghi* del II libro, Palladio spiega come disporre gli ambienti della casa a seconda dell'orientamento e dell'utilizzo, e come dividere la casa in stanze per l'inverno e per l'estate con conformazioni diverse.

"nella più bassa parte della fabrica, la quale io faccio alquanto sotterra; siano disposte le cantine, i magazzini da legne, le dispense, le cucine, i tinelli, i luoghi da liscia o bucata, i forni, e gli altri simili che all'uso quotidiano sono necessari: dal che si causano due commodità: l'una che la parte di sopra resta tutta libera, e l'altra, che non meno importa; è, che detto ordine di sopra divien sano per habitarvi, essendo il suo pavimento lontano dall'humido della terra (...).

*Appartiene anche alla comodità che le stanze per l'estate siano ampie e spaciose, e rivolte a Settentrione; e quelle per lo inverno a Meriggie, e Ponente, e siano più tosto picciole che altramente: percioche nella estate noi cerchiamo l'ombre, e i venti, e nell'inverno i Soli, e le picciole stanze più facilmente si scaldaranno che le grandi. Ma quelle, delle quali vorremmo servirci la Primavera, e l'Autunno; saranno volte all'Oriente, e riguarderanno sopra giardini e verdure. A questa medesima parte saranno anco gli studi, o librarie: perché la mattina più che d'altro tempo si adoperano."*¹³

Jean-Nicolas-Louis Durand

Architetto e teorico dell'architettura francese, vissuto tra il 1700 e il 1800, Jean-Nicolas-Louis Durand, influenzò il dibattito architettonico oltre i confini nazionali.

Per 40 anni insegnante all'École polytechnique raccolse le sue lezioni in "Précis des leçons d'architecture" (1802-1805) indirizzando l'architettura verso il funzionalismo. Nell'estratto riportato, preso da quelle lezioni, egli dichiara il fine dell'architettura e le caratteristiche di un edificio ben riuscito, la solidità, la salubrità e la comodità, spiegando come ottenerle.

"Non sarà affatto difficile scoprire il fine dell'architettura. (...) è evidente ch'essa non ne ha altri se non l'utilità pubblica e privata, la conservazione, la felicità degl'individui, delle famiglie, della società.

I mezzi ch'essa deve impiegare per raggiungere un fine tanto nobile ed interessante non saranno certo più difficili da ritrovare; poiché l'architettura è fatta per l'uomo e dall'uomo, questi mezzi non possono ritrovarsi che nel suo modo di essere; alcune osservazioni elementari basteranno per farceli scoprire.

(...) in ogni tempo e in ogni luogo, tutti i pensieri e tutte le azioni umane hanno avuto per origine questi due principi, l'amore per il benessere e l'avversione per ogni specie di pena. Ecco perché gli uomini, quando isolati si costruirono dimore private, o riuniti in società innalzarono edifici pubblici, dovettero cercare: 1) di trarre dagli edifici ch'essi costruivano il più grande vantaggio e di conseguenza di farli nel modo più conveniente alla loro destinazione; 2) di costruirli nel modo meno faticoso in origine, e meno dispendioso in seguito, allorquando il denaro divenne il prezzo del lavoro.

¹³ ANDREA PALLADIO, *I quattro libri dell'architettura*, libro II, cap. II

Perciò, convenienza ed economia; ecco i mezzi che deve naturalmente impiegare l'architettura e le fonti da cui essa deve attingere i suoi principi (...).

Innanzitutto perché un edificio sia conveniente occorre ch'esso sia solido, salubre e comodo.

Sarà solido, se i materiali che si impiegano sono di buona qualità (...) se l'edificio posa su buone fondamenta; se i sostegni principali sono in numero sufficiente, posti perpendicolarmente per avere maggiore forza, e piazzati a distanze eguali, affinché ciascuno d'essi sostenga una egual porzione di carico; infine se tra tutte le sue parti, sia orizzontalmente che verticalmente, vi è (...) connessione.

Sarà salubre, se piazzato in un luogo sano; se l'area o il pavimento è sollevato al di sopra del suolo e garantito dall'umidità; se muri riempiono l'intervallo dei sostegni che ne compongono l'ossatura e difendono dal calore e dal freddo la parte interna; se questi muri sono forati da aperture capaci di lasciar penetrare l'aria e la luce; se tutte le aperture praticate nei muri interni corrispondono alle aperture esterne, per facilitare il ricambio dell'aria; se una copertura lo mette al riparo dalla pioggia e dal sole in modo che l'estremità di questa copertura prolungandosi al di sopra dei muri tenga lontana l'acqua; e se si trova esposto a Mezzogiorno nei paesi freddi, o al Nord nei paesi caldi." ¹⁴

¹⁴ JEAN NICOLAS LOUIS DURAND, *Lezioni di architettura*, appendice, cap. III

3.3. ARCHETIPI PER LA CLIMATIZZAZIONE

Diversi testi riportano come gli antichi si riparavano dal clima quando esso si presentava ostile, attuando soluzioni che si servivano dell'aria, dell'acqua e del terreno per contrastare le temperature esterne e ottenere l'effetto desiderato.

Approcciandosi oggi ad un edificio storico, se si ha l'accortezza di rinvenire tali soluzioni, si nota molto spesso che esse hanno perso la loro funzione a causa dell'intervento dell'uomo, che non ne ha preservato il funzionamento; questo è il caso per esempio "di Palazzo Pitti e di Villa Corsini, ove, le grate traforate dei pavimenti (oggi tutte sistematicamente accecate), i condotti e le vasche costituiscono dei veri e propri sistemi di climatizzazione."¹⁵

Gli archetipi costruttivi bioclimatici che si possono rinvenire oggi, talvolta tutt'ora in uso, sono di diverse tipologie e sempre in funzione del clima in cui sono utilizzati e delle risorse maggiormente disponibili in quel luogo.

Un'ampia famiglia di tipi architettonici utilizza lo scambio termo-igrometrico diretto con il terreno per stabilizzare la temperatura al loro interno al variare delle stagioni e lo stesso principio, combinato con la ventilazione, può creare sistemi a ventilazione indiretta, caratterizzati dalla interposizione di un componente rinfrescante, come un canale sotterraneo, tra elementi di captazione ed estrazione dell'aria e gli ambienti da raffrescare.

Sfruttando il moto dell'aria è possibile incanalare i venti per raffrescare gli ambienti utilizzando la differenza di pressione che si instaura tra aria calda e fredda.

La massa delle partizioni di involucro utile in generale sia per il riscaldamento che per il raffrescamento, se combinata con la ventilazione e strategie di controllo solare, permette di agire efficacemente sulle temperature elevate all'interno degli ambienti.

Gli edifici del passato possono quindi essere visti come esempi di costruzioni realizzate in modo da ottenere la climatizzazione degli ambienti attraverso tecniche semplici ma raffinate, messe a punto con numerosi tentativi e conosciute in tutti i paesi, sebbene utilizzate in modo diverso in relazione alle condizioni climatiche.

¹⁵ CARLA BALOCCO ET AL., *I sistemi di ventilazione naturale negli edifici storici. Palazzo Pitti a Firenze e Palazzo Marchese a Palermo*, Firenze, Alinea, 2009.

3.3.1. Il riscaldamento

Come scriveva Palladio, gli antichi per scaldare le stanze: *“facevano i camini nel mezo con colonne (...) E quando non vi volevano camini; facevano nella grossezza del muro alcune canne, o trombe per le quali il calor del fuoco, ch'era sotto quelle stanze saliva, e usciva fuori per certi spiragli, o bocche fatte nella sommità di quelle canne”*.¹⁶

Alla base di questa tecnica vi è l'“effetto camino”, principio che sfrutta il fenomeno per cui una massa di aria calda, immersa in aria più fredda, tende a salire. Tale processo si basa sulla differenza di pressione tra aria a diversa temperatura: maggiore è la differenza di temperatura tra le masse d'aria, maggiore è la spinta che si genera. Per questo motivo, qualsiasi elemento edilizio a sviluppo prevalentemente verticale, come ad esempio vani scala, cavedi e atrii, di adeguata forma, rappresenta un elemento favorevole all'insorgere di tale fenomeno. L'effetto camino aumenta con lo sfruttamento della radiazione solare incidente sulla superficie esterna del camino: essa determina un incremento di temperatura dell'aria all'interno e quindi un aumento della spinta che si genera.

Gli antichi romani misero a punto, per riscaldarsi, una tecnica costruttiva composta da un pavimento rialzato e da intercapedini poste nel pavimento e nei muri perimetrali, nei quali circolava l'aria calda prodotta da un focolare sito nei locali inferiori dell'edificio: l'ipocausto.

Diffusosi a Roma a partire dal I secolo a.C., l'ipocausto, che poteva essere “a canali” o “a pilastri”, riscaldava tramite l'irraggiamento del calore proveniente dai fumi del focolare. Nella tipologia a canali, i fumi venivano convogliati in canali posti sotto il pavimento dai quali andavano in condotti passanti prima alla base dei muri e poi in un intercapedine posta all'interno dei muri stessi. In questo modo il calore si irradiava dalle pareti. Nell'ipocausto a pilastri il pavimento poggiava, mediante pilastri di mattoni cotti, su una specie di bassissimo scantinato. I fumi attraversavano questa intercapedine e venivano estratti attraverso canali di laterizio incassati nelle pareti. Il calore che si diffondeva in un ambiente dotato di ipocausto, se la combustione era condotta con abilità evitando l'eccessivo calore, era uniforme, ma richiedeva una grande quantità di legna e carbone e di tempi di accensione lunghi.

¹⁶ ANDREA PALLADIO, Op. cit., libro I, cap. XXVII

3.3.2. Il raffrescamento

Nel corso dei secoli sono stati attuati diversi sistemi di raffrescamento, che sfruttano tutte le potenzialità del clima: l'acqua, l'aria, l'abbassamento della temperatura che avviene di notte, e molti altri. Tali sistemi, inizialmente in forma di elementi singoli dell'involucro edilizio che sfruttavano un solo elemento della natura, col tempo si sono evoluti in forme più complesse, creando soluzioni atte a risolvere più problemi contemporaneamente.

L'uso dell'acqua

Quando nei climi caldi e secchi è necessario ovviare alle alte temperature estive, un metodo efficace è l'utilizzo dell'effetto rinfrescante dato dall'evaporazione dell'acqua. Questo processo, ancora molto usato, nasce nell'antichità e oggi sappiamo che sfrutta il principio per cui l'acqua, se a contatto con aria calda non completamente satura, tenderà ad evaporare, sottraendo il calore necessario all'evaporazione dall'aria circostante. L'effettivo raffrescamento dipende dall'entità dell'evaporazione, a sua volta funzione sia della dimensione della superficie di interfaccia aria-liquido, che si aumenta creando veli d'acqua o nebulizzandola, sia dell'umidità relativa dell'aria, perché più quest'ultima è vicina alla saturazione tanto meno liquido riuscirà ad evaporare.

Sono basati sullo sfruttamento di questo principio fontane, cascate e vasche.

La massa d'aria, presente ad esempio in un patio, viene raffreddata e arricchita di umidità dall'evaporazione dell'acqua che zampilla in una *fontana* presente al suo centro, oppure dall'evaporazione, seppure meno intensa, di vasche piene d'acqua. Se la pressione dell'acqua non è sufficiente per generare un getto d'acqua si può incrementare la superficie di scambio su una superficie verticale o inclinata.

Un dispositivo tradizionale dell'architettura araba è il cosiddetto *salsabil*, un sistema che funziona anche in assenza di grandi quantità di acqua. Esso consiste in una lastra di pietra leggermente inclinata, con una superficie variamente incisa in modo da aumentare la sua estensione, su cui scorre acqua.

Il ninfeo era invece un luogo di riposo, studiato opportunamente affinché i fruitori vi trovassero condizioni di benessere fisico e mentale. La sua forma era varia, spesso rettangolare con volta a botte e abside, ma era sempre caratterizzato da

penombra, con la sensazione di trovarsi in una grotta, e dalla presenza fissa di acqua come fonte di frescura.

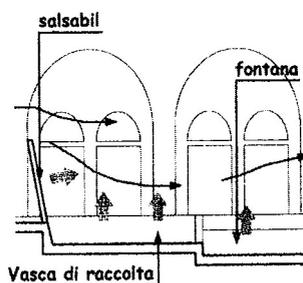


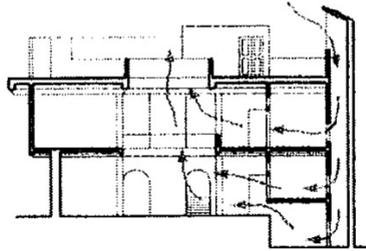
Fig. 1: schema di un sistema di raffreddamento attraverso l'uso dell'acqua ¹⁷

L'utilizzo del vento

Raffrescare disperdendo il calore, con l'utilizzo di correnti d'aria, ove esse esistono, è il modo più semplice e diretto. Tale metodo di raffreddamento dissipativo, non immediato in presenza di climi caldi e non particolarmente ventosi, è spesso legato ad elementi che svolgono la funzione di captazione e/o estrazione dell'aria (*malqaf*, lanternino, *bàdgir*) o a sistemi costruttivi più complessi, detti a ventilazione naturale diretta, perché gli elementi di captazione ed estrazione comunicano direttamente con gli ambienti da raffrescare (*qà'a*).

Per il controllo e l'incremento della ventilazione naturale, aumentare la velocità dell'aria permette di ridurre la sensazione di caldo. Sin dal tempo degli Egizi i palazzi erano dotati di *malqaf*, un elemento verticale, simile ad una torretta, che si ergeva oltre il tetto ed era aperto da un lato allo scopo di raccogliere e convogliare all'interno il vento fresco proveniente da nord. L'aria calda della casa, per effetto camino, veniva così spinta ad uscire dalle finestre poste nella parte alta delle pareti. In alcuni casi l'aria esterna, intercettata prima di entrare negli ambienti, veniva fatta passare sopra l'acqua delle cisterne o delle giare di terracotta piene di acqua, in modo da sfruttare anche l'effetto di raffreddamento generato dall'acqua. Il sistema utilizzato ancora oggi nei paesi caldi, funziona anche con ventilazione ridotta, in quanto è il calore assorbito dalle pareti e la loro stessa inerzia termica che contribuiscono ad instaurare il movimento.

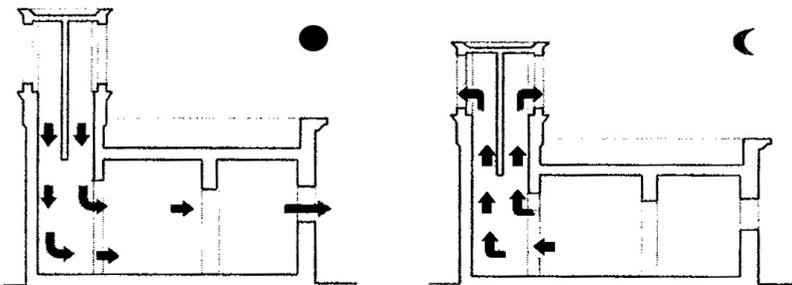
¹⁷ Immagine tratta da: CORRADO TROMBETTA, *L'attualità del pensiero di Hassan Fathy nella cultura tecnologica contemporanea. Il luogo, l'ambiente e la qualità dell'architettura*, Catanzaro, Rubbettino Editore, 2002, p. 122.

Fig. 2: Schema di un *malqaf* ¹⁸

Il lanternino, elemento deputato all'estrazione dell'aria, è una struttura cilindrica a pianta ottagonale o circolare con aperture di diversa forma, da cui esce aria per effetto camino. Si trova posto al culmine della copertura dello spazio centrale di un edificio ed è molto spesso associato alle cupole.

Caratterizzato dalla stessa struttura del *malqaf*, il *bàdgir*, utilizzato sia per la captazione che per l'estrazione dell'aria, si differenzia per la presenza di più prese d'aria poste nella parte alta della torretta, e per la suddivisione verticale in setti.

Durante il giorno le pareti del *bàdgir*, massicce e quindi con elevata inerzia termica, assorbono il calore, sia dall'esterno che sottraendola all'aria calda che si trova nel canale di areazione; In questo modo l'aria, raffreddata, scende verso il basso ed entra negli ambienti. Durante la notte le pareti del *bàdgir* cedono calore all'aria che passa al suo interno che, diventando più leggera, fuoriesce dall'alto. Tale soluzione è frequente nei luoghi in cui il vento non ha direzioni prevalenti ed assume diverse conformazioni a seconda dei climi.

Fig. 3: Schema di funzionamento di un *badgir* in fase diurna (a sinistra) e in fase notturna. ¹⁹

¹⁸ Immagine tratta da: Ibidem, p. 106.

¹⁹ Immagini tratte da: Ibidem, p. 118.

L'archetipo dei sistemi costruttivi a ventilazione naturale, di origine turca è il *qà'a*, un ambiente complesso, articolato in una serie di spazi che si intersecano.

Tale soluzione si utilizza soprattutto nelle città densamente edificate, in cui è difficile assicurare l'aerazione tra le finestre, già di dimensioni ridotte, perché gli edifici sono posti molto vicini tra loro.

Il *qà'a* di fatto è un luogo ventilato e raffrescato naturalmente grazie alla collaborazione di un *malqaf* e un lanternino che sfruttano le differenze di pressione. Il *malqaf*, posto sopravento nel lato a nord, cattura l'aria dei venti dominanti, più fredda e più veloce di quella interna, e la incanala nell'*iwanat*, dal quale poi giunge al *dur-qà'a*. Qui l'aria inizia a salire verso il lanternino che, essendo in contatto con l'esterno fa riscaldare l'aria, facendola fuoriuscire, instaurando così un sistema di estrazione attraverso le aperture dotate di *mashrabìya*. Talvolta, per aumentare il raffrescamento, al centro della stanza è posta una fontana che aumenta l'umidità relativa dell'ambiente.

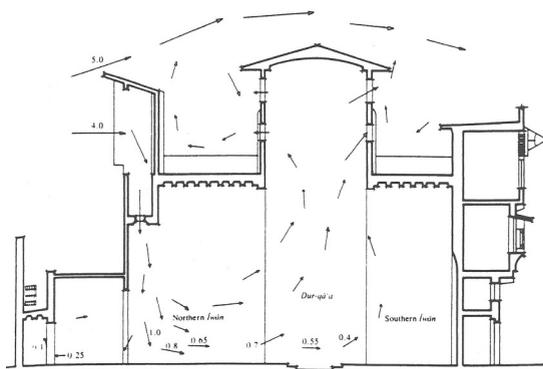


Fig. 4: Movimenti dell'aria nel *qà'a* di Casa Muhib Al Din Eshafei, Cairo (1350 d.C.)²⁰

La protezione dal sole

Le soluzioni che riguardano il sole vertono per lo più sul suo controllo in fase estiva. Generalmente si tratta dell'apposizione di schermi o griglie in corrispondenza di aperture, allo scopo di controllare i raggi solari e creare zone d'ombra all'interno degli ambienti. Un esempio caratteristico è il *mashrabìya*, un elemento di facciata che protegge, con elementi lignei, ampie aperture.

²⁰ Immagine tratta da: MARIO GROSSO, *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato: principi e archetipi bioclimatici, criteri progettuali, metodi di calcolo, esempi progettuali e applicativi*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2011, p.158.

Oggi con questo termine si intende un'apertura dotata di uno schermo costituito da listelli in legno, disposti in modo da creare pannelli geometrici decorativi, ma fino al secolo scorso veniva definito *mashrabiya* un ambiente creato a sbalzo collocato ai piani superiori degli edifici e chiuso da pannelli di legno grigliati. Poteva avere la superficie esterna piana oppure sporgente, spesso con lo scopo di contenere giare con l'acqua per raffrescare l'aria calda che passava attraverso le aperture dei pannelli ed entrava nell'ambiente.

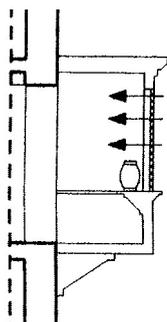


Fig. 5: Schema di un *mashrabiya* ²¹



Fig. 6: *Mashrabiya*, Damasco, Siria

Con la stessa funzione, compresa quella di assicurare la privacy, molto importante in terra musulmana, si ritrova il *claustrum*, un muro traforato creato da particolari serramenti a grata che chiudevano le aperture degli edifici. Esso si differenzia dal *mashrabiya* per il materiale di cui è costituito, che poteva essere metallo o materiale lapideo, ed è stato usato anche dagli antichi romani che lo poneva alla sommità delle ampie aperture delle terme. Un esempio di *claustrum* egiziano risalente al 1960 a.C., si trova nella sala ipostila del tempio di Karnak, in cui la sommità del sistema trilitico è chiusa con grate per attenuare i raggi solari.

Un altro sistema di raffrescamento è il reirraggiamento della radiazione solare accumulata durante il giorno, verso la volta celeste. Il principio su cui si basa è lo scambio di calore per radiazione che si instaura tra due cose a temperature diverse, in questo caso le superfici esterne dell'involucro di un edificio e la volta celeste, pur senza essere a contatto. In particolare le strutture a volta e a cupola aumentano la superficie di sviluppo del tetto, la superficie più esposta alla radiazione solare e, al contempo, al reirraggiamento verso la volta celeste, per cui

²¹ Immagine tratta da: CORRADO TROMBETTA, Op. cit., p. 118.

l'intensità della radiazioni incidente e di calore passante all'interno sono minori, mentre durante la notte vi è maggiore superficie che raffresca per irraggiamento.

La combinazione di vento e terreno

Nei sistemi costruttivi che sfruttano la ventilazione naturale e il raffrescamento geotermico passivo, la ventilazione per effetto camino aumenta con lo sfruttamento della frescura proveniente da ambienti interrati o seminterrati.

La *torre del vento* ne è un esempio, caratterizzata com'è da elementi di captazione comunicanti con gli ambienti da raffrescare attraverso un condotto interrato.

Durante il giorno l'aria captata dal *bàdgir* entra nel condotto sotterraneo raffrescandosi. Da qui l'aria accede agli spazi abitati dell'edificio a cui il condotto sotterraneo è collegato e, riscaldandosi a contatto con l'aria interna, tende a salire per effetto camino fuoriuscendo dalle aperture poste più in alto rispetto all'ingresso nell'ambiente dell'aria raffrescata. Di notte, quando l'aria esterna è più fredda, il ciclo si inverte e il *bàdgir* funziona da estrazione dell'aria più calda che è al suo interno per effetto del rilascio del calore da parte delle pareti della torre.

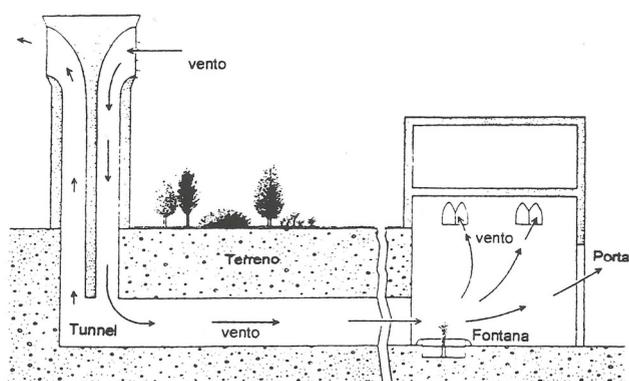


Fig. 7: Schema di funzionamento di una torre del vento iraniana associata ad un condotto sotterraneo. ²²

Un luogo per passeggiare al riparo dalla calura estiva, nell'antica Roma, era il criptoportico, un corridoio voltato a botte del tutto o in parte interrato, la cui areazione e illuminazione erano garantite da bocche di lupo o da lucernari. Di fatto si trattava di una sorta di muro di contenimento in caso di terrazzamenti, di

²² Immagine tratta da: MARIO GROSSO, Op. cit., p.159.

sottostruttura della casa o di collegamento tra diversi ambienti, sebbene vi sono esempi anche in paesaggi pianeggianti.



Fig. 8: Criptoportico, villa Adriana, Tivoli (Roma)

Un altro esempio dell'utilizzo combinato di vento e terreno è dato dal "sistema dei ventidotti", o covoli, una soluzione caratteristica di alcune ville prepalladiane di Costozza (Vicenza). Tali ville erano collocate in corrispondenza dell'uscita inferiore dei covoli, cavità caratterizzanti il sito collinare di quest'area del vicentino e talvolta prolungate con condotti artificiali in epoca romana per utilizzarli per l'estrazione della pietra. L'aria all'interno dei covoli, più fredda e più densa di quella esterna, per effetto dell'inerzia termica del terreno, scivolava lungo i covoli fuoriuscendo dall'apertura praticata tra ventidotto e locale interrato. Da qui l'aria fresca entrava nei vani superiori attraverso una griglia a rosone e, unendosi a quella più calda già presente diminuiva di densità, saliva verso l'alto fuoriuscendo dalle finestre.

*"essendo ne i monti di detta Villa, alcune cave grandissime, che gli habitatori di quei luoghi chiamano covali, e erano anticamente petraie, (...) nelle quali nascono alcuni venti freschissimi; questi gentil'huomini per certi volti sotterranei, ch'essi dimandano Ventidotti; gli conducono alle loro case, e con canne simili alle sopradette conducono poi quel vento fresco a tutte le stanze, otturandole, e aprendole a lor piacere per pigliare più, e manco fresco, secondo le stagioni. E benché per questa grandissima comodità sia questo luogo maraviglioso; nondimeno molto più degno di essere goduto e visto lo rende il carcere de' Venti, che è una stanza sotterranea (...) chiamata EOLIA: ove molti di detti ventidotti sboccano."*²³

²³ ANDREA PALLADIO, Op. cit., libro I, cap. XXVII

La combinazione di acqua e terreno

La camera dello Scirocco, in origine costruita per essere abitata in Sicilia nel periodo in cui tirava lo Scirocco, era generalmente ipogea o semipogea, con una sorgente di illuminazione in sommità. La camera dello Scirocco era collegata all'edificio principale attraverso una galleria sotterranea, spesso percorsa da canalette d'acqua che contribuivano all'effetto di raffrescamento attraverso l'evaporazione. La struttura era realizzata con volte in pietra ricoperte di terreno piantumato, per garantire una massa termica elevata dipendente dalla dimensione della camera e dello spessore della terra sovrastante.

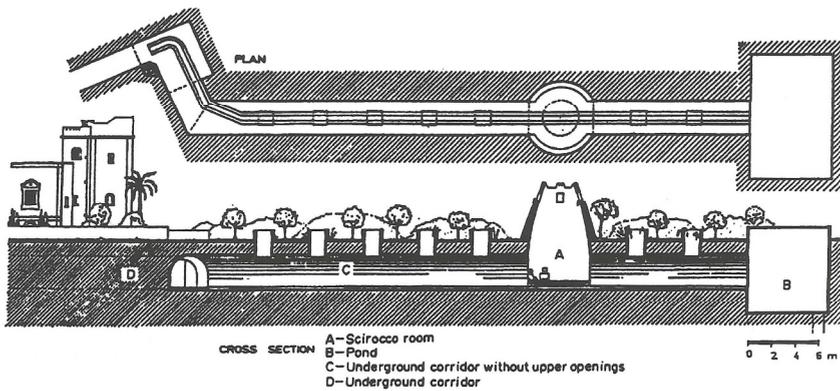


Fig. 9: Camera dello scirocco a Palermo: il caso della villa Amblesì Naselli.²⁴

²⁴ Immagine tratta da: MARIO GROSSO, Op. cit, p.166.

3.4. SOLUZIONI BIOCLIMATICHE NELL'ARCHITETTURA STORICA

Come già detto, il tema della climatizzazione degli edifici storici è importante per apprendere dall'architettura del passato ad inserire accorgimenti bioclimatici nelle costruzioni moderne. La comprensione delle condizioni microclimatiche, come temperatura e velocità dell'aria, all'interno degli edifici storici, risulta essere rilevante inoltre per ripristinare, ove possibile, le soluzioni ottimali alla loro conservazione.

Un interessante studio sull'argomento ha riguardato i sistemi di raffrescamento passivi all'interno di due esempi di edilizia monumentale risalenti al periodo tra il '500 e il '700, Palazzo Pitti a Firenze e Palazzo Marchese a Palermo.²⁵

In queste due realtà molto diverse sia per clima e microclima, che per posizione e contesto, sono stati individuati meccanismi di ventilazione naturale ai fini del raffrescamento, sulla falsariga degli accorgimenti spiegati nelle pagine precedenti. Nonostante le differenze di forma e clima, le soluzioni riscontrate sono simili; in entrambi i casi vi è l'utilizzo di l'aria fresca proveniente da ambienti interrati o seminterrati, in cui l'acqua aiuta l'inerzia termica garantita dal contatto col terreno a mantenere la temperatura sufficientemente bassa, anche se vi è un continuo ricambio con aria calda esterna.

Lo studio, che ha effettuato simulazioni transitorie sul modello tridimensionale di questi edifici, ha mostrato come in entrambi i casi i risultati confermino il funzionamento del sistema. La ventilazione naturale assicura condizioni microclimatiche interne stabili, e quindi un'efficace effetto di raffrescamento degli ambienti, al variare della temperatura dell'aria esterna e dell'irraggiamento solare, attraverso un'adeguata circolazione d'aria interna.

Palazzo Pitti a Firenze

“Nel 1577 (...) il cronista Alessandro Pezzano (...) riferisce la presenza “sotto detto terreno” dell'ala sinistra di due cantine “bonissime” collocate nelle adiacenze dell'accesso principale del palazzo quattrocentesco; nel 1584 nel pavimento delle corrispondenti camere terrene furono collocati rosoni traforati che attualmente risultano chiusi ma ben visibili nel piano seminterrato che permettevano il passaggio dell'aria fresca. (...) Al centro della “grotticina con fonte” indicata da Giacinto M.Marmi anche come “stanza dipinta a Grottesche e Fonte, dove la

²⁵ CARLA BALOCCO ET AL., Op. cit.

*Ser.ma Gran Duchessa (Vittoria della Rovere) si assetta la testa", si apriva un rosone, chiuso negli interventi ottocenteschi, che permetteva di raffreddare l'ambiente mediante l'aria proveniente dal piano seminterrato. Lo stesso sistema di ventilazione naturale, tramite il pavimento, era presente nella sala adiacente, chiamata attualmente sala dei vasi di Lorenzo; ancora oggi è visibile nella copertura dell'ambiente sottostante la traccia dell'apertura. (...) Il Marchese De Sade, che nel 1775 visitò il palazzo annotò: " (...) Tutti i locali inferiori, per rinfrescare l'aria, hanno una specie di griglia di ferro, collegata con i sotterranei, che riesce ad attenuare il caldo a meraviglia".*²⁶

Gli edifici analizzati nello studio sono quelli posti nella parte sinistra del piano terra, utilizzati dai Medici come appartamento estivo, in cui sono presenti, al centro di ciascuna sala, delle griglie in marmo, oggi otturate, attraverso le quali si può supporre che giungesse aria fresca dal locale seminterrato. L'appartamento, che è una successione di sale collegate, ha i sotterranei sottostanti con la stessa conformazione e coperti con volte a botte lunettate. Si nota, oltre ad un canale perpendicolare alla facciata che si incunea sotto la piazza come nei ventidotti di Vicenza, che in molti di questi vani sono presenti vasche e cisterne, il che fa supporre che si utilizzasse l'acqua per abbassare la temperatura dell'aria. Tali locali sotterranei sono collegati all'esterno attraverso scannafossi da cui entrava l'aria esterna e il passaggio dell'aria fresca avveniva attraverso condotti circolari posti al centro del solaio che, al piano terra, erano chiusi da griglie poste nel pavimento, almeno una in ogni sala.

Oggetto di particolare attenzione è stata "la cisterna", un ambiente ipogeo posto sotto l'ultimo salone del lato sinistro che probabilmente non serviva solo come vano per la raccolta delle acque. La sala, di forma quadrata con una vasca al centro a cui si poteva avere accesso, attraverso la sala attigua, da una scala che partendo dalle cantine collegava tutti i piani fino al tetto, poteva avere un utilizzo simile alle camere dello Scirocco siciliano e quindi essere utilizzata come spazio di relazione e rifugio estivo per i nobili abitanti del palazzo.

Oltre a questo tipo di raffrescamento, gli ambienti potevano godere della ventilazione che si instaurava mettendo in comunicazione il Giardino di Boboli e piazza Pitti. Aprendo le finestre che si affacciavano su entrambi, infatti, era

²⁶ Ibidem, p. 44, 48, 62

possibile creare una ventilazione tra il giardino, arricchito tra l'altro con grandi fontane, e la piazza antistante grazie alle diverse temperature dell'aria.

Tale sistema permetteva inoltre di aumentare il tiraggio dell'aria fresca dai locali interrati.

Palazzo Marchese a Palermo

Nel cuore della città, senza spazi verdi circostanti, Palazzo Marchese è circondato da edifici di diversi piani che si affacciano su strade strette. La ventilazione naturale oggetto di studio interessa la Sala delle Colonne, posizionata tra lo stretto e alto cortile del palazzo e l'ampio chiostro del collegio. Nella sala, con soffitto alto e aperture sui lati lunghi, si instaura un moto dell'aria, dal cortile esposto a nord-ovest, verso il chiostro del collegio esposto a sud-est.

Il salone, di pianta allungata, utilizzava inoltre l'aria fresca proveniente dal piano sottostante, un corridoio a volta a botte lunettata su cui si aprono diversi vani voltati a botte. L'ipotesi è che il raffrescamento avvenisse per la combinazione dell'inerzia termica dei locali interrati con la presenza di un corso d'acqua che scorreva sotto il livello del pavimento delle cantine, il *qanat*, intercettato nell'ultima sala del seminterrato, che aiutava a refrigerare l'aria che giungeva all'imboccatura dei condotti sufficientemente fredda.

I condotti che mettono in comunicazione i due ambienti, scavati nella roccia, appaiono come aperture di sezione rettangolare nei soffitti del piano seminterrato e come griglie collocate ai piedi delle porte finestre nella Sala delle Colonne.

Tali griglie, che permettevano l'ingresso dell'aria fresca, si aprono anche verso il chiostro, il che potrebbe indicare che tale sistema nacque quando i gesuiti inglobarono il palazzo nel loro collegio e che le aperture servissero a raffrescare i padri gesuiti quando passeggiavano nel chiostro.

4. CONSIDERAZIONI SUL TEMA

"Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs."

Our common future,
Report of the World Commission on
Environment and Development, 1987.

Le costruzioni moderne, esito di processi costruttivi indifferenti ai luoghi, al clima e alle tradizioni costruttive, sono caratterizzate da un debole rapporto con il sito in cui sorgono.

Questa diffusione di modelli abitativi inadeguati, ha creato problemi dal punto di vista economico, dal quello del benessere e, non ultimo, dal punto di vista ambientale. In particolare, le conseguenze in termini climatici di questo *modus operandi* sono sotto gli occhi di tutti, ed è quindi necessario mettere in atto un sistema di sviluppo sostenibile, che non permetta di esaurire le risorse disponibili lasciando ai posteri il compito di porre rimedio agli errori fatti.

Le normative in questo senso, come visto, sono tante e in continua evoluzione, così come tanti sono gli obiettivi da raggiungere per ovviare ai problemi ambientali.

Sia a livello internazionale, che nazionale, che regionale, si sta lavorando per diminuire il fabbisogno energetico ed aumentare la quota di energia prodotta con fonti rinnovabili.

Dall'osservazione degli edifici storici si è visto come, a seconda dell'area geografica in cui si trovano, come postulano gli antichi trattati di architettura, si individuano costruzioni diverse per forma, tetto, superfici trasparenti, portici, patii e fontane.

Ciascuna dimostra o nasconde precisi accorgimenti, apparentemente governati da logiche estetiche, ma in realtà profondamente vincolati ad esigenze di ordine climatico, per far fronte ai mutamenti del giorno e delle stagioni.

Il rapporto tra aperture e superfici piene, le forme, gli elementi aggettanti, le relazioni tra spazi aperti e spazi chiusi, sono tutti elementi che, benché dotati di

una valenza estetica, nascono in primo luogo come soluzioni adottate in relazione al clima.

Esiste quindi una notevole corrispondenza, negli edifici storici, tra particolari caratteristiche architettoniche e zona climatica in cui sorgono.

E' qualcosa di più di una coincidenza il fatto che, spesso, da una fotografia decontestualizzata, sia possibile risalire al Paese di provenienza di un edificio del passato. La storia ci ha insegnato che "quelle" particolari caratteristiche sono proprie di "quel" luogo e derivano, oltre che da logiche sociali, politiche e religiose, dalle relazioni con il clima.

Tali considerazioni, alla luce delle problematiche attuali, aprono ad una rivalutazione delle costruzioni del passato: da un lato offrono la possibilità di sfruttare tali insegnamenti nella costruzione di nuovi edifici, dall'altro mostrano la possibilità di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici storici valorizzando, ove possibile, tali caratteristiche per diminuire l'invasività dell'intervento.

Nonostante l'urgenza ambientale, le normative energetiche attuali, ad ogni livello, tralasciano gli edifici storici.

Essendo però tale tipologia oggi spesso oggetto di riuso, pratica positiva sia in termini di conservazione che dal punto di vista ambientale, e in considerazione del fatto che il nostro Paese è ricco di costruzioni antiche, non è pensabile accantonare il problema, sebbene tali edifici non rappresentino, numericamente, la maggioranza del patrimonio architettonico.

Gli edifici monumentali, nati come residenze nobiliari, sono passati dall'essere carceri ad essere biblioteche, musei, uffici statali, con conseguente riadattamento, più o meno invasivo, della parte interna dell'involucro.

Tutti questi rimaneggiamenti, benché talvolta siano stati eseguiti con poca accortezza, hanno permesso agli edifici di partecipare al progredire del tempo e alle trasformazioni del luogo.

Oggi il progetto di restauro di un edificio di interesse storico-artistico ha per fine la conservazione del bene.

Il suo adeguamento funzionale, dunque, rappresenta un importante passaggio strategico che garantisce la gestione e la manutenzione dell'edificio restaurato, consentendone la valorizzazione e l'inserimento all'interno delle funzioni contemporanee del territorio nel quale si colloca.

Gli edifici storici sono una risorsa da valorizzare: oggetto di un rinnovato interesse che spinge a riutilizzarli per motivi economici, estetici e ambientali, contraddistinti da una carenza normativa che induce ad ignorare il tema energetico, difficili da trasformare per le loro caratteristiche peculiari e la loro valenza storica ed estetica, caratterizzati da un intrinseco rapporto con il clima, in quanto costruiti in periodo in cui questo aspetto era tenuto in grande considerazione, sono di fatto un campo d'indagine molto interessante.

Ecco perché è utile focalizzarsi sugli edifici storici.

La riqualificazione energetica degli edifici storici.
Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

PARTE II.
NOTE SULLE PROBLEMATICHE
RELATIVE AGLI INTERVENTI
SUGLI EDIFICI STORICI

1. SCALA DI LETTURA: L'EDIFICIO DEL PASSATO

1.1. LE ALTERNE FORTUNE DEGLI EDIFICI STORICI

Nel corso della storia, gli edifici che oggi definiamo beni culturali sono stati sottoposti ad interventi più o meno accorti, a seconda del periodo in cui essi sono stati rimaneggiati; l'intuizione della necessità di un intervento non sempre ha portato all'effettiva presa di coscienza, da parte degli attuatori, dell'eredità singolarmente preziosa a cui si trovavano davanti.

Nel tardo impero gli edifici abbandonati erano spesso oggetto di spoglio dei loro materiali, pratica che si diffuse a tal punto che alla metà del IV secolo si rese necessario emanare leggi per la protezione delle costruzioni più antiche, allo scopo di mantenere il decoro urbano e proteggere la memoria della passata grandezza. Ciò che mancava era l'apprezzamento e la coscienza dell'importanza del monumento in quanto tale, fatto che si manifestò chiaramente con la legalizzazione degli spogli, segno dell'indebolirsi del richiamo al passato.

L'interesse per i monumenti antichi in Italia permèò invece il periodo rinascimentale, che vide iniziare lo studio e il rilievo dei monumenti, anche se la focalizzazione su forma e modello non riusciva a far seguire allo studio l'effettiva tutela. L'ideale consisteva nel confondersi con l'antico, l'aggiunta non si doveva distinguere dall'esistente e meglio l'artista riusciva ad imitare l'antico, più il restauro era apprezzato e lodato; talvolta però si modificavano radicalmente aspetto e significato per giungere a rappresentare ciò che si desiderava che fossero, arrivando alla distruzione di quanto era il monumento originario.

Già dalla metà del XV secolo nel governo pontificio cresceva la preoccupazione per i significati architettonici e archeologici della tutela.

Fra il XVI e il XVII secolo l'attenzione controriformistica si volse alle antichità cristiane, con lo scopo di conservare le reliquie della chiesa primitiva. Come spesso è accaduto nella storia, teoria e pratica non procedevano al medesimo livello, tanto che nel XVI secolo e in età barocca i letterati e gli eruditi del periodo avevano raggiunto posizioni di rispetto dell'antico molto più avanzate di quelle degli artisti militanti.

Nonostante ciò, proprio fra il XVI e il XVII secolo, vi sono numerose testimonianze che dimostrano la presa di coscienza della necessità di tutelare la materia antica.

Nel XVIII secolo l'interesse comune alla protezione dei monumenti, si declinò in diversi filoni di pensiero, fatto che sottolineò la mancanza di leggi comuni. Sono del XVIII secolo e dei suoi protagonisti i concetti di conservazione, reversibilità, minimo intervento, ancora oggi alla base del restauro.

Col nascere del moderno senso storico e con lo sviluppo dell'archeologia e della storia dell'arte si giunse, tra fine Settecento e primo Ottocento, ormai in età neoclassica, a parlare propriamente di restauro, con una coscienza del valore artistico e storico del monumento propria del metodo moderno.

Alle soglie dell'Ottocento le anticipazioni conservative acquisirono più rigore e profonda chiarezza. L'attività sulle preesistenze era finalizzata alla perpetuazione delle testimonianze storico artistiche, dei cosiddetti monumenti in quanto tali, con la coscienza che gli antichi oggetti si conservano non perché utili, ma in quanto memorie storiche o espressioni di alta qualità figurativa.

Questo nucleo fondante e iniziale di tutta la vicenda dal XIX secolo ad oggi, ha dato però origine a diverse scuole di pensiero.

Si possono individuare in tre personaggi vissuti nell'Ottocento i grandi filoni di pensiero del restauro, ancora attuali.

Da un lato Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc, francese, che auspicava il ripristino, il rifacimento nello stile dell'epoca, al fine di restituire l'unitarietà originaria all'edificio. Dall'altro John Ruskin, inglese, che vedeva il restauro come opera di distruzione e come annullamento dell'autenticità dell'opera, a favore invece della conservazione di tutte le stratificazioni storiche, comprese quelle apparentemente più insignificanti, ritenendo che fosse preferibile la costante cura delle opere antiche piuttosto del rischio di manomissione. In posizione intermedia si trovava Camillo Boito, italiano, che mirava a conservare non evitando il restauro, ma intervenendo con attenzione e mettendo in evidenza le aggiunte.

Ai primi del XX secolo iniziò una più decisa regolamentazione degli interventi sugli edifici storici, sia in campo italiano che internazionale, con la redazione delle carte del restauro e l'emanazione di leggi di tutela effettivamente vincolanti.

Dal secondo dopoguerra a oggi l'attenzione nell'azione su questi edifici ha subito un progressivo incremento. Se subito dopo la seconda guerra mondiale, data l'enormità di edifici danneggiati, non si prestava la dovuta attenzione a ciascuno di essi, negli ultimi decenni l'atteggiamento è profondamente cambiato.

Le ragioni che spiegano il motivo del rinnovato interesse nei confronti del patrimonio edilizio esistente sono molteplici, e vanno dalla riduzione dell'attività di costruzione del nuovo alla saturazione territoriale, dal calo demografico alla crisi economica; un complesso di motivazioni che ha condotto ad un cambio di visione e ad una più matura coscienza della necessità di usare al meglio l'esistente, proficua risorsa culturale, sociale e finanziaria. Un'occasione, per gli edifici storici, di essere mantenuti in vita con un'appropriata funzione e un rispettoso restauro.

Il rinnovato interesse per la tutela dei beni culturali ha posto ovviamente l'accento su quali beni includere sotto le leggi di tutela. Il termine "bene culturale" si è andato via via ampliando, così come l'ambito entro il quale si attua il restauro.

Il termine monumento, nella dizione tradizionale del termine, non coglie l'attuale interesse per la totalità degli edifici storici, siano essi esempi di edilizia minore (come molte costruzioni rurali o gran parte del tessuto urbano dei nostri centri antichi) o espressioni di architettura maggiore (cioè monumenti in senso stretto).

E' quindi utile riportare un passo che spiega cosa si intende con quella parola "monumento" che spesso si usa e che, sebbene superata da altri termini, rimane valida ed efficace.

"Monumento", nel senso etimologico del termine, significa documento, ammonimento, testimonianza ed in tal modo era correntemente impiegato dagli eruditi del XVII e XVIII sec. (...). Non significa, se non indirettamente e nel parlare comune, l'opera eccezionale per valori di storia e d'arte, né il solo monumento cosiddetto intenzionale(...). Monumento, a rigor di termini, non è quindi soltanto il Colosseo (...) ma tutto ciò che assume valore di testimonianza storica (per la sua antichità) o artistica (per la sua qualità)(...). I segni dell'antropizzazione, dagli agrumeti della penisola sorrentina ai resti della centuriatio romana nella pianura padana".¹

Ne deriva che per monumento si intende qualcosa di più ampio di quanto si pensi comunemente; il termine comprende tutta la città antica e le tracce storiche del lavoro umano sul territorio e in questo senso, oggi vi è l'estendersi dell'attenzione conservativa ad una quantità di beni molto più ampia rispetto al passato.

¹ GIOVANNI CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Napoli, Liguori, 1997.

1.2. IL QUADRO NORMATIVO

1.2.1. I documenti internazionali

Fino al XX secolo, quando si sentì il bisogno di unificare metodi e principi, le nazioni avevano approcci molto differenti al restauro.

L'esigenza di creare un'efficiente cooperazione tra le nazioni per risolvere i problemi legati alla salvaguardia del patrimonio artistico, diede origine alla *Carta d'Atene*, documento redatto al termine della Conferenza di Atene del 1931.

Questa Carta, di grande importanza per il suo carattere di internazionalità e in gran parte ispirata da Giovannoni, formulava 10 norme di principio per gli Stati. La tendenza emersa rifiutava le restituzioni integrali e il restauro stilistico, e tendeva a vedere il restauro come atto ultimo a cui ricorrere in caso di consistente degrado o distruzione, favorendo invece in primo luogo la manutenzione, atto considerato più efficace per conservare gli edifici.

Nel 1964 la Carta di Venezia riprese il valore della manutenzione, individuando nell'utilizzazione in funzioni utili alla società la conservazione dei monumenti, pur considerando sempre in primo luogo di non alterare i caratteri propri dell'edificio. Anche in questa Carta viene ribadito il carattere di eccezionalità del restauro, che per essere correttamente eseguito deve essere preceduto da uno studio storico e deve portare il segno dell'epoca in cui è stato eseguito.

A Parigi nel 1965, come risultato della Carta di Venezia, fu fondato l'*International Council of Monuments and Sites* (ICOMOS), un'organizzazione internazionale non governativa con lo scopo principale di promuovere la teoria, la metodologia e le tecnologie applicate alla conservazione, alla protezione e alla valorizzazione dei monumenti e dei siti di interesse culturale.

Nel 1972 a Parigi la Conferenza generale dell'UNESCO, l'*Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura* fondata nel 1945, osservò che il patrimonio culturale era sempre più a rischio di degrado e distruzione. Per porvi rimedio adottò la *Convenzione sul Patrimonio dell'Umanità* con lo scopo di identificare la lista di quei siti che, per la loro eccezionale importanza dal punto di vista culturale o naturale, sono di interesse tale da richiedere di essere conservati come patrimonio mondiale dell'umanità. Da allora una delle missioni dell'UNESCO è quella di mantenere la lista dei Siti Patrimonio dell'Umanità, la cui conservazione e sicurezza è ritenuta importante per la comunità mondiale.

A conclusione del Congresso sul patrimonio architettonico europeo, tenutosi ad Amsterdam nel 1975, fu promulgata la "Carta europea del patrimonio architettonico", che unitamente alla "Dichiarazione" successiva forma la "Carta della conservazione integrata".

Tale Carta, che inizia ampliando il concetto di patrimonio architettonico europeo anche agli "insiemi degli edifici che costituiscono le nostre città e i nostri villaggi tradizionali nel loro ambiente naturale o costruito", ha un elemento fondamentale: il concetto di "conservazione integrata" che unisce l'intervento di restauro all'inserimento di una destinazione d'uso appropriata all'edificio.

Nel 1985, a Granada, gli Stati membri del Consiglio d'Europa firmarono la *Convenzione europea per la salvaguardia del patrimonio architettonico*, definendo quest'ultimo "un'espressione insostituibile della ricchezza e della diversità del patrimonio culturale dell'Europa, una testimonianza preziosa della memoria collettiva e un bene comune a tutti gli Europei".

Con lo scopo di una politica comune, che garantisca la salvaguardia e la valorizzazione del patrimonio architettonico, per tramandare alle generazioni future un sistema di riferimenti culturali, migliorare l'ambiente di vita urbana e rurale e favorire lo sviluppo economico, sociale e culturale dello Stato e delle Regioni, la Convenzione richiama ciascuno Stato a ridurre gli effetti nocivi dell'inquinamento e ad adottare una politica di conservazione integrata "che faccia della conservazione, dell'animazione e della valorizzazione dei beni protetti l'elemento più importante della politica in materia di cultura, di ambiente e di pianificazione del territorio".

La Carta sottolineava inoltre l'importanza di occuparsi anche di quegli edifici non da tutelare in quanto tali, ma importanti come parti dell'insieme dell'ambiente in cui si trovano, sia esso rurale o urbano.

Per patrimonio architettonico si intendevano:

- " i monumenti: tutte le realizzazioni particolarmente interessanti dal punto di vista storico, archeologico, artistico, scientifico, sociale o tecnico, comprese le installazioni o gli elementi decorativi facenti parte integrante di queste realizzazioni;
- i complessi architettonici: gruppi omogenei di costruzioni urbane o rurali notevoli per il loro interesse storico, archeologico, artistico, scientifico, sociale o tecnico e sufficientemente coerenti per formare oggetto di una delimitazione geografica;

- i siti: opere edificate dall'uomo e dalla natura, che formano degli spazi sufficientemente caratteristici e omogenei per formare oggetto di una delimitazione geografica, notevoli per il loro interesse storico, archeologico, artistico, scientifico, sociale e tecnico."

In Italia la Convenzione entrò in vigore il 1° settembre 1989.

1.2.2. Le disposizioni italiane

Nella storia del restauro, che ha avuto l'Italia protagonista anche nello scenario internazionale, hanno avuto e hanno tutt'ora un ruolo importante numerosi documenti accomunati dall'intento di fornire alla disciplina un corpus ordinato e condiviso di regole e norme.

Il primo documento che si ritiene abbia dato il via alle disposizioni italiane che riguardano il restauro, nonostante fosse di un anno successivo al Decreto del Ministero della Pubblica Istruzione e relativa Circolare che davano disposizioni sullo studio del restauro dei monumenti, risale al 1883 ed è il *Voto conclusivo del III Congresso degli Ingegneri e Architetti Italiani*, indicato come la prima *Carta italiana del Restauro*. In esso si sosteneva l'importanza di aggiungere ove indispensabile senza mimetizzare, in modo da ottenere la netta identificazione dell'aggiunta, nell'ottica che l'autenticità è più importante della necessità all'uso. Si proclamava inoltre un carattere innovativo per l'epoca, ovvero l'abbandono della ricerca dell'unità di stile, e le discriminazioni su basi stilistiche, evitando di togliere tutto quanto è stato aggiunto successivamente all'edizione originale, ma trattando tali aggiunte come parte del monumento.

A partire da questa prima Carta, in ogni fase del dibattito sulla disciplina o in corrispondenza di mutamenti sociali, politici e culturali che la influenzavano, è corrisposta in Italia la proposta di un nuovo documento, con un progressivo mutamento degli oggetti e delle finalità del restauro insieme ad una continua specificazione delle sue definizioni e dei suoi contenuti.

Nel 1932 venne approvata la *Carta Italiana del Restauro*, redatta da Giovannoni, che delineava una versione normativa di quanto scritto nella Carta di Atene nel 1931, di cui segue i contenuti. Le *Istruzioni del Ministero della Pubblica Istruzione* emanate nel 1938 per dare forza al documento ebbero di fatto poca efficacia.

Con la messa a punto della Carta italiana del restauro nel 1972, successiva alla *Carta di Venezia* che allargava la nozione di monumento e il campo della tutela,

si ampliò e specificò ancora di più l'ambito di attuazione della tutela, catalogando separatamente "conservazione" e "restauro", e definendo il restauro come "qualsiasi intervento volto a mantenere in efficienza, a facilitare la lettura e a trasmettere integralmente al futuro le opere e gli oggetti definiti agli articoli precedenti". Corredata da specifici articoli che riguardavano distinti settori disciplinari, la Carta rifiutava ogni suggestione regressiva.

La Carta del Restauro esordisce con *"La coscienza che le opere d'arte, intese nell'accezione più vasta che va dall'ambiente urbano ai monumenti architettonici a quelli di pittura e scultura, e dal reperto paleolitico alle espressioni figurative delle culture popolari, debbano essere tutelate in modo organico e paritetico, porta necessariamente alla elaborazione di norme tecnico-giuridiche che sanciscono i limiti entro i quali va intesa la conservazione, sia come salvaguardia e prevenzione, sia come intervento di restauro propriamente detto."*

Il percorso per una più dettagliata definizione dei termini proseguì con la riforma della Carta del restauro del 1972 che il CNR ha proposto nel 1987.

Tutti questi documenti non possono essere assimilati a norme cogenti né di consiglio, ma sono una chiara rappresentazione di come si sia evoluto il discorso sulla disciplina.

Parlando di nome nello stretto significato del termine, in Italia il crescente dibattito sui principi e le procedure del restauro ha portato nel 1939 all'emanazione delle due fondamentali leggi di tutela: la Legge n.1089 per le cose d'interesse artistico e storico e la Legge 1497 "Protezione delle bellezze naturali" rielaborate e aggiornate nel Decreto Legislativo 490/'99 il "Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali". All'interno di questa norma si definisce restauro di un'opera l'intervento "volto a mantenerne l'integrità materiale e ad assicurare la conservazione e la protezione dei suoi valori culturali". La Legge Quadro sui beni culturali attualmente vigente è il Decreto Legislativo 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" secondo il quale "La tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale concorrono a preservare la memoria della comunità nazionale e del suo territorio e a promuovere lo sviluppo della cultura."² Tale norma definisce cosa si intende per patrimonio culturale, beni culturali e beni paesaggistici.

² Decreto Legislativo 42/2004, art 1, comma 2.

“Sono beni culturali le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà.”³

“Sono beni paesaggistici gli immobili e le aree indicati all'articolo 134, costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio, e gli altri beni individuati dalla legge o in base alla legge.”⁴

La Legge sottolinea l'importanza della valorizzazione dei beni culturali, promuovendone la conoscenza e assicurando la possibilità di utilizzazione da parte dei fruitori, permettendo in questo modo lo sviluppo della cultura.

Il Decreto Legislativo 42/2004 richiama la Costituzione Italiana:

“La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione.”⁵

“La potestà legislativa è esercitata dallo Stato e dalle Regioni nel rispetto della Costituzione, nonché dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dagli obblighi internazionali.

Lo Stato ha legislazione esclusiva nelle seguenti materie:

(...)

s) tutela dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali.”⁶

³ Decreto Legislativo 42/2004, art 2, comma 2.

⁴ Ibidem, art 2, comma 3.

⁵ Costituzione Italiana, art. 9.

⁶ Ibidem, art. 117 (così come è stato sostituito dall'art. 3 della Legge Costituzionale 18 ottobre 2001, n. 3).

1.3. QUESTIONI TERMINOLOGICHE

Come spesso accade, termini che esprimono concetti simili ma non identici e il cui significato esatto è spesso dominio degli esperti in materia, nel linguaggio comune vengono utilizzati come sinonimi. La chiarezza sui termini è senz'altro condizione necessaria per riuscire a comprendere appieno la trattazione successiva.

Si rimanda al glossario per una spiegazione esaustiva dei singoli termini, mentre qui si preferisce chiarire in particolare le differenze tra i diversi interventi che si possono effettuare sugli edifici storici.

Recupero e restauro

Il *recupero* indica l'intervento sulle preesistenze non riconosciute come beni culturali, per trarle da una condizione di abbandono o sottoutilizzazione. Si tratta di un'operazione che non comporta alcun preventivo riconoscimento di valore storico-artistico.

Nel *restauro* invece tale riconoscimento è condizione indispensabile cui dovrà subordinarsi ogni altra considerazione e, per attuare questo tipo di intervento, sono indispensabili conoscenze storiche e competenze tecnico-scientifiche.

L'equivoco sta nel considerare il recupero come connesso ai centri storici e all'edificato antico, mentre concerne per sua natura il costruito generico, periferie urbane e speculazioni edilizie ormai bisognose di ristrutturazione.

In sintesi: si restaura per ragioni di cultura e si recupera per ragioni economiche e d'uso.

Consolidamento e restauro

La distinzione fra "*progetto di consolidamento*" e "*progetto di restauro*" è impropria.

In un'antica costruzione, i problemi statici, quelli relativi ai singoli materiali e quelli di riuso devono essere trattati unitamente, facendo precedere all'intervento una generale comprensione dell'organismo architettonico e un'approfondita ricerca storico-critica.

È quindi concettualmente errato considerare le opere di architettura non come organismi, ma come sommatoria di materiali.

Ne deriva che il consolidamento deve essere riconosciuto come parte integrante del restauro stesso, arrivando a parlare di "problemi statici del restauro" e non di

consolidamento o di restauro così come di "problemi d'uso di edifici antichi" e non di "rifunzionalizzazione" o "recupero".

Conservazione e restauro

Il termine conservazione negli ultimi anni è stato sempre più di frequente usato per indicare le concrete operazioni sui beni culturali, soprattutto per motivi concettuali che privilegiano la natura conservativa rispetto a quella reintegrativa dell'intervento.

A rigor di termini per *conservazione* si intende un'opera di prevenzione, salvaguardia o manutenzione, da attuare per evitare che si debba poi intervenire con il restauro. Il *restauro* indica un intervento diretto ed anche una eventuale modifica dell'oggetto che, pur essendo condotto sempre sotto un rigoroso controllo storico-critico, è caratterizzato da una certa dose di invasività.

In altre parole si tratta di livelli diversi di intervento dal lato pratico, e concetti opposti nelle dispute teoriche in cui il restauro critico coniuga le due istanze storica ed estetica, contrapponendosi per definizione alla "pura conservazione", che considera come unica fonte oggettiva e stabile l'istanza storica.

Ma, se il restauro critico si oppone alla "pura conservazione", d'altra parte dialoga con la "conservazione integrata", nata con la *Dichiarazione di Amsterdam* nel 1975, che mira a coniugare le ragioni della conservazione con quelle del buon uso degli antichi monumenti e il cui fine è la buona manutenzione e la cura preventiva degli edifici.

Prima del restauro

La *manutenzione*, nel suo significato tradizionale di intervento manuale privo di coscienti implicazioni critiche, la *prevenzione*, la *tutela* e la *salvaguardia*, sono interventi meno invasivi del restauro e sono quindi da privilegiare ove possibile, in modo da ritardare l'intervento di restauro vero e proprio.

Oltre il restauro

Interventi che vanno oltre il restauro, per la tipologia di intenti, sono azioni come la *ricostruzione*, il *completamento*, la *ricomposizione* e la *ripristino*. Questi trasfigurano il monumento riprogettandolo o riducendolo a mera citazione dell'antico.

Si definiscono interventi "oltre il restauro" in quanto della materia antica, resta poco o nulla.

A lato del restauro

Termini spesso accostati al restauro, in quanto simili per tecniche ma non per fini né per gli oggetti che interessano, sono il *risanamento*, la *valorizzazione* e il *riuso* che investono comunque nelle preesistenze. Risanamento e valorizzazione stanno generalmente ad indicare interventi su edifici o interi quartieri storici, ma non definibili come beni culturali.

Il riuso invece può fare parte dell'intervento di restauro come valido mezzo per assicurare la conservazione dell'edificio, ma non ne è il fine, né può pretendere di risolvere in se tutta la problematica del restauro.

1.4. NOTE SULLE TEORIE DEL RESTAURO

Nel campo del restauro oggi esistono due opposte tendenze che difficilmente dialogano tra loro.

La prima, della pura conservazione o conservazione integrale, riconosce nell'oggetto di intervento rilevanza dal punto di vista documentale, sociale e antropologico, e, considerando l'istanza storica come l'unica realtà oggettiva, lascia inalterato tutto ciò che si è stratificato nel tempo; l'altra, del ripristino, mira a selezionare l'importanza delle modifiche, puntando alla ricreazione del linguaggio originale del monumento e, vedendo nell'istanza artistica l'importanza del monumento, riveste il compito di sostanziale difesa del dato figurale.

Tra di esse si pone il restauro critico-conservativo, che cerca di mediare tra l'istanza storica e l'istanza artistica che permeano ogni manufatto, propendendo per un differente equilibrio a seconda dello specifico caso.

Ognuna di queste correnti ha avuto nel tempo uno sviluppo e diversi sostenitori.

Se, come abbiamo visto prima, si possono individuare tre personaggi dell'Ottocento che, con i loro scritti e i loro interventi appartengono chiaramente ad una o all'altra parte, è possibile individuare in altrettanti insigni contemporanei, esponenti di ciascuna delle tendenze sopracitate.

1.4.1. Restauro come pura conservazione

*"Diremo di restauro ogni intervento che si proponga l'obiettivo della permanenza nel tempo, per quanto relativa, della consistenza fisica del bene materiale ricevuto in eredità dalla storia, del quale si possa garantire la conservazione di ogni sua dotazione e componente in uso attivo (meglio quest'ultimo se ancora originario o almeno comunque d'alta compatibilità e minimo consumo), da perseguire attraverso opportuni e calcolati nuovi apporti di progetto (funzionali, impiantistico-tecnologici, di arredo), in vista della sua integrale trasmissione in efficienza al futuro."*⁷

Marco Dezzi Bardeschi

La scuola di pensiero dei fautori della "pura conservazione" intende il restauro come intervento di conservazione delle proprietà fisiche e materiche, intervenendo tempestivamente per porre rimedio al degrado materico-strutturale.

⁷ AMEDEO BELLINI ET AL., *Che cos'è il restauro? Nove studiosi a confronto*, Venezia, Marsilio, 2005.

Al progetto di conservazione dell'esistente si associa un progetto del nuovo, come aggiunta autonoma e compatibile, dal duplice scopo: da un lato ottenere dall'uso la prosecuzione della vita, dall'altro per materializzare sull'opera di architettura la storia dei nostri giorni.

La filosofia è quella di aver rispetto e cura per il documento come è giunto fino a noi, evitando sempre soggettive selezioni storiche, non procedendo per sottrazione ma per aggiunta.

Restauro come conservazione sulla materia del monumento per mantenerlo e tramandarlo nella sua integrità e autenticità di oggetto che ci proviene dal passato e che non mira di essere riportato al suo stato originale. In questa visione è l'istanza storica che merita maggiormente di essere preservata in quanto oggettiva rispetto all'istanza estetica, in un ottica di visione dei monumenti come testimonianze storiche e non figurative.

La pura conservazione rifiuta il ripristino formale che, al contrario, auspica di giungere ad uno stato originario reintegrando l'oggetto antico danneggiato.

Il punto distintivo rispetto al restauro critico è nella drastica separazione fra atto di restauro e giudizio storico-critico o di valore: l'intervento, secondo Dezzi Bardeschi, non discende da una valutazione storica, non deve essere sotteso ad un giudizio storico-critico.

I segni stessi del decadimento hanno importanza storica e vanno conservati, a meno che essi non siano causa di eccessivo degrado, senza eliminare o sostituire. Ove proprio non si possa conservare per motivi tecnici o economici, si sostituisca o si lasci perire l'oggetto. In altri casi, per inserire nuovi elementi indispensabili all'uso bisognerà prevedere qualche sacrificio, ma sempre nel rispetto del minimo intervento. Le aggiunte saranno, tuttavia, autonomi atti creativi, distinti dalla conservazione.

La pura conservazione si rivolge a qualunque oggetto, non solo ai cosiddetti beni culturali. L'intervento minimale e fondamentalmente conservativo è quello, sotto l'aspetto sociale ed economico, oggi più conveniente.

Dezzi Bardeschi richiama ad una nuova definizione dell'intervento, che dovrebbe essere non di restauro ma di conservazione, con un comportamento virtuoso rispettoso della singolarità e unicità dell'oggetto.

La definizione data parte dalla convinzione che non è corretto selezionare parti della storia e quindi delle sue modificazioni del manufatto etichettandole come

superfetazioni, eliminando "anche solo un anello della catena di sviluppo" perdendo parte del vissuto dell'opera.

D'altra parte, per poter fare in modo che il bene si trasmetta attivo ai posteri, deve continuare ad avere un uso, la cui cosa richiede l'inserimento di arredi, impianti e altro. Si ritiene quindi che la cosa migliore da fare sia aggiungere parti che abbiano autonomia e siano chiaramente leggibili, diventando "chiara e inequivocabile espressione della nostra cultura e del nostro tempo". Ne deriva che si considera il restauro come la somma di conservazione dell'esistente e del progetto del nuovo, conservando e valorizzando, senza sottrazioni ma con aggiunte rendendo il manufatto "destinato in futuro a testimoniare di noi e dei nostri valori e a storicizzarsi nel contesto in cui è inserita".

1.4.2. Restauro come ripristino

"Restaurare vuol dire operare su un'architettura o un contesto urbano al fine di conservarli a lungo, quando fossero degni di essere apprezzati e goduti dai nostri discendenti. L'operatore deve far sì che l'oggetto del suo operare sia tramandato nelle migliori condizioni, anche ai fini della trasmissione dei significati che l'oggetto possiede." ⁸

Paolo Marconi

L'idea che sta alla base di questa scuola di pensiero vede l'istanza estetica, la funzione didascalico-simbolica del monumento, prevalente rispetto al resto.

La volontà di lasciare alle persone la possibilità di identificare l'oggetto con il significato e l'uso che aveva al suo tempo, si scontra con il fatto che tali edifici spesso sono stati rimaneggiati rispetto alla originaria funzione e forma, mostrando o celando una serie di stratificazioni storiche dovute a successivi interventi con gli strumenti del tempo.

La soluzione, per i fautori del ripristino, è quella di indurre ulteriori trasformazioni che ristabiliscano l'unità organica. Alla base di questo processo di intervento è necessario che il restauratore abbia un'approfondita conoscenza della storia delle trasformazioni per essere in grado di identificare le fasi più storicamente significative che il manufatto ha attraversato.

⁸ Ibidem

E' indispensabile la capacità di individuazione e scelta da parte del restauratore che deve distinguere tra le superfetazioni e le modificazioni nobilitanti. L'idea è quella che non è corretto "proteggere" la forma di questi edifici così come sono ora solo perché antichi, ma sarebbe meglio riportarli al linguaggio con cui erano stati costruiti, che spesso permea l'intero luogo in cui si trovano. "Sempre d'interpretazione si tratterà (...) Alcuni temono di essere traditi dall'autenticità del testo: essi non sanno interpretarlo correttamente, dunque paventano il fantasma dell'inautentico".⁹

Marconi sostiene che solo in Italia c'è il terrore della falsificazione, nata ai tempi della Roma della Restaurazione quando gli artigiani che proponevano copie delle statue antiche erano visti come falsari.

Egli quindi rifiuta l'idea di restaurare con parti che siano chiaramente distinguibili dall'antico per evitare che anche l'invecchiamento col tempo della parte nuova dia l'idea di un corpo nato così e non modificato.

L'intervento di restauro promosso dai sostenitori del ripristino è quello di riprodurre dov'era com'era, senza introdurre innovazioni linguistiche.

1.4.3. Restauro critico-conservativo

*"S'intende per restauro qualsiasi intervento volto a tutelare ed a trasmettere integralmente al futuro, facilitandone la lettura e senza cancellarne le tracce del passaggio nel tempo, le opere d'interesse storico-artistico ed ambientale; esso si fonda sul rispetto della sostanza antica e delle documentazioni autentiche costituite da tali opere, proponendosi, inoltre, come atto di interpretazione critica non verbale ma espressa nel concreto operare. Più precisamente come ipotesi critica e proposizione sempre modificabile, senza che per essa si alteri irreversibilmente l'originale."*¹⁰

Giovanni Carbonara

Questa visione del restauro, che mira a conservare e mettere in evidenza le opere di interesse storico-artistico, consentendone una lettura chiara, include nell'intervento di restauro quelle operazioni conservative che hanno lo scopo di preservare dal deperimento fisico e materico il fabbricato.

⁹ Ibidem

¹⁰ GIOVANNI CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Napoli, Liguori, 1997.

Il fondamento su cui si basa il restauro critico è dunque "l'azione critica", che deve riconoscere il valore nell'edificio da restaurare ed eliminare tutte le aggiunte che danneggiano l'integrità formale.

Il restauro è quindi formato dall'apporto di diverse competenze specialistiche che, per la buona riuscita dell'intervento, devono trovare una "unità espressiva e concettuale" per arrivare alla soluzione più corretta. Lo scopo è raggiungere un equilibrio tra la pura conservazione e il ripristino, conservando e mantenendo in efficienza l'oggetto ma rivelandolo e facilitandone la lettura.

Il restauro quindi è una reinterpretazione critica dell'opera, che contempla la possibilità di dare una forma estetica al proprio intervento, senza che essa sia libera dalle indicazioni e dai vincoli che la comprensione storico-critica dell'oggetto ha evidenziato. Quindi è richiesta una sicura competenza tecnica e storico filologica, grande chiarezza concettuale sommate a cautela e consapevolezza.

Si opera quindi secondo una "direttrice critico-conservativa. Conservativa perché parte dal presupposto che il monumento chieda in primo luogo d'essere perpetuato e trasmesso al futuro nelle migliori condizioni possibili e in secondo luogo perché tiene conto del fatto che l'attuale coscienza storica impone di conservare molte più cose che in passato. Critica (...) perché muove dal convincimento che ogni intervento costituisca un episodio a sé, non inquadrabile in categorie, non rispondente a regole prefissate ma da studiare a fondo ogni volta, senza assumere posizioni dogmatiche e precostituite."¹¹

¹¹ Ibidem

2. LA PRATICA DEL RESTAURO

2.1. NOTE SUL RESTAURO ARCHITETTONICO OGGI

La presa di coscienza dell'unicità di alcuni beni, sia dal punto di vista estetico che storico, ha aperto la scena all'attuale configurazione prevalente del restauro, che si fonda sull'idea che ogni intervento, agendo su opere uniche e irripetibili, costituisca un caso a sé. Tale visione ha preso il nome di "restauro critico".

In questa prospettiva le caratteristiche utili a svolgere un buon lavoro di restauro sono sensibilità storico-critica e competenza tecnica; all'architetto si chiede di conoscere la storia artistica e architettonica, di possedere una profonda conoscenza di materiali e tecniche tradizionali e di avere un'adeguata preparazione tecnica.

Il procedimento critico comporta, in primo luogo, la lettura dell'opera e il riconoscimento in essa del valore storico-artistico, e in secondo luogo il restauro, mosso dal bisogno di restituire all'opera l'efficacia e la pregnanza che il tempo ha corrosa e menomata, liberando la sua immagine e la sua forma da tutto ciò che la nasconde.

L'eliminazione delle aggiunte che danneggino l'integrità formale, la ricostruzione solo quando non sostanziale, la scelta di non ripristinare un'unità figurale andata perduta nelle distruzioni, sottintendono un preventivo giudizio critico ad opera del restauratore.

Se le opere in cui è prevalente l'istanza estetica hanno un valore di più immediata comprensione, quelle la cui importanza è data dal valore storico-testimoniale devono essere oggetto di una più complessa lettura in quanto, pur spesso prive della purezza formale assoluta, sono un insieme di valori figurali e materiali che riportano la realtà storica.

Il livello di correttezza critico-tecnica di un restauro non dipende soltanto dalla preparazione del restauratore o degli addetti ai lavori, ma molto spesso da quanto riescono a prevalere la tutela, le sue ragioni culturali, e la qualità e quanto invece si impongono le spinte economiche.

Questa dualità tra cultura ed economia è intrinseca del moderno restauro e richiama alla mente l'eterna "sfida" tra istanza storica ed istanza estetica: il miglior

risultato deriverà dal rapporto dialettico tra le due, da un connubio di base in cui, caso per caso, si realizzerà la sottile prevalenza di una sull'altra.

Parlare di restauro oggi significa trattare di un'operazione che mira in primo luogo alla conservazione e alla trasmissione al futuro dell'opera.

Nella pratica, l'azione preliminare è quella di riconoscerne l'importanza, valutando se essa presenti le qualità per essere definita bene culturale, secondo il Codice dei beni culturali, o che comunque abbia una certa valenza storica.

"Il restauro costituisce il momento metodologico del riconoscimento dell'opera d'arte, nella sua consistenza fisica e nella sua duplice polarità estetica e storica, in vista della sua trasmissione al futuro"¹.

Una volta stabilito il valore si procede con l'intervento, che contempla una serie di analisi, valutazioni e operazioni che condurranno al corretto restauro eseguito sulla base dello stato del manufatto, delle richieste della committenza e della propria precedente analisi.

Lo specifico settore che in questa tesi si intende trattare racchiude solo una tipologia di bene culturale: le opere di architettura.

Quindi ciò che abbiamo fin qui chiamato restauro, per la specificità dell'oggetto trattato, si definisce in realtà "restauro architettonico". Questa particolare accezione non si distingue dal restauro sul piano concettuale, ma per la diversa consistenza e dimensione degli oggetti di cui si occupa.

Ai cinque concetti fondamentali del restauro, se ne aggiungono altri più specifici per questa tipologia di oggetti: l'uso di materiali e tecnologie originali per ottenere continuità formale e funzionale con le parti antiche, la conservazione del comportamento statico originario, la compatibilità chimica affinché i nuovi materiali inseriti, a contatto con quelli della costruzione originaria, non arrechino danno alla materia originale; la compatibilità fisica per non turbare l'equilibrio originario delle condizioni fisiche del manufatto, la leggibilità dell'intervento per facilitare la comprensione delle stratificazioni, la durabilità dei materiali e delle tecnologie, la cura delle relazioni con il contesto fisico e antropologico, la salvaguardia e la valorizzazione dei caratteri specifici dell'edificio su cui si interviene e l'inserimento di una destinazione d'uso compatibile, che non comporti uno stravolgimento della consistenza fisica e dei significati del manufatto.

¹ CESARE BRANDI, *Teoria del restauro*, Torino, Edizioni di Storia e Lettere, 1963.

L'ultimo aspetto, in particolare, mostra come nel restauro architettonico si apra un nuovo scenario, una nuova possibilità, estranea, ad esempio, al restauro dei dipinti: l'intervento di riuso.

Oggi, come detto, vi è l'attenzione del restauro ad una quantità di beni molto più ampia di quanto si concepiva in passato e questo fatto è tanto più rimarchevole in Italia, il Paese che ospita il maggior numero di Siti Patrimonio dell'Umanità.

Ma essendo al tempo stesso uno Stato che ha una spinta economica forte a riutilizzare i beni culturali, rischiosa è la confusione fra mezzi e fini del restauro architettonico.

Attribuire agli oggetti una funzione appropriata è uno dei mezzi più efficaci per garantire la migliore conservazione all'edificio, ma non è il fine del restauro; il fine del restauro è la conservazione dell'edificio.

Il modo migliore per ottenere un'efficace conservazione dell'opera è il continuo confronto tra tutela e sviluppo al fine di contemperare efficacemente le diverse ragioni.

2.2. LA NECESSITÀ DEL RIUSO PER LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO

Come già detto, il riuso non è il fine del restauro.

Il riuso è il fine del recupero, intervento che si volge a recuperare "contenitori" mal utilizzati, edifici da valorizzare proprio per la loro mancanza di importanza intrinseca. Ma l'oggetto del restauro è un bene che merita d'essere salvato innanzitutto per il suo essere "testimonianza materiale avente valore di civiltà", memoria storica collettiva, segno d'identità e stimolo educativo per l'intera comunità che ne gode, indipendentemente dalla pratica utilità.

Un'area archeologica è priva di valore d'uso ma ricchissima di valori spirituali.

D'altra parte, la perdita della funzione originaria è deleteria quasi quanto lo scorrere del tempo; la mancanza di manutenzione, derivata dall'abbandono, è la causa prima del deterioramento. Questa privazione lascia campo libero agli agenti naturali, che dall'abbandono traggono la maggiore efficacia distruttiva.

Il restauro delle sole pietre, in un edificio non votato solo alla funzione monumentale, è insufficiente se non accompagnato dal ristabilimento di un'adeguata destinazione d'uso.

Da una parte il riuso con funzione compatibile è un aspetto fondamentale per la conservazione e la perpetrazione del bene.

Da un'altra prospettiva, soprattutto nel contesto della crisi attuale, il riuso incarna la possibilità di usare edifici già esistenti, con un risparmio economico e ambientale. Oggi è più auspicabile restaurare il patrimonio esistente che continuare nella tradizionale politica di espansione edilizia. Solo una piccola parte dell'intero patrimonio storico è conservato come museo o rovina, per tutti gli altri è doveroso ricercare e proporre una gamma di funzioni che ne consentano l'uso.

La storia dimostra un pregio, spesso trascurato, degli edifici e dei complessi storici: la loro capacità di progressivo adattamento ai mutamenti e al divenire della società.

Il concetto di "*conservazione integrata*", enunciato nella *Carta Europea del Patrimonio Architettonico* promulgata ad Amsterdam nel 1975, esprime questo tema. Con tale termine si intende infatti il risultato dell'azione congiunta delle tecniche di restauro e della ricerca di funzioni compatibili. In tal senso restauro e inserimento di nuove funzioni vanno di pari passo, dovendo attingere entrambi

tanto alla ricerca storica quanto a uno spunto di creatività indispensabile a garantire la qualità del progetto di restauro e l'idea giusta per ridare vita al monumento. Correttamente si è parlato più di riuso, dizione che può rientrare nel moderno concetto di restauro o di conservazione integrata, che di recupero, locuzione ormai abusata. Se lo scopo è conservare l'intero patrimonio storico-architettonico, il riuso si pone come mezzo, mentre nel recupero le considerazioni economiche legate al riuso prevalgono su quelle culturali e conservative, subordinandole del tutto.

Il recupero è quindi, come già detto, collaterale al restauro perché interessa ogni preesistenza giudicata come possibile risorsa economica da riattivare.

Collocando il problema della destinazione d'uso nella giusta prospettiva, interna alla disciplina del restauro, non si dovrà parlare di un riuso qualsiasi ma solo di quello compatibile con le vocazioni del monumento. Non necessariamente l'uso originale, anche se questo sarà sempre preferibile, ma un uso corretto e rispettoso della realtà materiale e spirituale del monumento. Il riuso compatibile sarà quasi garanzia del fatto che al restauro sia sostituita un'assidua manutenzione.

2.3. L'INTERVENTO DI RESTAURO

L'intervento di restauro propriamente detto è il risultato della riflessione storico-critica sul manufatto, tradotta in concrete scelte operative e tecniche.

Ogni operazione dovrebbe mirare a garantire:

- *minimo intervento*: calibrare gli interventi in relazione alle effettive necessità, escludendo tutti i lavori che non siano strettamente finalizzati alla conservazione e perpetuazione del bene;
- *reversibilità*: nell'ottica "meglio aggiungere che togliere", le operazioni eseguite sul manufatto devono intaccare al minimo la materia originale e garantire l'opportunità di ripristinare, per quanto possibile, la situazione precedente all'intervento;
- *compatibilità*: i materiali aggiunti devono essere analoghi, dal punto di vista fisico, chimico e meccanico, ai preesistenti, allo scopo di assicurare omogeneità di comportamento nel tempo ed evitare di causare fenomeni di degrado dovuti al turbamento dell'equilibrio originario delle condizioni fisiche del manufatto;
- *durabilità*: inserire materiali e tecnologie che abbiano una durata prevista il più possibile simile alle parti antiche;
- *autenticità, riconoscibilità, leggibilità*: le nuove aggiunte devono essere riconoscibili a vista, senza però sacrificare l'unità figurativa del monumento, per facilitare la comprensione delle stratificazioni, far capire le fasi di crescita dell'edificio ed evitare confusioni tra le parti originali e quelle del restauro;
- *attualità espressiva* : evitare ogni imitazione in stile o falsificazione storica che rischi di compromettere l'effettiva riconoscibilità del momento in cui è stato attuato l'intervento;
- *manutenibilità*: facilitare la manutenzione dell'edificio oggetto di intervento individuando soluzioni progettuali che rendano agevole la manutenzione ordinaria e straordinaria dell'edificio;
- *cura delle relazioni con il contesto fisico e antropologico*: porre attenzione al modo in cui l'edificio si inserisce nel suo intorno per mantenere la forma, la funzione e gli aspetti immateriali e simbolici di cui si è caricato nel tempo;
- *riconoscimento, salvaguardia e valorizzazione dei caratteri specifici e di unicità dell'edificio storico su cui si interviene*: conservare le caratteristiche specifiche che lo rendono unico e che, pertanto, ne definiscono l'identità;

- *destinazione d'uso compatibile*: inserire una nuova funzione che non comporti uno stravolgimento della consistenza fisica e dei significati del manufatto e che ne permetta un uso continuato nel tempo senza comprometterne le peculiarità.

Come già detto precedentemente, condizione necessaria per approcciarsi correttamente ad un bene, e base comune di molte teorie del restauro, è l'analisi storico formale. Non è possibile prescindere da essa, ma non si può nemmeno definirla condizione sufficiente per il corretto intervento pratico.

All'analisi storico-formale è infatti fondamentale far seguire una comunicazione tra le diverse figure e competenze, coinvolte allo scopo di giungere ad un'unità metodologica, indispensabile per ottenere un ottimo risultato.

2.3.1. Il processo di conoscenza

Il rilievo e l'indagine storica eseguita sui documenti scritti, ove esistenti e ritrovabili, sono i due punti focali del processo di conoscenza di un edificio storico.

L'indagine storica, l'osservazione diretta, i saggi preliminari, le analisi di laboratorio e il rilievo rendono possibile la lettura del passato e la comprensione dell'edificio e sono indispensabili per definire le opere da compiere nel rispetto delle caratteristiche del manufatto.

Indagine archivistico-documentale

Come momento primario dell'approccio conoscitivo, l'indagine storica è finalizzata all'esame dei fatti che hanno prodotto e modificato il manufatto nel tempo. L'analisi documentale storico-archivistica permette di ricavare informazioni sull'edificio, ma anche sul suo intorno, all'epoca della costruzione, e questo permette di ricavare anche spiegazioni indirette sulle motivazioni che hanno portato alla costruzione di una specifica forma con determinate caratteristiche. Documenti scritti e iconografici rivestono quindi grande importanza per ricreare uno stato di fatto che ci permetta di arrivare alla comprensione dell'opera.

Rilievo in sito

Il primo documento per la comprensione di un manufatto è costituito dal fabbricato stesso. L'osservazione diretta e il rilievo rappresentano i metodi di conoscenza più immediata.

Indagini fotografiche, stratigrafiche, sullo stato di conservazione materico, delle condizioni strutturali, sulla geometria, tramite osservazione in sito e prelievi di

campioni e saggi da valutare in laboratorio, consentono di acquisire un'adeguata conoscenza preliminare. L'anamnesi dell'opera architettonica permette di identificare i precedenti interventi di modificazione dell'organismo originale, rilevando le eventuali differenze nei materiali e nelle tecniche costruttive utilizzate.

Il rilievo si coniuga in diverse forme.

La rilevazione geometrica si occupa di analizzare gli aspetti architettonici e costruttivi e decorativi del fabbricato.

Il rilievo fotografico permette di valutare visivamente lo stato di conservazione e avere un documento dello stato di fatto con cui comparare anche eventuali documenti iconografici reperiti.

L'analisi stratigrafica, che riguarda settori campione del fabbricato, mira ad approfondire l'analisi sulle epoche e sullo stato di conservazione, attraverso l'osservazione diretta e/o prove di laboratorio.

La rilevazione del livello di degrado, relativa alle alterazioni dei materiali e ai dissesti della struttura, comprende sia il livello delle patologie del materiale che il quadro fessurativo e consente la mappatura dello stato di fatto e la corretta impostazione degli interventi di recupero.

2.3.2. Le analisi e le valutazioni preliminari

Il momento dell'acquisizione dei dati in sito è seguito dall'analisi di tutte le informazioni reperite e dalla valutazione degli interventi che la struttura necessita. Questa fase permette di effettuare una preliminare diagnosi sulle cause del degrado.

Con le indagini di laboratorio sui materiali prelevati è possibile arrivare a definire la successione cronologica dei vari strati in relazione agli interventi di cui è riscontrabile traccia nelle murature. L'analisi del quadro fessurativo, accompagnata al calcolo della stabilità, permette, chiarendo le cause delle lesioni riscontrate, di individuare i probabili meccanismi di collasso e programmare l'intervento di consolidamento strutturale. La valutazione degli effetti dell'acqua e degli agenti aggressivi sul fabbricato permette di pianificare strategie per l'eliminazione del problema. Il confronto tra i documenti storici e lo stato di fatto permette di definire e riconoscere i caratteri architettonici propri dell'organismo edilizio.

Questa fase di analisi e valutazione, che vede coinvolte le diverse competenze, è quindi fondamentale per pianificare quali sono gli interventi più appropriati e idonei, attuando quel giudizio critico proprio dell'attuale visione del restauro.

E' in questa fase che si individuano le tecniche di intervento maggiormente idonee e si effettua la valutazione della compatibilità delle soluzioni spaziali o distributive e l'analisi economica dell'intervento.

2.3.3. Gli aspetti di intervento

L'intervento può essere scomposto in diverse fasi principali, per ciascuna delle quali è possibile individuare, in base alle specifiche caratteristiche dell'edificio, modalità procedurali e operative proprie.

La conservazione dei materiali

L'intervento sui materiali si occupa di eliminare gli stati di degrado attualmente in corso con un'opera di pulizia e, ove possibile, di rimozione delle cause che lo hanno determinato.

Se, ad esempio, non è possibile evitare la pioggia, è altresì indispensabile limitarne l'interazione con l'edificio. Il sistema di raccolta delle acque piovane deve convogliarle e smaltirle in modo opportuno allontanandole dal fabbricato: la sistemazione del terreno circostante è preferibile che abbia lievi pendenze verso l'esterno per evitare ristagni di acqua ai piedi delle murature, limitando la risalita di umidità capillare.

L'intonaco esterno può essere protetto nei punti critici con semplici avvertenze: la presenza di una zoccolatura perimetrale ne evita il deterioramento della fascia inferiore a contatto con il terreno, i davanzali con gocciolatoio evitano che l'acqua piovana percoli a contatto con le pareti esterne provocandone il deterioramento.

La manutenzione regolare del manto di copertura evita le infiltrazioni di acqua piovana che provocano il rapido deterioramento della sottostante struttura lignea. L'inserimento di sistemi di copertura ventilata, oltre ad offrire condizioni di comfort termico migliori negli ambienti sottostanti, può consentire la dispersione del vapore acqueo tra gli strati del pacchetto di chiusura favorendone l'ottimale permanenza in esercizio.

Il consolidamento strutturale

È necessario che i consolidamenti siano dimensionati con cura, comparando i rischi potenziali alle capacità portanti esistenti nella struttura storica, evitando sottostime e mirando, per quanto possibile, alla conservazione del comportamento statico originario.

La struttura infatti, è un aspetto che fa parte del monumento e del suo valore storico, peraltro in modo tutt'altro che secondario e concorre a determinarne l'identità materiale e culturale. Stravolgere questa componente, anche solo con mezzi che mirano a rimanere occulti, equivale a mutilare l'opera di uno dei suoi valori fondamentali.

Gli aspetti esclusivamente statici in un'architettura storica, non possono essere trattati separatamente dal resto dell'organismo, né possono essere studiati solo dal punto di vista tecnico-scientifico (fisico, chimico, biologico,...). La loro comprensione non può trascendere da un'indagine storica sull'architettura che ha prodotto la struttura in esame, perché è la ricerca storica che permette di operare in modo corretto.

In molti edifici la materia svolge la funzione portante, ma ne dà anche la connotazione estetica: spesso quindi non è possibile distinguere tra struttura e forma architettonica.

Ne deriva che il consolidamento non è solo una "faccenda tecnica", ma ne sono elementi essenziali la conoscenza della storia dell'arte del costruire, della storia dell'opera da consolidare e del suo stato di fatto attuale: si deve pertanto confrontare con l'istanza storica e con l'istanza estetica, prima ancora che con i problemi tecnici della stabilità.

Il monumento è di per sé anche documento storico in tutti i suoi aspetti: tipologici, distributivi, tecnici, metrologici, proporzionali ed anche nelle rifiniture, nelle tracce di lavorazione, nei particolari costruttivi, che rischiano di essere sacrificati da interventi privi di controllo storico-critico.

I progetti di riuso

Il progetto della disposizione degli spazi, in considerazione della nuova destinazione d'uso, deve essere fatta contemporaneamente alle altre valutazioni relative al restauro, in quanto è strettamente connesso agli interventi di conservazione e di consolidamento.

Calcoli e valutazioni strutturali non possono prescindere dal progetto architettonico che si andrà a insediare.

Il comune operare, che tende a considerare distinti il progetto di consolidamento dal progetto di restauro, è effetto dell'astratta separazione tra competenze tecnico-scientifiche e conoscenze storiche, che vengono considerate variabili indipendenti: prima si consolida e poi si restaura.

L'implementazione impiantistica

All'epoca della costruzione dell'edificio spesso l'acqua era fornita dai pozzi, le fognature erano inesistenti o si limitavano al servizio esterno, e il riscaldamento avveniva attraverso il camino e le stufe.

In fase di restauro si pone quindi il problema di attrezzare gli edifici con reti impiantistiche idonee alle esigenze attuali, in maniera compatibile alle caratteristiche tecniche e distributive del manufatto, per la fornitura di acqua, gas, elettricità, e con adeguati impianti di smaltimento fognario. L'attrezzabilità impiantistica interna degli edifici è piuttosto limitata a causa dell'esiguità degli spazi disponibili per il passaggio delle condutture: gli edifici storici richiedono il rispetto delle murature e sono caratterizzati da pacchetti di solaio ridotti e ambienti di dimensioni circoscritte. È quindi anche in questo caso importante che nella fase di analisi e valutazione sia affrontata la questione degli impianti, che per i motivi sopra citati è fortemente connessa al progetto di riuso e a quella del consolidamento, per l'eventuale aumento di carichi che il loro inserimento comporta.

2.3.4. Le competenze coinvolte

Il restauro richiede, vista la poliedricità degli aspetti coinvolti, diverse competenze. Nel restauratore si ricerca non una conoscenza specifica di tutti gli aspetti tecnico-scientifici, ma una posizione culturale e professionale che lo renda, prima di essere specialista in un singolo settore, disponibile al dialogo con le altre specializzazioni. Il restauro richiede molteplici e complesse operazioni interdisciplinari nelle quali la presenza dell'architetto è specifica e necessaria come quella di tante altre competenze.

L'ampliarsi del campo del restauro, dal singolo oggetto all'ambiente e al territorio, tende a disgregare professionalmente la figura del restauratore, trasformandola in

quella più complessa di un'equipe di specialisti: il termine restauratore, è aggettivo da applicare ad altre qualifiche, per specificarne l'ambito di azione.

Ma, in considerazione del fondamento critico su cui si basa la disciplina, è sempre allo storico e critico architetto-restauratore che va ricondotta la responsabilità dell'intervento. Appare quindi nel restauro la necessità di assicurare una concreta e unitaria risoluzione dei diversi contributi specialistici e di evitarne il semplice e casuale affastellamento. All'architetto, che rimane il referente di tutto il progetto, è richiesta unità lessicale e la capacità di coniugare ambiti disciplinari di altre scienze.

2.4. GLI EDIFICI STORICI

Finora si è parlato di "edifici storici" e di "beni culturali" senza distinzione alcuna.

Giunti a questo punto è corretto fare una distinzione pratica tra quelli che vengono definiti beni culturali e gli altri oggetti di interesse storico, artistico e documentale.

Mentre per beni culturali si intendono quelli individuati ai sensi del Decreto Legislativo 42/2004 e tutelati dalla Soprintendenza, gli edifici di interesse storico, artistico e documentale che, pur non rientrando nella definizione di bene culturale, rivestono un interesse storico per il territorio, sono oggetto di attenzione e normativa da parte del Comune, che li individua e ne stabilisce le prescrizioni d'uso e trasformazione.

2.4.1. Edifici definiti beni culturali

Gli edifici cosiddetti beni culturali sono tali se, rientrando nelle categorie descritte dal Codice dei beni culturali, la Legge quadro in materia, sono caratterizzati da un riconosciuto "interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico".

Se rivestono tale interesse sono sottoposti a vincolo della Soprintendenza dei beni Architettonici e Paesaggistici, che diviene l'organo deputato ad approvare ogni intervento che li riguarda.

Una sottile differenza vi è, a seconda che l'opera sia di proprietà pubblica o privata, nell'iter con il quale raggiungono lo "status" di bene culturale.

Edifici pubblici

"Sono beni culturali le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico."²

"Le cose immobili e mobili indicate all'articolo 10, comma 1, che siano opera di autore non più vivente e la cui esecuzione risalga ad oltre cinquanta anni, sono sottoposte alle disposizioni della presente Parte fino a quando non sia stata effettuata la verifica di cui al comma 2.

² Decreto Legislativo 42/2004, art. 10, comma 1

I competenti organi del Ministero, d'ufficio o su richiesta formulata dai soggetti cui le cose appartengono e corredata dai relativi dati conoscitivi, verificano la sussistenza dell'interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico nelle cose di cui al comma 1, sulla base di indirizzi di carattere generale stabiliti dal Ministero medesimo al fine di assicurare uniformità di valutazione."³

Se di proprietà pubblica, le cose mobili e immobili che abbiano più di 50 anni e il cui autore non sia più vivente, sono automaticamente considerate beni culturali. Potremmo definirli beni culturali "fino a prova contraria", intendendo così dire che sono tali fino a quando non venga accertata la mancanza di un valore storico-artistico che ne giustifichi la tutela. Tali beni si definiscono tutelati "ope legis".

Edifici privati

Per quanto riguarda i beni che hanno più di 50 anni ma di proprietà privata, l'iter è differente, in quanto diventano beni culturali "su richiesta", anche se questa può essere fatta da chiunque e non necessariamente dal proprietario.

Il comma 3 dell'articolo 10, riportato per intero nel glossario, chiarisce quali sono le categorie che possono rientrare nell'accezione bene culturale a seguito della "Dichiarazione dell'interesse culturale"

"La dichiarazione accerta la sussistenza, nella cosa che ne forma oggetto, dell'interesse richiesto dall'articolo 10, comma 3.

*La dichiarazione non è richiesta per i beni di cui all'articolo 10, comma 2. Tali beni rimangono sottoposti a tutela anche qualora i soggetti cui essi appartengono mutino in qualunque modo la loro natura giuridica."*⁴

La verifica dell'effettivo interesse *interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico* si attua con la procedura descritta nell'articolo 14, il "Procedimento di dichiarazione". Una volta intervenuta tale dichiarazione, gli edifici sono a tutti gli effetti dei beni culturali sottoposti alla normativa di tutela prevista dallo stesso Codice.

Una volta dichiarato che il bene è tutelato, il vincolo della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici può essere apposto con documento di tutela espresso o con provvedimento di interesse culturale: decreto di vincolo o declaratoria.

³ Ibidem, art. 12, commi 1 e 2

⁴ Ibidem, art. 13

Negli strumenti di pianificazione comunale gli edifici sottoposti a vincolo della Soprintendenza, sono individuati su apposite tavole con le seguenti diciture: *edifici sottoposti a vincolo, vincolo di rispetto monumentale, vincolo monumentale, vincolo archeologico, ...*

2.4.2. Edifici di interesse storico-culturale e testimoniale

Per quanto riguarda gli edifici che non rientrano nell'ambito della Soprintendenza, ma che rivestono per il territorio un interesse storico-culturale e testimoniale, è facoltà del Comune sottoporli a specifica tutela identificandoli all'interno degli strumenti della pianificazione.

In particolare tali edifici sono identificati in primo luogo nelle tavole del Piano Strutturale Comunale (PSC), strumento che delinea "le scelte di assetto e sviluppo del territorio al fine di tutelarne l'integrità fisica ed ambientale e l'identità culturale" e in secondo luogo nella cartografia e nelle norme tecniche del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE), che contiene la disciplina generale delle tipologie e delle modalità attuative degli interventi di trasformazione nonché delle destinazioni d'uso, le norme che riguardano le attività di trasformazione fisica e funzionale e di conservazione delle opere edilizie.

"Edifici di valore architettonico ambientale e storico testimoniale

- 1. Il PSC individua gli edifici di valore ambientale e storico-testimoniale (...)*
- 2. E' compito del RUE specificare per ciascuno di essi le categorie degli interventi di recupero ammissibili, gli indirizzi tecnici sulle modalità di intervento ed i materiali utilizzabili, nonché le destinazioni d'uso compatibili con la struttura e la tipologia dell'edificio e con il contesto ambientale."*⁵

A titolo di esempio si è preso il PSC del Comune di Parma, al cui interno si possono distinguere diverse tavole tematiche: aree di salvaguardia, vincoli storici culturali e paesaggistici, elementi della centuriazione, elementi di interesse storico testimoniale (chiese, ospedali, ville, acquedotti, cimiteri, fortificazioni, giardini, mercati coperti, sedi comunali, stazioni ferroviarie, teatri storici, tabernacoli, ponti, mulini, corti agricole), edifici vincolati ai sensi del D.Lgs. 42/2004.

Nella tavola dedicata agli elementi di interesse storico-culturale e testimoniali si possono individuare: città storica, centri storici minori, insediamenti esistenti

⁵ Comune di Parma, Piano Strutturale Comunale, art. 63

presenti nella cartografia storica, edifici da sottoporre a restauro, edifici da sottoporre a restauro e risanamento conservativo, edifici di valore architettonico ambientale e storico-testimoniale, edifici di pregio, edifici produttivi di antico impianto, elementi del paesaggio storico come i mulini individuati nella cartografia storica e le corti agricole storiche principali, e altre aree di interesse archeologico o paesaggistico.

Il RUE contiene le specifiche prescrizioni a cui sottoporre gli edifici individuati dal PSC e quali interventi è possibile effettuare su tali edifici, ma ha anche la facoltà di ampliare la tutela anche ad altri edifici di interesse storico-testimoniale non identificati nel PSC. Il RUE li individua sulla sua cartografia, dalla quale si ricava a quali articoli delle norme deve sottostare lo specifico edificio.

“Edifici di valore architettonico, ambientale e storico testimoniale

1. *Il RUE individua gli edifici di valore architettonico, ambientale e storico - testimoniale, (...)*
2. *Il RUE specifica per ciascuno le modalità di tutela in ragione delle categorie di intervento (...), gli indirizzi tecnici ed i materiali utilizzabili (...), nonché le destinazioni d'uso compatibili con la struttura e la tipologia dell'edificio e con il contesto ambientale raccordando gli obiettivi di tutela alle esigenze di sicurezza antisismica.*
3. *(...)*
4. *Il RUE articola le modalità di tutela degli edifici da sottoporre a restauro e a restauro e risanamento conservativo, specificando gli interventi ammessi (...)*
5. *(...)*
6. *Il RUE disciplina la possibilità di realizzare interventi di ristrutturazione edilizia per eventuali parti degli edifici assoggettati a restauro e risanamento conservativo, che risultino mancanti dei presupposti per l'assoggettamento a tale tutela, alle seguenti condizioni:*
 - a) *dichiarazione asseverata da un tecnico abilitato dalla quale risulti documentata la mancanza dei presupposti per l'assoggettamento della parte dell'edificio a restauro e risanamento conservativo;*
 - b) *parere della Commissione per la qualità architettonica e il paesaggio in ordine agli aspetti compositivi ed architettonici.”*⁶

⁶ Comune di Parma, Regolamento Urbanistico Edilizio, art. 6.3.3

3. TRA TUTELA E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

3.1. IL CONCETTO DI DEROGA NELLA NORMATIVA

La questione, generale, di come riuscire ad applicare ai beni culturali le norme di settore, che definiscono prescrizioni in funzione della destinazione d'uso indipendentemente dalle caratteristiche intrinseche, è stata affrontata in passato con l'introduzione del concetto di deroga.

La possibilità data, in caso di intervento su edifici tutelati è, in sintesi, quella di ricorrere a misure alternative, purché ne sia dimostrata l'equivalenza con i requisiti di legge, oppure di effettuare interventi di minore entità, prescritti dalla normativa stessa, che medino tra il requisito normativo e la conservazione del valore dell'edificio.

Ciò è accaduto, ad esempio, nella normativa antincendio, con l'introduzione del concetto di "sicurezza equivalente", e nella normativa antisismica, che ha previsto la possibilità di ricorrere, nel caso di beni di interesse culturale, ad interventi di "miglioramento" strutturale in alternativa all'"adeguamento" agli standard normativi. Tale soluzione però, ha spesso condotto a considerare l'intervento sugli edifici storici come libero da norme, considerate impossibili da applicare senza comprometterne definitivamente le caratteristiche storico-estetiche.

L'atteggiamento comune, è quello di utilizzare il concetto di deroga, per ottenere uno sconto sulle norme da rispettare.

In linea generale, la deroga è uno strumento utile; sarebbe però da applicare con responsabilità, richiamandola solo quando l'applicazione della norma metta realmente in pericolo la conservazione dei caratteri propri dell'edificio, ricorrendo quindi a misure alternative.

Nelle disposizioni normative inerenti al risparmio energetico, in particolare, si ritrovano diversi rimandi alla possibilità di andare in deroga. Di seguito si riportano alcuni estratti dalle normative europee, nazionali e regionali, per mostrare come, in ciascuna di esse, si riporti la possibilità di derogare nel caso di edifici di particolare importanza.

Direttiva Europea 2002/91/CE

"Gli Stati membri possono decidere di non istituire o di non applicare i requisiti di cui al paragrafo 1 [requisiti minimi di rendimento energetico] per le seguenti tipologie di fabbricati:

- Edifici e monumenti ufficialmente protetti come patrimonio designato o in virtù del loro speciale valore architettonico o storico, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto;"¹

Direttiva Europea 2010/31/UE

"Gli Stati membri possono decidere di non istituire o di non applicare i requisiti di cui al paragrafo 1 [*minimi di rendimento energetico*] per le seguenti categorie edilizie:

- Edifici ufficialmente protetti come patrimonio designato o in virtù del loro speciale valore architettonico o storico, nella misura in cui il rispetto di determinati requisiti minimi di prestazione energetica implichi un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto;"²

Decreti Legislativi 192/2005 e 311/2006

"Sono escluse dall'applicazione del presente decreto le seguenti categorie di edifici:

- gli immobili ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda [*beni culturali*] e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), [*le ville, i giardini e i parchi, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del presente codice, che si distinguono per la loro non comune bellezza; i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, ivi comprese le zone di interesse archeologico*] del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici;"³

Delibera Assemblea Legislativa Emilia Romagna 156/2008

"Sono escluse dalla applicazione dei requisiti minimi del presente atto le seguenti categorie di edifici e di impianti:

- gli immobili ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'art. 136, comma 1, lett. b) e c) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio, nonché quelli di valore storico architettonico e gli edifici di pregio storico-culturale e testimoniale individuati dalla pianificazione urbanistica ai sensi dell'art. A-9, commi 1 e 2 dell'Allegato alla L.R. 20/2000, [*edifici di interesse storico architettonico, tra cui i beni culturali, e gli edifici di pregio storico-culturale e testimoniale individuati dal comune*], nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici;"⁴

¹ Direttiva Europea 2002/91/CE, art. 4, comma 3

² Direttiva Europea 2010/31/UE, art. 4, comma 2

³ Decreto Legislativo 192/2005 e Decreto Legislativo 311/2006, art. 3, comma 3, lettera a

⁴ Delibera di Assemblea Legislativa 156/2008, art. 3, punto 3.6, lettera a

Le disposizioni normative richiamate, non devono indurre a credere che sugli edifici di importanza storica, artistica e culturale sia sempre preferibile non intervenire per migliorarne il rendimento energetico. Gli eccessivi costi in termini di consumi energetici, infatti, rendono spesso eccessivamente onerosa la gestione di tali edifici, senza considerare gli effetti che gli sprechi energetici hanno in termini ambientali. La riduzione dei consumi è fondamentale per garantire la tutela e la valorizzazione degli edifici storici, per i quali, come già visto, è essenziale la fruizione nelle migliori condizioni di comfort e sicurezza.

Nonostante non vi sia l'obbligo di rispettare i requisiti minimi di rendimento energetico imposti dalle disposizioni normative, questi devono comunque rappresentare il livello ottimale a cui auspicare, compatibilmente con le esigenze di tutela degli immobili, agendo con interventi mirati e specifici.

Il ricorso alla deroga deve essere visto come l'appiglio estremo per i progettisti, che devono definire gli interventi più idonei attraverso un processo che parte dalla conoscenza approfondita dell'edificio, e del suo rapporto con il contesto in cui è inserito.

In tal senso può essere utile riprendere dalla sismica il concetto di miglioramento. Nell'impossibilità infatti, di raggiungere il requisito richiesto, invece di evitare l'applicazione della norma, come concede la normativa, si potrebbe individuare un livello intermedio a cui giungere, che concili il requisito normativo e la conservazione del valore dell'edificio.

3.2. STATO DELL'ARTE: STUDI RECENTI SULLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI STORICI

Gli studi recenti relativi alla riqualificazione energetica degli edifici storici in Italia riguardano diversi ambiti. Si è ritenuto interessante spiegare brevemente di che cosa si occupano, per mostrare in quanti aspetti diversi è possibile coniugare il tema oggetto di ricerca.

Progetto 3ENCULT

L'obiettivo del progetto 3ENCULT (*Efficient Energy for EU Cultural Heritage*), incentrato sul risanamento energetico degli edifici storici, è "il risanamento energetico degli edifici storici che spesso sono posti sotto tutela delle belle arti".

Nato nell'ottobre 2010, durata prevista 42 mesi, è finanziato dall'Unione Europea e coinvolge 22 partner provenienti da tutta Europa tra centri di ricerca, enti pubblici, associazioni e piccole e medie imprese. Sotto la guida dell'Istituto per le Energie Rinnovabili dell'EURAC (*European Academy* di Bolzano), tecnici, imprenditori, urbanisti ed esperti in conservazione dei beni culturali si occupano di migliorare l'efficienza energetica di edifici di interesse storico e architettonico che svolgono una funzione pubblica o sociale. I principi su cui si basa sono la multidisciplinarietà e la diagnosi esaustiva dell'edificio.

L'idea nasce dalla considerazione che gli edifici storici sono l'elemento distintivo di molte città europee, in cui i quartieri storici rappresentano il simbolo vivente del ricco patrimonio culturale europeo. Tali quartieri però sono anche quelli in cui l'alto livello di inefficienza energetica contribuisce all'enorme percentuale di emissioni di gas effetto serra. Ne deriva che, per essere davvero sostenibili, in un continente antico come l'Europa, è necessario pensare anche al risanamento energetico degli edifici già esistenti e dei palazzi, spesso tutelati dalle belle arti, che caratterizzano i centri storici di molte città europee, conciliando efficienza energetica e attenzione agli elementi architettonici di interesse artistico.

Gli obiettivi quindi riguardano la ricerca e lo sviluppo di soluzioni per il risanamento energetico degli edifici storici (involucro, tenuta all'aria, illuminazione naturale,...)

Il progetto 3ENCULT si sviluppa attraverso 8 casi di studio, differenti per climi e destinazioni d'uso, attraverso i quali è possibile verificare metodologie e soluzioni. ⁵

⁵ Per approfondimenti: <http://www.3encult.eu/>

Progetto GOVERNEE

Il progetto GOVERNEE (Good Governance in Energy Efficiency) "è incentrato sul miglioramento dell'efficienza energetica e sull'impiego di fonti energetiche rinnovabili negli edifici pubblici, con particolare riferimento agli edifici di pregio storico." Lo scopo è quello di puntare sul risparmio energetico per influire sui cambiamenti climatici, riducendo le emissioni di gas serra e la dipendenza dalle fonti fossili.

Avviato nel giugno 2010, durata prevista 36 mesi, il progetto è finanziato dal Programma europeo di Cooperazione trans-nazionale *Central Europe* e coinvolge 5 comuni e 2 istituzioni di ricerca, provenienti da 5 Paesi europei.

Il progetto nasce dalla volontà di trovare soluzioni unitarie al problema degli edifici storici, che sono fonte di notevoli consumi energetici e consentono limitate possibilità di intervento a causa di vincoli artistici ed architettonici.

GovernEE approccia il problema non dal punto di vista tecnico, ma da quello della *good governance*. Lo scopo è l'elaborazione di linee guida per gli amministratori pubblici che intendono realizzare percorsi di sviluppo sostenibile in campo energetico, proponendo strategie e politiche responsabili e sviluppando un kit di strumenti che possa essere utilizzato su scale internazionale e con un approccio intersettoriale.

Il progetto è incentrato sul miglioramento dell'efficienza energetica e sull'impiego di fonti energetiche rinnovabili negli edifici pubblici di pregio storico, seguendo il principio base di aggiungere in maniera reversibile.

I progetti pilota, che mirano a diventare casi esemplari, intendono testare soluzioni tecnologiche efficienti (pannelli fotovoltaici ad elevata integrazione architettonica, isolamenti e coibentazioni termiche e monitoraggio dei consumi energetici), che non intacchino il valore degli edifici, ma migliorino le prestazioni energetiche degli edifici storici vincolati.

Da un lato quindi il progetto GovernEE implementa e monitorizza le attività pilota per ottenere gli strumenti per incrementare l'efficienza energetica negli edifici storici, e dall'altro istruisce gli amministratori e gli altri attori del settore pubblico sulle misure di efficienza energetica, dando loro gli strumenti da adottare nei piani di efficientamento energetico degli edifici.⁶

⁶ Per approfondimenti: <http://www.governeeproject.eu/>

Progetto A.T.T.E.S.S.

Il progetto A.T.T.E.S.S. (Azioni di trasferimento tecnologico per il miglioramento delle prestazioni energetico ambientali dell'edilizia storica secondo i criteri dell'edilizia sostenibile), promosso ed elaborato dal Metadistretto Veneto della Bioedilizia, in partenariato con il Metadistretto Veneto dei Beni Culturali, ha portato, a giugno 2010, alla sigla di un protocollo di intesa tra i due Metadistretti e la Direzione regionale per i beni culturali e paesaggistici del Veneto, per la redazione di apposite Linee Guida.

Il progetto, il cui scopo è coniugare edilizia storica e sostenibilità ambientale, contiene indicazioni per il miglioramento delle prestazioni energetico-ambientali degli edifici storici. Le linee guida elaborate, hanno tenuto conto sia dei criteri del restauro (rispetto dell'autenticità della materia, minimo intervento ecc.) sia dei criteri della bioedilizia, dando informazioni sulla metodologia di approccio e sulle soluzioni tecnologiche innovative esistenti nel campo.

L'obiettivo a lungo termine è quello di promuovere, in questo campo, una normativa specifica per gli edifici storici, intendendo qui per edifici storici le costruzioni con tecniche e materiali tradizionali.

Alla base del progetto sta la consapevolezza che questa modalità di intervento incrementa il valore e quindi la conservazione degli edifici storici, e che, oltre alla conservazione, può generare una nuova economia di settore che non dissipa territorio e riduce il ricorso a nuove materie prime.

"La qualità delle prestazioni energetico-ambientali nella manutenzione dell'architettura storica. Linee guida" è il risultato prodotto a settembre 2010.

Le linee guida si pongono come una stesura di temi da sviluppare in seguito con ricerche specifiche.

I temi trattati, strutturati alcuni come una lettura della problematica, altri mirati a fornire un quadro indicativo tecnologico, spaziano dall'analisi bioclimatica dell'architettura storica, ai problemi connessi alle caratteristiche termo-ambientali dei materiali storici, ad indicazioni riguardanti l'inserimento degli impianti anche in edifici con superfici di pregio, alla modellazione delle prestazioni energetico-ambientali degli edifici e dei contesti urbani storici.⁷

⁷ Per approfondimenti: <http://www.attess.it/>

Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale

Con decreto del 10 settembre 2010, il Ministero dello sviluppo economico, di concerto con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali ha emanato linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili. Lo scopo è essenzialmente semplificare le procedure di autorizzazione, senza nessun arretramento in termini di salvaguardia dei contesti. Tali linee guida, non affrontano nello specifico il tema della realizzazione di impianti da fonti rinnovabili su beni afferenti al patrimonio culturale.

Il bisogno di definire, per tali interventi, un ulteriore codice che parta dalla diagnosi energetica degli edifici storici, per sviluppare interventi di efficientamento energetico e ottimizzazione del sistema energetico, ha spinto il Ministero a promuovere uno studio propedeutico all'emanazione di specifiche linee guida.

Il progetto di studio, affidato all'Università La Sapienza di Roma e coordinato da Livio De Santoli, ha prodotto risultati che devono essere esaminati dalla Direzione Generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura e l'arte contemporanea.

La strategia di intervento del Ministero ha due componenti: le linee-guida, che regolino gli interventi sull'edilizia storica, e le buone pratiche, derivate dalla sperimentazione su edifici monumentali direttamente gestiti dal Ministero.

Ad oggi le *Linee guida per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale* promosse dal Ministero dei beni culturali non sono ancora state pubblicate.⁸

⁸ ANTONIA PASQUA RECCHIA, *Efficienza energetica e produzione da fonti rinnovabili tra tutela e sviluppo: linee guida per il patrimonio culturale*, in Atti del convegno "La riqualificazione energetica degli edifici storici", Verona, 4 maggio 2011.

3.3. DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI

Gli edifici storici sono espressione del periodo storico e del contesto geografico in cui sono stati costruiti. Allo stesso tempo però, possono portare le tracce di periodi storici successivi alla loro costruzione, dimostrazione della loro estrema capacità di adattarsi ai cambiamenti che coinvolgono il contesto in cui si pongono. In questo senso è importante considerarli edifici fruibili, e non ridurli a monumenti di se stessi.

Conservare gli edifici significa quindi farli continuare ad esistere, prendersi cura di loro, riducendone la loro vulnerabilità, ma rendendoli partecipi del periodo storico attuale. Il restauro dovrebbe quindi mirare a conservare tali edifici, dotandoli di tutti gli strumenti atti a farli diventare realmente fruibili e adatti alle condizioni attuali.

Volendo procedere come il restauro critico, che elabora per ogni edificio un concetto di risanamento su misura, essendo, per sua natura, ogni edificio storico un caso a sé, è necessario evitare di trovare soluzioni universali, fornendo piuttosto indicazioni su come procedere, ma lasciando al progettista il giudizio critico su cosa sia meglio per l'edificio specifico.

Il corretto approccio per raggiungere l'obiettivo prestabilito, è quello di definire lo scopo dell'intervento, il livello che si vorrebbe raggiungere, gli aspetti da migliorare. Per identificare con esattezza dove è possibile arrivare, bisogna attuare il processo di conoscenza. L'analisi dell'edificio è condizione indispensabile per l'intervento di restauro. Attraverso il sopralluogo sarà possibile focalizzare i punti critici dell'edificio in questione. Verranno presi in considerazione ed analizzati tutti gli elementi costruttivi, come le pareti perimetrali, il tetto, i solai a terra e interpiano, ma anche gli impianti presenti e le soluzioni bioclimatiche, ove ravvisabili.

Una volta compreso l'edificio e il suo intorno, è possibile definire gli interventi attuabili, procedendo per eliminazione, sulla base degli obiettivi in termini di prestazione, dei vincoli e dei caratteri specifici da conservare.

In questo modo si identificheranno gli interventi adeguati al caso specifico, raggiungendo lo scopo di ottenere prestazioni energetiche elevate, senza comprometterne i valori storici e culturali, e valutare se il ricorso alla deroga sia effettivamente utile nella maggior parte degli interventi sugli edifici storici.

3.4. EDIFICI STORICI ED EDIFICI RURALI

La scelta di inserire una nuova funzione all'interno di un edificio storico, comporta inevitabilmente dei mutamenti.

Se però, tale funzione, è compatibile con le caratteristiche dell'edificio in cui si insedia, il processo che si innesca è tutt'altro che deleterio, derivando dall'uso un'inevitabile manutenzione delle parti.

Molto spesso, gli alti costi di gestione degli edifici storici sono fonte di problema e rischiano, con il continuo aumento del costo delle materie prime per produrre energia, di far propendere, in un futuro non troppo lontano, per l'abbandono di tali edifici eccessivamente dispendiosi.

Far rientrare nel progetto di restauro, il miglioramento dell'efficienza energetica, può essere un ulteriore passo per la conservazione dell'edificio.

Non tutti gli edifici storici possono essere sottoposti a tale tipologia di intervento, ma solo pochi di essi sono davvero "intoccabili".

La maggior parte dei fabbricati di antica costruzione, necessita solamente di un'attenta analisi di quali possano essere, in considerazione dei caratteri storici e artistici da preservare, gli interventi attuabili.

Ogni località, in considerazione della zona climatica in cui si trova, dovrà attuare interventi diversi, a seconda della maggiore necessità di protezione dal caldo o dal freddo.

La normativa in questo senso si differenzia a seconda delle regioni: in alcune di esse vige la normativa nazionale, D.P.R. 59/2009, mentre altre hanno potuto mantenere la propria normativa, in quanto già in vigore al momento dell'emanazione del suddetto decreto.

L'Emilia Romagna rientra tra le regioni dotate di normativa propria in questo campo, la D.A.L. 156/2008 e successive modifiche.

Volendo, con questa ricerca, produrre un contributo specifico per la regione Emilia Romagna, con le sue norme, i suoi materiali e le sue tecnologie, si è scelto di lavorare su edifici tipici del luogo: gli edifici rurali, che caratterizzano il paesaggio della regione e che sono spesso oggetto di rimaneggiamento e riuso.

Il caso degli edifici storici rurali è particolarmente significativo: spesso oggetto di riuso con destinazioni diverse dall'originale, e quindi con la necessità di intervenire per renderli confortevoli ai fruitori, si presentano in modo diverso nei confronti della

noma. Quelli non tutelati a nessun titolo, devono essere oggetto dell'applicazione integrale dei requisiti, con il rischio di intaccare comunque parti di valore, mentre quelli di dichiarato pregio e interesse storico, paesaggistico e architettonico, possono evitare di raggiungere i requisiti minimi da normativa.

L'interesse rivolto a tale tipologia di edifici rurali riguarda anche la varietà da cui sono caratterizzati. Pur presentando infatti caratteristiche specifiche, che ne permettono il riconoscimento, mostrano variabilità in tema di materiali, tecnologie, valori e vincoli. E' possibile in questo senso trovare edifici o insediamenti di particolare importanza, quindi vincolati dalla Soprintendenza, così come edifici tutelati dal Comune per l'importanza storica complessiva, o ancora edifici solo in parte rilevanti, a causa del profondo rimaneggiamento a cui sono stati sottoposti, che ha provocato la perdita dei caratteri originari.

Il panorama che ne deriva, ampio ma non eccessivamente vasto, permette una visione globale non ravvisabile lavorando a più ampia scala.

4. CONSIDERAZIONI SUL TEMA

"Il patrimonio architettonico europeo non è formato soltanto dai nostri monumenti più importanti, ma anche dagli insiemi degli edifici che costituiscono le nostre città e i nostri villaggi tradizionali (...). Per molto tempo sono stati tutelati e restaurati soltanto i monumenti più importanti. (...) Gruppi di edifici, anche in mancanza di episodi architettonici eccezionali, possono presentare qualità ambientali che contribuiscono a dar loro un valore artistico diversificato e articolato.

Questi gruppi di edifici debbono essere conservati in quanto tali. Il patrimonio architettonico costituisce una testimonianza della storia e della sua importanza nella vita contemporanea."

Carta della Conservazione integrata (Amsterdam 1975).

Gli edifici storici rivestono oggi una maggiore rilevanza per la collettività rispetto a quanto accadeva nel passato, quando si stentava a individuarne l'importanza.

Tali costruzioni infatti, al di là della loro bellezza e del riconoscimento del loro valore, sono fondamentali in quanto portatrici della nostra identità storica, testimonianza del periodo in cui sono stati costruite.

Anche se, talvolta, la normativa permette interventi invasivi non riconoscendo nell'edificio in questione un'importanza tale da renderlo oggetto di tutela, è comunque opportuno, in considerazione della valenza storica che riveste, sottoporlo ad un vero e proprio intervento di restauro.

Nel restauro, come è noto, non va ricercata la soluzione immediatamente più economica o pratica, ma quella più appropriata alla qualità e al valore dell'oggetto, per definizione unico, irripetibile e irrecuperabile una volta che sia stato irreversibilmente danneggiato.

L'intervento di restauro è quindi attuato in primo luogo a fini conservativi, per mantenere inalterato il valore storico, artistico, di cultura o documentale dell'oggetto di intervento.

Lo studio delle normative e delle teorie del restauro, ha mostrato come ogni intervento su tale tipologia di edifici, rientrando nella problematica più generale della conservazione del patrimonio storico, debba sottostare a specifiche limitazioni.

In particolare, al di là delle correnti di pensiero sul tema, ogni intervento deve essere calibrato sull'oggetto, evitando soluzioni a priori che facciano prevalere le necessità d'uso sul valore storico-artistico.

La categoria dei cosiddetti edifici storici, che si è detto comprendere sia gli edifici definiti beni culturali, sia quelli meritevoli di essere tramandati per il proprio valore storico-documentario o artistico, racchiude un insieme molto vasto di edifici e, di conseguenza, una notevole varietà di caratteristiche, valori e vincoli.

L'ampiezza dell'argomento rende difficile stabilire interventi operativamente validi, per l'impossibilità di governare tale varietà in un tempo limitato. Per poter stabilire un modo concreto di procedere, è quindi necessario circoscrivere il campo di indagine, focalizzandosi su un ambito specifico, che permetta di limitare le variabili.

La limitazione della ricerca agli edifici rurali dell'Emilia Romagna, un campo di indagine limitato dal punto di vista geografico ad una regione dotata di normativa propria in materia, e limitato dal punto di vista della tipologia edilizia a costruzioni storiche tipiche del territorio, permette di valutare nel dettaglio gli interventi compatibili. L'interesse per tali edifici, al di là della varietà di caratteristiche che presentano, deriva dal fatto che oggi sono spesso sottoposti ad interventi di trasformazione, allo scopo di renderli abitabili secondo i moderni canoni.

Allo stato attuale non si può prescindere dal valutare attentamente gli aspetti energetici del progetto di restauro, come già si fa, ad esempio, per il consolidamento, anche se, dall'analisi del quadro normativo a livello internazionale, nazionale e regionale, si è visto come tale tipologia venga esclusa dall'ambito di applicazione.

L'intervento di restauro non sarà così trasformato, ma solo arricchito di una componente oggi necessaria che, se integrata agli altri aspetti del restauro, non risulterà più invasiva ma inserita uniformemente nell'insieme.

In primo luogo occorre che vi sia compatibilità tra destinazione d'uso ed edificio; verificare che la funzione prescelta non richieda uno stravolgimento della consistenza fisica e formale del manufatto da restaurare è indispensabile, non solo intermini di carichi, ma anche di quali sono gli impianti e le condizioni microclimatiche necessarie all'insediamento di tale funzione.

La relazione tra queste informazioni e le caratteristiche dell'edificio in cui la funzione si andrà ad insediare, permetterà di valutarne la compatibilità.

Ragionando alla scala dell'edificio rurale, è possibile valutare ogni singolo elemento tecnologico, ogni impianto e ogni accorgimento bioclimatico in essere, in modo da poter proporre interventi che siano compatibili con le possibilità di modifica date dall'edificio oggetto di intervento.

Ne deriva che, analizzate le caratteristiche dell'edificio e tenuto conto delle normative, si dovrà valutare se e quali interventi siano attuabili.

In questo senso sarà importante capire dove fermarsi: non sempre è possibile individuare un punto di incontro tra conservazione e riqualificazione energetica.

1. LE COSTRUZIONI RURALI IN EMILIA ROMAGNA

1.1. INTRODUZIONE ALLA LETTURA

L'architettura rurale è oggi oggetto di un'attenzione e un interesse maggiori rispetto al passato, sia per la rinnovata sensibilità verso la qualità paesaggistico-ambientale e le testimonianze storiche, sia per l'esigenza di dare un metodo alla volontà di riuso e trasformazione di tali edifici.

Il patrimonio edilizio rurale dell'Emilia Romagna sopravvissuto fino ai giorni nostri, appartiene in gran parte al periodo successivo alla prima metà del XIX secolo, ma sarebbe errato considerare estraneo e ininfluenza il processo che ha portato alla sua formazione. Sebbene si tratti di un'unica regione infatti, la caratteristica degli edifici rurali di essere in stretta relazione con le situazioni contingenti ha dato origine a differenti morfologie, rendendo impossibile l'unificazione tipologica.

Dalle condizioni economiche e sociali del territorio, alle risorse e ai condizionamenti dell'ambiente, dalle abitudini costruttive alle esigenze produttive, diverse componenti si sono intrecciate andando ad incidere sulla creazione delle tipologie presenti sul territorio.

In origine l'edificio rurale fungeva al contempo da residenza per la famiglia del colono, da stalla per l'allevamento degli animali, da magazzino per i prodotti agricoli e da deposito per gli strumenti di lavoro. Nel corso del tempo l'attività si è strutturata in maniera più consapevole, anche dal punto di vista architettonico, e si è giunti ad una progressiva differenziazione della casa dai fabbricati strettamente connessi all'attività agricola.

Analizzando le strutture architettoniche rurali e la loro evoluzione nel corso della storia, si nota come siano legate al variare della proprietà, che ha determinato le forme di insediamento del territorio.

Se si leggono gli studi sull'evoluzione delle costruzioni rurali in pianura, si nota che, pur in mancanza di un periodo preciso di nascita, si tende a far coincidere con la dominazione romana del III secolo a.C., e le conseguenti opere di bonifica e di centuriazione, il primo assetto di architettura rurale. Ogni area, come detto prima, ha vissuto una storia a sé, e va al di là degli obiettivi di questa tesi riportare le differenti evoluzioni di ciascun territorio.

Volendone dare un'idea schematica, si possono comunque individuare tre tipi di ambienti in relazione all'origine degli insediamenti rurali: la pianura, le cui prime costruzioni risalgono, come detto, alla centuriazione romana, la montagna, i cui insediamenti assumono consistenza dal VI secolo, e i territori bonificati della parte più ad est della regione che hanno subito un percorso più alternato, con interventi in epoca medievale e poi in modo più sostanziale a partire dal Cinquecento.

Comune a tutta la regione è stata un'evoluzione molto lenta dalle prime case rurali in legno e paglia, agli assetti tipologici e costruttivi codificati anche dalla manualistica alla fine del XIX secolo.

Di fatto, mentre il sistema della centuriazione romana, sia a livello di strade e confini, che per quanto riguarda i canali di scolo, è ancora molto spesso ravvisabile sul territorio, le costruzioni, spesso in materiale deperibile, del periodo precedente al Quattrocento non sono sopravvissute.

E' però utile ricordare che alcune delle tipologie di insediamento che vediamo oggi risalgono a diversi secoli fa. Un esempio è dato dal "sistema curtense", antesignano degli attuali insediamenti a corte, che si basava sulle *curtes* in cui la residenza del proprietario era attorniata dalle dipendenze. L'insediamento rurale era organizzato come un nucleo, composto da diversi corpi, ciascuno con una sua funzione specifica, posizionati attorno ad una corte centrale e con elementi naturali o artificiali che racchiudevano in un'unità organica tutti gli elementi.

Allo stesso modo è significativo indicare come il tipo di proprietà influenzava la disposizione e la struttura dei fabbricati rurali. Un esempio è dato dall'insediamento mezzadrile di tipo sparso, in cui la terra del signore era suddivisa in poderi di superficie pari alla capacità lavorativa di una famiglia, sui quali venivano costruiti i fabbricati rustici necessari.

Questo modello di insediamento comprendeva la casa e i suoi annessi, era autosufficiente e isolato rispetto agli altri, ma faceva riferimento alla villa padronale.

La villa diveniva così edificio con funzioni di rappresentanza pur mantenendo la funzionalità grazie agli annessi che permettevano di lavorare l'appezzamento non affidato ai mezzadri.

Gli edifici giunti fino a noi risultano di tipologie differenti anche in relazione a quanto è sopravvissuto dei diversi periodi. Se infatti è vero che molto dell'esistente deriva dall'epoca della manualistica e dall'introduzione di modelli che

permettevano allo Stato di introdurre dazi in base alla consistenza terriera ed edilizia dei possedimenti, dall'altro lato moltissimi insediamenti sono frutto di successivi rimaneggiamenti di insediamenti più antichi.

E' con questa consapevolezza che bisogna affiancarsi alla classificazione tipologica la quale, pur con il merito di aver dato una catalogazione ad un ambiente eterogeneo, non riesce, per ovvie ragioni, a rappresentare tutte le possibili varianti delle costruzioni oggi presenti sul territorio.

1.2. GLI ELEMENTI DI BASE

Le costruzioni rurali sono state realizzate per essere un riparo per le persone e gli animali e un luogo di lavorazione e conservazione dei prodotti dei campi.

Le caratteristiche e gli elementi di cui erano composte, erano sempre legate alla dimensione dell'appezzamento di terra da coltivare e alla quantità di animali da allevare, con dimensioni e volumetrie che non dovevano essere né superiori alle necessità, perché avrebbero sbilanciato le risorse per la costruzione, per la manutenzione e la manodopera, né troppo piccole perché sarebbero state inutilizzabili.

Le architetture rurali oggi presenti sul territorio, diverse per forma e dimensione e spesso frutto di successive trasformazioni, sono accomunate dalla composizione di alcuni elementi tipologici di base, anche se essi non sono tutti presenti ed identici in ciascun insediamento.

Ogni elemento è stato, nel tempo, declinato in diverse dimensioni e forme architettoniche, pur mantenendo i caratteri di base che ne permettono la chiara distinzione anche oggi, sebbene siano spesso abbandonati o non più utilizzati al medesimo scopo.

Risulta a questo punto utile e interessante, prima di addentrarsi nella classificazione tipologica degli insediamenti, dare una descrizione di questi elementi primari.

Essi sono: l'abitazione, la stalla-fienile, il portico, la porta morta, la barchessa e i bassi servizi.

L'abitazione

Rappresentata da forme compatte, l'abitazione si trova principalmente in due versioni: la casa contadina e la casa padronale.

Mentre la prima, presente anche negli insediamenti rurali minori, è caratterizzata da una grande variabilità di forme e dimensioni, la seconda si ritrova solo negli insediamenti più ampi e articolati, ed è caratterizzata da maggiori dimensioni e da un apparato decorativo più consistente.

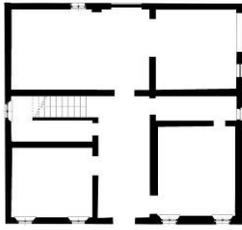


Fig. 1 pianta di casa contadina

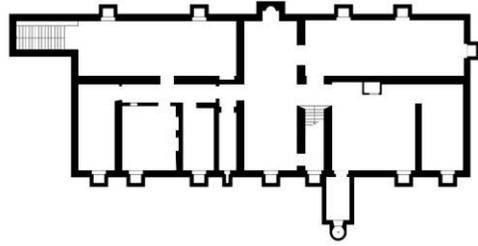


Fig. 2 pianta di casa padronale

Per quanto riguarda la forma e le dimensioni, si può trovare una casistica piuttosto eterogenea: piante rettangolari o quadrate, sviluppo prevalentemente orizzontale o verticale e coperture a due, tre o quattro falde.

Le abitazioni a pianta rettangolare, più raramente quadrata, sviluppate su due o tre piani e tetto prevalentemente a capanna, sono la tipologia più ricorrente delle case contadine. Talvolta isolate, ma spesso in accostamento alla stalla-fienile con o senza l'intermezzo della porta morta, non raramente già dall'esterno dichiarano la genesi non unitaria, con finestre a diverse altezze e mancanza di pregio nei materiali e nelle tecniche costruttive.

Le case il cui sviluppo è prevalentemente verticale, sono dette a torre, sono ritenute i tipi edilizi più antichi, e forse in origine rivestivano anche un ruolo difensivo. Raramente rinvenibili in forme isolate separate dal resto, oggi le case a torre si trovano molto spesso accostate ad altri edifici, rispetto ai quali possono mantenere funzione distinta oppure divenire parte integrante di un'abitazione di più ampie dimensioni sviluppatesi con l'ampliamento della struttura. A seconda delle caratteristiche dell'edificio di cui sono diventate parte, è possibile individuare se si tratta di case contadine o padronali.

La casa a pianta rettangolare o quadrata, maggiormente sviluppata in larghezza e profondità, con tetto a 4 falde, ingresso in posizione centrale e tecniche costruttive più ricche e complesse, è un modello di pregio tipico delle case padronali.

Si trova spesso negli insediamenti a corte, come elemento isolato e di spicco.

Queste tipologie di massima hanno subito trasformazioni e rivisitazioni nel corso del tempo, tanto che oggi è possibile, per ciascuna di esse riscontrare diverse varianti.



Fig. 3 esempio di casa contadina



Fig. 4 esempio di casa padronale

La stalla-fienile

L'elemento stalla-fienile, la cui dimensione è legata, ancor più delle altre costruzioni, alla dimensione del podere, è composto al piano terra dalla stalla e al piano superiore dal fienile.

Tali edifici, talvolta autonomi e a volte accoppiati all'abitazione, sono caratterizzati da una pianta prevalentemente rettangolare e copertura a due falde, anche se non mancano casi con copertura a quattro falde, in special modo quando la pianta è quadrata.

La tipologia di stalla più frequente è quella che, pur variando nelle dimensioni, è organizzata in un unico vano diviso in tre corsie parallele da due file di colonne e con soffitti generalmente a volta o a voltine, anche se in montagna è rimasto più a lungo l'uso dei solai in legno per la maggiore disponibilità di quel materiale rispetto ai mattoni. Una caratteristica particolare è data dal fatto che, molto spesso, nelle stalle, i dettagli architettonici (colonne, capitelli, volte, mattoni particolari,...) erano maggiori rispetto alle abitazioni contadine.

È possibile individuare una sostanziale differenza di tipologia nelle stalle situate nelle zone più basse e vicine al Po, dove lo spazio destinato agli animali si riduce ad un ridotto vano affiancato all'abitazione a cui si accede da una pseudo porta morta.

Il fienile, posto al piano superiore per l'esigenza di ottenere un ambiente asciutto e ben ventilato, è costituito da un unico grande vano privo di divisioni e interruzioni. Tale ambiente, coperto, è dotato di ampie aperture su uno o più lati, talvolta chiuse con murature traforate "a gelosia", per favorire l'essiccazione del fieno.

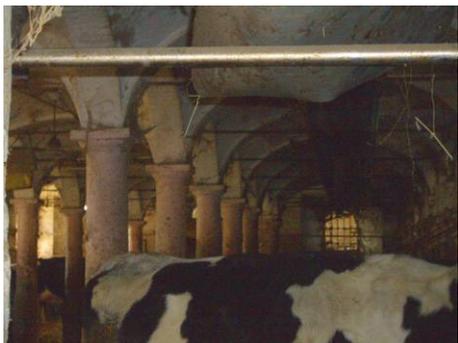


Fig. 5 interno di una stalla ancora utilizzata



Fig. 6 vista di un elemento stalla-fienile

Il portico

Un elemento la cui presenza e la cui collocazione costituiscono un fattore importante di caratterizzazione tipologica è il portico.

Spesso a sud, per fornire riparo dalla radiazione solare, il portico è sovente localizzato in adiacenza al corpo stalla-fienile, talvolta su più lati, per aumentare lo spazio di ricovero attrezzi, deposito dei prodotti agricoli e luogo di lavorazione al riparo dalle intemperie.

L'importanza del portico, dal punto di vista essenzialmente funzionale, è documentata in tutti i principali trattati di agricoltura fin dall'epoca romana, ma è importante comprenderne la valenza dal punto di vista architettonico, come luogo di connessione tra gli spazi aperti e gli spazi chiusi e come elemento di distinzione a seconda delle dimensioni, della posizione, del fatto che si aggettante o no e che sia solo su un lato o su più lati.



Fig. 7 vista di un portico utilizzato come deposito



Fig. 8 vista di un portico dall'esterno

La porta morta

L'elemento porta morta, che connette e congiunge l'abitazione e il portico, ha un'origine incerta. Dal punto di vista formale si presenta come un vano alto un piano, o un piano e mezzo, coperto solitamente con volta a botte, con funzioni di spazio coperto per passare da un edificio all'altro e di ricovero attrezzi.

Tra la porta morta e la copertura si creava così un locale di altezza intermedia, a cui si accedeva tramite alcuni gradini, in quanto posto più in alto rispetto ai locali circostanti. Tale locale poteva essere utilizzato come parte dell'abitazione, come ampliamento del fienile o ancora con funzioni specifiche, come allevamento dei bachi da seta o per l'essiccazione delle castagne.

Non è del tutto chiaro se sia nato dall'evoluzione del portico che arrivava fino al tetto e collegava stalla e abitazione, o, nel caso sia nato come elemento a sé stante, se sia stato creato come vano passante o chiuso sul fondo. Di fatto questo elemento caratterizza una specifica tipologia di edifici, di cui è l'elemento chiave.



Fig. 9 Prospetto di edificio con porta morta



Fig. 10 Particolare della porta morta

La barchessa

Questo elemento, chiamato nel bolognese "casella", è nato dalla crescente necessità di spazio per il deposito di materiali, attrezzi e prodotti agricoli in poderi di medie e grandi dimensioni. Si tratta di una struttura molto simile ad un portico, con pianta rettangolare, chiusa su uno, due o tre lati da una muratura portante in mattoni pieni. Il fronte principale è aperto con pilastri in mattoni pieni. La copertura è prevalentemente a capanna, con linea di colmo parallela al fronte principale. E' posto accanto alla casa colonica talvolta a squadro o altre volte in parallelo rispetto ai corpi principali.



Fig. 11 vista di una barchessa con aperture ad arco



Fig. 12 vista di una barchessa rimaneggiata

I bassi servizi

Le costruzioni che ospitano il forno, il porcile, il pollaio ed talvolta lo stallino per cavalli sono detti bassi servizi o protoservizi. Questi elementi, dal punto di vista architettonico, hanno una struttura molto semplice, con pianta rettangolare, dimensioni variabili, ma generalmente medio-piccole rispetto al resto del complesso, e copertura a una o due falde. Possono avere tutte le funzioni riunite in un singolo volume oppure essere composti da più volumi addossati o distinti.



Fig. 13 vista del fronte di un basso servizio



Fig. 14 vista del retro di un basso servizio

1.3. LA CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICA

Gli elementi di base sopra descritti si possono combinare in diversi modi.

La classificazione tipologica tradizionale degli edifici rurali in Emilia Romagna distingue essenzialmente 3 modelli insediativi fondamentali:

- A blocco
- Con torre
- A corte

Con l'approfondirsi degli studi in merito e con la scoperta di varianti ed eccezioni, la netta distinzione che caratterizzava queste categorie è andata scemando.

In particolare si è ritenuto di poter ricondurre tutta l'eterogeneità riscontrata ad un unico nucleo originario: l'insediamento racchiuso entro recinti e composto da semplici ricoveri funzionalmente distinti, tipico delle primitive fasi della colonizzazione. Da qui la considerazione secondo la quale i modelli precedentemente distinti sono di fatto semplicemente caratterizzati da un diverso grado di complessità, in cui la tipologia con torre e la tipologia a blocco sono semplici componenti del sistema più articolato, l'insediamento a corte, forma aggiornata del nucleo originario a cui si riferisce tutta l'architettura rurale.

Al fine di dare un ordine alla suddetta eterogeneità, risulta comunque utile partire dai 3 modelli insediativi fondamentali della tradizione, in modo da avere una base per poi elencare le varianti a tali modelli, seppur non pretendendo di arrivare ad una catalogazione di tutti i casi esistenti.

Ciascuna variante è identificata da un codice numerico, allo scopo di poter essere richiamata con immediatezza nei capitoli successivi.

La classificazione tipologica di seguito presentata è stata elaborata sulla base degli studi e degli scritti di Mario Zaffagnini che, a sua volta, ha preso come riferimento fondamentale i testi di Lucio Gambi, *La casa rurale nella Romagna*, e Mario Ortolani, *La casa rurale nella pianura emiliana*; "una ricerca ed uno sforzo di codificazione tipologica pazienti quanto metodologicamente avvertiti cui, a dispetto dei quasi cinquant'anni intercorsi, hanno continuato ad attingere un po' tutti i successivi contributi"¹.

¹ MARIO ZAFFAGNINI (a cura di), *Le case della grande pianura*, Firenze, Alinea, 1997.

1.3.1. L'insediamento a blocco

Il modello insediativo a blocco è caratterizzato dalla giustapposizione in linea degli elementi che compongono l'aggregato.

Tale modalità costruttiva risulta piuttosto diffusa nel territorio, in quanto il sistema di giustapporre gli edifici con funzioni tra loro indipendenti, consentiva di economizzare sui costi necessari per costruire edifici separati.

I corpi di fabbrica si accostano in maniera differente: possono apparire dall'esterno compatti come un unico edificio, oppure mantenere la propria individualità anche dall'esterno, sia in prospetto che in alzato. La copertura dei corpi di fabbrica può essere unica, con o senza muro tagliafuoco tra abitazione e stalla-fienile, oppure con strutture indipendenti semplicemente accostate tra loro, non raramente a diverse altezze.

L'allineamento dei fronti può testimoniare l'origine coeva dei corpi di fabbrica, mentre una giustapposizione più articolata potrebbe identificare un'edificazione non contemporanea.

Gli elementi di base di tutte le varianti sono l'abitazione e la stalla-fienile. Il portico, quando presente, costituisce elemento di differenziazione tipologica, sia come presenza, sia come disposizione: abitualmente solo sul lato sud, ma non di rado anche sul fronte opposto o su più lati contigui, può sporgere rispetto al corpo principale o essere a filo con esso. L'elemento a porta morta identifica chiaramente una sottotipologia tipica delle aree parmense e reggiana.

"Allorché, come di norma, la facciata della casa è rivolta verso mezzogiorno, la stalla-fienile suole essere collocata, con maggiore frequenza, a destra (levante), e la dimora del contadino a sinistra (ponente); il lato occidentale è preferito per via della più efficiente insolazione pomeridiana."²

La pianta dell'edificio si sviluppa prevalentemente sull'asse est-ovest, con il fronte principale rivolto a sud, ma non mancano esempi con altre esposizioni.

Per quanto riguarda la distribuzione interna, al piano terra si trovano, per la parte abitativa, i locali di cucina e soggiorno e stanze utilizzate come deposito o cantina, mentre nella parte produttiva si trova la stalla. Al piano superiore ci sono le camere nella parte abitativa e il fienile sopra la stalla.

² MARIO ORTOLANI, *La casa rurale nella pianura emiliana*, Firenze, Centro di studi per la geografia etnologica, 1953.

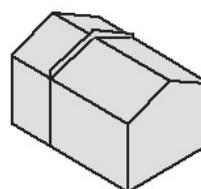
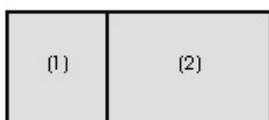
È possibile trovare dimensioni diverse sia della casa che della stalla-fienile. Gli ampliamenti potevano riguardare l'aggiunta di porticati o di un secondo corpo stalla-fienile o l'allargamento della porzione abitativa.

La casa "a porta morta", che costituisce una variante della tipologia a blocco, è un modello consolidatosi dal XIX secolo, quando la tecnica del costruire a volte entrò nell'uso anche delle maestranze meno specializzate.

L'origine è probabilmente dovuta alla necessità di avere un ambiente coperto, che permettesse il passaggio dalla stalla all'abitazione e viceversa e come ricovero di mezzi al coperto e come luogo di lavorazione al riparo dalle intemperie, ma è altresì possibile che fosse un portale di ingresso all'azienda agricola che permetteva di arrivare ai campi retrostanti. Non è a tutt'oggi chiaro se il nome nacque dalla trasformazione di quella che era considerata una porta in un androne chiuso sul fondo, da cui "porta morta", porta chiusa, oppure se il nome "porta morta" sia quello originario.

Codice 1.1.1

Modello	A BLOCCO
Variante	A ELEMENTI UNITI
Morfologia	SEMPLICE
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2)

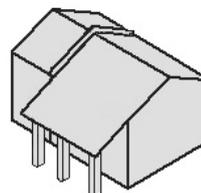
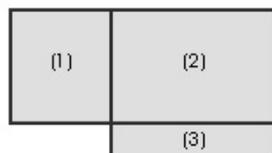


La versione base della tipologia a blocco è quella in cui abitazione e stalla-fienile sono accostati senza l'aggiunta di altri elementi. Si tratta della forma più economica di insediamento multifunzionale, in cui i due corpi possono apparire dall'esterno come un unico fabbricato oppure mantenere una propria individualità estetica.

Molto spesso, nel modello a blocco, in corrispondenza del muro in comune tra abitazione e stalla-fienile, fuoriesce in altezza dal tetto il muro tagliafuoco, il cui scopo è evitare la propagazione di un eventuale incendio dal fienile all'abitazione.

Codice 1.1.2

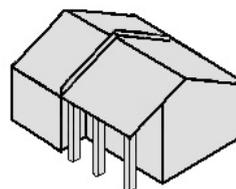
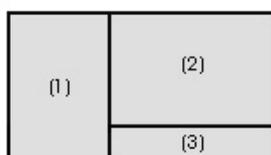
Modello	A BLOCCO
Variante	A ELEMENTI UNITI
Morfologia	SEMPLICE CON PORTICO AGGETTANTE
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTICO (3)



La struttura a blocco con portico aggettante si compone alla stregua della versione precedente con l'aggiunta di un portico, posto generalmente a sud davanti alla stalla-fienile. In questa versione il portico fuoriesce dal filo della parete dell'abitazione e la copertura può unirsi a quella del resto del fabbricato oppure essere separata e più bassa.

Codice 1.1.3

Modello	A BLOCCO
Variante	A ELEMENTI UNITI
Morfologia	SEMPLICE CON PORTICO NON AGGETTANTE
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTICO (3)

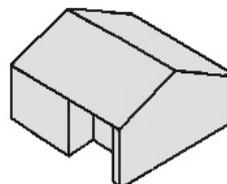
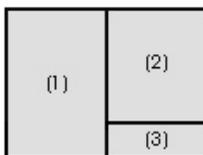


La versione con portico non aggettante è rappresentata da un portico antistante la stalla-fienile allineato con il profilo dell'abitazione.

Questa caratteristica, e il fatto che spesso presenta una copertura unica su tutti gli elementi, se uniti ad un'omogeneità di materiali e di tecniche costruttive, può indicare che l'intera costruzione è stata edificata nello stesso momento, e non è frutto di aggregazioni successive.

Codice 1.1.4

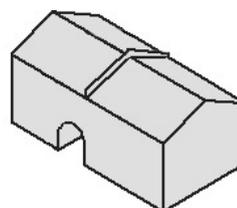
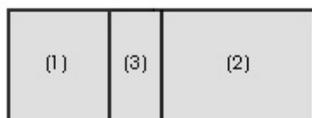
Modello	A BLOCCO
Variante	A ELEMENTI UNITI
Morfologia	COMPATTA
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTICO O PSEUDO PORTA MORTA (3)



La morfologia compatta, caratterizzata dalla contrazione della stalla, si contraddistingue per la forma che nasconde la distinzione tra le diverse funzioni di abitazione e stalla-fienile. E' tipica delle parti più povere e dei territori di bassa pianura, ed era generalmente legata a piccoli appezzamenti di terreno. Viene definito "pseudo porta morta" quell'elemento che, dando accesso alla stalla, si conforma come una commistione tra il portico e la porta morta.

Codice 1.2.1

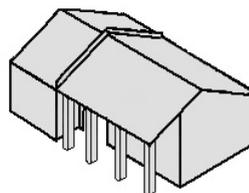
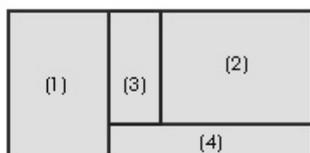
Modello	A BLOCCO
Variante	A PORTA MORTA
Morfologia	IN LINEA
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTA MORTA (3)



Il modello a porta morta, tipico dell'area parmense e reggiana, è una variante della tipologia a blocco a cui aggiunge un ulteriore elemento: la porta morta, che funge da collegamento coperto tra l'abitazione e la stalla-fienile e da deposito attrezzi. La porta morta, solitamente coperta a volta a botte, è sovrastata da ambienti per la casa o dal fienile. Come nella tipologia semplice la copertura può essere unica o separata, e avere o meno il muro tagliafuoco.

Codice 1.2.2

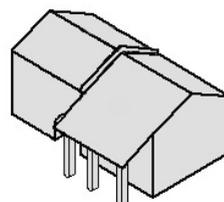
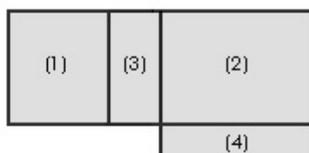
Modello	A BLOCCO
Variante	A PORTA MORTA
Morfologia	IN LINEA CON PORTICO NON AGGETTANTE
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTA MORTA (3), PORTICO (4)



La versione con portico non aggettante si presenta compatta, con portico che, posto davanti alla stalla e alla porta morta, termina in linea con il profilo dell'abitazione. Come nella tipologia semplice a blocco, tale variante può indicare costruzione contemporanea degli elementi. La copertura può essere unica per tutto il blocco, oppure essere separata, una parte atta a coprire stalla-fienile e portico, solitamente unita, e l'altra sull'abitazione.

Codice 1.2.3

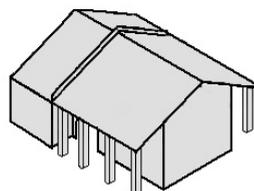
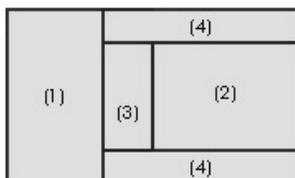
Modello	A BLOCCO
Variante	A PORTA MORTA
Morfologia	IN LINEA CON PORTICO AGGETTANTE
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTA MORTA (3), PORTICO (4)



La versione a porta morta con portico aggettante è la più classica e diffusa. Molto spesso si tratta di un portico posto antistante alla stalla-fienile, ma non mancano le versioni in cui si estende anche davanti alla porta morta. L'intera struttura può presentare il medesimo sviluppo verticale oppure altezze differenti, e può avere copertura unita, copertura unica per stalla-fienile e portico e differente per l'abitazione, oppure tre coperture separate.

Codice 1.2.4

Modello	A BLOCCO
Variante	A PORTA MORTA
Morfologia	IN LINEA CON DOPPIO PORTICO NON AGGETTANTE
Elementi	ABITAZIONE (1) , STALLA-FIENILE (2), PORTA MORTA (3), DOPPIO PORTICO (4)

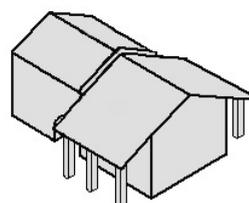
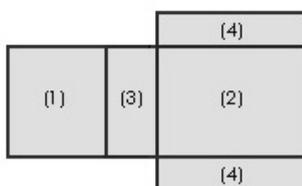


Molto simile alla versione con portico singolo non aggettante, compatta e ordinata, è la tipologia a doppio portico non aggettante su lati opposti.

In questo caso il portico si trova davanti e dietro sia alla stalla-fienile che alla porta morta, terminando a filo del profilo dell'abitazione. Trattandosi di una struttura simmetrica, la copertura dell'intera struttura è spesso unita, segno di una costruzione contemporanea.

Codice 1.2.5

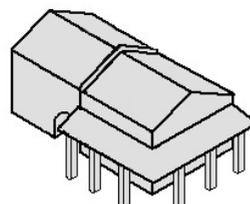
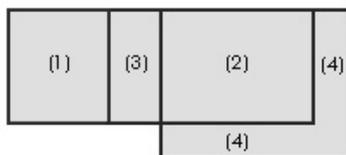
Modello	A BLOCCO
Variante	A PORTA MORTA
Morfologia	IN LINEA CON DOPPIO PORTICO AGGETTANTE SU DUE LATI OPPOSTI
Elementi	ABITAZIONE (1) , STALLA-FIENILE (2), PORTA MORTA (3), DOPPIO PORTICO (4)



L'insediamento a porta morta con doppio portico aggettante è spesso segno di un'evoluzione nata dalla necessità di avere più spazio per conservare i prodotti o mettere al riparo gli attrezzi. Come nel caso del portico singolo, le varianti riguardano la posizione; in questo caso le possibilità vanno dal portico sul fronte e sul retro della stalla-fienile, oppure anche sul fronte e sul retro della porta morta o ancora una commistione delle due versioni, una sul fronte e una sul retro.

Codice 1.2.6

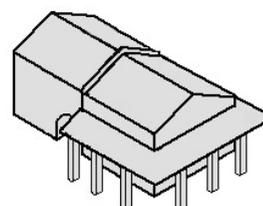
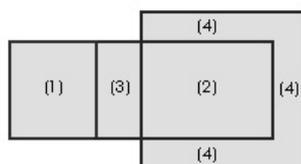
Modello	A BLOCCO
Variante	A PORTA MORTA
Morfologia	IN LINEA CON DOPPIO PORTICO SU DUE LATI ADIACENTI
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTA MORTA (3), DOPPIO PORTICO (4)



Questa versione è caratterizzata da un portico doppio, che cinge la stalla-fienile su due lati adiacenti, solitamente il fronte principale e il lato corto lasciato libero. La copertura può quindi essere: a due falde, con copertura sicuramente separata per il portico del lato piccolo oppure a due falde per abitazione e stalla-fienile e copertura separata per tutto il portico o, in alternativa, copertura a tre falde che si prolunga sui due portici.

Codice 1.2.7

Modello	A BLOCCO
Variante	A PORTA MORTA
Morfologia	IN LINEA CON TRIPLO PORTICO
Elementi	ABITAZIONE (1), STALLA-FIENILE (2), PORTA MORTA (3), TRIPLO PORTICO (4)



Un'ulteriore variazione sul tema, solitamente parte di una composizione insediativa di grandi dimensioni, è quella in cui il portico si trova antistante, retrostante e in testa al corpo stalla-fienile, aggettando su tutti e tre i lati.

1.3.2. L'insediamento con torre

Il modello insediativo con torre si contraddistingue per l'elemento a torre, parte integrante di strutture più complesse evolute intorno ad esso.

Alcuni studi individuano nella torre l'elemento superstito di un antico insediamento, con funzioni difensive e di rappresentanza, recinto da siepi, fossati, palizzate e contenente altri fabbricati.

L'elemento predominante a torre si trova quasi sempre evoluto in strutture edilizie più complesse, anche se spesso risulta difficile distinguere se sia un processo di ampliamento di un nucleo preesistente, oppure se si tratti di una costruzione più recente in cui è stato riproposto l'archetipo primitivo.

In questo tipo di insediamento l'abitazione può essere condensata nella torre oppure ampliarsi in corpi contigui.

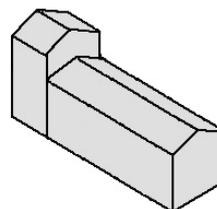
Risulta difficile catalogare le forme e le funzioni giustapposte alla torre, trattandosi di un'ampia variabilità di soluzioni.

Risulterebbe molto complesso e articolato definire tipologie diverse sulla base delle variazioni degli elementi di base. Si preferisce quindi una catalogazione che si basi sulla forma della disposizione planimetrica generale, senza scendere nel dettaglio dell'individuazione degli elementi che la compongono.

Si può trattare infatti di un'aggiunta di piccoli vani di servizio solo da una parte o su entrambi i lati, lasciando l'abitazione solo nella torre, o di accrescimenti, in cui i vani accostati fanno parte dell'abitazione, o ancora in forme sempre più complesse.

Codice 2.1.1

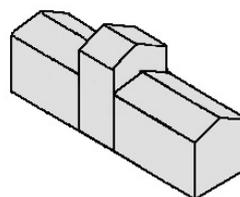
Modello CON TORRE
 Variante GIUSTAPPOSIZIONE SEMPLICE
 Morfologia IN LINEA SU UN LATO



L'accostamento in linea su un lato lascia solitamente la struttura della torre separata e chiaramente distinguibile, essendo il corpo aggiunto quasi sempre più basso e con copertura indipendente, a due falde.

Codice 2.1.2

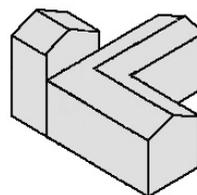
Modello CON TORRE
 Variante GIUSTAPPOSIZIONE SEMPLICE
 Morfologia IN LINEA SU DUE LATI



L'accostamento su due lati opposti della torre genera solitamente una composizione più regolare, nella quale la torre rimane l'elemento di spicco.

Codice 2.2.1

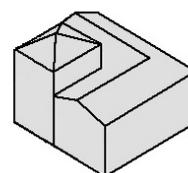
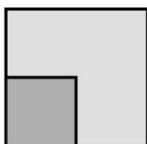
Modello CON TORRE
 Variante ACCOSTAMENTO
 Morfologia NON LINEARE SU UN LATO



Lo sviluppo di un insediamento articolato su un solo lato della torre comporta spesso la perdita della centralità dell'elemento.

Codice 2.2.2

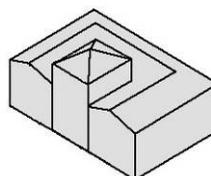
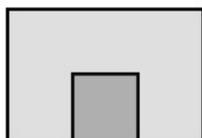
Modello CON TORRE
 Variante ACCOSTAMENTO
 Morfologia SU LATI ADIACENTI



L'accostamento su due lati contigui, diversamente del caso precedente, denota che gli elementi che compongono il resto della struttura prendono come parte integrante la torre, da cui spesso ha avuto origine l'insediamento.

Codice 2.3.1

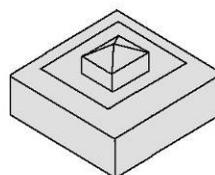
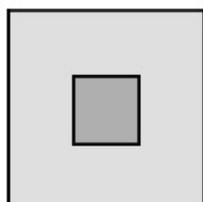
Modello CON TORRE
 Variante ACCORPAMENTO
 Morfologia SU 3 LATI



Un ulteriore sviluppo del caso precedente è l'accorpamento su tre lati, che restituisce alla torre la funzione di elemento predominante rispetto al resto dell'insediamento.

Codice 2.4.1

Modello CON TORRE
 Variante INGLOBAMENTO
 Morfologia SU TUTTI I LATI



L'esempio più complesso è quello in cui la torre viene inglobata dalle strutture che la circondano e che, pur rimanendo in alcuni casi più bassi, fanno emergere solo in minima parte la struttura verticale e la rendono difficilmente distinguibile dal resto.

1.3.3. L' insediamento a corte

L'insediamento a corte si compone di volumi con diversa funzione, che, uniti o separati, sono disposti attorno ad uno spazio aperto centrale.

Si possono identificare diverse forme e modalità di congiunzione tra le strutture, distinguendo così diversi tipi di organizzazione della corte, anche se diventerebbe molto complesso e articolato, come nel caso della tipologia con torre, scendere nel dettaglio delle varianti dei singoli edifici che la compongono.

Allo stesso modo, la complessità dell'insediamento a corte rende difficile identificare tutte le versioni oggi presenti sul territorio. Trattandosi molto spesso del risultato di una progressiva aggregazione attorno ad un'unità edilizia primitiva, si possono individuare un'ampia gamma di forme che molto spesso vanno oltre la pura forma a corte.

L'insediamento a corte riuniva in sé, in origine, gli spazi per l'attività agricola con l'abitazione contadina e la dimora padronale, disposti in forma più o meno ordinata e più o meno compatta. La corte può sostanzialmente aver avuto origine da una realizzazione unitaria, alla stregua delle corti lombarde, o dallo sviluppo di insediamenti più semplici, accresciutisi nel tempo con l'aggiunta successiva di corpi di fabbrica attorno ad un cortile centrale.

Le corti agricole, collocate al centro del podere di pertinenza, sono caratterizzate da diversi elementi base. In quelle di maggiori dimensioni si individua la dimora padronale, in genere facilmente identificabile per le sue dimensioni e per il pregio estetico, una o più abitazioni dei contadini e i fabbricati funzionali all'attività agricola, quali stalle, fienili, barchesse, porcilaie, ricoveri per attrezzi e depositi dei prodotti agricoli.

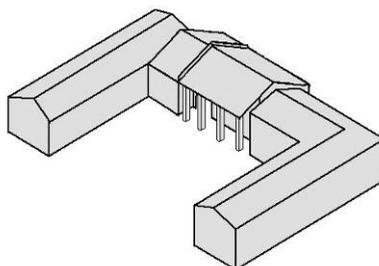
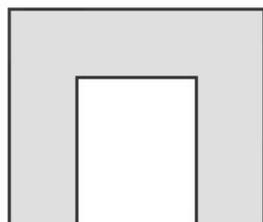
Nelle forme più complesse l'insediamento a corte poteva ospitare molte famiglie fino a divenire un vero e proprio villaggio con la presenza di servizi e anche di una piccola chiesa. L'insediamento a corte si presenta principalmente in forma aperta o chiusa attorno all'aia, il cortile centrale.

Le corti aperte sono quei complessi di edifici che, non disponendosi su tutti i lati del cortile centrale, lasciano un versante aperto verso i campi, spesso delimitato da siepi o muri. Le corti chiuse sono caratterizzate dal posizionamento dei vari corpi di fabbrica su tutto il perimetro del cortile centrale, senza nessun lato completamente aperto sul paesaggio circostante. Oltre all'ingresso principale, può esserci sul fronte opposto un accesso secondario per il passaggio ai campi.

Quanto descritto vuole essere una differenziazione di massima, con la consapevolezza che oggi si trovano, non raramente, forme spurie, nate dalla successiva aggiunta di fabbricati.

Codice 3.1.1

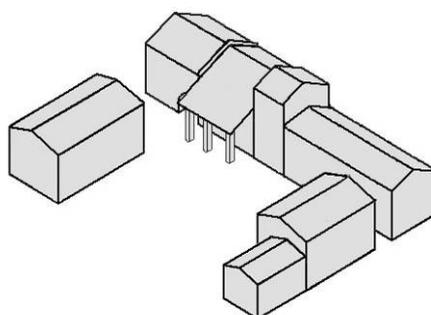
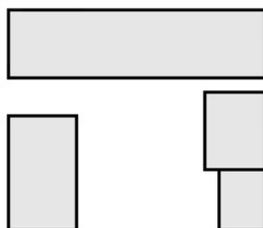
Modello A CORTE
 Variante APERTA
 Morfologia A QUADRILATERO A ELEMENTI CONTIGUI



L'insediamento a corte aperta a corpi contigui si compone a C o ad U attorno ad un cortile centrale. Una visione d'insieme e l'analisi di materiali e tecniche costruttive possono dare indicazioni se abbia avuto origine unitaria o se sia stata creata con successivi ampliamenti.

Codice 3.1.2

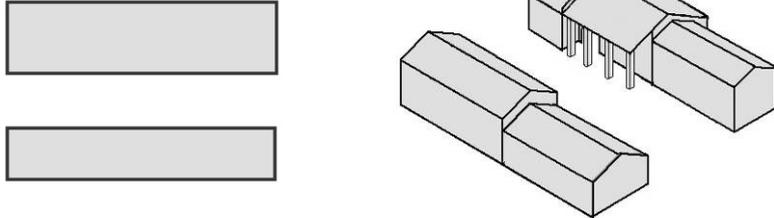
Modello A CORTE
 Variante APERTA
 Morfologia A QUADRILATERO A ELEMENTI SEPARATI



La tipologia di corte aperta a corpi separati si fa spesso risalire ad un'origine di successive aggregazioni e accrescimenti rispetto ad un insediamento primitivo. Completamente aperta oppure chiusa dalla vegetazione, si trova molto spesso in forme spurie, nate dall'aggiunta di fabbricati produttivi sul retro.

Codice 3.1.3

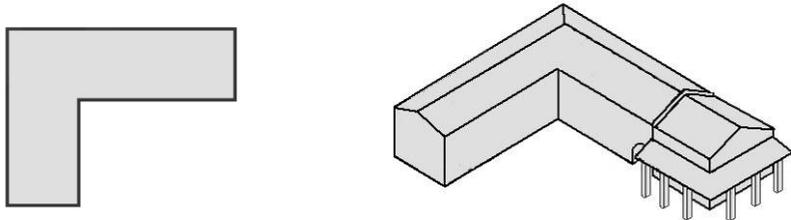
Modello A CORTE
 Variante APERTA
 Morfologia IN LINEA SU LATI OPPOSTI



Una morfologia non trascurabile delle forme non pure delle corti aperte attorno al cortile centrale è quella i cui elementi sono disposti in linea su lati opposti. Questa tipologia, che alcuni studi non considerano una corte, è caratterizzata dalla disposizione in parallelo o in contrapposizione di due corpi composti da diversi elementi, contigui o separati, lasciando così liberi due lati della corte.

Codice 3.1.4

Modello A CORTE
 Variante APERTA
 Morfologia A SQUADRO SU LATI ADIACENTI

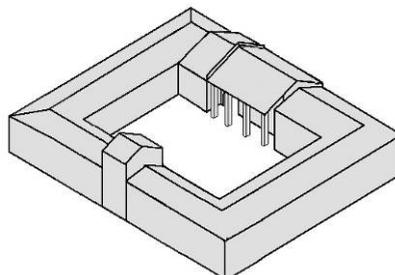
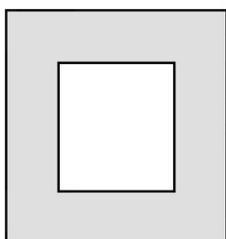


L'altra versione, molto simile alla precedente perché lascia aperti due lati del cortile centrale, e quindi talvolta non considerata propriamente nella tipologia a corte, è la disposizione a L su lati adiacenti.

Anche in questo caso gli elementi possono essere contigui o separati, e quasi sempre si tratta di aggregazioni successive che hanno dato origine a impianti eterogenei per materiali e tecnologie.

Codice 3.2.1

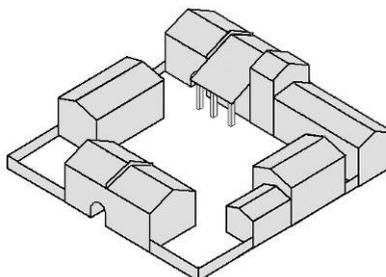
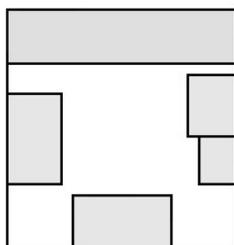
Modello A CORTE
 Variante CHIUSA
 Morfologia A QUADRILATERO A ELEMENTI CONTIGUI



L'insediamento a corte chiusa era in genere caratteristico delle aziende di maggiori dimensioni. La versione a corpi contigui rappresenta la tipologia più simile alle corti lombarde. Considerando la concatenazione degli elementi, se materiali e tecniche costruttive differenti non indicano il contrario, si considera come il frutto di una concezione e realizzazione unitaria.

Codice 3.2.2

Modello INSEDIAMENTO A CORTE
 Variante CHIUSA
 Morfologia A QUADRILATERO A ELEMENTI SEPARATI



La tipologia di corte chiusa a corpi separati mantiene la disposizione attorno a tutto il perimetro del cortile, completando con muri o vegetazione gli spazi lasciati liberi tra gli edifici. In questa disposizione, si intravede più facilmente un'organizzazione planimetrica nata come risultato finale di un processo di aggregazione, avvenuta nel tempo attorno ad un insediamento primitivo.

1.4. LE INVARIANTI TIPOLOGICHE

Dall'analisi dei modelli tipologici è possibile individuare le invarianti, ovvero quelle caratteristiche proprie e ricorrenti che rendono riconoscibile l'originale destinazione d'uso.

Le modifiche, che la volontà di riuso di tali edifici inevitabilmente comportano, dovrebbero avvenire nel rispetto e nella tutela di questi elementi, la cui conservazione diventa indispensabile per ogni futura lettura.

La comprensione e l'identificazione degli edifici rurali, importanti come testimonianza storica e come elementi fondamentali del paesaggio della nostra regione, passa attraverso queste caratteristiche ricorrenti, valori formali, architettonici, materici o tecnico-costruttivi.

A questo scopo risulta utile definire le invarianti tipologiche che possono essere di tipo formale o di tipo tecnologico.

Dal punto di vista formale-architettonico si possono individuare:

Il *portico*, elemento che definisce in modo particolare le varie versioni della tipologia, a seconda delle sue caratteristiche e della sua posizione. Tipico degli edifici rurali, il portico non deve essere modificato, se non eventualmente per eliminare quelle superfetazioni aggiunte in un secondo momento rispetto al prospetto originario. Per conservare l'impianto originario occorre che siano conservati anche i pilastri, con forme e materiali originali, e la struttura in legno della copertura, per quanto possibile. Nel caso in cui sia necessario un intervento più invasivo, è possibile chiudere con vetrate il portico, posizionando i vetri in modo che non siano allineati con il filo esterno dei pilastri, allo scopo di conservare l'effetto volumetrico, mantenendo visivamente i rapporti tra pieni e vuoti.

La *porta morta*, elemento formale che non è possibile modificare, ancor più del precedente, in quanto caratteristica peculiare su cui si basa una specifica tipologia. Per conservarla correttamente è necessario che, ove aperta, non sia chiusa con muri ma, nel caso, solo con vetri in sottosquadro che ne permettano la chiara identificazione, e che sia mantenuta e lasciata visibile la copertura a volta.

Il *sistema colonne-archi-volte della stalla*, che permette di identificare chiaramente l'originale destinazione d'uso. La porzione di fabbricato destinata in origine al ricovero degli animali, la stalla, è, in quasi tutti i tipi che rimangono oggi,

caratterizzato da una costruzione più di pregio rispetto alla casa contadina e agli altri annessi agricoli. Gli elementi che la caratterizzano sono le colonne, che dividono l'ambiente, e la copertura, quasi sempre a volte o a voltine.

La *torre*, elemento che, come nel caso della porta morta, identifica una specifica tipologia, sebbene, come visto, sia stata spesso rimaneggiata rispetto alla costruzione originaria. In un intervento su un insediamento con torre è importante mantenere l'elemento a torre, non modificandolo formalmente dall'esterno e prestando attenzione a non intervenire nemmeno sull'altezza degli altri edifici dell'insediamento, in modo da non alterare l'equilibrio visivo dell'intero complesso.

La *morfologia dell'insediamento*, un'invariante più difficile da delineare ma non meno importante. Sarebbe infatti importante non modificare, anche nel caso in cui sia concessa la demolizione, il sedime e il volume, non solo per mantenere le forme del paesaggio, ma anche per riproporre la disposizione originaria in quegli insediamenti che da essa sono caratterizzati, come ad esempio la corte.

Dal punto di vista materico-tecnologico si possono individuare:

L'*apparecchiatura muraria* delle chiusure verticali, elemento caratteristico e di notevole impatto visivo. Per non modificare in modo sostanziale la percezione dell'edificio, è importante mantenere la finitura che si è storicizzata, indipendentemente da quale fosse quella originaria.

La *chiusura a gelosia*, elemento tipico di chiusura delle aperture del fienile. Allo stesso modo della tessitura muraria, anche la chiusura a gelosia, di fatto una particolare composizione di mattoni pieni che alterna spazi aperti a parti chiuse, è un elemento caratteristico degli edifici rurali. Tale elemento quindi non deve essere coperto e nascosto, ma è possibile posizionare vetrate nella parte interna, in modo da rendere abitabili gli spazi senza comprometterne l'aspetto esterno.

La *morfologia della copertura e dei solai in legno*, elemento tipico sia per tecnologia che per materiali, di tutte le costruzioni rurali. Pur nel caso in cui sia necessario sostituire gli elementi strutturali per motivi di stabilità, è necessario, per mantenere la caratteristica tipologica, che la struttura sia la medesima rispetto alla precedente.

TIPOLOGIA A BLOCCO

A ELEMENTI UNITI			
	COMPATTA	CON PORTICO AGGETTANTE	CON PORTICO NON AGGETTANTE
			A PORTA MORTA

A PORTA MORTA			
	CON PORTICO SINGOLO	CON PORTICO DOPPIO	CON PORTICO TRIPLO
	AGGETTANTE	AGGETTANTE	SU DUE LATI ADIACENTI
	NON AGGETTANTE	NON AGGETTANTE	NON AGGETTANTE

TIPOLOGIA CON TORRE				
GIUSTAPPPOSIZIONE IN LINEA		ACCOSTAMENTO NON LINEARE		INGLOBAMENTO
SU UN LATO	SU DUE LATI	SU UN LATO	SU LATI ADIACENTI	
ACCORPAMENTO SU TRE LATI				

TIPOLOGIA A CORTE			
CORTE APERTA		CORTE CHIUSA	
ELEMENTI CONTIGUI	ELEMENTI SEPARATI	ELEMENTI UNITI	ELEMENTI SEPARATI
SU LATI OPPOSTI		SU DUE LATI ADIACENTI	
SU DUE LATI ADIACENTI		SU UN LATO	

2. L'ANALISI DELLE PARTI

2.1. IL CONTESTO

Le opere edilizie storiche in generale, e in particolare quelle rurali, sono state fortemente influenzate dalle condizioni al contorno, sia dal punto di vista morfologico che da quello distributivo, organizzativo e tecnologico. Ad elementi come la dimensione del terreno da coltivare e la maglia infrastrutturale, si aggiungevano i fattori ambientali: orografia, idrografia, natura dei terreni, vegetazione, clima, esposizione.

Ignorare o prescindere dal fatto che l'edilizia rurale sia nata e si sia sviluppata attraverso strette relazioni con il contesto, può risultare gravemente fuorviante se si intende agire nel rispetto della preesistenza.

Per analizzare le influenze dell'intorno su un edificio o su un insediamento, è necessario in primo luogo lo studio degli ambienti climatici della località. Si devono analizzare i dati climatici e le caratteristiche annuali di elementi come la temperatura, l'umidità relativa, la radiazione solare e gli effetti del vento.

All'interno della dizione "analisi del contesto" possono entrare diversi aspetti, a seconda della scala a cui si ragiona. Ipotizzando di dover dare indicazioni per ogni parte del globo, sarebbe utile partire dallo studio del clima e dei fattori meteorologici su scala mondiale, per distinguere le caratteristiche dell'area climatica in cui ci si potrebbe trovare.

Per quanto riguarda questa ricerca, essendo ristretta dall'Emilia Romagna, posto che è comunque necessario individuare il clima in cui ci si trova e le relative condizioni generali, appare più interessante soffermarsi sul clima locale, sul microclima e sui fattori geografici.

Alla scala del clima locale, i principali fenomeni termici sono dovuti alla differenza di temperatura che si genera tra masse d'acqua e terra, tra valle e monte, e alla presenza di zone verdi e zone edificate, oltre a brezze e moti d'aria.

Alla scala del microclima, le condizioni climatiche sono ulteriormente condizionate dalla morfologia del terreno, dall'esposizione al sole e al vento, dalla presenza di masse d'acqua o di vegetazione e dall'andamento delle ombre "portate".

La presenza di corpi d'acqua, ad esempio, influenza notevolmente il clima locale e il microclima per la diversa capacità termica che hanno terra e acqua.

In zone lontane da mari e laghi, in cui sono prevalenti le superfici di terra infatti, si registrano temperature più alte e maggiori escursioni termiche giornaliere e annuali, rispetto a quanto accade dove è predominante la massa d'acqua.

Nella stagione invernale le masse d'acqua, se non sono ghiacciate, innalzano la temperatura minima, mentre d'estate abbassano la temperatura massima. Inoltre, la presenza di una massa d'acqua incrementa il valore di umidità relativa.

Oltre ai fattori geografici è importante determinare le caratteristiche proprie dell'edificio, come l'orientamento e la forma, e il suo intorno immediatamente circostante, come la presenza di vegetazione e di edifici.

Per quanto riguarda l'orientamento ideale, il fattore decisivo è la radiazione solare, sia nei periodi freddi che in quelli caldi. Se, infatti, in inverno gli apporti solari gratuiti sono un aspetto positivo, in estate il surriscaldamento dovuto al sole rappresenta indubbiamente un aspetto negativo. Risulta quindi importante, in questo senso, rilevare l'orientamento dell'edificio, l'eventuale presenza di protezioni dal sole, la quantità e la dimensione delle aperture e la disposizione degli ambienti interni. Forma, orientamento e disposizione delle aperture determinano anche quale influenza possono avere i movimenti d'aria, venti e brezze, sull'edificio.

Nei mesi invernali bisognerebbe intercettare e i venti freddi, mentre le brezze rinfrescanti dovrebbero essere sfruttate nei periodi surriscaldati.

La presenza di vegetazione e di edifici nell'intorno dell'oggetto di studio può fungere, a seconda della posizione, sia da barriera antivento che da protezione della radiazione solare.

Nelle architetture rurali è possibile individuare una serie di accorgimenti riconducibili al rapporto con il clima. Sebbene, come visto precedentemente, si possano trovare differenti tipologie, disposizioni, forme e orientamenti, in linea generale in fase di costruzione degli edifici rurali si tenevano in considerazione l'esposizione del sole, la direzione prevalente dei venti e delle correnti d'aria e l'andamento delle precipitazioni, in modo da favorire l'accumulo termico durante i mesi freddi e limitare l'eccessivo riscaldamento estivo. A tale scopo, la facciata esposta a sud era spesso protetta dal portico e/o dalla vegetazione.

In particolare l'altezza e la larghezza del portico erano tali da permettere l'irraggiamento della muratura in inverno proteggendola nel periodo estivo, così

come la vegetazione, normalmente a foglia caduca, proteggeva l'edificio dal sole in estate, senza ostacolare la penetrazione invernale della radiazione solare.

Un'altra peculiarità delle costruzioni rurali era quella di avere, spesso, aperture più ampie a sud e di dimensioni più contenute a nord, allo scopo di limitare la dispersione termica. Tali aperture, pur piccole, erano effettuate per consentire, in estate, il raffrescamento ottenuto dalla ventilazione trasversale naturale.

Per semplificare l'analisi dell'intorno dell'edificio, può risultare utile una breve schematizzazione delle possibili situazioni, ciascuna delle quali identificata con un codice, allo scopo di poter essere richiamata con immediatezza nei capitoli successivi.

La vegetazione

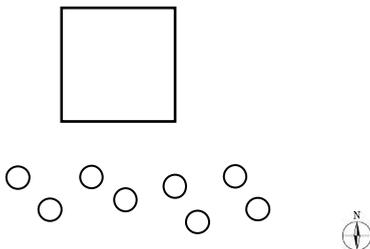
La presenza di vegetazione fornisce agli edifici ombreggiamento e protezione dal vento. Il carico termico di un edificio, infatti, è influenzato dalla velocità del vento che lo investe, quindi dalla distanza dell'edificio stesso dalla barriera antivento.

In particolare, durante la stagione calda, se posizionata nei punti giusti, la vegetazione impedisce l'eccessivo soleggiamento delle pareti, evitandone il surriscaldamento, con un conseguente miglioramento del comfort termico degli ambienti interni.

Allo stesso tempo però, nella stagione fredda, gli alberi sempreverdi, impediscono il guadagno termico dovuto al soleggiamento, mantenendo fredde le pareti e rischiando di determinare fenomeni di condensa all'interno degli ambienti. L'effetto positivo della vegetazione varia quindi in funzione della specie, dell'altezza, della compattezza, e della posizione in cui si trova.

VEGETAZIONE A SUD DELL'EDIFICIO

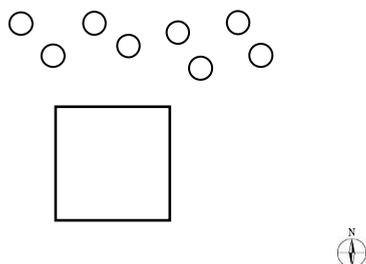
Codice V.1



La vegetazione posizionata a sud dell'edificio, come detto, offre protezione dal sole estivo e, se a foglia caduca, permette inoltre il guadagno solare in inverno.

VEGETAZIONE A NORD DELL'EDIFICIO

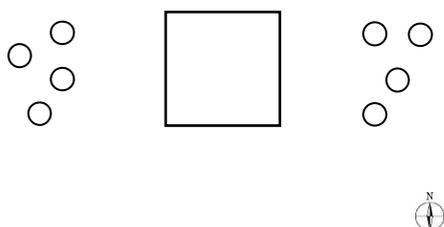
Codice V.2



Posta a nord la vegetazione, se sempreverde e compatta, funge da barriera nei confronti dei venti invernali, ma non riveste un ruolo rilevante nella stagione calda.

VEGETAZIONE A EST E/O A OVEST DELL'EDIFICIO

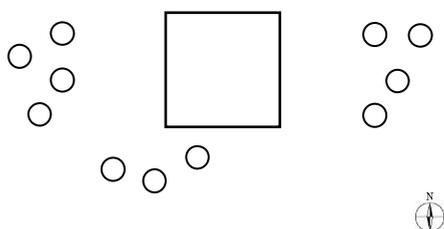
Codice V.3



In estate, le pareti esposte verso est e ovest, ricevono più radiazione rispetto a quella esposta a sud, ma con un'inclinazione dei raggi tale da permettere alla vegetazione di schermarli efficacemente.

VEGETAZIONE SU PIÙ LATI

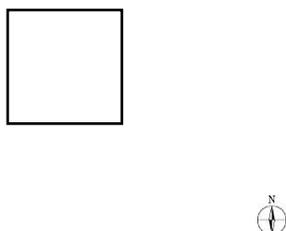
Codice V.4



La presenza di vegetazione su più lati combina, come ovvio, le casistiche precedenti, amplificando gli aspetti positivi e creando un ambiente protetto anche nell'immediato intorno dell'edificio.

VEGETAZIONE ASSENTE

Codice V.5



L'assenza di vegetazione, se non compensata dalla presenza di edifici che ne fanno le veci in termini di protezione dal vento e dal sole, pone l'edificio in condizione di subire in maniera più sostanziale le variazioni ambientali.

L'orientamento

Quando si parla di orientamento di un edificio, si intende indicare il punto cardinale verso il quale è rivolta la sua facciata principale; nel caso di edificio a sviluppo lineare, si può parlare anche di orientamento dell'asse dell'edificio, indicando così i due punti cardinali a cui sono rivolte le due facciate minori.

L'orientamento è fondamentale per la protezione dell'edificio dalla radiazione estiva e per l'ottimizzazione della stessa nella stagione invernale.

La bioclimatica, pur affermando in termini generali che la direttrice est-ovest garantisce i migliori risultati in termini di bilancio energetico, tra periodi freddi e periodi caldi, pone in stretta relazione l'orientamento con le caratteristiche tipologiche.

Una superficie verticale è soggetta alla radiazione solare in modo variabile a seconda del suo orientamento, del periodo dell'anno e dell'ora del giorno.

Alla nostra latitudine, d'inverno, il sole sorge a sud-est e tramonta a sud-ovest, di conseguenza, una superficie esposta a sud, riceve il sole per tutto l'arco della giornata, con una quantità di radiazione solare doppia rispetto a quella estiva.

La posizione del sole, bassa rispetto all'orizzonte, fa sì inoltre che la radiazione, incidendo quasi ortogonalmente sulla superficie verticale, penetri all'interno degli spazi confinati fornendo il massimo apporto energetico.

D'estate, il sole sorge a nord-est e tramonta a nord-ovest, di conseguenza, le superfici verticali esposte a est e a ovest, ricevono circa due volte e mezzo più radiazione che in inverno e almeno il doppio della radiazione rispetto alla facciata esposta a sud. È soprattutto il lato esposto a ovest a subire maggiormente il surriscaldamento, in quanto all'alto valore della radiazione solare si aggiunge il picco massimo della temperatura.

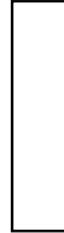
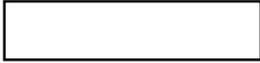
In primavera e in autunno, gli apporti solari sono distribuiti in maniera quasi omogenea tra sud, est e ovest.

La comprensione dell'orientamento dell'edificio permette, quindi, di fare una serie di valutazioni sugli interventi da fare: come disporre gli ambienti interni, se le falde sono più o meno idonee ad ospitare i pannelli solari, se le aperture sono adeguate in considerazione del lato su cui sono esposte e così via.

Gli schemi sotto proposti non intendono presentare una catalogazione di tutte le possibili soluzioni, ma piuttosto dare una distinzione di massima sulle esposizioni dei modelli insediativi individuati nei capitoli precedenti e un'indicazione di quali

possono essere i pregi e i difetti, lasciando poi al momento dello studio del caso specifico, le considerazioni relative alle altre caratteristiche (portici, aperture, vegetazione,...)

IN LINEA CON ASSE EST-OVEST Codice O.1	IN LINEA CON ASSE NORD-SUD Codice O.2
---	--



L'esposizione delle facciate a maggior sviluppo a sud e a nord comporta un lato esposto ad un elevato soleggiamento d'estate e un'ampia superficie esposta ai venti freddi in inverno. Nonostante ciò, la bioclimatica predilige questo orientamento, in quanto minimizza gli effetti negativi delle facciate esposte ad est e a ovest, e, non a caso, molto spesso gli edifici rurali a blocco presentano questo orientamento.

In particolare tali edifici sovente ovviano al problema dell'eccessivo soleggiamento estivo, con il posizionamento del portico a sud e si proteggono dai venti freddi invernali, riducendo al minimo le aperture sul fronte nord e ponendo da quella parte gli ambienti meno utilizzati.

L'asse disposta in direzione nord-sud comporta che i lati a maggiore sviluppo siano esposti a est e a ovest.

Gli aspetti negativi di tale esposizione derivano dal fatto che d'estate le superfici verticali rivolte a est e a ovest ricevono più del doppio della radiazione rispetto alla facciata Sud. Ne deriva che l'apporto gratuito dato in fase invernale dal lato sud non sia così efficace, per le dimensioni ridotte della facciata esposta da questo lato, e che, indipendentemente dal fatto che il portico sia sulla facciata est o su quella ovest, la direzione di incidenza dei raggi solari fa sì che non riesca a schermare efficacemente i raggi solari.

Di contro, il minimo sviluppo della facciata a nord, la più fredda d'inverno, è un aspetto positivo.

2.2. IL SISTEMA TECNOLOGICO: MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

La caratteristica della casa rurale di essere espressione della mentalità contadina, estremamente concreta e abituata a lavorare con i mezzi a disposizione, ha portato a costruzioni che, oltre a mantenere una stretta connessione tra forma e funzione, hanno utilizzato materiali e tecniche costruttive proprie del territorio su cui sorgevano.

I materiali da costruzione impiegati erano quasi sempre quelli di origine locale, sia perché facilmente reperibili ed economici, sia per l'importanza di conoscere bene le loro caratteristiche una volta messi in opera.

Allo stesso modo, anche le tecniche costruttive, frutto di decenni di "esperimenti" in quel territorio, sono ancora oggi ravvisabili in molti esempi della stessa area, sebbene non manchino differenze, probabilmente causate da fattori come il contesto, l'autorità politica e le condizioni economiche, o per commistioni nei "luoghi di confine" dovuti a scambi di mano d'opera o commerci.

L'analisi dei materiali permette di comprendere a quale periodo risalga la costruzione, e se vi sono parti di periodi successivi a quello originario.

Per quanto riguarda le strutture murarie si nota ad esempio che l'uso della pietra è rimasto a lungo in montagna, mentre è più tarda la comparsa del laterizio, inizialmente usato in commistione con la pietra. In pianura si prediligevano i mattoni o i ciottoli di fiume impastati con malta, perché più facilmente reperibili, anche se non mancano tipiche modalità costruttive con corsi in mattoni alternati a pietrame spaccato.

Per quanto riguarda i solai, si possono trovare, nello stesso complesso, solai in legno e solai a volta. Questo perché molto dipendeva dal peso che tale solaio doveva sopportare. Se infatti le costruzioni più antiche presentavano tutte solai in legno, l'avvento delle costruzioni a volta ha portato un cambiamento soprattutto nelle stalle-fienile, per la maggior resistenza che avevano tali forme nei confronti del peso dei prodotti conservati nel fienile. Nei solai in legno, sopra i travetti, è possibile rinvenire, il tavolato in legno o le tavelle in laterizio, anche se in montagna si trovano spesso lastre di pietra.

Per archi e volte si nota una progressiva tendenza alle forme sempre più ribassate, specie in epoca ottocentesca, rese possibili dalla maggiore confidenza con tale modalità costruttiva e dall'inserimento delle catene.

Le coperture erano caratterizzate anch'esse da strutture in legno, con diversi livelli di orditura a seconda dello spazio da coprire: orditura semplice, orditura doppia, orditura con capriate, e così via. In pianura il manto di copertura era sempre in coppi e sottocoppi, mentre in montagna poteva essere in lastre di pietra, le cosiddette piane.

Distinguendo più nel dettaglio i materiali autoctoni, l'area appenninica è caratterizzata dalla presenza prevalente di materiale lapideo e di legname, diffusamente utilizzati quali materiali da costruzione, mentre l'area di pianura è ricca di argille: il laterizio, originariamente nella forma cruda, quindi cotto secondo procedimenti progressivamente più evoluti, costituisce il principale materiale da costruzione. Tra i principali tipi di legno utilizzato si ricordano l'olmo, il castagno, il rovere, il ciliegio e l'abete.

Appare utile, in questa fase di analisi finalizzata ad individuare gli interventi più adatti ad una riqualificazione energetica, individuare per ogni elemento edilizio, le tipologie più ricorrenti che si possono riscontrare in un rilievo, differenziandole non solo per tecnologia, ma anche a seconda dei materiali di cui sono composte.

Ciascuna tipologia è stata identificata con un codice, allo scopo di poter essere richiamata con immediatezza nei capitoli successivi.

2.2.1. Le strutture di fondazione

Negli edifici rurali si possono rinvenire differenti strutture di fondazione, anche se in alcuni casi non sono distinguibili dal muro soprastante. In tali edifici, infatti, molto spesso è lo stesso muro portante che, proseguendo per circa mezzo metro sotto terra, poggia direttamente sul terreno, su ghiaia e malta magra, su una soletta di detriti di muratura eterogenea, o più raramente su uno strato di coccio pesto.



Fig. 1 particolare del carotaggio di un muro di fondazione in mattoni

In alternativa è possibile trovare fondazioni in cui il muro portante poggia su una struttura generalmente di spessore un po' più ampio, allo scopo di distribuire su un'area maggiore di terreno i carichi.

Le fondazioni degli edifici rurali possono essere di tipo continuo, la tipologia più usata quando il terreno ha buona consistenza, oppure puntuali, mediante l'uso di piloni e archi in muratura.

Tra le fondazioni continue, profonde solitamente almeno 1/6 dell'altezza dell'edificio, si possono distinguere, per differenza di tecnica e materiale, le fondazioni in pietra, le fondazioni a sacco e le fondazioni in laterizio.

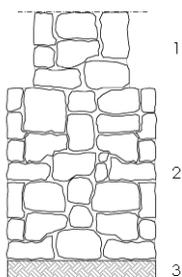
Nei luoghi caratterizzati da minor portanza del terreno, come ad esempio i luoghi oggetto di bonifica, si individuano invece esempi di fondazioni puntuali, in cui le strutture, in muratura o legno, erano spinte fino a trovare uno strato di terreno che desse sufficienti garanzie di stabilità.

Generalmente a pianta quadrata, i piloni in muratura, presentavano la medesima larghezza del muro soprastante che sorreggevano e di fatto fungevano da base per archi di scarico posti all'interno della muratura.

I pali in legno, uno dei metodi di fondazione più antichi, utilizzavano molto spesso tronchi d'albero lunghi anche una decina di metri. Questi elementi, spinti talvolta molto in profondità, avevano la medesima funzione dei piloni in legno di giungere fino ad uno strato di terreno resistente.

FONDAZIONE CONTINUA IN PIETRA

Codice F.A.1



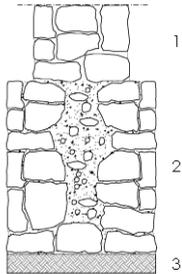
1. Muro portante
2. Fondazione continua in pietra
3. Basamento di detriti battuti

Le fondazioni continue in pietra, molto comuni, potevano essere caratterizzate da blocchi in pietra come il muro soprastante, ma spesso erano formate da materiale lapideo misto di scarto, legato da malte. Lo spessore maggiore rispetto alla muratura portante sovrastante, che poteva essere sia in pietra che in mattoni,

permetteva di distribuire il carico su una superficie maggiore rispetto a quella della parete, limitando così le tensioni sul terreno.

FONDAZIONE CONTINUA A SACCO

Codice F.A.2

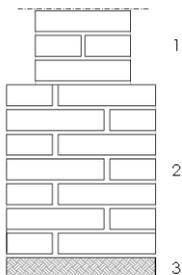


1. Muro portante
2. Fondazione continua in pietra con riempimento in ciottoli, sabbia e detriti
3. Basamento di detriti battuti

La fondazione a sacco è caratterizzata dalla base allargata, che consente di distribuire in maniera più efficace i carichi. Questa soluzione veniva impiegata quando, pur in presenza di spessori già consistenti delle murature esterne, era necessario aumentare ulteriormente la superficie da appoggiare sul terreno per limitare le tensioni. La muratura a sacco è di fatto composta da due strati, esterni, in pietra, tra i quali è posto riempimento di malta magra e elementi di varia pezzatura.

FONDAZIONE CONTINUA IN LATERIZIO

Codice F.A.3



1. Muro portante
2. Fondazione continua in mattoni
3. Basamento di detriti battuti

La fondazione continua in laterizio è composta prevalentemente da mattoni. Spesso tale fondazione era integrata da elementi in pietra, ed era murata con malta di calce e sabbia, mentre, in edifici di maggiore qualità, poteva essere murata in maniera più ordinata, con mattoni ordinatamente posati, e con leganti tali da saturare ogni cavità.

2.2.2. I solai

I solai a terra

Vi è una sostanziale differenza di composizione e struttura tra i solai a terra e i solai interpiano, dovuta principalmente al fatto che i primi necessitavano di minori prestazioni dal punto di vista strutturale, anche se, di contro, si trovavano ad affrontare il problema dell'umidità di risalita dal terreno.

Per quanto riguarda le tipologie esistenti sono piuttosto eterogenee. Si possono trovare pavimenti in terra battuta, strutture in legno su ciottoli, rivestimenti in cotto su terra o composizioni un po' più elaborate con ghiaia, strato di livellamento e rivestimento con piastrelle in graniglia.

La pavimentazione, se non composta direttamente dal tavolato in legno, veniva posata o su uno strato di livellamento in malta cementizia, oppure sopra uno strato di ghiaia, legata con calce, oppure sopra uno strato di pezzi di laterizi mescolati a sabbia. In particolare nelle stalle si ritrovano pavimentazioni rigorosamente in cotto nelle ultime versioni, e pezzi speciali, sempre in laterizio.



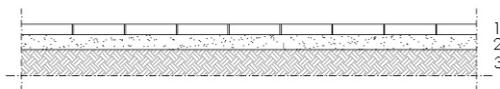
Fig. 2 solaio a terra su ciottoli di un'abitazione



Fig. 3 solaio a terra in cotto di una stalla

SOLAIO SEMPLICE

Codice ST.A.1

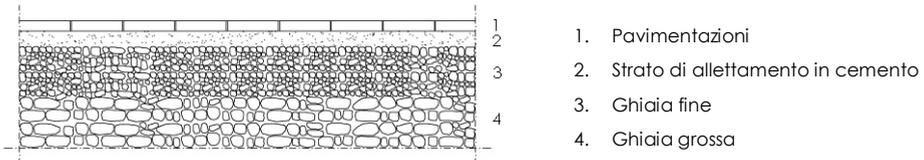


1. Piastrelle in cotto o mattoni o lastre di pietra
2. Strato di allettamento
3. Basamento in terra battuta

La versione più semplice di solaio a terra, ad eccezione di quello in terra battuta non considerabile come un solaio vero e proprio, è quello in cui lo strato di allettamento e la pavimentazione poggiano su uno strato di terra battuta.

SOLAIO CON GHIAIA

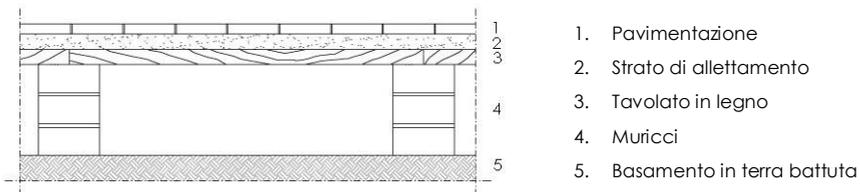
Codice ST.A.2



In questo esempio si individuano, sopra lo strato di terra battuta, due strati successivi di ghiaia di diversa dimensione, più piccola nello strato più alto, che avevano la funzione del drenaggio. Sopra di essi veniva eseguito lo strato di allettamento per consentire alla pavimentazione di poggiare su uno strato liscio e omogeneo.

SOLAIO SU MURICCI CON TAVOLATO

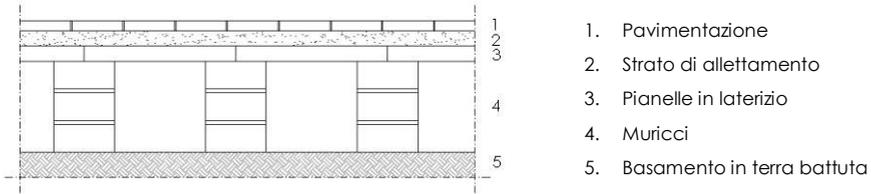
Codice ST.A.3



Il solaio su muricci, così creato per risolvere i problemi di umidità attraverso la circolazione dell'aria, è composto da pilastri in mattoni, posti ad intervalli regolari, su cui era appoggiato un tavolato in legno che fungeva da base per i sovrastanti strati di allettamento e pavimentazione.

SOLAIO SU MURICCI CON PIANELLE

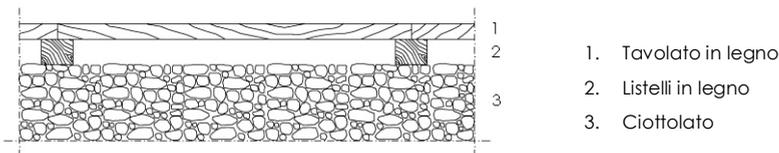
Codice ST.A.4



Una variante del caso precedente è il solaio in cui il tavolato in legno è sostituito da pianelle in laterizio, con conseguente diminuzione dell'interasse tra i mattoni di sostegno. Un aspetto positivo di tale variante è la maggiore resistenza all'umidità delle pianelle, non soggette a marcescenza come il legno.

SOLAIO SU STRUTTURA IN LEGNO CON TAVOLATO A VISTA

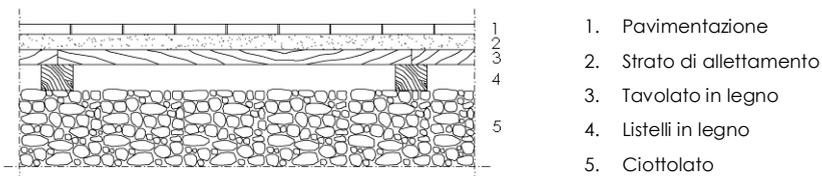
Codice ST.A.5



Il solaio con struttura in legno su ghiaia rappresentava un altro modo di risolvere il problema dell'umidità, evitando il contatto diretto della pavimentazione con la terra battuta. Il caso qui schematizzato è la soluzione più semplice, in cui il tavolato funge anche da pavimentazione.

SOLAIO SU STRUTTURA IN LEGNO

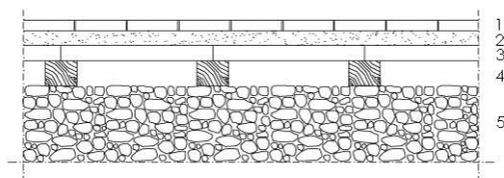
Codice ST.A.6



Un'evoluzione dello schema precedente presenta, sopra il tavolato, lo strato di allettamento e la pavimentazione.

SOLAIO SU STRUTTURA IN LEGNO

Codice ST.A.7



1. Pavimentazione
2. Strato di allettamento
3. Piastrelle in laterizio
4. Listelli in legno
5. Ciottolato

Un esempio sostanzialmente uguale al precedente è questo, in cui il tavolato in legno è sostituito dalle piastrelle in laterizio, con conseguente diminuzione dell'interasse tra i listelli in legno di sostegno.

I solai interpiano

I solai tradizionali rinvenibili oggi, sono in legno, orizzontali, o in laterizio, generalmente a forma di volta, eventualmente con elementi metallici, anche se, nel corso del tempo, sono stati introdotti in fase di ristrutturazione, i moderni solai orizzontali in laterizio.

I solai in legno potevano essere ad orditura semplice o ad orditura doppia: nel primo caso si trattava di ambienti di piccole dimensioni, senza carichi pesanti da sopportare, quindi con i travetti direttamente incastrati nei muri su cui posavano il tavolato in legno o le piastrelle e la pavimentazione, posta su uno strato di allettamento; nel secondo caso si aggiungevano una o più travi principali, poste trasversalmente a sostegno dei travetti e di tutta la struttura soprastante.

La struttura lignea più frequente era quella ad orditura doppia, ed era generalmente composta da travi in legno incastrate nei muri, su cui poggiavano travetti in legno, il cui interasse dipendeva dalle dimensioni del tavolato in legno o delle piastrelle in laterizio. Sul tavolato o sulle piastrelle era generalmente posata la pavimentazione, previa realizzazione di un sottofondo di circa 4 cm di malta di calce e sabbia di fiume o cava oppure, più raramente, il tavolato del solaio fungeva anche da pavimento. Solo nei casi di sottotetto non praticabile, le piastrelle potevano essere direttamente a vista con funzione di pavimentazione.



Fig. 4 vista da sopra degli strati di un solaio



Fig. 5 vista da sotto degli strati di un solaio

I solai, solitamente lasciati a vista, potevano talvolta essere coperti da un arellato piano intonacato, fissato solo ai travetti oppure anche alle travi principali. Raramente si trovava l'arellato in forma di volta leggera molto ribassata.



Fig. 6 solaio a struttura lignea a vista



Fig. 7 solaio rivestito in arellato

I solai in legno delle stalle, con l'avvento delle costruzioni ad arco, molto spesso sono stati sostituiti da volte in laterizio, più adatte a sostenere il peso del fienile soprastante.

Le stratificazioni più tipiche presentano mattoni posti in foglio, a volte doppio foglio, oppure di costa, con uno strato di riempimento di vario spessore, con frammenti di mattone e malta generalmente di gesso o gesso e sabbia o gesso e calce perché il gesso avvantaggia la solidità della struttura. Sopra lo strato di riempimento era posto uno strato livellante a sua volta coperto dalla pavimentazione.

Su locali stretti e lunghi, coperti con volta a botte, spesso ad arco ribassato, i mattoni potevano essere posti in filari paralleli alle imposte, a spina di pesce o perpendicolari alle linee di imposta.



Fig. 8 volta con mattoni di costa



Fig. 9 volta con mattoni in foglio

All'inizio del '900 iniziarono ad essere utilizzati nuove tecniche e nuovi materiali: in particolare nelle stalle, in alternativa alle volte vennero impiegate voltine in laterizio sorrette da travi in ferro.



Fig. 10 solaio di separazione tra stalla e fienile con voltine in ferro e laterizio



Fig. 11 particolare dell'attacco al muro delle voltine in ferro e laterizio

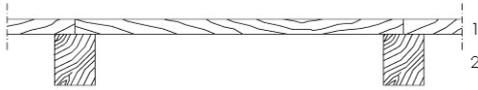
Sotto si riportano gli schemi dei pacchetti tradizionali dei solai interpiano rinvenibili negli edifici rurali non manomessi.

In considerazione dell'ambito della ricerca, si è scelto di non distinguere i solai in legno sulla base dell'orditura, singola o doppia. Questo perché, ai fini del miglioramento energetico, gli strati significativi sono quelli compresi tra la pavimentazione e i travetti.

Al contrario, il fatto che ci sia il tavolato in legno o le piastrelle in laterizio modifica la stratificazione. A tal fine, pur lasciando in questa sede un unico pacchetto, si effettuerà una differenziazione nel capitolo degli interventi durante il calcolo della trasmittanza.

SOLAIO IN LEGNO CON TAVOLATO A VISTA

Codice SI.A.1

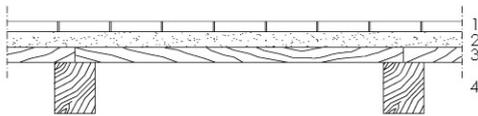


1. Tavolato in legno
2. Travetti in legno

La struttura in legno del solaio di interpiano qui schematizzata è la più semplice possibile, con i travetti che sorreggono il tavolato, che funge anche da pavimentazione.

SOLAIO IN LEGNO CON TAVOLATO

Codice SI.A.2

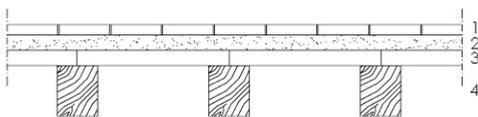


1. Pavimentazione
2. Strato di allettamento
3. Tavolato in legno
4. Travetti in legno

Un'evoluzione dell'esempio precedente è qui rappresentato, con la struttura in legno, composta da travetti e tavolato, che funge da sostegno allo strato di allettamento su cui posa la pavimentazione.

SOLAIO IN LEGNO CON PIANELLE

Codice SI.A.3

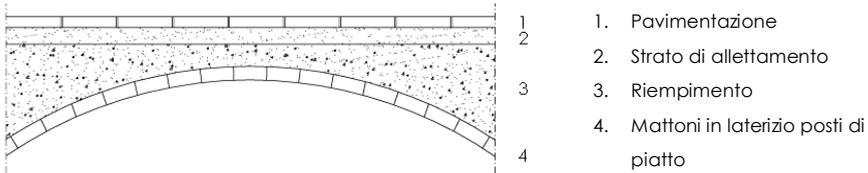


1. Pavimentazione
2. Strato di allettamento
3. Pianelle in laterizio
4. Travetti in legno

Questo schema è molto simile al precedente, con la sola differenza della presenza delle pianelle al posto del tavolato, con un conseguente minore interasse tra i travetti.

SOLAIO IN LATERIZIO A VOLTA CON MATTONI DI PIATTO

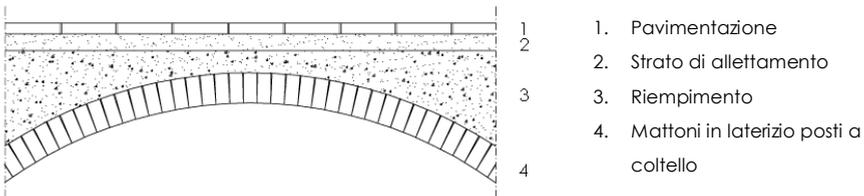
Codice V.A.1



I solai a volta in laterizio possono avere diverse forme, generalmente a botte, a vela o a crociera. In questa tipologia si individuano anche differenti disposizioni di mattoni, qui si tratta di mattoni disposti in foglio. Lo strato di riempimento è composto da detriti: laterizi rotti, pietrisco, sabbia, ghiaia, terra e ciottoli.

SOLAIO IN LATERIZIO A VOLTA CON MATTONI A COLTELLO

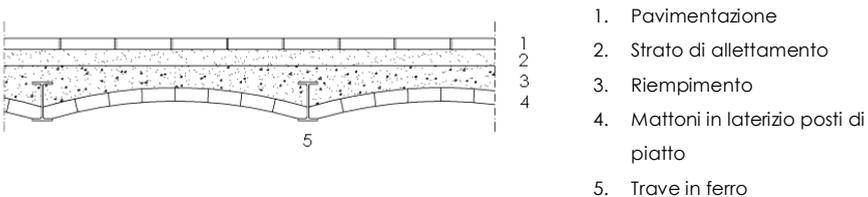
Codice V.A.2



In alternativa al modello precedente, si possono trovare volte nelle quali la disposizione dei mattoni di costa permetteva di realizzare campate più ampie e sostenere pesi maggiori.

SOLAIO A VOLTINE IN FERRO E LATERIZIO

Codice V.A.3



Solitamente posta tra stalla e fienile, questa tipologia, più recente rispetto ai solai in legno e a volta, può presentare o meno la trave principale. Lo strato di riempimento, di diverso spessore, è in malta magra con legante di sabbia pietrisco e ciottoli.

2.2.3. Le coperture

La copertura tradizionale degli edifici rurali combina la tecnologia in legno con quella del laterizio: la struttura in legno regge il manto in coppi in laterizio, disposti in file alternate, concave e convesse.

A causa dei successivi rifacimenti, non mancano introduzioni di nuovi materiali e tecnologie, come tegole marsigliesi in laterizio e struttura portante in laterocemento.

Le forme adottate per risolvere le coperture degli edifici, sono diverse, ma tutte riconducibili a tre tipi base: tetto a quattro falde, tetto a tre falde e tetto a due falde. Un elemento che differenzia la morfologia di copertura è lo sporto, che può essere più o meno pronunciato o addirittura mancante.

La complessità della copertura variava in genere a seconda delle dimensioni dello spazio da ricoprire. Volendo dare un'idea generale della composizione, è utile distinguere i diversi livelli della struttura, anche se solo nelle versioni più complesse tutti questi elementi sono contemporaneamente presenti.

La struttura in legno principale poteva comprendere travi, puntoni o capriate, su cui poggiava la struttura secondaria, sempre in legno, composta da travi, dette terzere o arcarecci, che a loro volta sorreggevano i travetti.

Le travi principali poggiano, inclinate, sul muro esterno e sul muro di spina, il muro interno che si prolunga fino al colmo del tetto. In caso di coperture a tre o più falde si individuano i puntoni diagonali, appoggiati sulla muratura d'angolo, spesso con l'ausilio di segmenti di travi, detti cuscini, incastrati nei muri angolari.

La capriata più usata è composta da puntoni, catena, monaco e saettoni.

La spinta generata da capriate e le travi inclinate sul muro esterno talvolta è ripartita su da una trave orizzontale, detta dormiente, poggiata sul muro stesso.



Fig. 12 copertura a più falde con puntoni diagonali



Fig. 13 particolare di copertura con dormiente

Tra tale struttura e il manto di copertura, in coppi o lastre di pietra, si potevano trovare diverse soluzioni: listelli e correntini oppure un tavolato in legno o ancora pianelle in cotto.



Fig. 14 copertura in legno con travi, travetti, listelli e correntini



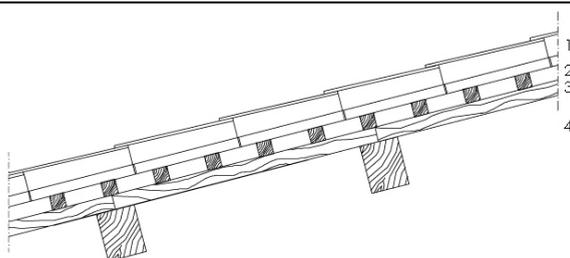
Fig. 15 copertura in legno con travi, travetti e tavelle in laterizio

Non mancano esempi in cui la struttura di copertura era in parte nascosta alla vista da un controsoffitto in arellato. Tale arellato, intonacato con malta di gesso, era generalmente fissato ai biscantieri con andamento parallelo ad essi, lasciando a vista l'orditura principale e talvolta quella secondaria. Ne risultava una sottile intercapedine sotto le lambrecchie che limitava gli scambi termici tra interno ed esterno. Il tavolato in legno, che poteva reggere direttamente i coppi oppure reggere un'ulteriore struttura in legno posta perpendicolarmente ad esso, poteva essere sostituito da un manto di pianelle in cotto.

Quanto detto per i solai vale anche per le coperture: dato che ai fini della riqualificazione energetica le travi principali non hanno rilevanza, si omettono.

COPERTURA IN LEGNO SEMPLICE

Codice C.A.1

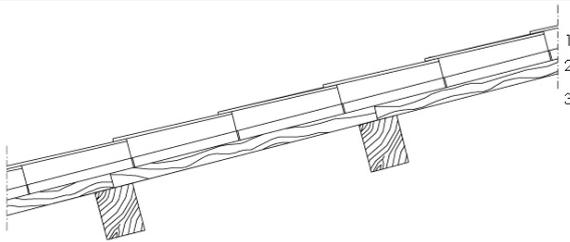


1. Manto di copertura
2. Correntini
3. Listelli
4. Travetti

Lo schema rappresenta una copertura semplice, detta anche ventilata, in cui, tra il manto di copertura e i travetti, si trovano i listelli lignei, detti anche correntini o cantinelle.

COPERTURA IN LEGNO CON TAVOLATO

Codice C.A.2

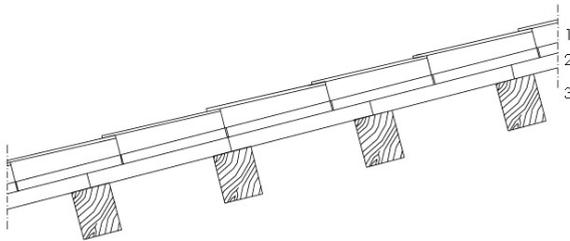


1. Manto di copertura
2. Tavolato in legno
3. Travetti

L'esempio riporta una copertura in cui il tavolato sostituisce, rispetto al precedente, la struttura formata da listelli e correntini.

COPERTURA IN LEGNO CON PIANELLE

Codice C.A.3

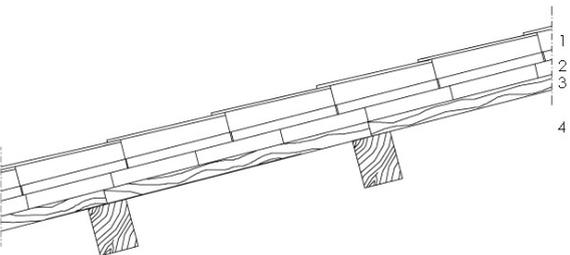


1. Manto di copertura
2. Pianelle in laterizio
3. Travetti

Le pianelle, poste tra il manto di copertura e i travetti, in alternativa al tavolato, erano utilizzate solitamente per i sottotetti collegati all'abitazione.

COPERTURA IN LEGNO CON LISTELLI E PIANELLE

Codice C.A.4



1. Manto di copertura
2. Pianelle in laterizio
3. Listelli
4. Travetti

La struttura si differenzia dalle precedenti in quanto accoppia ai listelli le pianelle in laterizio, poste perpendicolarmente rispetto ai coppi.

2.2.4. Le murature

Le murature di cui sono formate le costruzioni rurali sopravvissute fino ad oggi, sono composte da mattoni pieni e/o elementi in pietra con legante di calce idraulica, sabbia di fiume e acqua.

Il ruolo della muratura è da sempre duplice, portante e di tamponamento, anche se le evoluzioni tecnologiche hanno portato ad una distinzione dei due aspetti: gli elementi portanti vengono messi in risalto, mentre diminuisce la sezione del muro di tamponamento.

Negli edifici di più antica costruzione la muratura è tutta in pietra, oppure in pietra e laterizio, con malta di calce che contiene spesso sabbione e pietrisco, per aumentare l'aderenza rispetto alla superficie dei ciottoli e dare maggior consistenza nei punti di riempimento.

Le strutture murarie realizzate in mattoni di laterizio cotti, il materiale dominante per la sua flessibilità e di uso prevalente in pianura, sono di dimensioni stabili nel tempo, ma differenziate per territorio.

In molti casi la muratura, in origine, presentava uno strato di finitura esterna ad intonaco, una superficie di sacrificio che serviva a proteggere la struttura sottostante.



Fig. 16 muro in conci di pietra sbozzati con tessitura non omogenea



Fig. 17 muro in mattoni di laterizio parzialmente coperto da intonaco

Gli spessori dei muri in mattoni che si rilevano più frequentemente nelle costruzioni rurali sono: a mezza testa per partizioni interne non portanti, ad una testa per chiusure perimetrali o per partizioni interne portanti, a due o tre teste per chiusure perimetrali o setti interni comunque portanti (particolarmente al piano terra).

Solo in casi più rari si riscontrano spessori maggiori, in genere in murature caratterizzate da pietrame oppure cosiddette a sacco, all'interno delle quali è

posto un riempimento in ciottoli di fiume, pietrame vario, sabbia, frammenti di mattoni. E' possibile trovare anche paramenti a leggera scarpa, sia con funzione di stabilizzatore che per motivi estetici.

Una soluzione costruttiva tipica degli edifici rurali, probabilmente utilizzata per risparmiare materiale, è l'uso della murature a due teste per il piano terra, e della muratura ad una testa per il piano primo, con paraste a due teste di rinforzo in corrispondenza dell'appoggio delle travi del solaio intermedio o della copertura.

Molto usati, in generale, i pilastri in mattoni, sia all'interno che all'esterno. I pilastri potevano essere a sezione quadrata o rettangolare, molto spesso come sostegni del portico, oppure a sezione circolare, soprattutto come sostegni intermedi nelle stalle, realizzati con bielloni, ovvero laterizi fatti appositamente a settore circolare o a settore di corona circolare. Uno sviluppo successivo delle colonne della stalla, di inizio Novecento, è l'utilizzo della ghisa. Le colonne in ghisa sostituivano quelle in mattoni, e il materiale strutturale veniva lasciato a vista.



Fig. 18 vista di pilastri in mattoni a sostegno di un portico esterno

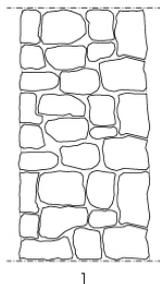


Fig. 19 vista di colonne in mattoni intonacati all'interno di una stalla

In mattoni a due teste è costruito anche il muro tagliafuoco, spesso presente quando abitazione e stalla-fienile sono accorpati. La parete tagliafuoco, emergendo sul tetto e lateralmente sotto lo sporto di gronda, costituiva un elemento di sicurezza contro la propagazione degli incendi. Essa infatti interrompeva la continuità della struttura lignea del coperto e quindi ostacolava il potenziale diffondersi di un eventuale incendio dal fienile all'abitazione.

MURATURA IN PIETRA

Codice M.A.1

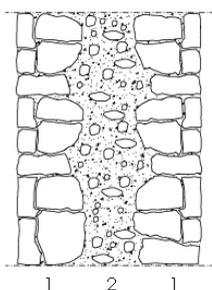


1. Muratura in pietra

La muratura in pietra può presentare spessori variabili, anche in considerazione del tipo di materiale impiegato: pietra grossolanamente squadrata, a spacco, pietrame disordinato, ciottoli di fiume o materiale listato. Prevalentemente impiegata in montagna, ha funzione portante.

MURATURA IN PIETRA A SACCO

Codice M.A.2

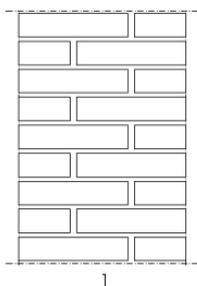


1. Pietra
2. Riempimento in ciottoli, sabbia e detriti

La muratura in pietra a sacco, portante e di dimensione maggiore rispetto alle altre tipologie, è formata da due strati di pietra, blocchi o ciottoli, tra i quali è interposto uno strato di detriti, malta e pietrisco.

MURATURA IN MATTONI A TRE TESTE

Codice M.A.3



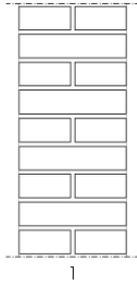
1. Muratura in mattoni pieni

La muratura a tre teste, indubbiamente caratteristica di un muro portante che necessita di un più ampio spessore, si trova solitamente al piano terra.

In particolare si individua con maggiore frequenza nei muri laterali delle stalle, a causa del peso del fienile da sorreggere.

MURATURA IN MATTONI A DUE TESTE

Codice M.A.4

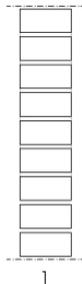


1. Muratura in mattoni pieni

La muratura in mattoni a due teste, di circa 25-28 cm di spessore a seconda dall'area di provenienza del mattone, è formata solitamente dall'alternarsi di mattoni sovrapposti posti perpendicolarmente tra loro. I mattoni sono legati secondo una trama regolare propria del periodo di realizzazione e della provenienza delle maestranze.

MURATURA IN MATTONI AD UNA TESTA

Codice M.A.5

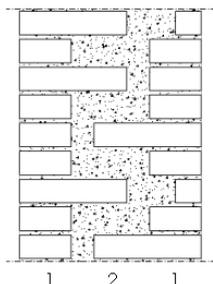


1. Muratura in mattoni pieni

La muratura in mattoni ad una testa, di spessore di circa 12 cm, è solitamente utilizzata per divisori interni non portanti o tamponamenti. Non mancano però esempi in cui, trattandosi di edifici semplici, ad un solo piano, tali murature hanno proprietà strutturali.

MURATURA IN LATERIZIO A SACCO

Codice M.A.6

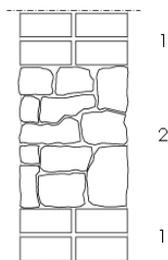


1. Mattoni pieni in laterizio
2. Riempimento con calce e detriti

La muratura in laterizio a sacco, di spessore maggiore rispetto ai muri in mattoni, è composta in maniera simile alla muratura in pietra a sacco, con due strati di mattoni tra i quali è interposto uno strato di riempimento in detriti e ciottoli.

MURATURA LISTATA

Codice M.A.7



1. Mattoni pieni in laterizio
2. Pietra

Le strutture caratterizzate da pietra e laterizio possono essere composte da diverse quantità dei due materiali e presentare diverse tessiture. A seconda che il laterizio sia utilizzato come elemento di rinforzo in corrispondenza delle spalle o degli spigoli esterni, in mezzo alla muratura in pietra per regolarizzarne i corsi o ancora sotto forma di frammenti con funzione di riempimento.

2.2.5. Le aperture

Le aperture degli edifici comprendono le finestre dell'abitazione e della stalla, le porte esterne, i portoni, le bucatore del fienile e le gelosie.

Solitamente di dimensioni ricorrenti, presentano architravi, orizzontali o ad arco, generalmente in mattoni, anche quando il muro è tutto o parzialmente in pietra, anche se le soluzioni più antiche prevedevano l'architrave in pietra.

Il mattone, grazie alla sua lavorabilità, era impiegato anche nella sagomatura della muratura laterale, onde ricavare spallette per la battuta dei serramenti e strombature per una maggiore diffusione della luce.

I davanzali delle finestre, talvolta in mattoni, erano per lo più in cotto; le aperture del fienile presentavano solitamente mattoni posti di coltello.

Nel fienile inoltre si trova la gelosia, un'apertura utilizzata migliorare la ventilazione e favorire l'essiccazione del fieno. Tale apertura, che si potrebbe altresì definire chiusura, solitamente localizzata sul lato corto della struttura, era realizzata in mattoni disposti in modo da alternare spazi aperti, attraverso i quali l'aria poteva entrare, e parti chiuse.



Fig. 20 apertura del fienile ad arco e mattoni disposti a coltello

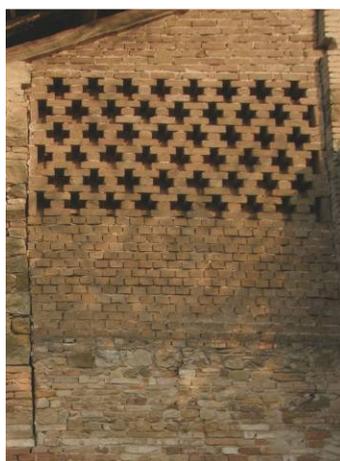


Fig. 21 apertura/chiusura del fienile a gelosia sul lato corto dell'edificio

Tipologie e varianti degli infissi tradizionali sono assai contenuti. Le porte di ingresso sono sempre in legno, spesso con un sopraluce rettangolare ad arco, di dimensioni variabili. I portoni, anch'essi in legno, sono solitamente a doppia anta, talvolta con la parte superiore ad arco.

Per quanto riguarda le finestre la soluzione più ricorrente è quella della doppia anta chiusa dall'esterno con elementi in legno, detti antoni o scuri. L'infisso era sempre in legno, in genere castagno o abete, talvolta verniciato; il vetro invece era singolo, di tipo colato, con leggere irregolarità interne che ne ondolano impercettibilmente la superficie.

Le finestre presentano solitamente un l'anta suddivisa da traversi minori in legno, che creano più riquadri.



Fig. 22 finestra di un'abitazione rurale, con infisso in legno e scuro verniciato

2.3. I VINCOLI E GLI INTERVENTI AMMESSI

Come già spiegato nel capitolo relativo al restauro, il riuso degli edifici storici è contemporaneamente tasto dolente e grande opportunità.

Se da un lato il riuso incongruo può contribuire alla rovina del bene, dall'altro l'inserimento di una destinazione d'uso compatibile non ne eliminerà le peculiarità e, predisponendo interventi di manutenzione, diverrà il miglior modo per conservare l'edificio.

All'interno della *Legge Regionale dell'Emilia Romagna 20/2000* "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", è possibile individuare una prima specificazione del sistema insediativo storico, del territorio rurale e degli interventi ammessi.

Tale legge riunisce sotto la dicitura "sistema insediativo storico" i centri storici, gli insediamenti storici del territorio rurale e gli edifici di valore storico-architettonico, culturale e testimoniale. In particolare definisce gli insediamenti storici del territorio rurale come quegli insediamenti "costituiti dalle strutture insediative puntuali, rappresentate da edifici e spazi in edificati di carattere pertinenziale, nonché dagli assetti e dalle infrastrutture territoriali che costituiscono elementi riconoscibili dell'organizzazione storica del territorio, quali: il sistema insediativo rurale e le relative pertinenze piantumate".¹

La stessa legge dispone che sia il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), in conformità con quanto stabilito dal Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR), a individuare tali insediamenti e a dettare la disciplina generale per la loro tutela e le condizioni e i limiti per la loro trasformazione o riuso.

È poi il PSC del Comune in cui sorgono, che recepisce e integra nel proprio quadro conoscitivo i sistemi e gli immobili così individuati, specificandone la relativa disciplina di tutela.

Per quanto riguarda gli edifici di valore storico-architettonico, culturale e testimoniale si intendono sia gli edifici tutelati ai sensi del Decreto Legislativo 42/2004, sia gli edifici di pregio storico-culturale e testimoniale individuati dal Comune. Per i primi, è la Soprintendenza che dispone quali siano gli interventi

¹ Legge Regionale Emilia Romagna 20/2000, art. A-21, comma 1.

ammissibili mentre per i secondi è lo stesso PSC che, dopo averli segnalati nella cartografia, ne definisce gli interventi ammissibili.

All'interno della Legge Regionale 20/2000 si trova anche un articolo che tratta degli "interventi edilizi non connessi all'attività agricola", in cui è specificato l'intento della regione che persegue l'obiettivo di conservazione dei territori destinati all'attività agricola e del paesaggio: "Nel territorio rurale la pianificazione persegue prioritariamente il recupero del patrimonio edilizio esistente"².

In linea generale, per definire le tipologie di interventi ammessi, la suddetta legge distingue tra gli edifici in cui sono possibili interventi di recupero, per i quali si prescrivono usi compatibili con le caratteristiche tipologiche e con il contesto ambientale, e quelli che non permettono interventi di riuso a causa delle loro condizioni, per i quali si delega alla pianificazione comunale la facoltà di prevedere interventi di demolizione e ricostruzione, anche con diversa tipologia.

Nella pianificazione comunale, come visto, al PSC è dato il compito di individuare gli edifici di valore ambientale e storico - testimoniale mentre "è compito del RUE specificare per ciascuno di essi le categorie degli interventi di recupero ammissibili, gli indirizzi tecnici sulle modalità di intervento ed i materiali utilizzabili, nonché le destinazioni d'uso compatibili con la struttura e la tipologia dell'edificio e con il contesto ambientale"³. Il RUE, di fatto, specifica le azioni ammesse da ciascuno degli interventi descritti nell'allegato della *Legge Regionale 31/2002* "Disciplina generale dell'edilizia", che regola gli interventi di trasformazione edilizia in Emilia Romagna.

In questa sede è utile individuare le tipologie di intervento a cui possono essere sottoposti gli edifici del territorio rurale. Esse sono: la manutenzione, il restauro scientifico, il restauro e risanamento conservativo, il ripristino tipologico, la ristrutturazione edilizia e la demolizione.

Manutenzione

La manutenzione può essere di due tipi: ordinaria o straordinaria. Gli interventi di manutenzione ordinaria sono quelli "riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad

² Ibidem, art. A-21, comma 1.

³ Piano Strutturale Comunale del Comune di Parma, art. 63, comma 2.

integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti.”⁴ Sono ammesse opere sulle finiture degli edifici, purché ne siano conservati i caratteri originari esistenti, e modifiche agli impianti tecnologici e ai volumi tecnici, purché tali interventi non comportino alterazione dei locali, aperture nelle facciate, modificazione o realizzazione di volumi tecnici.

Gli interventi di manutenzione straordinaria, invece, riguardano “le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche delle destinazioni d'uso”.⁵

Restauro scientifico

Gli interventi di restauro scientifico sono quelli che mirano alla conservazione dell'edificio e della sua autenticità, alla salvaguardia dei caratteri peculiari, e alla trasmissione dei valori culturali.

Gli edifici sottoposti a tali interventi sono quelli che rivestono particolare importanza per il loro significato storico e per i caratteri architettonici o artistici di pregio.

Gli interventi previsti in questo caso sono: il restauro, il consolidamento, l'eliminazione delle superfetazioni e l'inserimento degli impianti essenziali. In particolare:

“c.1) il restauro degli aspetti architettonici o il ripristino delle parti alterate, cioè il restauro o ripristino dei fronti esterni ed interni, il restauro o il ripristino degli ambienti interni, la ricostruzione filologica di parti dell'edificio eventualmente crollate o demolite, la conservazione o il ripristino dell'impianto distributivo-organizzativo originale, la conservazione o il ripristino degli spazi liberi, (...)”

c.2) consolidamento, con sostituzione delle parti non recuperabili senza modificare la posizione o la quota dei seguenti elementi strutturali: murature portanti sia interne che esterne; solai e volte; scale; tetto, con ripristino del manto di copertura originale;

c.3) l'eliminazione delle superfetazioni come parti incongrue all'impianto originario e agli ampliamenti organici del medesimo;

⁴ Legge Regionale 31/2002, allegato 1, lettera a.

⁵ Ibidem, allegato 1, lettera b.

c.4) l'inserimento degli impianti tecnologici e igienico-sanitari essenziali;"⁶

Nel caso si tratti di edificio vincolato ai sensi del Decreto Legislativo 42/2004, i caratteri e gli elementi da valorizzare vengono esplicitati nel parere emesso dalla Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici.

Restauro e risanamento conservativo

Gli interventi di restauro e risanamento conservativo hanno un campo d'azione più ampio, rispetto a ciò che si può fare in fase di restauro scientifico. Si tratta di interventi che mirano a conservare l'edificio, attraverso opere che rispettino le sue caratteristiche tipologiche, formali e strutturali, e che rendano possibile il suo riuso con una destinazione d'uso compatibile con le peculiarità dell'edificio. "Tali interventi comprendono il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costitutivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi accessori e degli impianti richiesti dalle esigenze dell'uso, l'eliminazione degli elementi estranei all'organismo edilizio."⁷

Il restauro e risanamento conservativo è rivolto a quegli edifici dell'insediamento storico, che siano rilevanti dal punto di vista tipologico, e ai fabbricati più recenti, ovvero del XIX e XX secolo, che presentino caratteristiche architettoniche, stilistiche e ambientali di particolare interesse.

Ripristino tipologico

L'intervento di ripristino tipologico è rivolto a quegli edifici che riversano in pessime condizioni, ma per i quali sia possibile risalire all'aspetto tipologico originario attraverso documentazione storica o mediante lo studio di edifici dello stesso periodo e della stessa area. A fine intervento è indispensabile che l'area di sedime, la sagoma e il volume corrispondano alla documentazione reperita, ma non è necessario che si riprendano gli elementi formali e tecnologici dell'edilizia antica.

In particolare l'intervento prevede:

"e.1) il ripristino dei collegamenti verticali od orizzontali collettivi (...);

e.2) il ripristino ed il mantenimento della forma, dimensioni e dei rapporti fra unità edilizie preesistenti ed aree scoperte quali corti, chiostri;

⁶ Ibidem, allegato 1, lettera c.

⁷ Ibidem, allegato 1, lettera d.

e.3) il ripristino di tutti gli elementi costitutivi del tipo edilizio, quali partitura delle finestre, ubicazione degli elementi principali e particolari elementi di finitura".⁸

Ristrutturazione edilizia

L'intervento di ristrutturazione edilizia ha un significato molto meno conservativo rispetto ai precedenti, in quanto può portare ad un risultato diverso dal preesistente.

"Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi

dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti, nonché la realizzazione di volumi tecnici necessari per l'installazione o la revisione di impianti tecnologici".⁹ Rientrano tra gli interventi di ristrutturazione edilizia anche quelli di demolizione e fedele ricostruzione, in cui il nuovo fabbricato sia identico per volume, sagoma e area di sedime al precedente.

Demolizione

Questo tipo di intervento è volto a rimuovere costruzioni esistenti o parti di esse, dichiaratamente incongrue e incompatibili con il resto dell'insediamento.

"Il tipo di intervento prevede la demolizione dei corpi edili incongrui e la esecuzione di opere esterne".¹⁰

La demolizione senza ricostruzione può essere attuata anche negli edifici sottoposti a restauro scientifico o a restauro e risanamento conservativo, a patto che siano demolite solo quelle parti che risultino in netto ed esplicito contrasto con le caratteristiche dell'insieme e del contesto.

⁸ Ibidem, allegato 1, lettera e.

⁹ Ibidem, allegato 1, lettera e.

¹⁰ Ibidem, allegato 1, lettera i.

2.4 LO STATO DI CONSERVAZIONE

Il tipo di intervento a cui un edificio può essere sottoposto è strettamente legato al suo stato di conservazione. Se si tratta, infatti, di un edificio in rovina, è inutile prevedere un restauro conservativo, o un restauro tipologico in assenza di una documentazione che possa guidare nella ricostruzione.

La lettura del livello di deterioramento dell'edificio è fondamentale per impostare correttamente le operazioni di recupero: si analizzano i difetti e le alterazioni dei materiali e i dissesti delle strutture allo scopo di risalire alle cause.

Degrado e dissesto si influenzano reciprocamente. Rilevare il degrado significa individuare le trasformazioni subite dai materiali da costruzione, riconoscendo così molto spesso anche i dissesti delle strutture portanti.

Tra le cause si individuano molto spesso l'acqua, come causa sia del degrado materico che dei dissesti strutturali, più raramente gli effetti dell'inquinamento e di funghi e microrganismi.

Il degrado strutturale può essere causato dall'alterazione del grado di elasticità e plasticità dei materiali, dalle trasformazioni d'uso e dagli squilibri statici causati da demolizioni, aperture di finestre, sovraccarichi aggiunti.

Un'analisi dello stato di conservazione materico-strutturale di un edificio prende in considerazione ogni singola parte. Partendo dalle fondazioni si individuano eventuali sovraccarichi, assestamenti differenziali, spinte del terreno, presenza di falde acquifere, acque disperse e infiltrazioni. Riguardo alle murature si indagano il quadro fessurativo, i fuori piombo, i carichi che gravano su di esse, il degrado dei materiali, l'umidità, i rigonfiamenti, i distacchi, e le alterazioni delle cromie.

Si analizza lo stato di conservazione degli elementi lignei e metallici, dei vetri e dei telai. Si rilevano le deformazioni, il degrado delle finiture e il dissesto strutturale di solai, pavimenti e soffitti. Relativamente alle coperture si verificano le pendenze, il sistema di smaltimento delle acque piovane, la resistenza al carico della neve e dal vento, e l'impermeabilizzazione.

Posto che ogni stato di conservazione di seguito schematizzato, può comprendere edifici con diverso valore storico, architettonico e culturale, si propone una relazione tra gli stati di conservazione, sulla base della situazione dei materiali e delle strutture, e gli interventi ammissibili.

Edifici in buono stato di conservazione

Rientrano in questa categoria gli edifici la cui struttura si presenta complessivamente integra e strutturalmente stabile. Tali edifici, pur in buono stato complessivo, possono presentare un sostanziale mantenimento dei caratteri originari o piuttosto una loro evidente alterazione. All'interno degli interventi ammessi dallo stato di conservazione, questa caratteristica sarà determinante.

Esterno: senza crepe visibili, né parti mancanti o crollate, può comunque presentare qualche degrado a livello dei materiali, anche se di lieve entità o estremamente localizzato.

Interno: Non si individuano cedimenti sostanziali e lesioni tali da compromettere la stabilità, né gravi degradi a livello materico.

Interventi ammissibili: Trattandosi di un edificio in buono stato, si consigliano la sola manutenzione straordinaria, ove possibile, il restauro scientifico, il restauro e risanamento conservativo in presenza di materiali, tecnologie e caratteri originari, o la ristrutturazione edilizia in caso di edifici che abbiano subito forti alterazioni, evitando comunque l'intervento di demolizione e fedele ricostruzione.



Fig. 23 vista di esterni in buono stato di conservazione



Fig. 24 vista di interni in buono stato di conservazione

Edifici in discreto stato di conservazione

Questa categoria comprende edifici che, seppur in condizioni tali da non richiedere interventi molto invasivi o demolizioni, non presentano la complessiva integrità materico-strutturale degli edifici in buono stato di conservazione.

Esterno: si presenta complessivamente integro, ma con crepe visibili. I materiali sono affetti da degradi più o meno estesi, non comunque tali da compromettere la conservazione delle parti.

Interno: mostra segni di degrado materico e dissesti strutturali, seppur in parti definite e tali da poter essere risolti con sostituzione puntuale degli elementi e interventi mirati su parti di materiali.

Interventi ammissibili: Da valutare, caso per caso, in relazione alla combinazione dello stato di conservazione delle singole parti e del valore storico, artistico, culturale. Si consigliano comunque il restauro scientifico, il restauro e risanamento conservativo e la ristrutturazione edilizia.



Fig. 25 vista di esterni in discreto stato di conservazione



Fig. 26 vista di interni in discreto stato di conservazione

Edifici in mediocre stato di conservazione

Appartengono a questa categoria gli edifici caratterizzati da uno stato di degrado complessivo, con porzioni di elementi crollate e lesioni visibili, ma la cui struttura muraria si presenta recuperabile.

Esterno: non riesce a nascondere i problemi strutturali, con parti crollate, seppur limitate, e situazioni tali da implicare ulteriori cedimenti nel caso in cui non siano effettuati tempestivi interventi. Vetri rotti e degradi materici sostanziali.

Interno: presenta cedimenti, spanciamento delle parti strutturali, degradi materici diffusi pur mantenendo una sostanziale solidità strutturale delle murature.

Interventi ammissibili: per gli edifici che rientrano in questo stato di conservazione è ancora più importante, rispetto ai precedenti, capire se sono conservati, allo stato attuale, i caratteri originari. In tal caso si procederà con il ripristino tipologico o il restauro e risanamento conservativo; in caso di caratteri sostanzialmente compromessi, sarà possibile procedere con la ristrutturazione edilizia.



Fig. 27 vista di esterni in mediocre stato di conservazione



Fig. 28 vista di interni in mediocre stato di conservazione

Edifici in pessimo stato di conservazione

Rientrano in questa categoria gli edifici con parti crollate, strutture pericolanti all'interno e una situazione tale da rendere quasi impossibile un restauro che dia garanzie di sicurezza.

Esterno: stato di dissesto e degrado complessivo, spesso con parti anche estese crollate e crepe ben visibili.

Interno: In generale pericolante, ove non è già crollato, presenta gli elementi strutturali gravemente compromessi e prossimi al crollo.

Interventi ammessi: Nei casi in cui sia importante riproporre i caratteri originari e sia possibile reperire la documentazione necessaria, il ripristino tipologico è la soluzione migliore. In alternativa è possibile procedere con la demolizione e fedele ricostruzione per volume e area di sedime, per non alterare la percezione del paesaggio di cui era parte.



Fig. 29 vista di esterni in pessimo stato di conservazione



Fig. 30 vista di interni in pessimo stato di conservazione

3. GLI INTERVENTI COMPATIBILI

3.1. LA RIDUZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA

La volontà di intervenire in un edificio storico, operando un miglioramento dal punto di vista energetico, porta con sé tutta una serie di problematiche, legate a come coniugare questo obiettivo con i vincoli che naturalmente pone tale tipologia di edifici.

In linea generale, è importante ricordare che, quando si parla di interventi di riqualificazione energetica, il primo passo da fare è quello di ridurre il fabbisogno energetico. Tale scopo è raggiungibile in diversi modi: migliorando le abitudini, riducendo i consumi e gli sprechi, utilizzando elettrodomestici e impianti ad alta efficienza, creando un involucro che riduca al minimo le dispersioni termiche.

Nell'ottica di eliminare gli sprechi, è importante valutare con attenzione la differenza tra energia spesa ed energia risparmiata: se, ad esempio, inserire un sistema di ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore, potrebbe sembrare un ulteriore dispendio energetico, è necessario valutare quanta energia tale impianto permette di risparmiare, evitando l'apertura delle finestre e il successivo inevitabile impiego di energia per riscaldare nuovamente gli ambienti.

Nel caso in cui si tratti di un edificio che, in fase di analisi, ha mostrato situazioni di degrado, la prima cosa da fare è risalire alle cause che le hanno determinate. Agendo in questo modo infatti, è possibile individuare su quali parti intervenire prioritariamente, e quali aspetti trattare con maggiore attenzione in fase di riqualificazione.

Trattandosi di edifici storici, un altro passo fondamentale è quello di cercare se esistono soluzioni bioclimatiche originarie, ovvero accorgimenti che un tempo, con minori mezzi a disposizione, si attuavano per relazionarsi al meglio con il clima e l'ambiente circostante. Valorizzare tali strategie, è un passo ulteriore verso la riduzione del fabbisogno energetico.

Ai fini della ricerca, si ritiene utile dare una panoramica dei possibili interventi, focalizzandosi sulle costruzioni rurali come esempi di edifici storici.

Tali interventi riguardano sia le partizioni verticali che quelle orizzontali, così come sia le chiusure opache che quelle trasparenti dell'involucro edilizio.

Prima di scendere nel dettaglio dei possibili interventi, è necessario stabilire dei limiti dal punto di vista prestazionale, anche se tali obiettivi saranno sempre sottoposti al preventivo raggiungimento del migliore punto di incontro tra riqualificazione energetica e tutela.

Nell'ottica di definire un obiettivo prestazionale, si è scelto di prevedere interventi che raggiungano i limiti prescritti dalla normativa dell'Emilia Romagna.

Per le nuove costruzioni e le ristrutturazioni rilevanti di edifici esistenti, infatti, la normativa regionale ha messo a punto delle tabelle che indicano i requisiti minimi da raggiungere obbligatoriamente. Si ricorda che la stessa normativa esclude dall'ambito di intervento gli edifici storici.

Zona climatica	U (kwh/m ² K)
E	0,34

Tab. F.1 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache verticali (pareti perimetrali verticali) tra spazi climatizzati ed ambiente esterno ovvero verso ambienti non dotati di impianto termico.

Zona climatica	U (kwh/m ² K)
E	0,30

Tab. F.2 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache orizzontali o inclinate superiori di copertura, ad eccezione degli edifici di categoria E8.

Zona climatica	U (kwh/m ² K)
E	0,33

Tab. F.3 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache orizzontali inferiori (solai a terra) e su spazi esterni (solai su spazi aperti) nonché delle partizioni interne orizzontali (solai) tra spazi climatizzati e spazi non climatizzati, ad eccezione degli edifici di categoria E8.

Zona climatica	U (kwh/m ² K)
E	2,2

Tab. G.1 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure trasparenti (finestre, porte-finestre luci fisse) verticali, orizzontali o inclinate, comprensive degli infissi.

Zona climatica	U (kwh/m ² K)
E	1,7

Tab. G.2 Valore limite della trasmittanza termica della sola componente vetrata dei serramenti esterni (finestre, porte-finestre luci fisse) verticali, orizzontali o inclinati. ¹

¹ Delibera di Giunta Regionale 1362/2010, allegato 3, requisito 6.1.2

Agendo sulla successione di strati del dettaglio tecnologico, è possibile quindi migliorare le prestazioni termiche di murature, solai e coperture, arrivando ad ottenere bassissime dispersioni.

Generalmente sui solai si interviene creando un isolamento termico, mentre nelle murature e nelle coperture si può agire anche attraverso la ventilazione o la micro-ventilazione.

Gli infissi, solitamente più deteriorati, richiedono molto spesso una sostituzione, anche se talvolta è possibile aggiungere invece che togliere, accoppiando all'infisso esistente un altro infisso, per ottenere le prestazioni desiderate senza modificare l'esterno dell'edificio.

Un elemento fondamentale dei sistemi per la riduzione del fabbisogno energetico è la prestazione termica del materiale che viene utilizzato, sia esso l'isolante per le strutture opache o il vetro per le strutture trasparenti.

La scelta del vetro sarà molto legata anche alla resa estetica, mirando a non alterare la visione dall'esterno dell'edificio in cui viene posto.

La valutazione dell'isolante invece sarà maggiormente relazionata alla compatibilità con i materiali esistenti, preferendo materiali naturali quali il sughero, le fibre di legno o di cocco, la lana di cellulosa o di pecora, in grado di garantire buone capacità traspiranti e basso impatto ambientale. Sono da scartare i pannelli a base di poliuretano o polistirolo che ostacolano la traspirazione delle pareti. L'isolante dovrebbe inoltre essere scelto sulla base delle modalità di dismissione e recupero, dell'incidenza energetica sul ciclo di produzione e della provenienza, privilegiando gli isolanti "a Km 0".

Un elemento fondamentale dell'involucro esterno è l'elevata traspirabilità che lo caratterizza; alterarla in modo estremo, andando a chiudere ermeticamente la costruzione al passaggio di vapore acqueo, significherebbe accelerarne il processo di invecchiamento e decadimento.

Sebbene la conducibilità termica sia il fattore principale da considerare nella scelta dell'isolante, è importante tenere in considerazione l'elemento in cui lo si va ad inserire, in quanto ogni isolante è caratterizzato da altre caratteristiche quali la resistenza alla compressione, all'acqua, al fuoco, ecc..

In questa sede si è optato per inserire nel calcolo della trasmittanza un valore di conducibilità termica λ pari a $0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ per tutti gli interventi, allo scopo di tenere come unica variabile lo spessore dell'isolante.

Gli interventi di seguito presentati sono suddivisi per elemento tecnologico.

Dopo una spiegazione generale descrittiva di tutti gli interventi eseguibili sull'elemento, vi sono apposite schede riassuntive, ciascuna delle quali dedicata ad un intervento specifico.

In ogni scheda è possibile individuare uno schema grafico con la successione degli strati del dettaglio tecnologico, corredato da un'apposita legenda, il calcolo del nuovo spessore e della trasmittanza post intervento, messa in relazione con i requisiti minimi, sopra riportati, richiesti dalla normativa vigente, e alcune note sugli aspetti positivi e negativi e sugli accorgimenti necessari per poter mettere in atto tale intervento.

In questo modo è possibile confrontare le diverse soluzioni sia in tema di spessore richiesto che di prestazioni date, così come è possibile valutare l'intervento adeguato in considerazione delle modifiche attuabili nel rispetto degli aspetti conservativi e delle esigenze da soddisfare.

Ciascuna scheda è contrassegnata da un codice che identifica l'intervento descritto e da codice pre-intervento. In questo modo è possibile, da un lato, richiamare con immediatezza, nel capitolo successivo relativo ai casi di studio, l'intervento applicato, consentendo di ritornare alla descrizione esaustiva dell'intervento e, dall'altro lato, è possibile risalire allo stato di fatto in base al quale si è ipotizzato l'intervento.

3.1.1 I solai a terra

Le problematiche legate ai solai a terra, riguardano principalmente la dispersione di calore e l'umidità di risalita. Gli interventi previsti riguardano quindi la coibentazione, il drenaggio e la ventilazione, anche se spesso non è possibile attuarli tutti contemporaneamente.

L'ostacolo maggiore agli interventi è rappresentato dalle altezze di interpiano, che in molti casi sono già minori rispetto a quelle previste dagli attuali regolamenti.

Solaio a terra isolato

L'intervento di coibentazione, indispensabile, in quanto il solaio a terra non è mai isolato dal terreno, consiste nell'inserimento di un isolante prima della posa del massetto e della nuova pavimentazione. Nel caso in cui sia necessario mantenere la pavimentazione esistente, è possibile posare a secco l'isolante, oppure creare una camera d'aria che diminuisca le dispersioni termiche lasciando a vista la pavimentazione.

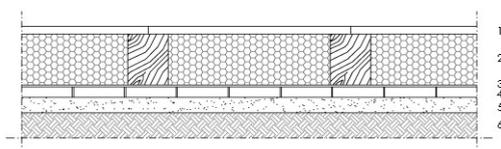
Solaio a terra isolato e drenato/ventilato

Ove possibile, l'intervento migliore è il solaio a terra isolato e dotato di uno strato per contrastare l'umidità di risalita. Tale strato, posto sotto l'isolante, può essere un vespaio o un'intercapedine ventilata.

Il vespaio tradizionale è costituito da pietrame di spessore variabile, messo in opera a secco, disposto in strati di materiale omogeneo a granulometria decrescente, dal fondo verso l'alto, in modo da favorire la sua funzione drenante; in alternativa, si trovano muretti composti in genere da mattoni ad una testa, organizzati in modo da formare un'intercapedine ventilata, su cui poggiano il tavolato o le tavelle in laterizio. Nel caso di inserimento di un nuovo vespaio, oggi, si ricorre spesso alla posa di elementi in plastica prefabbricati, igloo, di dimensioni e spessori variabili, in relazione alle dimensioni e alla portanza richiesti, su cui si getta la soletta.

CODICE ST.P.1

CODICE PRE INTERVENTO: ST.A.1



1. Pavimentazione
2. Isolante
3. Strato di tenuta all'acqua
4. Pavimentazione esistente
5. Caldana
6. Terra battuta

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione in legno	0,015	0,220	0,068
Isolante	0,100	0,035	2,857
Schermo al vapore	0,005	0,260	0,019
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Caldana	0,030	0,700	0,043
Superficie esterna (contro terra)			0,040

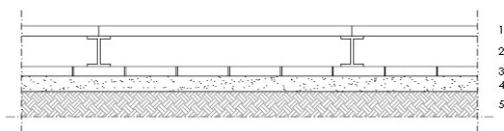
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,220
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,17
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,12
TRASMITANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,30
LIMITE DI TRASMITANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

Questo tipo di soluzione, adatto a tutte le tipologie di solai a terra, conserva la pavimentazione esistente e la preserva per il futuro. Pur non lasciandola a vista infatti, l'isolante inserito tra i supporti è posato a secco.

Nel caso in cui si vogliano far passare gli impianti a pavimento, è possibile allocarli nell'isolante, ove si tratti di un isolante in fibre libere e non in pannelli rigidi.

CODICE ST.P.2

CODICE PRE INTERVENTO: ST.A.1



1. Lastre di vetro
2. Intercapedine d'aria ed elementi di supporto
3. Pavimentazione esistente
4. Caldana
5. Terra battuta

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Lastre di vetro	0,020	0,800	0,025
Camera d'aria	0,060	0,238	0,252
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Caldana	0,030	0,700	0,043
Superficie esterna (a terra)			0,040

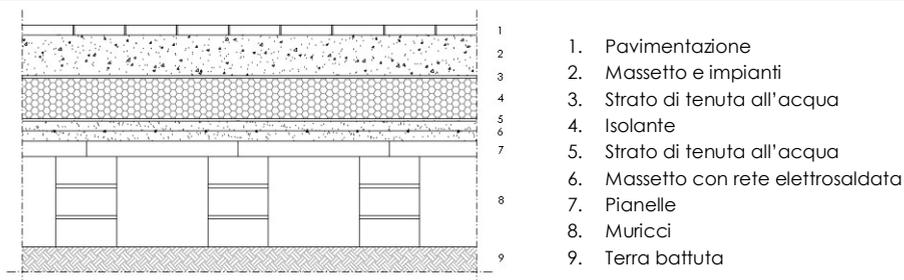
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	0,552
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,13
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,08
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	1,81
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

Un intervento di questo tipo, generalmente messo in atto in edifici non destinati ad abitazione, si esegue nel caso in cui la pavimentazione esistente sia di pregio e voglia essere lasciata a vista. L'appoggio di supporti metallici e la successiva applicazione di lastre in vetro, permette di proteggere il pavimento dall'usura del calpestio e di poterlo recuperare successivamente. Il problema da ovviare è quello della marcescenza della pavimentazione sottostante, situazione inevitabile nel caso non si crei una sufficiente ventilazione. E' quindi opportuno predisporre bocchette di areazione a terra lungo i muri o aperture nelle murature a livello dell'intercapedine, che permettano di eliminare l'umidità di risalita.

L'aspetto negativo, in termini energetici, è che tale soluzione non raggiunge valori di trasmittanza paragonabili alle agli altri interventi proposti.

CODICE ST.P.3

CODICE PRE INTERVENTO: ST.A.4



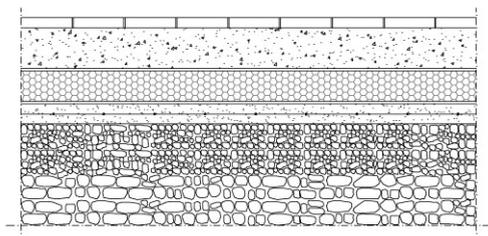
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Massetto in cemento alleggerito	0,080	0,400	0,200
Strato di tenuta all'acqua	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,080	0,035	2,286
Strato di tenuta all'acqua	0,005	0,260	0,019
Massetto con rete elettrosaldata	0,040	0,700	0,057
Pianelle in laterizio	0,030	0,194	0,155
Intercapedine ventilata			0,191
Superficie esterna (contro terra)			0,040

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,159
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,26
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,18
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,32
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

La soluzione proposta è adatta ai solai a terra già dotati di un rialzo in mattoni o legno che, creando un'intercapedine d'aria, permette di ovviare al problema dell'umidità. L'ingresso e l'uscita dell'aria può essere ottenuto attraverso delle aperture da praticarsi nella muratura esterna, all'altezza dei muricci, e delle bocche di lupo. L'intervento prevede di eliminare la pavimentazione e la caldana esistenti, allo scopo di inserire uno strato di irrigidimento strutturale, un isolante, un massetto e una nuova pavimentazione. Nel caso non sia possibile aumentare in modo così considerevole la quota del pavimento, è possibile ridurre l'altezza del massetto, evitando di far passare gli impianti a pavimento.

CODICE ST.P.4

CODICE PRE INTERVENTO: ST.A.2



1. Pavimentazione
2. Massetto e impianti
3. Strato di tenuta all'acqua
4. Isolante
5. Strato di tenuta all'acqua
6. Massetto con rete elettrosaldata
7. Ghiaia di diverse pezzature

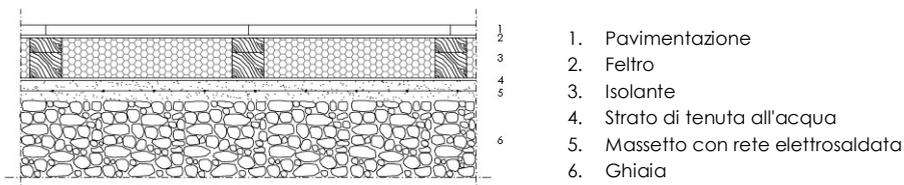
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Massetto in cemento alleggerito	0,080	0,400	0,200
Strato di tenuta all'acqua	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,060	0,035	1,714
Strato di tenuta all'acqua	0,005	0,260	0,019
Massetto con rete elettrosaldata	0,040	0,700	0,057
Ghiaia			0,750
Superficie esterna (contro terra)			0,040

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	2,992
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,21
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,16
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,33
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

Questa soluzione presuppone, come la precedente, che si tratti di un solaio a terra già dotato di vespaio, in questo caso strati di ghiaia di diversa grandezza. Lasciando la ghiaia come drenaggio, ed eliminando tutti gli strati sovrastanti, è possibile creare un massetto livellante con funzioni strutturali, sopra al quale posare l'isolante, il massetto con gli impianti e la nuova pavimentazione.

CODICE ST.P.5

CODICE PRE INTERVENTO: ST.A.6



MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione in legno	0,015	0,220	0,068
Feltro	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,080	0,035	2,286
Strato di tenuta all'acqua	0,005	0,260	0,019
Massetto con rete elettrosaldata	0,040	0,700	0,057
Ghiaia			0,500
Superficie esterna (contro terra)			0,040

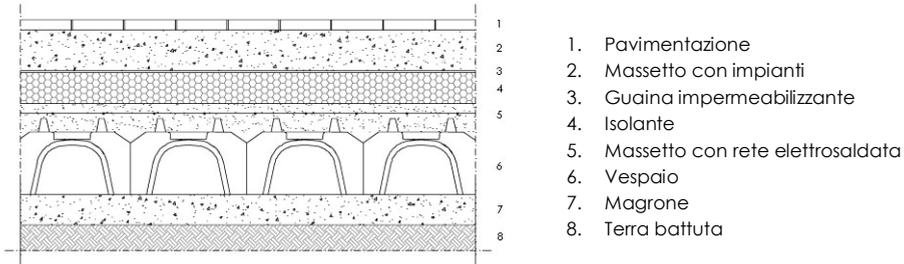
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,160
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,345
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0
TRASMITANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,32
LIMITE DI TRASMITANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

L'intervento qui proposto mira a non modificare la quota del pavimento, pur alterando la stratificazione esistente. Tale soluzione si presta nel caso in cui il solaio a terra esistente sia composto da una struttura in legno posata sulla ghiaia, atta a sorreggere un tavolato in legno, uno strato di allettamento e la pavimentazione.

L'intervento prevede la rimozione di tutti gli strati ad eccezione della ghiaia; i nuovi strati inseriti, a secco, permetteranno di isolare efficacemente la struttura occupando lo stesso spazio del solaio precedente.

CODICE ST.P.6

QUALUNQUE SOLAIO



MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Massetto in cemento alleggerito	0,080	0,400	0,200
Guaina impermeabilizzante	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,060	0,035	1,714
Massetto con rete elettrosaldata	0,040	0,700	0,057
Vespaio con igloo	0,150	0,200	0,750
Magrone	0,080	0,400	0,100
Superficie esterna (a terra)			0,040

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,073
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,395
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,345
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,33
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

La soluzione proposta prevede la creazione di un nuovo solaio. Ciò avviene quando vi è un solaio in terra battuta, o quando sia necessario/possibile eliminare integralmente il solaio a terra esistente. L'intervento potrà non comportare un innalzamento della quota del pavimento, ove si realizzerà uno scavo adeguato ad ospitare il nuovo pacchetto.

3.1.2 I solai interpiano

I solai interpiano divengono rilevanti dal punto di vista energetico, quando sono posti tra un ambiente riscaldato ed uno non riscaldato. In questi casi è necessario inserire un adeguato isolamento, allo scopo di evitare importanti dispersioni di calore verso gli ambienti non riscaldati, come sottotetti e cantine.

Come per i solai a terra, il vincolo maggiore è rappresentato dalle altezze di interpiano, spesso non modificabili.

In ciascun solaio, nel caso sia necessario un irrigidimento strutturale, sarà possibile inserire una soletta collaborante in cemento armato di circa 4 cm.

Solaio isolato all'intradosso

L'isolamento all'intradosso della struttura portante, permette di intervenire senza modificare la stratigrafia esistente. In questo modo infatti, è possibile porre l'isolante tra gli elementi portanti, evitando così molto spesso di modificare l'altezza netta di interpiano. Nel caso in cui l'ambiente riscaldato sia quello sottostante, questa soluzione permette di ridurre maggiormente le dispersioni di calore, evitando di scaldare l'elemento portante.

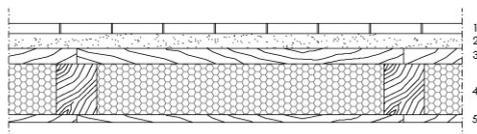
Solaio isolato all'estradosso

L'isolante posto sopra l'elemento portante invece, richiede che non vi siano problemi di altezza di piano, e che sia possibile nascondere o eliminare la pavimentazione esistente. L'isolamento all'estradosso generalmente avviene eliminando la pavimentazione e la caldana esistenti, in modo da creare una nuova stratigrafia a partire dalle tavelle o il tavolato; in alternativa è possibile lasciare invariato il solaio esistente, aggiungendo sopra i nuovi strati.

Un caso particolarmente semplice di isolamento all'estradosso, si ha nel caso in cui l'ambiente non riscaldato posto sopra non sia praticabile. Dal punto di vista tecnologico, infatti, si opera posando a secco l'isolante, sull'estradosso dell'elemento portante, tra uno strato di barriera al vapore e uno strato di guaina impermeabilizzante.

CODICE SI.P.1

CODICE PRE INTERVENTO: SI.A.2



1. Pavimentazione
2. Caldana
3. Tavolato
4. Isolante
5. Tavolato di finitura

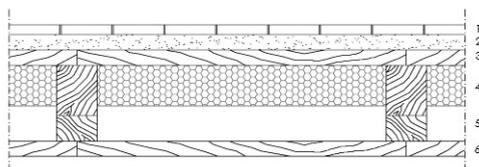
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Caldana	0,030	0,700	0,043
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Isolante	0,100	0,035	2,857
Tavolato di finitura in legno	0,015	0,130	0,115
Superficie interna			0,100

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,408
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,195
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,015
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,29
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

La soluzione proposta consiste nell'inserimento dell'isolante all'intradosso, nello spazio tra i travetti, e nel successivo rivestimento con un tavolato in legno. L'intervento si presta sia nel caso in cui l'ambiente non riscaldato sia quello sottostante, e non si possa intervenire eliminando la pavimentazione soprastante, sia nel caso in cui l'ambiente non riscaldato sia posto sopra, ottenendo così che l'isolante, posto a contatto con l'ambiente riscaldato, eviti la dispersione di calore anche verso la struttura del solaio.

CODICE SI.P.2

CODICE PRE INTERVENTO: SI.A.2



1. Pavimentazione
2. Caldana
3. Tavolato
4. Isolante
5. Intercapedine per impianti
6. Tavolato

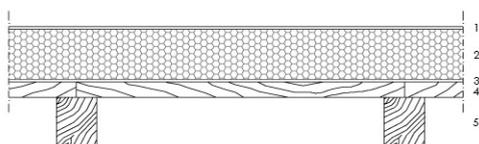
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Pavimentazione	0,020	0,900	0,022
Caldana	0,030	0,700	0,043
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Isolante	0,080	0,035	2,286
Camera d'aria	0,070		0,210
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Superficie interna			0,100

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,182
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,265
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,085
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,31
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

L'intervento, che lascia invariato il solaio esistente, è simile al precedente, ma si attua nel caso sia possibile ridurre l'altezza netta del piano sottostante. Integrando alla struttura esistente altri travetti in legno accoppiati a quelli esistenti, se in buono stato, è possibile, oltre ad ottenere un irrigidimento strutturale, aumentare l'intercapedine in cui alloggiare l'isolante e gli impianti.

CODICE SI.P.3

CODICE PRE INTERVENTO: SI.A.1



1. Strato di tenuta all'acqua
2. Isolante
3. Schermo al vapore
4. Tavolato
5. Travetti

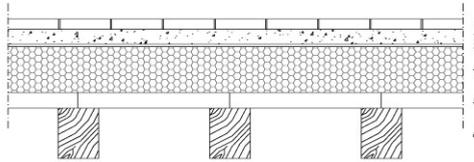
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Strato di tenuta all'acqua	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,100	0,035	2,857
Schermo al vapore	0,005	0,260	0,019
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Superficie interna			0,100

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,266
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,14
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,11
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,31
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

Questa soluzione, di semplice esecuzione, è indicata nel caso di sottotetto non riscaldato, non praticabile. Indipendentemente dal pacchetto del solaio infatti, si stende un isolante all'estradosso del solaio. In questo modo, inoltre, la copertura non necessita di ulteriori integrazioni ed è possibile, praticando delle aperture nelle murature perimetrali del sottotetto, creare una ventilazione che consenta di conservare sempre asciutto l'isolante in inverno, e disperdere il calore dovuto all'irraggiamento d'estate. Le aperture di uscita dell'aria devono essere ubicate in posizione più alta rispetto a quelle di entrata, in modo da favorire moti convettivi.

CODICE SI.P.4

CODICE PRE INTERVENTO: SI.A.3



1. Pavimentazione
2. Sottofondo di allettamento
3. Strato di tenuta all'acqua
4. Isolante
5. Pianelle
6. Travetti

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione	0,020	0,900	0,022
Massetto in cemento alleggerito	0,030	0,400	0,075
Strato di tenuta all'acqua	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,090	0,035	2,571
Pianelle in laterizio	0,030	0,194	0,155
Superficie esterna			0,040

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,053
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,175
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,085
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,33
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

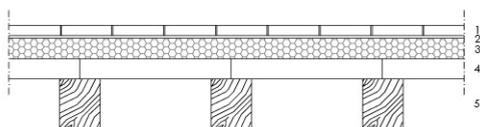
Questa soluzione è adatta nel caso in cui sia possibile eliminare la pavimentazione esistente e diminuire l'altezza netta di interpiano, modificando la quota del pavimento. La precedenza sarà data all'isolante, mentre il massetto conterrà gli impianti solo nel caso in cui sia possibile alzare di molto il livello del pavimento.

Lo strato di tenuta all'acqua serve per evitare che l'isolante, qualora sia in fibre, si imbibisca di acqua durante la posa del massetto.

La soluzione si presta ad essere realizzata sia nel caso in cui l'ambiente riscaldato sia posto sopra che nel caso in cui sia posto sotto il solaio.

CODICE SI.P.5

CODICE PRE INTERVENTO: SI.A.3



1. Pavimentazione
2. Feltro
3. Isolante
4. Pianelle
5. Travetti

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione	0,020	0,900	0,022
Feltro	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,040	0,035	1,143
Pianelle in laterizio	0,030	0,194	0,155
Superficie esterna			0,040

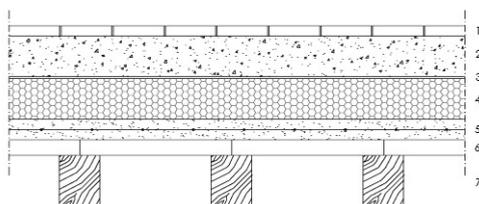
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	1,549
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,095
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,65
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

Questo tipo di soluzione, è adatta nel caso si possa eliminare la pavimentazione esistente, ma non sia possibile diminuire l'altezza interpiano e/o la quota del pavimento. L'intervento prevede la rimozione di tutti gli strati fino alle pianelle e l'applicazione a secco isolante e pavimentazione in modo da ottimizzare lo spazio. In questo modo si isolerà il solaio ma non vi sarà lo spazio per far passare gli impianti a pavimento.

L'aspetto negativo riguarda il valore di trasmittanza ottenuto, che non rispetta i limiti posti dalla normativa. Si tratta comunque di una soluzione efficace per migliorare la situazione esistente, ed è valida indipendentemente dalla posizione dell'ambiente riscaldato.

CODICE SI.P.6

CODICE PRE INTERVENTO: SI.A.3



1. Pavimentazione
2. Sottofondo di allettamento
3. Guaina impermeabilizzante
4. Isolante
5. Massetto con rete elettrosaldata
6. Piastrelle
7. Travetti

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,170
Pavimentazione	0,020	0,900	0,022
Massetto in cemento alleggerito	0,080	0,400	0,200
Guaina impermeabilizzante	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,080	0,035	2,286
Massetto con rete elettrosaldata	0,040	0,700	0,057
Piastrelle in laterizio	0,030	0,194	0,155
Superficie esterna			0,040

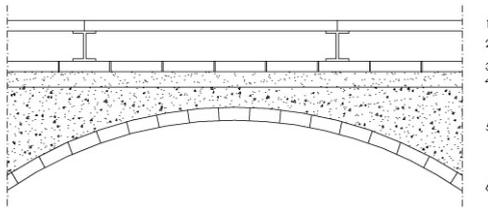
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,000
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,255
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,165
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,33
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

La soluzione proposta prevede che sia possibile togliere tutti gli strati posti sopra la struttura portante e che si possa diminuire sostanzialmente l'attuale altezza interpiano dell'ambiente soprastante, modificando, di conseguenza, anche la quota del pavimento.

L'intervento si attua con la posa dell'isolante, di un massetto in cui far passare gli impianti e della nuova pavimentazione. In caso di necessità, è possibile ridurre le dimensioni del massetto, evitando di far passare gli impianti a pavimento.

CODICE V.P.1

CODICE PRE INTERVENTO: V.A.1



1. Lastre di vetro
2. Camera d'aria
3. Pavimentazione esistente
4. Allettamento
5. Riempimento
6. Mattoni in laterizio

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie interna			0,17
Lastre di vetro	0,020	0,800	0,025
Camera d'aria	0,060	0,238	0,252
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Allettamento	0,030	0,700	0,043
Riempimento	0,040	0,400	0,100
Mattoni pieni	0,050		0,150
Superficie esterna			0,040

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	0,802
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,22
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,08
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	1,25
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

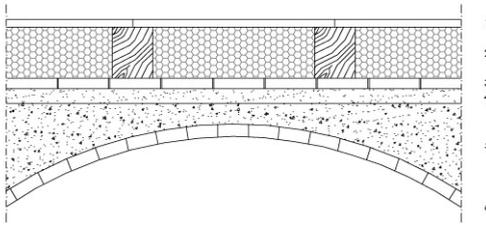
Per quanto riguarda le volte, è possibile mettere in atto il medesimo intervento descritto per i solai, tenendo conto della diversa stratigrafia esistente.

Anche in questo caso l'areazione è indispensabile per evitare la marcescenza della pavimentazione.

L'aspetto negativo, come visto per il solaio a terra in cui viene proposta la stessa soluzione, riguarda il valore di trasmittanza, che non rispetta il limite da normativa.

CODICE V.P.2

CODICE PRE INTERVENTO: V.A.1



1. Pavimentazione
2. Isolante
3. Pavimentazione esistente
4. Allettamento
5. Riempimento
6. Mattoni in laterizio

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,170
Pavimento in legno	0,015	0,220	0,068
Isolante	0,090	0,035	2,571
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Allettamento	0,030	0,700	0,043
Riempimento	0,040	0,400	0,100
Mattoni pieni	0,050		0,150
Superficie interna			0,040

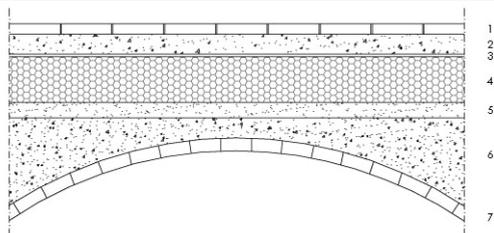
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,165
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,245
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,105
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,32
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

L'intervento proposto, già visto per i solai, mira a conservare la pavimentazione esistente pur senza lasciarla a vista. L'isolante e la pavimentazione inseriti sono a secco, quindi permettono la successiva rimozione, senza causare la perdita dell'elemento sottostante.

Nel caso in cui sia possibile aumentare l'altezza del pacchetto, si aumenta l'intercapedine creatasi tra la pavimentazione nuova e quella esistente, allo scopo di inserire gli impianti.

CODICE V.P.3

CODICE PRE INTERVENTO: V.A.1



1. Pavimentazione
2. Sottofondo
3. Guaina impermeabilizzante
4. Isolante in pannelli resistenti
5. Allettamento
6. Riempimento
7. Mattoni in laterizio

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,170
Pavimentazione in cotto	0,020	0,900	0,022
Massetto in cemento alleggerito	0,040	0,400	0,100
Guaina impermeabilizzante	0,005	0,26	0,019
Isolante	0,090	0,035	2,571
Allettamento	0,030	0,700	0,043
Riempimento	0,040	0,400	0,100
Mattoni	0,050		0,150
Superficie interna			0,040

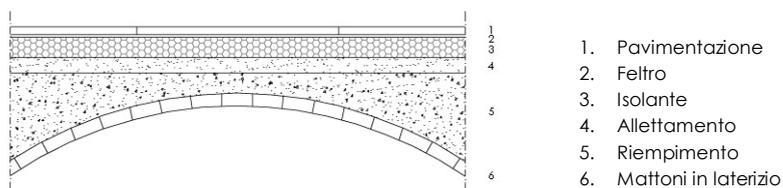
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,216
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,275
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,135
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,31
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

Questa soluzione, attuabile nel caso in cui la volta possa sopportare un aumento di peso più consistente rispetto ai precedenti, comporta l'eliminazione della pavimentazione esistente e l'inserimento di uno strato isolante, di un sottofondo e di una nuova pavimentazione.

Per ridurre l'altezza del pacchetto, si è scelto di non far passare gli impianti nel pavimento, ma in assenza di problemi, è possibile aumentare l'altezza del sottofondo per alloggiare gli impianti.

CODICE V.P.4

CODICE PRE INTERVENTO: V.A.1



1. Pavimentazione
2. Feltro
3. Isolante
4. Allettamento
5. Riempimento
6. Mattoni in laterizio

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,170
Pavimentazione in cotto	0,150	0,220	0,682
Feltro	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,040	0,035	1,143
Allettamento	0,030	0,700	0,043
Riempimento	0,040	0,400	0,100
Mattoni	0,050		0,150
Superficie interna			0,040

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	2,347
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,315
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,015
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,43
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,33

La soluzione si presta nel caso in cui non sia possibile modificare la quota del pavimento e/o l'altezza di interpiano, ma non sia necessario mantenere la pavimentazione esistente. L'intervento quindi consiste nella rimozione degli strati fino al riempimento, e nell'inserimento a secco dell'isolante e della nuova pavimentazione.

Tale soluzione, molto adatta nel caso del restauro proprio perché innalza solo di 1,5 cm la quota del pavimento, presenta come aspetto negativo il fatto di non rispettare il valore limite di trasmittanza da normativa, anche se non se ne discosta in maniera sostanziale.

3.1.3 *Le coperture*

Le coperture degli edifici rurali presentano quasi sempre struttura in legno, su cui poggia il manto di rivestimento, in coppi e sottocoppi. Si tratta di coperture che talvolta sono a contatto diretto con gli ambienti vissuti, mentre altre volte confinano con sottotetti non utilizzati.

Il manto di copertura risente notevolmente delle variazioni di temperatura e umidità e, se non mantenuto in efficienza, non riesce ad impedire infiltrazioni d'acqua negli ambienti sottostanti.

L'inserimento di un isolante, permette di ridurre le dispersioni di calore e, affinché conservi nel tempo le sue caratteristiche, è utile che esso sia protetto verso l'interno da una barriera al vapore.

In aggiunta o in alternativa all'isolante, è possibile inserire un'intercapedine di ventilazione, allo scopo di eliminare l'umidità e contrastare il surriscaldamento estivo.

In tutti i casi è necessario che la scelta ricada su un isolante non molto pesante, in modo da non andare ad incidere eccessivamente sulla struttura esistente.

Gli interventi, che possono essere realizzati con o senza sostituzione del manto, variano in funzione delle modifiche possibili alla struttura esistente e al suo stato di conservazione.

Copertura con isolamento all'intradosso della struttura portante

La coibentazione all'intradosso di una copertura esistente, permette di non rimuovere né il manto né la struttura di copertura.

L'isolante, preferibilmente composto da elementi flessibili e non rigidi, vista l'irregolarità delle strutture lignee degli edifici storici, deve essere rifinito con un supporto rigido, come ad esempio un tavolato.

Se la struttura in legno posta a sostegno del manto di copertura, è in listelli e correntini, è possibile creare, nello spazio lasciato libero tra queste strutture, una micro-ventilazione, che permette di evitare la marcescenza degli elementi lignei.

Copertura con isolamento all'estradosso della struttura portante

L'isolamento all'estradosso della struttura portante, comporta l'inevitabile rimozione del manto di copertura e dell'eventuale supporto. L'isolante, che può essere posto sopra il tavolato o tra i listelli, dovrebbe sempre essere protetto sulla faccia inferiore da una barriera al vapore.

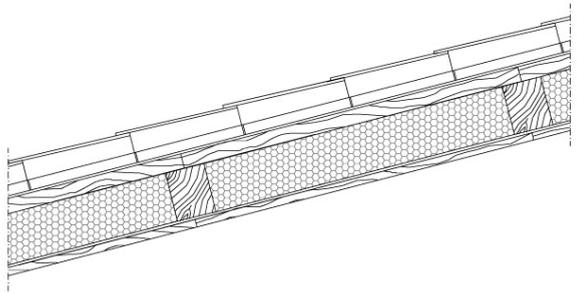
Copertura isolata con intercapedine ventilata

L'intercapedine ventilata sopra lo strato isolante, si crea solitamente con l'inserimento di listelli posti nella direzione di pendenza della falda. Una copertura così composta, consente di controllare sia la trasmissione di calore che il comportamento termo igrometrico. Per permettere all'aria di circolare all'interno dello strato di ventilazione, è necessario che esso sia messo in comunicazione con l'esterno, attraverso bocchette protette da griglie, poste in corrispondenza della gronda e del colmo del tetto. Nella stagione fredda, la ventilazione, facilitando l'evacuazione del vapore acqueo, evita condensazioni nella massa dell'isolante; nel periodo estivo, invece, elimina il calore in eccesso, contribuendo al benessere termico degli ambienti. Una circolazione d'aria elevata, consente di evitare la barriera al vapore, che sarà in ogni caso prevista per ambienti che producono grande umidità, mentre è comunque necessario inserire una guaina impermeabilizzante sulla faccia superiore dell'isolante.

Un intervento di questo tipo comporta una modifica sostanziale dello spessore della copertura, ma è importante mantenere le quote di imposta e le forme della copertura esistente, rispettando in particolare le pendenze tradizionali.

CODICE C.P.1

CODICE PRE INTERVENTO: C.A.2



1. Manto di copertura in coppi
2. Guaina impermeabilizzante
3. Tavolato
4. Isolante e travetti
5. Schermo al vapore
6. Tavolato di finitura

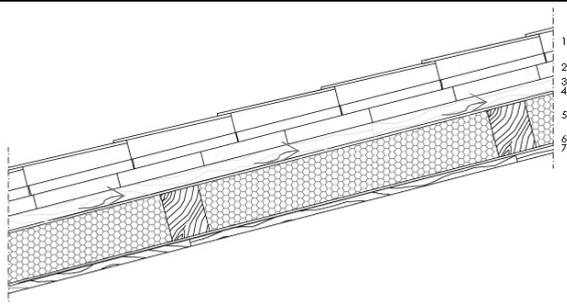
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Guaina impermeabilizzante	0,005	0,260	0,019
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Isolante	0,100	0,035	2,857
Schermo al vapore	0,005	0,230	0,022
Tavolato in legno	0,015	0,130	0,115
Superficie interna			0,100

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,384
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,155
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,020
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,30
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,30

Questo intervento, che inserisce l'isolante tra i travetti, permette di non modificare l'altezza esterna, né la struttura della copertura esistente, pur nascondendo alla vista dall'interno la struttura originaria. La stessa soluzione si potrà avere nel caso in cui la copertura esistente presenti le tavelle al posto del tavolato in legno, o nel caso in cui i travetti siano orditi in senso perpendicolare rispetto allo schema sopra riportato.

CODICE C.P.2

CODICE PRE INTERVENTO: C.A.4



1. Manto di copertura in coppi
2. Pianelle
3. Intercapedine ventilata e listelli
4. Guaina impermeabilizzante
5. Isolante
6. Schermo al vapore
7. Tavolato in legno

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Pianelle in laterizio	0,030	0,194	0,155
Intercapedine ventilata	0,030	0,188	0,160
Guaina impermeabilizzante	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,100	0,035	2,857
Schermo al vapore	0,005	0,230	0,022
Tavolato di finitura in legno	0,015	0,130	0,115
Superficie interna			0,100

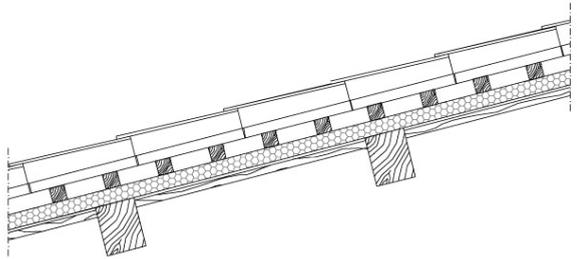
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,468
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,185
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,020
TRASMITANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,29
LIMITE DI TRASMITANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,30

Questa soluzione è adatta nel caso in cui la struttura esistente sia composta da listelli orditi nel senso della pendenza della falda. L'orditura dei listelli in questa direzione permette di creare un'intercapedine ventilata in cui l'aria, grazie ad aperture poste a livello della gronda e del colmo, circola per effetto camino.

Lo spazio tra i travetti è utilizzato per allocare l'isolante, come nel caso precedente. La stessa soluzione si potrà avere nel caso in cui, al posto delle tavelle, ci sia il tavolato in legno o i correntini.

CODICE C.P.3

CODICE PRE INTERVENTO: C.A.1



1. Manto di copertura in coppi
2. Correntini
3. Isolante e listelli
4. Schermo al vapore
5. Tavolato di finitura
6. Travetti

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Camera d'aria	0,030	0,188	0,160
Isolante	0,030	0,035	0,857
Schermo al vapore	0,005	0,230	0,022
Tavolato di finitura in legno	0,015	0,130	0,115
Superficie interna			0,100

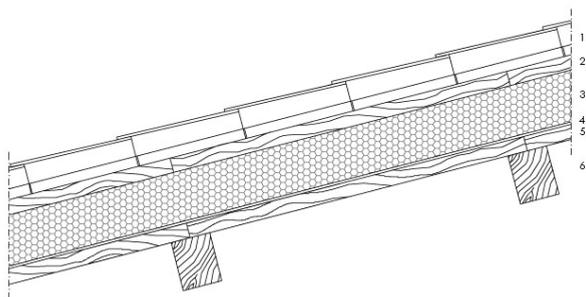
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	1,294
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,08
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,77
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,30

L'inserimento dell'isolante tra i listelli permette di lasciare in parte a vista i travetti. L'aspetto negativo, come nel caso precedente, è dato dal fatto che lo spessore esiguo dell'isolante, se non compensato da una conducibilità molto più bassa, comporta una trasmittanza termica più alta rispetto agli altri pacchetti. Questo fatto può essere in parte compensato dalla camera d'aria che si forma tra i correntini disposti perpendicolarmente ai listelli.

La micro-ventilazione del sottomanto, permette la creazione di condizioni di temperatura e umidità il più possibili uniformi tra estradosso e intradosso del manto.

CODICE C.P.4

CODICE PRE INTERVENTO: C.A.2



1. Manto di copertura in coppi
2. Tavolato
3. Isolante
4. Schermo al vapore
5. Tavolato
6. Travetti

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Isolante	0,100	0,035	2,857
Schermo al vapore	0,005	0,230	0,022
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Superficie interna			0,100

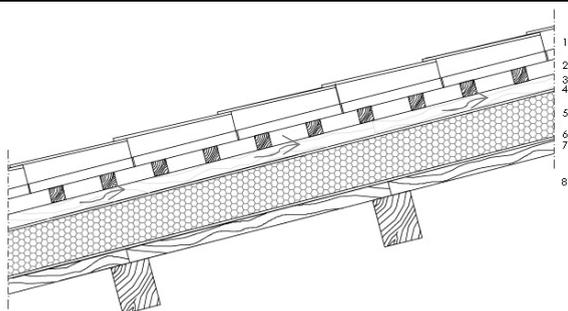
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,480
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,165
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,135
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,29
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,30

Questa soluzione prevede l'inserimento dell'isolante sopra la struttura lignea. Tale intervento prevede la temporanea rimozione del manto di copertura, allo scopo di inserire l'isolante che, se non già accoppiato ad un altro materiale con funzione resistente, deve essere rivestito nella parte superiore da un tavolato in legno.

La stessa soluzione si potrà avere nel caso in cui la copertura esistente sia composta da tavelle al posto del tavolato in legno, o nel caso in cui i travetti siano orditi in senso perpendicolare rispetto a quelli qui disegnati.

CODICE C.P.5

CODICE PRE INTERVENTO: C.A.1



1. Manto di copertura in coppi
2. Correntini
3. Intercapedine ventilata e listelli
4. Guaina impermeabilizzante
5. Isolante
6. Schermo al vapore
7. Tavolato
8. Travetti

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Camera d'aria	0,030	0,188	0,160
Intercapedine ventilata	0,030	0,188	0,160
Guaina impermeabilizzante	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,090	0,035	2,571
Barriera al vapore	0,005	0,230	0,022
Tavolato in legno	0,030	0,130	0,231
Superficie interna			0,100

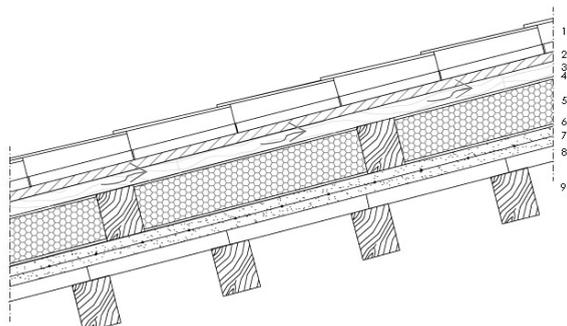
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,302
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,19
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,10
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,30
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,30

Questa soluzione prevede che siano rimossi tutti gli strati posti sopra le tavelle o il tavolato. L'intervento consiste nel porre sopra la struttura esistente rimasta, uno strato di isolante e dei listelli a supporto del manto di copertura, paralleli all'inclinazione della falda, che permettono di creare uno strato di ventilazione connesso all'esterno da bocchette protette da griglie.

Per sorreggere i listelli, è necessario che l'isolante abbia proprietà di resistenza strutturale, o che sia accoppiato ad un altro materiale dotato di questa proprietà o ancora che sia intervallato da listelli posti nella stessa direzione dei travetti.

CODICE C.P.6

QUALSIASI COPERTURA



1. Manto di copertura in coppi
2. Compensato
3. Intercapedine ventilata e listelli
4. Guaina impermeabilizzante
5. Isolante
6. Schermo al vapore
7. Massetto con rete elettrosaldata
8. Piastrelle
9. Travetti

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Pannello OSB	0,020	0,130	0,154
Intercapedine ventilata	0,030	0,188	0,160
Guaina impermeabilizzante	0,005	0,260	0,019
Isolante	0,090	0,035	2,571
Schermo al vapore	0,005	0,230	0,022
Massetto con rete elettrosaldata	0,040	0,700	0,057
Piastrelle in laterizio	0,040	0,194	0,155
Superficie interna			0,100

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,329
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,23
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,14
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,30
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,30

Tale intervento può essere realizzato nel caso in cui, per motivi legati alla precarietà dello stato di conservazione in cui versa o a crolli parziali o totali, la struttura e il manto di copertura debbano essere costruiti ex novo e non si possa quindi fare ricorso a interventi di riparazione o miglioramento. L'intervento consiste nella realizzazione di un pacchetto di copertura isolato e caratterizzato dalla presenza di una intercapedine ventilata, di spessore costante lungo tutta la falda. A sostegno dei coppi è stato posto uno strato di legno pressato.

3.1.4 Le murature

Le chiusure verticali opache che caratterizzano gli edifici rurali, possono essere composte da materiali e spessori differenti, come visto nel capitolo relativo all'analisi delle parti. Le soluzioni e gli schemi grafici sotto riportati, possono valere per tutte le tipologie di muratura individuate, con un'unica differenza, lo spessore dello strato, che varierà in funzione delle caratteristiche della muratura esistente.

La scelta tra i diversi interventi, avverrà essenzialmente in funzione di quali sono le parti da conservare, evitando, ad esempio, di applicare un cappotto termico laddove la tessitura muraria è sempre rimasta a vista.

Parete isolata all'esterno

L'isolamento dall'esterno della muratura esistente, richiede che sia possibile nascondere la tessitura muraria e che non vi siano caratteristiche tali da impedire l'aumento di spessore, come, ad esempio, uno sporto del tetto molto piccolo. La soluzione meno invasiva in assoluto, ma che offre anche le minori prestazioni in termini di trasmittanza, è quella in cui sulla facciata esterna della muratura è steso l'intonaco termoisolante.

Nel caso di isolamento a cappotto, invece, l'isolante applicato sulla parte esterna delle pareti, aumenta lo spessore di circa 8-10 cm. Con questa soluzione è possibile, oltre ad aumentare la trasmittanza delle pareti e diminuire le dispersioni di calore, correggere i ponti termici e ridurre gli effetti indotti sulle strutture dalle variazioni rapide e notevoli di temperatura esterna.

Il sistema Vêture, è una variante del sistema a cappotto, isola dall'esterno l'edificio attraverso componenti leggeri prefabbricati, costituiti da elementi isolanti e da uno strato di rivestimento realizzabile in vari materiali. Anche questo sistema permette di correggere i ponti termici, oltre a diminuire sensibilmente le dispersioni di calore verso l'esterno.

Parete isolata all'interno

La soluzione di porre l'isolante sulla faccia interna della muratura esistente, permette di lasciare inalterato l'aspetto dell'edificio dall'esterno, elemento non trascurabile quando si tratta di costruzioni storiche. In questo modo infatti è possibile non rinunciare ad isolare la struttura, anche nel caso in cui non sia possibile intervenire all'esterno, considerando però che le prestazioni non sono esattamente equivalenti.

Parete con isolamento e intercapedine d'aria

L'inserimento di un'intercapedine d'aria, permette di creare la parete ventilata, che consiste in un sistema di rivestimento posto all'esterno della muratura esistente. In particolare l'intercapedine d'aria è interposta tra l'isolante, posizionato in aderenza alla parete e un paramento esterno, collegato all'edificio mediante una sottostruttura. Tale intercapedine è connessa all'esterno tramite aperture praticate sia in basso che nella parte alta del rivestimento, che permettono di instaurare, per effetto camino, una ventilazione naturale.

Parete a verde verticale

Un caso particolare di parete ventilata, è quella in cui il rivestimento esterno è costituito da una griglia su cui è posto un rampicante. Tale soluzione può essere inserita nel caso in cui una parte della struttura, su cui non insistono aperture, sia stata, nel tempo, avvolta da un rampicante. La soluzione ovviamente prevede lo sostituzione della pianta esistente con la struttura sopradescritto, ma senza alterare profondamente la percezione di quella parte dell'edificio.

Parete doppia isolata nell'intercapedine

Si tratta di un caso particolare di isolamento, che può essere posto sia all'esterno che all'interno. Questa soluzione accoppia alla parete portante esistente un isolante e una controparete, che può essere solo di tamponamento o svolgere anch'essa una funzione portante. Non sempre realizzabile a causa del consistente aumento di spessore, nel caso degli edifici storici, è sicuramente preferibile nella versione all'interno. Da considerare che tale soluzione, così come, in generale, l'isolamento all'interno, è sconsigliabile in presenza di volte, perché un consistente aumento di spessore, nasconderebbe alla vista l'attacco della volta alla parete.

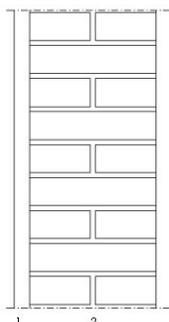
Parete doppia con isolamento e ventilazione nell'intercapedine

Evoluzione della parete doppia isolata nell'intercapedine, questo modello si distingue dal precedente per il posizionamento, tra l'isolante e la controparete di uno strato d'aria, collegato con l'esterno allo scopo di far circolare l'aria.

Tale intercapedine, che permette di ridurre lo spessore dell'isolante in quanto anche l'aria contribuisce ad isolare, oltre a ridurre il rischio di condensazione, protegge l'isolante da eventuali permanenze di acqua che vengono raccolte alla base della parete.

CODICE M.P.1

CODICE PRE INTERVENTO: M.A.4



1. Intonaco isolante
2. Muratura portante

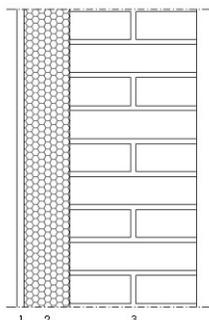
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Intonaco termoisolante	0,030	0,090	0,333
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Superficie interna			0,130

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	0,823
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,28
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,03
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	1,21
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,34

Questa soluzione consiste nell'applicare uno strato di intonaco continuo, con caratteristiche isolanti, sulla facciata esterna delle pareti, protetto da un rivestimento, con funzioni di finitura e antimeteoriche. Gli intonaci isolanti normalmente usati, sono miscele di composizioni differenti, ma sostanzialmente dotati di una componente isolante, di leganti idraulici e di speciali resine additivanti. Tale soluzione, sicuramente poco invasiva, può essere utile nel caso in cui sia impossibile aumentare lo spessore degli elementi verticali sia dalla parte interna che dall'esterno, per migliorare almeno in parte un problema non risolvibile altrimenti. Il limite è dato dal fatto che offre prestazioni sostanzialmente minori, rispetto all'inserimento di un isolante e/o di un'intercapedine ventilata.

CODICE M.P.2

CODICE PRE INTERVENTO: M.A.4



1. Rivestimento esterno
2. Isolante
3. Muratura portante

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Intonaco plastico per cappotto	0,015	0,900	0,017
Isolante	0,090	0,035	2,571
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Superficie interna			0,130

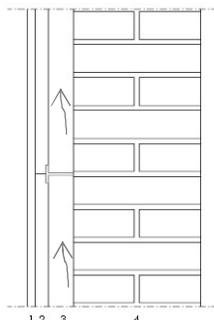
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,078
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,355
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,105
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,32
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,34

Nell'isolamento a cappotto, l'isolante è applicato in maniera continua sulla parte esterna delle pareti, interrompendosi solo in corrispondenza delle aperture, riuscendo così, oltre a diminuire le dispersioni, a correggere i ponti termici e ridurre gli effetti indotti sulle strutture dalle variazioni di temperatura esterna.

L'applicazione di un cappotto isolante, oltre a porre in condizioni termigrometriche più stabili l'edificio, permette di controllare la formazione di condensa e l'umidità interstiziale. Questo aspetto è molto importante in fabbricati storici costruiti in muratura, materiale altamente poroso e che quindi assorbe facilmente l'acqua se non adeguatamente protetto. Tale soluzione può prevedere, al posto dell'intonaco, un sistema di lastre di rivestimento in diversi materiali.

CODICE M.P.3

CODICE PRE INTERVENTO: M.A.4



1. Intonaco
2. Rivestimento esterno
3. Intercapedine ventilata
4. Muratura portante

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Intonaco	0,015	0,900	0,017
Lastre di rivestimento	0,025	0,200	0,125
Intercapedine ventilata	0,050	0,278	0,180
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Superficie interna			0,130

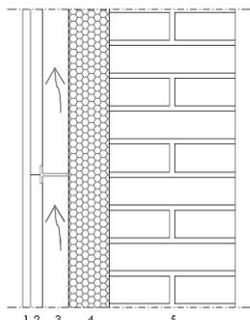
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	0,812
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,34
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,09
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	1,23
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,34

Il sistema a parete ventilata permette di ottenere in sostanza gli stessi vantaggi dell'intervento a cappotto, ad eccezione della coibentazione, ovvero correzione dei ponti termici, riduzione degli effetti indotti dalle alte temperature e dall'umidità sugli elementi portanti ed eliminazione del fenomeno di condensa.

L'aspetto negativo, come accennato, riguarda l'effetto nei confronti della dispersione di calore; il valore di trasmittanza infatti è maggiore rispetto al limite posto dalla normativa.

CODICE M.P.4

CODICE PRE INTERVENTO: M.A.4



1. Intonaco
2. Rivestimento esterno
3. Intercapedine ventilata con struttura di supporto al rivestimento
4. Isolante
5. Muratura portante

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Intonaco	0,015	0,900	0,017
Lastre di rivestimento	0,025	0,200	0,125
Intercapedine ventilata	0,050	0,278	0,180
Isolante	0,080	0,035	2,286
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Superficie interna			0,130

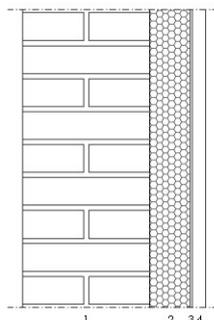
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,097
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,42
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,17
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,32
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,34

Unire all'isolamento a cappotto il sistema a parete ventilata, permette di amplificare i vantaggi, offrendo un efficace sistema di dispersione dell'umidità e del calore in estate.

Il movimento d'aria dall'interno dell'intercapedine, ottenuto con aperture nel rivestimento esterno, permette infatti di diminuire il degrado degli strati funzionali per umidità e per shock termico, evitare la formazione di condense interstiziali, costituire una barriera al calore radiante e diminuire la temperatura interna dell'elemento.

CODICE M.P.5

CODICE PRE INTERVENTO: M.A.4



1. Muratura portante
2. Isolante
3. Schermo al vapore
4. Rivestimento interno

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Isolante	0,080	0,035	2,286
Schermo al vapore	0,005	0,260	0,019
Cartongesso	0,025	0,210	0,119
Superficie interna			0,130

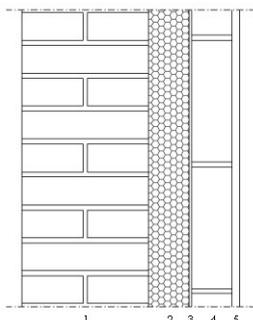
RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	2,914
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,360
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,105
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,34
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,34

L'intervento consiste nel porre l'isolante sulla faccia interna della muratura portante, rivestendolo con l'intonaco o con altri materiali. Il rischio di condensazione nella massa può essere risolto con il posizionamento di una barriera al vapore sul lato caldo dell'isolante, quindi il più possibile vicino alla faccia interna della parete, in corrispondenza degli ambienti a forte produzione di vapore acqueo.

Tale soluzione, rispetto ai modelli che isolano la parete dall'esterno, presenta lo svantaggio di non correggere efficacemente i ponti termici.

CODICE M.P.6

CODICE PRE INTERVENTO: M.A.4



1. Muratura portante
2. Isolante
3. Schermo al vapore
4. Controparete
5. Intonaco

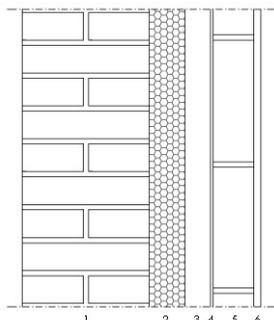
MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Isolante	0,080	0,035	2,286
Schermo al vapore	0,005	0,260	0,019
Laterizi forati	0,080	0,400	0,200
Intonaco	0,015	0,900	0,017
Superficie interna			0,130

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	3,012
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,43
AUMENTO DI SPESSORE	Δs (m)	0,18
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,33
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,34

La soluzione proposta, simile alle precedente, prevede che il ruolo di rivestimento interno sia svolto da una controparete in laterizi forati intonacata.

CODICE M.P.7

CODICE PRE INTERVENTO: M.A.4



1. Muratura portante
2. Isolante
3. Camera d'aria
4. Barriera al vapore
5. Controparete
6. Intonaco

MATERIALE	SPESSORE s (m)	CONDUCIBILITÀ TERMICA λ (W/m K)	RESISTENZA TERMICA R (m ² K/W)
Superficie esterna			0,040
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Isolante	0,070	0,035	2,000
Camera d'aria	0,050	0,278	0,180
Barriera al vapore	0,005	0,260	0,019
Laterizi forati	0,080	0,400	0,200
Intonaco	0,015	0,900	0,017
Mattoni pieni	0,250	0,781	0,320
Superficie interna			0,130

RESISTENZA TERMICA TOTALE	R (m ² K/W)	2,906
SPESSORE TOTALE	s (m)	0,47
AUMENTO DI SPESSORE	Δ s (m)	0,22
TRASMITTANZA DELL'ELEMENTO	U (W/m ² K)	0,34
LIMITE DI TRASMITTANZA DA NORMATIVA	U (W/m ² K)	0,34

L'intervento, tutto rivolto verso l'interno, prevede che tra l'isolante applicato alla muratura esistente e la controparete intonacata si crei una camera d'aria.

Tale soluzione, anche se piuttosto invasiva come spessore, permette di aumentare la coibentazione pur inserendo una quantità limitata di isolante e, al contempo, consente di alloggiare nello spazio ricavato gli impianti.

3.1.5 Gli infissi

Le partizioni verticali dell'involucro, comprendono anche gli elementi cosiddetti trasparenti, composti nella realtà da una componente opaca, l'infisso, e da una componente trasparente, il vetro.

Ad essi oggi non si chiede più solo di far entrare la luce negli ambienti, ma anche che filtrino i flussi luminosi incidenti e che isolino termicamente, controllando le dispersioni di calore.

Si tratta di requisiti che difficilmente possono essere soddisfatti dagli infissi preesistenti, anche per la frequente assenza di telai fissi che assicurino la tenuta agli agenti atmosferici e al calore.

In termini energetici, gli elementi trasparenti risultano essere la parte debole dell'involucro, essendo caratterizzati da una trasmittanza termica più alta rispetto alle componenti opache.

Negli edifici storici, e rurali in particolare, si trovano quasi sempre, se non sostituiti in tempi recenti, infissi in legno con vetri singoli, una criticità in termini di rendimento energetico globale. D'altro canto, come le murature perimetrali, le aperture rappresentano una caratteristica specifica dell'intero edificio, che bisognerebbe evitare di alterare.

La manutenzione degli infissi prevede la verifica periodica del loro stato, la loro pulitura e piccole riparazioni con eventuali sostituzioni parziali. Spesso però, questo intervento non è sufficiente, in un'ottica di riqualificazione energetica che miri a rendere confortevoli gli ambienti interni, senza comportare sprechi energetici. In questo senso, spesso, agire in modo importante sugli infissi è quasi indispensabile.

Come visto prima, le normative regionali, impongono agli edifici esistenti non storici, in fase di ristrutturazione, il raggiungimento di valori precisi di trasmittanza: U massima di 2,2 kWh/m² K per le chiusure trasparenti comprensive degli infissi e U massima di 1,7 kWh/m² K per la sola componente vetrata.

Le vetrate oggi in uso negli edifici di nuova costruzione, dette anche vetrate isolanti, sono solitamente doppie, e sono composte generalmente da due vetri, tra i quali si trova un'intercapedine riempita di aria disidratata o di gas, che permette di aumentare l'isolamento termico dell'elemento. E' possibile, in casi particolari, individuare vetrate isolanti in cui i vetri siano addirittura tre, con due intercapedini d'aria.

Nelle nuove superfici vetrate, si può agire anche sull'emissività del vetro, applicando sottili film metallici o materiali semiconduttori che modifichino la trasmittanza e i fattori di riflessione e di assorbimento.

La corretta scelta del vetro può contribuire a ridurre gli sprechi energetici e i costi di gestione, ma è importante che si tenga in considerazione la visione complessiva dell'edificio. I vetri assorbenti e i vetri riflettenti, ad esempio, pur consentendo un efficace controllo dell'irraggiamento solare, non si prestano ad essere inseriti in un edificio storico, in quanto caratterizzati da una colorazione che ben si distingue dai normali vetri.

Il vetro basso emissivo, non presenta invece rilevabili alterazioni cromatiche dall'esterno. Durante l'inverno permette di ridurre la dispersione termica, senza perdite significative di luce naturale, ma in estate deve essere associato ad un sistema di controllo solare, per evitare un calore eccessivo.

Per quanto riguarda il miglioramento delle prestazioni degli infissi, le opzioni che si prospettano sono essenzialmente due: integrare, migliorando, la struttura esistente, o sostituire l'intero infisso.

Inserimento di un doppio vetro nell'infisso preesistente

Ogni intervento di integrazione, in generale, deve tendere a mantenere gli infissi esistenti efficienti e riparare quelli che possono essere recuperati. L'integrazioni consiste nella rimozione di parti degradate e nella loro sostituzione con materiali e tecniche analoghe.

Nel caso in cui la dimensione e le caratteristiche costruttive dell'infisso lo consentano, è possibile ad esempio inserire lastre di vetro-camera al posto del vetro tradizionale, aumentando così le prestazioni in termini energetici. Gli infissi in legno degli edifici storici, e degli edifici rurali in particolare, sono stati costruiti per ospitare un vetro singolo, di circa 4 mm, quindi l'inserimento di circa 2 cm di vetrocamera non sempre è possibile.

Nell'intervento di integrazioni si possono anche sostituire i dispositivi di chiusura, con elementi simili, e migliorare, con l'inserimento di guarnizioni, la tenuta all'acqua e all'aria.

Accoppiamento all'interno di un altro infisso

Un elemento di integrazione più invasivo, ma che permette di non modificare l'aspetto complessivo dall'esterno, pur non rinunciando alle prestazioni di

isolamento richieste oggi, è quello di accoppiare un nuovo infisso a quello esistente. Ove possibile, questa soluzione, coniuga perfettamente il restauro e la riqualificazione energetica, ma non si tratta di un'operazione sempre eseguibile, in quanto è necessario che all'interno dell'ambiente vi sia lo spazio per inserire un nuovo infisso, senza impedire l'apertura di quello esterno.

La soluzione a questo problema, viene proprio dalla forma della aperture degli edifici storici, caratterizzate spesso da strombature dei muri in corrispondenza delle aperture. Questa conformazione permette di posizionare verso l'interno dell'ambiente un altro infisso che, essendo più ampio per l'effettiva maggiore distanza tra i muri, permette, una volta aperto, di aprire anche quello esterno.

Sostituzione dell'infisso

L'inserimento di un nuovo infisso, deve essere la soluzione estrema, nel caso di infissi deteriorati a tal punto da essere irrecuperabili, ove non sia possibile attuare le soluzioni precedenti o laddove non vi fosse un infisso preesistente, oggi necessario. E' importante utilizzare i materiali tradizionalmente impiegati e rispettare le forme e le dimensioni degli infissi esistenti, per non alterare l'aspetto esterno del complesso, facendo attenzione a non cadere nell'imitazione dell'esistente.

In questo senso è possibile rispettare il principio della riconoscibilità, senza stravolgere l'estetica, optando, ad esempio, per il mantenimento delle forme originali, ma con linee più geometriche ed essenziali, tipiche del nostro tempo.

In particolare non deve essere modificato il tradizionale rapporto tra pieni e vuoti, mantenendo l'attuale posizione degli infissi rispetto al filo esterno delle pareti. L'impiego di materiali tradizionali, non comporta rinunce sostanziali dal punto di vista delle prestazioni: gli infissi in legno, con soluzioni a taglio termico, garantiscono un'adeguata coibenza, così come un vetro non riflettente, che sia però, ad esempio, basso emissivo.

3.2. L'UTILIZZO DI FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

Negli edifici, l'involucro, anche se caratterizzato da bassissime dispersioni di energia termica, deve essere accoppiato all'impiantistica, indispensabile per garantire illuminazione, riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

Una volta ridotto il fabbisogno, è importante che la quota di energia ineliminabile, necessaria per vivere o lavorare, sia prodotta da fonti energetiche rinnovabili.

Con l'espressione "energie rinnovabili", si intendono tutte quelle forme di energia che non pregiudicano le risorse naturali, che non hanno un'origine fossile e che per loro natura si rigenerano e non sono esauribili. Tra queste possiamo citare quella prodotta dal vento (eolica), dalla radiazione solare (solare termico), dalla luce (fotovoltaico), dall'acqua (idroelettrica), dal terreno (geotermia), dalle biomasse, dal moto ondoso e dalle correnti marine.

Per tecnologie efficienti si intendono quei sistemi attivi che contribuiscono al risparmio energetico, pur utilizzando a loro volta energia. Il punto chiave di tali soluzioni, si trova nell'efficienza, ovvero nell'ottimizzazione dell'energia impiegata.

Si tratta di impianti di diverso genere, come, ad esempio, la ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore e le caldaie a condensazione.

I concetti di tecnologie efficienti negli usi finali e di produzione di energia da fonti rinnovabili, sono strettamente connessi. L'integrazione di questi due sistemi, ove possibile, permette di ottenere un risparmio sostanziale, non solo a livello economico, ma soprattutto dal punto di vista ambientale.

Attualmente, il D.P.R. 59/2009 ed il D. Lgs. 311/2006, che, come visto, sono frutto del recepimento della Direttiva 2002/91/CE, impongono, nei casi di nuove costruzioni e di ristrutturazioni rilevanti, la verifica dei limiti imposti al fabbisogno di energia primaria. Questo parametro dipende, oltre che dalle caratteristiche dell'involucro e dalla ventilazione, anche dall'efficienza del sistema impiantistico, rappresentata dal rendimento globale medio stagionale. Dal 31 maggio 2012 inoltre, sono entrati in vigore gli obblighi relativi alla copertura di una percentuale importante del fabbisogno termico totale di un edificio, mediante energia prodotta da fonti rinnovabili; il fabbisogno termico totale considera il riscaldamento, la produzione di acqua calda sanitaria e il raffrescamento.

Sistemi di generazione efficienti che utilizzano fonti non rinnovabili

Tra le tecnologie più efficienti per la produzione di calore e di acqua calda sanitaria, che utilizzano fonti non rinnovabili, ci sono le caldaie a condensazione, in cui la generazione di energia termica avviene attraverso la combustione.

Rispetto alle caldaie tradizionali, la caldaia a condensazione condensa i fumi della combustione, trasformandoli in altra energia da utilizzare, aumentando così la sua efficienza. L'aspetto negativo di tali soluzioni è l'utilizzo di fonti non rinnovabili che contribuiscono ad aggravare i problemi ambientali.

Per quanto riguarda l'inserimento in edifici storici, è da considerare che tale sistema di generazione, non richiede accorgimenti differenti dalle caldaie tradizionali ed è adatto ad impianti di riscaldamento che lavorano sia a bassa che ad alta temperatura, anche se nel primo caso il livello di efficienza è maggiore.

Sistemi a biomasse

Le caldaie che utilizzano fonti rinnovabili, come legna o biomasse, hanno l'indubbio vantaggio di utilizzare fonti presenti in natura.

Per l'inserimento in edifici storici è necessario considerare che l'installazione di un sistema di riscaldamento a biomasse richiede uno spazio più ampio rispetto alle caldaie tradizionali, soprattutto per lo stoccaggio del materiale combustibile. Il locale caldaia deve essere spazioso e ventilato e dovrebbe poter accogliere anche l'accumulatore termico, il serbatoio per l'acqua calda sanitaria, l'impiantistica elettrica e idraulica.

Sistemi a pompa di calore

Il sistema a pompa di calore permette di ricavare l'energia termica necessaria per la produzione di calore, destinato al riscaldamento degli ambienti e alla produzione di acqua calda sanitaria, prelevandola da una sorgente naturale, come l'aria esterna, il terreno, un lago o la falda acquifera.

L'energia elettrica impiegata serve per ottenere l'effetto opposto a quello che avviene in natura, dove il calore passa naturalmente da un corpo che si trova ad una certa temperatura ad un corpo caratterizzato da una temperatura più bassa. Le pompe di calore disponibili sul mercato si differenziano principalmente per il tipo di sorgente da cui assorbono calore, aria, acqua o terreno, e per quello a cui cedono calore, aria o acqua.

I principali aspetti da prendere in considerazione, sono legati alle caratteristiche dell'ambiente esterno, ovvero le condizioni climatiche, le caratteristiche del terreno e la presenza di falde facilmente raggiungibili, alle norme vigenti e alle caratteristiche dell'impianto da alimentare e dell'edificio da riscaldare.

Le pompe di calore che utilizzano l'acqua di falda, sfruttano la proprietà della stessa di avere una temperatura pressoché costante nell'arco dell'anno. Questo succede anche nel terreno, soprattutto all'aumentare della profondità. In entrambi i casi il rischio è, a lungo andare, di modificare la temperatura del terreno o della falda che si utilizza. Ciò non accade, invece, con pompe di calore che utilizzano l'aria, per le quali però è importante considerare che l'efficienza varia al variare della temperatura.

Generalmente, le pompe di calore oggi disponibili per il riscaldamento degli ambienti domestici consentono anche la produzione dell'acqua calda sanitaria e spesso sono integrabili con un impianto solare termico, che permette lo sfruttamento dell'energia solare. Le prestazioni della pompa di calore aumentano col diminuire della differenza di temperatura fra la sorgente fredda e il fluido caldo, risultando quindi migliori negli impianti a bassa temperatura.

L'aspetto negativo, in termini di inserimento negli edifici storici, riguarda essenzialmente le pompe di calore che traggono energia dalla falda e dal terreno, in quanto necessitano di uno spazio esterno per posizionare l'impianto.

Sistemi solari termici e sistemi solari fotovoltaici

La tecnologia solare termica, in generale, è quella che permette lo sfruttamento della radiazione solare per produrre energia attraverso il riscaldamento di un fluido. Il componente principale di un sistema termico è il collettore solare, una piastra captante che assorbe energia solare e la converte in calore che passerà al resto dell'impianto per scaldare l'acqua sanitaria o produrre energia elettrica.

In entrambi i sistemi, la radiazione effettivamente disponibile dipenderà dall'inclinazione e dall'orientamento del collettore solare. Nei mesi invernali, quando il sole è più basso all'orizzonte, una superficie abbastanza inclinata riceverà più radiazione di una superficie posta orizzontalmente o poco inclinata, mentre d'estate una superficie poco inclinata riceverà una quantità di energia maggiore rispetto ad una orizzontale.

L'impianto solare fotovoltaico è utile anche laddove non sia possibile realizzare un allacciamento alla linea di distribuzione per il fabbisogno di energia elettrica.

Un aspetto negativo dell'energia proveniente dal sole, benché pulita e gratuita e disponibile in abbondanza, è il fatto di essere in funzione del momento del giorno, della stagione, della nuvolosità, e dell'angolo di incidenza.

Il problema relativo all'inserimento di tale impianto negli edifici storici, riguarda essenzialmente l'invasività estetica dei collettori solari. Se infatti il posizionamento sul tetto causa un deturpamento dell'insieme, e talvolta è vietato dalla normativa, si può pensare di mitigarne l'impatto installandoli a terra, anche non immediatamente adiacenti alla costruzione. Ciò necessita, come visto per le pompe di calore che utilizzano l'acqua di falda o il terreno, di uno spazio a terra sufficientemente grande per ospitarli.

Sistemi di climatizzazione assistiti dal solare

Questo sistema di raffrescamento solare, detto *solar cooling*, permette di raffrescare utilizzando la tecnologia del solare termico. I pannelli assorbono la radiazione solare e trasferiscono il calore al fluido termovettore, sia esso acqua o aria, che quindi passa attraverso una macchina frigorifera che, azionata dall'energia termica contenuta nel fluido termovettore, permette di raffrescarlo. Da qui raggiunge gli ambienti. Tale sistema, ancora non molto diffuso per singoli edifici ma valido in caso di grandi complessi, permette di utilizzare l'energia solare nel modo e nel momento in cui è richiesto: il raffrescamento estivo.

Per quanto riguarda l'inserimento negli edifici storici, le considerazioni da farsi sono equivalenti a quelle esposte per i sistemi solari termici e fotovoltaici: la localizzazione dei pannelli sul tetto è esteticamente molto impattante e spesso vietata; anche qui sarà necessario prevedere, per quanto possibile, la delocalizzazione a terra, in un'eventuale area di pertinenza.

3.3. L'INSERIMENTO DEGLI IMPIANTI

Le valutazioni relative all'inserimento degli impianti negli edifici storici, devono essere fatte contestualmente alla redazione del progetto di restauro.

L'inserimento di nuovi impianti, per il raggiungimento di standard prestazionali, adeguati alle odierne esigenze e agli attuali requisiti normativi, rappresenta un aspetto rilevante del progetto di riuso.

Tale inserimento infatti, non può essere valutato a posteriori, senza richiedere modifiche sostanziali in fase di realizzazione. Questi interventi infatti, incidendo sulla struttura, e di conseguenza sul progetto di consolidamento, devono seguire le scelte che governano l'intero progetto di restauro, come integrazione, autenticità e minimo intervento.

In primo luogo è importante capire quale tipologia di inserimento si voglia adottare, se sotto traccia o a vista. Gli impianti sotto traccia richiedono la verifica, in fase di progetto, di molte questioni, come ad esempio la stabilità e le altezze effettive, mentre i secondi implicano la valutazione dell'impatto e l'attribuzione di una valenza architettonica.



Fig. 1 impianto inserito sotto traccia



Fig. 2 terminali a vista con valenza architettonica

E' necessario quindi, in ogni caso, considerare preventivamente la compatibilità dell'intervento con la conservazione degli elementi di pregio, che possono essere murature, intonaci, pavimentazioni o altro.

Per affrontare correttamente il problema specifico della dotazione impiantistica negli edifici storici, è innanzitutto importante evitare interventi troppo invasivi, sia dal punto di vista strutturale, che da quello estetico, per non deturpare l'immagine complessiva.

In questo senso è utile riuscire a sfruttare, per quanto possibile, spazi già esistenti come vani tecnici, quali il sottotetto, l'interrato, le canne fumarie esistenti, i cavedi e le nicchie.



Fig. 3 cavedio preesistente sfruttabile come vano tecnico per il passaggio degli impianti



Fig. 4 canalizzazioni molto invasive lasciate a vista, senza alcuna valenza architettonica

Il punto chiave è puntare alla mediazione tra le problematiche del restauro e le esigenze impiantistiche, mirando all'integrazione delle parti.

Da un lato, il restauro impone la tutela e la salvaguardia delle caratteristiche specifiche dell'edificio e la conservazione delle parti interne più pregevoli, minimizzando l'impatto degli impianti e riutilizzando, ove possibile, componenti o apparecchiature esistenti. Dall'altro lato, è necessario che impianti e volumi tecnici siano adeguati per forma e dimensioni alle esigenze, che rispettino le normative e che soddisfino i requisiti funzionali.

Ne deriva che l'attenta analisi delle condizioni preesistenti e delle soluzioni tecnologiche possibili, porterà sicuramente al migliore risultato per il caso specifico.

E' importante, inoltre, valutare quale sia lo stato di fatto a livello di impianti, ovvero se sono assenti, e quindi gli interventi saranno necessariamente di una certa invasività, oppure se ci sono e in che stato si trovano, distinguendo se è possibile riutilizzarli, anche solo in parte, o se bisogna sostituirli, magari sfruttando gli spazi in cui erano alloggiati.

Nel caso specifico degli edifici rurali, l'adeguamento impiantistico si presenta complesso, in quanto, nella maggior parte dei casi, tali edifici sono quasi privi di dotazione impiantistica che, ove presente, è comunque spesso molto lontana dalle esigenze attuali.

In caso di riuso, quindi, l'operazione di adeguamento impiantistico è imprescindibile, per garantire un accettabile grado di comfort ai fruitori.

E' importante sottolineare che si potrà avere un differente livello di adeguamento impiantistico, a seconda che tali edifici siano utilizzati in modo continuativo, oppure in maniera occasionale, ad esempio solo nella stagione estiva.

Le scelte impiantistiche dovrebbero quindi essere calibrate in funzione delle reali necessità da soddisfare, minimamente invasive e compatibili con la conservazione delle caratteristiche degli edifici rurali.

In questa sede si approfondisce il tema più strettamente connesso alla riqualificazione energetica, ovvero quello degli impianti di climatizzazione.

E' importante innanzitutto valutare, sulla base dell'utilizzo che se ne andrà a fare, quale sia l'effettiva necessità. Nel caso in cui si preveda un utilizzo saltuario, solo nella stagione calda, non sarà necessario un impianto di riscaldamento, e probabilmente nemmeno uno di raffrescamento, riuscendo ad agire solo a livello di fabbisogno sui muri; invece, nel caso in cui si preveda di utilizzarlo in modo stabile e continuativo, l'intervento sarà inevitabilmente più complesso.

3.3.1. L'impianto di riscaldamento

Per quanto riguarda l'impianto di riscaldamento, è possibile optare per sistemi tradizionali puntuali, quali stufe e camini, oppure per un sistema moderno di riscaldamento diffuso, ad aria o ad acqua.

In entrambi i casi sarà necessario valutare attentamente il posizionamento delle canne fumarie. Considerando che, far passare la canna fumaria all'interno della muratura, se non dotata di una nicchia o un cavedio, è fortemente invasivo e rischia di compromettere la stabilità della struttura, la soluzione migliore è quella di posizionarla contro la muratura esistente.

Nel caso in cui sia inserita all'interno, sarà necessario bucare i solai intermedi e la copertura, mentre il caso del posizionamento all'esterno, è notoriamente più complesso per l'impatto visivo causato dalla nuova struttura.

In entrambi i casi è necessario realizzare un'opportuna coibentazione della canna fumaria, soprattutto nella versione esterna, dal momento che rischia di disperdere quantità significative di calore.

Nel caso si opti per la tipologia di riscaldamento diffuso, è importante valutare gli spazi necessari al passaggio delle apposite tubature. Nel caso di impianto ad aria,

come è noto, le canalizzazioni richiedono spazi maggiori rispetto agli impianti ad acqua anche se, in quest'ultimo caso, è importante considerare che i tubi, benché in origine siano di pochi cm, diventano più grandi a causa dello strato di isolamento in cui vengono avvolti per evitare che disperdano il calore ancora prima di arrivare al terminale.

Impianti ad aria

Nel caso in cui si scelga di riscaldare con un impianto ad aria, è possibile agire in diversi modi. Soprattutto in presenza di ambienti interni di dimensioni ridotte, le necessità di riscaldamento possono essere adeguatamente soddisfatte utilizzando sistemi tradizionali come camini e stufe. Questi, che hanno la necessità, come gli altri impianti, di essere dotati di una canna fumaria per l'esalazione dei fumi, come combustibile utilizzano materiali vegetali disponibili in loco e sono caratterizzati da una buona velocità di riscaldamento degli ambienti. Dal punto di vista dell'inserimento, si tratta di impianti poco invasivi, in quanto molto spesso già presenti negli edifici rurali.

In alternativa alle versioni tradizionali, possono essere messi in opera anche stufe e caminetti di nuova generazione, ad alto rendimento, che utilizzano i pellets come materiale da combustione.

Entrambi questi sistemi possono essere usati anche come generatori di calore, mettendo in atto un sistema di canalizzazioni che trasporti l'aria in tutti gli ambienti. Volendo quindi attuare un sistema di questo tipo, in considerazione del fatto che l'aria necessita di maggiori spessori rispetto all'acqua, è necessario individuare i vani adatti per i condotti, che difficilmente potranno essere lasciati a vista. In questo senso potrebbe essere utile sfruttare il piano interrato o il sottotetto per far passare le canalizzazioni, aprendo poi delle griglie nel pavimento o nel soffitto, attraverso le quali sia possibile riscaldare l'ambiente. In alternativa, nel caso di spazi dotati di grandi altezze sarà possibile far passare le stesse canalizzazioni nel controsoffitto.

Impianti ad acqua

Gli impianti ad acqua possono essere a convezione o radianti. I terminali degli impianti a convezione, radiatori o ventilconvettori, sono lasciati a vista e necessitano quindi, per essere inseriti in edifici di pregio, di essere curati dal punto di vista estetico.

Nel caso in cui un impianto di questo tipo sia già presente, può essere possibile, intervenendo sui terminali, risolvere i problemi di malfunzionamento legati ad una scadente equilibratura dell'impianto o a un errato dimensionamento dei terminali stessi. In questo modo è possibile evitare interventi più pesanti.

In questa tipologia di impianto, i tubi che connettono i terminali possono essere fatti passare a pavimento, nella muratura, oppure in canalette esterne.

Mentre per inserire le tubazioni sottotraccia è necessario che sia possibile rompere parte del pavimento o della muratura, le rotture che si renderanno necessarie per le canalette esterne, saranno per lo più in corrispondenza della muratura immediatamente adiacente alle porte.



Fig. 5 radiatore nascosto alla vista



Fig. 6 ventilconvettore integrato nell'ambiente

Gli impianti radianti possono essere a parete, a soffitto, a pavimento o a battiscopa. Lavorando a bassa temperatura richiedono minore energia per il riscaldamento dell'acqua necessaria al loro funzionamento.

La differenza fondamentale, è data dal diverso grado di invasività: gli impianti radianti a pavimento, così come quelli a parete o a soffitto, richiedono il completo sacrificio di tutta la superficie interessata dall'intervento, con le prevedibili conseguenze nel caso si tratti di una superficie di pregio. L'impianto a battiscopa invece, meno invasivo, si compone di un battiscopa di circa 10-15 cm che corre lungo tutte le pareti e richiede interventi nella muratura solo in corrispondenza delle porte. Tale soluzione è adatta ad un intervento di restauro in quanto di facile installazione: non si devono rompere né muri né pavimenti. L'aspetto negativo da considerare è che non è possibile mettere oggetti di arredamento contro il battiscopa, perché la maggior parte dell'energia andrebbe sprecata per scaldare l'oggetto invece dell'ambiente.

L'impianto radiante a pavimento richiede al contrario consistenti interventi per poter essere inserito, ma è perfetto nel caso in cui sia già previsto un intervento a livello dei solai, non sia necessario conservare la pavimentazione esistente e ci siano le altezze necessarie per il suo inserimento.

3.3.2. L'impianto di raffrescamento

Per quanto riguarda gli edifici storici, l'inserimento di impianti di raffrescamento non è così frequente, soprattutto per le spesse murature che li caratterizzano, solitamente adatte a contrastare la calura estiva.

Ove però non si riesca a soddisfare le esigenze e a raggiungere la sensazione di benessere con i sistemi passivi, soprattutto a causa dell'aumentare progressivo delle temperature massime, è necessario inserire sistemi impiantistici.

Le strategie migliori da mettere in atto sono essenzialmente due: l'utilizzo dell'impianto di riscaldamento anche per il raffrescamento, ove possibile, in modo da ottimizzare la costruzione dell'impianto, oppure la messa in atto di cosiddetti sistemi ibridi, che combinano alla soluzione passiva un sistema impiantistico in modo da amplificarne i benefici.

Sistemi ibridi

Il sistema di raffrescamento geotermico ad accoppiamento indiretto, sfrutta l'aria fresca degli ambienti ipogei o semi ipogei, utilizzando uno scambiatore di calore che trasferisca all'aria o all'acqua tale "frescura", in modo da convogliarla, tramite canalizzazioni, negli altri ambienti. Tale sistema richiede in sostanza che siano presenti uno o più ambienti interrati e si possano allocare le necessarie canalizzazioni.

Il raffrescamento evaporativo si basa sull'utilizzo dell'acqua per diminuire la temperatura dell'aria. Esso sfrutta il principio per cui l'acqua, a contatto con aria calda, sottrae a quest'ultima il calore necessario per la sua evaporazione. Il raffrescamento evaporativo ibrido può essere a raffreddamento diretto o indiretto. Nel primo caso l'aria raffreddata e umidificata nel passaggio attraverso l'evaporatore entra direttamente nell'ambiente, mentre nella seconda l'aria che entra nell'evaporatore sottrae calore, attraverso uno scambiatore, all'aria che entra nell'ambiente. Nel primo caso il sistema è molto semplice, ma richiede un controllo dell'umidità, mentre nel secondo caso i circuiti sono separati dallo

scambiatore di calore, quindi l'aria umida, di fatto, serve solo per sottrarre calore all'aria asciutta che entra nell'ambiente.

Infine c'è il sistema di raffrescamento radiativo indiretto, che sfrutta il tetto per la riemissione notturna del calore accumulato. Tale sistema è definito ibrido se il calore può essere trasportato da un fluido termovettore, aria o acqua, e riemesso tramite pannelli radianti posti sul tetto. Tali pannelli sottraggono calore al fluido che passa sotto di essi, per poi cederlo al cielo notturno. In questo modo il fluido si raffredda e viene trasportato agli ambienti da raffreddare, ai quali accede in modo diretto oppure attraverso un sistema radiativo, come i sistemi a pavimento o ancora attraverso un classico sistema di condizionamento. Tale sistema però è ancora poco diffuso in quanto non idoneo ad essere applicato in zone ad elevato tasso di umidità.

3.3.3. L'impianto di ventilazione

I sistemi di ventilazione possono essere utilizzati essenzialmente per abbassare la temperatura interna nei periodi estivi o per estrarre l'aria viziata ed immetterne altra pulita. Tali sistemi possono essere attivi oppure ibridi, ovvero una combinazione di elementi dei sistemi passivi e di impianti. In questo senso la ventilazione meccanica controllata (VMC) è un sistema attivo, mentre il sistema ibrido combina la ventilazione naturale controllata (VNC) con movimentazioni meccaniche dell'aria.

Ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore

Si tratta di un sistema che estrae l'aria viziata immettendone altra pulita e già riscaldata, attraverso il recupero del calore dall'aria espulsa. Questo sistema permette di trasferire il calore senza mescolare i flussi, azzerando il consumo di energia sia estivo che invernale per il rinnovo dell'aria degli ambienti.

Il sistema di ventilazione meccanica controllata è inoltre in grado di controllare il rinnovo dell'aria ambiente in modo continuo e programmato, mantenendo sempre elevato il livello di qualità dell'aria nei locali abitati. Ogni locale è dotato di griglia o bocchetta di mandata mentre l'estrazione dell'aria è effettuata per la massima parte dai locali ad aria più inquinata, bagni e cucine, impedendo quindi la diffusione di aria inquinata da tali locali verso gli ambienti puliti.

Tale sistema può essere attuato in un edificio storico, qualora si inserisca una destinazione d'uso in cui la ventilazione naturale, tramite l'apertura delle finestre sarebbe difficoltosa e non garantita. Per l'inserimento richiede sostanzialmente il posizionamento dello scambiatore di calore e delle canalizzazioni dell'aria che, ove possibile, possono sfruttare per gran parte il sottotetto se non utilizzato.

Ventilazione ibrida

La ventilazione ibrida è di fatto una combinazione di sistemi passivi e impianti. Essa può essere caratterizzata da immissione naturale dell'aria, sfruttando il vento, ed estrazione tramite impiantistica, oppure immissione meccanica dell'aria ed estrazione naturale, per effetto del gradiente termico attraverso flussi ascendenti (effetto camino) o flussi discendenti (a caduta d'aria).

Nel caso di raffrescamenti ventilativi geotermici, ovvero caratterizzati da aria che circola in condutture interrato per raffrescarsi prima di entrare negli ambienti, la componente meccanica è data dal ventilatore posto all'interno di tali condutture allo scopo di permettere il movimento dell'aria.

3.4. LA VALORIZZAZIONE DEGLI ASPETTI BIOCLIMATICI

Risulta utile, volendo riutilizzare un edificio rurale, indagarne gli accorgimenti per la climatizzazione passiva, ereditati dalla tradizione costruttiva.

La valutazione delle caratteristiche bioclimatiche di un edificio, inizia con l'analisi del contesto e della sua posizione rispetto all'intorno.

Per la verifica del comportamento dell'edificio rispetto all'ambiente e al clima circostanti, hanno particolare rilevanza fattori quali l'orientamento del lotto e del fabbricato, la radiazione solare incidente, la variazione di temperatura esterna stagionale e diurna, la valutazione del livello di umidità relativa, la direzione prevalente dei venti e la quantità delle precipitazioni.

L'orientamento non è modificabile e in esso il fattore determinante è la radiazione solare, sia nei periodi freddi, in cui l'edificio dovrebbe essere esposto al sole, che nei periodi caldi, quando la struttura dovrebbe essere in ombra.

I movimenti dell'aria possono essere suddivisi in venti e brezze, a seconda della loro desiderabilità. I venti dei mesi freddi dovrebbero essere intercettati, mentre le brezze rinfrescanti dovrebbero essere sfruttate nei periodi surriscaldati.

In Emilia Romagna la tradizione costruttiva prediligeva pareti esterne con elevati spessori e una buona massa muraria, che servivano a riparare dal caldo e dal freddo, oltre a garantire la durabilità e la protezione dagli agenti atmosferici esterni. La riduzione del numero e della dimensione delle finestre, le altezze dei vani, i sistemi di schermatura variabili e regolabili manualmente, la realizzazione di vani sottotetto e di vani seminterrati come locali di servizio, erano tutte strategie messe in atto per difendersi dalle condizioni atmosferiche sfavorevoli.

Queste caratteristiche costruttive e distributive, che consentivano di mitigare le condizioni climatiche esterne in cui l'edificio si inseriva comportandosi come una struttura conservativa, hanno assunto nel tempo valenza prettamente architettonica, a scapito del reale significato.

La porta morta, posta tra l'abitazione e la stalla, ad esempio, oltre a servire come spazio protetto di lavoro e a salvaguardare l'abitazione in caso di incendio, contribuiva a creare un luogo ventilato utile durante la stagione estiva.

Allo stesso modo le aperture, più piccole sul lato nord e più ampie su quello sud, erano disposte in modo da proteggere l'edificio dai venti freddi invernali e lasciare penetrare meglio i raggi solari, così come la cantina e la scala erano poste sul lato

nord per fungere da zone intermedie tra il freddo esterno e gli ambienti maggiormente abitati che invece si affacciavano verso est e sud.

Portici e strutture, che venivano utilizzate per il ricovero degli attrezzi, servivano anche per schermare la radiazione solare in estate, lasciando penetrare quella invernale, dotata di un'inclinazione minore sull'orizzonte.

L'approfondimento degli aspetti bioclimatici può incrementare il livello di sostenibilità raggiunto con gli interventi o, in alternativa, può essere un efficace strumento per ottenere prestazioni che, a causa delle restrizioni date dalla conservazione delle caratteristiche di pregio, sarebbero irraggiungibili.

Il tema degli aspetti bioclimatici risulta legato a quello delle fonti energetiche rinnovabili. Un esempio è dato dalla radiazione solare incidente che può essere sfruttata sia attraverso sistemi attivi, come i pannelli solari termici e fotovoltaici spiegati nel paragrafo precedente, che attraverso i sistemi passivi, come il guadagno solare diretto durante il periodo invernale.

Una delle più rilevanti strategie bioclimatiche, utile sia in periodo invernale che estivo, è l'isolamento delle partizioni d'involucro, che permette di ottenere, oltre a maggiori prestazioni nei confronti delle dispersioni di calore, anche un aumento dell'inerzia termica e della capacità termica, utili ad aumentare il periodo di sfasamento tra il momento in cui la partizione accumula il calore e quando esso viene trasmesso agli ambienti interni. Tali soluzioni, essendo già state ampiamente spiegate nel primo paragrafo di questo capitolo, non vengono qui riprese.

Vediamo ora, più specificatamente, le soluzioni bioclimatiche attuabili negli edifici storici.

Riscaldamento per guadagno solare diretto

Tale sistema richiede la presenza di superfici vetrate esposte a sud, attraverso le quali la radiazione solare possa passare per riscaldare direttamente gli ambienti. Gli elementi base di un sistema a guadagno diretto sono un'ampia superficie vetrata esposta a sud, in comunicazione diretta con l'ambiente da riscaldare, una buona massa termica esposta alla radiazione tra pavimento, soffitto, murature e l'isolamento delle partizioni per limitare le dispersioni. In questo senso sono utili sistemi vetrate basso emissive per le parti vetrate, che devono inoltre essere provviste di oscuranti adeguati atti ad evitare dispersioni durante la notte e surriscaldamenti eccessivi in fase estiva.

Riscaldamento per accumulo e convezione

Ove sia possibile integrare alla struttura esistente una parte nuova, senza snaturarne l'integrità, si può mettere in atto il sistema di riscaldamento tramite serra solare, uno spazio chiuso e vetrato, posizionato sul lato sud dell'edificio.

La serra solare basa il suo funzionamento sulla variazione del coefficiente di trasmissione del vetro, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione incidente. In particolare si ha elevata permeabilità alla radiazione solare e bassa trasparenza alla radiazione riemessa dagli oggetti presenti all'interno della serra, in modo che l'energia radiante che accompagna la radiazione solare resti intrappolata all'interno della serra.

L'accumulo di calore avviene nel muro sul lato nord, nel solaio e negli eventuali muri laterali e il passaggio di tale calore agli ambienti da riscaldare si ottiene praticando delle aperture in alto e in basso nella muratura, in modo da creare un circuito convettivo naturale.

La serra solare, che funge anche da spazio tampone tra l'esterno e gli ambienti interni, riducendone le dispersioni, deve essere dotato di sistemi di schematura mobili per evitare surriscaldamenti estivi eccessivi e dispersioni notturne. In linea di massima, in clima temperato, ci vorrebbero 0,3 - 0,9 mq di vetrata ogni mq di pavimento.

Dove l'integrazione di un nuovo elemento sia possibile, ma con una struttura di più modeste dimensioni, è possibile creare la parete ventilante, o parete di Trombe. Tale soluzione si compone di un'intercapedine d'aria, di circa 15 cm, interposta tra la muratura esistente e una superficie vetrata posizionata all'esterno della muratura. Le aperture praticate sia nella muratura esistente che nel vetro, permettono la circolazione dell'aria; in questo modo la chiusura partecipa attivamente al ricambio dell'aria interna.

Il funzionamento di questo sistema si basa sull'effetto serra: ottenuto dall'elemento captante (vetro) e dall'elemento di assorbimento (muro). La radiazione solare viene assorbita durante il giorno dal muro, che aumenta la sua temperatura e accumula energia che è in grado di rilasciare durante la notte, mentre il vetro ne impedisce la riemissione verso l'esterno. Le aperture nella muratura permettono di convogliare l'aria riscaldata nell'ambiente, che può essere portata, attraverso canalizzazioni, in ambienti non direttamente adiacenti al sistema. In estate, al contrario, la connessione con l'esterno permette di utilizzare la parete come un

camino solare in cui l'aria calda fuoriesce richiamando aria più fredda dal lato nord o da ambienti a contatto con il terreno, come cantine o sotterranei.

Protezione dai venti freddi con la vegetazione

Un elemento che non produce riscaldamento, ma collabora a controllare le correnti fredde invernali, è la vegetazione. Se opportunamente posizionata in direzione dei venti prevalenti, permette infatti di diminuire le dispersioni dell'involucro. Se l'effetto frangivento deve essere marcato, nella stagione fredda, è bene usare specie arboree di forma ovoidale o conica, di alto fusto e a chioma persistente e sempreverde, anziché caduca.

Raffrescamento attraverso sistemi di controllo solare

I sistemi di controllo solare regolano l'afflusso radiativo attraverso le chiusure esterne, sia trasparenti che opache. Si tratta di dispositivi per l'ombreggiamento, che possono essere fissi o mobili.

Il portico e la pergola, che assolvono questa funzione, sono elementi spesso già presenti in edifici storici e di fatto permettono, in funzione della posizione, dell'altezza e della forma, un'efficace schermatura dei raggi in estate e la penetrazione della radiazione in inverno. Essendo di dimensioni consistenti generalmente non si possono inserire in tali edifici se non già presenti.

Sistemi come *brise-soleil* o frangisole, se opportunamente progettati, possono ridurre efficacemente l'irraggiamento anche se, come aspetto negativo, hanno quello di ostacolare la vista dell'esterno.

Un altro elemento che permette il controllo solare, ma che estende la sua efficacia anche alla temperatura e all'umidità dell'aria, è la vegetazione. La presenza di elementi vegetali può fungere da barriera alla radiazione solare, alla luminosità e all'inquinamento acustico, oltre a dare origine a fenomeni di traspirazione che influenzano la temperatura e l'umidità dell'aria.

Di fatto, una vegetazione opportunamente posizionata, intercetta la radiazione prima che questa colpisca le pareti dell'edificio e diminuisce la componente riflessa dal terreno proiettando ombre su di esso. Per poter sfruttare tali potenzialità è necessario che l'edificio disponga di un'area verde circostante, tenendo in considerazione che la forma e la specie dell'albero più adatti dipendono anche dalla disposizione rispetto all'edificio; sono comunque da preferire essenze a foglia caduca, per permettere all'edificio di ricevere la radiazione solare in inverno.

Raffrescamento naturale microclimatico

Tale tecnica si basa sui flussi d'aria che attraversano l'edificio. Si tratta di flussi naturali, influenzati dalla disposizione planimetrica e dal posizionamento delle aperture in direzione del flusso d'aria prevalente, che di fatto dissipano il calore all'interno degli ambienti. In tal senso è importante che cucine e servizi igienici siano collocati in prossimità dell'uscita dell'aria, quindi sottovento, in modo che gli odori escano direttamente senza dover attraversare tutti gli ambienti.

Per utilizzare questo tipo di raffrescamento in un edificio esistente e soprattutto storico, è necessario che le aperture siano poste su lati opposti, in direzione dei venti prevalenti, oppure che vi sia un elemento verticale che attraversi i piani, come il vano scala, che possa funzionare da camino per l'espulsione dall'alto dell'aria calda. A scopo dissipativo può essere utile l'ausilio di aperture nel sottotetto, che in estate consentono di espellere l'aria surriscaldata che si forma vicino alla copertura.

Altri due sistemi di raffrescamento naturale microclimatico, che però sfruttano la ventilazione verticale, sono il torrino di ventilazione, che può essere a doppio flusso o ad estrazione, e il camino solare.

Il torrino a doppio flusso è suddiviso in due condotti: uno per l'ingresso del vento, e l'altro per l'uscita del flusso d'aria. Ingresso e uscita del flusso avvengono tramite serramenti posti su piano verticale, con apertura a doghe orientabili. Il rischio del ricircolo alla base dei condotti, prima che l'ambiente sia stato completamente ventilato, viene spesso ovviato con l'installazione di appositi ventilatori, dando origine ad un sistema ibrido.

Il torrino ad estrazione invece, ha serramenti di chiusura posti in verticale su pareti contrapposte e dotati di sistemi di apertura che non consentono all'aria di entrare dal lato sopravvento, mentre ne facilitano l'uscita sul lato sottovento.

Il camino solare invece estrae aria sfruttando la differenza di temperatura che si crea tra l'aria in ambiente e quella che passa attraverso un collettore solare o un lucernario-serra. In questo modo, le differenze di temperatura ottenute, sono molto maggiori di quelle solitamente presenti negli edifici.

Raffrescamento geotermico

Per essere completamente passivo, tale sistema richiede che tali ambienti da raffrescare, e più precisamente le loro chiusure, siano a diretto contatto con il

terreno, quindi ipogei o semi ipogei. In alternativa è possibile una combinazione con il sistema naturale microclimatico, in cui l'ambiente ipogeo, raffrescato per il contatto delle pareti con il terreno, funge da pozzo termico che spinge l'aria calda a fuoriuscire nella parte alta dell'edificio.

Per quanto riguarda l'inserimento in edifici storici, tale sistema richiede che siano presenti uno o più ambienti interrati, non rari in quanto un tempo adibiti a cantine. Un sistema talvolta già presente in questi edifici, e spesso riutilizzabile, è quello in cui aperture coperte da grate poste a livello del soffitto degli ambienti ipogei, permettevano di trasferire la "frescura" agli ambienti soprastanti.

Raffrescamento radiativo

Tale sistema, attuato per dispersione notturna del calore accumulato dalle strutture, è un sistema molto usato nei paesi caldi. Si basa sulla riemissione del calore captato dalle strutture durante il giorno verso il cielo sereno, basandosi sul principio naturale per cui il calore passa naturalmente da un corpo caldo, in questo caso l'edificio, ad un corpo più freddo, in questo caso il cielo notturno. L'elemento che svolge nel miglior modo tale compito è il tetto.

Tale sistema permette in realtà di raffrescare quasi esclusivamente gli ambienti posti più vicini al tetto, quindi il sottotetto e/o gli ambienti dell'ultimo piano.

Non di difficile attuazione e adatto anche agli edifici storici, anche se non efficace in climi umidi, richiede la modifica della stratigrafia del tetto, al fine di aumentarne sostanzialmente la capacità termica, che gli permetta di accumulare il calore e di non disperderlo durante il giorno all'interno dell'edificio.

Raffrescamento evaporativo

Questo tipo di raffrescamento si basa sulla diminuzione della temperatura dell'aria attraverso l'utilizzo dell'acqua. Il passaggio di aria calda in prossimità di contenitori d'acqua come bacini, canali, fontane o sotto getti nebulizzati, innesca il fenomeno di evaporazione dell'acqua, ottenibile sottraendo calore, e quindi raffreddando, l'aria stessa.

L'inserimento di tale sistema, molto semplice e poco invasivo, è adatto ad essere messo in pratica in ambienti esterni.

4. CASI DI STUDIO

Al fine di verificare, su casi reali, l'ipotesi di compatibilità tra riqualificazione energetica e tutela dell'edificio, si sono identificati tre casi di studio.

La scelta si è basata sulla tipologia costruttiva e sui vincoli imposti; mantenendo costante per tutti i casi la zona climatica e il contesto territoriale, la pianura, si è cercata una certa variabilità in tema di forme, tecnologie e soluzioni costruttive.

Ciò è stato fatto allo scopo di avere una panoramica il più possibile ampia, in modo da testare gli interventi e il processo ipotizzato su insediamenti di diverse dimensioni e con differenti caratteristiche, in modo da verificare fino a che punto si riesca a governare la compatibilità tra gli interventi richiesti dai diversi aspetti.

La volontà di mantenere inalterati il contesto e la morfologia del terreno, ha permesso di giungere a soluzioni confrontabili, mostrando come la stessa situazione possa essere risolta in modo diverso, a seconda delle caratteristiche dell'insediamento specifico. Per lo stesso motivo si è scelto di prevedere come destinazione d'uso, per tutti i casi studiati, la residenza, in modo che le prestazioni richieste fossero le medesime.

Studiato l'insediamento in oggetto ed identificatene le caratteristiche, si sono analizzate le soluzioni adeguate alle modifiche attuabili, proponendo integrazioni ai sistemi tecnologici, inserimento di impianti adeguati, utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e valorizzazione dei sistemi passivi.

La trattazione è organizzata secondo un grado di approfondimento crescente. Ciascun caso di studio è presentato separatamente e descritto secondo la procedura delineata nel capitolo relativo al processo di conoscenza. L'analisi dell'edificio raccoglie i dati sul contesto, sulla tipologia architettonica, sui vincoli, sugli interventi ammessi, sullo stato di conservazione dell'immobile e sulle caratteristiche materico-tecnologiche.

Per rendere più agevole la trattazione, ciascun intervento proposto è accompagnato da un codice che si riferisce al capitolo *Gli interventi compatibili* (parte III cap.3), allo scopo di offrire un rimando al punto in cui l'intervento è trattato più nel dettaglio.

EDIFICIO RURALE A CARIGNANO (PR)



L'edificio, situato a Carignano, in provincia di Parma, si trova a sud-ovest del capoluogo. Rinvenibile per la prima volta nell'Ottocento, sulle mappe del catasto napoleonico, l'edificio presenta tipologia a blocco con porta morta e portico non aggettante (CODICE 1.2.2). Gli elementi che lo compongono sono: l'abitazione, la stalla-fienile, la porta morta e il portico.

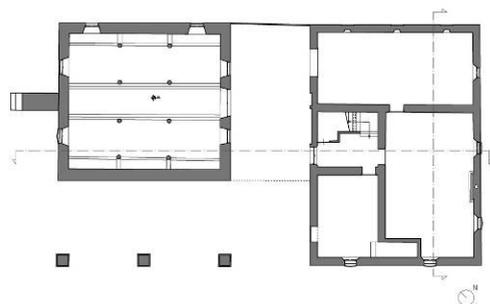


Fig. 1 pianta piano terra

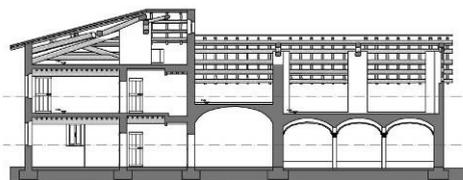


Fig. 2 sezione longitudinale

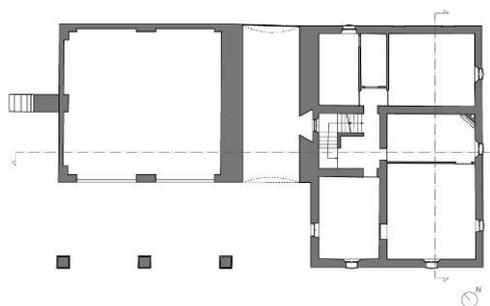


Fig. 3 pianta piano primo

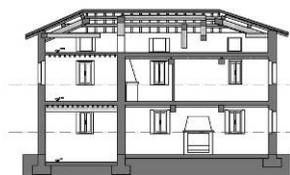


Fig. 4 sezione trasversale

Il contesto dell'edificio è quello tipico dell'aperta campagna, con campi coltivati e aree verdi che lo circondano. La morfologia del territorio è pianeggiante e la massa d'acqua più vicina è il fiume Baganza, che scorre ad alcuni km di distanza. La vegetazione, a foglia caduca, è presente su due lati: ad ovest vi sono alberature di alto fusto e ad est una vegetazione più fitta ma più bassa (CODICE V3).

L'edificio si sviluppa sull'asse est-ovest (CODICE O.1), con una lieve inclinazione rispetto all'orizzontale. La facciata principale è rivolta a sud.



Fig. 5 foto aerea

Lo stato di conservazione è discreto, con prospetti che presentano crepe visibili, seppur in una situazione di generale integrità strutturale. L'intonaco, che presumibilmente in origine ricopriva tutte le facciate, appare in alcune parti fortemente eroso e ricoperto da vegetazione infestante e da depositi superficiali, mentre in altre zone è totalmente mancante, lasciando scoperta la muratura sottostante.

L'interno, in linea generale integro e stabile, mostra segni di degrado materico e dissesti strutturali, soprattutto localizzati negli elementi in legno dei solai e delle coperture, di entità tale da poter essere risolti con la sostituzione puntuale degli elementi e interventi mirati. Gli infissi presentano un invecchiamento naturale, una perdita di cromia e lievi processi di deformazione e di degrado causati da agenti atmosferici e dalla mancata manutenzione. Le parti vetrate si presentano in parte danneggiate e assenti.



Fig. 6 estratto dal PSC del Comune di Parma



Fig. 7 estratto dal RUE del Comune di Parma

L'insediamento, situato nel comune di Parma, è classificato come "edificio di valore architettonico ambientale e storico-testimoniale".

Gli interventi ammessi dagli strumenti urbanistici vigenti sono: manutenzione ordinaria e straordinaria e restauro e risanamento conservativo.

Le invarianti tipologiche



L'analisi delle parti

I SOLAI A TERRA



Fig. 14 estradosso di un solaio tipo dell'abitazione



Fig. 15 estradosso del solaio della cantina



Fig. 16 estradosso del solaio della stalla

L'impossibilità di effettuare carotaggi e l'assenza di parti dissestate o rimosse, non ha permesso di individuare quale sia la stratigrafia dei solai a terra.

I SOLAI INTERPIANO: L' ABITAZIONE



Fig. 17 intradosso di un solaio tipo dell'abitazione

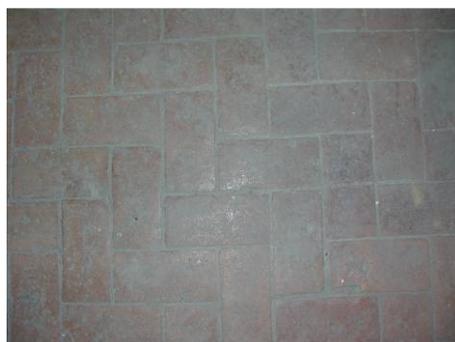
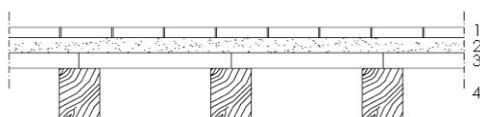


Fig. 18 estradosso di un solaio tipo dell'abitazione



SOLAIO IN LEGNO CON PIANELLE

1. Pavimentazione in cotto
2. Caldana
3. Pianelle in laterizio
4. Travetti in legno

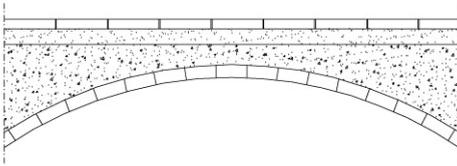
I SOLAI INTERPIANO: LA STALLA-FIENILE



Fig. 19 intradosso del solaio della stalla-fienile



Fig. 20 estradosso del solaio della stalla-fienile



- 1 SOLAIO IN LATERIZIO A VOLTA
2
3
4
1. Pavimentazione
 2. Strato di allettamento
 3. Riempimento
 4. Mattoni in laterizio posti di piatto

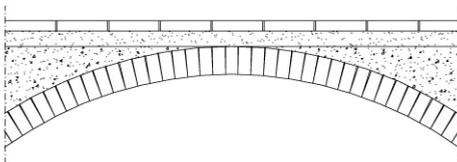
I SOLAI INTERPIANO: LA PORTA MORTA



Fig. 21 vista dell'intradosso del solaio della porta morta



Fig. 22 vista dell'estradosso del solaio della porta morta



- 1 SOLAIO IN LATERIZIO A VOLTA
2
3
4
1. Pavimentazione
 2. Strato di allettamento
 3. Riempimento
 4. Mattoni in laterizio posti a coltello

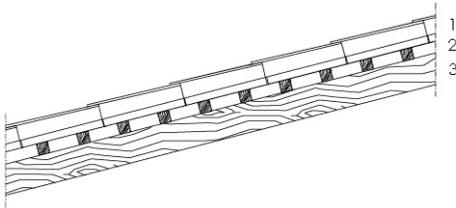
LE COPERTURE



Fig. 23 copertura dell'abitazione



Fig. 24 copertura del fienile



COPERTURA IN LEGNO SEMPLICE

1. Manto di copertura
2. Listelli
3. Travetti

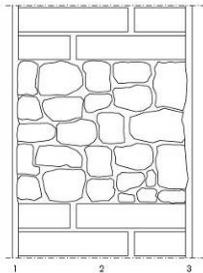
LE MURATURE: L' ABITAZIONE



Fig. 25 esterno della muratura dell'abitazione



Fig. 26 interno della muratura dell'abitazione



MURATURA MISTA IN PIETRA E LATERIZIO

1. Intonaco
2. Pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio
3. Intonaco

Nota: spessore = circa 45 cm

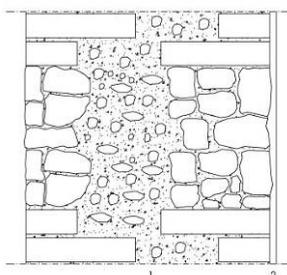
LE MURATURE: LA STALLA



Fig. 27 vista dall'esterno della muratura della stalla



Fig. 28 vista dall'interno della muratura della stalla



MURATURA MISTA IN PIETRA E LATERIZIO

1. Pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio
2. Intonaco

Nota: spessore = 60 cm

LE MURATURE: I PILASTRI DEL FIENILE



Fig. 29 vista dall'esterno di un pilastro del fienile

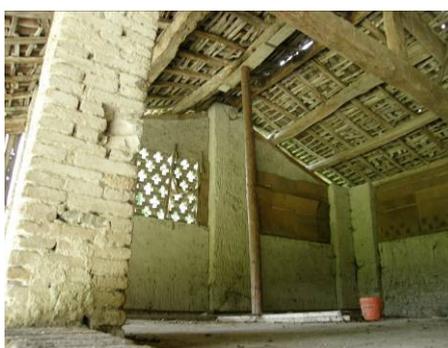
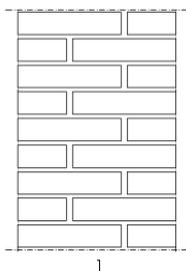


Fig. 30 vista di lato di un pilastro del fienile



MURATURA IN MATTONI PIENI A TRE TESTE

1. Muratura in mattoni pieni

Nota: Si rilevano pilastri intonacati sia all'esterno che all'interno e altri il cui materiale è lasciato a vista.

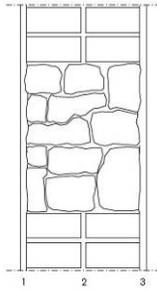
LE MURATURE: I TAMPONAMENTI DEL FIENILE



Fig. 31 vista dei tamponamenti dall'esterno



Fig. 32 vista dei tamponamenti dall'interno



MURATURA MISTA IN PIETRA E LATERIZIO

1. Intonaco
2. Pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio
3. Intonaco

Nota: spessore = circa 28 cm

LE APERTURE: L'ABITAZIONE



Fig. 33 vista delle chiusure dall'esterno



Fig. 34 vista di una finestra dall'interno



Fig. 35 vista di una finestra dall'interno

Nell'abitazione si individuano diverse tipologie di infissi, esito di rimaneggiamenti successivi. In generale le finestre sono dotate di infissi in legno, vetri singoli e scuri in legno.

LE APERTURE: LA STALLA-FIENILE



Fig. 36 vista dall'esterno delle finestre della stalla e della gelosia del fienile



Fig. 37 vista dall'interno della chiusura a gelosia del fienile



Fig. 38 vista dall'interno di una finestra della stalla



Fig. 39 vista dall'esterno di un'apertura del fienile lasciata libera



Fig. 40 vista dall'esterno della 'apertura posta sopra la porta morta

Nel fienile le aperture presenti possono avere chiusure a gelosia oppure essere lasciate vuote. Nella stalla le finestre presentano infissi in legno, inferriate in metallo, vetri singoli e chiusure, ove presenti, in legno.

Gli interventi compatibili: riduzione del fabbisogno di energia

I SOLAI A TERRA

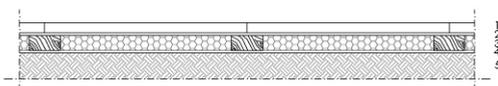
A causa dell'impossibilità di conoscere quale sia realmente la stratigrafia dei solai a terra esistenti, si ipotizza che siano composti da una pavimentazione posata sulla caldana, stesa a sua volta su uno strato di terra battuta.

Nell'abitazione, la pavimentazione ricorrente in quasi tutti i solai a terra rilevati è in piastrelle di cotto. Solo una stanza, probabilmente in origine destinata a cantina, è caratterizzata da una pavimentazione in ciottoli, ad una quota di - 42 cm rispetto alle altre. La stalla presenta pavimentazione in cotto e mattoni, tipica della destinazione d'uso, con parti a diverse altezze.

Gli interventi previsti sono strettamente legati alle modifiche attuabili.

L'altezza di interpiano delle stanze in cui vi è il rivestimento in cotto è già inferiore alle normative attuali. L'intervento realizzabile dipenderà dal reale stato di fatto ma, comunque, si procederà alla rimozione della pavimentazione esistente e della caldana sottostante; come condizione necessaria l'intervento dovrà, in ogni caso, mantenere inalterata la quota del pavimento esistente.

Nel caso in cui sia possibile scavare, si creerà una nuova pavimentazione (CODICE ST.P.6); nel caso in cui sia presente un vespaio, questo si riutilizzerà andandolo ad integrare con altri strati (CODICE ST.P.3/4/5); laddove non sia possibile attuare nessuna delle due operazioni precedenti si procederà al posizionamento dell'isolante (CODICE ST.P.1 ma più basso), utilizzando lo spazio preesistente.

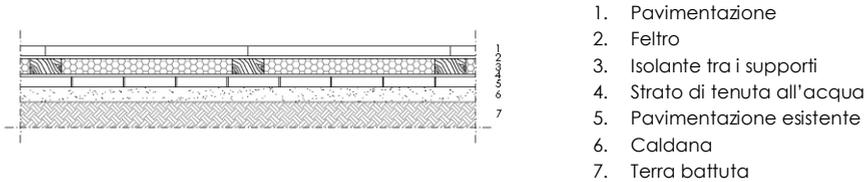


1. Pavimentazione
2. Feltro
3. Isolante tra i supporti
4. Strato di tenuta all'acqua
5. Terra battuta

Nella cantina, pur essendo possibile sfruttare la differenza di quota di circa 25 cm rispetto al resto della casa, si opta per mantenere il solaio a terra inalterato. La motivazione deriva dalla volontà di destinare l'ambiente a cantina, quindi non riscaldato.

Per quanto riguarda la stalla l'altezza in chiave è di 2,80 m il che permette di alzare di alcuni cm la quota del pavimento; ciò accade, inoltre, senza creare scompensi nelle porte e alle altezze minime dei davanzali delle finestre.

Volendo preservare la pavimentazione per il futuro, in quanto, come detto, tipica della tipologia, si opta per una posa a secco dell'isolante e della pavimentazione (CODICE ST.P.1 ma più basso). Tale sistema permetterà anche di rendere omogeneo il pavimento dal punto di vista delle altezze, sfruttando gli spazi delle parti a quota inferiore, se necessario, per il passaggio degli impianti.



1. Pavimentazione
2. Feltro
3. Isolante tra i supporti
4. Strato di tenuta all'acqua
5. Pavimentazione esistente
6. Caldana
7. Terra battuta

I SOLAI INTERPIANO: L'ABITAZIONE

I solai interpiano dell'abitazione presentano tutti struttura portante in legno, piastrelle in laterizio, caldana e pavimentazione in cotto.

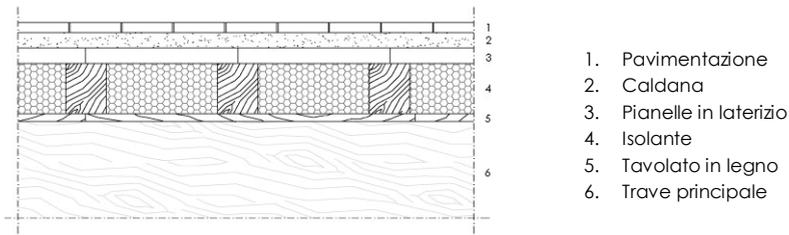
Nelle stanze principali completano l'orditura una o due travi, mentre nei disimpegno e nei locali più piccoli l'orditura è semplice. Tutti i solai si trovano alla stessa altezza.

Tralasciando la maggior parte dei solai dell'edificio, posti tra locali alla stessa temperatura, quindi ininfluenti ai fini termici, si concentra l'intervento su quelle parti che dividono gli ambienti riscaldati da quelli non riscaldati, ovvero la cantina e il sottotetto.

Per quanto riguarda la cantina, essendoci la possibilità di sfruttare 25 cm circa di altezza, come detto prima, si può pensare di utilizzarne una parte per abbassare il solaio interpiano. L'intervento si focalizzerà quindi sull'intradosso, lasciando così inalterate la pavimentazioni e l'altezza di interpiano del piano primo.

Sarà possibile, a seconda delle necessità, posizionare solo l'isolante tra i travetti (CODICE SI.P.1), oppure, accoppiando altri travetti a quelli esistenti se non incurvati, creare anche un'intercapedine per gli impianti (CODICE SI.P.2).

In entrambi i casi, per nascondere dal basso la vista dei diversi elementi, sarà utile un rivestimento in legno o in altro materiale.

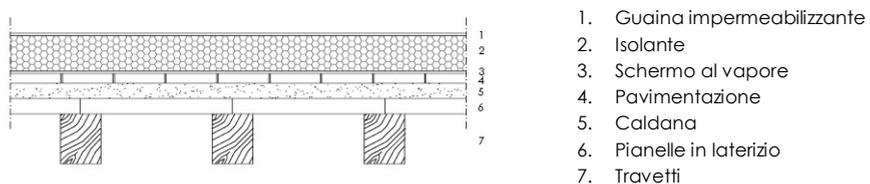


Per quanto riguarda il solaio che separa il piano primo dal sottotetto, si individuano due situazioni differenti.

La parte del sottotetto a cui accede la scala, con un'altezza media adeguata e già delimitata da muri, può essere utilizzata come ambiente riscaldato, non richiedendo così l'isolamento del solaio di separazione dagli ambienti sottostanti.

La restante parte invece, con un'altezza tale da non permettere nemmeno la sosta in piedi, deve essere considerata come sottotetto non accessibile, quindi non riscaldato. Su questa porzione di solaio si concentrerà l'intervento.

In queste parti, definibili come non praticabili, si può optare per un semplice isolamento all'estradosso, facendo attenzione allo spessore dell'isolante, che non deve andare oltre il davanzale delle piccole finestre (CODICE SI.P.3 ma mantenendo la pavimentazione esistente).



I SOLAI INTERPIANO: LA STALLA-FIENILE

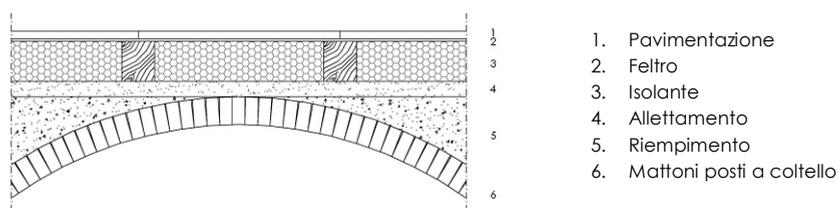
La porzione di edificio oggi definita stalla-fienile, verrà utilizzata interamente come ambiente riscaldato, quindi non è necessario prevedere un intervento di isolamento nel solaio di interpiano.

I SOLAI INTERPIANO: LA PORTA MORTA

La scelta di mantenere la porta morta come una sorta di ingresso/portico e di utilizzare la parte superiore come ambiente riscaldato, richiede un intervento a livello del solaio interpiano.

Non potendo agire all'intradosso, per non modificare una caratteristica fondamentale dell'edificio, l'intervento si focalizzerà sull'estradosso. Qui, la pavimentazione, in parte oggi rimossa, si presenta già ad un livello differente rispetto al resto del fienile, di cui ha sempre fatto parte; inoltre non vi sono problemi di altezza interpiano e vi è uno spessore di circa 10 cm, grazie ai mattoni posti a coltello, che permette di alzare la pavimentazione senza che il pacchetto si veda all'esterno.

Dopo aver rimosso la pavimentazione in cotto e la caldana sottostante, si inserirà quindi una pavimentazione a secco sopra l'isolante, a sua volta posto sopra uno strato di allettamento. (CODICE V.P.2, senza pavimentazione esistente)



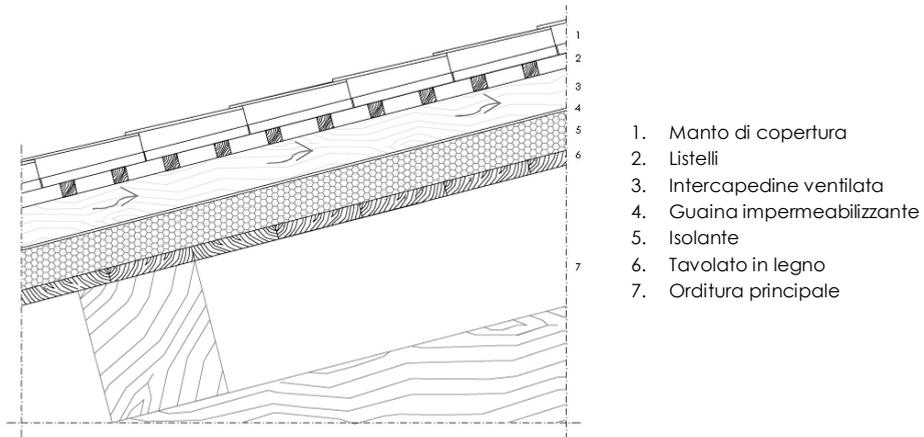
LE COPERTURE

La copertura presenta la medesima struttura sia sul fienile che sull'abitazione.

Gli interventi da prevedere saranno due: uno per la parte a contatto con gli ambienti riscaldati e uno per la parte che chiude il sottotetto non praticabile.

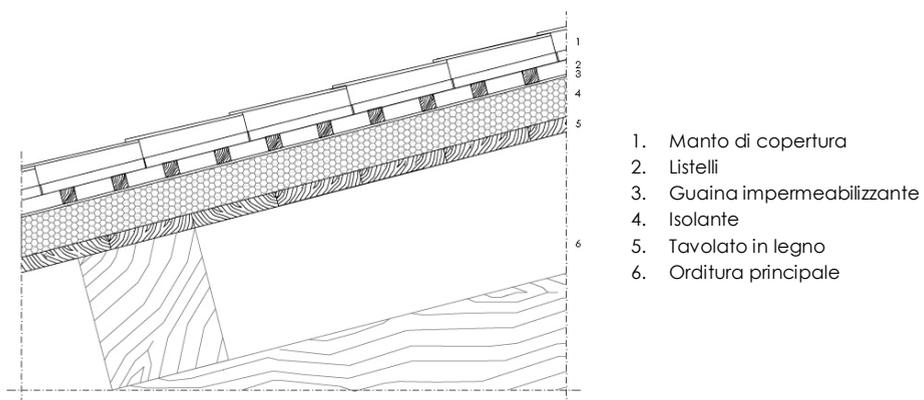
La copertura del fienile non presenta vincoli, quindi è possibile agire all'estradosso, rimuovendo temporaneamente manto, listelli e travetti. Si andrà quindi ad accoppiare ai travetti esistenti, tra i quali si poserà l'isolante, altri travetti per permettere la creazione di un'intercapedine ventilata,

Tale scelta permette inoltre di lasciare a vista l'orditura principale, composta da capriate in buono stato e soprattutto di rilevanza tipologica. Durante l'intervento sarà possibile, e necessario, sostituire gli elementi ammalorati.



Per quanto riguarda la copertura dell'abitazione, a contatto sia con ambienti riscaldati che non riscaldati, la situazione è differente. Trattandosi di una copertura unica è necessario che le differenti successioni di strati del dettaglio tecnologico abbiano altezze omogenee.

Gli interventi prevederanno in ogni caso la rimozione temporanea dei coppi e l'inserimento di uno strato di tenuta all'acqua, che impedisca le infiltrazioni. Una porzione verrà, per il resto, mantenuta inalterata, mentre la porzione a contatto con l'ambiente riscaldato verrà coibentata all'intradosso, nello spazio tra i travetti (CODICE C.P.2 ma con i correntini al posto del tavolato e i travetti orditi nell'altra direzione).



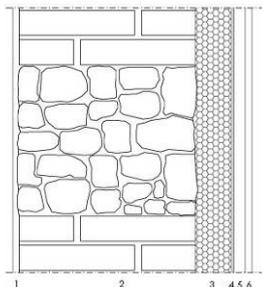
LE MURATURE

Dato lo stato attuale delle facciate, l'ipotesi più probabile è che le murature in origine fossero intonacate o che, per lo meno, lo siano state negli ultimi 60 anni; per tale motivo la scelta estetica è quella di intonacare le superfici esterne.

La volontà di lasciare inalterata la chiusura a gelosia e mantenere a vista i mattoni a coltello posti alla base delle aperture del fienile, induce ad evitare un intervento consistente dall'esterno.

Per tale motivo la scelta ricade sull'isolamento dall'interno, in tutto l'edificio; trattandosi di una costruzione a blocco con portico non aggettante, infatti, sono presenti allineamenti tra le parti che non possono essere in alcun modo alterati.

Per quanto riguarda l'abitazione la soluzione non crea problemi. La muratura, listata, presenta uno spessore uniforme di circa 45 cm su tutti i lati e su tutti i piani, quindi si disporrà uno strato di isolante adeguato, all'interno, rifinito con un rivestimento intonacato mentre, come detto, l'esterno sarà solamente intonacato (CODICE M.P.5). L'intervento complessivo creerà un'aggiunta di spessore all'interno di 10-12 cm, mentre nel caso in cui si opti per una controparete interna lo spessore sarà maggiorati di altri 5-6 cm (CODICE M.P.6).

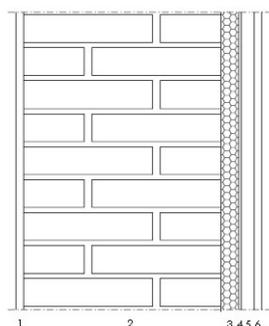


1. Intonaco
2. Pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio
3. Isolante
4. Schermo al vapore
5. Rivestimento interno
6. Intonaco

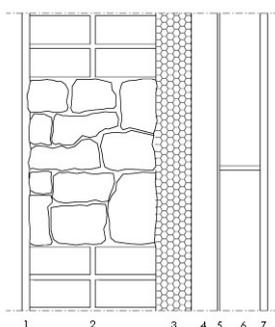
Le murature del fienile, caratterizzate da una differenza di spessore tra i pilastri e i tamponamenti di circa 10 cm, richiedono un intervento diverso. Un elemento di ulteriore difficoltà è dato inoltre dalle chiusure a gelosia, che non possono essere coperte.

L'intervento, da realizzarsi in modo tale da ottenere una nuova superficie lineare all'interno, consisterà nell'applicazione dell'isolante sui pilastri (CODICE M.P.5) e di diverso spessore sui tamponamenti. Qui lo spazio rimanente, tra isolante e

rivestimento, sarà una camera d'aria che, oltre ad isolare, potrà essere usata come spazio per il passaggio degli impianti. (CODICE M.P.7)



1. Intonaco
2. Muratura in mattoni pieni
3. Isolante
4. Schermo al vapore
5. Rivestimento interno
6. Intonaco



1. Intonaco
2. Muratura portante
3. Isolante
4. Camera d'aria
5. Barriera al vapore
6. Controparete
7. Intonaco

La questione della stalla si presenta invece di difficile soluzione in quanto, in presenza di volte, non è possibile coibentare all'interno senza alterare sostanzialmente l'ambiente. Questa è la situazione in cui è necessario far prevalere l'esigenza conservativa sul miglioramento dell'efficienza energetica. La considerazione che si può fare, in questo senso, è quella che lo spessore considerevole della muratura, circa 60 cm, permette di contenere le dispersioni termiche anche in assenza di isolante.

LE APERTURE

Per quanto riguarda le aperture si presentano tre differenti situazioni: finestre con infissi in legno e vetri singoli, gelosie e aperture libere da chiusure di ogni tipo.

Le finestre già dotate di infisso sono caratterizzate, come detto prima, da patologie, parti ammalorate, porzioni mancanti e, soprattutto, presentano diverse tipologie, frutto di successivi rimaneggiamenti.

In considerazione della mancanza di pregio storico-estetico, si è optato per la rimozione di tutti gli infissi, allo scopo di sostituirli con nuovi infissi in legno, il cui disegno geometrico sarà ricavato dalle poche finestre rimaste, vetri doppi con intercapedine d'aria e scuri in legno, sia nell'abitazione che nella stalla.

Le chiusure a gelosia del fienile invece non subiranno dall'esterno alcuna modifica, mentre all'interno verrà ad esse accoppiato un infisso con vetrocamera, fisso o apribile a seconda della necessità.

Le aperture del fienile, oggi senza infissi, saranno quelle che subiranno maggiori cambiamenti: ciascuna sarà chiusa da infissi con vetrocamera, apribili sono in parte, ancorati al filo interno della parete, in modo da mantenere inalterato, per quanto possibile, il rapporto tra pieni e vuoti.

Gli interventi compatibili: i sistemi passivi

I sistemi passivi che possono essere utilizzati per riscaldare e raffrescare l'edificio, sono strettamente legati all'orientamento e alla morfologia della costruzione.

Per quanto riguarda l'orientamento, la disposizione dell'edificio lungo l'asse est-ovest, la migliore dal punto di vista bioclimatico, espone a nord e a sud la superficie maggiore delle facciate, creando su un lato un elevato soleggiamento d'estate e sull'altro un'ampia area esposta ai venti freddi in inverno.

Per ovviare al problema invernale, la vegetazione posta a nord, se sempreverde e compatta, funge da barriera nei confronti dei venti invernali.

Allo scopo di definire correttamente gli altri sistemi passivi è necessario trattare separatamente l'abitazione e la stalla fienile, in quanto dotate di differenti caratteristiche.

La stalla-fienile presenta alcuni accorgimenti bioclimatici ancora in essere: sul lato sud, il portico protegge la struttura dai raggi solari in estate, permettendo invece il guadagno termico solare in inverno, mentre, sul lato nord, le aperture estremamente ridotte nella stalla e quelle chiuse dalla gelosia nel fienile, consentono la protezione dell'interno dai venti freddi invernali.

Le alberature ad alto fusto a ovest, già presenti, permettono anche qui un'efficace schermatura in estate, quando la parete ovest riceve più radiazione rispetto a quella esposta a sud. Sia nella stalla che nel fienile, la disposizione delle

aperture oggi permette un'efficace ventilazione trasversale, ed è quindi necessario posizionare le pareti in modo tale da non ostacolarla.

Per quanto riguarda l'abitazione, dal punto di vista del soleggiamento estivo è necessario ovviare alla questione con il posizionamento della vegetazione a sud dell'edificio che, se a foglia caduca, permettere inoltre il guadagno solare in inverno.

La considerazione da farsi per il lato nord riguarda la destinazione d'uso degli ambienti: come si faceva nel passato, si è mantenuto un ambiente di minor uso e non riscaldato sul lato nord, la cantina, in modo che funga da cuscinetto tra le basse temperature invernali e gli ambienti riscaldati.

In ultimo, le doppie finestre oggi presenti in ogni stanza, permettono un'efficace ventilazione, ed è quindi necessario, anche in questo caso, non frenare tale sistema raffrescativo con il posizionamento errato delle pareti interne.

Gli interventi compatibili: i sistemi attivi

Trattandosi di una casa utilizzata tutto l'anno, sarà necessario inserire impianti per il riscaldamento, il raffrescamento, l'energia elettrica e l'acqua calda sanitaria.

In realtà, come spiegato precedentemente, i sistemi che si indagano in questa ricerca sono quelli più propriamente legati alla climatizzazione dell'edificio, lasciando da parte l'impianto elettrico e quello idrico-sanitario e con esso la produzione di acqua calda e il ricircolo e la depurazione dell'acqua.

Nella scelta di destinare a residenze separate la stalla-fienile e l'abitazione, è possibile e più utile affrontarle separatamente.

Nella porzione relativa alla stalla-fienile si opta per l'inserimento di un sistema radiante a pavimento, considerando che in entrambi i piani si interviene a livello del pavimento. In questo modo si potrà utilizzare lo stesso impianto anche per il raffrescamento, qual'ora si decidesse di inserirlo. L'impianto di generazione potrebbe essere l'utilizzo di una pompa di calore ad aria o geotermica.

Nell'abitazione, in cui non è possibile fare altrettanto per le limitate altezze, la soluzione arriva dalla situazione attuale: qui, infatti, sono presenti due camini, ciascuno su un piano, che permettono di risolvere il problema dell'impianto di riscaldamento in modo non invasivo ed ecosostenibile.

Per quanto riguarda il sistema di distribuzione ed emissione, trattandosi di una casa di modeste dimensioni, è possibile mantenere inalterato l'impianto, lasciando che

l'aria riscaldata passi naturalmente dalla stanza in cui vi è il camino a quelle adiacenti; in alternativa, per riscaldare più efficacemente soprattutto il piano primo, più ampio, è possibile posizionare tubazioni che dal camino raggiungano le altre stanze, nelle quali l'aria calda verrà immessa attraverso bocchette posizionate nella parte bassa del locale. In particolare, tali tubazioni possono esser fatte passare nel sottotetto che, come visto prima, è per la maggior parte non praticabile.

Dal punto di vista del raffrescamento, se necessario, è possibile mettere in atto un sistema ad aria, con pompa di calore, che utilizzi sempre il sottotetto come spazio per far passare le tubazioni.

In generale, dal punto di vista delle energie rinnovabili, considerando sia dell'esposizione della falda che dell'area a verde a disposizione, non ombreggiata da altri elementi o edifici, è possibile pensare di mettere in sito collettori solari che permettano di produrre l'energia elettrica utile anche a far funzionare le pompe di calore. In particolare, in considerazione del fatto che la falda a sud è quella che caratterizza il prospetto principale e la falda ad ovest presenta dimensioni ridotte, la soluzione migliore è quella di disporre gli elementi a terra, sulla parte retrostante dell'edificio, rivolti verso ovest.

COMPLESSO LA MORZOLA



L'insediamento rurale denominato "La Morzola" si trova in località San Geminiano in provincia di Parma. Il complesso compare per la prima volta nel 1822, nelle mappe del catasto napoleonico.

L'insediamento presenta tipologia a corte aperta in linea su lati opposti (CODICE 3.1.3), e gli elementi che lo compongono sono: il casale con portico, situato a nord della corte, composto da tre case adiacenti ma indipendenti [1-2-3], e la stalla-fienile con portico e proto servizi [4], situati a sud.

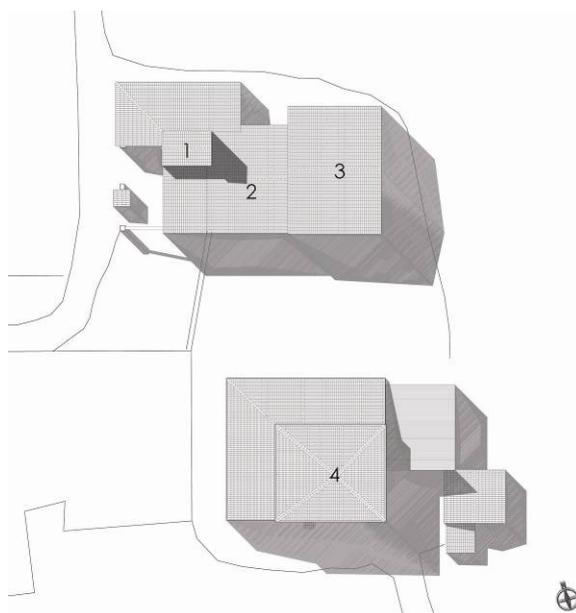


Fig. 41 planivolumetrico

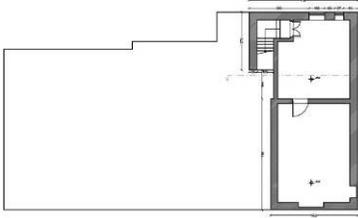


Fig. 42 pianta piano interrato casale

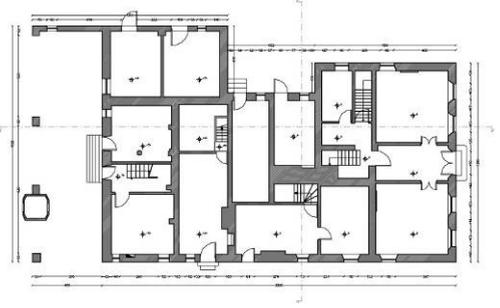


Fig. 43 pianta piano terra casale

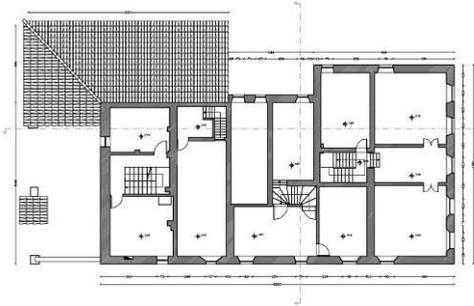


Fig. 44 pianta piano primo casale

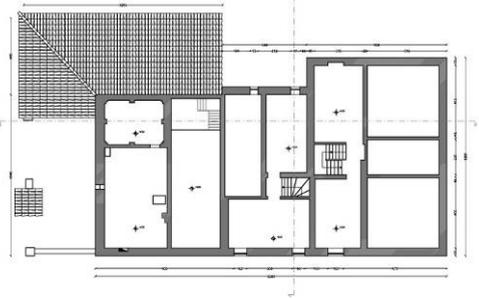


Fig. 45 pianta piano secondo casale

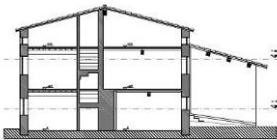


Fig. 46 sezione trasversale casale

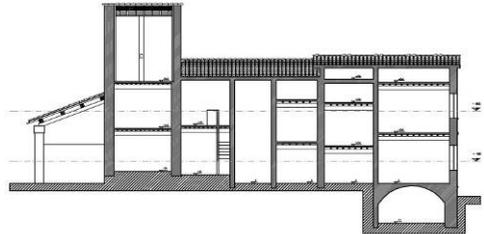


Fig. 47 sezione longitudinale casale

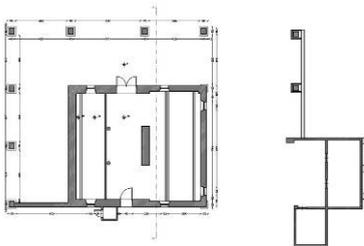


Fig. 48 pianta piano terra stalla-fienile e protoservizi

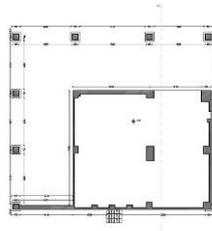


Fig. 49 pianta piano primo stalla-fienile

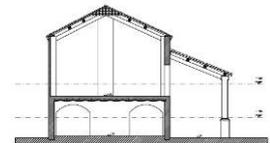


Fig. 50 sezione trasversale stalla-fienile

Il complesso si trova in aperta campagna, circondato da campi e aree verdi e distante alcuni km dal torrente Enza.

L'edificio si sviluppa sull'asse est-ovest (CODICE O.1), con una lieve inclinazione rispetto all'orizzontale e i lati aperti della corte sono quelli rivolti a est e ovest.

Per quanto riguarda la vegetazione, si possono individuare alberi di alto fusto, a foglia caduca, sul lato est (CODICE V.3).



Fig. 51 foto aerea

Dal punto di vista dello stato di conservazione occorre fare una distinzione tra le parti. La porzione di casolare che include la torre, e quella immediatamente adiacente, ovvero le abitazioni 1 e 2, si trovano in uno stato mediocre, in quanto caratterizzate da un degrado complessivo, con elementi crollati e lesioni visibili, pur mantenendo la struttura muraria essenzialmente integra.

L'esterno, oltre a infissi danneggiati e degradi materici sostanziali, presenta infatti problemi strutturali, con parti crollate, e situazioni tali da implicare ulteriori cedimenti nel caso in cui non siano effettuati tempestivi interventi.

L'interno si presenta in uno stato migliore rispetto a quanto intuibile dall'interno, pur presentando in alcune parti cedimenti, soprattutto del tetto e del portico, con spanciamiento di alcune parti strutturali e degradi materici diffusi. Le murature mantengono essenzialmente solidità strutturale.

L'abitazione 3 e la stalla-fienile, invece, si presentano in buono stato di conservazione, con struttura complessivamente integra e strutturalmente stabile. Senza crepe visibili, ne parti mancanti o crollate, presentano comunque qualche degrado materico. All'interno non si individuano cedimenti sostanziali e lesioni tali da compromettere la stabilità, né gravi degradi a livello materico.

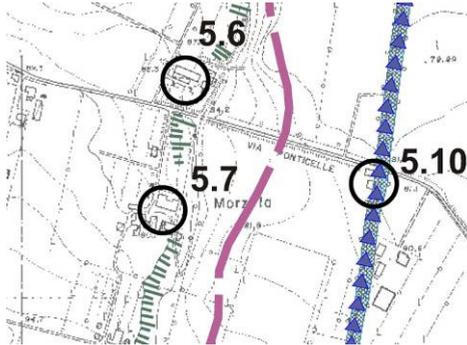


Fig. 52 estratto del PSC del Comune di Montechiarugolo; il complesso in oggetto è contrassegnato dal n.5.7



Fig. 53 estratto del RUE del Comune di Montechiarugolo; i due edifici oggetto di intervento sono quelli in basso a destra

L'insediamento, situato nel comune di Montechiarugolo, è classificato come "edificio o complesso edilizio di valore storico, tipologico e ambientale".

Gli interventi ammessi dagli strumenti urbanistici vigenti sono: manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, restauro e risanamento conservativo.

Le invarianti tipologiche



L'analisi delle parti

I SOLAI A TERRA



Fig. 60 estradosso di un solaio del casale



Fig. 61 estradosso di un solaio del casale



Fig. 62 vista della pavimentazione delle cantine del casale



Fig. 63 vista di un'altra pavimentazione delle cantine del casale



Fig. 64 estradosso del solaio a terra della stalla

L'impossibilità di effettuare carotaggi e l'assenza di parti dissestate o rimosse, non ha permesso di individuare quale sia la stratigrafia dei solai a terra.

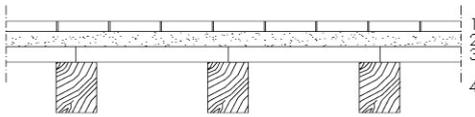
I SOLAI INTERPIANO: LE ABITAZIONI



Fig. 65 intradosso di un solaio tipo delle abitazioni



Fig. 66 estradosso di un solaio tipo delle abitazioni



SOLAIO IN LEGNO CON PIANELLE

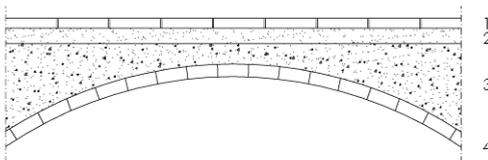
1. Pavimentazione in cotto
2. Strato di allettamento
3. Pianelle in laterizio
4. Travetti in legno



Fig. 67 intradosso del solaio della cantina



Fig. 68 estradosso del solaio della cantina



SOLAIO IN LATERIZIO A VOLTA

1. Pavimentazione in cotto
2. Strato di allettamento
3. Riempimento
4. Mattoni in laterizio posti di piatto

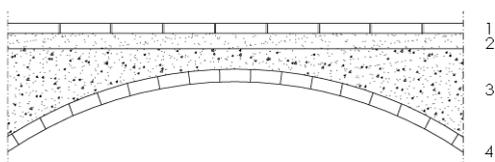
I SOLAI INTERPIANO: LA STALLA-FIENILE



Fig. 69 intradosso del solaio della stalla-fienile



Fig. 70 estradosso del solaio della stalla-fienile



SOLAIO IN LATERIZIO A VOLTA

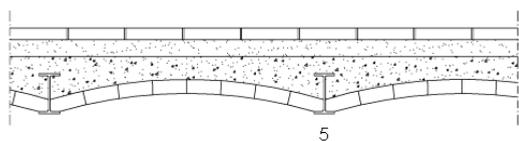
1. Pavimentazione in cotto
2. Strato di allettamento
3. Riempimento
4. Mattoni in laterizio posti di piatto



Fig. 71 intradosso del solaio della stalla-fienile



Fig. 72 estradosso del solaio della stalla-fienile



SOLAIO A VOLTINE IN FERRO E LATERIZIO

1. Pavimentazione
2. Strato di allettamento
3. Riempimento
4. Mattoni in laterizio posti di piatto
5. Trave in ferro

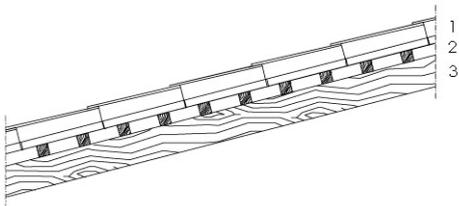
LE COPERTURE



Fig. 73 copertura delle abitazioni 1 e 2



Fig. 74 copertura del fienile



COPERTURA IN LEGNO SEMPLICE

1. Manto di copertura
2. Listelli
3. Travetti



Fig. 75 copertura dell'abitazione 3

L'abitazione n.3 presenta una copertura differente rispetto alle altre, frutto di un successivo rifacimento. Si tratta di una copertura non accessibile dall'interno, in laterocemento e in buono stato, quindi non oggetto di intervento.

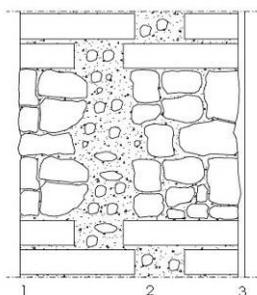
LE MURATURE: LE ABITAZIONI



Fig. 76 vista dall'esterno della muratura dell'abitazione 1, che si ripete anche nell'abitazione 2



Fig. 77 vista dall'interno della muratura esterna dell'abitazione 1, che si ripete anche nell'abitazione 2



MURATURA MISTA IN PIETRA E LATERIZIO

1. Muratura in pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio a sacco
2. Intonaco

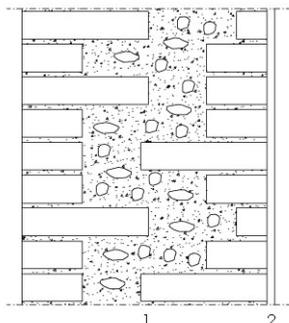
Nota: spessore = 50 cm



Fig. 78 vista dall'esterno dell'abitazione 3



Fig. 79 vista dall'interno dell'abitazione 3



MURATURA IN LATERIZIO A SACCO

1. Muratura in laterizio a sacco
2. Intonaco

Nota: spessore = 50 cm

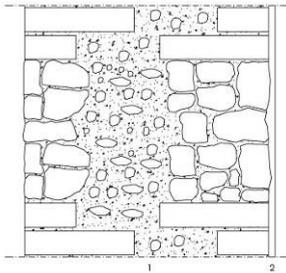
LE MURATURE: LA STALLA-FIENILE



Fig. 80 intradosso del solaio della stalla-fienile



Fig. 81 estradosso del solaio della stalla-fienile



MURATURA MISTA IN PIETRA E LATERIZIO

1. Muratura in pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio a sacco
2. Intonaco

Nota: spessore = 60 cm



Fig. 82 intradosso del solaio della stalla-fienile

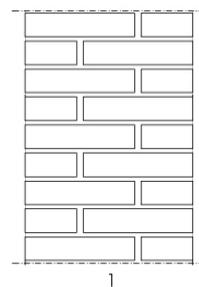


Fig. 83 estradosso del solaio della stalla-fienile



MURATURA IN MATTONI AD UNA TESTA

1. Mattoni in mattoni pieni



MURATURA IN MATTONI A TRE TESTE

1. Mattoni in mattoni pieni

LE APERTURE



Fig. 84 vista dall'esterno delle aperture del casale



Fig. 85 vista dall'interno delle finestre dell'abitazione n.3



Fig. 86 vista dall'interno delle aperture dell'abitazione n.2



Fig. 87 vista dall'esterno delle aperture della stalla-fienile



Fig. 88 vista dall'esterno della finestra della stalla



Fig. 89 vista dall'esterno dell'apertura del fienile

Nell'abitazione si individuano diverse tipologie di infissi, esito di rimaneggiamenti successivi. In generale le finestre sono dotate di infissi in legno, vetri singoli e scuri in legno.

Nel fienile le aperture presentano chiusure a gelosia oppure sono lasciate vuote. Nella stalla le finestre presentano infissi in metallo o legno, vetri singoli e chiusure, ove presenti, in legno.

Gli interventi compatibili: riduzione del fabbisogno di energia

I SOLAI A TERRA: IL CASOLARE

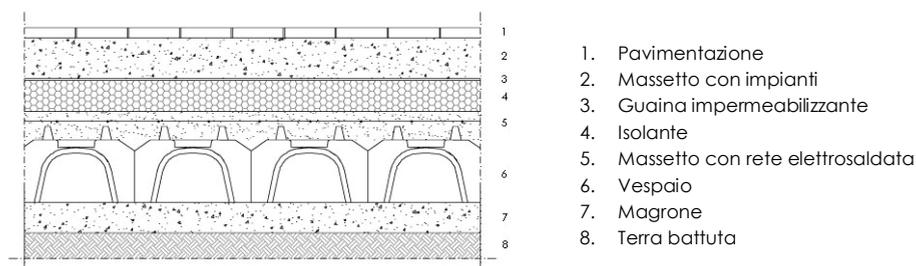
A causa dell'impossibilità di conoscere quale sia realmente la stratigrafia dei solai a terra esistenti, si ipotizza che siano composti da una pavimentazione posata sulla caldana, stesa a sua volta su uno strato di terra battuta.

La differenziazione dell'intervento riguarderà la possibilità di diminuire l'altezza di interpiano, di scavare e di mantenere o rimuovere la pavimentazione.

Lo stato di fatto del casolare presenta una grande eterogeneità di altezze interpiano per ciò che riguarda il piano terra.

In generale, è possibile rimuovere la pavimentazione in quanto non di pregio e, dove le altezze lo consentono, è possibile modificare la quota del pavimento di circa 10 cm, senza creare problemi alle porte o ai davanzali delle finestre, mentre in alcuni casi è possibile scavare, abbassando il livello del pavimento per rendere uniforme la quota.

In linea generale si propone l'intervento di rimozione degli strati esistenti e l'inserimento di un nuovo solaio (CODICE ST.P.6).



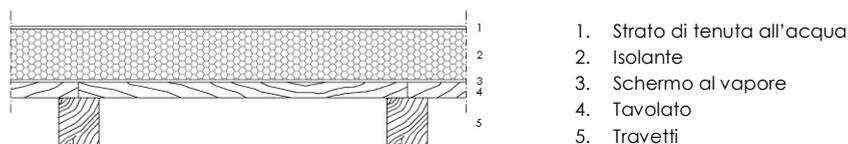
Laddove non si possa scavare così tanto si può pensare di eliminare il massetto porta impianti oppure optare per una soluzione a secco.

Per quanto riguarda invece il solaio a terra della cantina, oggi in terra battuta, l'intervento che comunque andrà fatto per inserire la pavimentazione non prevederà né il massetto porta impianti né la coibentazione, in quanto si prevede di mantenerne la destinazione d'uso come ambiente non riscaldato.

I SOLAI INTERPIANO: IL CASOLARE

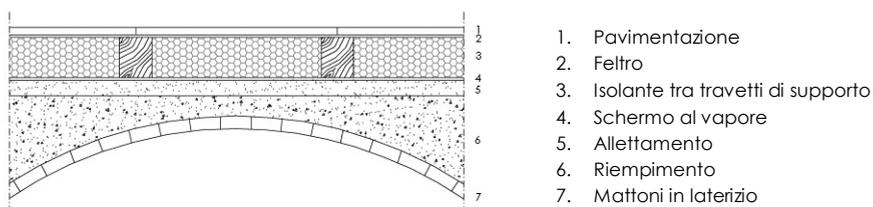
I solai interpiano, per la maggior parte, non richiedono di essere coibentati in quanto posti tra ambienti ugualmente riscaldati.

Un'eccezione riguarda il solaio che separa il piano primo dal sottotetto nelle abitazioni 2 e 3. Qui le altezze, tali da non consentire l'accesso in piedi, rendono il locale non utilizzabile e quindi non riscaldato. La soluzione è quindi quella di coibentare il sottotetto, non praticabile, all'estradosso (CODICE SI.P.3).



Una situazione differente si individua nell'abitazione 3. Solo qui infatti è presente una cantina, il cui solaio a volta deve essere coibentato, volendo mantenere la medesima destinazione d'uso del locale interrato.

La scelta è quella di intervenire all'estradosso del solaio, sia per esigenze di altezza e conservativa al piano inferiore, sia perché è possibile alzare di circa 10 cm la quota del pavimento senza creare problemi di altezza interpiano né di altezze delle porte. Le finestre invece andranno comunque integrate con un piccolo elemento in ferro atto a riparare dalle cadute in quanto già ora presentano un'altezza dal pavimento di 80 cm, insufficiente secondo le attuali normative. (CODICE V.P.2 però rimuovendo la pavimentazione esistente.)



LE COPERTURE: IL CASOLARE

Osservando i prospetti del casolare si può notare come la copertura dell'abitazione 3 sia completamente indipendente e più alta rispetto a quella delle altre due, anche se è facile immaginare che ciò sia frutto della ristrutturazione successiva, e che in origine fosse tutta unita.

Sull'abitazione 3 quindi, in considerazione del fatto che la copertura è in buone condizioni e che l'isolamento è già stato posto nei solai di separazione tra il sottotetto e il piano primo, non si interviene.

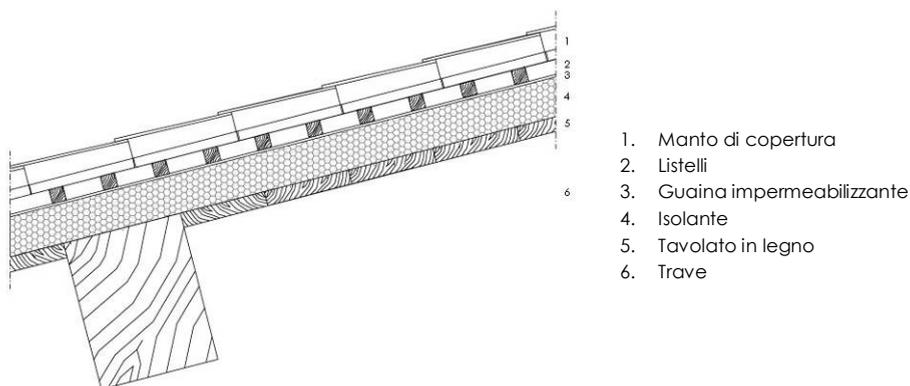
Le coperture delle altre due abitazioni necessitano invece di un intervento.

Per quanto riguarda l'abitazione 1, sarà necessario coibentare tutta la copertura, compresa quella della torretta, in considerazione del fatto che i sottotetti, pur non avendo l'altezza media utile per essere considerati abitabili, possono prevedere un utilizzo che richieda di riscaldarli. L'abitazione 2 non richiede coibentazione ma, trattandosi di una copertura unica è necessario che le differenti successioni di strati del dettaglio tecnologico abbiano altezze omogenee.

Sicuramente, volendo mantenere la torretta come elemento di spicco dell'edificio, è opportuno non alzare la quota del tetto esistente, se non di pochi cm, in modo da rimanere al di sotto della cornice più bassa della torretta.

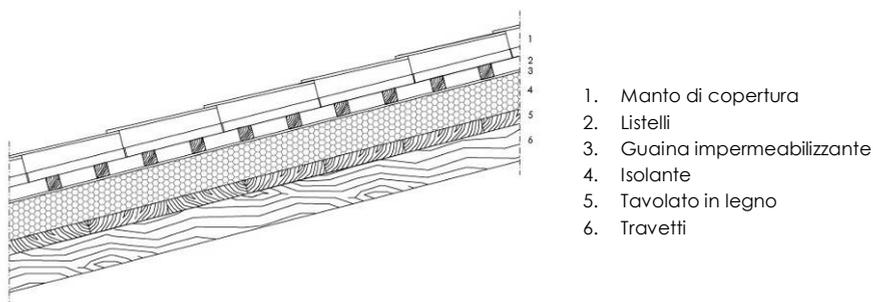
In entrambi i casi il tetto di presenta in condizioni critiche, con alcune parti ammalorate e andamento ondulante. In considerazione dell'entità dei lavori da fare si potrà prevedere un tipo di lavoro diverso.

Gli interventi prevederanno in ogni caso la rimozione temporanea dei coppi e l'inserimento di uno strato di tenuta all'acqua, che impedisca le infiltrazioni. La copertura dell'abitazione 2 verrà, per il resto, mantenuta inalterata, mentre la copertura dell'abitazione 1, a contatto con l'ambiente riscaldato, verrà coibentata all'intradosso, nello spazio tra i travetti. (CODICE C.P.1 ma con i listelli al posto del tavolato in legno). La vista da sotto qui verrà resa uniforme con l'applicazione di un tavolato in legno fissato ai travetti esistenti.



Per quanto riguarda la torretta la soluzione ideale è quella di isolare la copertura dopo aver temporaneamente rimosso i coppi e i listelli, facendo grande attenzione a non modificare la pendenza della stessa. Si opta per la soluzione di lasciare il più possibile a vista la struttura, quindi anche i travetti, per una motivazione del tutto estetica, legata alla suggestione dello spazio.

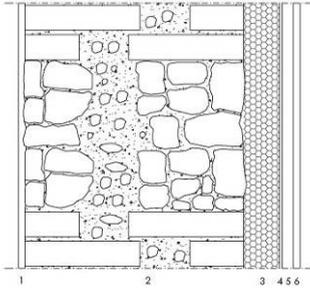
Non si prevede l'intercapedine ventilata per una duplice motivazione: da un lato per non aumentare troppo lo spessore della copertura, che risulterebbe molto visibile, e dall'altro perché si intende utilizzare un altro sistema per il raffrescamento estivo. (CODICE C.P.5 ma senza intercapedine ventilata)



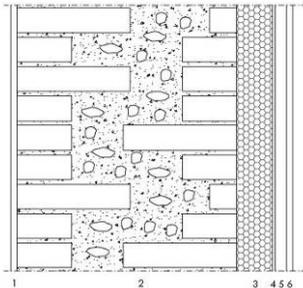
LE MURATURE: IL CASOLARE

Anche in tema di murature si trova una netta differenza tra le abitazioni 1e 2 e l'abitazione 3. Le prime due, parzialmente intonacate, fanno presupporre che tutto il casolare fosse intonacato. L'ultima invece presenta una tessitura precisa in mattoni faccia a vista sicuramente frutto del rimaneggiamento sostanziale in occasione della ristrutturazione.

Nonostante lo stato delle facciate e la scelta di intonacare tutte le superfici possa far propendere per un intervento dall'esterno, la necessità di lasciare invariata la torretta con le sue forme e i suoi aggetti, è necessario intervenire dall'interno. (CODICE M.P.5).



1. Intonaco
2. Muratura in pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio a sacco
3. Isolante
4. Schermo al vapore
5. Rivestimento interno
6. Intonaco



3. Intonaco
4. Muratura in laterizio a sacco
5. Isolante
6. Schermo al vapore
7. Rivestimento interno
8. Intonaco

LE APERTURE: IL CASOLARE

Per quanto riguarda le aperture si presentano con infissi in legno e vetri singoli, anche se con delle differenze tra le abitazioni 1 e 2 e l'abitazione 3.

In considerazione della mancanza di pregio storico-estetico e delle condizioni in cui versano, si è optato per la rimozione di tutti gli infissi, allo scopo di sostituirli con nuovi infissi in legno, il cui disegno geometrico sarà ricavato dalle poche finestre rimaste, vetri doppi con intercapedine d'aria e scuri in legno, in tutte e 3 le abitazioni.

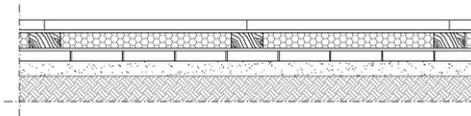
Riduzione del fabbisogno di energia: la stalla fienile

I SOLAI A TERRA: LA STALLA FIENILE

La stalla, presenta un pavimento in cotto, a diverse altezze, come richiedeva la destinazione d'uso, con ogni probabilità posato su uno strato di terra battuta per mezzo di uno strato di allettamento.

L'altezza di interpiano è, in chiave, di 2,80 m. Ciò permette di alzare di alcuni cm la quota del pavimento; ciò accade, inoltre, senza creare scompensi nelle porte e alle altezze minime dei davanzali delle finestre.

Volendo preservare la pavimentazione per il futuro, in quanto, come detto, tipica della tipologia, si opta per una posa a secco dell'isolante e della pavimentazione (CODICE ST.P.1 ma più basso). Tale sistema permetterà anche di rendere omogeneo il pavimento dal punto di vista delle altezze, sfruttando gli spazi delle parti a quota inferiore, se necessario, per il passaggio degli impianti.



1. Pavimentazione
2. Feltro
3. Isolante tra i supporti
4. Strato di tenuta all'acqua
5. Pavimentazione esistente
6. Caldana
7. Terra battuta

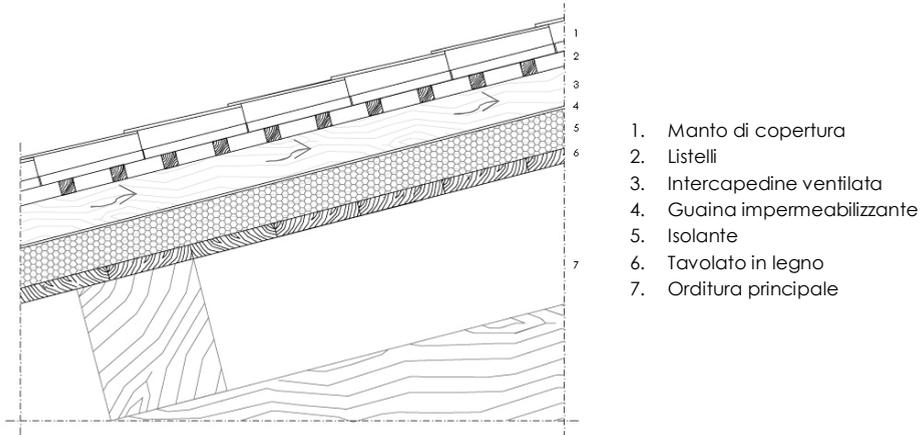
I SOLAI INTERPIANO: LA STALLA FIENILE

Il solaio interpiano non viene considerato ai fini energetici, in quanto si prevede di utilizzare entrambi i piani come spazi riscaldati della casa.

LA COPERTURA: LA STALLA FIENILE

L'intervento sulla copertura del fienile può essere realizzato all'estradosso, in quanto non vi sono vincoli di altezza.

Tale soluzione, che prevede la temporanea rimozione di manto, listelli e travetti, presenta il vantaggio di lasciare a vista l'orditura principale, composta da capriate in buono stato e soprattutto di rilevanza tipologica. Durante l'intervento sarà possibile, e necessario, sostituire gli elementi ammalorati.



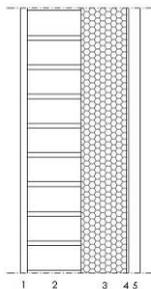
1. Manto di copertura
2. Listelli
3. Intercapedine ventilata
4. Guaina impermeabilizzante
5. Isolante
6. Tavolato in legno
7. Orditura principale

LE MURATURE: LA STALLA FIENILE

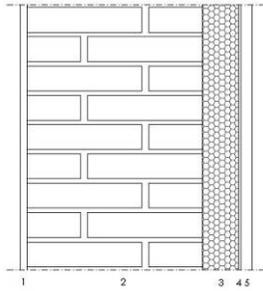
In considerazione di alcune caratteristiche esterne del fienile, come la cornice in sommità e il ridottissimo sporto del tetto, da mantenersi tale, la scelta è quella di intervenire con l'isolamento interno.

La situazione delle murature è differente per stalla e fienile. Nel fienile, come visto, vi sono due differenti spessori, uno in corrispondenza dei pilastri, che fungono da sostegno per le travi del tetto, e un altro per i muri di tamponamento.

Applicando l'isolante all'interno (CODICE M.P.5), anche se con diverso spessore per raggiungere prestazioni simili, è possibile mantenere a vista la cadenza dei pilastri senza rendere omogenea la parete. Tale scelta deriva dalla volontà di mantenere l'attuale impianto che, unito alla copertura a padiglione con orditura lasciata a vista, riveste un interesse estetico e tecnologico.



1. Intonaco
2. Muratura in mattoni pieni
3. Isolante
4. Schermo al vapore
5. Rivestimento interno



1. Intonaco
2. Muratura in laterizio a sacco
3. Isolante
4. Schermo al vapore
5. Rivestimento interno

LE APERTURE: LA STALLA –FIENILE

Gli infissi delle aperture della stalla verranno sostituiti con infissi in legno e vetrocamera, con chiusure in legno che richiamino quelle del casolare.

Le aperture del fienile, oggi senza infissi, saranno quelle che subiranno maggiori cambiamenti: ciascuna sarà chiusa da infissi con vetrocamera, apribili sono in parte, ancorati al filo interno della parete, in modo da mantenere inalterato, per quanto possibile, il rapporto tra pieni e vuoti.

Gli interventi compatibili: i sistemi passivi nel casolare

I sistemi passivi sono strettamente legati all'orientamento e alla morfologia della costruzione, per tale motivo anche qui è necessario trattare separatamente il casolare e la stalla-fienile.

Per quanto riguarda il casolare, la disposizione dell'edificio lungo l'asse est-ovest, la migliore dal punto di vista bioclimatico, espone a nord e a sud la superficie maggiore delle facciate, creando su un lato un elevato soleggiamento d'estate e sull'altro un'ampia area esposta ai venti freddi in inverno.

In entrambi i casi, ci si può avvalere della vegetazione per ridurre l'intensità del problema. A nord sarà importante collocare alberature sempreverdi e compatte, in modo da creare una barriera antivento. A sud, una vegetazione di alto fusto permetterebbe un'efficace protezione dall'irraggiamento solare e, se a foglia caduca, consentirebbe l'ingresso della radiazione in inverno.

L'unica considerazione da farsi è che il posizionamento di tale vegetazione dovrà essere accuratamente studiata in quanto proprio a sud del casolare si trova la corte centrale che fa da fulcro all'insediamento. Gli alberi disposti non dovranno snaturare tale impianto, che deve rimanere ben percepibile.

In questo particolare insediamento si può notare come il portico del casolare sia posizionato in modo insolito e abbia un'altezza altrettanto insolita.

Come detto più volte nel corso della trattazione, le considerazioni fatte in merito alle disposizioni e ai diversi stati di fatto, frutto di studi precedenti, non riescono a comprendere tutti i casi esistenti. E' da considerare inoltre che, in alcuni casi, la disposizione delle parti avveniva per esigenze diverse dai fattori climatici.

Tale portico contribuisce comunque, anche se in maniera ridotta, a proteggere il piano terra dell'abitazione 1 dal sole quando esso si trova ad ovest.

Per ciò che concerne la ventilazione naturale si è verificato come nel casale, nonostante le aperture siano poste correttamente su lati opposti, in modo da favorirla, le partizioni e le aperture interne la rendono di fatto più debole e difficoltosa. L'intervento quindi dovrà tenere in considerazione anche questo aspetto nella nuova suddivisione degli ambienti, in modo da consentire un'efficace raffrescamento per ventilazione trasversale.

Sempre in tema di ventilazione, è possibile mettere in atto altri due sistemi di raffrescamento naturale: nell'abitazione 1 utilizzando la torretta e nell'abitazione 3 sfruttando la cantina.

In particolare, nell'abitazione 1 la presenza di una struttura verticale che fuoriesce rispetto alla copertura della costruzione, permette di creare un torrino di estrazione. La torretta, allo stato attuale, presenta piccole aperture nella parte alta dei muri posti a sud e a nord. Allargando tali aperture, e dotandole di apposite chiusure trasparenti meccanizzate, è possibile creare una ventilazione che permetta di espellere l'aria calda che naturalmente sale verso l'alto. Tale intervento necessita di un apposito progetto che studi la corretta disposizione delle aperture, del vano scala e delle partizioni dei piani inferiori, in modo che il sistema serva a raffrescare l'intera abitazione.

L'abitazione 3, grazie alla presenza di due vani interrati, può sfruttare la ventilazione verticale. Gli ambienti interrati, come è noto, per il loro essere a diretto contatto con il terreno, offrono un ambiente fresco anche in estate. Tali ambienti possono fungere da pozzo termico se l'aria fresca viene convogliata ai piani superiori, spingendo l'aria calda verso l'alto, dove devono essere predisposte apposite aperture per farla fuoriuscire. Tale sistema richiede, come nel caso del torrino, che la distribuzione di aperture e partizioni verticali sia opportunamente

disposta in modo da utilizzare il vano scala come una sorta di camino, che partendo dalla cantina convoglia l'aria via via riscaldata portandola verso l'alto. Un'alternativa è quella di praticare diverse piccole aperture nel solaio interpiano tra la cantina e il piano terra, in modo che l'aria passi immediatamente al piano superiore. Tale sistema, di più immediata messa in pratica, richiede però un intervento sul solaio, l'applicazione di grate nel pavimento del piano terra e permette di raffrescare solo gli ambienti a diretto contatto con quelli interrati. Infine, un sistema finalizzato al raffrescamento può essere messo in atto nelle abitazioni 2 e 3, dotate di sottotetto non praticabile. Predisponendo delle aperture sulle murature esterne opposte del sottotetto, in questo caso già presenti nell'abitazione 2, è possibile realizzare una ventilazione passante, allo scopo di ridurre surriscaldamento e umidità.

Gli interventi compatibili: i sistemi attivi nel casolare

Il discorso relativo agli impianti meccanici può essere fatto in modo unitario, in quanto le abitazioni, da questo punto di vista, presentano le stesse caratteristiche. Per quanto riguarda i sistemi attivi da inserirsi nelle abitazioni del casolare, in considerazione dell'inerzia termica raggiunta dalle pareti e delle soluzioni passive descritte sopra, non si ritiene necessario inserire un impianto di raffrescamento.

Al contrario, si rende necessario l'inserimento di un sistema di riscaldamento.

La soluzione arriva dallo stato di fatto, che in ciascuna abitazione presenta uno o più camini al piano terra. Tale sistema di riscaldamento è positivo in quanto utilizza come combustibile materiali vegetali disponibili in loco ed è caratterizzato da una buona velocità di riscaldamento degli ambienti. In alternativa alle versioni tradizionali, possono essere messi in opera stufe e caminetti di nuova generazione ad alto rendimento, che utilizzano i pellets come materiale da combustione.

L'intervento può essere quindi quello di riutilizzare i camini per scaldare l'intera abitazione. Se al piano terra si può contare sulla diffusione naturale del calore, al piano primo è necessario mandare l'aria calda con l'ausilio di appositi ventilatori. Anche in questo caso è possibile utilizzare il sottotetto per posizionare il sistema di canalizzazioni che convoglia l'aria calda in tutte le stanze del piano primo, attraverso griglie poste a soffitto.

Gli interventi compatibili: i sistemi passivi nella stalla-fienile

Per quanto riguarda la stalla-fienile, le considerazioni generali da farsi sono simili a quanto detto per il casolare.

Anche qui infatti il portico è posizionato sui lati nord e ovest, e non vi è alcun sistema di protezione del sole a sud. La differenza qui riguarda le aperture sul lato sud: del tutto inesistenti nel fienile e molto piccole nella stalla.

In ogni caso si ritiene utile posizionare una vegetazione ad alto fusto, a foglia caduca, da questa parte, in modo da evitare il surriscaldamento della muratura in estate e consentirne l'irraggiamento in inverno.

Ai fini di consentire un'efficace ventilazione e illuminazione degli spazi, si propone di aprire delle finestre sul lato sud del fienile, con forme e dimensioni che le armonizzino con il resto dell'edificio.

Gli interventi compatibili: i sistemi attivi nella stalla-fienile

L'edificio stalla-fienile, destinato ad unica abitazione, si presenta interamente riscaldato. In considerazione della consistente altezza del piano primo sarà possibile predisporre un soppalco che permetta la fruizione di tutto lo spazio.

Per ciò che riguarda il riscaldamento, si opta per l'inserimento di un sistema radiante a pavimento, in quanto è possibile intervenire sulla pavimentazione di entrambi i piani. Il sistema così predisposto potrà essere utilizzato anche per l'impianto di raffrescamento, qual'ora si decidesse di inserirlo.

Il sistema di generazione potrebbe essere una pompa di calore ad aria o geotermica.

In generale, dal punto di vista delle energie rinnovabili, considerando l'area a verde a disposizione dietro il fienile, non ombreggiata da altri elementi o edifici, è possibile pensare di mettere in sito collettori solari che permettano di produrre l'energia elettrica utile anche a far funzionare la pompa di calore. In alternativa, qual'ora fosse concesso, in considerazione del fatto che la falda a sud è quella del prospetto retrostante, si potrebbe invece optare per la disposizione dei pannelli solari fotovoltaici o termici sul tetto.

CORTE INZANI



Il complesso rurale di Corte Inzani è situato nel territorio di Sant'Ilario, in provincia di Reggio Emilia. Risalente ai secoli XV-XVI, l'insediamento presenta tipologia a corte chiusa a quadrilatero a elementi separati (CODICE 3.2.2). Gli elementi che lo compongono sono: la villa padronale, la stalla-fienile, la barchessa, la torre colombaia, l'oratorio, l'abitazione contadina, il casello, il caseificio, i protoservizi e la cinta muraria.

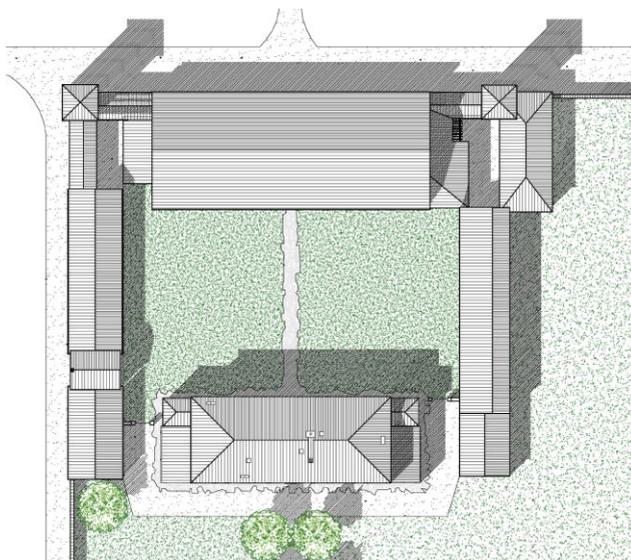


Fig. 90 planivolumetrico

L'insediamento si trova in un contesto tipico di campagna, con campi coltivati e aree verdi che lo circondano e, a pochi km di distanza, il torrente Enza.

La vegetazione, a foglia caduca, ha una presenza molto ridotta, per lo più con funzione ornamentale nel viale di ingresso.



Fig. 91 foto aerea

Lo stato di conservazione generale della villa è discreto, con ovvie differenze tra gli elementi, frutto soprattutto dei diversi utilizzi e dei successivi rimaneggiamenti.

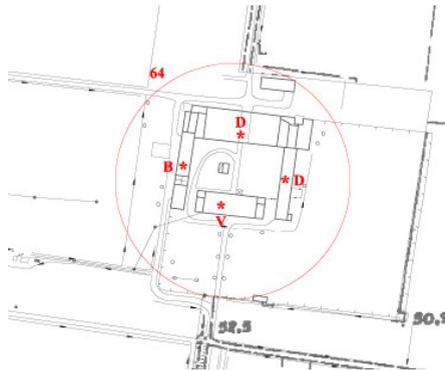


Fig. 92 estratto del PRG del Comune di Sant'Ilario

Il complesso è un bene culturale, e come tale è sottoposto a vincolo della Soprintendenza.

"Nell'ambito di interesse storico-paesaggistico Villa Spalletti - Corte Inzani, individuato con apposito perimetro nelle tavole di piano, va tutelato lo specifico carattere dell'assetto agricolo strutturato su un sistema di assi ortogonali costituiti da viali, filari alberati, siepi, fossi, strade poderali, raccordati alla regolare distribuzione delle corti coloniche; gli elementi vegetazionali, documentati da apposito elaborato allegato al piano (tavv.5 e 6 dello Studio sul paesaggio e sistema agroambientale), vanno conservati, tutelati e sostituiti nel caso di deperimento; alla loro conservazione o ripristino é subordinato qualsiasi intervento, compreso il mutamento d'uso, relativo a edifici ricadenti nella stessa proprietà; le strade poderali esistenti

vanno conservate nel tracciato e nei caratteri morfologici; eventuali interventi riguardanti nuove canalizzazioni o strade poderali vanno valutati in rapporto all'impianto esistente; va incentivato l'inserimento di elementi naturali lineari (siepi, filari) purché raccordati all'impianto esistente; non sono ammesse colture arboree o impianti alberati che impediscano dalla v. Emilia la percezione d'insieme dell'area; all'interno dell'ambito non sono ammesse nuove costruzioni ma solo ampliamenti degli edifici esistenti non classificati "bene culturale", nel rispetto delle prescrizioni delle presenti norme"¹

Gli interventi ammessi dagli strumenti urbanistici vigenti sono: manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria e restauro e risanamento conservativo.

I progetti di intervento devono essere sottoposti al parere della Soprintendenza ma, in linea generale, gli edifici non possono essere modificati nell'aspetto esterno, in quanto oggetto di protezione.

"Prescrizioni specifiche: (...) per i complessi significativi per valore storico/architettonico/paesaggistico e complessità funzionale (villa Spalletti, corte Inzani, La Commenda) i singoli interventi vanno definiti nell'ambito di un unico progetto di tutela e recupero che riguardi in modo contestuale le funzioni previste, gli interventi edilizi e la sistemazione degli spazi esterni."²

Considerazioni sul caso di studio

L'analisi del caso di studio, data l'estensione del complesso, si è concentrata su un elemento specifico, la villa padronale, scelta per le particolari caratteristiche che la contraddistinguono dai precedenti casi..

La villa, risalente al 1667, come si rileva da un'iscrizione su un mattone, è un volume compatto, a pianta rettangolare, sviluppato su 4 livelli e coperto da un tetto a quattro falde con campaniletto a vela al vertice.



Fig. 93 vista della villa padronale

¹ Piano Regolatore Generale del Comune di Sant'Ilario, art. 18.3, comma c.

² Ibidem, allegati 1, art. 2, comma g.

L'edificio si sviluppa sull'asse est-ovest (CODICE O.1), con una lieve inclinazione rispetto all'orizzontale, e la facciata principale è rivolta a sud.

La vegetazione consiste in alberi ad alto fusto, a foglia caduca, concentrati sul lato sud della villa (CODICE V.1).

Per quanto riguarda lo stato di conservazione, l'edificio si presenta in discreto stato, con prospetti che presentano degrado materico diffuso ma in una situazione di generale integrità strutturale. L'intonaco, che presumibilmente in origine ricopriva tutte le facciate, è ormai del tutto eroso, e lascia scoperta la muratura. L'interno si presenta in linea generale in buono stato, con affreschi sulle volte e alle pareti. La situazione più problematica riguarda il piano interrato, interessato in maniera significativa da umidità di risalita.

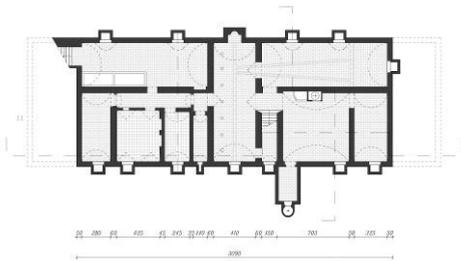


Fig. 94 pianta piano interrato

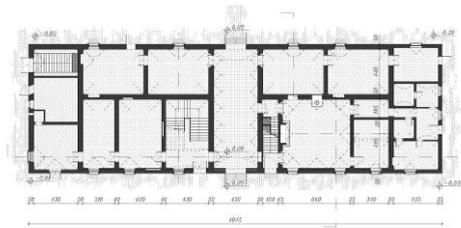


Fig. 95 pianta piano terra

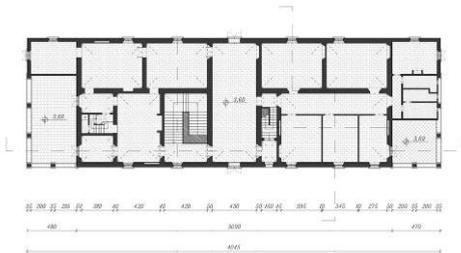


Fig. 96 pianta piano primo

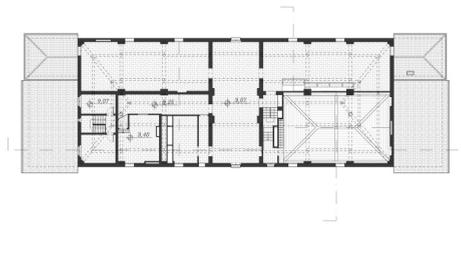


Fig. 97 pianta piano secondo

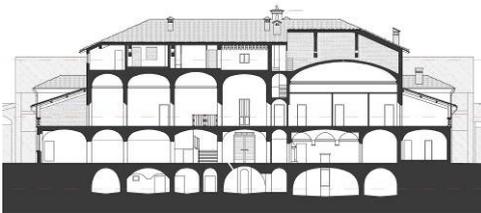


Fig. 98 sezione longitudinale

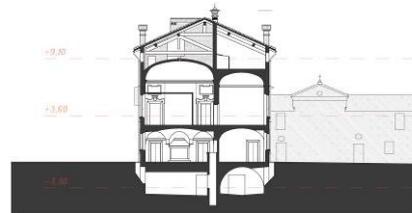


Fig. 99 sezione trasversale

Le invarianti tipologiche



Fig. 100 l'aspetto esterno dell'edificio



Fig. 101 volte e affreschi sui solai



Fig. 102 affreschi sulle pareti

L'analisi delle parti

I SOLAI A TERRA



Fig. 103 estradosso del solaio della cantina

L'impossibilità di effettuare carotaggi e l'assenza di parti dissestate o rimosse, non ha permesso di individuare quale sia la stratigrafia dei solai a terra.

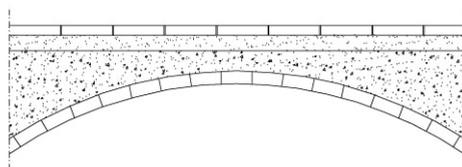
I SOLAI INTERPIANO



Fig. 104 intradosso di un solaio tipo



Fig. 105 estradosso di un solaio tipo



SOLAIO IN LATERIZIO A VOLTA

1. Pavimentazione
2. Strato di allettamento
3. Riempimento
4. Mattoni in laterizio posti di piatto

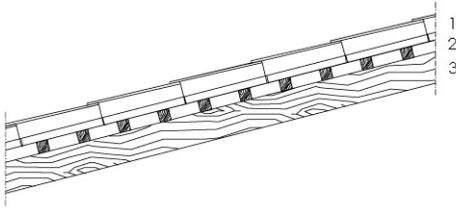
LE COPERTURE



Fig. 106 copertura del lato sud-ovest



Fig. 107 copertura del lato sud-est



COPERTURA IN LEGNO SEMPLICE

1. Manto di copertura
2. Listelli
3. Travetti

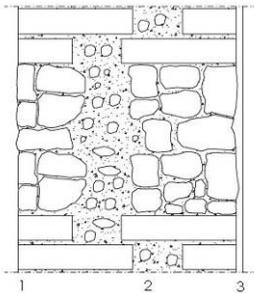
LE MURATURE



Fig. 108 esterno della muratura



Fig. 109 interno della muratura



MURATURA MISTA IN PIETRA E LATERIZIO

1. Muratura in pietra di varie pezzature mista a mattoni pieni in laterizio a sacco
2. Intonaco

Nota: spessore = 50 cm

LE APERTURE



Fig. 110 vista dall'esterno delle aperture



Fig. 111 vista dall'interno di un tipo di infisso



Fig. 112 vista dall'interno di un tipo di infisso

Nell'abitazione si individuano diverse tipologie di infissi, esito di rimaneggiamenti successivi. In generale le finestre sono dotate di infissi in legno, vetri singoli e scuri in legno.

GLI INTERVENTI COMPATIBILI

La situazione dello stato di fatto emersa dall'analisi è molto differente dai casi precedenti. Qui infatti si riscontrano vincoli più restrittivi che rendono l'edificio difficile da modificare.

Tenendo in considerazione l'estensione della villa, e i collegamenti verticali già presenti, è possibile suddividerla in 4 unità abitative, due composte da piano terra e piano interrato e due composte da piano primo e sottotetto. L'ambiente caratteristico delle ville padronali, che esattamente a metà della casa e la attraversa, verrà mantenuto come spazio comune di ingresso e distribuzione sia al piano terra che al piano primo.

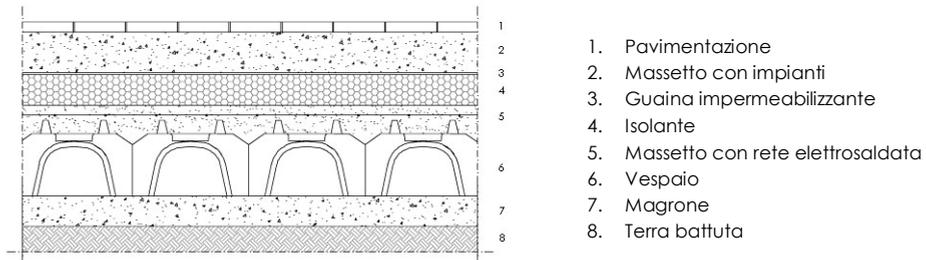
Riduzione del fabbisogno di energia

I SOLAI A TERRA

Il solaio a terra del piano interrato, che con ogni probabilità è posato direttamente sullo strato di terra sottostante, presenta il problema dell'umidità di risalita.

Anche se mantenere la pavimentazione esistente sarebbe la scelta migliore dal punto di vista conservativo, è necessario intervenire per evitare che l'umidità continui a creare danni alla costruzione.

Si dovrà quindi rimuovere la pavimentazione esistente di tutte le cantine ed effettuare uno sbancamento che permetta l'inserimento di un nuovo solaio dotato di vespaio e di isolamento termico. (CODICE ST.P.6).



I SOLAI INTERPIANO

Tutte le strutture orizzontali presenti nell'edificio sono a volta, di varie forme e dimensioni, e pertanto sono una caratteristica non modificabile.

In linea generale, trattandosi di piani ugualmente riscaldati la maggior parte dei solai non avrà bisogno di interventi.

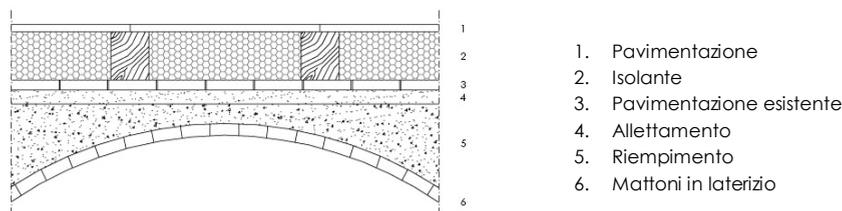
Discorso a parte merita parte del solaio posto tra il piano primo e il sottotetto.

Due sono le questioni: l'ambiente centrale che al piano primo è utilizzato come ambiente di distribuzione, quindi non riscaldato, qui diventa un ambiente riscaldato, in quanto appartenente ad una delle abitazioni e il sottotetto posto sopra il salone principale del piano primo, che non è praticabile in quanto occupato dall'estradosso della volta.

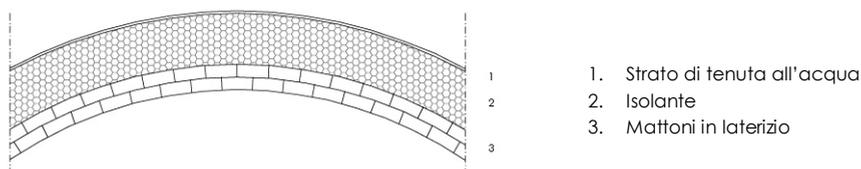
Entrambi i solai saranno isolati all'estradosso, ma in maniera differente.

Nell'ambiente centrale si eliminerà, se possibile, la pavimentazione esistente ma, in ogni caso, si poserà a secco un idoneo strato di isolante e la nuova

pavimentazione, per un innalzamento massimo della quota del pavimento di 10 cm (CODICE V.P.2).



L'estradosso della volta richiede un intervento di isolamento reversibile e di poco peso. La soluzione più idonea appare quindi quella dell'isolamento all'estradosso, posato a secco, con un isolante in fibre, come la lana. (CODICE SI.P.3 ma applicato alla volta).



LE COPERTURE

La copertura rientra nel vincolo di non modificabilità dell'aspetto esterno.

In considerazione del fatto che tale copertura è posta a contatto sia con ambienti riscaldati che con ambienti non riscaldati sarà necessario intervenire, pur in modo differente, mantenendo ovunque la stessa altezza all'estradosso.

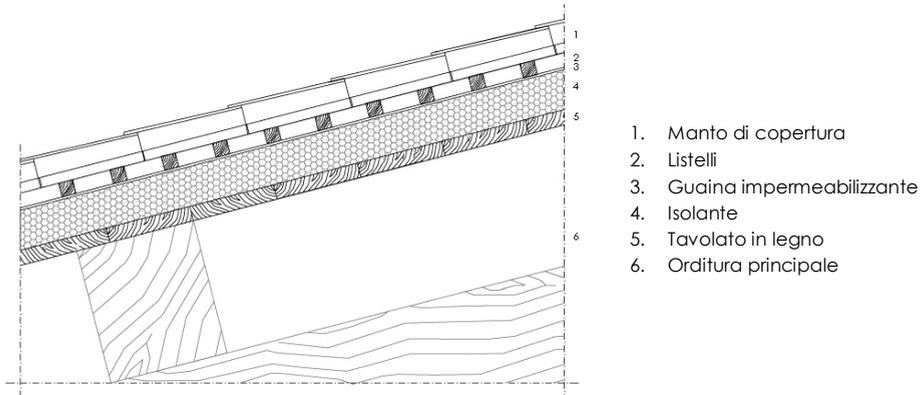
L'intervento migliore è quindi quello di agire all'intradosso, da un lato inserendo solo una guaina per le infiltrazioni di acqua e dall'altro isolando tra i travetti.

In particolare l'intervento prevederà la temporanea rimozione del manto in coppi e dei listelli, allo scopo di permettere la sostituzione degli elementi ammalorati.

Le travi, dal momento che saranno lasciate a vista, se degradate dovranno essere sostituite con elementi simili per tipo di legno, dimensioni e lavorazioni.

Successivamente si procederà con l'isolamento dei travetti nella parte a contatto con gli ambienti riscaldati (CODICE C.P.2 ma con i correntini al posto del tavolato e i travetti orditi nell'altra direzione).

Su tutta la copertura poi si stenderà lo strato di tenuta all'acqua e si riposizioneranno i listelli e i coppi. I listelli, a contatto con l'aria esterna, permetteranno una micro ventilazione della copertura.



LE MURATURE

Le murature del piano interrato, essendo a contatto con il terreno, presentano problemi estesi di umidità di risalita.

L'intervento quindi consisterà necessariamente, oltre all'intervento sul solaio a terra, nella creazione di un drenaggio in pietrame posto in adiacenza ai muri da risanare e nella sistemazione di un tubo drenante che permetta l'allontanamento delle acque così raccolte.

A causa della presenza di solai a volta, non è possibile agire sul lato interno delle murature dei piani interrato.

L'intervento sulle murature esterne si presenta di difficile attuazione. Non potendo modificare l'aspetto esterno, trattandosi di bene culturale, l'unica soluzione appare quella di agire all'interno; così facendo però si andrebbe ad alterare pesantemente una caratteristica estetica peculiare dell'edificio, i solai a volta.

Ne deriva che la soluzione più idonea è quella di non intervenire sull'elemento, focalizzarsi sulle stratigrafie degli altri elementi tecnologici per compensare le dispersioni causate dalle parti su cui non è possibile intervenire.

Questo infatti è il tipico caso in cui la valenza storica, artistica, culturale, prevale sulle esigenze energetiche, per evitare che l'intervento porti ad un'alterazione irreversibile della struttura.

LE APERTURE

Tutte le aperture si dispongono sui fronti in modo ordinato e simmetrico rispetto ad un asse centrale, formando un insieme organico e compiuto.

Scuri e portoni, in generale in buono stato di conservazione, verranno recuperati e opportunamente puliti e consolidati. Gli infissi, che devono mantenersi in quanto parte integrante dell'aspetto estetico, verranno solo sostituiti dove incongrui.

In linea generale si manterranno gli infissi in legno esistenti, inserendo un vetrocamera per aumentarne le prestazioni energetiche.

Gli interventi compatibili: i sistemi passivi

I sistemi passivi che possono essere utilizzati per riscaldare e raffrescare l'edificio, sono strettamente legati all'orientamento e alla morfologia della costruzione.

Per quanto riguarda l'orientamento, la disposizione dell'edificio lungo l'asse est-ovest, la migliore dal punto di vista bioclimatico, espone a nord e a sud la superficie maggiore delle facciate creando, in linea teorica, da un lato un elevato soleggiamento estivo e dall'altro un'ampia area esposta ai venti freddi invernali.

Il caso specifico presenta già una soluzione ad entrambi i problemi: la facciata a sud è, come visto, protetta dalla vegetazione ad alto fusto a foglia caduca, che permette di attenuare la radiazione estiva senza intercettare quella invernale. Inoltre, le logge coperte poste ad est e a ovest permettono di schermare la radiazione estiva anche su questi lati.

Il lato nord invece è protetto nei confronti dei venti invernali dagli altri edifici che compongono la corte, e che offrono un'efficace barriera protettiva.

Un'adeguata ventilazione trasversale è resa possibile dalle aperture posizionate simmetricamente sui lati opposti ed è inoltre favorita dalle partizioni e aperture interne opportunamente disposte.

In tema di raffrescamento passivo, la presenza di cantine interrato permette di sfruttare, in estate, il fresco proveniente dalle strutture adiacenti al terreno.

Praticando, se possibile, delle aperture ai lati di tutte le volte del piano interrato, è possibile rinfrescare direttamente gli ambienti del piano terra, attraverso le aperture nel pavimento opportunamente protette da grate.

Nella villa tali aperture sono già presenti nell'ambiente centrale, e risultano oggi chiuse al piano terra con elementi incongrui rispetto al resto della pavimentazione.



Fig. 113 aperture nella volta del piano interrato



Fig. 114 chiusure incongrue sulla pavimentazione del piano terra

Infine, il sottotetto non praticabile ben si adatta alla realizzazione una ventilazione passante. La presenza di aperture su due lati, seppur adiacenti, consente infatti di ridurre surriscaldamento estivo e umidità.

Gli interventi compatibili: i sistemi attivi

L'inserimento di impianti in un edificio caratterizzato da vincoli stringenti, è sicuramente un aspetto critico.

Ai fini dell'efficienza energetica, per il riscaldamento la soluzione migliore è quella di installare un sistema di generazione unico per tutte le unità abitative, corredato di idonei contabilizzatori di calore.

In considerazione dei vincoli in essere e dello stato di fatto, il sistema di emissione per cui è necessario optare è quello a radiatori, non potendo installare alcun tipo di sistema radiante, il migliore dal punto di vista energetico.

Si provvederà quindi al posizionamento dei radiatori, dotati di valvole termostatiche, in ogni stanza e i relativi tubi saranno fatti passare in un'apposita canalina che scorrerà come una zoccolatura lungo i tutti i muri.

Sia i radiatori che la canalina dovranno essere curati dal punto di vista estetico, in modo che si integrino con il complesso.

Il sistema di generazione, che potrebbe essere una caldaia a condensazione o una pompa di calore ad aria, verrà posizionato nel sottotetto, in una stanza comune e centrale, accessibile da tutti attraverso un vano scala comune. In questo modo anche i problemi legati al passaggio della canna fumaria sono risolti.

Il passaggio dei tubi tra i piani avverrà attraverso la canna fumarìa, inutilizzata, dei due camini posti al piano terra.

Dal punto di vista del raffrescamento non si ritiene necessario inserire un impianto meccanico, in considerazione dei sistemi passivi messi in atto.

Infine, per quanto riguarda le energie rinnovabili, si ritiene che, se concesso, in considerazione degli ampi spazi verdi, potrebbero essere sistemati a terra collettori solari di impianti termici solari e fotovoltaici, allo scopo di soddisfare le esigenze di energia elettrica e acqua calda sanitaria di tutta la corte, in considerazione del fatto che, come prescrivono le normative, il progetto di riuso deve riguardare l'intero complesso.

La riqualificazione energetica degli edifici storici.
Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

PARTE IV.
LINEE GUIDA IN 10 PUNTI PER
LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
DEGLI EDIFICI STORICI RURALI

PREMESSA

A conclusione del lavoro si propone la raccolta degli esiti della ricerca, prefigurando 10 linee guida che possano fornire le indicazioni necessarie a tutti coloro che si trovino ad affrontare il tema della riqualificazione energetica degli edifici rurali, secondo un buon uso delle risorse tecniche e conoscitive dell'epoca contemporanea.

Il primo quesito che è emerso nella redazione di questo documento, ha riguardato una questione di natura terminologica. Ci si è chiesti se era più corretto parlare di "riqualificazione energetica" o di "miglioramento dell'efficienza energetica".

A rigor di termini, per miglioramento dell'efficienza energetica si intende "un incremento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, risultante da cambiamenti tecnologici, comportamentali, economici"¹; parlando di riqualificazione energetica ci si riferisce, invece, a quell'insieme di interventi che prevedono la ristrutturazione totale o parziale dell'edificio e/o degli impianti, allo scopo di migliorarne l'efficienza energetica.

E' parso quindi più appropriato definire queste indicazioni "*Linee guida in 10 punti per la riqualificazione energetica degli edifici storici rurali*", in modo da richiamare fin dal titolo la specificità degli edifici in questione. I 10 punti trattati sono: *la specificità degli edifici storici; i solai; le coperture; le murature; le aperture; il riscaldamento; il raffrescamento; la ventilazione; le fonti energetiche rinnovabili; la riqualificazione energetica degli edifici storici.*

Il testo si propone come strumento per stimolare la riflessione su un tema complesso, ma spesso sottovalutato, al fine di superare il concetto di deroga che permea gli interventi sugli edifici storici.

Questo poiché le problematiche connesse alla sostenibilità, che oggi costituiscono una parte fondamentale dell'architettura, non possono escludere ciò che riguarda la disciplina del restauro.

Nel senso proprio del termine guida, questi 10 punti mirano a dare un'impostazione metodologica, sintetizzando gli interventi possibili, ma evitando di suggerire soluzioni a priori.

¹ Decreto Legislativo 115/2008, art. 2, comma 1, lettera c.

In coerenza con una fruibilità operativa, l'obiettivo è offrire un quadro completo degli interventi compatibili sulla base delle modifiche attuabili, pur con la consapevolezza che i casi dimostrativi non esauriscono l'estrema varietà delle situazioni riscontrabili nella realtà.

La logica seguita è quella di affrontare la complessità delle questioni con un sintetico binomio problema-soluzione, dove gli interventi, suddivisi per ambito, sono organizzati secondo un ordine di restrizione crescente.

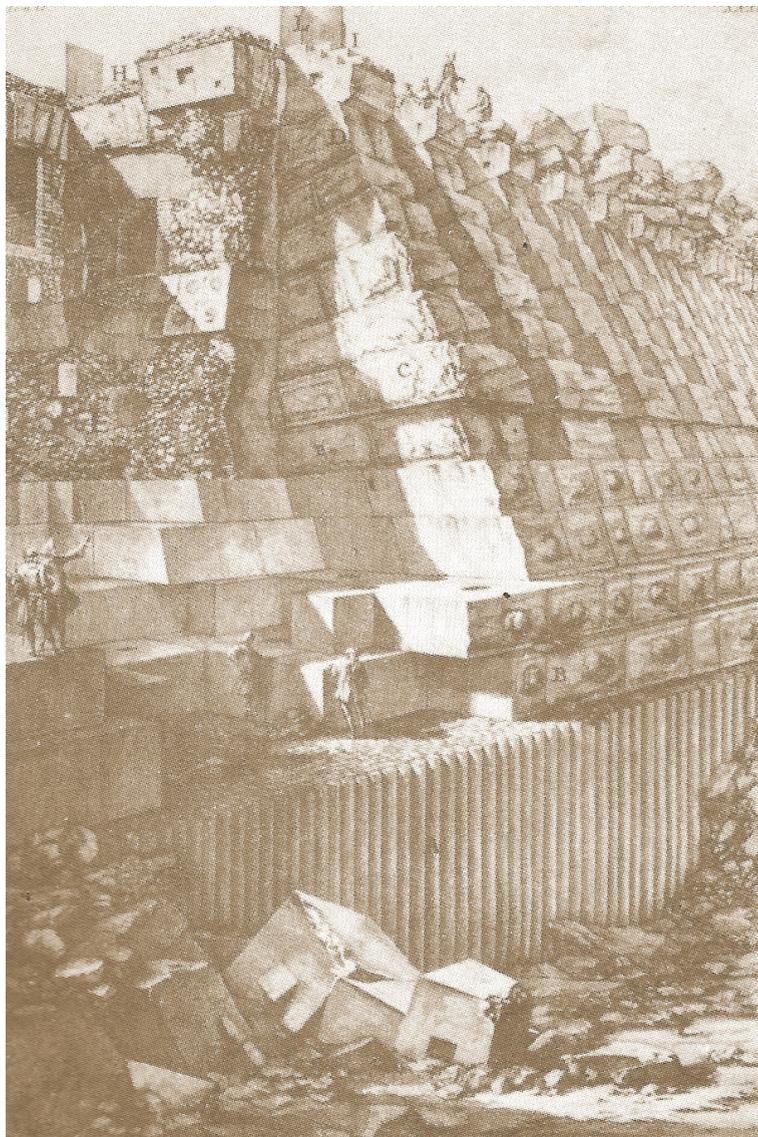
Il filo conduttore della messa a punto di un quadro di opzioni ottimali è la nozione di risanamento energetico su misura: ogni edificio ha infatti un suo carattere ed una sua storia che vanno rispettati, e per questo la proposta migliorativa sarà oggetto di interventi calibrati su quella storia e su quei caratteri.

Il punto di partenza è sempre un'accurata conoscenza dell'edificio e delle sue caratteristiche, al fine di capire come intervenire attraverso valutazioni "caso" per "caso".

Mettendo a frutto tanto le competenze provenienti dalla disciplina del Restauro, quanto le nuove acquisizioni, sperimentate anche di recente, nell'ambito della disciplina della Tecnologia e dell'Architettura Tecnica, si tratta di proporre, forse per la prima volta, un metodo unitario di intervento rivolto ad un patrimonio edilizio per lungo tempo dimenticato.

Tali linee guida rappresentano consapevolmente un documento sempre rivedibile e aggiornabile in quanto, avanzando le conoscenze e verificando gli studi sul campo, esso dovrà necessariamente adeguarsi agli sviluppi della conoscenza architettonica, sempre più finalizzata alla valorizzazione del patrimonio edilizio esistente.

PUNTO 1. LA SPECIFICITÀ DEGLI EDIFICI STORICI



Gli edifici storici sono oggi oggetto di una maggiore attenzione rispetto al passato, sia per la rinnovata sensibilità culturale al tema, che per una più rilevante protezione da parte della normativa.

Tali edifici infatti, elementi fondamentali delle città e del paesaggio, sono riconosciuti ormai unanimemente come testimonianza della nostra storia e delle nostre radici. Su queste basi è stata compresa la necessità che essi siano conservati e mantenuti in vita.

Un aspetto che non viene tenuto in dovuta considerazione, ma che caratterizza questi edifici, è la loro capacità di adattamento al contesto. Una nuova destinazione d'uso, derivata da nuove esigenze, permette che essi siano partecipi del nuovo tempo e ogni adattamento è, di fatto, legato alla compatibilità tra la nuova funzione e le caratteristiche dell'edificio specifico.

Molto spesso, nelle operazioni di riqualificazione energetica di costruzioni storiche, è possibile limitarsi a implementare le prestazioni degli elementi tecnici esistenti, in modo da non snaturarne le caratteristiche principali.

Lo studio approfondito delle strutture, permette di individuarne le criticità, al fine di intervenire con progetti mirati e soluzioni specifiche, di minor impatto rispetto ad interventi estesi ed acritici. In particolare è importante ricostruire le fasi costruttive del fabbricato e le successive modifiche subite nel tempo, al fine di individuare le zone di possibile discontinuità e disomogeneità delle murature, che possono essere causa di un incremento delle dispersioni, oppure la presenza di ambiti vuoti, che possono essere riutilizzati per altri scopi.

Un aspetto da non sottovalutare è il comportamento passivo di tali costruzioni, edificate quando, in assenza degli strumenti tecnologici di cui disponiamo oggi, non era possibile ignorare i fattori climatici, ma era necessario adottare specifici accorgimenti costruttivi per compensarne le variazioni. In questo senso era determinante la comprensione di aspetti singolari come il posizionamento, l'orientamento, i sistemi di ombreggiatura, il colore della superficie esterna, la dimensione e collocazione delle aperture, e altro ancora.

Tali sistemi, derivati dalla tradizione costruttiva da secoli trasmessa nella pratica edilizia, sono quasi sempre ancora presenti e, quando vengono integrati con le moderne conoscenze, permettono di ridurre l'inserimento di nuovi impianti eterogenei, e con essi, l'impiego di energia.

Per ottenere un edificio energeticamente efficiente, oggi, è necessario realizzare un involucro caratterizzato da bassissime dispersioni di calore ed in grado di sfruttare al massimo gli apporti energetici gratuiti di origine interna ed esterna.

In un edificio non risanato, le perdite maggiori sono quelle per trasmissione attraverso tutti gli elementi non coibentati che delimitano l'involucro.

In linea di principio sarebbe opportuno isolare tutto l'involucro riscaldato dalla parte esterna, in modo da ovviare al problema dei ponti termici, e mettere in opera infissi ad alte prestazioni. Questo intervento ideale è di difficile attuazione negli edifici storici, che spesso presentano nei prospetti caratteristiche che non possono essere nascoste.

In questo senso è necessario elaborare soluzioni "su misura".

Nel caso specifico degli edifici rurali, talvolta la normativa permette che siano eseguiti interventi invasivi, non riconoscendo in essi una rilevanza tale da renderli oggetto di tutela. In questi casi viene tralasciata, al di là dell'interesse storico-produttivo, l'importanza che questi edifici, nel loro complesso, rivestono nella definizione ambientale del paesaggio rurale, che dovrebbe invece essere considerato alla stregua di quanto accade per gli edifici collocati in un tessuto storico urbano, come un centro storico, soggetto a specifiche norme per conservarne il caratteristico aspetto d'insieme, anche in mancanza di specifiche valenze sulle singole costruzioni.

È quindi comunque opportuno, anche in assenza di obblighi normativi in questo senso, in considerazione della valenza storica, ambientale e paesaggistica che rivestono, sottoporre tali edifici ad un vero e proprio intervento di restauro.

In questo caso la conservazione e l'intervento di riqualificazione energetica risulteranno non più legati a vincoli imposti dall'organo preposto alla tutela, ma alla sensibilità delle competenze coinvolte nell'intervento.

I materiali adatti all'isolamento degli edifici storici sono quelli in fibre naturali, perché hanno buone proprietà isolanti e non bloccano il movimento dell'umidità, mantenendo un certo grado di traspirabilità, caratteristica delle costruzioni storiche.

I rischi principali derivati dall'umidità "imprigionata" infatti, sono legati al fenomeno della condensa, che causa un'accelerazione al processo di decadimento della costruzione.

Un corretto controllo del livello di umidità deriva, in linea generale, da un'adeguata ventilazione, dall'uso di materiali igroscopici, che permettono il movimento dell'umidità dentro e fuori i materiali da costruzione, e dalla minimizzazione di barriere al flusso di vapore.

Anche per quanto riguarda l'inserimento di nuovi impianti tecnologici, necessari per rendere adeguato l'edificio alle esigenze d'uso contemporanee, è importante valutarne la compatibilità con le caratteristiche peculiari del fabbricato in questione.

La migliore strategia in termini energetici è quella di agire in primo luogo sull'involucro, riducendo il fabbisogno energetico, per poi procedere all'inserimento di sistemi efficienti correttamente calibrati sulle nuove esigenze.

Nell'ottica della riqualificazione energetica, gli impianti da considerare sono essenzialmente quello di riscaldamento, quello di raffrescamento e l'eventuale ventilazione meccanica controllata, ed è necessario inoltre considerare che l'apparato tecnologico può rientrare tra i componenti esistenti da salvaguardare.

Per ciascun intervento, sia a livello di partizioni che di impianti, la progettazione deve essere eseguita mantenendo una visione complessiva degli aspetti concettuali, formali, e tecnici.

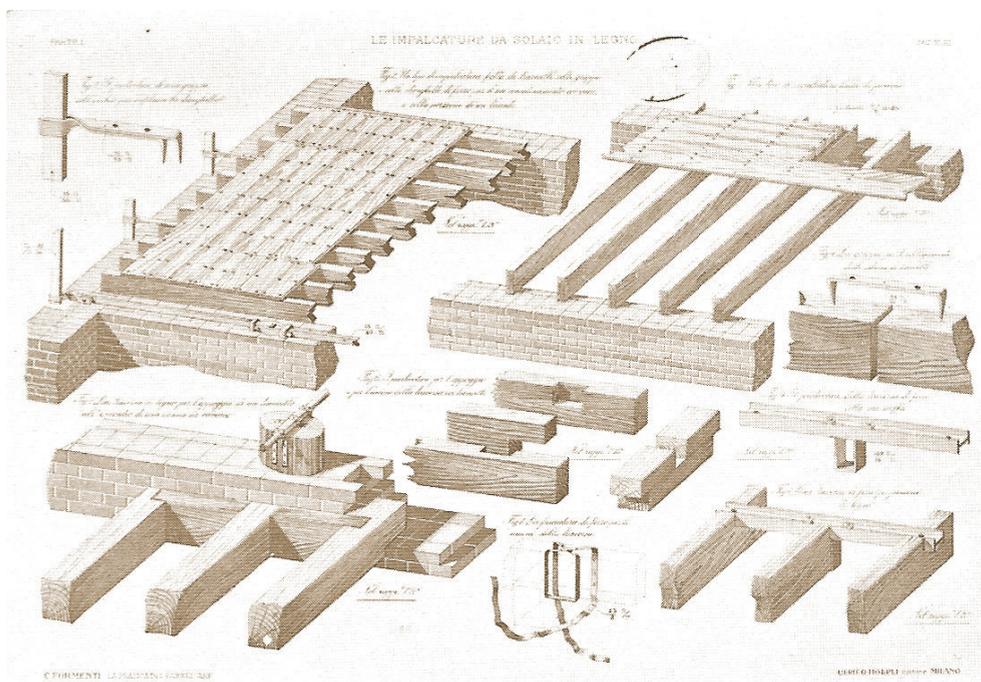
Gli interventi proposti legati, come detto, sia allo specifico bisogno da soddisfare che ai vincoli imposti, devono comunque sempre essere considerati secondo un ragionamento che valuta l'edificio nel suo complesso.

Se l'impossibilità di agire su un determinato aspetto o elemento specifico non può indurre ad abbandonare la valutazione degli aspetti energetici nel progetto di restauro, potendo compensare in altri modi le perdite di quell'elemento specifico, è altresì importante capire dove fermarsi.

Quando tutte le possibilità si sono esaurite e non è possibile intervenire senza snaturare l'aspetto dell'edificio oggetto di intervento, sebbene l'opzione della deroga non sia da scartare a priori, la soluzione più corretta è quella di delocalizzare la destinazione d'uso, facendo prevalere l'esigenza conservativa, per evitare che l'intervento porti ad un'alterazione irreversibile della realtà costruttiva storica.

PUNTO 2. I SOLAI

I solai a terra e i solai interpiano posti tra un ambiente riscaldato e uno non riscaldato, sono elementi fondamentali su cui agire per ridurre le dispersioni di calore, anche se non sempre si prestano a tale scopo, a causa di problemi legati alle altezze.



L'intervento principale, sia nei solai a terra che in quelli interpiano, è quindi l'inserimento dell'isolante nella posizione più idonea, valutando se sia possibile aggiungere uno spazio per far passare gli impianti a pavimento e se siano necessari elementi di irrigidimento della struttura.

Considerazioni sugli edifici storici

I solai, sia a terra che interpiano, sono spesso un punto critico, soprattutto quando caratterizzati da pavimentazioni di pregio o da elementi all'intradosso che non possono essere nascosti. È pertanto necessario valutare, solai per solaio, cosa sia realmente possibile fare, senza perdere di vista la visione complessiva.

Non è raro infatti che due stanze adiacenti abbiano caratteristiche differenti, e richiedano interventi altrettanto diversi, ed è necessario porre attenzione, ad esempio, a non creare quote disomogenee del pavimento.

In linea generale modificare la quota del pavimento può essere molto complicato, in quanto va ad incidere sull'altezza del davanzale delle finestre, delle porte, e richiede persino la modifica delle scale.

2.1 I SOLAI A TERRA

Negli edifici rurali, i solai sono spesso posati direttamente sul terreno: occorre quindi utilizzare accorgimenti atti a evitare la dispersione di calore, la risalita di umidità e le infiltrazioni di gas radon, dannoso per l'uomo.

L'intervento sul solaio a terra deve quindi prevedere, in generale, l'isolamento e la creazione di un vespaio o di un'intercapedine ventilata in comunicazione diretta con l'esterno tramite apposite aperture, per permettere l'eliminazione dell'umidità. Tale intervento, trattandosi di costruzioni storiche, dovrà inevitabilmente essere calibrato in funzione delle possibilità date da ogni solaio a terra dell'edificio oggetto di riqualificazione.

Se la pavimentazione non è da mantenere ed è possibile diminuire l'altezza netta di interpiano ...

... è possibile creare un nuovo solaio, dotato di vespaio, atto a eliminare l'umidità di risalita, e di un adeguato isolamento. A seconda di quanto sia possibile alzare la quota del pavimento, si può valutare se far passare gli impianti nel massetto.

Se la pavimentazione non è da mantenere, non è possibile diminuire l'altezza netta di interpiano, ma è possibile scavare ...

... si può eliminare tutta la stratigrafia del pacchetto esistente, predisponendo un nuovo solaio, isolato e dotato di vespaio, che rispetti la quota del pavimento del solaio precedente. Anche in questo caso, gli impianti saranno alloggiati nel massetto solo se rimarrà lo spazio necessario, dopo aver creato uno spessore dell'isolamento adeguato a contrastare le dispersioni di calore.

Se la pavimentazione non è da mantenere, ma non è possibile né diminuire l'altezza netta di interpiano né scavare ...

... è necessario togliere tutti gli strati possibili, ottimizzando il poco spazio disponibile con strati ad alte prestazioni. La precedenza sarà data all'isolamento, evitando di far passare gli impianti a pavimento. Nel caso in cui il solaio esistente sia dotato di vespaio, è importante mantenere questo strato, per ovviare al problema dell'umidità di risalita dal terreno.

Se la pavimentazione è da mantenere, ma è possibile diminuire l'altezza netta di interpiano ...

... si può intervenire con l'applicazione a secco di nuovi strati. Questo tipo di soluzione permette di conservare la pavimentazione esistente, fissando dei supporti che siano di sostegno alla nuova pavimentazione e tra i quali sia steso a secco l'isolante. E' possibile inoltre, se le altezze lo consentono, posare le tubazioni impiantistiche tra l'isolante, soprattutto se questo è in fibre sciolte, come la lana.

Nel caso in cui sia possibile aumentare ulteriormente l'altezza del pacchetto, potrà essere inserito un massetto alleggerito porta impianti tra l'isolante e la pavimentazione.

Se la pavimentazione è da mantenere e, in quanto di pregio, è da lasciare a vista, ma è possibile diminuire l'altezza netta di interpiano ...

... è possibile integrare al solaio esistente lastre di vetro. Un intervento di questo tipo prevede l'aggancio di supporti metallici alla pavimentazione esistente, posti a sostegno di lastre in vetro. Ciò permette alla pavimentazione, oltre di essere lasciata a vista, di essere protetta dall'usura di calpestio e di essere recuperata successivamente, a patto che si ovvi al problema della marcescenza con

un'adeguata ventilazione dell'intercapedine d'aria formatasi tra la pavimentazione esistente e le lastre in vetro.

Se la pavimentazione è da mantenere a vista e non è possibile diminuire l'altezza netta di interpiano ...

... la soluzione ideale è quella di far prevalere l'esigenza conservativa, non agendo su tale solaio, per evitare che l'intervento porti ad un'alterazione irreversibile della struttura.

2.2 I SOLAI INTERPIANO

Prima di intervenire in termini di miglioramento energetico sui solai interpiano, è necessario verificare quale sia lo stato di conservazione dei materiali di cui sono composti, se risultano attaccati da umidità, insetti o funghi, e se gli orizzontamenti siano strutturalmente ancora idonei. Ciò allo scopo di valutare se è necessario effettuare un irrigidimento strutturale, sostituire alcuni elementi, o rimuovere l'intera struttura. Inoltre è importante assicurarsi che la struttura del solaio esistente riesca a sopportare il peso aggiuntivo dato dai nuovi strati.

Come per i solai a terra, ogni intervento dovrà essere calibrato sulla base delle esigenze di conservazione.

Se la pavimentazione non è da mantenere e si può diminuire l'altezza netta di interpiano del piano superiore ...

... è possibile eliminare tutti gli strati non strutturali e posare l'isolante, il massetto e la nuova pavimentazione. Questa soluzione è adatta ovunque sia posto l'ambiente non riscaldato, sia sotto che sopra il solaio stesso, e si presta ad essere applicata in tutti i tipi di solaio, comprese le volte. E' importante verificare che la struttura esistente sopporti l'aumento di peso conseguente all'intervento perché, in caso contrario, è necessario creare uno strato di irrigidimento strutturale prima della posa dell'isolante. In assenza di problemi di altezza, inoltre, è possibile aumentare il massetto per alloggiare gli impianti.

Se la pavimentazione non è da mantenere e si può diminuire l'altezza netta di interpiano del piano superiore, dove si trova un ambiente non riscaldato non praticabile ...

... è possibile posare direttamente all'estradosso del solaio l'isolante, coprendolo solo con una guaina impermeabilizzante. Questa soluzione, che permette di evitare l'intervento di isolamento della copertura, è di semplice esecuzione e adatta a tutti i tipi di solaio, e permette di creare una ventilazione nel sottotetto che consente di conservare sempre asciutto l'isolante in inverno e disperdere il calore dovuto all'irraggiamento in estate.

Se la pavimentazione non è da mantenere, ma non si può diminuire l'altezza netta di interpiano del piano superiore ...

... è possibile agire sia all'estradosso che all'intradosso. In particolare, all'estradosso, dopo aver rimosso tutti gli strati non strutturali, si getterà un massetto alleggerito, su cui verrà posata la nuova pavimentazione, facendo attenzione a non modificare la quota del pavimento preesistente. All'intradosso invece si poserà, tra i travetti, l'isolante e si chiuderà il tutto con un opportuno rivestimento. Nel caso in cui anche l'altezza del piano sottostante sia da mantenere inalterata, sarà necessario posizionare anche il rivestimento tra i travetti, diminuendo di conseguenza lo spessore dell'isolante. Uno strato di intonaco permetterà di uniformare l'intradosso. La soluzione di agire sia all'intradosso che all'estradosso, non si presta al caso delle volte, il cui intradosso rappresenta una caratteristica fondamentale dell'edificio.

Se la pavimentazione non è da mantenere, non si può diminuire l'altezza netta di interpiano al piano di sopra, né agire all'intradosso ...

... è necessario togliere tutti gli strati non strutturali, procedendo poi con l'inserimento dei nuovi elementi fino a raggiungere la quota del pavimento preesistente. L'isolante dovrà avere l'altezza massima possibile e difficilmente si riusciranno ad alloggiare gli impianti nel pavimento.

Se la pavimentazione è da mantenere, ma si può diminuire l'altezza netta di interpiano del piano superiore ...

... è possibile posare a secco l'isolante e la nuova pavimentazione sopra il solaio esistente, in modo da permetterne la successiva rimozione, senza la perdita dell'elemento sottostante. Questa soluzione è adatta a ogni tipo di solaio interpiano e si utilizza in genere quando questi sono posti sopra un ambiente non

riscaldato. Nel caso in cui sia possibile aumentare l'altezza del pacchetto, si può posizionare un massetto porta impianti sopra l'isolante. Qualora la pavimentazione sia sorretta da supporti, tra i quali è posto l'isolante in fibre, è possibile optare per l'inserimento degli impianti nell'isolante.

Se la pavimentazione è da mantenere, ma a vista, e si può diminuire l'altezza netta di interpiano del piano superiore ...

... è possibile mettere in atto il medesimo intervento descritto per i solai a terra, ovvero la posa di lastre in vetro su supporti metallici che creano una intercapedine d'aria con funzioni di isolamento termico. Questa soluzione si presta sia per le strutture in legno che per le volte e, in ogni caso, l'areazione dell'intercapedine è indispensabile per evitare la marcescenza della pavimentazione esistente.

Se la pavimentazione è da mantenere e non si può diminuire l'altezza netta di interpiano del piano superiore, ma si può diminuire quella del piano sottostante ...

... è possibile agire all'intradosso del solaio in legno, andando ad applicare l'isolamento tra i travetti. Accoppiando alla struttura esistente, altri travetti in legno, è possibile aumentare l'intercapedine, lasciando lo spazio per alloggiare, oltre all'isolante, gli impianti. Questo intervento permette, nel frattempo, un irrigidimento strutturale del solaio. La soluzione proposta, soprattutto nel caso in cui l'intercapedine sia utilizzata per il passaggio di impianti, si utilizza in genere quando l'ambiente riscaldato è quello sottostante, evitando così di dover bucare la pavimentazione esistente. Questa soluzione non è adatta in caso di solaio a volta, perché l'intervento andrebbe a nascondere una caratteristica rilevante dell'edificio.

Se la pavimentazione è da mantenere e non si può diminuire l'altezza netta di interpiano di nessuno dei due piani ...

... è possibile inserire l'isolante all'intradosso del solaio in legno, nello spazio tra i travetti, con un successivo rivestimento atto a coprire la vista da sotto dell'isolante e dei travetti. L'intervento si presta sia nel caso in cui l'ambiente non riscaldato sia quello sottostante, e non si possa intervenire eliminando la pavimentazione soprastante, sia nel caso in cui l'ambiente riscaldato sia posto sopra, ottenendo così che l'isolante, posto a contatto con l'ambiente riscaldato, eviti la dispersione

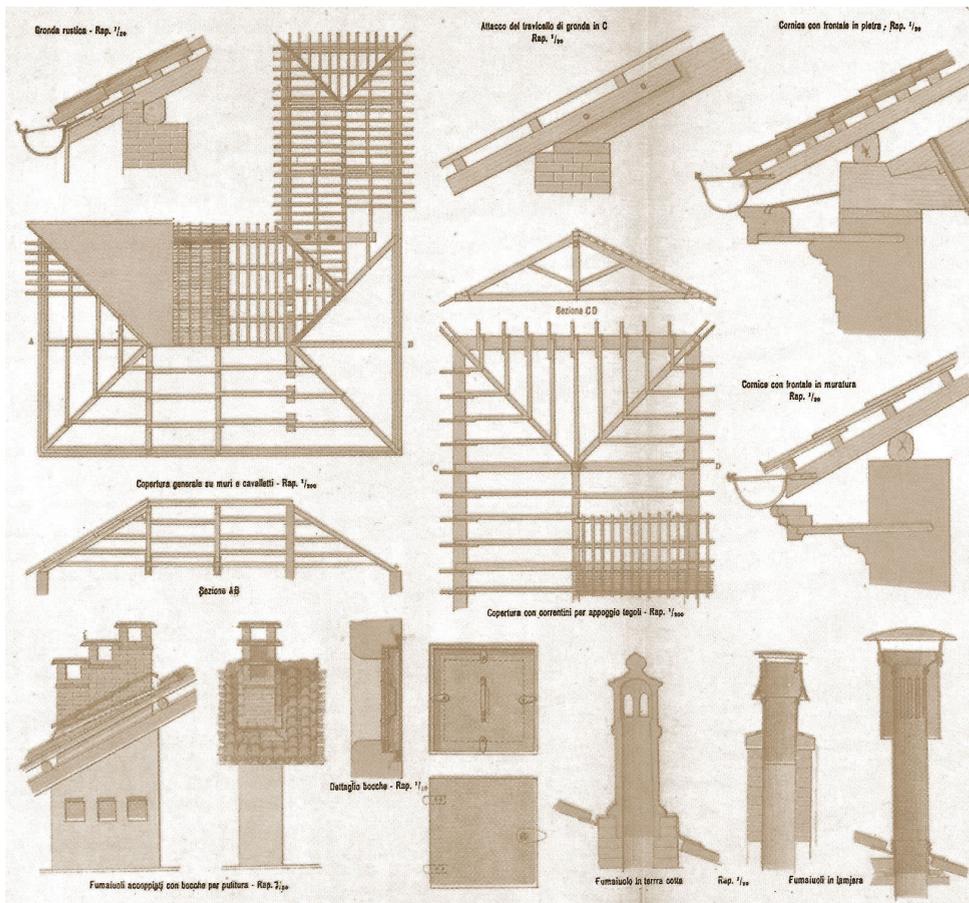
di calore anche verso la struttura del solaio. Anche in questo caso la volta non si presta a tale soluzione.

Se la pavimentazione è da mantenere, non si può modificare l'altezza netta di interpiano di nessuno dei due piani e non si può nascondere la struttura del solaio all'intradosso ...

... non vi è nessun modo per intervenire, quindi l'unica soluzione è quella di non intervenire sul solaio in questione. In questo caso, come detto per il solaio a terra, la valenza storica, artistica, culturale, prevale sulle esigenze energetiche, quindi è necessario focalizzarsi sulle altre partizioni, allo scopo di compensare le dispersioni causate dalle parti su cui non è possibile intervenire.

PUNTO 3. LE COPERTURE

La copertura è un elemento fondamentale per la conservazione dell'edificio, in quanto funge da protezione nei confronti degli agenti atmosferici; se non mantenuta in condizioni di efficienza, infatti, consente infiltrazioni di acqua che sono tra i principali fattori di deterioramento degli edifici.



L'intervento sulla copertura può prevedere l'isolamento, per limitare le dispersioni di calore, e la ventilazione, per eliminare l'umidità in eccesso e per ridurre il surriscaldamento estivo. Come nel caso dei solai interpiano, occorre verificare lo stato di conservazione degli elementi e la stabilità della struttura, prima di agire dal punto di vista energetico.

Considerazioni sugli edifici storici

Gli edifici rurali presentano coperture con struttura in legno, spesso lasciate a vista, che permettono grandi dispersioni di calore. Per salvaguardare le tecniche costruttive tradizionali, è da privilegiarsi l'intervento puntuale, mirato alla sostituzione dei soli elementi ammalorati.

L'intervento di riqualificazione energetica deve quindi valutare, caso per caso, la situazione; ove il sottotetto non sia abitabile, è preferibile agire a livello dell'ultimo solaio, mentre nel caso in cui sia prevista permanenza di persone negli ambienti a contatto con la copertura, si può scegliere tra l'isolamento all'intradosso e quello posto sotto il manto di copertura.

Se è possibile modificare l'altezza della copertura ...

... si può provvedere alla temporanea rimozione del manto e dell'eventuale struttura di supporto, allo scopo di inserire i nuovi strati. Oltre all'isolamento, è possibile creare un'intercapedine d'aria, la cui ventilazione sia assicurata da aperture, protette da griglie, poste a livello della gronda e del colmo.

Nel caso in cui, per motivi legati alla precarietà dello stato di conservazione in cui versa, la copertura debba essere costruita ex novo, e non si possa quindi fare ricorso a interventi di riparazione o di miglioramento, è possibile intervenire in maniera simile, con uno strato di isolante e uno d'aria.

In particolare l'intervento consiste nella realizzazione di un pacchetto di copertura dotato di strati isolanti e impermeabilizzanti e caratterizzato dalla presenza di una intercapedine ventilata, di spessore costante lungo tutta la falda.

Se non è possibile modificare l'altezza della copertura, ma è possibile diminuire l'altezza media del piano sottostante...

... è possibile intervenire agendo solo all'intradosso. La soluzione è essenzialmente analoga a quella proposta per il solaio interpiano: è possibile porre l'isolante tra i

travetti, chiudendo la vista da sotto con un rivestimento. Nel caso in cui la struttura esistente sia dotata di listelli, posti a sostegno del manto di copertura in direzione della pendenza della falda, è possibile creare tra di essi un'intercapedine ventilata.

In alternativa, qualora l'intervento sulla copertura sia di difficile realizzazione, è possibile inserire un controsoffitto opportunamente isolato, che vada a creare uno spazio non riscaldato e non praticabile, in cui si possono far passare gli impianti e/o che funzioni come una grande intercapedine ventilata.

Se non si può modificare l'altezza della copertura né diminuire l'altezza media del piano sottostante ...

... è possibile intervenire all'intradosso, inserendo l'isolante e, nel caso in cui si voglia, l'intercapedine ventilata, tra i listelli e/o i travetti. La stratigrafia varierà in funzione delle caratteristiche della copertura esistente.

Nel caso in cui, sopra i travetti, vi siano il tavolato o le tavelle si poseranno l'isolante e il rivestimento tra i travetti, avendo cura di intonacare il tutto in modo da non lasciare a vista l'intervento.

Se invece sopra i travetti sono posti i listelli, è possibile intervenire in modi differenti, isolando oppure isolando e ventilando, sfruttando, in entrambi i casi, anche lo spazio tra i listelli. Per poter utilizzare tale spazio come intercapedine ventilata, è necessario che tali listelli siano disposti in direzione della pendenza della falda.

Se poi, sopra i listelli, si trovano i correntini, è possibile creare una micro-ventilazione del sottomanto, che permette la creazione di condizioni di temperatura e umidità il più possibili uniformi tra estradosso e intradosso del manto.

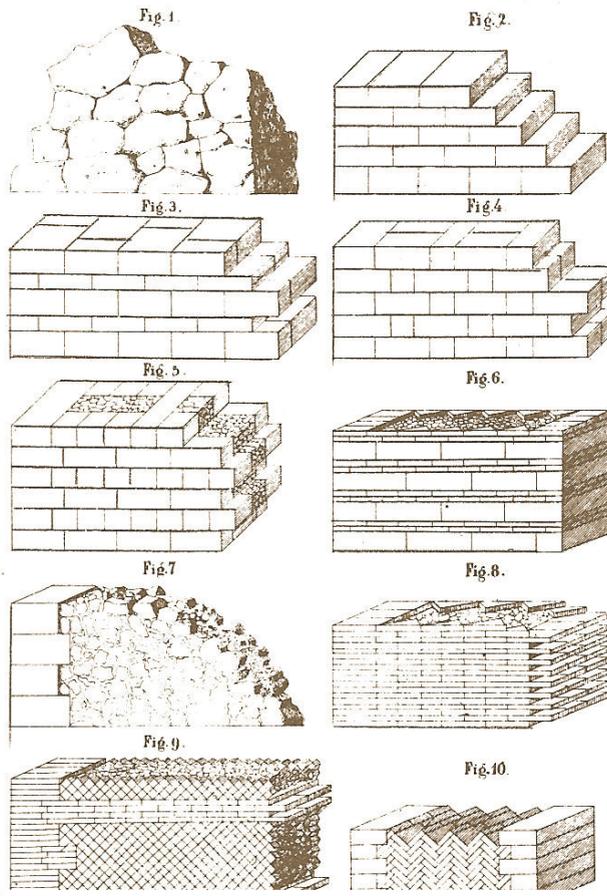
Se non è possibile modificare l'altezza della copertura, né diminuire l'altezza media di interpiano, e non si può agire all'intradosso ...

... la soluzione migliore è quella di non utilizzare gli ambienti a contatto con la copertura per la permanenza di persone. In questo modo sarà possibile isolare l'ultimo solaio, come visto nel paragrafo precedente, lasciando inalterata la copertura.

PUNTO 4. LE MURATURE

I sistemi di isolamento delle murature, come visto, sono differenti per tipologia, invasività e risultati dati, sia dal punto di vista prestazionale che estetico.

Sostanzialmente si agisce, come visto nel capitolo precedente, sulla stratigrafia del pacchetto, facendo attenzione a valutare le caratteristiche dell'edificio specifico.



Considerazioni sugli edifici storici

La prima valutazione da fare riguarda come ripensare la stratigrafia originale, se con isolamento esterno o interno. La scelta si effettua, trattandosi di edificio storico, sulla base della vocazione dell'edificio ad un intervento di maggiore o minore invasività, mediando fra la migliore soluzione in termini di performance tecnologica e la libertà di intervento che il valore del paramento murario permette. Da un lato intervenire con un isolamento dall'esterno è spesso improponibile, in quanto il paramento esterno contraddistingue, per materiali e tecniche costruttive, i complessi storici; inoltre modifica l'imbotte delle finestre e riduce o annulla lo sporto del tetto e i componenti aggettanti della facciata, quali ad esempio le strombature in conci delle porte o le fasce di intonaco. Dall'altro lato l'intervento verso l'interno è meno efficace dal punto di vista della correzione dei ponti termici e pone rischi di condensa interstiziale. In tutti i casi è fondamentale la scelta del tipo di isolante, sia preferendo prodotti naturali, che si rapportino meglio con i materiali della tradizione, che ricorrendo a isolanti con elevata densità per aumentare lo sfasamento, già elevato in strutture di tipo massivo come quelle storiche. I materiali e gli spessori messi in opera devono consentire che il calore sia assorbito e disperso lentamente, così da favorire il mantenimento di condizioni microclimatiche interne costanti.

Se il muro esterno è intonacato, non presenta apparati decorativi e lo sporto del tetto permette di aumentare lo spessore della muratura ...

... l'intervento dall'esterno è la soluzione migliore, perché, oltre a controllare le dispersioni di calore, permette di correggere eventuali ponti termici. In particolare è possibile optare per un cappotto isolante, oppure per un rivestimento che crei un'intercapedine ventilata, o ancora per una combinazione delle due soluzioni, con un cappotto isolato e ventilato. Tali soluzioni consentono di evitare la formazione di condensa e di umidità interstiziale, non così rara essendo la muratura un materiale poroso. Un aspetto negativo dell'intervento dall'esterno è la modifica dell'imbotte delle aperture, inevitabile dati gli spessori da mettere in opera per raggiungere le prestazioni richieste.

Se il muro esterno è intonacato, ma presenta apparati decorativi e/o lo sporto del tetto è così ridotto da non permettere di aumentare lo spessore della muratura ...

... una soluzione è l'uso di intonaco minerale termoisolante, a base di calce idraulica, che garantisce un miglioramento della prestazione energetica della parete a fronte di spessori molto ridotti, permettendo inoltre di non alterare l'immagine originale della facciata. L'aspetto materico è il medesimo, con una finitura superficiale non perfettamente complanare, e il rapporto pieni/vuoti tra l'imbotte delle aperture e le superfici opache non varia in maniera visibile rispetto all'originale. L'aspetto negativo di questa soluzione è che il miglioramento energetico è ridotto, e non paragonabile a quello che si ottiene con l'inserimento di un isolante. In alternativa è possibile optare per l'isolamento dall'interno, con l'applicazione di un isolante rivestito o di un isolante e una controparete.

Se il muro esterno non è intonacato ...

... la soluzione migliore è quella di prevedere l'isolamento dall'interno. E' quindi possibile optare per un isolante rivestito di intonaco o di altro materiale, oppure propendere per una controparete che nasconda dall'interno l'isolante ed eventualmente un'intercapedine ventilata. In quest'ultimo caso sarà necessario praticare delle aperture nella muratura esistente, allo scopo di far circolare l'aria. Un'alternativa, più ardita, è quella di avvolgere le murature esterne con lastre di vetro che permettono di isolare l'involucro lasciando la tessitura e le decorazioni a vista. In tal caso l'aspetto negativo riguarda la pulizia della parte interna del vetro.

Se su uno o più muri esterni è cresciuto, nel tempo, del verde rampicante, e non è di fondamentale importanza riportare alla luce il muro originario...

... è possibile impiegare soluzioni miste. Sui lati liberi si procederà con una delle soluzioni citate sopra, mentre sul lato coperto da verde si può pensare di creare una parete a verde con intercapedine ventilata. L'intervento prevede, ove non ci siano problemi relativi allo sporto del tetto, la posa di un isolamento esterno, per limitare le dispersioni di calore in inverno. Successivamente, o in alternativa, si posiziona la struttura per la crescita di verde verticale, ancorata alla muratura esistente pur rimanendone distanziata, allo scopo di formare una controparete ventilata rivestita a verde, rilettura morfologica del tradizionale verde rampicante.

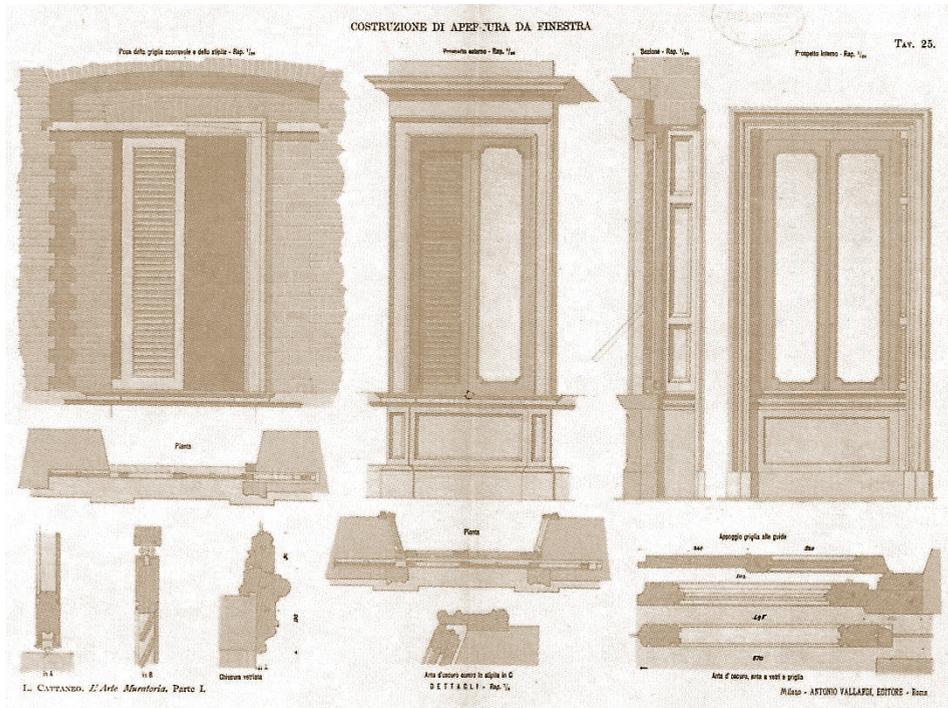
Se il muro esterno non è intonacato e non è possibile intervenire all'interno ...

... la soluzione migliore è quella di non intervenire affatto sulle murature, facendo prevalere l'esigenza conservativa sulle necessità prestazionali.

PUNTO 5. LE APERTURE

Le aperture assolvono normalmente tre funzioni: permettono il passaggio diretto e indiretto della luce solare, assicurano il ricambio d'aria e offrono una vista sull'ambiente circostante. La loro dimensione, forma e posizione è determinata, oltre che da questioni estetiche, dall'area geografica in cui ci si trova.

Le finestre e le porte sono spesso la principale fonte di infiltrazioni d'aria negli edifici e l'impermeabilizzazione degli spifferi può essere una valida soluzione, migliorando la situazione con un intervento poco invasivo.



Considerazioni sugli edifici storici

Le considerazioni relative alle aperture richiedono particolare attenzione, per non ottenere, come esito dell'intervento, un'accelerazione del deterioramento dell'edificio.

Le costruzioni storiche infatti, benché spesso troppo ventilate, sono di fatto traspiranti e tali sono rimaste per secoli. L'impermeabilizzazione dalle infiltrazioni d'aria, pur essendo la migliore e meno invasiva soluzione per migliorare il comfort e ridurre la perdita di calore, con minime modifiche all'aspetto della costruzione, non deve spingersi alla chiusura ermetica della costruzione, per evitare di instaurare fenomeni di deterioramento causati dal vapore acqueo imprigionato.

In linea generale andrà valutato se i serramenti presenti debbano essere sostituiti, in quanto incongrui o notevolmente danneggiati, oppure se sia meglio procedere con interventi di sostituzione meno invasivi.

In entrambi i casi è molto importante la scelta del tipo di vetro, per evitare cambiamenti cromatici sostanziali nel prospetto. Nella sostituzione in particolare, è necessario porre attenzione alla forma e ai materiali dei nuovi infissi, che devono essere simili ai preesistenti per non modificare l'immagine complessiva dell'edificio. In questo senso è altresì importante considerare la forma e i materiali degli oscuranti inserendoli, se possibile, ove non presenti, in quanto elementi fondamentali per ridurre le dispersioni durante la notte e quando l'irraggiamento sia eccessivo in estate.

Come per le altre partizioni, anche per gli infissi vale il principio della compatibilità, che sottopone ogni intervento di miglioramento delle prestazioni, alla valutazione dell'effettiva compatibilità con le caratteristiche dell'elemento.

Se l'infisso esistente si presenta incongruo o in cattivo stato e non è necessario mantenerlo oppure si tratta di un'apertura priva di infisso, oggi necessario, ...

... è consigliabile optare per l'inserimento di una nuova chiusura che dia maggiori prestazioni energetiche, senza snaturare l'estetica del prospetto.

Un aspetto da tenere in considerazione è il rapporto tra pieni e vuoti, che non deve essere alterato.

In tal senso è utile mantenere l'attuale posizione degli infissi, ove già esistenti, rispetto al filo esterno delle pareti, oppure porre il nuovo infisso sul filo interno delle pareti, qualora si inserisca in un'apertura che non ne era dotata.

In entrambi i casi, è necessario utilizzare i materiali tradizionalmente impiegati, come il legno, e rispettare le forme e le dimensioni degli infissi esistenti, per non alterare l'aspetto esterno del complesso. L'impiego di materiali diversi, come alluminio e PVC, pur garantendo una migliore tenuta contro le dispersioni termiche, può dare luogo a fenomeni di condensa, pericolosi per la conservazione degli elementi contigui.

Gli oscuranti, ove non presenti, possono essere realizzati, con materiali tradizionali, all'interno delle bucatore, ancorati all'infisso o alle spalle murarie.

In alternativa, qualora non sia necessario aprire l'infisso, è possibile inserire un vetro unico, fisso, senza partizioni.

Questa soluzione è generalmente applicata laddove si debbano chiudere aperture piuttosto grandi, prima non dotate di serramento.

Se l'infisso esistente si presenta in buono stato ed è possibile sostituire il vetro ...

... la soluzione migliore è quella di inserire una vetrata isolante nell'infisso esistente.

E' necessario in primo luogo verificare se gli infissi esistenti riescono a supportare lo spessore dei nuovi vetri e, nel caso in cui la dimensione e le caratteristiche costruttive dell'infisso lo consentano, è possibile inserire lastre di vetro-camera al posto del vetro tradizionale, aumentando così le prestazioni in termini energetici.

Nell'intervento di integrazione è possibile anche sostituire i dispositivi di chiusura, con elementi simili, e migliorarne, con l'inserimento di guarnizioni, la tenuta all'acqua e all'aria.

Se l'infisso esistente si presenta in buono stato, ma non si può sostituire il vetro ...

... la soluzione più adatta è quella che prevede di lasciare intatto l'infisso esistente, per salvaguardarne la resa estetica, aggiungendo verso l'interno un secondo serramento, in modo da garantire le prestazioni termiche richieste.

L'intervento può essere realizzato sostanzialmente in due modi: inserendo un nuovo infisso, separato dal precedente, oppure incollando un secondo vetro alla chiusura esistente.

Il primo caso, che sostanzialmente consiste nell'inserimento di un altro infisso all'interno dell'ambiente, richiede che vi sia uno spazio sufficiente all'interno, per permettere l'alloggiamento del nuovo infisso, senza impedire l'apertura di quello preesistente. Il secondo caso invece è composto essenzialmente da un vetro

inserito in un infisso di dimensioni molto ridotte che serve per sostenere il vetro e per incollarlo all'infisso esistente.

Tali soluzioni, anche se dall'interno spesso trascurano la valenza estetica, permettono di diminuire considerevolmente le dispersioni di calore rispetto a quanto accade con un vetro singolo.

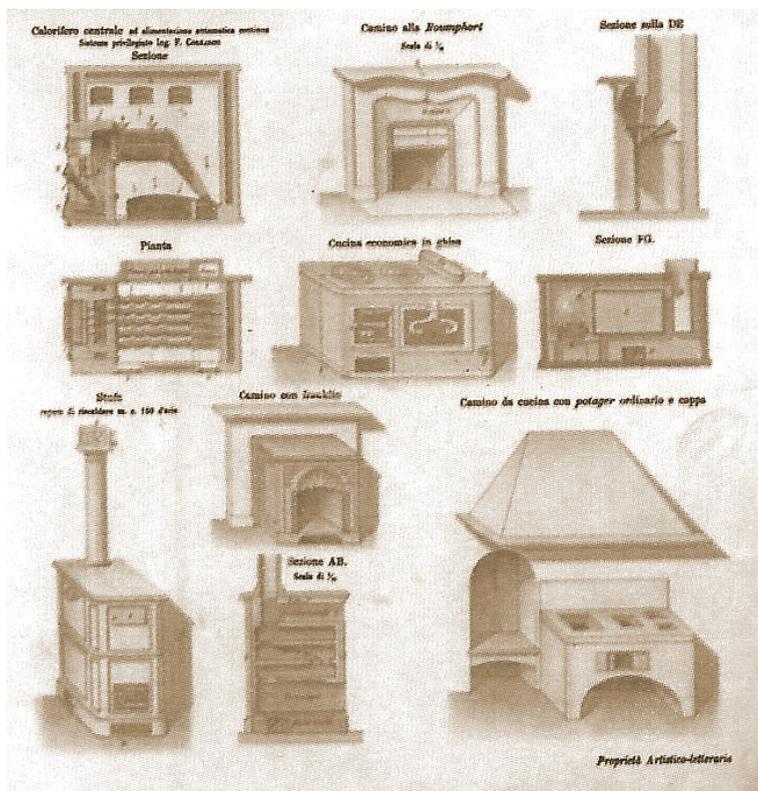
Se l'infisso esistente si presenta in buono stato e non si possono attuare le due soluzioni precedenti ...

... è necessario intervenire almeno a livello delle guarnizioni, per migliorare la tenuta all'aria e agli agenti atmosferici. Questa soluzione, che offre prestazioni indubbiamente minori rispetto agli interventi proposti sopra, permetterà comunque di evitare l'ingresso di correnti d'aria fredda e di diminuire le dispersioni di calore in inverno.

L'aspetto negativo è dato dal fatto che tale infisso continuerà ad essere un punto critico in termini energetici, non essendo intervenuti a livello della trasmittanza della componente vetrata.

PUNTO 6. IL RISCALDAMENTO

Per ottenere un edificio efficiente in termini energetici, ma anche confortevole per gli utenti, l'isolamento dell'involucro deve essere necessariamente combinato con un sistema di riscaldamento efficiente. Per quanto l'isolamento riduca le dispersioni di calore infatti, se si tratta di un edificio utilizzato anche nella stagione fredda, sarà sempre necessario mettere in atto sistemi che permettano di riscaldare le stanze.



Il vantaggio di tale combinazione è dato dal fatto che, una volta riscaldati, gli ambienti impiegheranno molto tempo a raffreddarsi, con indubbi risvolti positivi dal punto di vista energetico, economico e ambientale.

In tal senso è sempre consigliabile un intervento di risanamento globale, rispetto ad interventi parziali diluiti nel tempo, perché permette di ragionare in termini globali di edificio-impianto, armonizzandone le prestazioni.

Considerazioni sugli edifici storici

Il riscaldamento delle costruzioni storiche era, in origine, ottenuto senza l'ausilio di impianti. Nonostante i successivi rimaneggiamenti abbiano spesso modificato sostanzialmente i sistemi originari, è possibile, in molti casi, rinvenire tracce delle soluzioni adottate.

Risulta importante, in quest'ottica, agire su due fronti quando si tratta di riscaldamento degli edifici storici: in primo luogo si cercheranno di mettere in atto i cosiddetti sistemi passivi, siano essi la riscoperta dei metodi originari o l'applicazione di nuove strategie, e poi si procederà con l'inserimento dell'impiantistica atta a coprire il fabbisogno residuo, considerando di produrre, per quanto possibile, l'energia necessaria con fonti rinnovabili.

6.1 I SISTEMI PASSIVI

Quando si parla di sistemi passivi, si intendono definire quelle soluzioni in cui non vi è l'impiego di energia per ottenere il risultato richiesto.

Tra le caratteristiche intrinseche di un edificio, una sicuramente non è stata modificata nel corso del tempo: l'orientamento. E' altresì vero che, quello che un tempo poteva essere uno spazio in cui entrava radiazione solare in inverno, ottenendo un riscaldamento di tipo passivo, oggi può essere stato profondamente alterato, ad esempio, dalla costruzione di edifici vicini che ostacolano tale sistema. Nello stesso modo, altre soluzioni un tempo attive possono essere oggi in disuso per i successivi cambiamenti intervenuti sia nel contesto che all'interno dell'edificio. Ove possibile, è necessario cercare di capire se tali soluzioni possano essere riattivate.

Il principale strumento di riscaldamento passivo è quello mostrato nei punti precedenti, ovvero un corretto isolamento delle partizioni dell'involucro, che

permetta di ridurre le dispersioni, sia attraverso le prestazioni dei singoli strati, che attraverso la massa dell'elemento.

In questa sede saranno riassunte le altre soluzioni di riscaldamento passivo, ovvero il guadagno solare diretto, l'utilizzo della vegetazione e la corretta disposizione delle stanze in base all'uso e al momento della giornata in cui si utilizzano prevalentemente.

Presenza di un'area verde esterna

Nel caso sia possibile usufruire di un'area esterna verde, immediatamente adiacente alla costruzione, è utile inserire la vegetazione in modo che funga da barriera antivento. Le dispersioni di un edificio, e di conseguenza il fabbisogno per il riscaldamento, sono influenzati dalla velocità del vento da cui viene investita la costruzione, e quindi, sono strettamente legati alla distanza dell'edificio da tale barriera protettiva. In questo senso risultano utili filari di siepi o di alberi sempreverdi a struttura compatta, posti in direzione dei venti dominanti, in modo che proteggano la costruzione dai venti freddi invernali, riuscendone ad abbattere la velocità anche in misura determinante. E' importante però che la vegetazione così posizionata non impedisca il soleggiamento delle pareti, per evitare di creare ulteriori problemi. Ne risulta che l'attenzione debba essere rivolta non solo ad individuare la vegetazione adatta, ma anche allo studio della posizione ideale per ottimizzare gli effetti benefici.

Possibilità di integrare la struttura

Ove sia possibile integrare alla struttura esistente una nuova costruzione senza snaturarne l'integrità, si può attuare il sistema di riscaldamento passivo tramite serra solare. Si tratta di uno spazio chiuso e vetrato, posizionato sul lato sud dell'edificio, che accumula calore grazie alla radiazione solare, trasmettendolo agli ambienti adiacenti e, allo stesso tempo, contribuisce a ridurre le dispersioni del muro esterno al quale è accostata, fungendo da spazio tampone.

Dove l'integrazione di un nuovo elemento sia possibile, ma con una struttura di più modeste dimensioni, è possibile creare la parete ventilante, detta parete di Trombe. Tale soluzione richiede un'aggiunta esterna di circa 20 cm, per ricreare un sistema di riscaldamento passivo che funziona in modo analogo alla serra solare.

Entrambe le soluzioni, però, possono servire a scaldare solo gli ambienti a cui sono adiacenti, instaurando un moto convettivo naturale, a meno di non mettere in sito opportune canalizzazioni che conducano il calore anche agli altri spazi dell'edificio.

Possibilità di intervento solo dall'interno

Nel caso in cui non ci siano margini di miglioramento della situazione intervenendo dall'esterno, l'unica soluzione rimane quella di organizzare la disposizione interna, in modo che si ottimizzi il riscaldamento attraverso il guadagno solare diretto e che si diminuiscano le dispersioni di calore sul lato nord, mai irraggiato. In tal senso è utile collocare in adiacenza alla parete esposta a nord, gli ambienti di minor utilizzo oppure quelli che non richiedono di essere riscaldati.

Al contrario, nelle zone maggiormente esposte alla radiazione solare in inverno, è importante posizionare gli spazi che prevedano permanenza di persone durante il giorno. Tale strategia risale all'epoca preimpiantistica, quando si mettevano ambienti "cuscinetto", come la cantina, nella parte nord, che non richiedessero la permanenza di persone, in modo da mitigare il freddo che entrava da quel lato.

E' importante tenere in considerazione che, al fine di ridurre le dispersioni del calore guadagnato, le aperture di tali ambienti dovrebbero avere vetri basso emissivi e devono, inoltre, essere previsti sistemi di chiusura in fase notturna e sistemi che permettano il controllo solare nel periodo estivo, quando tale irraggiamento porterebbe ad un nocivo surriscaldamento degli ambienti.

6.2 I SISTEMI ATTIVI

Un corretto intervento finalizzato al miglioramento dell'efficienza e alla massima riduzione possibile del fabbisogno energetico deve riguardare sia l'involucro che gli impianti installati.

La modifica dell'impianto, di fatto, si esegue successivamente rispetto agli interventi sull'involucro, allo scopo di evitarne il sovradimensionamento.

Il passo preliminare all'intervento sugli impianti, è la valutazione della situazione: se sono presenti e se, nel caso, è possibile, in parte, recuperarli. Tale considerazione, da farsi durante il processo di conoscenza dell'edificio, permetterà di valutare l'invasività dell'intervento.

La sostituzione o l'integrazione di componenti tecnologici comporta, infatti, interventi sulla struttura, da calibrare in funzione delle possibilità date dall'edificio stesso.

Impianti assenti

Se gli impianti sono assenti, è inevitabile che si tratti di un intervento consistente ed è ancora più importante che si valuti l'esatto posizionamento delle parti in fase di progetto. La prima scelta da fare è decidere se inserirli sotto traccia, individuare spazi o cavedi atti ad ospitarli, oppure lasciarli a vista.

Nel primo caso dovrà essere possibile intervenire sulle murature o eliminare la pavimentazione. Nel secondo caso dovranno individuarsi gli spazi idonei, a seconda del tipo di impianto, da sfruttare per l'alloggiamento di cavi e apparecchiature, legando la disposizione planimetrica a tale posizionamento.

Nel terzo caso, il più comune, è indispensabile dare agli impianti stessi, o agli elementi che le rivestono, valenza architettonica.

Impianti presenti, ma in cattivo stato oppure non più a norma

E' il caso più frequente negli edifici rurali, e permette di prevedere un intervento teoricamente meno invasivo rispetto al precedente, anche se questa categoria comprende una serie molto ampia di possibili stati di fatto.

L'intervento preliminare sarà quello di rimuovere gli impianti esistenti, valutando se sia possibile riutilizzare gli spazi in cui essi alloggiavano. In caso contrario, si ritorna alla scelta tra le tre opzioni descritte nel caso precedente.

Impianti presenti, in parte riutilizzabili

Se gli impianti esistenti risultano, anche solo in parte, riutilizzabili, la cosa migliore da fare è non stravolgerli e recuperare tutti gli elementi possibili. Le integrazioni saranno indispensabili, soprattutto nell'ottica delle nuove normative e della nuova destinazione d'uso, ma nel caso sia possibile riutilizzare, ad esempio, radiatori ben integrati nell'ambiente, l'intervento risulterà meno invasivo e il risultato più armonico.

Quando si parla di impianti, si intendono tutti i componenti, da quelli di generazione del calore a quelli di emissione. L'alloggiamento della caldaia, quasi

sempre inevitabile, comporta l'individuazione di un luogo adatto al passaggio della canna fumaria.

E' quindi importante scegliere il vano tecnico in funzione sia della distanza rispetto ai luoghi da riscaldare, in modo da ridurre le dispersioni di calore, sia in funzione di spazi esistenti in modo che, senza interventi invasivi, sia possibile alloggiare la canna fumaria ed eventualmente i tubi che si rendono necessari ai piani superiori o inferiori.

La sostituzione dell'impianto di generazione, è sempre vantaggiosa in caso di risanamento dell'involucro, in quanto le vecchie caldaie, generalmente sovradimensionate rispetto ai ridotti carichi termici di un edificio risanato termicamente, presentano uno scarso rendimento, in particolare nel funzionamento a carichi parziali, ossia quando la temperatura esterna non è molto bassa e non si richiede il massimo della prestazione.

Come detto però, l'inserimento degli impianti non riguarda solo il componente di generazione. Le problematiche relative agli edifici storici vertono soprattutto sul sistema di emissione, strettamente vincolato alle possibilità date dall'edificio.

Se è possibile rimuovere la pavimentazione e diminuire l'altezza di interpiano ...

... è possibile realizzare l'impianto di riscaldamento a pavimento che, nel caso di ambienti con altezze considerevoli, come spesso si riscontra nell'edilizia storica, rappresentano una soluzione molto efficiente.

Se è possibile rimuovere la pavimentazione, ma non è possibile ridurre l'altezza di interpiano ...

... la soluzione è quella di inserire il sistema di riscaldamento a pavimento con elementi di spessore ridotti, creati proprio per soluzioni di questo tipo.

Nel caso in cui tale soluzione non sia realizzabile a causa dello spazio troppo esiguo, è opportuno valutare altre tipologie di impianto di riscaldamento.

Se non è possibile rimuovere la pavimentazione, ma è possibile diminuire l'altezza di interpiano ...

... si può inserire l'impianto di riscaldamento a pavimento nelle stratigrafie adatte a non comportare la perdita della pavimentazione esistente, pur senza lasciarla a vista, come spiegato nel capitolo relativo alla riduzione del fabbisogno di energia.

Se è necessario lasciare a vista la pavimentazione, ma è possibile diminuire l'altezza di interpiano ...

... si può inserire un impianto radiante a soffitto. Tale sistema non è indicato per altezze di interpiano consistenti, in quanto l'aria calda tende a salire e si impiega molto tempo, ma soprattutto molta energia, per riscaldare la parte bassa della stanza, all'altezza delle persone, con conseguenze in termini di comfort.

È inoltre importante predisporre, in questa soluzione, un consistente isolamento del soffitto su cui sono posti gli elementi radianti, per evitare che la maggior parte del calore fuoriesca.

E' da tenere in considerazione che questa soluzione nasconde l'intradosso del solaio soprastante, quindi impossibile da realizzarsi in caso di volte, perché occulterebbe una caratteristica peculiare dell'edificio.

Se è necessario lasciare a vista la pavimentazione e non si può diminuire l'altezza netta di interpiano ...

... è possibile intervenire a livello delle partizioni verticali, con un impianto di riscaldamento a parete. In questo caso è necessario che sia possibile nascondere il rivestimento interno delle pareti, e che l'arredamento previsto non vada a coprire l'impianto, perché ciò comporterebbe uno spreco energetico.

Anche in questo caso, per evitare che la maggior parte del calore fuoriesca, è importante che sia predisposto un opportuno isolamento delle pareti.

Se è necessario lasciare a vista la pavimentazione e non si può nascondere la struttura del solaio soprastante, né agire sulle pareti ...

... una soluzione valida è l'impianto di riscaldamento a battiscopa. Tale sistema consiste in un battiscopa alto circa 15 cm, che corre lungo tutte le pareti, e che di fatto nasconde i tubi necessari al riscaldamento. La soluzione richiede che l'arredamento non sia posto contro le pareti su cui corre il battiscopa, per evitare, come detto sopra, sprechi energetici.

Se non si può agire sul pavimento, sulle pareti e sul soffitto, e l'arredamento impedisce l'impianto a battiscopa ...

... la soluzione è quella di utilizzare un impianto a radiatori o a ventilconvettori. In questo caso i tubi di mandata e ritorno possono essere fatti passare in un

battiscopa che correrà lungo le pareti e permetterà il collegamento tra gli elementi di emissione, mantenendo inalterate la pavimentazione e le murature.

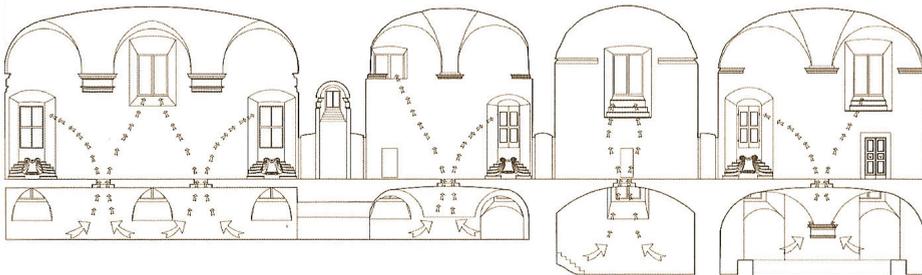
L'aspetto negativo di questa tipologia di impianto, riguarda il fatto che, lavorando con temperature dell'acqua piuttosto alte, richiede un maggior dispendio energetico rispetto alle soluzioni precedenti.

Se è possibile riutilizzare radiatori o ventilconvettori esistenti ...

... la soluzione ideale è quella di sfruttare gli spazi in cui passano attualmente i tubi provvedendo solo a sostituirli, in modo da effettuare l'intervento meno invasivo possibile. Per diminuire gli sprechi energetici è importante anche installare dei sistemi di controllo del calore, come le valvole termostatiche, che permettono di differenziare la temperatura nelle diverse stanze.

PUNTO 7. IL RAFFRESCAMENTO

L'impianto di raffrescamento è uno di quei sistemi che i nostri attuali livelli di comfort richiedono. Le alte temperature estive e il modo di costruire gli edifici moderni, hanno dato origine ad una proliferazione degli impianti di raffrescamento. Questa situazione è, in molti casi, una diretta conseguenza della concezione propria dell'epoca moderna, quando si è iniziato a pensare che l'evoluzione impiantistica avrebbe liberato le costruzioni dai legami con il clima. Le soluzioni passive, che permettono di ridurre la percezione del calore senza l'utilizzo di energia, non sono quasi mai messe in atto.



Considerazioni sugli edifici storici

A differenza del riscaldamento, il raffrescamento non sempre richiede, negli edifici storici, di essere integrato con elementi impiantistici.

Questo deriva dal fatto che tale tipologia di edifici è caratterizzata da murature massicce, che spesso con la sola massa riescono a ritardare efficacemente l'ingresso del calore. Quando però la stagione estiva si fa davvero rovente, per lunghi periodi, come negli ultimi anni, nemmeno questa soluzione intrinseca nella struttura riesce a contrastare efficacemente le temperature. E' in questo senso che è comunque utile operare miglioramenti anche in termini di raffrescamento, sia con soluzioni di tipo passivo che con sistemi impiantistici.

In tali edifici, in particolare, è possibile riuscire ad affrancarsi dall'impiantistica, ove si riescano a mettere in atto adeguate strategie passive.

7.1 I SISTEMI PASSIVI

Un metodo che veniva usato per proteggersi dalla radiazione solare diretta in estate, soprattutto negli edifici rurali, era l'uso di portici. Questo elemento permetteva infatti di calibrare l'ingresso della radiazione all'interno dell'edificio in funzione della stagione e quindi dell'inclinazione del sole: in estate, con il sole più alto, il portico forniva un'efficace protezione, mentre in inverno, con il sole più basso all'orizzonte, la luce riusciva ad entrare.

I sistemi passivi però non si esauriscono con il controllo della radiazione solare, che può avvenire anche attraverso elementi verticali di protezione delle aperture, ma vedono anche l'utilizzo della ventilazione, dell'acqua e, indirettamente, del terreno.

Come detto per il riscaldamento, uno dei primi sistemi per il raffrescamento passivo è quello spiegato nei punti precedenti, ovvero il controllo termico che si ottiene attraverso l'isolamento dell'involucro, il controllo solare delle chiusure trasparenti e l'aumento dell'inerzia termica.

Presenza di un'area verde esterna

Nel caso sia possibile usufruire di un'area esterna verde in prossimità della costruzione, quasi sempre presenti nell'intorno di edifici rurali, si può prevedere la piantumazione di nuova vegetazione, meglio se a struttura compatta, atta a

creare zone d'ombra sia nell'area esterna che sulle partizioni verticali della struttura. Si devono privilegiare le piante autoctone e, ove possibile, tenere conto dell'impianto originario, in funzione del fatto che le piante hanno anche una valenza estetica. Per la scelta è opportuno considerare la natura del terreno, l'esposizione del sito e le condizioni del contesto, privilegiando le essenze che meglio si adattano al terreno, al clima e alla specificità della zona.

Preferibilmente si utilizzano piante a foglia caduca, perché offrono un valido riparo per gran parte dell'anno, mentre nella stagione invernale, quando la luce è più scarsa, non ostacolano l'irraggiamento. Possono essere, inoltre, filtri per l'inquinamento e le polveri, e in questo senso le piante più adatte sono quelle a fogliame denso, che fungono anche da barriera fono-assorbente.

Nel caso di area esterna è possibile optare anche per il raffrescamento evaporativo, che utilizza l'acqua, come fontane, vasche, cascatine o cisterne, per sottrarre calore all'aria. E' necessario quindi prevedere il posizionamento di una fonte d'acqua preferibilmente dalla parte in cui le brezze spirano d'estate, in modo da far entrare l'aria raffrescata all'interno dell'edificio.

Presenza di vani interrati

Negli edifici in cui siano presenti uno o più vani interrati, un tempo spesso usati come cantine, è possibile sfruttare passivamente l'aria fresca che da questi ambienti proviene come conseguenza del contatto degli elementi di chiusura con il terreno.

In particolare, è possibile mettere in collegamento tali ambienti con quelli sovrastanti, attraverso aperture nel soffitto che permettano all'aria di salire. Tale soluzione richiede che sia possibile intervenire a livello dei pavimenti, e la realizzazione può consistere in grate, poste vicine ai muri, in modo che l'origine del raffrescamento sia dislocato in più punti della stanza.

Tale sistema richiede però che i vani interrati si estendano sotto tutti gli ambienti del piano terra, e ovviamente non può essere utilizzato per raffrescare i piani soprastanti.

Una soluzione è quella di integrare il sistema con canalizzazioni che, grazie alla collaborazione di un ventilatore, possano spingere l'aria anche ai piani superiori o ai piani non esattamente sovrapposti agli ambienti interrati. Tale sistema, non prettamente passivo, viene definito ibrido.

Possibilità di agire sul prospetto esterno

Nel caso in cui sia possibile intervenire in facciata, è utile inserire dei sistemi di controllo solare, che permettano di calibrare l'ingresso della radiazione solare all'interno dell'edificio. Tali sistemi possono essere fissi o a posizione variabile, ma in ogni caso nel loro posizionamento deve essere tenuto in considerazione il fatto che, schermando la radiazione solare per ottenere una riduzione del calore, si ridurrà inevitabilmente l'illuminazione naturale. Anche qui, come detto per la vegetazione, è indispensabile valutare l'incidenza che tali soluzioni hanno nella stagione invernale.

Questi sistemi sono di fatto una rivisitazione di soluzioni messe in atto nel passato, ma valide ancora oggi, come le chiusure a gelosia, tipiche degli edifici rurali, o il *mashrabiya*, tipico dei paesi caldi.

Possibilità di agire solo all'interno

Se l'unica possibilità data è quella di intervenire all'interno, è possibile rinfrescare mettendo in atto un sistema di ventilazione, valutato in funzione della nuova disposizione delle parti. In tal senso si può optare per una ventilazione trasversale o una verticale. Nel primo caso, è importante che le finestre siano già disposte su lati opposti, e che le pareti presenti non ostacolino i flussi d'aria; nel secondo caso invece occorre che la struttura si presti ad una ventilazione per effetto camino, con la fuoriuscita dell'aria calda dalla parte alta dell'edificio.

7.2 I SISTEMI ATTIVI

L'impianto di raffrescamento non sempre è necessario in edifici caratterizzati da murature molto spesse, in quanto, come visto, in molti casi è possibile ovviare con un efficace sistema di raffrescamento passivo.

Ove necessario, l'impianto di raffrescamento può integrare quello di riscaldamento, oppure essere di fatto un impianto a parte.

Nei casi in cui si voglia integrare l'impianto di riscaldamento, si valuteranno le possibilità presentate prima. Nel caso in cui si tratti di un impianto a parte, si opterà per un sistema di raffrescamento che immetterà aria fredda nell'ambiente.

Se è possibile diminuire l'altezza di interpiano e non è necessario mantenere a vista l'intradosso del solaio superiore ...

... si può inserire l'impianto a soffitto, nell'intercapedine creata dal posizionamento di un'apposita controsoffittatura. In questo modo è possibile posizionare delle bocchette nel soffitto che introducano aria raffreddata nell'ambiente, che scenderà verso il basso per effetto del suo peso.

Se non è possibile diminuire l'altezza di interpiano, ma sono presenti vani inutilizzati adeguati ...

... la soluzione adatta è quella di far passare gli impianti in tali spazi o cavedi.

In questo senso possono risultare utili un sottotetto non praticabile o vani interrati non utilizzati, per alloggiare la maggior parte dell'impianto, e inserire le bocchette di emissione nella pavimentazione e nel soffitto.

Eventuali cavedi o canne fumarie in disuso possono servire a far passare le tubazioni da un piano all'altro.

Se non è possibile diminuire l'altezza di interpiano e/o non è possibile nascondere l'intradosso del solaio superiore e non sono presenti altri vani utilizzabili...

... si può valutare di inserire l'impianto in corrispondenza delle partizioni verticali, in un'intercapedine creata dal posizionamento di una controparete o di un rivestimento interno. Anche in questo caso sarà possibile mimetizzare l'impianto con delle bocchette di emissione poste in diversi punti, che provvedano ad immettere nell'ambiente l'aria fresca.

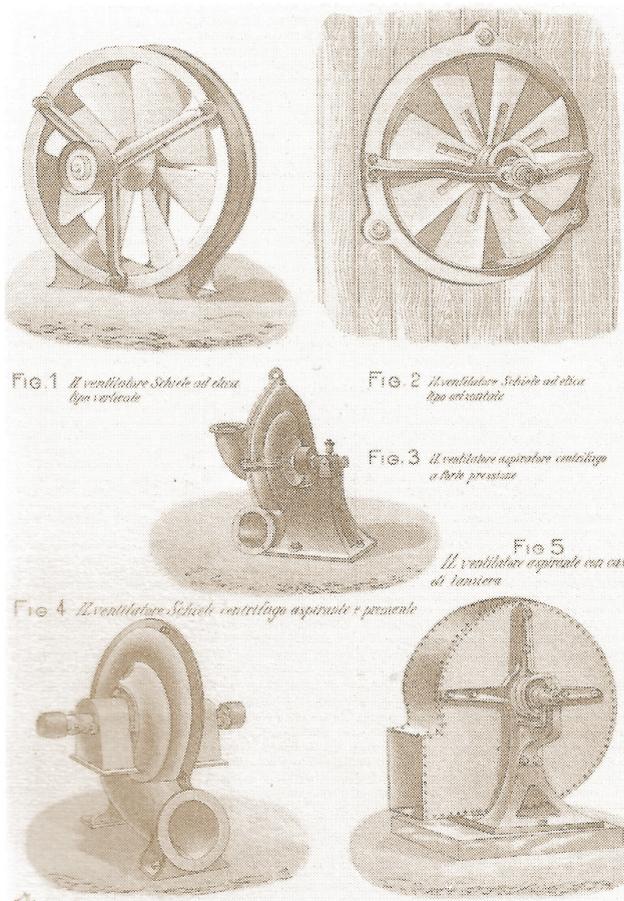
Se è necessario lasciare a vista la pavimentazione, non si può nascondere l'intradosso del solaio soprastante, né agire sulle pareti ...

.... un sistema idoneo è quello di posizionare un elemento lungo le pareti, in cui sia possibile alloggiare le tubazioni e inserire bocchette per l'emissione dell'aria.

Tale soluzione richiederà, così come nella scelta di lasciare le canalizzazioni a vista, di studiare attentamente la resa estetica di tale inserimento.

PUNTO 8. LA VENTILAZIONE

La ventilazione è un parametro fondamentale in quanto agisce sia sul comfort degli individui che sulla qualità dell'aria interna. All'interno di edifici adeguatamente ventilati infatti, la percezione del calore è diversa rispetto a quella di ambienti non ventilati.



Considerazioni sugli edifici storici

La questione della ventilazione è particolarmente importante per gli edifici storici. Essi infatti sono caratterizzati da una permeabilità al vapore che non deve essere modificata in modo sostanziale; ridurre troppo la ventilazione comporterebbe infatti il rischio di intrappolare l'umidità nella struttura. Se la costruzione è stata resa impermeabile alle infiltrazioni d'aria, bisogna considerare, soprattutto nelle zone a forte produzione di vapore, di inserire un sistema di estrazione che permetta di farlo fuoriuscire. In considerazione del fatto che gli interventi di isolamento della muratura e la sostituzione degli infissi, modificano la traspirabilità della costruzione, è importante quindi mantenere un certo grado di ventilazione, che può essere naturale, meccanica o ibrida.

Se chiudere i cosiddetti spifferi, che si trovano in gran parte degli edifici rurali, è utile per evitare infiltrazione d'acqua nei materiali, chiudere ermeticamente la costruzione può risultare altrettanto dannoso, in quanto rischia, non facendo fuoriuscire il vapore acqueo, di causare fenomeni di condensa e marcescenza dei materiali posti all'interno.

8.1 I SISTEMI PASSIVI

I sistemi passivi si basano sul controllo della ventilazione naturale, al fine di ottimizzare gli effetti. La ventilazione naturale controllata è un sistema che, oltre a permettere la fuoriuscita del vapore e dell'aria viziata, immettendone altra pulita, produce in estate il raffrescamento naturale microclimatico.

La ventilazione controllata dei flussi d'aria, necessari per ottenere il raffrescamento, è determinata dalla differenza di pressione che si stabilisce per effetto del vento o della diversa temperatura tra interno ed esterno, tra due aperture, una di ingresso e una di uscita. Affinché la ventilazione sia efficace si deve instaurare un flusso passante tra le aperture.

Presenza di finestre su lati opposti

Se, come spesso accade, sono già presenti aperture su lati opposti, è importante considerare in primo luogo la potenzialità della ventilazione passante, limitando le partizioni perpendicolari al flusso d'aria prevalente e collocando gli arredi in modo da non ridurre eccessivamente la velocità dell'aria interna. Cucine e bagni

andrebbero collocati sottovento, affinché gli odori non debbano attraversare l'edificio prima di fuoriuscire.

Presenza di vani interrati

Nel caso siano presenti uno o più ambienti interrati, è utile pensare di sviluppare una ventilazione verticale, ove sia possibile individuare un vano, ad esempio il vano scala, in cui l'aria possa passare per effetto camino, predisponendo delle aperture alla sommità. Tali aperture, se opportunamente disposte, possono intercettare i venti e le brezze, e quindi instaurare una ventilazione a caduta d'aria, sulla falsariga di quanto avviene nei paesi caldi.

Presenza di sottotetto non utilizzato

Ove sia presente un sottotetto non praticabile, è possibile realizzare una ventilazione passante, allo scopo di ridurre surriscaldamento e umidità. Tale ventilazione si instaura predisponendo due o più lucernari, con funzione di regolatori del flusso d'aria di ingresso e d'uscita collocati, rispettivamente, sulla falda sopravvento e su quella sottovento del tetto.

Presenza di un torrino sulla sommità dell'edificio

L'esistenza di una struttura verticale che fuoriesce rispetto alla copertura della costruzione, presente in un particolare modello di edificio rurale, permette di creare un torrino di ventilazione, interpretazione contemporanea del *malqaf* arabo. I torrini, che possono essere a doppio flusso o ad estrazione, sono chiusure che permettono di incrementare i flussi d'aria entranti e uscenti da un edificio, senza l'ausilio di ventilatori.

Presenza di camere d'aria nei solai e nelle murature a seguito dell'intervento

Nei caso in cui l'intervento di restauro e riuso preveda l'inserimento, tra gli altri strati, di una camera d'aria o di un'intercapedine ventilata nelle murature, nelle coperture o nei solai, è possibile mettere in atto la cosiddetta ventilazione strutturale. Tale soluzione consiste nell'introduzione di aria, nel periodo serale e notturno quando l'aria esterna è più fresca, all'interno di tali intercapedini, tramite aperture opportunamente posizionate. In questo modo è possibile indurre un flusso d'aria che lambisca le superfici interne di strutture massive, come solai e pareti, che abbiano accumulato calore durante il giorno. Le partizioni, per essere

utilizzate, devono avere caratteristiche di elevata inerzia termica, al fine di accumulare calore durante il giorno.

8.2 I SISTEMI ATTIVI

Il sistema di ventilazione meccanica controllata consente di risparmiare energia raffrescando l'aria in entrata in estate e riscaldandola in inverno, attraverso l'utilizzo di un recuperatore di calore.

Il sistema di ventilazione meccanica controllata permette, attraverso apposite bocchette, di estrarre dagli ambienti l'aria viziata e di introdurre altra pulita.

In considerazione del fatto che, in un ambiente confinato, a causa dei carichi interni, si crea un flusso d'aria dal basso verso l'alto, la maggior parte degli inquinanti presenti nell'ambiente si trova nella parte alta. Per questo motivo è opportuno immettere l'aria pulita di rinnovo nella parte bassa dei locali, affinché raggiunga le persone una percentuale molto maggiore di aria pulita. Per lo stesso motivo la captazione dell'aria da espellere dovrebbe avvenire nella parte alta del locale.

Un altro sistema di ventilazione attiva è quello che utilizza, oltre allo scambiatore di calore, un umidificatore per regolare la temperatura dell'aria in entrata.

Se è possibile diminuire l'altezza di interpiano e non è necessario mantenere a vista l'intradosso del solaio esistente ...

... si può inserire l'impianto nell'intercapedine creata dal controsoffitto, in cui saranno poste le bocchette per l'emissione e l'estrazione dell'aria.

L'aspetto negativo di tale sistema riguarda il fatto che, come detto sopra, il posizionamento migliore delle bocchette di immissione dell'aria è nella parte bassa della stanza.

Se possibile, quindi, è utile sistemare le bocchette di estrazione nel controsoffitto, e quelle di immissione nel pavimento. In tal modo si ovvierà anche al problema legato all'immissione di aria calda dal soffitto, come già detto non adatto in ambienti con grandi altezze. Tale soluzione, nascondendo la struttura del solaio, non è adatta al caso delle volte.

Se non si può diminuire l'altezza di interpiano e/o non si può nascondere l'intradosso del solaio soprastante...

... si può valutare di inserire l'impianto a livello delle pareti, in un'intercapedine d'aria creata da una controparete o da un rivestimento interno. In quest'ottica sarà utile studiare tale sistema contemporaneamente alla valutazione delle soluzioni per la riduzione del fabbisogno energetico. Così facendo sarà possibile mimetizzare le bocchette, posizionando quelle di immissione a livello del pavimento e quelle di estrazione nella parte alta delle pareti. Per evitare sprechi energetici, è importante che le pareti siano opportunamente coibentate e che le bocchette siano posizionate in modo da instaurare un agevole flusso, senza la presenza di ostacoli.

Se non si può nascondere l'intradosso del solaio soprastante, né agire sulle pareti...

... una buona soluzione è quella di immettere l'aria da bocchette poste a livello del battiscopa, con una struttura opportunamente dimensionata e disposta in modo che riesca ad ospitare i tubi necessari al passaggio dell'aria.

PUNTO 9. LE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

Dopo aver valutato l'effettiva necessità di inserire sistemi attivi per soddisfare il fabbisogno residuo, è importante optare, se possibile, per la produzione dell'energia necessaria con fonti rinnovabili.

In primo luogo è fondamentale valutare l'effettiva resa di tali sistemi e l'utilità prevista, in modo da evitare l'inserimento di impianti inutili, poco efficienti o sovradimensionati, sempre nell'ottica di ottimizzare le risorse.



Considerazioni sugli edifici storici

L'installazione di un sistema che utilizza fonti rinnovabili, non sempre è di facile attuazione, soprattutto se richiede una certa invasività estetica. In questo senso è necessario valutare se le normative consentono tale installazione, se vi è lo spazio necessario, e se può essere facilmente integrata nell'edificio o nell'insediamento.

La questione dell'impatto visivo si presenta piuttosto articolata nelle costruzioni storiche, in quanto si tratta di inserire, dando loro una valenza architettonica, elementi concepiti solo per rispondere alla funzione tecnica richiesta, senza alcun accorgimento estetico.

Allo stesso tempo, anche la verifica dello spazio effettivamente necessario per l'impianto, non può passare in secondo piano, derivando da essa l'effettiva realizzabilità dell'intervento. È importante inoltre considerare l'impatto fisico e la reversibilità dell'installazione dell'impianto, che deve produrre modifiche minime alla struttura, in vista di una possibile successiva rimozione.

È in questo senso che, quando si tratta di sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili, è importante sottoporre la scelta a tutte queste valutazioni preventive.

Se si utilizzano sistemi di riscaldamento a bassa temperatura e c'è un'area esterna di pertinenza ...

... è possibile utilizzare sistemi a pompa di calore che utilizzino il terreno o l'acqua di falda. Questa soluzione richiede la preventiva verifica delle normative, che talvolta impediscono tale sistema per il rischio di modificare, a lungo andare e con un certo numero di impianti, la temperatura della falda o del terreno.

Se si utilizzano sistemi di riscaldamento a bassa temperatura e non c'è un'area esterna di pertinenza ...

... è possibile utilizzare un sistema a pompa di calore che utilizzi l'aria esterna.

Se si utilizzano sistemi di riscaldamento ad alta temperatura ...

... è possibile optare per caldaie che utilizzino come fonte energetica le biomasse.

Se è possibile sfruttare la radiazione solare e posizionare elementi sul tetto ...

... è possibile valutare l'inserimento di collettori solari. In tal senso è opportuno verificare la pendenza e l'orientamento delle falde disponibili, in modo da calcolare l'effettiva efficienza dell'impianto che si andrà ad installare.

I collettori solari posizionabili sul tetto, possono essere parte dell'impianto solare termico, per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, di quello fotovoltaico, per la produzione di energia elettrica, o del raffrescamento attraverso il solare (*solar cooling*).

Se è possibile sfruttare la radiazione solare, ma non posizionare elementi sul tetto ...
... è necessario valutare la possibilità di disporre i collettori a terra, su un'area esterna, anche non immediatamente adiacente alla costruzione. I collettori così disposti possono essere usati, come nel caso precedente, per la produzione di acqua calda sanitaria, energia elettrica e/o raffrescamento.

PUNTO 10. IL FUTURO DELLA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
DEGLI EDIFICI STORICI



L'attenzione crescente verso gli edifici storici e in particolare verso il miglioramento della loro efficienza energetica, sia a livello nazionale che internazionale, permette di prevedere, pur con il beneficio del dubbio, ulteriori sviluppi in questo senso.

In un'ottica in cui le nuove costruzioni saranno sempre meno, per la netta riduzione di nuove aree edificabili, diviene necessario agire sull'esistente. Data la ricchezza storica del nostro Paese, non è anacronistico interrogarsi sulle prospettive e sulle modalità di valorizzazione di questa realtà.

Per valorizzare correttamente una costruzione storica è fondamentale tenerne in considerazione i diversi contenuti: costruttivi, organizzativo-distributivi, formali e stilistici; in tali aspetti infatti risiede l'importanza dell'edificio, il suo linguaggio architettonico: *firmitas, utilitas e venustas*.

In primo luogo è opportuno evitare il più possibile che gli edifici su cui si è intervenuto, siano oggetto di ulteriori interventi a causa della malcurata gestione degli stessi. In tal senso andrà promossa preventivamente la manutenzione attenta e periodica delle strutture e degli impianti.

La manutenzione e l'intervento immediato su quelle parti che mostreranno di essere punti critici, permetterà di non ricorrere ad interventi più invasivi, e di salvaguardare la conservazione dell'impianto strutturale, dell'articolazione spaziale e dell'aspetto esterno dell'edificio.

Nel caso sia necessario cambiare nuovamente destinazione d'uso si valuti, oltre alla compatibilità con la struttura originaria, anche la conciliabilità con gli interventi già eseguiti, in modo da non dover sottoporre la struttura ad ulteriori stravolgimenti. In questo senso è utile che la valutazione preventiva della funzione da inserire, come visto nel primo punto di queste linee guida, sia vista in un'ottica di lungo periodo.

Dal punto di vista della gestione, successiva agli interventi proposti, si tratta di proseguire la via intrapresa, ovvero di mantenere alto il livello di efficienza energetica, sia della struttura che degli impianti, in modo da ottenere i migliori risultati possibili in termini di risparmio economico e di salvaguardia ambientale.

In questo senso sarà opportuno calibrare l'utilizzo dei sistemi messi in atto, siano essi attivi o passivi, con la dovuta attenzione, in funzione delle reali necessità, per evitare che dal cattivo uso derivi un ulteriore deterioramento delle parti.

Per quanto riguarda il futuro della riqualificazione energetica degli edifici storici, è quindi fondamentale tenere in mente la filosofia che ha guidato la ricerca, ovvero che la sostenibilità in architettura passa anche attraverso il riuso degli edifici, e che riqualificazione energetica e tutela conservativa non sempre sono inconciliabili.

“Niente è più sgradevole del vecchio rimesso a nuovo, tuttavia è ancora peggiore il trattamento riservato dai restauri “modernizzanti” agli antichi edifici ed, in specie, ai loro interni, che vengono rinnovati e stravolti, per opinabili ragioni funzionali, sino a diventare qualcosa di totalmente iriconoscibile.

I nuovi usi e le nuove funzioni dovranno, invece, essere studiati e calibrati in modo da conservare l'identità dei monumenti. Perdendola, l'oggetto diventa inaccettabilmente 'altro da se stesso', mentre il restauro – che pur sempre è mutamento – dovrebbe configurare, al massimo, una sorta di alterità 'in se stesso' o 'di se stesso'.”²

² GIOVANNI CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Napoli, Liguori, 1997.

La riqualificazione energetica degli edifici storici.
Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

CONSIDERAZIONI SULLA RICERCA

1. CONCLUSIONI

La questione della riqualificazione energetica degli edifici storici fino a pochi anni fa è stata considerata un argomento di scarso interesse, sia perché riguardava un patrimonio edilizio molto specifico, quindi in apparenza un problema di limitata entità, sia per l'impressione generale che tali edifici di antica tradizione costruttiva, con i loro "muri spessi", non avessero bisogno di ulteriori accorgimenti.

L'emergenza in termini ambientali ed energetici, che ha dato origine agli accordi internazionali e alle normative in materia, ha fatto prevalere l'interesse verso le nuove costruzioni; la crisi economica e le istanze ecologiste, che hanno dato un freno alla costruzione di nuove strutture, sempre meno necessarie, hanno invece mostrato l'esigenza di focalizzarsi sulla valorizzazione dei fabbricati esistenti.

In Italia oggi l'offerta edilizia corrisponde al doppio del fabbisogno e ciò, oltre ad aprire una questione di vasta rilevanza sociale, sottolinea come sia più produttivo sfruttare le risorse a disposizione, evitando di costruire altri edifici destinati ad incrementare il divario tra domanda e offerta.

La scelta di non consumare nuovo suolo, la volontà di migliorare il benessere degli occupanti e la necessità di diminuire le spese per la gestione degli edifici, ha condotto alla valutazione di come incrementare ulteriormente le prestazioni dell'esistente; in quest'ottica, in considerazione della ricchezza di patrimonio architettonico di cui è dotata l'Italia, anche gli edifici storici hanno acquisito un certo grado di interesse.

Pervenire ad un progetto di riqualificazione energetica di un edificio storico caratterizzato, allo stato attuale, da una carenza normativa in materia, è, come visto, un processo complesso, che richiede specifiche conoscenze sulla tipologia del manufatto, sui materiali da costruzione, sulle consuetudini e sulle tecniche del passato e sulla compatibilità di queste realtà preesistenti con i materiali e le tecnologie moderne.

La scelta di focalizzarsi solo sugli edifici rurali appare ancora valida al termine della trattazione, in quanto, dall'analisi effettuata, è emerso che tali costruzioni sono rappresentative di una significativa varietà di caratteristiche, che ha permesso di confrontarsi con una gamma molto articolata di interventi di conservazione.

Tutelare, conservare, valorizzare, sono termini ricorrenti, che presuppongono un preventivo riconoscimento del valore dell'oggetto. Talvolta però, la normativa

permette che siano eseguiti interventi invasivi su alcuni edifici rurali, non riconoscendo in essi una rilevanza tale da renderli patrimonio comune e oggetto di tutela. In questi casi viene del tutto tralasciata, al di là dell'interesse storico, l'importanza che questi edifici isolati rivestono, nel loro complesso, nella definizione ambientale del paesaggio rurale, esso pure inteso come valore da preservare e da incrementare.

È quindi comunque opportuno, anche in assenza di obblighi normativi in questo senso, in considerazione della valenza storica, ambientale e paesaggistica che rivestono, sottoporre tali edifici ad un vero e proprio intervento di restauro.

L'indagine sul difficile equilibrio tra le questioni connesse alla riqualificazione energetica e quelle relative al restauro, effettuata per mezzo dell'analisi di una tradizione costruttiva ed edilizia particolare, ha effettivamente permesso di stabilire un modo concreto di procedere, cadenzato in fasi, sostenuto da verifiche dimostrative.

Partendo dalla conoscenza approfondita dell'edificio e del suo rapporto con il contesto, l'approccio di tipo prestazionale ha consentito di definire le più idonee modalità di intervento ai fini energetici, riducendo il fabbisogno, migliorando l'efficienza e utilizzando fonti rinnovabili, nel rispetto di quegli aspetti peculiari che determinano l'importanza storico-paesaggistica di tali edifici.

Il criterio generale è stato quello di confrontarsi con la normativa vigente nell'ambito delle nuove costruzioni e degli edifici esistenti non tutelati, al fine di verificare la possibilità di raggiungere i limiti stabiliti per i singoli sistemi tecnologici anche negli edifici rurali storici. L'obiettivo era la verifica dell'effettiva necessità di ricorrere alla deroga alla normativa in materia e la valutazione della possibilità di introdurre un livello intermedio di miglioramento energetico per gli edifici storici, in questo caso rurali, senza arrivare a definire un obiettivo obbligatorio da raggiungere a livello di prestazione globale dell'edificio.

Questo allo scopo di migliorare le prestazioni degli elementi, pur mantenendo la possibilità di fermarsi nei punti in cui l'intervento stravolgerebbe le caratteristiche peculiari dell'edificio, facendo quindi prevalere l'esigenza conservativa per evitare un'alterazione irreversibile della costruzione.

La ricerca ha dimostrato che in molti casi è possibile agire sugli edifici storici in termini di miglioramento energetico, ma che gli interventi effettivamente compatibili sono inversamente proporzionali alle restrizioni date dai vincoli. Ne deriva che non è

possibile fissare delle prestazioni minime per gli edifici storici, ma che, nella stragrande maggioranza dei casi, è possibile, e auspicabile, migliorarne il comportamento energetico.

In quest'ottica l'intervento di riqualificazione energetica e la conservazione dell'edificio sono legati alla sensibilità delle competenze coinvolte, e dovrà quindi essere il progettista, in accordo con il committente, a valutare il livello di miglioramento, comunque necessario, compatibile con le caratteristiche del manufatto.

Al di là delle prestazioni, è stato utile comprendere le possibilità offerte dagli edifici stessi, ovvero studiarne gli accorgimenti bioclimatici esistenti, e prendere spunto da tutte quelle soluzioni che affondano le loro radici in pratiche costruttive lontane nel tempo e nello spazio, attente, in passato più che negli ultimi decenni, a limitare i consumi sfruttando al meglio le caratteristiche climatiche del luogo in cui sorgono.

Alla terna vitruviana *firmitas, utilitas, venustas* occorre, oggi più che mai, affiancare i contenuti ambientali dell'architettura, già insiti nella tradizione costruttiva antica, e implementarli con le nuove conoscenze, in modo da creare un efficace legame tra concezioni antiche e contemporanee.

Il fine della messa a punto delle linee guida, articolate in 10 punti atti a raccogliere gli esiti della ricerca, è stato quello di estrapolare dalla tipologia specifica indagata dei concetti di ordine più generale e di verificare la pertinenza delle modalità di intervento ottimale con le possibili situazioni reali.

Il risultato ottenuto è la conoscenza operativa di una metodologia idonea ad essere applicata in seguito anche ad altri repertori tipologici e ad altre serie di costruzioni storiche, eredità di differenti tradizioni costruttive.

A conclusione, si può affermare che non tutto ciò che è stato messo in relazione può procedere senza entrare in conflitto. Le verifiche compiute nei casi di studio hanno però permesso di confermare che riqualificazione energetica e tutela non sempre sono inconciliabili.

2. QUESTIONI APERTE

Come spesso accade, nel corso della ricerca e ancor più al termine, quando si riguarda il lavoro svolto, si comprende come sarebbe stato possibile declinare in modo diverso il lavoro oppure approfondirne ulteriormente alcuni aspetti.

Le limitazioni al campo di indagine e le ipotesi iniziali che hanno incanalato il problema sulla strada percorsa, potrebbero essere oggi modificate, al fine di indagare altri ambiti e giungere, forse, a risultati differenti. In tal senso la ricerca potrebbe proseguire verificando l'attendibilità delle linee guida su altre tipologie di edifici, in modo da migliorare e ampliare le parti che, inevitabilmente, dovranno essere modificate. In alternativa, ragionando per esigenze specifiche, potrebbe essere interessante circoscrivere la ricerca in termini di destinazione d'uso da insediare invece che di tipologia edilizia.

Il percorso di verifica del processo ipotizzato sui casi di studio, ha permesso di testare l'utilizzo della catalogazione degli interventi possibili su casi reali, ragionando in termini di prestazione dei singoli sistemi tecnologici; un ulteriore sviluppo della ricerca potrebbe indirizzarsi alla verifica del fabbisogno globale dell'edificio, in modo da dare una visione generale del risultato dell'intervento.

Questioni ancora in via di definizione rimangono, tra le altre, quelle relative allo studio di quali materiali moderni siano effettivamente compatibili con quelli storici, anche in considerazione del fatto che materiali e tecnologie sono in continua evoluzione. Tale valutazione permetterebbe così di definire ancora più nel dettaglio spessori e prestazioni ottenibili, riuscendo forse ad impiegare soluzioni oggi escluse perché troppo invasive.

Lo stimolo utile per proseguire il lavoro è, in ogni caso, la presa di coscienza della necessità dell'intervento di riqualificazione energetica nella maggior parte degli edifici storici, anche quando non tutelati normativamente.

È evidente che, laddove gli interventi si dimostrino per lo più incongrui, sarà necessario evitare l'inserimento di quella determinata funzione, e sarà possibile agire in termini di miglioramento dell'efficienza energetica in modo più prudente, come avviene, in altri ambiti, quando si tratta di edifici storici.

In questo senso la ricerca rappresenta una prima base per l'individuazione di un metodo di intervento generale calibrato sapientemente sulle diverse classi tipologiche degli edifici storici.

L'obiettivo di un inevitabile passo successivo da condurre con altri mezzi, e applicato anche ad altri patrimoni edilizi regionali, dovrebbe essere quello di giungere, per ogni tipologia edilizia, ad una definizione più esatta e puntuale della combinazione di interventi più virtuosa dal punto di vista ambientale, ricercando sempre il rispetto dei principi basilari del restauro. Ciò raramente si ottiene prescrivendo normative virtuose imposte a priori, ma si ottiene in modo molto più convincente a posteriori, a conclusione di un confronto critico tra una moltitudine di casi di studio.

La necessità di aggiornare la normativa è chiara e, pur con la consapevolezza dei limiti oggettivi della presente ricerca, si propone di approfondire e affinare le indicazioni qui delineate in modo da giungere, estendendo il campo di indagine e verificando operativamente gli interventi proposti, a linee guida che abbiano valenza normativa.

Tra le questioni aperte resta il poter dare vita ad una ricerca che, nel quadro di un'avveduta politica regionale post sisma 2012, coniughi efficacemente miglioramento sismico e miglioramento energetico degli edifici storici.

La riqualificazione energetica degli edifici storici.
Linee guida di intervento sugli edifici rurali dell'Emilia Romagna.

PARTE V.
BIBLIOGRAFIA RAGIONATA
E GLOSSARIO

1. REPERTORIO DELLE FONTI BIBLIOGRAFICHE

Architettura ed energia

RALPH L. KNOWLES, *Energy and form: an ecological approach to urban growth*, Massachusetts, MIT Press, 1974, (tr. it. di Girolamo Mancuso, *Energia e forma. Un approccio ecologico allo sviluppo urbano*, Padova, Franco Muzzio, 1981).

PHILIP STEADMAN, *Energy environment and building*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975, (tr. it. *Energia e ambiente costruito*, Milano, Mazzotta, 1978).

BARRY COMMONER, *The politics of energy*, New York, Alfred A. Knopf Inc., 1979, (tr. it. *La politica dell'energia*, Milano, Garzanti, 1980).

FEDERICO M. BUTERA, *Quale energia per quale società. Le basi scientifiche di una politica energetica alternativa*, Milano, Mazzotta, 1979.

ADRIANO CORNOLDI - SERGIO LOS, *Energia e Habitat*, Padova, Franco Muzzio, 1980.

GIANCARLO PINCHERA, *Uso e risparmio dell'energia*, Roma, Editori Riuniti, 1981.

VINCENZO BACIGALUPI - CRISTINA BENEDETTI, *Progetto ed energia*, Roma, Edizioni Kappa, 1981.

MARIO FORTE - GABRIELLA FUNARO, *L'energia solare nell'edilizia*, Roma, Ance, 1981.

PAOLO DEGLI ESPINOSA - ENZO TIEZZI, *I limiti dell'energia*, Milano, Garzanti, 1987.

FRANCO SELLERI, *Che cos'è l'energia*, Roma, Editori Riuniti, 1988.

MARIO SILVESTRI, *Il futuro dell'energia*, Torino, Bollati Boringhieri, 1988.

BRUNO MARTINIS, *L'Energia in Italia. Convenzionale, nucleare o alternativa?*, Bari, Edizioni Dedalo, 1990.

PIER ATTILIO TRONCONI, *Pianeta in prestito. Energia entropia ecologia*, Cesena, Macro Edizioni, 1991.

TIZIANO PERA - GIANNI TARTARI, *Energia e ambiente*, Milano, Le Monnier, 1991.

MAURIZIO MICHELINI, *Energia: fatti, problemi, prospettive*, Napoli, CUEN, 1992.

SALVATORE DIAZ - FEDERICO M. BUTERA, *Prometeo e Proserpina. Le professioni dell'energia e dell'ambiente*, Milano, Editore Samedia, 1993.

REYMER BANHAM, *The Architecture of the Well Tempered Environment*, London, The Architectural Press, 1969, (tr. it. di Giovanni Morabito e Cristian Stanesco, *Ambiente e tecnica nell'architettura moderna*, Roma-Bari, Laterza, 1993).

TULLIO REGGE, *Gli Eredi di Prometeo. L'energia nel futuro*, Torino, La Stampa, 1993.

RAFAEL SERRA - HELENA COCH, *Arquitectura y energía natural*, Barcelona, Universidad Politecnica de Cataluna, 1995, (tr. it. *L'energia nel progetto di architettura*, Milano, Città Studi, 1997).

FRANCESCO SPANEDDA, *Energia e insediamento: una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici*, Milano, Franco Angeli, 2007.

RICCARDO VARVELLI, *Risparmiare energia: per un futuro sostenibile*, Milano, Etas, 2009.

MARCO MOROSINI, A "2000 Watt Society" in 2050: a Realistic Vision?, inserito il 21 ottobre 2011 in <<http://serenoregis.org/2011/10/21/transizione-verso-una-societa-a-2000-w-una-sfida-possibile/>>

Architettura bioclimatica

VICTOR OLGAY, *Design with Climate. A Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton, Princeton University Press, 1962, (tr. it. di Girolamo Mancuso, *Progettare con il Clima. Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Padova, Franco Muzzio, 1981).

BARUCH GIVONI, *Man Climate and architecture*, London, Applied Science Publishers Ltd, 1976.

SERGIO LOS, *La progettazione dell'architettura bioclimatica. Atti del Seminario sui sistemi solari passivi (Bari 1979)*, Padova, Franco Muzzio, 1980.

VALERIO CALDERARO, *Architettura solare passiva. Manuale di progettazione*, Roma, Edizioni Kappa, 1981.

ENEA, *Architettura bioclimatica*, Roma, De Luca Editore, 1983.

DELFO DEL BINO ET AL., *Clima ed edilizia. Rapporto tra tipologia edilizia e soleggiamento*, Firenze, Alinea, 1984.

CARMINE C. FALASCA, *Dal clima alla tipologia edilizia. Note metodologiche per la progettazione*, Firenze, Alinea, 1985.

BRANKA JANKOVICH, *Clima e Progetto: Note sulla progettazione bioclimatica degli spazi architettonici interni ed esterni*, Firenze, Medicea, 1990.

GABRIELLA FUNARO - EMILIO D'ERRICO, *Edilizia bioclimatica in Italia. 151 edifici solari passivi*, Roma, ENEA, 1992.

FEDERICO M. BUTERA, *Energia e tecnologia fra uomo e ambiente*, Milano, Città Studi, 1992.

BIANCA BOTTERO (a cura di), *Progettare e costruire nella complessità: Lezioni di bioarchitettura*, Napoli, Liguori, 1993.

CRISTINA BENEDETTI, *Manuale di architettura bioclimatica*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 1994.

MARCO SALA (a cura di), *Tecnologie bioclimatiche in Europa*, Firenze, Alinea, 1994.

VIRGINIA GANGEMI (a cura di), *L'ambiente risanato. La bioarchitettura per la qualità della vita*, Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 1994.

NARENDK BANSAL, *Passive Building Design. A Book of Natural Climate Control*, Amsterdam, Elsevier Science, 1994.

SERGIO LIRONI, *Ecologia dell'abitare. Architettura biocompatibile per una casa solare*, Padova, Edizioni GB, 1996.

DORA FRANCESE, *Architettura bioclimatica: risparmio energetico e qualità della vita nelle costruzioni*, Torino, UTET, 1996.

SOPHIA BEHLING - STEFAN BEHLING, *Solar Power. The Revolution of Solar Architecture*, New York, Prestler, 1996.

GIANNI SCUDO, *Caratteri ambientali, climatizzazione naturale e approccio bioclimatico*, in "Ambiente costruito", n.1, 1997.

MARIO BUONO - VIRGINIA GANGEMI, *Architettura del vento: design e tecnologia per il raffrescamento passivo*, Napoli, CLEAN, 1998.

SERGIO PETRARCA ET AL., *Profilo climatico dell'Italia*, Roma, ENEA, 1999.

STEFANO BRUNO, *Progettazione bioclimatica e bioedilizia. Manuale di architettura per edifici e impianti ecocompatibili*, Milano, Il Sole 24 Ore Pirola, 2001.

UWE WIENKE, *L'edificio passivo: standard, requisiti, esempi*, Firenze, Alinea, 2002.

LAURA MALIGHETTI, *Recupero edilizio e sostenibilità. Il contributo delle tecnologie bioclimatiche alla riqualificazione funzionale degli edifici residenziali collettivi*, Milano, Il Sole 24 Ore, 2004.

MARIO GROSSO - FRANCESCO CALLIERO, *Ventilazione naturale e raffrescamento strutturale: una procedura di calcolo*, in "Il Progetto Sostenibile", n.7, 2005, p.22-27.

MAURO MASI, *Il vento: climatizzazione naturale degli edifici e impianti a energia pulita*, Roma, DEI, 2007.

FEDERICA ARIAUDO - GIAN VINCENZO FRACASTORO, *Il verde parietale come elemento di controllo dei carichi termici*, in "Il Progetto Sostenibile", n.15, settembre 2007, pp. 56-65.

PAOLA GALLO, *Recupero bioclimatico edilizio urbano. Strumenti tecniche e casi di studio*, Napoli, Sistemi Editoriali, 2010.

MARIO GROSSO, *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato. Principi e archetipi bioclimatici, criteri progettuali, metodi di calcolo, esempi progettuali e applicativi*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2011.

CLARA MASOTTI, *Comfort estivo e risparmio energetico in architettura. Strategie progettuali per l'ottimizzazione del comportamento termico passivo negli edifici residenziali in laterizio*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2012.

Approccio ecologico all'architettura

LAURA C. ZEIBER, *The Ecology of Architecture*, New York, Whitney Library of Design, 1996.

GABRIELLA PERETTI (a cura di), *Verso l'ecotecnologia in architettura*, Milano, BE-MA, 1997.

UWE WIENKE, *Dizionario dell'edilizia bioecologica*, Roma, DEI, 1999.

SERGIO LOS, *Architettura e territorio*, Roma, Franco Muzzio, 2000.

MAURO BERTAGNIN - ENRICO PIETROGRANDE, *La salubrità dell'abitare*, Monfalcone, Edicom, 2002.

ILARIA GAROFOLO (a cura di), *Per una progettazione consapevole. Contributi alla formazione di una nuova sensibilità progettuale per un'edilizia bio-eco compatibile*, Monfalcone, Edicom, 2004.

MARIO GROSSO ET AL., *Progettazione ecocompatibile dell'architettura. Concetti, metodi, strumenti d'analisi e valutazione, esempi applicativi*, Napoli, Esselibri, 2005.

GIANLUCA RUGGERI ET AL., *L'effetto dell'orientamento sul comfort termico estivo*, in "Il Progetto Sostenibile", n.9, marzo 2006, pp. 64-69.

UWE WIENKE, *Manuale di bioedilizia*, Roma, DEI, 2008.

SERENA OMODEO SALÈ, *Verdeaureo dell'architettura. Manuale tecnico-pratico del costruire e dell'abitare sano e dei prodotti ecologicamente migliorativi*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2011.

Elementi di sostenibilità in architettura

SERENA OMODEO SALÈ, *Architettura, design e natura. Progettare la sostenibilità*, Milano, Nuove Iniziative, 1996.

ENZO TIEZZI - NADIA MARCHETTINI, *Che cos'è lo sviluppo sostenibile*, Roma, Donzelli, 1999.

FAUSTO NOVI (a cura di), *La riqualificazione sostenibile. Applicazioni, sistemi e strategie di controllo climatico naturale*, Firenze, Alinea, 1999.

LUCIA CECCHERINI NELLI ET AL., *Schermature solari*, Firenze, Alinea, 2000.

ILARIA GAROFOLO (a cura di), *Sostenibilità nelle costruzioni*, Monfalcone, Edicom, 2002.

GIUSEPPE LONGHI, *Linee guida per una progettazione sostenibile*, Roma, Officina, 2003.

RICCARDO RODA – MARIA ROSA RONZONI (a cura di), *Abitare il futuro. Innovazione, Tecnologia, Architettura*, Milano, BE-MA, 2003.

ATTILIO CAROTTI, *Architettura e sostenibilità. La casa passiva. Costruzione e struttura*, Milano, Libreria Clup, 2004.

ALESSANDRO LANZA, *Lo sviluppo sostenibile*, Bologna, Il Mulino, 2006.

LUCA CASTELLI (a cura di), *Architettura sostenibile*, Torino, UTET, 2008.

MONICA LAVAGNA, *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Milano, Hoepli, 2008.

Risparmio energetico ed efficienza energetica nella progettazione

PETER BURBERRY, *Building for energy conservation*, Elsevier Science e Technology, 1978, (tr. it. di Girolamo Mancuso, *La progettazione del risparmio energetico*, Padova, Franco Muzzio Editore, 1980).

ALESSANDRA FLORIANI, *Risparmio energetico. Normativa e attuazione nell'edilizia*, Roma, Edizioni Kappa, 1980.

MARY HANCOCK - SUSAN ROAF (a cura di), *Energy Efficient Building: A Design Guide*, Cambridge, Blackwell Scientific Publications, 1992.

VIRGINIO BETTINI ET AL., *La casa del sole. Architettura e risparmio energetico*. Napoli, CUEN, 1995.

GIANCARLO CHIESA - GIULIANO DALL'O', *Risparmio energetico in edilizia: criteri e norme*, Milano, Masson, 1996.

ROBERTO LOLLINI ET AL., *La ventilazione degli edifici e il risparmio energetico*, in "La termotecnica", n.9, 2002, pp. 73-78.

GABRIELE MASERA, *Residenze e risparmio energetico. Tecnologie applicative e linee guida progettuali per la costruzione di abitazioni sostenibili*, Milano, Il Sole 24 Ore, 2004.

MARIO GAMBERALE - FABRIZIO PIERMATTEI, *Le strade del risparmio energetico degli edifici*, in "La termotecnica", n.7, 2004, pp. 42-44.

MICHELE DE CARLI ET AL., *Risparmio energetico. La ventilazione naturale*, in "CDA", n.11, dicembre 2006, pp. 34-45.

FRANCESCO PATANIA ET AL., *Bioarchitettura e risparmio energetico. Il caso studio dell'Università Kore di Enna*, in "La Termotecnica", n.5, giugno 2007, pp. 61-65.

MAURO SPAGNOLO, *Efficienza energetica nella progettazione*, Roma, DEI, 2007.

KRISTIAN FABBRI - MICHELE CONTI, *Progettazione energetica dell'architettura*, Roma, DEI, 2008.

LUCA GIORDANO, *Casa ermetica o traspirante? Una guida al progetto di architettura energeticamente efficiente, sostenibile e bioecologico. Una analisi tecnico-divulgativa delle iterazioni tra economia, cambiamenti climatici e ambiente costruito*, Firenze, Alinea, 2008.

GIORGIO PARDI - ALESSANDRA LUCCI (a cura di), *Architettura energetica: soluzioni sperimentali per il risparmio energetico nell'housing*, Firenze, Alinea, 2010.

EDOARDO LONGA, *La riqualificazione energetica nel real estate: recupero ed efficientamento di un edificio esistente: 5 case history di grandi aziende che hanno saputo affrontare e risolvere il problema del risparmio energetico*, Milano, Il Sole 24 Ore, 2010.

PIETROMARIA DAVOLI, *Recupero energetico ambientale del costruito*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2010.

ATTILIO CAROTTI, *Riqualificazione energetica degli edifici. Linee guida per progettazione integrata*, Torino, UTET Scienze Tecniche, 2011.

Applicazioni del risparmio energetico e fonti rinnovabili

BRUCE ANDERSON - MICHAEL RIORAN, *The Solar Homebook: Passive Solar Energy*, Harrisville, Cheshire Books, 1976, (tr. it. di Giuliana Brina, *Il libro della casa solare. Tutto ciò che occorre sapere per progettare e costruire la casa solare*, Roma, Cesco Ciapanna, 1981).

CRISTINA BENEDETTI, *L'Energia del sole. Tecnologie ed applicazioni in architettura*, Roma, Edizioni Kappa, 1978.

CNR, *Guida al controllo energetico della progettazione*, Roma, Edizioni CNR, 1985.

BRUCE ANDERSON (a cura di), *Solar Building Architecture*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1990.

NORBERT LECHNER, *Heating, Cooling, Lighting. Design Method for Architects*, New York, John Wiley & Sons, 1991.

ELENA BONI, *Modelli sperimentali sull'uso delle fonti rinnovabili*, Milano, Le Monnier, 1992.

JOHN R. GOULDING ET AL. (a cura di), *Energy Conscious Design. A Primer for Architecture*, London, Batsford for the Commission of European Society, 1992.

FULLER MOORE, *Environmental Control System. Heating, Cooling, Lighting*, New York, McGraw-Hill, 1993.

ROBERT HASTING, *Passive Solar Commercial and Institutional Building. A Sourcebook of Examples and Design Insights*, Chichester, John Wiley & Sons, 1994.

JANT KREIDER - ARI RABL, *Heating and Cooling of Building. Design for Efficiency*, New York, McGraw Hill, 1994.

GIULIANO DALL'O', *Architettura e impianti: guida all'integrazione degli impianti tecnici negli edifici*, Milano, CittàStudi, 1994.

FRANCESCO PAOLO VIVOLI, *Le applicazioni fotovoltaiche per usi civili e rurali nei comuni d'Italia*, Roma, ISES, 1997.

CARLO AMEDEO REYNERI, *Coperture in bioedilizia*, Monfalcone, Edicom, 2002.

CARLO AMEDEO REYNERI, *Solai, pareti e serramenti in bioedilizia*, Monfalcone, Edicom, 2002.

CARLO AMEDEO REYNERI, *Isolanti e guaine in bioedilizia*, Monfalcone, Edicom, 2003.

CARLO AMEDEO REYNERI, *Intonaci in bioedilizia*, Monfalcone, Edicom, 2003.

MAURO MASI - ANAYANSI FORTINI OCHOA, *Il vento, climatizzazione naturale degli edifici e impianti a energia pulita*, Roma, DEI, 2005.

ANDREA BARTOLAZZI, *Le energie rinnovabili*, Milano, Hoepli, 2006.

SILVIA BRUNORO, *Efficienza energetica delle facciate*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2006.

ELISA NUZZO, *Recupero ecoefficiente del costruito. Confronto tra soluzioni migliorative per pareti, coperture e solai*, Monfalcone, Edicom, 2008.

CORRADO DE TRIZIO, *Efficienza energetica di edifici e impianti termici. Come sviluppare un progetto ecoefficiente: dalla scelta dei materiali più idonei, alla valutazione delle migliori tecniche costruttive, al calcolo dell'indice di prestazione energetica*, Milano, Il Sole 24 Ore Pirola, 2008.

FRANCESCO FIORITO, *Involucro edilizio e risparmio energetico. Soluzioni progettuali e tecnologie*, Palermo, Dario Flaccovio, 2009.

FABIO CARRIA, *Il rinnovo delle facciate: nuovi ruoli dell'involucro edilizio. Recupero, riqualificazione energetica e formale, materiali*, Palermo, Dario Flaccovio, 2009.

CARLO PONZINI, *L'edificio energeticamente sostenibile. Materiali per il risparmio energetico*, Sant' Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2009.

ENRICO DE ANGELIS ET AL., *Le pareti perimetrali opache*, Sant' Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2009.

ALESSANDRO FASSI - LAURA MAINA, *L'isolamento ecoefficiente. Guida all'uso dei materiali naturali*, Milano, Edizioni Ambiente, 2009.

Metodologie per il progetto: indicazioni tecniche

BRUCE ANDERSON (a cura di), *Solar Energy: Fundamentals in Building Design*, New York, McGraw-Hill Book Company, 1977, (tr. it. di Girolamo Mancuso, *Energia solare: Manuale di progettazione*, Padova, Franco Muzzio, 1980).

JAMES MCCULLAGH (a cura di), *The Solar Greenhouse Book*, 1978, (tr. it. di Girolamo Mancuso, *Il libro delle serre solari*, Padova, Franco Muzzio, 1979).

GIULIANO DALL'O ET AL., *Sole, progetto, habitat. Impieghi dell'energia solare negli impianti tecnici degli edifici*, Milano, Clup, 1980.

WALTER F. MILES - ROBERT H. MONTGOMERY, *The Solar Decision Book of Homes. A Guide to Designing and Remodeling for Solar Heating*, New York, John Wiley & Sons, 1982.

MARIA BOTTERO (a cura di), *Architettura solare. Tecnologie passive ed analisi costi-benefici*, Milano, Clup, 1984.

MAZRIA EDWARD, *The Passive Solar Energy Book*, Center for Environmental Research, University of Oregon, Canada, Rodale Press, 1979, (tr. it. di Girolamo Mancuso, *Sistemi solari passivi. Soluzione per una migliore qualità ambientale degli edifici*, Padova, Franco Muzzio, 1990).

MICHELA TONI, *Qualità involucro: contributo attorno ai problemi del comfort abitativo*, Bologna, Pitagora, 1990.

DOUGLAS BALCOMB, *Passive Solar Buildings*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1992.

BRUCE CROSS (a cura di), *European Directory of Renewable Energy. Supplies and Service*, London, James & James, 1992.

JOHN R., GOULDING - OWEN J. LEWIS (a cura di), *European Directory of Energy Efficient Building. Components, Services, Materials*, London, James & James, 1993.

GIOVANNI SCUDO, *Tecnologie termoedilizie. Principi e tecniche innovative per la climatizzazione edilizia*, Milano, CittàStudi, 1993.

PAOLO BAGGIO ET AL., *Comportamento termoigrometrico e umidità di risalita nelle murature*, in Atti del Convegno Internazionale "Le pietre da costruzione: il tufo calcareo e la pietra leccese", Bari, 26-28 maggio 1993, pp. 453-464.

SIMOS YANNAS, *Solar Energy and Housing Design. Volume 1: Principles, Objectives, Guidelines*, London, Architectural Association, 1994.

GAETANO ALFANO ET AL., *Il benessere termoigrometrico nella progettazione e realizzazione degli ambienti confinati*, Napoli, CUEN, 1994.

ANNA MANGIAROTTI, *Le tecniche dell'architettura contemporanea. Evoluzione e innovazione degli elementi costruttivi*, Milano, Franco Angeli, 1995.

FEDERICO M. BUTERA, *Architettura e ambiente. Manuale per il controllo della qualità termica, luminosa e acustica degli edifici*, Milano, ETAS Libri, 1995.

UWE WIENKE (a cura di), *I materiali termoisolanti dal punto di vista ecologico*, Perugia, ASSA, 1996.

DANIELA FACONTI E SILVIA PIARDI (a cura di), *La qualità ambientale degli edifici*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 1998.

UWE WIENKE, *Aria Calore Luce. Il comfort ambientale negli edifici*, Roma, DEI, 2005.

Soluzioni preimpiantistiche: scritti teorici ed esperienze architettoniche

MARCO VITRUVIO POLLIONE, *De Architectura*

edizione consultata: MARCO VITRUVIO POLLIONE, *De Architectura*, a cura di Pierre Gros, traduzione e commento di Antonio Corso e Elisa Romano, Torino, Einaudi, 1997.

LEON BATTISTA ALBERTI, *De re edificatoria*

edizione consultata: LEON BATTISTA ALBERTI, *De re edificatoria*, testo latino e traduzione a cura di Giovanni Orlandi, Milano, edizioni il Polifilo, 1966.

FRANCESCO DI GIORGIO MARTINI, *Trattato di architettura civile e militare*

edizione consultata: FRANCESCO DI GIORGIO MARTINI, *Trattato di architettura civile e militare*, a cura del cav. Cesare Saluzzo, Torino, Tipografia Chirio e Mina, 1841.

ANDREA PALLADIO, *I quattro libri dell'architettura*

edizione consultata: ANDREA PALLADIO, *I quattro libri dell'architettura*, Milano, Hoepli, 1990.

JEAN NICOLAS LOUIS DURAND, *Précis des leçons d'architecture*, Paris, 1819

edizione consultata: JEAN NICOLAS LOUIS DURAND, *Lezioni di architettura*, a cura di E. D'Alfonso, Milano, CLURP, 1986.

PIETROMARIA DAVOLI, *Architettura senza impianti. Aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale*, Firenze, Alinea, 1993.

CHRISTIAN NORBERG-SCHULZ, *Genius loci. Paesaggio Ambiente Architettura*, Milano, Electa, 1996.

CORRADO TROMBETTA, *L'attualità del pensiero di Hassan Fathy nella cultura tecnologica contemporanea. Il luogo, l'ambiente e la qualità dell'architettura*, Catanzaro, Rubbettino, 2002.

FEDERICO M. BUTERA, *Dalla caverna alla casa ecologica. Storia del comfort e dell'energia*, Milano, Edizioni Ambiente, 2004.

GUIDO MORETTI - DONATA BORI, *La casa di Hatra. Uso delle risorse ambientali e climatiche nella tradizione abitativa mediterranea*, Bologna, TipoArte, 2005.

CARLA BALOCCO ET AL., *I sistemi di ventilazione naturale negli edifici storici. Palazzo Pitti a Firenze e Palazzo Marchese a Palermo*, Firenze, Alinea, 2009.

Restauro degli edifici storici: riferimenti culturali

CAMILLO BOITO, *Questioni pratiche di belle arti. Restauri, concorsi, legislazione, professione, insegnamento*, Milano, Hoepli, 1893.

AMBROGIO ANNONI, *Scienza ed arte del restauro architettonico. Idee ed esempi*, Milano, Framar, 1946.

RENATO BONELLI, *Architettura e restauro*, Venezia, Neri Pozza, 1959.

ROBERTO PANE, *Città antiche edilizia nuova*, Napoli, Esi, 1959.

LILIANA GRASSI, *Il restauro architettonico*, Milano, Tamburini, 1961.

CESARE BRANDI, *Teoria del restauro*, Torino, Edizioni di Storia e Lettere, 1963.

CARLO CESCHI, *Teoria e storia del restauro*, Roma, Bulzoni, 1970.

PIERO SANPAOLESI, *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*, Firenze, Edam, 1973.

FRANCESCO LA REGINA, *Restaurare o conservare. La costruzione metodologica del restauro architettonico*, Napoli, Clean, 1984.

PAOLO MARCONI, *Arte e cultura della manutenzione dei monumenti*, Roma-Bari, Laterza, 1984.

AMEDEO BELLINI (a cura di), *Tecniche della conservazione*, Milano, Franco Angeli, 1986.

STELLA CASIELLO, *Restauro tra metamorfosi e teorie*, Napoli, Electa, 1992.

GIOVANNI CARBONARA, *Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti*, Napoli, Liguori, 1997.

PAOLO FANCELLI, *Il restauro dei monumenti*, Firenze, Nardini, 1998.

LAURA GIOENI (a cura di), *Marco Dezzi Bardeschi. Restauro: due punti e da capo*, Milano, Franco Angeli, 2004.

AMEDEO BELLINI ET AL., *Che cos'è il restauro? Nove studiosi a confronto*, Venezia, Marsilio, 2005.

PAOLO MARCONI, *Il recupero della bellezza*, Milano, Skira, 2005.

ANTONIO CIOFFI, *Educare ai beni culturali*, Napoli, Liguori, 2010.

Restauro, recupero, riuso dell'edilizia storica

JAMES MARSTON FITCH, *Historic Preservation: curatorial management of the built world*, Charlottesville, University of Virginia Press, 1982.

FLAVIO CASSARINO (a cura di), *Il recupero del patrimonio architettonico: nuovi ambiti di qualificazione dell'imprenditoria artigiana nella conservazione dei beni culturali*, Cremona, C.N.A., 1990.

LUIGI MARINO, *Il Rilievo per il Restauro: ricognizioni, misurazioni, accertamenti, restituzioni, elaborazioni*, Milano, Hoepli, 1990.

PATRIZIA PAGANUZZI, *Recupero e riuso dei solai in legno*, Padova, UPSEL Domeneghini, 1993.

GIOVANNI CARBONARA (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, Torino, UTET, 1996.

KRISTIAN FABBRI - GIULIANO DALL'O', *Evoluzione storica degli impianti nell'architettura*, in GIULIANO DALL'O' (a cura di), *Gli Impianti nell'architettura*, Torino, UTET, 2000.

GIOVANNI CARBONARA, *Restauro architettonico e impianti*, Torino, UTET, 2001.

ROSALBA LENTILE, *Per un consolidamento consapevole dei beni architettonici*, Torino, Celid, 2001.

LUCA ZEVI (a cura di), *Il Manuale del restauro architettonico*, Roma, Mancosu, 2001.

GIULIANO DALL'O' (a cura di), *Gli impianti nell'architettura e nel restauro*, Torino, UTET, 2003.

STEFANO MUSSO, *Recupero e restauro degli edifici storici: guida pratica al rilievo e alla diagnostica*, Roma, EPC Libri, 2004.

CLAUDIO D'AMICO, *Innovazioni tecnologiche per i beni culturali in Italia*, in *Atti del convegno di Caserta*, febbraio 2005, Bologna, Patron Editore, 2006.

PAOLO GASPAROLI, *Criteri, metodi e strategie per l'intervento sul costruito*, Firenze, Alinea, 2006.

ANTONELLA VALLITUTTI, *Tecnologie di riconversione dell'ambiente costruito*, Firenze, Alinea, 2008.

GIOVANNI MANIERI ELIA, *Metodo e tecniche del restauro architettonico*, Roma, Carocci, 2010.

ELENA MAGAROTTO, *Tecnologie innovative per la valorizzazione dei beni culturali*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2010.

Architettura rurale nella pianura padana

LUCIO GAMBI, *La casa rurale nella Romagna*, Firenze, Centro di studi per la geografia etnologica, 1950.

MARIO ORTOLANI, *La casa rurale nella pianura emiliana*, Firenze, Centro di studi per la geografia etnologica, 1953.

GIUSEPPE BARBIERI - LUCIO GAMBI (a cura di), *La casa rurale in Italia*, Firenze, Olschki, 1970.

GIULIANO CERVI, "Tipi edilizi e tecnologie costruttive delle case coloniche della pianura reggiana" in "Case rurali nel forese di Reggio Emilia", Reggio Emilia, Comune di Reggio Emilia, 1984.

FRANCESCA BOCCHI, *L'architettura popolare in Italia. Emilia-Romagna*, Roma-Bari, Laterza, 1985.

WALTER BARICCHI, *Le mappe rurali del territorio di Reggio Emilia*, Bologna, Grafis, 1985.

WALTER BARICCHI, *L'architettura rurale: forme e strutture della pianura reggiana*, Repubblica di San Marino, AIEP, 1987.

GIUSEPPE ADANI - BRUNO ANDREOLLI (a cura di), *Insedimenti rurali in Emilia Romagna-Marche*, Milano, Edizioni Silvana, 1989.

GIORDANO CONTI - PATRIZIA TAMBURINI, *Il recupero dell'edilizia rurale*, Bologna, Grafis, 1990.

MARIO ZAFFAGNINI, *Per un approccio esigenziale al recupero dell'edilizia rurale nel territorio della pianura bolognese*, in "Paesaggio Urbano", n.1, 1995, pp. 78-92.

THEO ZAFFAGNINI, *Un tipo edilizio da salvare: la stalla-fienile della pianura bolognese*, in "Costruire in laterizio", n.47, settembre-ottobre 1995, pp. 344-349.

ALESSANDRO GAIANI, *Caratteri tipologici e morfologici degli insediamenti rurali nella pianura emiliana* in "Costruire in laterizio", n.47, settembre-ottobre 1995, pp. 332-343.

MARIO ZAFFAGNINI, *La campagna urbanizzata tra recupero e nuova edificazione* in "Paesaggio urbano", n.1, 1997, pp. 5-10.

MARIO ZAFFAGNINI (a cura di), *Le case della grande pianura*, Firenze, Alinea, 1997.

PIETROMARIA DAVOLI, *Distrutti dal tempo o trasformati dall'uomo?*, in "Costruire in laterizio", n.57, 1997, pp. 176-183.

ANNA CÒCCIOLI MASTROVITI (a cura di), *Edifici rurali storici. Metodologie per il recupero*, Parma, Tip. Riunite Donati, 1998.

CARLO FERRARI - LUCIO GAMBI (a cura di), *Un Po di terra: guida all'ambiente della bassa pianura padana e alla sua storia*, Reggio Emilia, Diabasis, 2000.

STEFANO F. MUSSO - GIOVANNA FRANCO, *Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali*, Venezia, Marsilio, 2000.

WALTER BARICCHI - GIULIANO CERVI, *Guida al recupero del patrimonio edilizio storico. Architetture tradizionali in area appenninica e canossiana*, Reggio Emilia, Provincia di Reggio Emilia, 2000.

ANDREA BOERI, *Tecnologie per il recupero degli edifici rurali. Esperienze in Emilia Romagna*, Bologna, Minerva, 2001.

ALBERTO MAMBRIANI - PAOLO ZAPPAVIGNA (a cura di), *Edilizia rurale e territorio. Analisi, metodi, progetti*, Parma, Mattioli 1885 Editore, 2005.

MARTA GNONE ET AL., *Guida alla manutenzione e al recupero dell'architettura rurale intelvese*, Regione Lombardia, Como, Cesarenani tipografia editrice Lipomo, 2006.

MARCO COBIANCHI - LORENZO FRESCHI, *Una nuova sede per il consorzio del parmigiano reggiano. Progetto di conservazione e recupero di Corte Inzani a Sant'Ilario d'Enza*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura, Università degli Studi di Parma, relatore prof. Eva Coisson, a.a 2007-2008.

STEFANO F. MUSSO ET AL., *Architettura rurale nel Parco del Beigua. Guida alla manutenzione e al recupero*, Venezia, Marsilio, 2009.

ROBERTO DI GIULIO - THEO ZAFFAGNINI (a cura di), *Case sparse. Paesaggi agrari tra Ferrara e Bologna. Strategie per la valorizzazione e il riuso del patrimonio rurale*, Milano, Franco Angeli, 2010.

MASSIMO QUAINI (a cura di), *Paesaggi agrari. L'irrinunciabile eredità scientifica di Emilio Sereni*, Milano, Silvana Editoriale, 2011.

Materiali e tecniche costruttive tradizionali

DANIELE DONGHI, *Manuale dell'Architetto*, Torino, UTET, 1935.

CARLO GUENZI (a cura di), *L'arte di edificare. Manuali in Italia 1750-1950*, Milano, BE-MA Editrice, 1981.

GIANFRANCO CANIGGIA - GIAN LUIGI MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia*, Venezia, Marsilio, 1983.

ALFONSO ACOCELLA, *L'architettura dei luoghi*, Roma, Laterconsult, 1992.

UMBERTO MENICALI, *I materiali dell'edilizia storica*, Roma, Carocci, 1992.

CLAUDIO VARAGNOLI, *La materia degli antichi edifici*, in GIOVANNI CARBONARA (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, Torino, UTET, 1996, vol. I, pp. 303-470.

ALFONSO ACOCELLA, *L'architettura di pietra. Antichi e nuovi magisteri costruttivi*, Firenze-Lucca, Lucense Alinea, 2004.

ADOLFO C. DELL'ACQUA ET AL. (a cura di), *Tradizioni del costruire nel territorio nazionale*, Firenze, Alinea, 2011.

Riqualificazione energetica degli edifici storici

VINCENT M. BUHAGIAR, *The refurbishment of historic buildings for re-use: an energy efficient and heritage sensitive approach: generic guidelines with applications for Malta*, Cardiff, Wales, Cardiff University, 1999.

KRISTIAN FABBRI, *Impianti e Conservazione: gli interventi sulla componente impiantistica negli edifici tutelati dal T.U. 490/99*, in "Paesaggio Urbano", n.5, 2003, pp. 30-33.

STEFANO DELLA TORRE - GIANFRANCO MINATI, *Conservazione e manutenzione del costruito*, in "Il Progetto Sostenibile", n.2, 2004, pp. 12-17.

KRISTIAN FABBRI - LAMBERTO TRONCHIN, *The relationship between climate and Energy in vernacular architecture in central Italy*, in "PLEA2006 – The XXIII Conference on Passive and Low energy architecture PLEA", Geneva, Switzerland, 6-8 settembre 2006, pp. 95-99.

CARBON TRUST, *Heritage and culture: energy saving in historic sites and modern buildings*, London, Carbon Trust, 2007.

PIETROMARIA DAVOLI, *Tecnologie dell'Architettura sostenibile. Tecnologie costruttive antiche e loro possibili applicazioni*, in atti del seminario "La parola ai relatori", Modena, ECAP Modena, 2007, pp. 63-68.

CHANGWORKS RESOURCES FOR LIFE, *Energy heritage: a guide to improving energy efficiency in traditional and historic homes*, Edinburgh, Changeworks, 2008.

KRISTIAN FABBRI - VALERIO TARABUSI, *Intervenire sugli impianti in edifici vincolati*, in "PONTE - Mensile di progettazione, gestione e tecnica del costruire", n.11, 2008, pp. 36-43.

ANDREA RINALDI - MARCELLO BALZANI, *Riqualificazione energetica ed edifici storici. Adesso occorre sperimentare*, in "Il Giornale dell' Architettura", marzo 2009, p.24.

LUCIO MORRICA, *Conservazione integrata del patrimonio architettonico urbano ed ambientale*, Napoli, CLEAN, 2009.

CESARE FEIFFER, *Compatibilità tra conservazione e sostenibilità*, in "Recupero e Conservazione", n.87, 2009, pp. 28-30.

KEOMA AMBROGIO, *Il miglioramento energetico dell'edilizia storica tra istanza conservativa ed esigenze prestazionali*, in "Economia della Cultura 2009, (catalogo del Salone dell'Arte del Restauro e della Conservazione dei Beni Culturali e Ambientali, Ferrara 25-28 marzo 2009)", Bologna, Acropoli s.r.l, 2009, pp. 114-116.

PIETROMARIA DAVOLI, *Il restauro energetico-ambientale degli edifici storici. Un percorso progettuale fra antichi saperi, costruzioni tutelate e tecnologie innovative_ parte prima*, in "Recupero e conservazione", n. 90, 2010, pp. 54-65.

PIETROMARIA DAVOLI, *Il restauro energetico-ambientale degli edifici storici. Un percorso progettuale fra antichi saperi, costruzioni tutelate e tecnologie innovative_ parte seconda*, in "Recupero e conservazione", n. 91, 2010, pp. 40-51.

DAVID PICKLES ET AL., *Energy efficiency and historic buildings*, London, English Heritage, 2010.

MARIA AGOSTIANO, *La riqualificazione energetica nel recupero dei centri storici*, in atti del convegno "Riqualificazione energetica di edifici ed impianti dopo il D.Lgs. 115/2008", Napoli, 2010.

FEDERICA CERRONI, *Progettare il costruito: tecnologie per la riqualificazione sostenibile dei siti ad elevata qualità storica e ambientale*, Roma, Gangemi, 2010.

RICCARDO DALLA NEGRA ET AL., "Miglioramento dell'efficienza energetica in sistemi aggregati di edilizia storica: tra istanze conservative e prestazionali", in PIETROMARIA DAVOLI (a cura di), *Il recupero energetico ambientale del costruito*, Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli, 2010, pp. 29-37.

ANTONIA PASQUA RECCHIA, *Efficienza energetica e produzione da fonti rinnovabili tra tutela e sviluppo: linee guida per il patrimonio culturale*, in Atti del convegno "La riqualificazione energetica degli edifici storici", Verona, 4 maggio 2011.

ALESSANDRA BATTISTI, *Strategie per il retrofitting degli edifici storici. La riprogettazione dei sistemi impiantistico tecnologici, volti al conseguimento del benessere fisico e ambientale, al contenimento dei consumi energetici e all'integrazione delle energie rinnovabili*, in "Antincendio" n.2, 2011, pp. 106-110.

METADISTRETTO VENETO DELLA BIOEDILIZIA – METADISTRETTO VENETO DEI BENI CULTURALI, *Linee guida A.T.T.E.S.S., Edilizia storica e Sostenibilità ambientale. La qualità delle prestazioni energetico-ambientali nella manutenzione dell'architettura storica*, inserite il 17 maggio 2011 in <<http://www.veneto.beniculturali.it/eventi-culturali/attest-pubblicazione-delle-linee-guida-edilizia-storica-e-sostenibilit%C3%A0-ambientale>>

RAJENDRA ADHIKARI ET AL., *La valutazione delle prestazioni energetiche negli edifici storici: sperimentazioni in corso*, in "Il Progetto Sostenibile", n.28, giugno 2011, pp. 20-27.

KRISTIAN FABBRI ET AL., *Il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edilizia preindustriale di base: approccio conoscitivo e strumenti innovativi per il governo delle trasformazioni*, in Atti del convegno "Scienza e Beni Culturali, Governare l'innovazione. Processi, strutture, materiali e tecnologie tra passato e futuro", Bressanone, 21-24 giugno 2011, pp. 663-672.

SALVATORE LO RUSSO - ANDREA NATALI, *Il risparmio energetico nella conservazione dei beni culturali*, consultato il 26 luglio 2011 in <<http://www.museoenergia.it/museo.php?stanza=6&ppost=926>>

MARIA VITIELLO, *Energia rinnovabile negli edifici storici. Un tema di restauro, una relazione da ripensare*, in convegno "AID Monuments. Architettura e Ingegneria per la Difesa dei Monumenti. Conoscere progettare costruire", Perugia, 24-26 maggio 2012.

2. SITOGRAFIA

<http://www.3encult.eu/>

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

<http://www.attess.it/>

<http://www.icomos.org/en/>

<http://www.unesco.it/cni/>

<http://www.bioarchitettura.rm.it/>

<http://www.anab.it/>

<http://www.architetturaenatura.it/>

<http://www.bioarchitettura.org/>

<http://www.bioarchitettura.it/>

<http://www.paeait/>

<http://www.passiv.de/>

<http://www.cnr.it/>

<http://www.enea.it/>

<http://www.iea.org/>

<http://www.minambiente.it/>

<http://www.cfi2000.it/>

<http://www.trisaia.enea.it/>

<http://www.crest.org/>

<http://www.apat.gov.it>

<http://www.iclei.org/>

<http://www.a21italy.net/>

<http://www.ashrae.org/>

3. GLOSSARIO DEI TERMINI

AMBIENTE CLIMATIZZATO: vano o spazio chiuso servito da un impianto che consente di controllare i parametri di comfort termoigrometrico: riscaldamento e/o raffrescamento e/o ventilazione.

BENI CULTURALI: Sono beni culturali gli edifici identificati ai sensi degli articoli 10 e 11 del Decreto Legislativo 42/2004 *Codice dei beni culturali e del paesaggio*.

CAMBIAMENTO CLIMATICO: ogni cambiamento del clima nel tempo, sia dovuto a variabilità naturale, sia per effetto dell'attività umana.¹

CAPACITÀ COIBENTE: proprietà di un materiale di opporsi al passaggio di calore. Tale proprietà, è legata al valore della conducibilità termica λ del materiale.

CAPACITÀ TERMICA: proprietà di un materiale di immagazzinare calore. Tale capacità è legata alla massa ed esprime la quantità di calore necessaria per aumentare di un grado la temperatura di una unità di volume o di peso del materiale.

CLIMA: caratterizzazione media dei parametri fisici dell'atmosfera terrestre – temperatura, radiazione solare, velocità e direzione del vento, pressione, umidità relativa e piovosità – in un determinato spazio geografico e per un periodo di tempo di riferimento con dati meteorologici, su base giornaliera o oraria, mediati su almeno un decennio.

CLIMATIZZARE: mantenere a valori definiti temperatura e umidità dell'aria di uno spazio chiuso, modificandoli rispetto alle condizioni climatiche esterne.

COGENERAZIONE: produzione ed utilizzo simultanei di energia meccanica o elettrica e di energia termica a partire dai combustibili primari, nel rispetto di determinati criteri qualitativi di efficienza energetica.²

COMPLESSO MONUMENTALE: un insieme formato da una pluralità di fabbricati edificati anche in epoche diverse, che con il tempo hanno acquisito, come insieme, una autonoma rilevanza artistica, storica o etnoantropologica.³

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

² Decreto Legislativo 192/2005, art.2

³ Decreto Legislativo 42/2004, art.101, comma 2, lettera f

CONDUZIONE: trasferimento di calore che avviene tra due corpi a contatto diretto. La velocità di trasmissione dipende dalla conducibilità termica dei materiali coinvolti.

CONTROLLO TERMICO: funzione delle strategie e dei sistemi per la riduzione degli apporti termici solari e interni, in un ambiente confinato, durante il periodo di sovra-riscaldamento, prima del loro accumulo.

CONVEZIONE: trasferimento di calore tra fluidi, gas o liquidi, che avviene con trasporto di materia, e cioè con movimento di molecole.

DIAGNOSI ENERGETICA (o AUDIT ENERGETICO): procedura sistematica volta a fornire una adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o di un impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati. ⁴

DIAGRAMMA BIOCLIMATICO: diagramma rappresentativo del campo di variazione media mensile dei valori minimi e massimi di temperatura e umidità dell'aria, in funzione del comfort termico, al fine di valutare le potenzialità climatiche di un sito.

EDIFICI STORICI: ogni opera architettonica antica, di più o meno alta dignità e valore, soggetta a tutela e in generale qualsiasi oggetto di un certo valore artistico storico o culturale. ⁵

EFFICIENZA ENERGETICA: il rapporto tra i risultati in termini di rendimento, servizi, merci o energia, da intendersi come prestazione fornita, e l'immissione di energia. ⁶

ENERGIA: attitudine di un sistema a compiere lavoro (J o kWh). E' potenza nel tempo.

ETEROGENEITÀ: in architettura indica tipologie edilizie, tecnologie costruttive, epoche di realizzazione estremamente diversificate che non consentono di definire soluzioni standard.

FATTORE BIOCLIMATICO: elemento caratteristico dell'interazione clima-sito-edificio nella progettazione bioclimatica. Quindi radiazione solare, vento, ombreggiamento, orientamento, ecc.

⁴ Decreto Legislativo 115/2008, art.2

⁵ NIKOLAUS PEVSNER ET AL., *A Dictionary of Architecture*, Woodstock, The Overlook Press., 1976, (tr. it. di Renato Pedio, *Dizionario di architettura*, Torino, Einaudi, 2005).

⁶ Decreto Legislativo 115/2008, art.2

FONTI RINNOVABILI: fonti non esauribili nell'arco prevedibile di vita dell'uomo sulla Terra; quindi vento, terreno, acqua, maree, biomasse e rifiuti.

GENERATORE DI CALORE: è il complesso bruciatore-caldaia che permette di trasferire al fluido termovettore il calore prodotto dalla combustione.⁷

IMPIANTO ENERGETICO: dispositivo, complesso o sistema tecnologico stabilmente inserito in un edificio o in una sua parte e a questi asservito, avente funzione di produzione e/o trasformazione e/o trasporto e/o stoccaggio e/o utilizzazione di energia, in qualunque forma, al fine di garantire le condizioni di comfort e soddisfarne i bisogni connessi all'uso previsto. Sono compresi gli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, produzione combinata di energia, nonché i sistemi di controllo, regolazione, gestione e contabilizzazione.

INERZIA TERMICA: attitudine di un materiale ad accumulare calore al proprio interno che può essere utilizzata per attenuare l'ampiezza di oscillazione della temperatura all'interno degli ambienti confinati, ritardando gli effetti delle variazioni di temperatura esterne.

IRRAGGIAMENTO: trasmissione di calore sotto forma di raggi detti calorifici o infrarossi. Tali raggi hanno la capacità di attraversare l'aria senza riscaldarla; solo all'incontro con un corpo solido trasformano la loro energia in calore.

IRRIPRODUCIBILITA': non riproducibilità, ovvero l'impossibilità di ricreare quella caratteristica o quell'oggetto specifico.

MACROCLIMA: specificazione degli elementi caratterizzanti la circolazione dell'atmosfera alla scala continentale e oceanica, per un'ampiezza verticale di circa 12 km.

MESOCLIMA: specificazione delle caratteristiche climatiche a livello sub continentale, per un'estensione orizzontale dell'ordine di 1000-2000 km e verticale dell'ordine di 3-4 km; esso è in genere definito per aree geografiche caratterizzato dalla presenza dominante di specifiche componenti geofisiche (ad esempio, zona desertica sahariana, area amazzonica, area centro-europea, area mediterranea, regione alpina).

MICROCLIMA: clima tipico dell'intorno edilizio, per un'estensione orizzontale di qualche centinaio di metri e verticale corrispondente all'altezza media delle piante nelle zone extraurbane e degli edifici nelle zone urbane.

⁷ Decreto Legislativo 192/2005, art.2

MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA: un incremento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, risultante da cambiamenti tecnologici, comportamentali, economici. ⁸

MOVIMENTI D'ARIA: moti dell'atmosfera causati dal differenziale di riscaldamento della superficie terrestre. Tali moti, circolari nello spessore della troposfera e orizzontali nei bassi strati, sono in relazione alla posizione geografica, all'orografia, allo stato materico e al periodo dell'anno. Sono utilizzabili per migliorare il comfort termico in condizioni di surriscaldamento mentre devono essere controllati in condizioni di sottoriscaldamento per ridurre gli scambi convettivi con le superfici.

PASSIVE HAUSE (O CASA PASSIVA): abitazione il cui consumo energetico è inferiore a 15 kWh/mq K. Le case passive sono strutture iperisolate senza ponti termici, vetri tripli e sistemi di recupero del calore per la ventilazione, e spesso i materiali utilizzati sono di origine naturale.

PATRIMONIO CULTURALE: il patrimonio culturale è costituito dai beni culturali e dai beni paesaggistici. ⁹

POMPA DI CALORE: dispositivo o impianto che sottrae calore dall'ambiente esterno o da una sorgente di calore a bassa temperatura e lo trasferisce all'ambiente a temperatura controllata. ¹⁰

PONTE TERMICO: discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza degli innesti di elementi strutturali. Si tratta di un punto di elevata conduttività termica nell'involucro di un edificio coibentato, che consente una trasmissione di calore rilevante, seppure puntuale, limitando il valore di coibenza complessiva del sistema involucro.

POTENZA: è la capacità di compiere un lavoro in un dato tempo (kW o J/s).

RADIAZIONE SOLARE: emissione di natura elettromagnetica (λ da 0,7 a 2,8 μ) e fotonica dalla sorgente Sole alla terra formata da tre componenti: diretta, diffusa (dall'atmosfera) e riflessa (dalla superficie terrestre). Può essere utilizzata in inverno come contributo al riscaldamento, ma deve essere controllata nelle altre stagioni per evitare il surriscaldamento.

RAFFRESCAMENTO NATURALE: funzione delle tecniche di dissipazione del calore accumulato in un ambiente confinato che non utilizzano impianti meccanici.

⁸ Ibidem

⁹ Decreto Legislativo 42/2004, art.2, comma 1

¹⁰ Decreto Legislativo 192/2005, art.2

RENDIMENTO ENERGETICO DI UN EDIFICIO: quantità annua di energia effettivamente consumata o che si preveda possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori calcolati tenendo conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di generazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico.

RIDUZIONE DEL FABBISOGNO TERMICO: decremento del fabbisogno termico annuale per la climatizzazione calcolato al netto delle efficienze di produzione, distribuzione e regolazione degli impianti e delle perdite di distribuzione della rete.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA: ristrutturazione parziale o totale dell'edificio e/o degli impianti energetici a fini energetici.

RISPARMIO ENERGETICO: quantità di energia risparmiata, determinata mediante una misurazione e/o stima del consumo prima e dopo l'attuazione di più misure di miglioramento dell'efficienza energetica, assicurando nel contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influiscono sul consumo energetico. ¹¹

SISTEMI BIOCLIMATICI: sistemi di climatizzazione di un edificio basati sulla riduzione del fabbisogno termico, mantenendo il comfort, e sull'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

SISTEMA DI CONDIZIONAMENTO D'ARIA: complesso di tutti i componenti necessari per un sistema di trattamento dell'aria, attraverso il quale la temperatura è controllata o può essere abbassata, eventualmente in combinazione con il controllo della ventilazione, dell'umidità e della purezza dell'aria. ¹²

SISTEMI PASSIVI: soluzioni costruttive/tecnologiche che consentono il trasporto di energia senza mezzi meccanici in movimento o altri sistemi attivi

TRASMITTANZA TERMICA: flusso di calore che passa attraverso una parete per mq di superficie della parete e per grado K di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo. ¹³

¹¹ Decreto Legislativo 115/2008, art.2

¹² Decreto Legislativo 192/2005, art.2

¹³ Decreto Legislativo 311/2006, all.A

TOPOCLIMA o CLIMA LOCALE: caratterizzazione climatica a scala locale, per un'estensione orizzontale dell'ordine delle decine di km e verticale di 1 km; climi locali tipici sono per esempio i climi urbani, quelli lacustri, i climi di valle.

TUTELA DEL PATRIMONIO CULTURALE: la tutela consiste nell'esercizio delle funzioni e nella disciplina delle attività dirette, sulla base di un'adeguata attività conoscitiva, ad individuare i beni costituenti il patrimonio culturale ed a garantirne la protezione e la conservazione per fini di pubblica fruizione.¹⁴

TUTELA INDIRETTA DEL PATRIMONIO CULTURALE: il Ministero ha facoltà di prescrivere le distanze, le misure e le altre norme dirette ad evitare che sia messa in pericolo l'integrità dei beni culturali immobili, ne sia danneggiata la prospettiva o la luce o ne siano alterate le condizioni di ambiente e di decoro.¹⁵

VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE: esercizio delle funzioni e disciplina delle attività dirette a promuovere la conoscenza del patrimonio culturale e ad assicurare le migliori condizioni di utilizzazione e fruizione pubblica del patrimonio stesso, al fine di promuovere lo sviluppo della cultura. Essa comprende anche la promozione ed il sostegno degli interventi di conservazione del patrimonio culturale. In riferimento ai beni paesaggistici la valorizzazione comprende altresì la riqualificazione degli immobili e delle aree sottoposti a tutela compromessi o degradati, ovvero la realizzazione di nuovi valori paesaggistici coerenti ed integrati. La valorizzazione è attuata in forme compatibili con la tutela e tali da non pregiudicarne le esigenze.¹⁶

VENTILAZIONE NATURALE: ricambio dell'aria in un ambiente confinato senza impianti meccanici tramite flussi di aria generali naturalmente.

VENTILAZIONE NATURALE CONTROLLATA: ricambio dell'aria in un ambiente confinato, a fini igienico-sanitari e eventualmente di raffrescamento, tramite flussi di aria generati naturalmente all'interno di un edificio, secondo criteri progettuali e dispositivi operazionali delle aperture, tali da rendere più controllato e quindi efficace, il ricambio d'aria rispetto alla ventilazione naturale.

¹⁴ Decreto Legislativo 42/2004, art. 3, comma 1

¹⁵ Ibidem, art. 45, comma 1

¹⁶ Ibidem, art. 6, comma 1 e 2