



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE CALABRIA
Assessorato Cultura,
Istruzione e Ricerca
Dipartimento 11



Università degli Studi
Mediterranea
di Reggio Calabria

Scuola di Dottorato
Università degli Studi *Mediterranea* di Reggio Calabria

Dipartimento di Architettura e Territorio (dArTe)

Dottorato di Ricerca in
Architettura curriculum in Tecnologia dell'Architettura

S.S.D. ICAR/12
XXVII ciclo

LA PRESTAZIONE ENERGETICA NEI COMPONENTI IN FASE D'USO RISPETTO AL CONTESTO CLIMATICO LOCALE PER UN EDIFICIO AD ENERGIA QUASI ZERO.

Dottoranda:

Caterina Claudia Musarella

Coordinatore:

Prof.ssa Daniela Colafranceschi

Responsabile curriculum:

Prof.ssa Maria Teresa Lucarelli

Tutor:

Prof.ssa Maria Teresa Lucarelli

Co-tutor:

Prof. Martino Milardi
phd. Mariateresa Mandaglio

Referenti esteri del centro di ricerca ITeCons di Coimbra, Portogallo:

Prof. António Tadeu

Prof. Nuno Simões

A mamma e papà,
i pilastri della mia vita
e ad ogni sorriso ricevuto
che ha permesso alla mia anima
di respirare...

Caterina Claudia Musarella

**La prestazione energetica nei componenti in fase d'uso
rispetto al contesto climatico locale per un edificio ad
energia quasi zero.**

Il Collegio dei docenti del Dottorato di Ricerca in
Architettura curriculum in Tecnologia dell'Architettura
è composto da:

Maria Teresa Lucarelli (coordinatore)
Francesco Bagnato
Alberto De Capua
Giuseppina Foti
Francesca Giglio
Renato Laganà
Massimo Lauria
Martino Milardi
Consuelo Nava
Adriano Paoletta
Francesco Pastura
Corrado Trombetta

Quando ho iniziato a lavorare a questa tesi i ringraziamenti mi sembravano lontani, invece eccomi qua a ringraziare tutte le persone che mi hanno fatto da ala protettrice ed hanno tifato per me. Il primo ringraziamento va alla mia tutor, la prof.ssa Maria Teresa Lucarelli che, insieme al prof. Martino Milardi e l'arch. Mariateresa Mandaglio hanno reso possibile questo lavoro con il loro sostegno e la loro fiducia. Ringrazio il prof. Francesco Pastura e la prof.ssa Francesca Giglio per la loro disponibilità ed i loro consigli. Ringrazio tutta la collegiale per le loro critiche costruttive che mi hanno permesso di andare avanti nella ricerca.

Ringrazio il centro di ricerca ITeCons di Coimbra, in particolare i miei referenti esteri il prof. Tadeu ed il prof. Simoes per l'ospitalità e l'opportunità avuta di lavorare insieme. Ringrazio l'ing. Calluso per il supporto ingegneristico dato nella tesi. Grazie alla mia famiglia: papà, mamma, Lorenzo e Francesca, per avere sempre creduto in me. Ringrazio Ale per il sostegno dato e per avere sempre trovato il modo di farmi sorridere. Ringrazio i miei nonni, gli zii ed i cugini per avermi fatto forza nei momenti più difficili e per avere gioito con me nei momenti più felici. Ringrazio il gruppo di amici, in particolare Anto, Francesco, Maristella,

Federica, Fabrizio, Elena, per ogni momento di relax che mi hanno donato. Grazie a Maurizio e Pietro, colleghi, ma soprattutto amici fraterni, e Mariateresa e Deborah, per avermi accompagnato in questo magnifico cammino e avermi consigliato sempre per il meglio. Un grazie speciale va a chi quotidianamente ha condiviso le fatiche, i sacrifici e i miei nervosismi che questo percorso ha comportato.

[Mai ti è dato un desiderio senza il potere di realizzarlo.
(Richard Bach)]

Annotazioni

Tutte le immagini inserite ad inizio capitolo rappresentano simbolicamente il contenuto del capitolo stesso

In copertina:

Esemplificazione grafica di edificio ad energia quasi zero, tratto da: <http://www.info.fvg.it/>

**“Progetta sempre una cosa considerandola nel suo più grande contesto, una sedia in
una stanza, una stanza in una casa...”**
Eliel Saarinen (Rantasalmi, 1873 – Bloomfield Hills, 1950)

INDICE

ARTICOLAZIONE DELLA RICERCA	I
Abstract.....	IX
INTRODUZIONE	1
I FASE: FASE ANALITICO - CONOSCITIVA _ STATO DELL'ARTE	
CAPITOLO I_ Verso un edificio ad energia quasi zero.....	11
1.1_ Premessa.....	13
1.2_ La problematica energetica in Italia e l'evoluzione normativa.....	13
1.3_ Definizioni di edificio ad energia quasi zero (NZEB)	15
1.4_ Strategie di progettazione per uno NZEB.....	21
1.5_ Principali Criteri progettuali di un edificio ad energia quasi zero	24
1.6_ Conclusioni intermedie: il tema specifico della ricerca	26
CAPITOLO II_ Protocolli e programmi di valutazione italiani ed internazionali per la certificazione ambientale ed energetica.....	29
2.1_ Premessa.....	31
2.2_ I sistemi di certificazione internazionale	31
2.3_ I sistemi di certificazione europei.....	35
2.4_ I sistemi di certificazione nazionali	36
2.5_ Conclusioni intermedie.....	39
II FASE: FASE ANALITICO - CRITICA _ PROBLEMI APERTI	
CAPITOLO III_ Analisi dei casi studio.....	43
3.1_ SOLAR XXI.....	45
3.2_ NATURALIA BAU	48
3.3_ LEAF HOUSE	51
3.4_ CASA MASCALUCIA A CATANIA (PROGETTO BOTTICELLI).....	54
3.5_ THE EFFICIENCY HOUSE PLUS WITH ELECTROMOBILITY	57
3.6_ CASA A TREZZO TINELLA	60
3.7_ Conclusioni intermedie.....	63
III FASE: FASE DI ELABORAZIONE _ DELIMITAZIONE DEL CAMPO DI INDAGINE E PROPOSTA DI RICERCA	
CAPITOLO IV_ La metodologia di valutazione dei casi studio.....	67
4.1_ Premessa.....	69
4.2_ Il materiale ed il componente	69
4.3_ La scomposizione dei casi studio.....	71
4.4_ Lo strumento di valutazione: analisi multicriteri	73
4.5_ Applicazione dell'analisi multicriteri.....	74
4.4_ Conclusioni intermedie.....	84

IV FASE: FASE DI CONTESTUALIZZAZIONE _ PROPOSTA DI RICERCA

CAPITOLO V _ La contestualizzazione della soluzione ottimale.....91

5.1_ L'orientamento e la metodologia di contestualizzazione 93

5.2_ Applicazione della metodologia elaborata..... 93

5.3_ Conclusioni intermedie..... 95

V FASE: FASE DI VERIFICA _ VERIFICA E VALIDAZIONE

CAPITOLO VI_ Verifica della metodologia elaborata.....99

6.1_ Oggetto di verifica..... 101

6.2_ La contestualizzazione a Roma delle alternative risultate migliori 102

6.3_ Applicazione della verifica 104

6.4_ Conclusioni intermedie..... 110

CONCLUSIONI 113

BIBLIOGRAFIA..... 119

ALLEGATI

Allegato 1_ SCOMPOSIZIONE DEI CASI STUDIO

Allegato 2_ TABELLA RIASSUNTIVA SCOMPOSIZIONE CASI STUDIO

Allegato 3_ CALCOLO EMISSIONI DI CO2

Allegato 4_ VERIFICA EMISSIONI DI CO2

Allegato 5_ BANDO DI CONCORSO DI RIFERIMENTO

Allegato 6_ STATO DI FATTO EDIFICI AGENZIA DELLE ENTRATE

Allegato 7_ SCHEDE TECNICHE DELLE ALTERNATIVE

Allegato 8_ CALCOLO EMISSIONI DI CO2 ALTERNATIVE

Allegato 9_ ANALISI MULTICRITERI ALTERNATIVE

ARTICOLAZIONE DELLA RICERCA

Articolazione della ricerca

- **Ambito tematico di indagine**

La ricerca, in linea con la tematica generale del dottorato volta al controllo e la progettazione dell'esistente, intende fornire una chiave di lettura relativa all'ampia e discussa questione energetica, individuando come ambito più ristretto l'efficienza energetica degli edifici in un determinato contesto climatico locale.

La consapevolezza dello squilibrio fra le risorse ambientali e la crescente richiesta energetica, ha portato all'adozione di nuove politiche che promuovano la riduzione del consumo da fonti non rinnovabili.

A livello europeo¹ la politica energetica nel settore dell'edilizia fa riferimento all'attuale Direttiva Europea 2010/31/UE che ha introdotto il concetto di edificio ad energia quasi zero (NZEB) incrementando la sperimentazione su sistemi tecnologici di facciata, elemento fondamentale per il calcolo della prestazione energetica globale dell'edificio.

Questo quadro scientifico di riferimento ha portato a sviluppare la tesi seguendo due linee di ricerca: la prima riguarda le problematiche relative al concetto di edificio ad energia quasi zero (definizioni, classificazioni, metodologia di calcolo, ...), la seconda, che ne deriva, riguarda le prestazioni energetiche dei componenti durante la loro fase d'uso, una delle fasi dell'intero ciclo di vita del componente. Attraverso lo studio dei procedimenti costruttivi e l'utilizzo di tecnologie e materiali avanzati e non, si analizzano le potenzialità dei componenti che costituiscono l'involucro dell'edificio che, come una "pelle", ne gestisce e regola i flussi energetici.

- **Obiettivo generale e specifico e metodologia della ricerca**

La ricerca intende individuare una metodologia che favorisca la progettazione di un edificio ad energia quasi zero analizzando, in particolare, componenti ad elevate prestazioni energetiche inseriti in un determinato contesto climatico locale.

Si individuano, così due obiettivi da perseguire, quello generale e quello specifico.

Obiettivo generale: identificare ed analizzare alcune soluzioni tecnologiche (componenti verticale esterni) ad elevate prestazioni energetiche durante la loro fase d'uso le quali costituiscono la pelle dell'edificio², che risulta essere un elemento determinante per il calcolo del fabbisogno energetico dello stesso.

Obiettivo specifico: elaborare una metodologia in grado di analizzare e valutare le prestazioni energetiche di un componente rispetto ad un determinato contesto climatico locale di riferimento per sfruttare al meglio tali prestazioni.

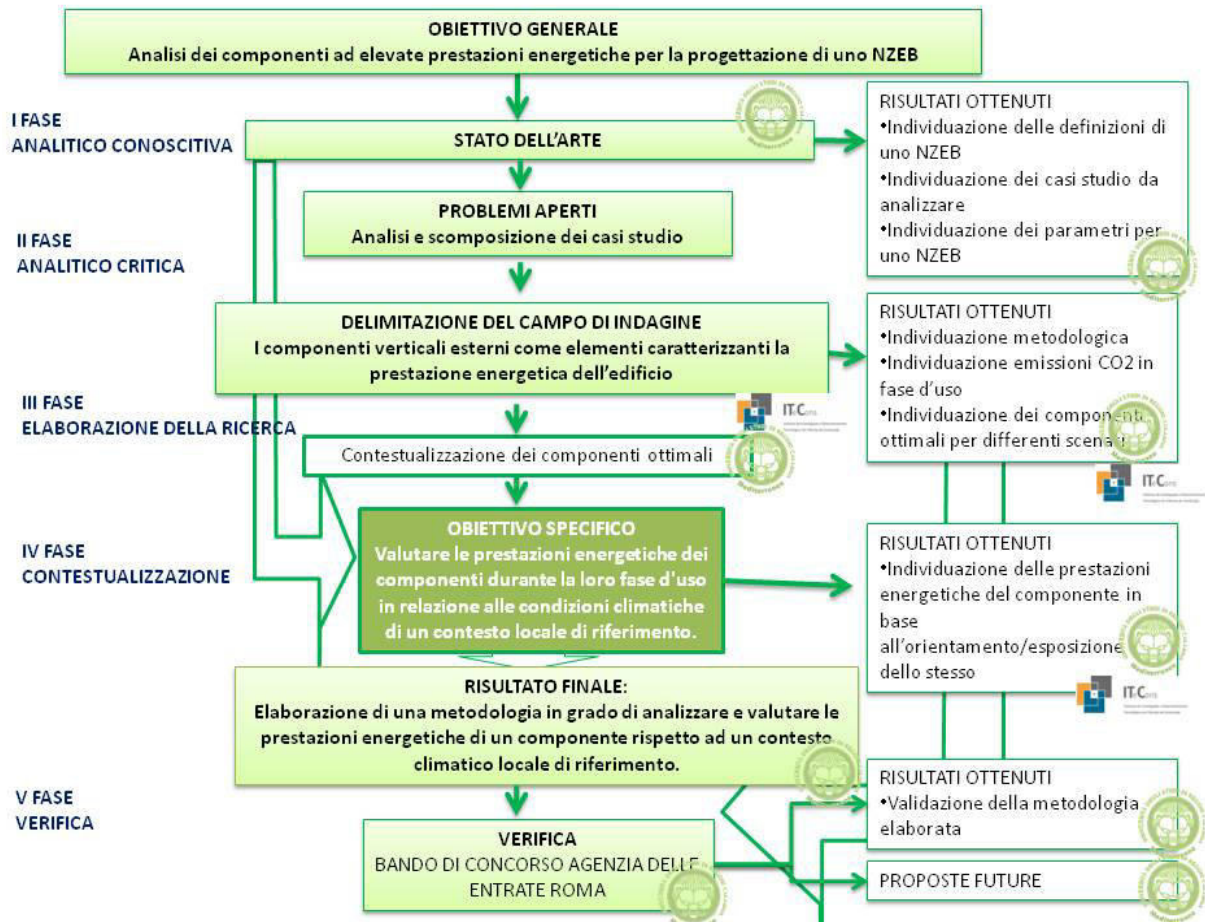
La tesi si è sviluppata presso due sedi di ricerca: il Dipartimento di Architettura e Territorio (dArTe) dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, in Italia, ed il Centro

¹ La politica energetica nel settore dell'edilizia è iniziata con la Direttiva Europea 2002/91/CE, sostituita dall'attuale Direttiva Europea 2010/31/UE e confermata dalla 2012/27/UE.

² Thomas Herzog ci ricorda che se intendiamo l'involucro come pelle dell'edificio, che protegge l'interno dagli agenti atmosferici ma che allo stesso tempo ne sfrutta in modo funzionale la potenza, allora possiamo pensare alla creazione dello spazio protetto controllabile. In questo caso le condizioni ambientali esterne diventano una risorsa e non una forza contro cui lottare, mentre l'involucro una 'pelle reattiva' che migliora il benessere interno evoca molte possibilità di cambiamento. (HERZOG T., in PERRICCIOLI M., ROSSI M., Thomas Herzog – Reacting Skin, Edizioni Kappa, Roma, 2005)

di ricerca ITeCons (Istituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção) di Coimbra in Portogallo, attraverso uno stage della durata di sei mesi.

Di seguito viene riportato il percorso della ricerca effettuata.



Il lavoro è stato condotto seguendo un'articolazione metodologica, in linea con gli obiettivi su citati secondo 5 fasi:

- I fase: Analitico - conoscitiva (Capitolo 1 - 2)

Si identificano le problematiche e gli obiettivi della ricerca e si raccolgono le risultanze degli studi scientifici condotti sugli edifici ad energia quasi zero attraverso l'analisi storica che ha portato all'introduzione del concetto di Nearly Zero Energy Building individuandone le strategie di progettazione utilizzate, passive e/o attive, prendendo come riferimento anche alcuni casi studio.

- II fase: analitico - critica (Capitolo 3)

Individuate le problematiche di un edificio, considerato come un "sistema", nella seconda fase della ricerca si identificano alcuni casi studio che vengono, quindi, analizzati e scomposti. Poiché la prestazione energetica dell'intero edificio/sistema dipende soprattutto dai componenti e dai materiali che li costituiscono, si prendono solo i

componenti che riguardano l'involucro poiché esso assume un ruolo determinante per il contenimento di calore e, conseguentemente per il risparmio energetico complessivo.

Tuttavia il componente, sia esso orizzontale che verticale, presenta caratteristiche diverse in base alla propria tipologia: opaco o vetrato.

Per le diverse tipologie si individua, quindi, un set di indicatori: la trasmittanza termica, lo sfasamento e l'attenuazione, per gli opachi; la trasmittanza termica ed il fattore solare, per i vetrati. La ricerca indaga, successivamente, i materiali che costituiscono il componente: la scelta di materiali appropriati risulta, infatti, essere molto importante nella progettazione di un edificio ad energia quasi zero, poiché da essi e dalle loro relazioni dipende la prestazione energetica del componente e, quindi, dell'edificio.

- III fase: fase di elaborazione (Capitolo 4)

Una volta definito il repertorio di componenti e di parametri (anche normativi) di riferimento, si utilizza, per comodità strumentale, una "analisi multicriteri" rispetto a differenti criteri (efficienza energetica e compatibilità ambientale), che consentiranno di individuare i componenti con caratteristiche considerate ottimali. Tuttavia, considerando che la maggior parte degli indicatori³ presi come riferimento sono noti e/o rintracciabili, ci si è concentrati sul valore di emissioni di CO₂ in fase d'uso; parametro, questo, ancora non facilmente reperibile in banche dati ma determinante ai fini della valutazione della compatibilità ambientale, così come previsto anche dalla normativa cogente. Si costruisce, per questo, una metodologia che prende in considerazione la conducibilità termica dei materiali di cui i componenti sono costituiti e che ne identifica la proprietà di trasmissione di calore⁴.

- IV fase: fase di contestualizzazione (Capitolo 5)

Il passaggio successivo è la contestualizzazione dei componenti analizzati in un dato luogo scelto per la sperimentazione, in questo caso Reggio Calabria⁵, per poter valutare le loro prestazioni energetiche rispetto ai diversi orientamenti. Un orientamento corretto, infatti, può offrire garanzie di benessere in tutte le stagioni senza necessariamente eccedere nel bisogno di impianti tecnologici di climatizzazione energeticamente dispendiosi.

Si prende, in particolare, come riferimento il parametro dell'irradiazione solare (UNI 10349), considerando i mesi di giugno e dicembre, in quanto essa risulta essere più specifica, come dato risultante, rispetto alle esposizioni⁶.

Dalla sperimentazione è emerso che minore è l'irradiazione solare, maggiore è il rapporto tra la conducibilità termica dei materiali che costituiscono il componente e, conseguentemente, maggiore è la trasmissione di calore. Quindi, una volta determinati i valori, attraverso un rapporto tra la conducibilità termica e l'irradiazione solare, si può stabilire la prestazione energetica del componente rispetto all'orientamento, considerato in un preciso contesto climatico locale di riferimento.

³ Per l'efficienza energetica si considerano, quindi, la massa superficiale, la trasmittanza termica, la resistenza termica, sfasamento e attenuazione.

Per la compatibilità ambientale, invece, si considerano la massa superficiale e le emissioni di CO₂ durante la fase d'uso.

⁴ Questa metodologia consiste nell'individuare, partendo dal dato certo della conducibilità termica attraverso la seguente proporzione

1KWh : 0.4332 Kg CO₂ = ENERGIA IN KWh : X

⁵ Il luogo della sperimentazione è stato scelto poiché in un contesto mediterraneo locale si hanno differenti cambiamenti climatici nell'arco temporale di un anno e, conseguentemente, diverse necessità prestazionali dei componenti durante la fase d'uso.

⁶ Si effettua, così una conversione da KWh a MJ sapendo che 1KWh= 3.6 MJ per utilizzare un'unica unità di misura.

- V fase: fase di verifica (Capitolo 6)

Per verificare la validità della metodologia, la si è applicata all'interno di un Bando di Concorso per la riqualificazione degli edifici pubblici, inerente i "Lavori di progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori di ristrutturazione ed adeguamento del compendio sito in Via Marcello Boglione, Roma - Progetto definitivo - Edifici B e C", pubblicato il 27 maggio 2014 sulla Gazzetta Ufficiale Europea. Il progetto di ristrutturazione consiste nel riqualificare gli edifici costruiti negli anni '90, attualmente dismessi e in stato di abbandono, in maniera tale da non alterare il progetto a suo tempo approvato e realizzato, ma migliorarlo dal punto di vista energetico - prestazionale secondo i requisiti previsti dalla Direttiva Europea EPBD2 n°31/2010, sugli edifici ad energia quasi zero.

La verifica effettuata sulla metodologia elaborata valida la tesi enunciata, secondo cui le prestazioni energetiche del componente in fase d'uso variano rispetto al contesto climatico locale di riferimento ed all'orientamento. Da questa verifica, inoltre, la metodologia risulta essere anche dinamica, ovvero adattabile a differenti contesti climatici e diviene, quindi, possibile strumento di valutazione e progettazione utile sia al progettista, che ai tecnici e al mondo della produzione.

- I risultati della tesi:

Dai risultati raggiunti, la ricerca - nella quale partendo da edifici ad energia quasi zero la delimitazione di campo ha interessato lo studio, l'analisi e la valutazione delle prestazioni energetiche del componente edilizio durante la sua fase d'uso - ha evidenziato come sia determinante l'attenzione al contesto climatico di riferimento per poter arrivare alla progettazione di uno NZEB.

Il prodotto della tesi è, quindi, l'elaborazione di una metodologia che permette di valutare le prestazioni energetiche dei componenti durante la loro fase d'uso in relazione sia ai materiali utilizzati e al loro spessore, sia ad alcuni parametri climatici contestuali, quali l'orientamento e, nello specifico, l'irradiazione solare rispetto le esposizioni.

Dalla verifica effettuata emerge, infine, che le richieste di miglioramento delle performance energetiche degli edifici, nonché dei componenti di facciata sono problematiche ricorrenti e sempre più attenzionati nei bandi di gara anche di riqualificazione edilizia. La metodologia proposta può quindi favorire scelte materiche e progettuali appropriate in linea con le richieste di minor consumo generale di energia non solo sul nuovo ma, con risultati di un certo interesse, anche sull'esistente⁷.

- Ulteriori problemi aperti:

I contributi offerti da questa tesi di dottorato riguardo le problematiche individuate, rappresentano un parziale punto di arrivo, ma possono essere anche una base per lo sviluppo di ulteriori ricerche.

Partendo, quindi, dalla concezione di edificio ad energia quasi zero, e premesso che la tesi proposta si è indirizzata sulla prestazione energetica dei componenti in fase d'uso, si ritiene importante sottolineare che, per una maggiore completezza delle informazioni, è opportuno considerare altri parametri, quali:

- Calcolare le emissioni di CO2 considerando il fattore tempo;
- Possibilità di implementare le soluzioni tecnologiche di riferimento;
- l'analisi e la valutazione dei costi,

⁷ Parte dei risultati dell'attività di ricerca sono stati rendicontati al 40th IAHS World Congress , "Sustainable Housing Construction", a Funchal - Madeira nel Dicembre '14, attraverso un paper pubblicato e presentato con la Prof. M.T. Lucarelli, dal titolo: The optimization of energy performance about a component in relation to climatic context.

- la manutenzione e gestione del materiale e del componente,
- la durata delle prestazioni energetiche del componente lungo un asse temporale,
- la possibilità di implementare i parametri del contesto associati anche ai possibili costi (dato non secondario soprattutto per interventi su recupero di edifici esistenti),
- Manutenzione e gestione dell'edificio,
- ...

La contestualizzazione attraverso l'orientamento, infatti, non è un punto di arrivo, ma rappresenta un punto di partenza per fornire maggiori informazioni - che sono in continua evoluzione - sulle prestazioni energetiche sia del componente che dell'edificio stesso; esse, inoltre, risultano necessarie per sviluppare le strategie più adatte alla progettazione di edifici che sempre più devono essere pensati ad energia quasi zero.

Parole chiave: componente, efficienza energetica, energia, EPBD, material, Nearly Zero Energy Building (NZEB), performance energetiche.

Abstract

Il concetto di edificio ad energia quasi zero, introdotto dalla Direttiva 31/2010, ha portato ad incrementare la sperimentazione su sistemi complessi di facciata per la realizzazione di involucri dinamici e intelligenti trovando riscontro nella progettazione e realizzazione di architetture spesso non contestualizzate, ma caratterizzate dall'uso di tecnologie avanzate. Considerando che un edificio ad energia quasi zero (NZEB) si caratterizza per il comportamento energetico rispetto al contesto climatico di riferimento, l'obiettivo della ricerca è individuare una metodologia in grado di analizzare e confrontare i sistemi tecnologici utilizzati che garantisca una performance energetica ottimale. La ricerca, quindi, indaga le problematiche relative al concetto di prestazione energetica del componente verticale esterno che caratterizza l'involucro, elemento capace di gestire e regolare i flussi energetici dell'edificio stesso, relativamente all'efficienza energetica durante la fase d'uso.

Emerge, quindi la necessità di analizzare il comportamento energetico di alcuni edifici definiti NZEB, in funzione anche delle aree geografiche e delle condizioni climatiche in cui sono inseriti, questo al fine di stabilire alcune procedure affinché i sistemi tecnologici utilizzati siano studiati ed analizzati in base al contesto e non semplicemente esportati da una località all'altra.

Sulla base dei casi studio identificati rispetto alla definizione di NZEB, si prendono come oggetto di indagine i componenti verticali opachi esterni utilizzati e vengono valutati attraverso una analisi "multicriteri", applicata a differenti scenari di riferimento. Individuate, così, le soluzioni ritenute ottimali, si contestualizzano tenendo conto dell'orientamento della facciata e, di conseguenza, del componente.

Il risultato è l'elaborazione di una metodologia che permetta l'individuazione delle performance energetiche dei componenti, tale da consentire una scelta appropriata sia in fase di progettazione che di riqualificazione dell'edificio.

INTRODUZIONE

INTRODUZIONE

Dalla questione ambientale a quella energetica

Negli ultimi anni, il concetto di sostenibilità¹ ha assunto un significato centrale nel complesso delle attività umane. Il nostro stesso stile di vita sta mutando rapidamente anche in conseguenza dei grandi problemi ambientali: la conservazione delle risorse naturali, la razionalizzazione delle fonti energetiche non rinnovabili, il controllo delle sostanze inquinanti, sono alcune delle questioni che, per la loro importanza ed incidenza sulla qualità della vita, vengono trattate quotidianamente sia a livello internazionale che nazionale.

Con queste premesse si ritiene necessario fare un breve excursus del percorso che porta dalla questione ambientale a quella, attualissima, energetica.

La "questione ambientale", nasce negli anni '60-'70 dietro la spinta culturale delle prime associazioni ambientaliste² ma anche a seguito della crisi petrolifera. Le prime preoccupazioni, infatti, derivavano principalmente dalla presa d'atto dell'esaurimento delle risorse, in particolare quelle da fonte fossile, considerato come un limite per lo sviluppo mondiale³.

A seguito di ciò l'ONU ha indetto nel 1972 a Stoccolma⁴ la prima conferenza su "L'Ambiente Umano", in cui si introducono i preamboli della salvaguardia dell'ambiente. La Terra, infatti, era vista come un

“capitale da preservare, nella considerazione del rapporto critico tra crescita ed ecosistema e del processo irreversibile costituito dallo sfruttamento delle risorse non rinnovabili”.

Nei seguenti dieci anni si iniziò a prendere realmente coscienza che la tutela dell'ambiente era parte integrante dello sviluppo umano, un sviluppo necessariamente compatibile con le esigenze di salvaguardia dello stesso.

Si dovette, tuttavia, aspettare fino al 1982, con la Carta Mondiale per la Natura⁶, per la prima dichiarazione intergovernativa che afferma il rispetto della natura come principio fondamentale di tutela ambientale.

¹ Il nostro modo di vivere, di consumare, di comportarsi, decide la velocità del degrado entropico (misura dello stato del disordine di un sistema), la velocità con cui viene dissipata l'energia utile e il periodo di sopravvivenza della specie umana. Si arriva così al concetto di sostenibilità, intesa come l'insieme di relazioni tra le attività umane la loro dinamica e la biosfera, con le sue dinamiche, generalmente più lente. Queste relazioni devono essere tali di permettere alla vita umana di continuare, agli individui di soddisfare i loro bisogni e alle diverse culture umane di svilupparsi, ma in modo tale che le variazioni apportate alla natura dalle attività umane stiano entro certi limiti così da non distruggere il contesto biofisico globale. Se riusciremo ad arrivare a un'economia da equilibrio sostenibile come indicato da Herman Daly, le future generazioni potranno avere almeno le stesse opportunità che la nostra generazione ha avuto: è un rapporto tra economia ed ecologia, in gran parte ancora da costruire, che passa dalla strada dell'equilibrio sostenibile. Giorgio Nebbia conclude il suo saggio ('Lo sviluppo sostenibile', Edizioni Cultura della Pace, Firenze 1991) con un'importante osservazione: 'Occorre avviare un grande movimento di liberazione per sconfiggere le ingiustizie fra gli esseri umani e con la natura, una nuova protesta per la sopravvivenza capace di farci passare dalla ideologia della crescita a quella dello sviluppo. Nessuno ci salverà se non le nostre mani, il nostro senso di responsabilità verso le generazioni future, verso il "prossimo del futuro" di cui non conosceremo mai il volto, ma cui la vita, la cui felicità dipendono da quello che noi faremo o non faremo domani e nei decenni futuri. La costruzione di uno sviluppo sostenibile e la pace si conquistano soltanto con la giustizia nell'uso dei beni della Terra, unica nostra casa comune nello spazio, con una giustizia planetaria per un uomo planetario.[Ernesto Balducci]. Senza giustizia nell'uso dei beni comuni della casa comune, del pianeta Terra, non ci sarà mai pace'. - Tratto da Enzo Tiezzi e Nadia Marchettini (1999), *Che cos'è lo sviluppo sostenibile?*, Donzelli Editore, Roma, pp. 39-41.

² World Wild Fund (1961); Friends of the Earth (1969); Greenpeace (1971).

³ Da "I limiti dello sviluppo". Rapporto del System Dynamics Group, MIT, per il progetto del club di Roma sui dilemmi dell'umanità, Mondadori, Milano 2003.

⁴ A questa conferenza vi parteciparono 113 nazioni; venne redatto un piano d'azione con 109 raccomandazioni e adottata una raccomandazione con 26 principi.

⁵ Conferenza di Stoccolma 1972

Dalla consapevolezza, quindi, di voler operare con azioni orientate al rispetto ambientale, nel 1987 venne introdotto il concetto di sviluppo sostenibile dalla World Commission on Environment and Development⁷ all'interno del Rapporto Our Common Future che ne contiene anche la accezione più nota, diffusa e riconosciuta a livello internazionale:

“garantire i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri” (GRO HARLEM BRUNDTLAND).

Lo sviluppo sostenibile assume le caratteristiche di concetto integrato cercando di coniugare tra loro i concetti di ambiente, economia e società. In questa ottica il progresso tecnologico si pone come strumento per raggiungere l'obiettivo finale di un uso attento delle risorse naturali, diminuendo il consumo di quelle non rinnovabili e limitando la produzione dei rifiuti prodotti nella sostituzione del capitale naturale con quello costruito. Il concetto di *sviluppo sostenibile*, quindi, venne ripreso in occasione della Conferenza mondiale dell'ambiente e dello sviluppo (United Nations Conference on Environment and Development⁸), denominato *Vertice della terra* (Earth Summit), tenutosi a Rio De Janeiro nel giugno 1992, durante il quale le nazioni partecipanti, oltre ad affrontare i grandi problemi ambientali, quali la desertificazione, i cambiamenti climatici e la biodiversità, hanno sottoscritto in convenzione il *Piano di azione per la realizzazione dello sviluppo sostenibile proiettato nel XXI secolo*, denominato Agenda 21.

Nel frattempo, parallelamente, si stava ponendo un'attenzione sempre maggiore al problema dell'effetto serra, che ancora oggi sta alterando il comportamento climatico del nostro pianeta.

La principale causa diretta dei cambiamenti climatici sono, tuttavia, le emissioni di gas inquinanti in atmosfera rilasciate in particolare dal consumo di fonti energetiche non rinnovabili. Proprio da queste considerazioni prende avvio la crescente pressione internazionale volta alla riduzione del consumo di carbone e gasolio e crescono gli incentivi per l'adozione di tecnologie alternative.

A seguito della conferenza di Rio de Janeiro venne organizzata nel 1994 la Conferenza di Aalborg, durante la quale nasce la Campagna Europea "città sostenibili" principalmente con l'obiettivo di contribuire a: lo sviluppo della riflessione sulla sostenibilità negli insediamenti urbani europei; promuovere un ampio scambio di esperienza; diffondere la prassi migliore in materia di sostenibilità a livello locale e formulare raccomandazioni per influenzare la politica a livello dell'Unione europea, degli Stati membri, delle regioni e sul piano locale, come auspicato nella risoluzione del Consiglio di Europa del 1991. Nel 1996 con la conferenza di Lisbona, dalla quale gli Stati si impegnano ad attuare l'Agenda 21 a livello locale, si riconoscono le singole responsabilità nella regolamentazione della vita sociale. Per contrastare e ridurre gli effetti negativi della produzione di gas serra è stata, quindi, adottata a livello internazionale la *Convenzione Quadro sui Cambiamenti*

⁶ Essa tratta di strategie e delle politiche necessarie per realizzare il benessere ambientale ed è divisa in tre sezioni: la prima è relativa ai "Principi generali" che si richiamano al rispetto della natura e ai suoi processi essenziali, come salvaguardare gli habitat e assicurare la sopravvivenza a tutte le forme di vita; la seconda è dedicata alle "Funzioni" ed ha un'impronta più pratica infatti richiama l'attenzione sul fatto che nella pianificazione e attuazione delle attività di sviluppo, la conservazione della natura deve essere considerata parte integrante dell'attività stessa; la terza, invece, è relativa all'"Esecuzione" dei principi e delle funzioni e fa leva sul fatto che i suoi principi dovrebbero avere un riscontro nel diritto e nelle azioni di ogni Stato tanto a livello nazionale quanto internazionale.

⁷ La Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, nota come Commissione Brundtland (dal nome della sua presidente norvegese, Gro Harlem Brundtland) è un organo indipendente finanziato su base volontaria e costituito da rappresentanti di varie nazioni a livello mondiale che attraverso varie competenze disciplinari ha svolto studi scientifici di ricerca relativi alla situazione ambientale a scala planetaria dal 1983 al 1987.

⁸ United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) è stata la più grande conferenza per il numero di partecipanti: 183 Paesi rappresentati da oltre 10.000 delegati ufficiali, un centinaio fra capi di Stato e di governo, 15000 fra ambientalisti e rappresentanti di organizzazioni governative, religiosi, giornalisti,.... Trentamila persone arrivate dai cinque continenti a mettere in discussione il futuro dello sviluppo dell'umanità.

Climatici (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change), il cui primo e unico strumento attuativo è rappresentato dal Protocollo di Kyoto⁹, all'interno del quale viene affrontato sia il tema del surriscaldamento globale che dell'inquinamento. Tali tematiche vengono ribadite nel 2000 durante le conferenze di Hannover e dell'Aja, nelle quali si conferma la necessità di controllare le emissioni di gas serra per l'intero globo e di implementare le relazioni internazionali per rendere operativo il Protocollo di Kyoto. Il protocollo di Kyoto è entrato in vigore solo il 16 febbraio 2005, introducendo degli obiettivi quantitativi di riduzione di emissioni di sostanze inquinanti per i Paesi industrializzati, ed impegnandoli a ridurre le emissioni di gas in grado di alimentare l'effetto serra del pianeta.

Inoltre, con la Conferenza sui Cambiamenti Climatici di Copenaghen¹⁰, tenutasi a Dicembre del 2009, si sottolinea la difficoltà a coniugare la necessità di promuovere politiche ambientali efficaci a scala globale con le esigenze di sviluppo economico delle differenti realtà mondiali e locali.

A seguito delle Conferenze Mondiali sul Clima, hanno si sono individuate strategie ed azioni volte alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, alla diminuzione dei consumi di fonti energetiche non rinnovabili, ed alla promozione dell'uso di energie alternative.

La consapevolezza delle crescenti problematiche energetiche porta l'International Energy Agency¹¹ (IEA) ad approfondire una serie di scenari che riguardano lo sviluppo energetico a livello internazionale con obiettivi fissati al 2030 e al 2050.

Il processo di coinvolgimento di tutte le nazioni europee verso il risparmio energetico, ha inizio con l'emanazione della Direttiva Energy Performance of Buildings (EPBD) 2002/91/CE¹² che obbliga le singole nazioni a legiferare per il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici. La suddetta Direttiva si inserisce nell'ambito delle iniziative della Comunità Europea sui cambiamenti climatici (impegni assunti con il protocollo di Kyoto) e sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico.

Il consumo di energia per i servizi connessi agli edifici equivale a circa un terzo del consumo energetico dell'Unione Europea; quindi, l'obiettivo generale della succitata Direttiva¹³ è promuoverne il miglioramento delle prestazioni energetiche, tenendo conto

⁹ Il Protocollo di Kyoto è un trattato internazionale adottato nel 1997 con il quale tutti i Paesi industrializzati si sono impegnati a ridurre le proprie emissioni di gas responsabili dell'effetto serra. E' stato approvato dalla Conferenza delle Parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, nella terza sessione plenaria. Il Protocollo impegna i suddetti Paesi a ridurre complessivamente del 5,2% le principali emissioni antropogeniche di gas a effetto serra entro il 2008 - 2012. Tuttavia, l'accettazione e la firma da parte degli Stati Uniti del Protocollo di Kyoto è stata effettuata solo nel 1999, durante la Quarta Conferenza delle Parti a Buenos Aires. Tale firma ha consentito il raggiungimento del numero necessario di Paesi per rendere Operativo e Vincolante lo stesso Protocollo.

¹⁰ L'accordo ribadisce semplicemente il generico obiettivo di contenere entro due gradi centigradi l'aumento della temperatura media planetaria e l'impegno finanziario verso i Paesi Poveri; il documento non contiene, tuttavia, obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra, ma vuole semplicemente diventare un atto propositivo non vincolante rispetto alla soluzione delle problematiche ambientali che minacciano socialmente ed economicamente le popolazioni dell'intero Pianeta.

¹¹ L'IEA è un'organizzazione autonoma che opera per garantire energia affidabile, accessibile e pulita per i paesi 29 membri e oltre. Le tematiche principali affrontate sono appunto: la sicurezza energetica, lo sviluppo economico, la consapevolezza ambientale.

¹² La Direttiva riguarda il settore residenziale e quello terziario (uffici, edifici pubblici ecc.); alcuni edifici sono però esclusi dal campo di applicazione delle disposizioni relative alla certificazione, per esempio gli edifici storici, i siti industriali ecc. La direttiva tratta tutti gli aspetti dell'efficienza energetica degli edifici per affrontare questa problematica con una vera visione d'insieme.

Essa, inoltre, non contiene provvedimenti per gli impianti mobili (come ad esempio gli elettrodomestici). Nell'ambito del piano d'azione sull'efficienza energetica sono già stati adottati o sono previsti provvedimenti sull'etichettatura e il rendimento minimo obbligatorio.

¹³ Le disposizioni riguardano:

- il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;
- la certificazione energetica degli edifici;

delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia, sotto il profilo dei costi.

Un punto fondamentale di tale Direttiva, per il raggiungimento dell'obiettivo 20-20-20, è, l'intervento anche sul patrimonio edilizio esistente, poiché esso risulta fortemente energivoro.

Il settore delle costruzioni, infatti, rappresenta uno dei maggiori consumatori¹⁴ di energia

"... a causa dello sfruttamento di risorse materiali, dell'uso del territorio, del consumo energetico relativo a tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto edilizio e della produzione di rifiuti da demolizione,¹⁵" (Monica Lavagna, 2005)

Esso rappresenta un punto determinante nella politica energetica dell'Unione Europea poiché quasi il 40% del consumo energetico finale¹⁶ - e il 36% delle emissioni di gas serra - deriva dal mondo delle costruzioni, il miglioramento, quindi, della prestazione energetica degli edifici è importante, non solo per il raggiungimento degli obiettivi fissati per il 2020 da parte dell'UE, ma anche per il conseguimento degli obiettivi fissati più a lungo termine entro il 2050¹⁷.

A seguito, quindi, del riconoscimento delle problematiche ambientali ed energetiche e della constatazione della responsabilità del settore dell'edilizia, il concetto di efficienza energetica viene ormai considerato come un punto di partenza e non di arrivo nelle scelte progettuali. Infatti, si ha ormai la necessità di progettare in maniera "rinnovata", in grado di ottimizzare le risorse locali, sia climatico - contestuali che materiche, e la qualità ambientale interna attraverso modalità tecnico - costruttive innovative.

La riduzione dei consumi di energia e di emissioni inquinanti sono, infatti, gli obiettivi base delle Direttive Europee in materia che, attraverso l'introduzione della certificazione energetica degli edifici, intendono promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici e quindi, in un ottica più ampia, la salvaguardia dell'ambiente attraverso la riduzione dei gas serra.

Va considerato, tuttavia, che la certificazione energetica è solo uno "strumento" strategico gestionale, in grado di supportare le scelte progettuali in vista di un miglioramento delle prestazioni energetiche complessive del sistema edilizio, ma non è risolutivo della complessità della problematica.

Negli ultimi anni il problema energetico nel settore dell'edilizia, ha determinato nuove opportunità sia per cittadini che per i professionisti che ruotano attorno al mondo delle costruzioni. I primi, anche grazie agli incentivi proposti dalle finanziarie, investono sulle nuove tecnologie ottenendo una riduzione sensibile dei consumi ed un aumento di valore del proprio immobile; i secondi possono trovare nuove possibilità professionali volte ad una progettazione più efficiente.

Tuttavia, bisogna fare una distinzione tra sostenibilità ambientale ed efficienza energetica. Spesso, infatti, si parla solo di architettura "sostenibile", che progetta e costruisce edifici

-
- l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici.

¹⁴ Infatti dalla rivoluzione industriale sono stati realizzati edifici privi di rapporto con il luogo e con i fattori climatici esterni; lo stesso Le Corbusier nel progetto della *Cité de Refuge* del 1929 mette a punto la "*respiration exacte*". Egli infatti sosteneva che "*ogni nazione costruisce case per il proprio clima. In questi tempi di interpretazione internazionale di tecniche scientifiche io propongo: un solo edificio per tutte le nazioni e i climi, la casa con la respirazione esatta.* (Ivi, pag.129).

¹⁵ Monica Lavagna, *Sostenibilità e risparmio energetico. Soluzioni tecniche per edifici eco - efficienti*, Libreria CLUP, Milano, 2005, p. 15.

¹⁶ Nel 2010. Cfr. «Indicatori per l'energia, i trasporti e l'ambiente, edizione 2012», Commissione europea. Ai fini della stima in oggetto, è stato associato il fabbisogno energetico relativo agli usi domestici e al settore dei servizi. È opportuno evidenziare che il dato include, ad esempio, il consumo di elettricità degli elettrodomestici, ma non comprende il consumo energetico degli edifici industriali.

¹⁷ COM(2011) 112 - Roadmap for moving to a low carbon economy in 2050.

cercando di limitare gli impatti ambientali. Si possono, invece, distinguere diversi tipi di architettura: un edificio può essere energeticamente efficiente, sostenibile¹⁸, o entrambi. Affinché un edificio sia sostenibile, si deve guardare non solo alla sua condizione energetica, ma anche a quella ambientale nel suo complesso, dalla progettazione alla realizzazione, dalla manutenzione alla demolizione, mediando e ottimizzando le diverse esigenze (organizzative, distributive, economiche, estetiche) e coniugandole secondo criteri biocompatibili e sostenibili.

La sostenibilità in edilizia [...] è un percorso di pensiero e di azione lento, che richiederebbe una trasformazione del processo edilizio in ciclo edilizio ; valutare la sostenibilità di un edificio non è facile, poiché le componenti impegnate sono molteplici e tutte da valutare singolarmente (LUCARELLI M.T. 2010).

Un edificio, quindi, può essere definito sostenibile non perché produce più energia di quella che consuma attraverso l'utilizzo delle fonti rinnovabili; semmai è sostenibile perché consuma meno energia possibile, partendo dalla produzione dei materiali necessari alla sua costruzione fino ad arrivare alla sua gestione quotidiana e non solo. In definitiva controllando tutto il suo ciclo di vita.

Un edificio si definisce, invece, energeticamente efficiente quando si ha un basso consumo energetico, e di conseguenza, una elevata efficienza energetica. In questo caso l'involucro non ha più una valenza solo strutturale, ma prestazionale oltre che estetica, e deve garantire una diminuzione di dispersioni termiche.

Un edificio ad alta efficienza energetica¹⁹ è, infatti, un organismo edilizio in grado di garantire al suo interno una condizione di benessere limitando l'uso di fonti energetiche non rinnovabili²⁰ ed utilizzando il più possibile fonti energetiche rinnovabili, possibilmente prodotte in loco. Malgrado molte di esse siano disponibili in abbondanza e il potenziale economico effettivo sia considerevole, il contributo delle fonti energetiche rinnovabili al consumo lordo globale di energia dell'Europa è molto ridotto: meno del 6%. Se la Comunità non riuscirà a coprire nel prossimo decennio la sua domanda di energia con una quota nettamente superiore delle rinnovabili²¹, diventerà sempre più difficile rispettare gli impegni sia a livello internazionale che europeo da essa sottoscritti in materia di protezione ambientale.

Servono, quindi, azioni politiche e coordinate dallo Stato, dalle Regioni e da amministrazioni locali per la produzione e l'incentivazione della sostenibilità edilizia ed energetica.

Progettare edifici a basso consumo energetico, tuttavia, non deve far perdere di vista l'obiettivo di costruire edifici salubri e confortevoli.

¹⁸ Un edificio si può identificare come sostenibile in base ad alcuni elementi, quali: il risparmio energetico (efficienza energetica), l'utilizzo di materiali bioecologici, il giusto orientamento dell'edificio, il consumo di risorse idriche, ed anche la partecipazione degli abitanti alla progettazione dell'edificio.

¹⁹ E' utile distinguere i concetti di efficacia ed efficienza.

"Una procedura è considerata efficace se permette di raggiungere un determinato obiettivo indipendentemente dal dispendio di energia o di denaro utilizzato. Essere efficaci significa dunque adottare le corrette strategie indipendentemente dall'uso di mezzi ad esse connesso. Una procedura è invece efficiente se permette di raggiungere un obiettivo con il minor dispendio di mezzi"

(Manfred Hegger, *Correttezza delle strategie: tra rendimento e sostenibilità*, in Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark, Martin Zeumer, *Atlante della Sostenibilità*, UTET, Milano, 2008, p. 24).

²⁰ Ingeborg Flagge, Verena Herzog-Loibl, Anna Meseure (a cura di), *Thomas Herzog Architektur + Technologie / Architecture + Technology*, Prestel Verlag, Munich/ London/New York, 2001, p. 10.

²¹ La dipendenza dell'UE dalle importazioni di energia, già del 50%, dovrebbe aumentare nei prossimi anni e raggiungere, in assenza di interventi, il 70% nel 2020. Ciò è soprattutto vero per il petrolio e il gas che proverranno in misura crescente da zone molto distanti dall'Unione e spesso caratterizzate da rischi geopolitici. Si dovrà pertanto prestare sempre più attenzione alla sicurezza dell'approvvigionamento. Le energie rinnovabili come fonti interne saranno importanti per ridurre le importazioni di energia con effetti positivi per la bilancia commerciale e la sicurezza dell'approvvigionamento. (COM_97_599_it ENERGIA PER IL FUTURO: LE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI Libro bianco per una strategia e un piano di azione della Comunità).

In virtù, quindi, della complessità, che è alla base dell'interazione tra ambiente/edificio/uomo²², e alla necessità di combinare un consumo limitato delle risorse energetiche non rinnovabili al soddisfacimento delle esigenze di benessere dell'utente, le ricerche di settore hanno individuato dei parametri progettuali qualitativi²³ che, interagendo tra loro, influenzano in maniera sostanziale l'efficienza energetica di un edificio: il fattore di forma²⁴, l'orientamento dell'edificio rispetto ai punti cardinali e ai venti prevalenti, la distribuzione interna, le caratteristiche dell'involucro edilizio, le strategie di ventilazione e i sistemi impiantistici.

Infatti, come sosteneva Ficht,

“L'architettura costituisce il terzo ambiente²⁵” che si frappone tra l'uomo e l'ambiente naturale e *“l'edificio ha il compito di proteggere l'uomo dalle sollecitazioni ambientali²⁶”*, al fine di diminuire un utilizzo eccessivo e incontrollato delle risorse non rinnovabili.

Ogni contesto, inoltre, ha un proprio *genius loci*, ovvero una propria identità, e il progettista deve essere in grado di capire il significato che il luogo stesso offre, non deve dominarlo, ma progettare in armonia con lo stesso contesto.

In conclusione i concetti di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica non sono sempre legati tra loro, perché l'uno non sempre presuppone l'altro. L'efficienza energetica, infatti, è un criterio da considerare all'interno del concetto di sostenibilità ambientale, ma non necessariamente viceversa. Tuttavia, in entrambi i casi, il contesto climatico locale risulta essere un elemento fondamentale sia per la sostenibilità ambientale che per l'efficienza energetica in edilizia.

La tesi che segue indaga appunto il rapporto tra edificio contesto ed energia.

Nello specifico la ricerca si colloca all'interno del dibattito attuale²⁷ sulla realizzazione di edifici ad energia quasi zero²⁸, individuando come quadro di riferimento l'analisi delle prestazioni energetiche dei componenti edilizi, i quali costituiscono un elemento fondamentale per il risparmio energetico.

La volontà di sviluppare una ricerca su queste tematiche, nasce dall'intenzione di analizzare la recente evoluzione dei componenti ad elevate prestazioni energetiche maggiormente utilizzati per la progettazione di un edificio ad energia quasi zero e verificarne le performance energetiche in un determinato contesto climatico locale.

L'attenzione va, quindi a ricadere anche sul materiale che va a costituire il componente; componenti che ormai sono sempre più complessi, attraverso una specializzazione di elementi che vanno a definirne la qualità del progetto a diverse scale: dal materiale, al componente, all'edificio nel suo complesso.

²² Nel 1972 Ficht afferma che *“lo scopo ultimo dell'architettura è di agire a favore dell'uomo: d parte del carico ambientale. La funzione centrale dell'architettura è quindi di alleviare lo stress della vita. Il suo scopo è quello di massimizzare le capacità dell'uomo”*. (James Marston Fitch, *American Building 2: The Environmental Forces that shape it*, Houghton Miffl in, Boston, 1972 (tr. it. a cura di Girolamo Mancuso, *La progettazione ambientale – analisi interdisciplinare dei sistemi di controllo dell'ambiente*, Franco Muzzio & C. editore, Padova, 1980, p. 11)

²³ Chella F., Caizzi G. *Strategie progettuali per edifici a basso impatto energetico e ambientale*. Ed. Alinea, Firenze, 2008.

²⁴ *“La definizione formale dell'edificio diviene quindi l'esito di un processo progettuale finalizzato a ottimizzare l'efficienza ambientale attraverso specifiche soluzioni progettuali, in cui la capacità compositiva ed evocativa del progettista svolge un'adeguata e corretta funzione di raccordo, interpretazione e caratterizzazione”*(Adriano Paoletta, *Abitare i luoghi. Insediamenti, tecnologia, paesaggio*, BFS edizioni, 2004, Pisa, p. 75)

²⁵ James Marston Fitch, *American Building 2: The Environmental Forces that shape it*, Houghton Miffl in, Boston, 1972 (tr. it. A cura di Girolamo Mancuso, *La progettazione ambientale. Analisi interdisciplinare dei sistemi di controllo dell'ambiente*, Franco Muzzio & C. editore, Padova, 1980), p. 23

²⁶ Ivi, p. 24.

²⁷ Riguardo il dibattito attuale verrà dedicato nella tesi una intera sezione di approfondimento normativo e conoscitivo sia internazionale che non.

²⁸ Il concetto e le definizioni di "edificio ad energia quasi zero" sono state oggetto di analisi nella ricerca e rappresentano un punto critico sul quale soffermare l'attenzione.

I FASE: FASE ANALITICO - CONOSCITIVA _ STATO DELL'ARTE

CAPITOLO I_ Verso un edificio ad energia quasi zero
CAPITOLO II_ Protocolli e programmi di valutazione italiana ed internazionale per la
certificazione ambientale ed energetica

CAPITOLO I_ Verso un edificio ad energia quasi zero

1.1_ Premessa

1.2_ La problematica energetica in Italia e l'evoluzione normativa

1.3_ Definizioni di NZEB

1.4_ Strategie di progettazione per uno NZEB

1.5_ Principali Criteri progettuali di un edificio ad energia quasi zero

1.6_ Conclusioni intermedie:il tema specifico della ricerca



Figura 1_ Fregio per la Sala da Pranzo di Palazzo Stoclet, Bruxelles. Albero della vita, Klimt.

1.1_ Premessa

In questi ultimi anni il settore energetico si trova in una fase di transizione e, la consapevolezza dello squilibrio fra le risorse ambientali e la crescente richiesta energetica, ha portato all'adozione di nuove politiche che promuovano la riduzione del consumo di fonti non rinnovabili.

A livello europeo¹ la politica energetica nel settore dell'edilizia fa riferimento all'attuale Direttiva Europea 2010/31/UE, la quale mira alla riduzione di consumi energetici tramite la diminuzione del fabbisogno di energia. Prevede, inoltre, che vengano redatti dei Piani Nazionali che favoriscano la progettazione e realizzazione di edifici ad energia quasi zero (NZEB), lasciando alle singole Nazioni la piena libertà sull'interpretazione del significato² e sulla definizione della metodologia di calcolo.

L'efficienza energetica degli edifici è determinata prevalentemente dalle prestazioni dell'involucro, dal rendimento degli impianti, dall'uso di fonti energetiche rinnovabili, dai sistemi di controllo passivo del comfort estivo e invernale.

Tuttavia, la buona prestazione energetica degli edifici, non deve essere un punto di arrivo al quale tendere per documentare il rispetto di una norma, ma deve essere un punto di partenza, uno strumento strategico - gestionale in grado di supportare le scelte progettuali in vista di un miglioramento delle prestazioni energetiche complessive del sistema edilizio.

1.2_ La problematica energetica in Italia e l'evoluzione normativa

La *Questione energetica* occupa da sempre una posizione di grande rilevanza nell'economia e nello sviluppo, sia a livello nazionale che mondiale. In Italia, i *consumi energetici* hanno avuto un grande aumento negli anni 1950-1970.

Il principale documento di politica energetica nazionale in cui si definiscono obiettivi e priorità è il Piano Energetico Nazionale (PEN), il cui ultimo aggiornamento è stato approvato dal Consiglio dei Ministri nell'agosto del 1988. Esso individuava gli obiettivi prioritari tra cui: competitività del sistema produttivo, diversificazione delle fonti e delle provenienze geopolitiche, sviluppo delle risorse nazionali, protezione dell'ambiente e della salute dell'uomo e risparmio energetico. Tuttavia, l'8 marzo 2013 è approvato un nuovo documento, la Strategia Energetica Nazionale (SEN) propone il miglioramento del sistema energetico individuando quattro obiettivi principali³:

- riduzione dei costi energetici con l'allineamento dei prezzi ai livelli europei;
- superamento degli obiettivi europei definiti dal Pacchetto europeo Clima-Energia 2020⁴;
- maggiore sicurezza di approvvigionamento, con una riduzione della dipendenza energetica estera;
- spinta alla crescita e all'occupazione con l'avvio di investimenti.

A seguito di quanto detto, per cercare di arrivare agli obiettivi prefissati, l'attività edificatoria in Italia è regolata da un sistema articolato e complesso di norme cogenti e non cogenti che intervengono in tutte le fasi del processo edilizio, nonché nella regolamentazione dei prodotti destinati all'edilizia. Particolarmente significative risultano

¹ La politica energetica nel settore dell'edilizia è iniziata con la Direttiva Europea 2002/91/CE, sostituita dall'attuale Direttiva Europea 2010/31/UE e confermata dalla 2012/27/UE.

² La letteratura mostra che ci sono diverse definizioni di NZEB, tuttavia bisogna fare attenzione anche alle difformità riscontrate tra edifici al netto (Net Zero Energy Building) di energia ed edifici ad energia quasi zero (Nearly Zero Energy Building). Questa differenza è soprattutto di natura formale, ma rimangono comunque dei dubbi su quale significato attribuire alla lettera N di NZEB (Net o Nearly) (intervista al prof. Marco D'orazio disponibile su <http://www.edifici2020.it/nzeb-n-come-net-e-non-near-intervista-a-marco-d-orazio/>).

³ Documento di predisposizione del Piano d'Azione italiano per l'Efficienza Energetica 2014, disponibile in <http://www.sviluppoeconomico.gov.it>

⁴ Riduzione delle emissioni di GHG del 21% rispetto al 2005, riduzione del 24% dei consumi primari rispetto all'andamento inerziale e raggiungimento del 19-20% di incidenza dell'energia rinnovabile sui consumi finali lordi

essere le norme redatte per coniugare il problema dell'efficienza e del risparmio energetico con l'attività edilizia. Tali norme sono generalmente orientate alla messa in campo di misure e criteri innovativi, prescrittivi e incentivanti, finalizzati alla diffusione di una pratica edificatoria fondata sui principi di sostenibilità ambientale degli interventi sia edilizi che urbanistici.

L'entrata in vigore della Direttiva europea n° 31/2010 sul rendimento energetico degli edifici ha imposto agli Stati membri di mettere in atto azioni per il risparmio energetico.

Molti Stati del nord Europa come Danimarca, Olanda, Germania e Francia, avevano già legiferato in materia, avviando anche in forma volontaria l'introduzione di sistemi di certificazione energetica.

L'Italia, invece, ha messo in atto un lento processo di elaborazione del recepimento della Direttiva.

A tal proposito è necessario individuare il percorso che l'Italia ha effettuato per il recepimento della problematica energetica.

Con la legge n°373 del 30 aprile 1976⁵ in Italia *"vengono regolate le caratteristiche di prestazione dei componenti, l'installazione l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari, alimentati da combustibili solidi, liquidi o gassosi..."*. Tuttavia, si dovette aspettare la Legge 10/91⁶, contenente le *"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"*, per iniziare a parlare anche di fonti energetiche non rinnovabili. Ciò nonostante, il decreto attuativo n°412/1993 che conteneva le *"norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia"*, fu pubblicato solo dopo due anni.

L'iter normativo sulla efficienza energetica in Italia ha portato all'emanazione del Decreto Legislativo del 19.8.2005 n. 192⁷ *"Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, approvato dal Consiglio dei Ministri il 29 luglio 2005"*, integrato e corretto con il Decreto Legislativo del 29.12.06 n°311 *"Disposizioni correttive ed integrative al Decreto legislativo 19/08/05 n°192, recante attuazione della Direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"*. Attraverso questi due decreti sono stati recepiti i contenuti normativi della Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio 2002/91/CE, che ha posto l'obiettivo di «promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne».

E' bene evidenziare che il quadro normativo riesce ad incidere significativamente sull'edificazione del nuovo, in quanto impone il rispetto di requisiti minimi di efficienza e di rendimento energetico degli edifici, in particolare per gli edifici pubblici. Con riferimento al patrimonio esistente, invece, la normativa citata e la Legge Finanziaria per il 2008 (l.n. n. 244 del 24 dicembre 2007) hanno favorito il miglioramento dell'efficienza energetica introducendo la detrazione fiscale delle spese sostenute per ridurre le dispersioni termiche dell'involucro edilizio e per il miglioramento dell'impiantistica destinata alla climatizzazione degli ambienti interni e alla produzione di acqua calda sanitaria.

⁵ La legge 373/76 prevedeva il dimensionamento degli impianti di produzione di calore per fornire una temperatura dell'aria ambiente non superiore ai 20 gradi; inoltre le caratteristiche d'isolamento termico, ossia il coefficiente volumico globale di dispersione termica espresso in chilocalorie al metro cubo per ora per salto termico di un grado centigrado (kcal/h m al cubo °C), dovevano essere comprese nei limiti fissati nel decreto stesso.

⁶ Prevede che i *"piani regolatori generali (...) dei comuni con popolazione superiore a cinquantamila abitanti devono prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo alle fonti rinnovabili di energia"*.

⁷ *"stabilisce i criteri, le condizioni e modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazioni di emissioni di gas ad effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività di comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico..."*

Anche con l'emanazione della EPBD⁸ o recast 31/2010, che introduce il concetto di edificio ad energia quasi zero (NZEB), l'Italia si è trovata impreparata; tale Direttiva, infatti, - confermata dalla successiva 2012/27/UE⁹ che impone di stabilire obiettivi nazionali indicativi di efficienza energetica - è stata recepita solo tre anni dopo con il Decreto Legislativo n°63/2013¹⁰, che introduce l'attestato di "prestazione energetica"¹¹, declassando il concetto di "certificazione" e di "etichettatura".

1.3_ Definizioni di edificio ad energia quasi zero (NZEB)

Il termine NZEB può assumere diversi significati, infatti il termine viene interpretato diversamente nei vari Paesi europei. L'importanza di definire tale edificio è data dal rispetto della Direttiva Europea EPBD recast che promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici.

Tale Direttiva invita gli Stati Membri a calcolare i livelli ottimali di prestazione energetica degli edifici avvalendosi di un quadro metodologico, e a promuovere strategie volte alla diffusione di edifici a energia quasi zero, ovvero di edifici ad altissima prestazione energetica il cui basso fabbisogno di energia netta deve essere coperto in misura molto significativa da fonti rinnovabili.

Ad oggi manca, tuttavia, ancora una definizione univoca a livello internazionale, e per questo motivo molti studi¹² sono stati orientati ad individuare una lettura critica del termine "edificio ad energia zero" (ZEB) ed "edificio ad energia netto/quasi zero" (NZEB) ed alla loro classificazione [Torcellini et al. 2006, Sartori et al. 2010,].

⁸ GU L153 del 18.6.2010, pag.13.

⁹ Tale Direttiva "stabilisce un quadro comune di misure per la promozione dell'efficienza energetica nell'Unione Europea al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale relativo all'efficienza energetica del 20% entro il 2020 e cerca di gettare le basi per ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica al di là di tale data" (Articolo 1 della direttiva europea n°27/2012).

Tali obiettivi, come definiti dalla Strategia Energetica Nazionale, sono stati recentemente illustrati nella relazione annuale prevista dalla Direttiva stessa e costituiscono inoltre parte integrante del Piano Nazionale di Riforma di cui alla raccomandazione 2010/410/UE del Consiglio.

(Disponibile al seguente indirizzo: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/reporting_en.htm.)

¹⁰ Il Decreto, convertito in Legge n°90/2013, interviene sulla metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e, in presenza di diverse fonti di produzione di energia, rende necessario definire i diversi fattori di conversione e la procedura di calcolo.

Decreto legge si propone di stabilire, condizioni e modalità per:

a) migliorare le prestazioni energetiche degli edifici;
b) favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici;
b-bis) determinare i criteri generali per la certificazione della prestazione energetica degli edifici e per il trasferimento delle relative informazioni in sede di compravendita e locazione;
b-ter) effettuare le ispezioni periodiche degli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva al fine di ridurre il consumo energetico e le emissioni di biossido di carbonio;
c) sostenere la diversificazione energetica;
d) promuovere la competitività dell'industria nazionale attraverso lo sviluppo tecnologico;
e) coniugare le opportunità offerte dagli obiettivi di efficienza energetica con lo sviluppo di materiali, di tecniche di costruzione, di apparecchiature e di tecnologie sostenibili nel settore delle costruzioni e con l'occupazione;
f) conseguire gli obiettivi nazionali in materia energetica e ambientale;
g) razionalizzare le procedure nazionali e territoriali per l'attuazione delle normative energetiche al fine di ridurre i costi complessivi, per la Pubblica Amministrazione e per i cittadini e per le imprese;
h) applicare in modo omogeneo e integrato la normativa su tutto il territorio nazionale;
h-bis) assicurare l'attuazione e la vigilanza sulle norme in materia di prestazione energetica degli edifici, anche attraverso la raccolta e l'elaborazione di informazioni e dati;
h-ter) promuovere l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali".

¹¹ "quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare, con un uso standard dell'immobile, i vari bisogni energetici dell'edificio, la climatizzazione invernale e estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e, per il settore terziario, l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto del livello di isolamento dell'edificio e delle caratteristiche tecniche e di installazione degli impianti tecnici. La prestazione energetica può essere espressa in energia primaria non rinnovabile, rinnovabile, o totale come somma delle precedenti". (decreto legislativo n°63/2013)

¹² Si fa riferimento ai Testi individuati in bibliografia sugli edifici ad energia quasi zero (NZEB)

Il principio su cui si basano tali lavori riguarda il miglioramento dell'efficienza energia e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile prodotti soprattutto in loco [Torcellini et al. 2006, Gonçalves, 2009].

Per quanto riguarda la definizione di NZEB la letteratura mostra che ci sono state diverse interpretazioni sul significato della lettera "N": se edificio al netto di energia (NET), oppure edificio ad energia quasi zero (NEARLY); dove per Net ZEB si intende il fabbisogno energetico pari a zero; mentre, per Nearly ZEB, il concetto di "quasi" permette di avere un consumo di energia che rimanda a decisioni nazionali, tenendo conto della quantità di energia primaria, espressa in percentuale, è coperta da fonti rinnovabili¹³,

Data, quindi, la complessità del tema è necessario fare un breve cenno storico considerando lo NZEB come edificio ad energia quasi zero.

Tra le prime definizioni che hanno portato all'introduzione del concetto di Nearly Zero Energy Building (NZEB), vi sono quelle individuate dalla Zero Carbon Home (ZCH) nel 2006 nel Regno Unito, la quale stabilisce che

"una abitazione è definita Zero Carbon Home quando le emissioni nette di carbonio derivanti da tutta l'energia sono pari a zero"¹⁴

Nel frattempo si andavano sviluppando anche definizioni e classificazioni degli edifici energeticamente performanti; una distinzione di tali edifici è stata effettuata da Torcellini¹⁵ distinguendoli in: *site energy, source energy, energy cost, energy emissions*.

CLASSIFICAZIONI	DEFINIZIONI
SITE ENERGY	Edificio che produce in loco tanta energia quanta ne consuma in un anno
SOURCE ENERGY	Edificio che produce off-site tanta energia quanta ne consuma in un anno
ENERGY COST	Edificio la cui produzione di energia è tale da compensare i costi associati all'energia necessaria per l'uso dell'edificio pari ad un anno
ENERGY EMISSIONS	Edificio la cui produzione di energia rinnovabile è tale da compensare l'energia utilizzata da fonti non rinnovabili

Tabella 1_Classificazione NZEB.

A fronte di quanto detto, risulta quindi importante confrontare, secondo le definizioni di letteratura, *gli edifici a basso consumo, edifici passivi ed edifici plus Energy* come di seguito riportate:

- **edifici a basso consumo (Low Energy Building):** sono edifici con consumi energetici molto più bassi rispetto ad un tipico edificio di nuova costruzione. Vengono considerati tali tutti gli edifici che hanno una classe energetica A rispetto alla classificazione nazionale.

¹³ Kurtnitski J., Allard F., Braham D., Goeders G., Heiselberg P., Jagemar L., Kosonen R., Lebrun J., Mazzarella L., Railio J., Seppänen O., Schmidt M., Virta M., 2011. "How to define nearly net zero Energy buildings nZEB", REHVA Journal, May 2011, p Progress toward Advanced Energy Design Guides (AEDG) and costeffective net-zero-energy (NZE) buildings.

¹⁴ La definizione di Zero Carbon Home, redatta dalla Communities and Local Government nel Dicembre 2006 e riformulata all'interno del "Code for Sustainable Homes: Technical Guidance" nell'Aprile 2007, pur incoraggiando l'uso di tecnologie on site, prevedeva la possibilità di utilizzare energia rinnovabile off- site e l'uso di teleriscaldamento e teleraffrescamento. Successivamente la definizione è stata sottoposta a modifica non prevedendo più soluzioni tecnologiche off site.

¹⁵ Torcellini, P., Pless, S., Deru, M. D. (2006). Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. ACEEE Summer Study Pacific Grove. 13 p. California.

- **edifici passivi:** sono edifici che riescono a mantenere la temperatura interna dell'edificio costante senza l'utilizzo di energia esterna. Questa tipologia di edifici fa riferimento al sistema della Passivhaus¹⁶, il quale tiene uno standard di riferimento più rigido rispetto al Low Energy Building.
- **plus Energy building_** Edifici che contribuiscono alla produzione di energia, diventando essi stessi elementi in grado di dare un contributo energetico positivo al territorio cedendo energia e sopperendo alla necessità di costruzione di impianti.

Per questo motivo la Direttiva Europea 31/2010/UE, chiamata anche EPBD2 o recast¹⁷, ha introdotto il concetto di edificio ad energia quasi zero definendolo come:

«edificio a energia quasi zero»: edificio ad altissima prestazione energetica, [...] Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze.

Tuttavia questa definizione è molto labile poiché non individua dei limiti di consumo energetico ben preciso per definire un edificio tale e lascia la libertà di definizione della metodologia di calcolo e di classificazione. Il termine zero è utilizzato per il calcolo del consumo di energia annuale usato per le costruzioni, per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, l'illuminazione... effettuando, quindi, una verifica integrata di più fattori.

La direttiva, quindi, mira alla diminuzione dei consumi energetici tramite la riduzione del fabbisogno di energia e la produzione di energia rinnovabile.

Dopo l'introduzione del concetto di NZEB, gli Stati Membri dell'Unione Europea hanno cercato di individuare una definizione per edificio ad energia quasi zero; in merito si riporta lo stato di fatto riguardo le definizioni, gli indicatori da considerare per il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio, gli obiettivi prefissati e la metodologia di calcolo utilizzata da alcuni Paesi Europei, tratte dal progetto COHERENO¹⁸ e dalla "Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio" n° 483 del 2013.

¹⁶ In questo caso l'edificio deve avere un fabbisogno termico durante il periodo di riscaldamento inferiore a 15 kW/mq*anno e l'energia primaria complessiva non deve superare i 120 kWh/mq*anno.

Essa inoltre ha stabilito l'adozione dei seguenti criteri progettuali:

- Forma compatta ed elevato isolamento termico dell'involucro dell'edificio (<15 W/mqK);
- Orientamento prevalentemente a sud affinché di possa usufruire della captazione solare durante l'interno;
- Adeguate schermature a sud;
- Serramenti ad elevato isolamento termico con una trasmittanza inferiore a 0.8 W/mqK ed un fattore solare almeno del 50%;
- Tenuta d'aria;
- Fornitura dell'acqua calda tramite fonti energetiche rinnovabili, quali collettori solari o pompe di calore.

Eventuali apparecchiature elettrodomestiche a basso consumo energetico.

¹⁷ recast in inglese significa "rimaneggiata" e indica la Direttiva 91/2002, chiamata EPBD, "rivista".

¹⁸ Per colmare la mancanza di definizioni e metodologia, è stato sviluppato un progetto che fa parte dell'Intelligent Energy Europe project, chiamato COHERENO—"Collaboration for housing nearly zero-energy renovation - il quale si concentra sull'eliminazione delle barriere per la collaborazione, fornendo delle indicazioni su come collaborare e sviluppare edifici ad energia quasi zero. Gli attori di tale progetto sono Austria, Belgio, Germania, Paesi Bassi e Norvegia. Il rapporto fornisce una panoramica dello status quo delle definizioni NZEB nell'UE, nonché gli standard e le classificazioni esistenti edifici che possono identificare uno NZEB.

Scheda conoscitiva

Paese	Definizioni	Indicatori per il fabbisogno di energia	Obiettivo	Metodologia
AUSTRIA	NESSUNA DEFINIZIONE Si riferisce agli standard del low energy consumption			
BELGIO	Si basa sulla definizione EPBD recast e sugli studi del cost-optimal levels	Consumo di energia primaria <45 kWh/m2/anno (inclusa riscaldamento, acqua calda e impianti)	Tutti i nuovi edifici dal 2015 dovranno avere gli standard della "passivhaus".	Il metodo include il calcolo di energia prodotta da fonti rinnovabili.
BULGARIA	NESSUNA DEFINIZIONE	E' composto da tre richieste: <ul style="list-style-type: none"> • bilancio di energia, • energia rinnovabile, • consumo energetico degli impianti 		
DANIMARCA	Quando l'energia totale per il riscaldamento, la ventilazione il raffrescamento, l'acqua calda non eccede.	20 kWh/m2/anno	Obbligatorio dal 2015	Tra il 44% ed il 51% nel 2015 tra il 51% ed il 56% nel 2020.
FINLANDIA	NESSUNA DEFINIZIONE		Riferimenti a standard della "passivhaus"	
FRANCIA	NESSUNA DEFINIZIONE			
GERMANIA	NESSUNA DEFINIZIONE Standard di Passivhaus			

IRLANDA	Basata su indicatori numerici dell'uso di energia primaria ed un alto livello di classificazione dell'edificio (BER, Building Energy Rating)	Dal 2020 tutte le nuove costruzioni non dovranno consumare più di 45 kWh/m ² /anno (incluso riscaldamento, raffrescamento, acqua calda ed illuminazione)	Incremento del 40% dal 2013 Incremento del 60% dal 2019 Secondo il metodo optimal cost	Energia prodotta in loco
ITALIA	NESSUNA DEFINIZIONE Si riferisce agli standard della legislazione.		Standard CasaClima	
NORVEGIA	Si basa sul coefficiente di performance consumption (EPC)	EPC = 0	L'EPC < 0,4 nel 2015	
PORTOGALLO	NESSUNA DEFINIZIONE Si riferisce agli standard della legislazione.			
SPAGNA	NESSUNA DEFINIZIONE Si riferisce agli standard della legislazione.			
REGNO UNITO	La definizione riprende la Zero Carbon Home NZEB=ZCH	Nel 2016 i limiti di performance dovranno essere: <ul style="list-style-type: none"> • ~46 kWh/m²/anno • ~46 kWh/m²/anno • ~39 kWh/m²/anno 	Ridurre le emissioni di CO ₂ <ul style="list-style-type: none"> • 10kg CO₂ (eq)/m²/anno per case unifamiliari • 11kg CO₂ (eq)/m²/anno per case a schiera • 14kg CO₂ (eq)/m²/year per blocchi di appartamenti 	

Dalla tabella si deduce che il miglioramento del rendimento energetico si ottiene sostanzialmente aumentando i requisiti per l'isolamento termico degli edifici e i fattori di energia primaria per l'energia elettrica, il riscaldamento, il raffrescamento e l'acqua calda, devono essere migliorati entro il 2020.

La *EPBD recast*¹⁹ (EPBD2) introduce, inoltre, un nuovo concetto che aiuta a comprendere il significato della dizione “quasi zero” ovvero il concetto di “*livello di prestazione energetica ottimale in funzione dei costi*”, intendendo con ciò il livello di prestazione che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato. Esso deve essere determinato da ogni Stato Membro tenendo conto dei costi di investimento connessi all’energia, dei costi di manutenzione e di funzionamento (compresi i costi, i risparmi energetici e gli utili derivanti dalla cessione dell’energia autoprodotta), e, se del caso, gli eventuali costi di smaltimento dei rifiuti di costruzione²⁰.

Allo scopo di fornire una comune metodologia comparativa per calcolare i livelli di prestazione energetica ottimali in funzione dei costi sia per edifici che per singoli elementi di edificio la Commissione Europea ha di recente (luglio 2011) diffuso una prima bozza di Linee Guida in cui prevede la creazione, per ogni Stato membro, di edifici di riferimento (*reference buildings*) rappresentativi delle tipologie edilizie nazionali sui quali calcolare i suddetti livelli minimi di prestazione energetica.

L’approccio metodologico più frequentemente adottato in sede progettuale è quello che riguarda il concetto di *cost optimal*²¹, il quale prevede l’individuazione di una serie di scenari di riferimento che prendono in considerazione diversi livelli di efficienza energetica ed i costi²².

¹⁹ La Direttiva Europea di riferimento raccomanda agli Stati Membri di utilizzare le norme CEN per i calcoli della prestazione energetica. La norma UNI EN 15603:2008 fornisce uno schema generale per il calcolo energetico. La procedura comprende le seguenti fasi:

1. calcolo del fabbisogno netto di energia termica per soddisfare i requisiti degli utenti. Ad esempio, in inverno il fabbisogno energetico è calcolato come dispersione di energia termica per trasmissione attraverso l’involucro e per ventilazione meno i guadagni interni (da apparecchiature, sistemi di illuminazione e occupazione) e i guadagni «naturali» di energia (riscaldamento solare passivo);
2. sottrazione dell’energia termica da sorgenti rinnovabili generata e utilizzata in situ (ad esempio, da collettori solari);
3. calcolo del consumo di energia per ciascun uso finale (riscaldamento e raffreddamento di ambienti, acqua calda, illuminazione, ventilazione) e per ciascun vettore di energia (elettricità, combustibili), tenendo conto delle caratteristiche (efficacia stagionale) della produzione, della distribuzione, delle emissioni e dei sistemi di controllo;
4. sottrazione dell’energia elettrica da sorgenti rinnovabili generata e utilizzata in situ (ad esempio, da pannelli fotovoltaici);
5. calcolo dell’energia fornita per ciascun vettore di energia come somma dei consumi di energia (non coperta dall’energia da fonti rinnovabili);
6. calcolo dell’energia primaria associata all’energia fornita (*delivered*) e all’energia esportata verso il mercato (*exported*), ad esempio generata da sorgenti rinnovabili o da cogeneratori in situ, utilizzando i fattori nazionali di conversione;
7. calcolo dell’energia primaria netta come differenza tra quella associata all’energia fornita e quella associata all’energia esportata.

²⁰ Allo scopo di fornire una comune metodologia comparativa per calcolare i livelli di prestazione energetica ottimali in funzione dei costi sia per edifici che per singoli elementi di edificio la Commissione Europea ha di recente (luglio 2011) diffuso una prima bozza di Linee Guida in cui prevede la creazione, per ogni Stato membro, di edifici di riferimento (*reference buildings*) rappresentativi delle tipologie edilizie nazionali sui quali calcolare i suddetti livelli minimi di prestazione energetica.

²¹ La Commissione ha stabilito entro giugno 2011 un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi requisiti minimi di rendimento energetico degli edifici e elementi di costruzione. Il quadro metodologico comparativo impongono agli Stati membri di:

- Definire edifici di riferimento che sono caratterizzati da e rappresentative per la loro funzionalità e condizioni climatiche. Gli edifici di riferimento includono residenziale e non residenziale edifici, sia nuovi ed esistenti;
- Definire le misure di efficienza energetica, che sono valutati per gli edifici di riferimento. Questi possono essere misure per gli edifici nel loro complesso, per gli elementi edilizi, o per una combinazione di edificio elementi;
- Valutare la necessità di energia finale e primaria degli edifici di riferimento e degli edifici di riferimento con le misure di efficienza energetica definiti applicate. Calcoli correlati dovrebbero essere sulla base delle pertinenti norme europee; e
- Calcolare i costi (cioè il valore attuale netto) delle misure di efficienza energetica durante il atteso ciclo di vita economica applicata agli edifici di riferimento, tenendo conto degli investimenti costi, costi di manutenzione e di esercizio, utili dalla produzione di energia e smaltimento i costi. (Witthen K., Thomsen K., “Introducing cost-optimal levels for energy requirements”, in The Rehva European HVAC Journal, v. 49, n. 3, pp. 25-29, marzo 2012)

²² I dati di ingresso per i calcoli sono: i costi di investimento, i costi di esercizio, i costi di smaltimento, i tassi di sconto, i prezzi dell’energia, la durata dei materiali e delle attrezzature.

1.4_ Strategie di progettazione per uno NZEB

Per la progettazione di uno NZEB, la valutazione delle prestazioni energetiche globali di un edificio rappresenta un punto fondamentale per l'identificazione dello stesso.

Il bilancio energetico di un edificio, dovrà essere ottenuto compensando il fabbisogno energetico attraverso l'uso di fonti energetiche rinnovabili, possibilmente prodotte in loco. Da questo si può dedurre che per ridurre il fabbisogno energetico di un edificio e per arrivare il più possibile verso una progettazione di uno NZEB, si rifanno sa ai principi della bioclimatica²³ che della Passivhaus.

- **L' architettura bioclimatica: criteri e parametri**

Il concetto di architettura bioclimatica si attribuisce ad un progetto che considera il clima come una variabile importante nel processo progettuale.

Da circa una quarantina d'anni [V. Olgyay, 1963] con il termine architettura bioclimatica si intende un'architettura che sfrutta come risorsa le caratteristiche morfologiche ed il clima del luogo, impiega prioritariamente i materiali locali e per il proprio funzionamento, utilizza le fonti energetiche rinnovabili locali, quali la radiazione solare, venti, vegetazione, corsi d'acqua.

Uno degli obiettivi finali della progettazione bioclimatica degli edifici è ottenere condizioni naturali di comfort termico. Si tratta, questo, di un processo dinamico perché il clima varia anche con una minima distanza.

Bisogna, quindi tenere conto delle variabili climatiche poiché influenzano direttamente il comfort termico e le scelte progettuali.

Il consumo di energia, infatti, dipende anche dalle condizioni di comfort che gli occupanti vogliono raggiungere, se l'edificio non è stato progettato in relazione al clima, esso richiede maggiore energia per realizzare le adeguate condizioni di comfort termico desiderato. Le azioni progettuali che tengano conto delle condizioni climatiche del luogo e la sua interazione con il clima sono generalmente designate dal termine di "Strategie Bioclimatiche".

I criteri di progettazione bioclimatica riguardano il contenimento dei consumi energetici degli edifici soprattutto attraverso²⁴:

- La conservazione dell'energia (isolamento e grado di partecipazione termica, controllo dei fenomeni di condensazione, dei ponti termici e delle infiltrazioni/ricambi dell'aria);
- Il riscaldamento solare passivo (con sistemi diretti, indiretti ed isolati);
- Il raffrescamento solare passivo (protezione dall'irraggiamento solare, inerzia termica, adozione di sistemi naturali di raffreddamento per ventilazione, irraggiamento notturno ed evaporazione);

²³ L'architettura bioclimatica è da non confondere con la bioarchitettura. La prima, infatti, si basa su un modello abitativo che soddisfa i requisiti di comfort con il controllo passivo del microclima, inteso come una strategia che, minimizzando l'uso di impianti meccanici, massimizza l'efficienza degli scambi tra edificio e ambiente.

Il concetto di bioclimatica è legato profondamente alla consapevolezza che il progresso tecnologico possa trovare un limite nella capacità di sopportazione dell'ambiente e nell'esauribilità delle risorse naturali.

Uno dei modelli che si ritiene possano diventare un punto di riferimento (anche per un significativo risparmio economico) è quello della casa a basso consumo (frutto appunto di una progettazione bioclimatica), ad esempio nelle fasi di progettazione, realizzazione e gestione di un green building.

Si definisce, invece, Bioarchitettura l'insieme delle discipline che attuano un atteggiamento ecologicamente corretto nei confronti dell'ecosistema antropico - ambientale e tende alla conciliazione ed integrazione delle attività e dei comportamenti umani con le preesistenze ambientali ed i fenomeni naturali, al fine di realizzare un miglioramento della qualità della vita attuale e futura.

Se consideriamo, inoltre il termine "bioedilizia", esso si riferisce all'applicazione di criteri di ecosostenibilità nel campo dell'edilizia e viene spesso confusa con la bioarchitettura. (Carbonari)

²⁴ BRUNO S. *I criteri di progettazione bioclimatica riguardano il contenimento dei consumi energetici degli edifici attraverso soprattutto*. Ed. Dario Flaccovio, Palermo 2008.

- L'illuminazione naturale (adeguata posizione e dimensionamento delle superfici trasparenti, adozione di sistemi di riflessione e/o canalizzazione della luce e gli elementi olografico ottici);
- Integrazione negli edifici di sistemi energetici innovativi.

Inoltre le principali tecniche utilizzate per ridurre gli sprechi di energia sono :

- l'utilizzazione di materiali isolanti per la coibentazione delle strutture;
- il controllo delle infiltrazioni ed il recupero di calore dai ricambi dell'aria (con l'eliminazione di fenomeni di condensa).

Le strategie bioclimatiche sono, quindi, un insieme di misure in grado di influenzare il modo di progettare, il suo processo, i sistemi ed i componenti per l'edilizia.

Il grafico riportato di seguito di Baruch Givoni rappresenta un diagramma psicrometrico, il quale vuole essere un esempio delle diverse strategie da utilizzare a seconda della temperatura ed umidità.

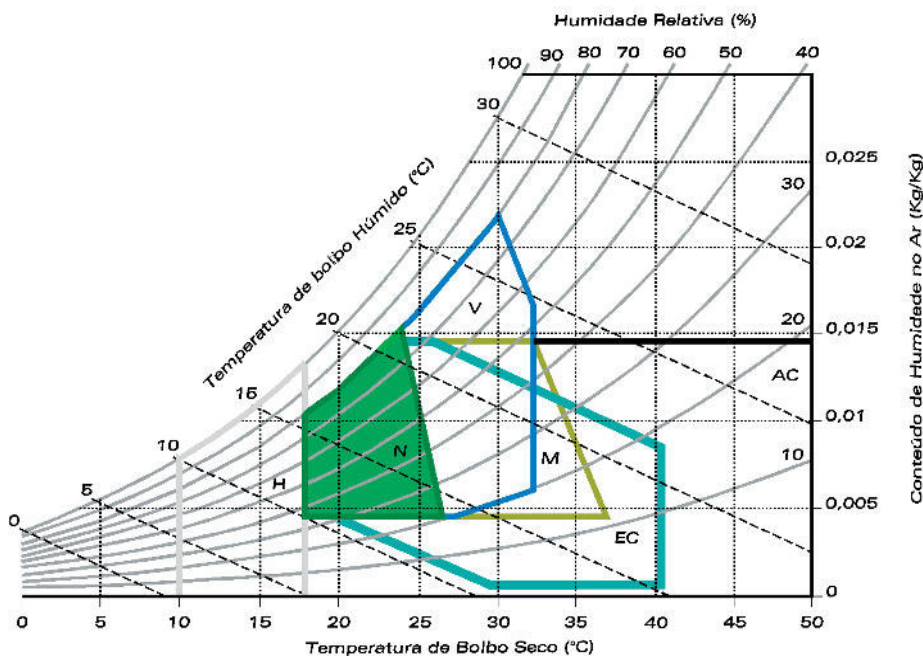


Figura 2_ Diagramma psicrometrico.

- **La casa passiva e la Passivhaus: criteri e parametri**

Lo sfruttamento di caratteristiche micro-climatiche porta alla progettazioni di edifici definiti "passivi".

Un edificio passivo si caratterizza, infatti, per la capacità di mantenere condizioni di comfort interne ottimali con un bassissimo consumo energetico attraverso l'utilizzo di strategie e sistemi di progettazione passivi. Sulla base di questo criterio il Passivhaus Institut di Darmstadt²⁵ (PHI) ha sviluppato un proprio protocollo per una certificazione

²⁵Quando nel 1991 vicino a Darmstadt (D) è stato costruito il primo edificio passivo, il suo inventore Dr. Wolfgang Feist lo aveva chiamato "edificio passivo economico". Questo perché l'edificio passivo permette di tralasciare la tradizionale distribuzione ed emissione di calore/freddo (impianto tradizionale) sostituendola con una ventilazione meccanica VMC.

Il nome Casa Passiva deriva dalla fonte principale di calore degli edifici passivi: apporti passivi ambientali, cioè sole, terreno, aria. La casa passiva non è semplicemente un edificio "bioclimatico" munito di sistema di ventilazione, ma una costruzione nella quale è possibile avere il livello più alto di comfort riscaldando e raffreddando con il solo impianto di ventilazione per il rinnovo dell'aria (senza impianti tradizionali).

Per edificio passivo si intende dunque un edificio in cui con opportune strategie di intervento si cerca di sfruttare le caratteristiche microclimatiche (sole, vento, morfologia del terreno, ...) della zona in cui è situato l'edificio, per ottenere

volontaria di edifici che rispettino i parametri fissati dal PHI. Tuttavia, bisogna distinguere un edificio passivo da una Passivhaus: con edifici passivi²⁶ vengono definiti tutti quegli edifici a basso consumo energetico (considerando il periodo invernale) che mantengono da sola la temperatura ideale al proprio interno, mentre un edificio può essere definito una Passivhaus se rispetta i criteri stabiliti dal Passivhaus Institut (PHI).

Le Case passive consentono un risparmio energetico fino al 90% rispetto alla tipica costruzione europea. Un edificio è definito Passivhaus se soddisfa i seguenti criteri²⁷:

- La domanda di riscaldamento degli ambienti annuale non può superare i 15 kWh / m² / anno, in conformità con la Passive House Planning Package (PHPP).
- A seconda delle condizioni locali si considerano i seguenti valori:
 - i valori U dei componenti esterni opachi deve essere inferiore a 0,15 W / m² K.
 - i valori U di finestre e di altri componenti edilizi traslucidi deve essere inferiore a 0,8 W / (m² K).
 - il flusso costantemente uniforme di aria attraverso tutti i settori e in tutte le stanze deve essere assicurata (efficienza di ventilazione).
 - Le emissioni di rumore dal sistema di ventilazione deve essere minima (≤ 25 dBA).
- Le applicazioni domestiche (riscaldamento, acqua calda ed elettricità domestica) non devono superare i 120 kWh/m²/anno in totale.

Tuttavia, soprattutto in caso di ristrutturazione di un edificio verso gli standard della casa passiva, a volte è difficile raggiungere il requisito per la domanda di riscaldamento degli ambienti ≤ 15 kWh/m²/yr (Mlecnik , 2013).

Il Passive House Institute suggerisce uno standard di riscaldamento pari a 25 kWh/m²/yr , ma non è chiaro se questo requisito si adatta a tutti i tipi di case esistenti.

Inoltre, bisogna sottolineare che quando si parla di sistemi passivi, ci si riferisce a determinate tecnologie costruttive il cui scopo è contribuire al suo riscaldamento e raffreddamento naturale senza impianti meccanici.

Durante il periodo invernale, lo scopo di questo sistema è massimizzare la cattura il sole attraverso superfici vetrate mirate, le quali possono essere aggregate ad elementi murari massicci, che consentono l'immagazzinamento dell'energia solare e il suo uso in ore successive. Essi sono chiamati sistemi di riscaldamento e sono classificati in:

- sistemi a guadagno diretto;
- sistemi a guadagno indiretto o compensare - Trombe muro, Massive Muro, colonne d'acqua;
- sistemi per acquisire in remoto - Spazio serra o collettore dell'aria

Invece, alcune fonti di raffrescamento estivo sono:

- il suolo, dove le temperature sono sempre al di sotto di quelle esterne;
- l'aria esterna, soprattutto della mattina e della sera;
- il raffreddamento radiativo, il quale sfrutta la differenza di temperatura tra involucro edilizio e temperature esterne;
- raffreddamento causato dall'evaporazione dell'acqua;
- ...

una riduzione dell'apporto di caldo o freddo interno altrimenti realizzabile per mezzo di impianti di climatizzazione. [<http://www.passiv.de>]

²⁶ Questi edifici, caratterizzati da un involucro altamente coibentato e privo di ponti termici, con ampie vetrate a sud, dotati di un sistema di ventilazione controllata con recupero di calore, sono in grado di sfruttare passivamente gli apporti solari e le sorgenti di calore interne (persone, apparecchiature, macchinari, illuminazione artificiale), senza necessitare di un impianto termico convenzionale per il riscaldamento invernale.

²⁷ <http://www.zephir.ph/passivhaus.php>

	1990	1995
Austria	22,1	24,3
Belgio	1,0	1,0
Danimarca	6,3	7,3
Finlandia	6,3	7,3
Francia	6,4	7,1
Germania	1,7	1,8
Grecia	7,1	7,3
Irlanda	1,6	2,0
Italia	5,3	5,5
Lussemburgo	1,3	1,4
Paesi Bassi	1,3	1,4
Portogallo	17,6	15,7
Spagna	6,7	5,7
Svezia	24,7	25,4
Regno Unito	0,5	0,7
Unione europea	5,0	5,3

Tabella 2_ Quota delle fonti energetiche rinnovabili nel consumo interno lordo di energia - fonte: EUROSTAT

1.5_ Principali Criteri progettuali di un edificio ad energia quasi zero

Come precedentemente detto, la progettazione di un edificio ad alta efficienza energetica utilizza strategie progettuali che fanno riferimento all'architettura bioclimatica e ai criteri della Passivhaus.

In particolare si fa riferimento a:

- Il contesto e l'orientamento di un edificio
- La forma di un edificio
- Il sistema solare passivo
- Il sistema di raffrescamento passivo.

Il contesto e l'orientamento di un edificio

Il contesto climatico locale e la "posizione" del sole durante tutto l'anno è di grande rilievo. In inverno, infatti, vi è la necessità di riscaldare gli edifici, perciò la strategia più utilizzata è quella di catturare la radiazione solare disponibile; in estate, invece, è necessario ridurre al minimo il guadagno solare poiché l'eccesso di calore va ad attaccare il comfort interno dell'edificio e la necessità di utilizzare impianti di raffrescamento.

La maggior parte del fabbisogno energetico di un edificio, infatti, viene coperto dagli apporti solari, per cui negli edifici a consumi energetici controllati, l'orientamento è di fondamentale importanza.

L'orientamento corretto, e una disposizione intelligente dei locali può offrire garanzie di benessere per tutte le stagioni, senza necessariamente eccedere nel bisogno di soluzioni meccaniche energeticamente dispendiose. Bisogna, quindi, scegliere con attenzione

l'orientamento di un edificio per poter ridurre il più possibile il fabbisogno di energia dell'edificio.

La forma di un edificio

La forma dell'edificio ha una grande influenza sul trasferimento del calore, infatti, maggiore è la superficie che circonda il volume, maggiore risulta essere la dispersione.

L'efficienza energetica di un edificio, infatti, dipende anche dalla sua forma.

Durante la stagione invernale, infatti, gli edifici subiscono una diminuzione della temperatura interna data dalle dispersioni termiche.

La forma o la tipologia generale degli edifici viene definita da tutti i componenti dell'involucro edilizio che separano gli spazi chiusi dall'ambiente esterno.

Al crescere della superficie esposta crescono le dispersioni di energia verso l'esterno in inverno e i guadagni termici indesiderati in estate. Al crescere del volume crescono, invece, la massa e l'energia che essa può accumulare, contribuendo a smorzare le oscillazioni termiche. Un parametro che quindi descrive importanti caratteristiche termiche dell'edificio è il rapporto superficie disperdente/volume controllato o comunemente detto "rapporto S/V²⁸".

Tale rapporto S/V, incide molto sul fabbisogno energetico; tanto più piccola è la superficie di una casa, tanto meno energia si disperderà attraverso l'involucro e quindi le dispersioni²⁹. Gli angoli, le sporgenze e le rientranze, aumentano la superficie dell'involucro. Conferendo all'edificio una forma compatta si risparmia sia energia che materiale termoisolante. Tuttavia bisogna stare attenti perché la compattezza dell'edificio porta con sé problematiche relative all'illuminazione, poiché la superficie della facciata offre meno spazio per gli inserimenti di finestre.

Sistema solare passivo

I sistemi solari passivi sono quelle tecnologie applicate all'edificio e impiegate al fine di regolare gli scambi termici tra esterno ed interno dell'edificio stesso, facendo uso della radiazione solare come fonte energetica e sfruttando, come elementi captanti e d'accumulo, i componenti edilizi sia d'involucro che interni.

Il sistema solare passivo consiste appunto nel saper sfruttare al massimo l'illuminazione naturale e i principali protagonisti sono i componenti vetrati di un edificio, i quali contribuiscono ai guadagni solari, ma se non progettate in maniera corretta sono anche causa di maggiori dispersioni di calore.

I sistemi solari passivi³⁰ sono di vari tipi ciascuno con proprie specifiche caratteristiche. Di norma essi vengono distinti in tre categorie di sistemi:

- Sistema a guadagno diretto, nel quale la radiazione entra direttamente nello spazio da riscaldare attraverso ampie superfici trasparenti o tramite pareti di grande inerzia termica, le quali assorbono il calore in eccesso rilasciandolo nelle ore notturne;
- Sistema a guadagno indiretto, nel quale il collettore fa parte dell'involucro e riceve direttamente la radiazione solare dall'esterno senza però farla penetrare all'interno dell'edificio, ma entra successivamente attraverso l'assorbitore, sotto forma di energia termica, trasmessa per irraggiamento e convezione agli ambienti di accumulo e con un ritardo di alcune ore in base dai materiali utilizzati e dallo spessore (parete Trombe);

²⁸ PAGLIANO L. CARLUCCI S. TOPPI T. ZANGHERI P., *Passivhaus per il sud dell'Europa. Linee guida per la progettazione*. Progetto *Passive - on* del Politecnico di Milano, 2004-2007. Disponibile in: <http://download.rockwool.it/media/75048/passivhaus%20per%20il%20sud%20dell'europa.pdf>

²⁹ <http://www.miniwatt.it>, un servizio di informazione on line dedicato all'energia, al risparmio energetico, all'efficienza energetica ed alle relative tecnologie.

³⁰ Amirante M. I., Muzzillo F., Progetto e costruzione, Ed. Graffiti, Napoli, 2003.

- Sistema isolato o separato, nel quale il collettore solare è termicamente isolato dagli ambienti dell'edificio. Il più comune tra questi processi di trasferimento dell'energia è una forma particolare di convezione conosciuta come effetto termosifone: l'aria riscaldata nel collettore, diventa meno densa e sale, richiamando aria più fredda dal basso; l'aria più calda trasferisce la sua energia all'accumulo isolato o alla stanza, si raffredda e ricade verso il basso per essere ripresa dal collettore, da cui il ciclo continua fino a quando il collettore rimane sufficientemente caldo.

Sistema di raffrescamento passivo

Gli edifici sono oggetto di scambio di massa d'aria tra l'interno e l'esterno, a seconda delle differenze di temperatura, per questo si può sfruttare la ventilazione naturale durante il periodo estivo. Il vento, tuttavia, può anche influenzare in modo significativo le prestazioni energetiche degli edifici e, quindi, contribuire al raffrescamento dello stesso edificio. Durante il periodo invernale, invece, il processo di raffrescamento, se non controllato, può causare conseguenze di dispersione di calore, infatti, anche porte e finestre possono rappresentare un considerevole carico di raffreddamento in inverno.

L'azione del vento, quindi, dovrebbe essere presa in considerazione dal progettista in fase iniziale, considerando che questi processi sono in molti casi l'unico mezzo di rinnovo dell'aria interna necessarie per motivi di salute, e la necessità di mantenere la stessa aria in condizioni igrometriche che potrebbero impedire verificarsi di condensa interna.

1.6_ Conclusioni intermedie: il tema specifico della ricerca

In merito a quanto detto si può evidenziare che un edificio ad energia quasi zero si avvale della definizione di edificio bioclimatico e passivo e delle sue strategie, sfruttando al meglio le caratteristiche microclimatiche del contesto e sopprimendo al bisogno minimo di energia attraverso l'uso di sistemi attivi. Lo NZEB si propone, quindi, come una evoluzione della casa passiva, infatti se l'edificio ha una bassa produzione di energia, esso può essere coperto da fonti rinnovabili, meglio se con impianti situati in loco.

Le strategie e le tecnologie che vengono adottate per la progettazione di un NZEB mirano soprattutto ad ottimizzare e ridurre il fabbisogno energetico durante la fase d'uso, cioè durante la sua fase di esercizio, affinché sia possibile compensare con la produzione di energia in loco, garantendo un adeguato comfort termico. Un edificio ad energia quasi zero può essere, quindi considerato anche come un'evoluzione della Low Energy Building.

Inoltre, un elemento principale per il contenimento di energia è rappresentato dall'involucro edilizio, poiché è proprio la pelle dell'edificio a regolare i flussi energetici sia in entrata che in uscita. Le tecnologie per l'involucro e per l'impianto disponibili sul mercato sono molteplici e numerosi sono inoltre gli studi rivolti alla definizione di una gerarchia di interventi progettuali che meglio si addicano ad "edifici ad energia zero" o "quasi zero".

Tuttavia per una buona progettazione e per il contenimento del consumo energetico non bisogna solo prendere in considerazione i componenti ad elevate prestazioni energetiche, ma tenere conto del contesto climatico di riferimento analizzandone la temperatura, l'orientamento e i sistemi passivi da utilizzare, quindi aderente ai principi bioclimatici.

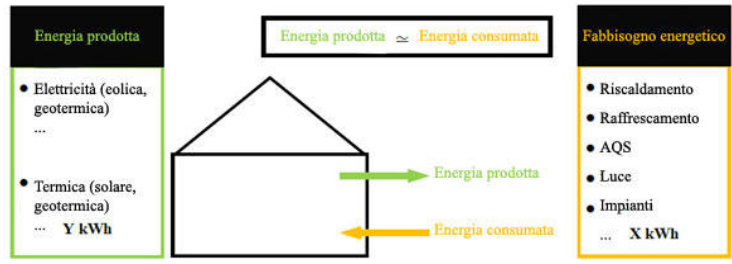


Figura 3_ Energia in entrata ed in uscita per uno NZEB.

Inoltre, in base a quanto detto ed alla definizione generale fornita dalla Direttiva Europea 31/2010, un edificio ad energia quasi zero lo si può rappresentare nel seguente grafico: individuando nell'asse delle ordinate il fabbisogno di energia di un edificio e nell'asse delle ascisse la produzione di energia del fabbricato. Affinché un edificio sia considerato tale, basta che la seguente equazione risulti il più possibile vicino allo zero.

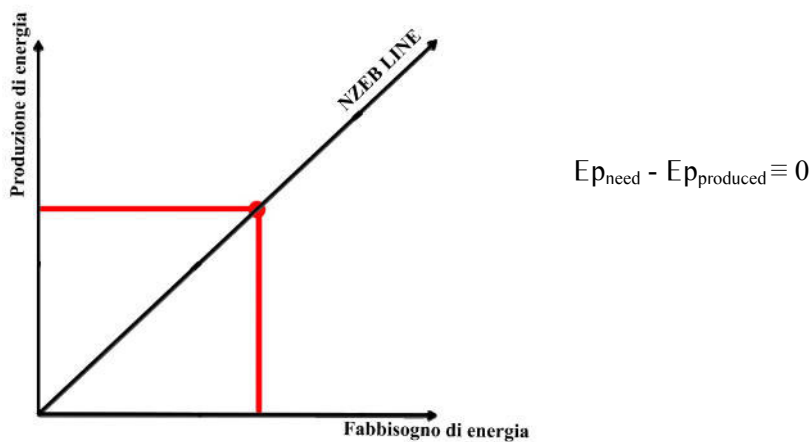


Grafico 1_ NZEB line.

Nell'utilizzare tale formula bisogna considerare molti aspetti nella valutazione energetica di un edificio attraverso diverse metodologie, le quali variano da Paese a Paese.

Una volta individuata la NZEB line all'interno del grafico bisogna precisare che gli edifici collocati lungo essa non sono tutti uguali, infatti, un edificio che consuma e produce 100 risulta essere diverso da un edificio che consuma e produce 20, ne consegue che uno NZEB deve essere più possibile vicino a zero nel consumo di energie.

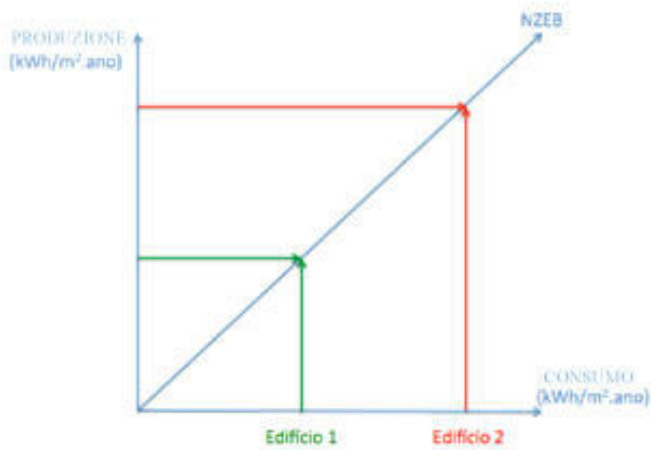


Grafico 2_ Classificazione NZEB.

Questo conferma, quindi, che tali edifici non possono essere considerati tutti uguali, ma si ha la necessità di doverli classificare, differenziandoli tra loro attraverso parametri sia qualitativi che quantitativi.

La ricerca, quindi, affronta le tematiche relative all'efficienza energetica degli edifici, ponendo l'attenzione all'involucro edilizio inteso come l'insieme di materiali che

costituiscono i componenti³¹ ad elevate prestazioni energetiche, in grado quindi di abbassare il fabbisogno energetico globale dell'edificio.

Il tema del componente in edilizia è stato oggetto, negli ultimi anni, di molteplici ricerche di base ed applicate³² che hanno contribuito alla sua evoluzione, attraverso la sperimentazione di nuovi componenti e materiali caratterizzati da elevate prestazioni e performance. Ed è sul componente che si incentra la ricerca analizzandone e valutandone le prestazioni energetiche rispetto ad un determinato contesto climatico locale.

³¹ Gli obiettivi definiti dal quadro tecnico normativo italiano e nazionale per i Nearly Zero Energy Building (NZEB) richiedono livelli prestazionali sempre maggiori per i componenti ed i sistemi dell'involucro edilizio. Gli obiettivi perseguiti sono essenzialmente di due tipi: estremizzare le prestazioni per i componenti statici e favorire soluzioni che rendano l'involucro edilizio come un sistema dinamico, in grado di adeguarsi all'evolvere delle condizioni ambientali esterne ed interne. Nuovi isolanti termici sono in grado di realizzare tamponature e coperture con valori di trasmittanza termica molto bassi oppure, aspetto di grande importanza nel caso di ristrutturazioni di edifici esistenti, utilizzare modesti spessori di isolante per rispondere ai requisiti di isolamento fissati dalla normativa tecnica. A fronte dei migliori isolanti disponibili oggi sul mercato, che hanno valori di conduttività (conducibilità) termica di circa 30 mW/mK, i cosiddetti materiali superisolanti sono in grado di migliorare notevolmente tali prestazioni: pannelli isolanti con aerogel possono arrivare a 13 mW/mK, pannelli isolanti sotto vuoto addirittura fino a 7 mW/mK e livelli simili sono nel mirino di nano-schiume poliuretatiche attualmente in fase di sviluppo. (Rapporto Annuale Efficienza Energetica - RAEE 2012)

³² Claudi de Saint Mihiel A., Interattività degli involucri edilizi trasparenti e prestazioni di benessere ambientale, in La produzione industriale eco-orientata, a cura di Antonio Passaro, Atti del Convegno Abitare Verde 2007, Luciano Editore, Napoli, 2007.

**CAPITOLO II_ Protocolli e programmi di valutazione italiani ed internazionali per la
certificazione ambientale ed energetica**

- 2.1_ Premessa
- 2.2_ I sistemi di certificazione internazionale
- 2.3_ I sistemi di certificazione europei
- 2.4_ I sistemi di certificazione nazionale
- 2.5_ Conclusioni intermedie



Figura 4_ San Luigi dei francesi, Roma. La vocazione di San Matteo, Caravaggio.

2.1_ Premessa

Nel capitolo precedente sono state rappresentate le definizioni e le misure strategiche, sia attive che passive, per effettuare le scelte più appropriate e raggiungere un edificio ad energia quasi zero (NZEB). Tuttavia è stato riscontrato che tali edifici non sono tutti uguali, infatti, come visto in precedenza, se abbiamo due edifici NZEB, di cui uno consuma e produce 100, ed uno consuma e produce 20, essi, anche se sono entrambi autosufficienti, ma non possono essere considerati uguali, il secondo, infatti, si avvicina maggiormente verso un consumo quasi zero di energia. Tuttavia, non è stata posta nessuna tipologia di classificazione dei suddetti edifici, la quale però risulta fondamentale per effettuare una distinzione tra essi.

Proprio per questo si vanno ad analizzare alcuni sistemi certificatori ambientali ed energetici.

Parallelamente al processo normativo e legislativo, infatti, si sono sviluppate diverse certificazioni volontarie¹ su come raggiungere un edificio ad "energia quasi zero".

Per ridurre l'impatto ambientale nei Paesi dell'Unione Europea negli ultimi anni è cresciuta l'attenzione verso le etichettature volontarie che hanno l'obiettivo di incoraggiare l'attenzione verso un minore impatto ambientale.

Il sistema certificatore per eccellenza è l'Ecolabel², introdotto dalla Comunità Europea il cui obiettivo è: da un lato quello di incoraggiare le aziende a seguire processi produttivi sostenibili e, dall'altro, di offrire ai consumatori la possibilità di fare scelte consapevoli nei loro acquisti. Tali sistemi certificatori valutano anche gli aspetti qualitativi in riferimento al contesto scelto per il proprio progetto. Tuttavia, sono in atto alcuni progetti, tra cui lo "Studio di mercato per una certificazione volontaria comune dell'Unione Europea" per il rendimento energetico di edifici non residenziali³.

2.2_ I sistemi di certificazione internazionale

A partire dalla seconda metà degli anni '80, vi è stato un crescente movimento verso l'edilizia sostenibile che ha portato verso lo sviluppo di vari metodi di certificazione volontaria per valutare le prestazioni ambientali degli edifici e sensibilizzando i progettisti e direzionandoli verso una progettazione attenta dal punto di vista energetico - ambientale. Questi sistemi di certificazione si sono sviluppati sia a livello internazionale, sia europeo, che nazionale, suscitando un grande interesse a sviluppare e promuovere l'edilizia sostenibile e devono essere in grado di identificare il livello di sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici, non limitandosi solo alle performance energetiche, ma considerando anche le relazioni che interagiscono tra organismo edilizio ed ambiente.

¹ Vi è, infatti, un gruppo di lavoro globale presso l'Agenzia internazionale per l'energia al fine di fornire un approccio armonizzato per l'attuazione edifici a energia quasi zero (NZEB). Infatti, come mostrato anche precedentemente, non esiste una definizione globale per edifici a basso consumo energetico, ma è ampiamente riconosciuto che una costruzione a bassa energia deve avere un elevato rendimento energetico, ottenuto da alti livelli di isolamento e finestre a risparmio energetico, da elevata tenuta all'aria ed utilizzando recupero di calore e in loco generazione di energia rinnovabile per coprire parzialmente, totalmente o superiore al fabbisogno energetico dell'edificio.

² Nasce dalla necessità di rispondere al regolamento 1980/2000 che consideri gli impatti ambientali di un bene o servizio lungo tutto il suo ciclo di vita, stabilendo criteri di miglioramento. Tale sistema rappresenta uno strumento di controllo dei carichi ambientali ed è un punto di valore per gli edifici che risultano essere più efficienti (soprattutto dal punto di vista energetico) e che garantiscano migliori prestazioni ambientali attraverso la valutazione di parametri "qualitativi" e non solo quantitativi.

³ Market study for a voluntary common European Union certification scheme for the energy performance of non residential buildings. Al centro dello studio è la necessità di esplorare il mercato di riferimento di questo regime e di indagare quali sono le opzioni da considerare e richiede anche di ottenere una buona comprensione del mercato attuale per la costruzione di sistemi di certificazione e di indagare i sistemi di certificazione esistenti (ad esempio BREEAM, LEED, DGNB etc.) e dei loro fattori di successo. Lo studio dovrà quindi identificare la portata e il posizionamento del sistema di certificazione comune dell'UE proposto e fornire suggerimenti realistiche su come operare con successo. Faremo anche raccomandazioni per l'ulteriore sviluppo e l'attuazione del nuovo regime.

La certificazione volontaria nasce dalla necessità da parte dei progettisti e/o delle aziende di garantire la conformità e le prestazioni del proprio progetto/prodotto. I requisiti certificabili devono essere misurabili attraverso parametri oggettivi, dimostrabili attraverso prove e verificabili, il cui scopo è la valutazione del prodotto rispetto a determinati requisiti di compatibilità ambientale.

La certificazione volontaria di prodotto assicura la conformità dei prodotti ai requisiti stabiliti in documenti normativi internazionali, europei e nazionali (ISO, IEC, CEN, CENELEC, UNI, CEI). La metodologia per il rilascio della certificazione di conformità prevede la valutazione del prodotto in differenti fasi con prove di verifica e sorveglianza del prodotto.

LEED

Il sistema LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) è un programma di certificazione nazionale americano che fornisce gli strumenti per lo sviluppo di edifici ad elevate prestazioni energetiche ed a basso impatto ambientale⁴.

Il metodo LEED stabilisce i principali criteri di valutazione della prestazione energetica e dell'impatto ambientale sulla base di otto differenti categorie, di seguito elencate:

1. Progetti innovativi con prestazioni molto elevate;
2. Ubicazione in un contesto sociale e ambientale responsabile nei confronti della comunità;
3. Scelta di un insediamento sostenibile;
4. Efficienza idrica;
5. Efficienza energetica relativa allo sviluppo delle costruzioni ed al riscaldamento / raffreddamento;
6. Utilizzo efficiente dei materiali, con preferenza di quelli a basso impatto ambientale e con minima produzione di rifiuti durante la costruzione;
7. Qualità degli ambienti indoor;
8. Educazione dei proprietari ed occupanti circa il mantenimento delle caratteristiche ambientali degli edifici.

Esistono, inoltre, quattro livelli di certificazione ed ognuno caratterizzato da un relativo punteggio.

LEED for Homes Certification Levels	Number of LEED for Homes points Required
Certified	45 – 59
Silver	60 – 74
Gold	75 – 89
Platinum	90 – 136
Total available points	136

Il punteggio totale conseguito, definisce la fascia di qualità in cui ricade l'edificio, che potrà quindi fregiarsi di una targa che indicante i livelli di prestazione raggiunti.

CASBEE

Il metodo CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) è uno strumento di valutazione basato sulle prestazioni ambientali degli edifici. E' strutturato in maniera tale da poter attribuire punteggi in base alle prestazioni degli edifici e deve essere applicabile ad una vasta gamma di tipologia di edifici e prendere in considerazione temi e problemi specifici del Giappone e dell'Asia.

⁴ DI TIVOLI C., *La certificazione ambientale degli edifici. Quadro conoscitivo finalizzato alla definizione dei criteri Ecolabel Europeo*, ISPRA, 2008.

Il CASBEE che interessa il settore dell'edilizia è composto di quattro strumenti di valutazione corrispondenti alle diverse fasi di costruzione di cui fa parte il ciclo di vita dell'edificio⁵. Essi sono il CASBEE di pre-progettazione, il CASBEE per la nuova costruzione, il CASBEE per edifici esistenti e quello di rinnovamento.

Questi strumenti fanno parte della CASBEE family e questa metodologia tiene conto di due fattori: qualità (Q) e carico (L), dove per Q si intende la qualità ambientale degli abitanti, circoscritta nello spazio interno, e per L sia il carico sull'ambiente sia sul benessere pubblico.

Il metodo CASBEE copre i campi dell'efficienza energetica, dell'efficienza delle risorse, l'ambiente locale e indoor e sviluppati come mostrato nella seguente figura:

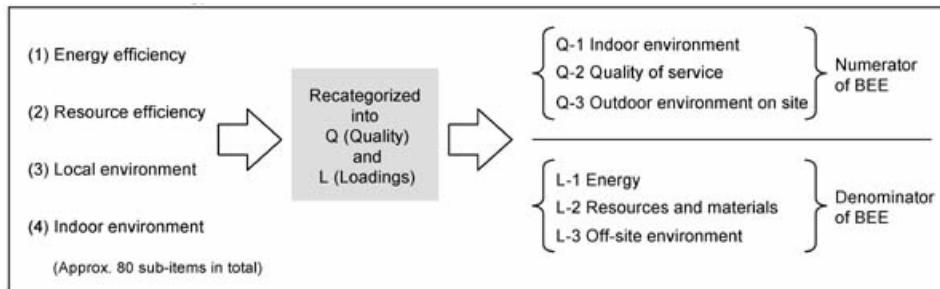


Figura 5_ Classificazione e riorganizzazione delle categorie di valutazione in Q ed L.

Ne segue che lo sviluppo del BEE (Building Environmental Efficiency) è il risultato del rapporto tra la qualità ed il carico.

$$BEE(\text{Building Environmental Efficiency}) = \frac{Q(\text{Building Environmental Quality And Performance})}{L(\text{Building Environmental Loadings})}$$

Equazione 1_ Rapporto tra qualità e carico.

Se si riportano i valori di Q ed L in un grafico cartesiano dove lungo l'asse delle ascisse poniamo L e lungo l'asse delle ordinate Q, si ha che più alto è il valore Q, più basso è il valore L e più la pendenza è ripida e l'edificio è sostenibile.

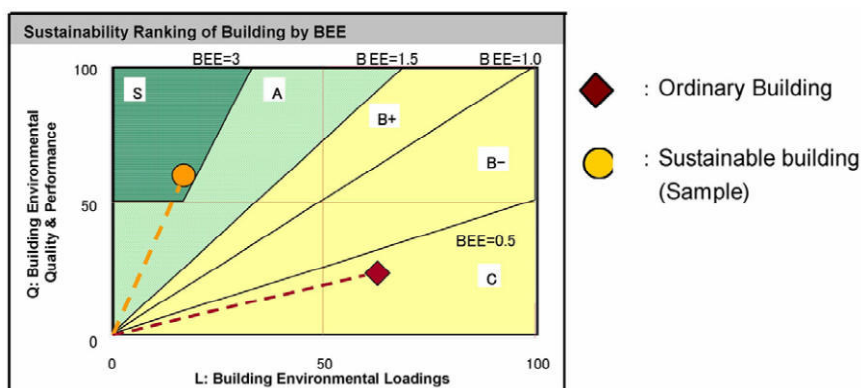


Grafico 3_ Graficizzazione della classificazione e riorganizzazione delle categorie di valutazione in Q ed L.

⁵ CORSI F. Approccio Life Cycle Alla Progettazione Degli Assetti Costruiti. Sistemi di rating energetico ed ambientale per gli insediamenti residenziali. Tesi di Dottorato XXII ciclo, Università degli Studi di Roma "La Sapienza" Dipartimento DATA, 2006-2009.

GREEN BUILDING

Il Green Building Challenge è una collaborazione internazionale, di cui fa parte anche l'Italia, impegnata a sviluppare uno strumento di valutazione ambientale edilizia⁶ con i seguenti obiettivi generali e specifici:

GREEN BUILDING CHALLENGE	OBIETTIVI GENERALI
	1. Fare progressi sulle metodologie di valutazione delle prestazioni ambientali negli edifici.
	2. Mantenersi aggiornati sulle questioni della sostenibilità edilizia, accertandosi che sia sottolineata l'importanza degli edifici "verdi", ed in modo particolare ci si focalizzi sui contenuti e sulla strutturazione dei metodi di valutazione ambientale.
	3. Sponsorizzare conferenze che promuovano lo scambio tra la ricerca ambientale e gli operatori, mostrando la valutazione progressiva delle prestazioni ambientali.

Tabella 3_ Obiettivi generali GBC.

GREEN BUILDING CHALLENGE	OBIETTIVI SPECIFICI
	1. Sviluppare un modello generico condiviso a livello internazionale che può essere utilizzato sia per confrontare i metodi di valutazione ambientale degli edifici esistenti, sia per produrre sistemi per le industrie a livello locale.
	2. Allargare il campo di applicazione della valutazione GBC al fine di includere le questioni della sostenibilità ambientale e di agevolare i confronti internazionali sulle prestazioni ambientali degli edifici.

Tabella 4_ Obiettivi specifici GBC.

Questo strumento si avvale di alcuni indicatori di prestazione ambientale facilmente leggibili e confrontabili in più contesti definiti come ESI (Environmental Sustainability Indicators), e di alcuni parametri più specifici riguardanti l'edificio preso in esame e riportati nella seguente tabella suddividendoli in:

ESI (<i>Environmental Sustainability Indicators</i>)	Parametri specifici
ESI-1: consumo annuale di energia primaria [MJ]	Ambito generale
ESI-2: area netta di terreno utilizzata per la costruzione [m ²]	Categorie
ESI-3: consumo annuale netto di acqua per il funzionamento dell'edificio [l]	Criteri*
ESI-4: emissioni annuali di gas serra, [kg CO ₂ equivalenti]	Sub-Criteri con livello crescente di dettaglio*

Tabella 5_Parametri valutativi GBC.

* Questo indicatore non dipende dalla località in cui l'edificio è situato.

Sommando i punteggi ottenuti per criteri e sub-criteri e ponderandoli ognuno rispetto al loro peso, si ottiene il punteggio finale al quale si attribuisce la relativa performance caratteristica dell'edificio.

⁶ DI TIVOLI C., *La certificazione ambientale degli edifici. Quadro conoscitivo finalizzato alla definizione dei criteri Ecolabel Europeo*, ISPRA, 2008.

2.3_ I sistemi di certificazione europei

La certificazione volontaria è stata recepita anche in Europa con la formazione di alcuni enti certificatori volontari, tra i quali ritroviamo anche la certificazione della Passivhaus, di cui già abbiamo parlato nel capitolo precedente, evidenziandone le strategie progettuali utilizzate e notando come esse vengono trasferite per la progettazione di uno NZEB.

Di seguito verranno approfondite l'ECOLABELLING, KLIMA ed il BREEM.

ECOLABELLING

E' uno strumento ad adesione volontaria che viene concesso a quei prodotti e servizi che rispettano criteri ecologici e prestazionali stabiliti a livello europeo⁷.

I prodotti e/o edifici certificati Ecolabel saranno riconosciuti come elementi a basso impatto ambientale.

I criteri considerati nella certificazione, sono periodicamente sottoposti a revisione e resi sempre più restrittivi, in modo da favorire il miglioramento continuo della qualità ambientale dei prodotti e servizi e si applicano a tutti i beni di consumo (eccetto alimenti, bevande, e medicinali) e ai servizi. Essi, sono inoltre definiti a livello europeo per gruppi di prodotto/servizio, usando l'approccio "dalla culla alla tomba" (LCA - valutazione del ciclo di vita) che rileva gli impatti dei prodotti sull'ambiente durante tutte le fasi del loro ciclo di vita, iniziando dall'estrazione delle materie prime, dove vengono considerati aspetti volti a qualificare e selezionare i fornitori, passando attraverso i processi di lavorazione, distribuzione e utilizzo, fino allo smaltimento del prodotto a fine vita.

In particolare, gli aspetti che vengono analizzati sono il consumo di energia, l'inquinamento delle acque e dell'aria, la produzione di rifiuti, il risparmio di risorse naturali, la sicurezza ambientale e la protezione dei suoli.

Tra gli elementi che hanno un maggior impatto negativo sull'ambiente vengono individuati i più rilevanti, e per ciascuno di essi sono stabiliti precisi limiti che non possono essere superati.

KLIMA

Klima:aktiv è un'iniziativa austriaca di tutela climatica che ha l'obiettivo di definire alcune linee guida per fornire le coordinate per un'edilizia attenta all'ambiente⁸.

La prima casa *klima:aktiv* è stata costruita nel 2005 a Vienna ed è un prefabbricato costituito da materiali attentamente selezionati in base ai loro effetti sulla salute, infatti sono stati utilizzati materiali edili privi di sostanze tossiche, quali formaldeide e solventi.

Nella tabella di seguito vengono riportati i criteri di progettazione adottati con i relativi punteggi:

CRITERI	PUNTEGGI
QUALITA' (ubicazione, modello)	max 120 punti
CONSUMO ENERGETICO (riscaldamento, acqua calda, consumi elettrici)	max 600 punti
COMFORT ABITATIVO (comfort termico in estate ed inverno)	max 120 punti
SALUTE ED AMBIENTE (aria ambiente, elettrosmog, isolamento acustico, rispetto delle risorse primarie, materiali edili)	max 160 punti

Tabella 6_ Criteri e punteggi Klima.

⁷ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA-Piemonte): <http://www.arpa.piemonte.it/>

⁸ DI TIVOLI C., *La certificazione ambientale degli edifici. Quadro conoscitivo finalizzato alla definizione dei criteri Ecolabel Europeo*, ISPRA, 2008.

Per avere questa certificazione un edificio deve rispondere ad almeno 700 punti su 1000 punti previsti e, in base al punteggio, l'edificio sarà identificato in una delle seguenti classificazioni:

- klima:aktiv Haus: il punteggio è maggiore o uguale a 700 punti;
- klima:aktiv Passivhaus: il punteggio è maggiore o uguale a 900 punti;
- klima:aktiv Standard: il punteggio massimo è di 1.000 punti.

BREEAM

Il BREEAM è uno strumento di valutazione specifico per le abitazioni e stabilisce una valutazione sia per le nuove costruzioni che per le ristrutturazioni.

Questa metodologia consiste in schede suddivise in otto aree valutate attraverso indicatori che assumono un determinato punteggio per un totale di 100 punti.

2.4_I sistemi di certificazione nazionali

La certificazione ambientale in Italia non è obbligatoria, ma rappresenta un atto volontario e culturale. In Italia ci sono molti enti certificatori ambientali riconosciuti che promuovono diversi protocolli e programmi di valutazione.

In l'Italia si utilizza un sistema di certificazione energetica degli edifici (Casaclima) che classifica gli immobili in base al fabbisogno di energia annuale per il riscaldamento, mentre non si tiene affatto in considerazione il comportamento energetico estivo, fondamentale in un paese come il nostro, dove le temperature estive, soprattutto al centro-sud, raggiungono valori elevatissimi, superiori ai 40°C. L'edificio deve avere un assetto variabile e con modalità di gestione diversificate a seconda della stagione. Spesso infatti le tecnologie utilizzate per il contenimento energetico invernale possono portare a un innalzamento dei consumi nel periodo estivo. Queste sono alcune delle considerazioni presenti nella direttiva europea EPBD (Energy Performance of Buildings) che prevede una verifica complessiva dei consumi dovuti a riscaldamento e raffreddamento. In Italia il recepimento di tale normativa nel D.Lgs. 192/05 e il D.Lgs. 311/ 06 prevede solo la verifica dei consumi legati al riscaldamento. Le certificazioni energetiche dell'edificio, a volte anche a causa di procedure di semplificazione dei calcoli, trascurano molti parametri di valutazione, come le verifiche di comfort e di comportamento inerziale dell'edificio, o la verifica del consumo di risorse per la produzione dei componenti edilizi o per la costruzione dell'edificio, gestione in fase di utilizzo, con possibilità di manutenzione e flessibilità delle parti, nonché la dismissione e gli scenari di fine vita del singolo componente o dell'edificio. Operando in questo modo si rischia perciò che per ottenere quel livello di certificazione si punti tutto sul risparmio energetico, trascurando tutti gli altri aspetti connessi alla qualità complessiva e dell'impatto dell'edificio sull'ambiente in tutto il suo ciclo di vita.

Il protocollo ITACA

I sistemi di valutazione devono essere in grado di identificare il livello di sostenibilità energetica e ambientale degli edifici, per poter garantire agli operatori pubblici e privati la possibilità di poter effettuare comparazioni a supporto delle proprie scelte decisionali operative.

Nel 2004 la conferenza dei presidenti delle Regioni e delle Province Autonome italiane ha approvato lo strumento di valutazione denominato "Protocollo Itaca", derivato dalla metodologia di valutazione Green Building Challenge (GBC), che è il risultato di una ricerca internazionale a cui ha partecipato anche l'Italia. Lo strumento di valutazione

Protocollo Itaca, frutto della ricerca GBC, consente di effettuare la valutazione di sostenibilità degli edifici per destinazioni d'uso prevalentemente residenziali⁹.

Inoltre, il 30.01.2015 è stata pubblicata la prassi di riferimento¹⁰ "Sostenibilità Ambientale nelle costruzioni - strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità" in base proprio al Protocollo ITACA con supporto tecnico - scientifico dell'International Initiative for a Sustainable Built Environment Italia¹¹ (iiSBE) e l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione¹² ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche (ITC - CNR)

Il metodo è organizzato in base ad un protocollo semplificato (28 schede) oppure completo (70 schede). La scala di prestazione è basata sul sistema internazionale del GBC, in un range di punteggi da -1 a +5. Per semplicità si riporta schematicamente la struttura base del Protocollo ITACA Sintetico. Esso permette di stimare il livello di qualità ambientale di un edificio in fase di progetto, misurandone la prestazione rispetto a 12 criteri e 6 sottocriteri suddivisi in due aree di valutazione, secondo lo schema seguente:

	CRITERI	SOTTOCRITERI
CONSUMO DI RISORSE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Energia primaria per la climatizzazione invernale 2. Acqua calda sanitaria 3. Contenimento consumi energetici estivi 4. Illuminazione naturale 5. Energia elettrica da fonti rinnovabili 6. Materiali eco-compatibili 7. Acqua potabile 8. Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio 	<ol style="list-style-type: none"> 3.1 controllo della radiazione solare 3.2 inerzia termica 6.1 materiali rinnovabili 6.2 materiali riciclati/recuperati 7.1 consumo di acqua potabile per irrigazione 7.2 consumo di acqua potabile per usi indoor
CARICHI AMBIENTALI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emissione di gas serra 2. Rifiuti solidi 3. Rifiuti liquidi 4. Permeabilità aree esterne 	

⁹ <http://www.itaca.org/>

¹⁰ <http://iisbeitalia.org/node/101>

¹¹ iiSBE Italia è un'organizzazione non - profit volta alla diffusione di politiche, metodologie e strumenti per la promozione di un ambiente costruito sostenibile i cui principali obiettivi sono:

- diffondere i principi e la pratica dell'edilizia sostenibile;
- incoraggiare attività di ricerca e sviluppo innovative;
- intraprendere attività per favorire la riconoscibilità degli edifici a elevata prestazione ambientale;
- fungere da centro informativo per i diversi portatori di interesse;
- favorire iniziative nel campo della formazione e dell'aggiornamento professionale.

¹² L'Istituto svolge attività di ricerca di valorizzazione e trasferimento tecnologico presso differenti sedi in Italia (Roma, Milano, Bari,...) riguardo le seguenti tematiche:

- Materiali nuovi o tradizionali, utilizzati in modo innovativo e nuove soluzioni tecnologiche.
- Nuove metodologie e strumenti per la valutazione prestazionale dei componenti, dei sistemi e delle opere di costruzione.
- Valutazione e miglioramento della fruizione, della sicurezza e della qualità dell'ambiente costruito e delle infrastrutture.
- Condizionamento dell'aria, riscaldamento, refrigerazione ed impianti tecnologici per la costruzione. Metodi e strumenti informatici innovativi, destinati a supportare le fasi di progettazione, esecuzione e gestione delle opere.
- Sistemi di gestione e diffusione di informazione scientifica e tecnica per il settore.
- Attività di ricerca e servizi ad alto contenuto scientifico e tecnologico con organismi e reti tecnico scientifiche nazionali ed internazionali.

Ogni criterio e sottocriterio riceve un punteggio:

- -1 rappresenta una prestazione inferiore allo standard;
- 0 rappresenta la prestazione minima;
- 1 rappresenta un moderato miglioramento della prestazione rispetto alla normativa vigente;
- 2 rappresenta un miglioramento della prestazione rispetto alla normativa vigente;
- 3 rappresenta un significativo miglioramento della prestazione rispetto alla normativa vigente. E' da considerarsi la migliore pratica corrente;
- 4 rappresenta un moderato incremento della migliore pratica corrente;
- 5 rappresenta una prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla migliore pratica corrente.

Ogni punteggio viene assegnato in base alle indicazioni riportate nella "Scheda descrittiva" di ogni criterio e sottocriterio di valutazione. Ogni scheda è caratterizzata da: area di valutazione, esigenza specifica, indicatore di prestazione, unità di misura, metodo e strumenti di verifica, strategie di riferimento, scala di prestazione in base all'unità di misura precedentemente definita, riferimenti legislativi, riferimenti normativi, documentazione richiesta.

SB100

E' il sistema per conoscere la sostenibilità di un edificio e consente di calcolare le prestazioni di edifici esistenti, da recuperare o di nuova costruzione, con diverse destinazioni d'uso (residenziale, terziario, produttivo) individuando le azioni più mirate da fare per ottenere la qualità desiderata¹³.

SB100 si usa attribuendo un punteggio a 100 azioni selezionate come indicatori della qualità ambientale, sociale ed economica in un modo semplice e comprensibile. Riassume in un solo sistema di facile uso un ampio e integrato ventaglio di argomenti con un approccio diretto e immediato.

Il sistema funziona in modo orizzontale suggerendo la graduale progressione dalla individuazione degli obiettivi, attraverso la definizione delle azioni fino al controllo dei risultati.

Gli obiettivi sono raccolti in tre aree tematiche: ecologia - società - economia.

Le 100 azioni da fare per raggiungere gli obiettivi fissati nelle linee guida sono elencate in una lista "positiva"; ad ogni azione ritenuta "buona" dal punto di vista della sostenibilità equivale un punto, per ogni azione giudicata solo sufficiente corrisponderà un valore nullo, ed infine, nel caso in cui l'azione non venga attivata o non sia sufficiente, il suo valore sarà negativo e pari a -1.

La lista di controllo del sistema permette di sommare i punteggi e di assegnare all'edificio una classe di merito in base al risultato raggiunto. La classe di merito viene espressa da un numero da 1 a 7 abbinato a un codice di colore da verde a rosso che indica la sostenibilità dell'edificio rispetto ai parametri qualitativi stabiliti con un codice ormai universalmente conosciuto e promosso dall'Unione europea.

Casa Clima+

Il certificato *CasaClima* promuove costruzioni edili energeticamente efficienti, ovvero può essere attribuito ad edifici con una classe energetica elevata, misurata con appositi programmi di calcolo. Vi sono tre categorie di *CasaClima*: *CasaClima Oro* (con un fabbisogno termico inferiore a 10 kWh/m2anno), *CasaClima A* (con un fabbisogno termico inferiore a 30 kWh/m2anno), e *CasaClima B* (con un fabbisogno termico inferiore a 50 kWh/m2anno).

¹³ www.architettispaziotre.it

La classificazione *CasaClimapiù* viene riconosciuta ad edifici abitativi che si contraddistinguono per una tecnica di costruzione ecologica e che utilizzano fonti energetiche rinnovabili.

Nella tabella di seguito vengono riportati i criteri da soddisfare per ottenere la certificazione CasaClimapiù:

CRITERI
<ul style="list-style-type: none"> • il fabbisogno termico deve essere inferiore a 50 kWh/m2anno;
<ul style="list-style-type: none"> • il riscaldamento deve essere garantito da fonti energetiche rinnovabili (in sostanza l'impianto termico funziona senza combustibili fossili);
<ul style="list-style-type: none"> • non vengono utilizzati materiali da costruzione dannosi per l'ambiente o per la salute.
<ul style="list-style-type: none"> • deve essere adottato almeno uno dei seguenti provvedimenti ecologici: pannelli fotovoltaici, collettori solari per l'acqua sanitaria o per il riscaldamento, utilizzo di acqua piovana, tetto verde.

Tabella 7_ Criteri e punteggi Casa Clima+.

Per stimolare soluzioni sempre più sostenibili ed efficienti energeticamente, ogni anno viene assegnato un premio alla migliore *CasaClima* a sei categorie: abitazioni, mondo del lavoro, turismo, energy plus, risanamento, speciale.

2.5_ Conclusioni intermedie

Questi sono solo alcuni dei "marchi certificatori" esistenti, tuttavia si può già notare una distinzione di sistema di valutazione: alcuni, infatti, presentano un sistema di valutazione del tipo "a punteggio", mentre altri hanno un sistema di valutazione "a soglia". Nel primo caso viene attribuito all'edificio un voto, risultato di una sommatoria relativa ai punteggi ottenuti per ogni singola prestazione ambientale. Di conseguenza l'edificio è classificato in base al punteggio totale ottenuto. Questa tipologia di sistema certificatorio, valuta non sono parametri quantitativi, quale ad esempio il fabbisogno di energia di un edificio, ma verifica anche le strategie adottate per la progettazione, per esempio i materiali utilizzati, il trasporto di tali materiali fino al luogo del progetto, ecc.... Infatti, tali sistemi certificatori non sono solo indirizzati alla tipologia edilizia, ma anche ad altri prodotto e/o servizi.

Nel secondo caso, invece, per la classificazione di un edificio, viene fissata una soglia, al di sotto della quale il sistema edilizio non è ritenuto idoneo a ricevere la certificazione ambientale/energetica richiesta.

Inoltre, un altro aspetto da tenere conto è il ciclo di vita dell'edificio, infatti, se si considera l'edificio dalla sua fase progettuale fino alla fine del suo ciclo di vita, il risultato sarà diverso rispetto a quando si considera un tempo più limitato poiché, nel primo caso, vengono analizzati gli impatti ambientali in modo più completo ed efficace. Anche se la fase di costruzione ha un impatto maggiore rispetto alle altre, è fondamentale porre l'attenzione a tutte le fasi del ciclo di vita dell'edificio, dalla costruzione alla demolizione, poiché ognuna di esse provoca un notevole impatto sull'ambiente.

E' necessario, quindi, che vengano considerati sia parametri quantitativi, come la trasmittanza, il fabbisogno globale energetico; sia qualitativi, come le prestazioni energetiche dei componenti, il contesto, il ciclo di vita, l'uso sostenibile delle risorse,....

Fino ad ora, infatti, non si è parlato di contestualizzazioni delle prestazioni energetiche dei componenti, che invece dovrebbero essere controllate durante le loro fasi; tuttavia, nella ricerca vengono analizzate le prestazioni energetiche dei componenti solo durante la loro fase d'uso.

II FASE: FASE ANALITICO - CRITICA _ PROBLEMI APERTI
CAPITOLO III_ Analisi dei casi studio

CAPITOLO III_ Analisi dei casi studio

- 3.1_ SOLAR XXI
- 3.2_ NATURALIA BAU
- 3.3_ LEAF HOUSE
- 3.4_ CASA MASCALUCIA A CATANIA (PROGETTO BOTTICELLI)
- 3.5_ THE EFFICIENCY HOUSE PLUS WITH ELECTROMOBILITY
- 3.6_ CASA A TREZZO TINELLA
- 3.7_ Conclusioni intermedie

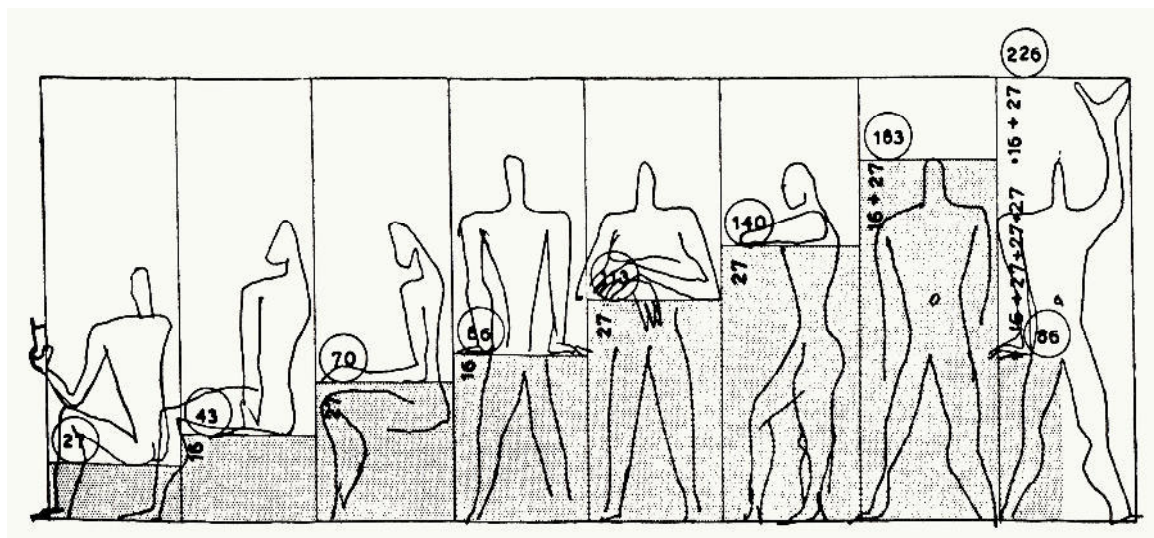


Figura 6_Modulor, Le Corbusier.

Analisi dei casi studio

La necessità di comprendere cosa si intenda per edificio ad energia quasi zero nell'attuale panorama dell'Architettura nazionale ed europea, ha portato allo studio di alcuni edifici definiti NZEB, progettati in differenti contesti e con differenti tecnologie ad alta prestazione energetica.

L'analisi ha il fine di individuare le strategie adottate per la loro progettazione indipendentemente dalla destinazione d'uso dell'edificio stesso.

Durante il periodo di stage effettuato presso il Centro di Ricerca Internazionale "Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção" (ITeCons) a Coimbra (Portogallo) è stato inoltre possibile visitare e studiare il Solar XXI a Lisbona, sede del centro di ricerca Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) considerato appunto un edificio con le caratteristiche di uno NZEB; esperienza che ha consentito di fare un raffronto con gli altri casi studio considerati.

3.1_ SOLAR XXI

Scheda tecnica

PROGETTISTI: arch. Pedro Cabrita,
arch. Isabel Diniz
PROPRIETARIO: National Energy and
Geology Laboratory (LNEG)
TIPOLOGIA: Per laboratorio ed uffici
LUOGO: Lisbona (PT)
ANNO: 2006

CONTESTO AMBIENTALE:

Altitudine: 100m (c.a) s.l.m.
Latitudine: 38° 46' 20,27" N
Longitudine: 9° 10' 39,83" W
Gradi Giorno: 1190 GG
Zona Climatica: I1-V2
Area occupata: 1500 mq
Area Utile: 1200 mq

STRATEGIE:

- Alto livello di isolamento a cappotto in pareti tradizionali in muratura;
- Copertura isolata;
- Utilizzo di connettori solari nella parete esposta a sud;
- Sistema di ventilazione naturale con assistenza meccanica

FABBISOGNO ENERGETICO

$E_p = 43 \text{ KWh/m}^2$ anno di cui 35,85
 KWh/m^2 anno generata da fonti rinnovabili
 $E_p < 10 \text{ KWh/m}^2$ anno



Figura 7_Solar XXI.

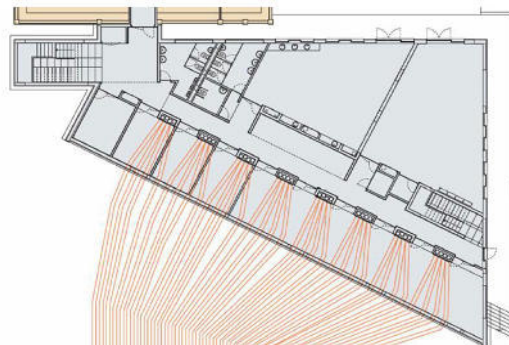


Figura 8_ Pianta Solar XXI.

DATI DI PROGETTO

TRASMITTANZA FINESTRE = 2,6 W/mqk
TRASMITTANZA PARETI OPACHE = 0,45 W/mqk
TRASMITTANZA PAVIMENTO = 0,3 W/mqk
TRASMITTANZA TETTO = 0,26 W/mqk

Il progetto

Il progetto di Solar XXI¹, costruito nel 2006, all'interno del campus LNEG a Lisbona è considerato uno dei principali esempi di edifici ad energia quasi zero, attraverso l'utilizzo di sistemi passivi sia per il periodo di riscaldamento che per il periodo di raffreddamento. Il progetto occupa un'area di 1500 mq e comprende sia uffici che laboratori. Gli uffici, sempre occupati, si collocano a sud per usufruire al massimo del guadagno solare, mentre gli spazi di transizione, quali i laboratori e le sale riunioni sono localizzate a nord. Il progetto, infatti, si compone di una facciata principale nella quale è innestato un sistema fotovoltaico per il recupero del calore che assiste l'edificio sia durante il periodo invernale di riscaldamento, che durante il periodo estivo (vedi Fig.9).

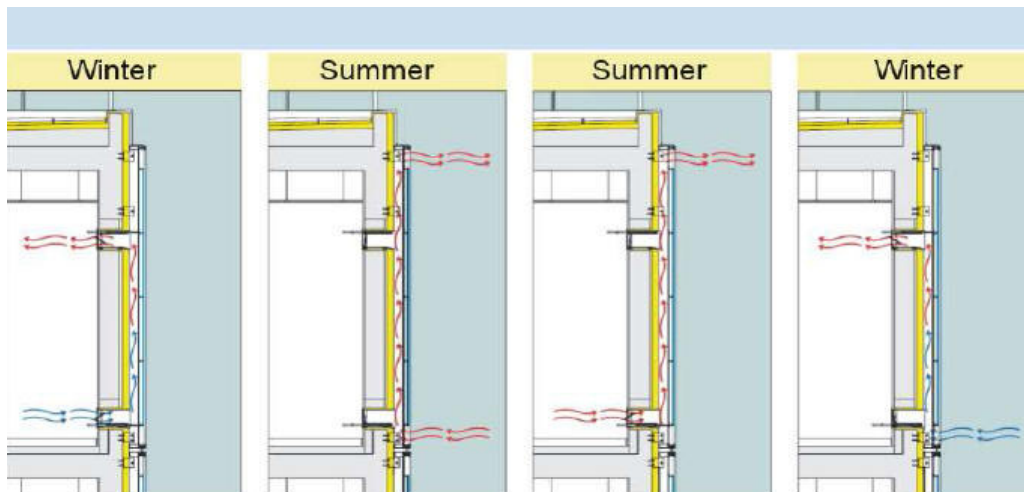


Figura 9_ Studio del riscaldamento e raffreddamento passivo.

Il sistema di raffreddamento, invece, che viene utilizzato durante il periodo estivo, è il cosiddetto sistema a terra (tubi di terra) (vedi Fig.10).

Questo sistema di raffreddamento fornisce all'interno aria pre-raffreddata utilizzando la terra come una mezzo di raffreddamento. Il sistema, infatti, è costituito da 32 tubi con 30 centimetri di diametro, sepolto a 4,5 m di profondità. L'aria entra nella reticolo di tubi collocati a 15 metri di distanza dall'edificio, attraversa un circuito di tubi di raffreddamento e poi viene iniettata nell'edificio.

¹ AELENEI L., GONÇALVES H. AND RODRIGUES C. *The Road Towards "Zero Energy" in Buildings: Lessons Learned from SOLARXXI Building in Portugal*, disponibile in: http://task40.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Task40c-The_Road_Towards_Zero_Energy_in_Buildings.pdf

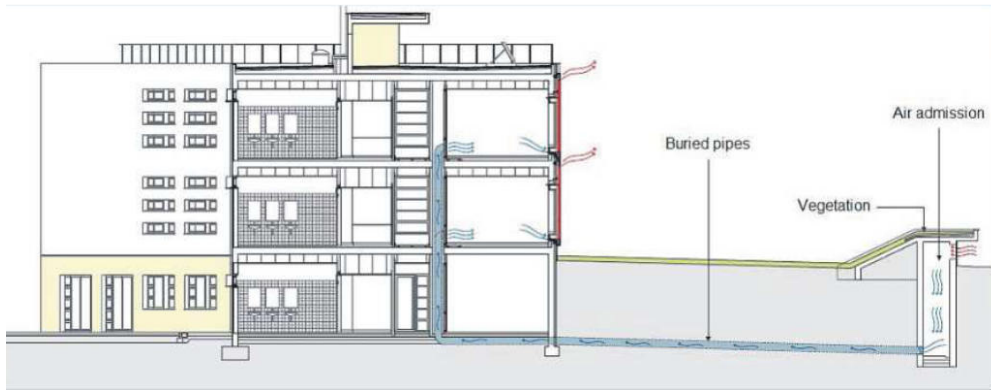


Figura 10_ Sezione Solar XXI.

Nella sala centrale dell'edificio, inoltre, vi è un lucernario che consente la ventilazione naturale per effetto camino. (vedi Fig. 11). Grazie all'involucro edilizio efficiente il fabbisogno di energia viene compensato dalla produzione, arrivando così ad un fabbisogno finale di energia vicino allo zero².

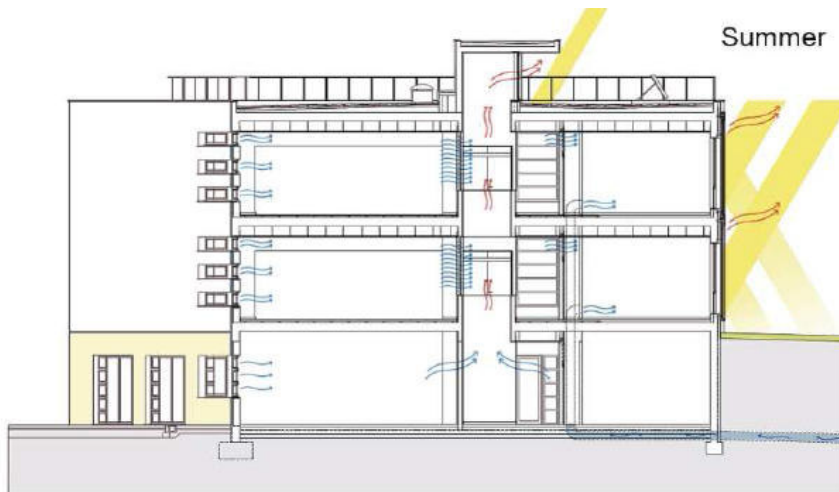


Figura 11_ Sezione bioclimatica Solar XXI.



Figura 12_ Pannelli solari.



Figura 13_ Interno Solar XXI.

² il consumo di energia annuo è di 43 kWh/m², mentre la produzione di energia pari a 35.85 kWh/m², generata dal fotovoltaico e dai collettori solari termici.

3.2_NATURALIA BAU

Scheda progetto

PROGETTISTI: arch. Dietmar Dejori

PROPRIETARIO: Naturalia bau S.r.l.

TIPOLOGIA: Per uffici

LUOGO: Merano (BZ)

ANNO: 2009

CONTESTO AMBIENTALE:

Altitudine: 325m s.l.m.

Latitudine: 46° 40' 4,40" N

Longitudine: 11° 9' 44,28" E

Gradi Giorno: 2863 GG

Zona Climatica: E

Area occupata: 735 mq

Area Utile: 750 mq



Figura 14_ Naturalia Bau.

STRATEGIE:

- Utilizzo di materiali naturali (legno) durante le varie fasi;
- Alto livello di isolamento a cappotto;
- Copertura verde;
- Utilizzo di materiali naturali (rivestimento in intonaco di argilla);
- Vetrate con $K=0,50 \text{ W/m}^2\text{k}$;
- Utilizzo di pannelli radianti;
- Ventilazione forzata;
- Utilizzo di pompe geotermiche.

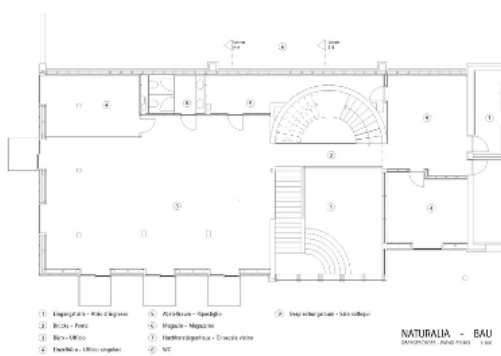


Figura 15_ Pianta Naturalia Bau

FABBISOGNO ENERGETICO

$E_p = 98 \text{ KWh/m}^2 \text{ anno}$ di cui $132,3 \text{ KWh/m}^2 \text{ anno}$ generata da fonti rinnovabili

$E_p < 10 \text{ KWh/m}^2 \text{ anno}$

DATI DI PROGETTO

TRASMITTANZA FINESTRE

TRIPLO VETRO = $0,5 \text{ W/m}^2\text{k}$

TRASMITTANZA PARETI

OPACHE = $0,20 \text{ W/m}^2\text{k}$

TRASMITTANZA PAVIMENTO = $0,30 \text{ W/m}^2\text{k}$

TRASMITTANZA TETTO = $0,11 \text{ W/m}^2\text{k}$

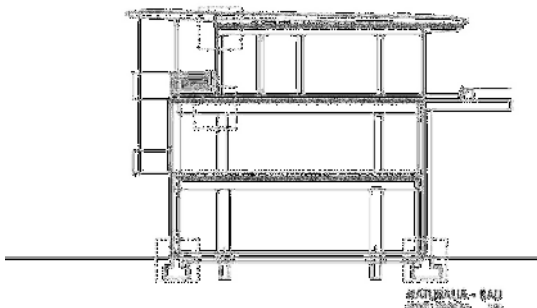


Figura 16_ Sezione Naturalia Bau.

Il progetto:

Il progetto Naturalia Bau³, adibito ad uffici, nasce con l'idea di rappresentare al meglio la filosofia progettuale dell'omonima azienda.

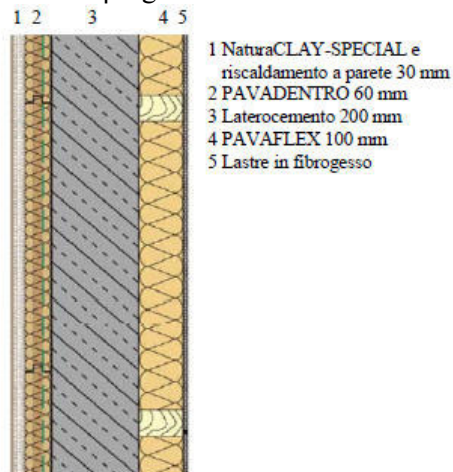


Figura 17_ Dettaglio componente opaco esterno.

Le pareti a telaio di legno sono composte internamente da diversi strati di fibra di legno 16+8+6 cm e $\lambda = 0,045 \text{ W/m}^2$, i primi 16cm occupano lo spazio interstiziale dei montanti di legno e sono di una fibra di legno chiamata flex, più morbida e facile da inserire, gli altri sono con densità e rigidità più elevata. Il pacchetto è stato ultimato verso l'interno con lastra di eracit, anch'essa isolante, sulla quale è stato steso l'intonaco in argilla ed immersa la serpentina per il riscaldamento-raffrescamento radiante a parete. Per i solai, di tipo brettstapel⁴ a vista, composti da tavole impilate connesse l'una all'altra tramite connessioni legno su legno senza uso di colla, sono stati usati due tipi di pacchetto. Nel primo piano sono stati annegati gli impianti a secco con uno strato di sabbia, due strati di pannelli di fibra di legno, per l'acustica, e due lastre di gesso - fibra dove infine viene posato il pavimento. Il secondo piano invece ospita oltre gli impianti, le serpentine per il riscaldamento-raffrescamento a bassa temperatura; la stratigrafia è invece invariata. Le zone degli uffici al primo piano hanno tutte un sistema radiante a parete. Il muro curvo in calcestruzzo armato delle scale è stato completamente intonacato con argilla nella quale sono state annegate le serpentine radianti senza porre la coibentazione in eracit, in questo modo è stata ottenuta l'attivazione della grossa massa termica del muro, la quale migliora termicamente, soprattutto nel periodo estivo, l'ambiente interno.

Le fondazioni a cordolo posate su pilastri di fonda sono necessariamente di calcestruzzo armato che, con la struttura del corpo scala interno, sono gli unici elementi dell'edificio commerciale costruiti con un materiale pesante. Bisogna aggiungere che, essendo l'edificio completamente costruito con una struttura di legno leggera, la necessità di plinti di fonda risulta minore con un evidente risparmio di materiale ed energia primaria rispetto ad un edificio simile ma completamente in cemento armato. I cordoli



Figura 2_ Fondazioni Naturalia Bau.

³ Informazioni di progetto reperibili su www.naturalia-bau.it

⁴ Brettstapel è il termine comunemente usato per le costruzioni in legno massiccio che generalmente non utilizzano colle o chiodi. Fabricato da pali di legno di conifere connessi con tasselli in legno di legno duro, questo metodo relativamente semplice di costruzione ha il potenziale di utilizzare legname di basso grado che altrimenti sarebbe inadatto per l'uso in edilizia, per formare pannelli, pavimenti e tetti in legno massiccio portanti.

Il sistema funziona utilizzando tasselli con un contenuto di umidità inferiore a quella dei montanti; nel corso del tempo i tasselli si espandono per raggiungere l'equilibrio di umidità così 'bloccare' i posti insieme e creare un sistema portante strutturale.

Con Brettstapel normalmente costituito interamente di legno non trattato, è importante sottolineare che la colla non è necessaria. L'esclusione di colla e chiodi (che si vedono in altri sistemi legno massiccio), una sana qualità dell'aria interna può essere raggiunto, mentre il legname si blocca in grandi quantità di biossido di carbonio.

e la parte alta dei plinti sono stati incamiciati con uno strato di XPS da 12 cm in modo da isolare il primo metro di struttura a contatto con il terreno. Per evitare, inoltre, il ponte termico del primo solaio è stato riempito lo spazio di fonda con una stratigrafia di ghiaia e uno strato di 10 cm di vetro cellulare ed infine gettato il calcestruzzo.

L'impianto geotermico sfrutta dieci sonde profonde 120 m a circuito chiuso.

Il tetto, invece, è stato pensato a verde pensile di tipo estensivo⁵ e quindi con una minima manutenzione, legata quasi esclusivamente al primo periodo della messa in opera.

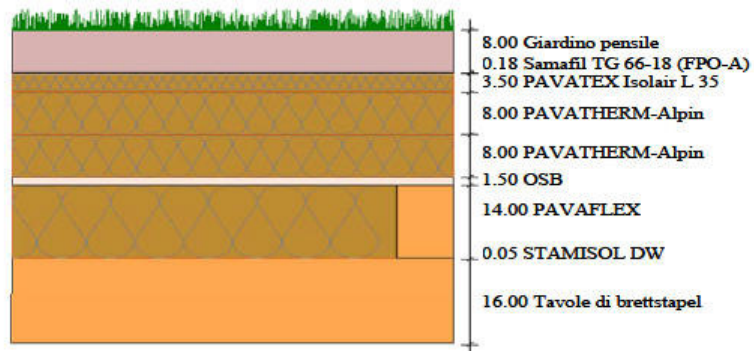


Figura 19_ Dettaglio copertura Naturalia Bau.



Figura 20_ Interno Naturalia Bau.

⁵ I tipi di progettazione di tetti verde sono due: il verde estensivo e il verde intensivo.

Il verde estensivo è un rivestimento semplice, economico e ideale sia per tetti piani che inclinati. Il verde intensivo è invece applicabile sui tetti piani e in questo caso la si tratta di una vera e propria conversione del terrazzo in un "giardino".

3.3_LEAF HOUSE



Figura 21 - 22_Leaf House.

Scheda tecnica

PROGETTISTI: Gruppo Loccioni

PROPRIETARIO: Loccioni

TIPOLOGIA: abitazione plurifamiliare indipendente

LUOGO: Rosora (AN), Italia

ANNO: 2008

CONTESTO AMBIENTALE:

Altitudine: 380m (c.a) s.l.m.

Latitudine: 43° 30' 00'' N

Longitudine: 13° 15' 00'' E

Gradi Giorno: 1688 GG

Zona Climatica: D

Area occupata: 1215 m²

STRATEGIE:

- Produzione di energia da fonti rinnovabili;
- Tecnologie efficienti per la conversione di energia;
- Soluzioni progettuali per ridurre lo spreco di energia;

FABISOGNO ENERGETICO:

-E_p = 20 kWh/m²a dai pannelli fotovoltaici

-E_{ri} = 27 kWh/m²a energia richiesta per il riscaldamento

-E_{re} = 20 kWh/ m²a energia richiesta per il raffreddamento

Temperatura media rilevata all'interno degli appartamenti di 22°C durante il periodo invernale

DATI DI PROGETTO:

TRASMITTANZA FINESTRE: U_g= 1,2 W/m² K

TRASMITTANZA PORTE: U_g=0,73 W/ m² K

TRASMITTANZA PARETI OPACHE: U=0.15 W/m²K

Il progetto:

La Leaf House⁶ è la prima casa ad emissioni zero e autosufficiente costruita in Italia nel 2008 e fa parte della comunità "Life Energy and Future" (LEAF Community).

La Comunità è costituita da alcuni laboratori (LEAF lab), una scuola (LEAF education), una piccola centrale idroelettrica (LEAF energy) e da una serie di capannoni e uffici della Loccioni (LEAF working). La Community intende raggiungere l'autosufficienza energetica utilizzando l'energia solare idrica e geotermica immettendo quella in eccesso nella rete elettrica.

La Leaf House è un edificio con sei appartamenti. La casa è esposta verso sud per permettere il massimo sfruttamento degli apporti solari ed il migliore utilizzo dei pannelli solari termici e fotovoltaici⁷.

Il riscaldamento e il raffrescamento è garantito da una pompa di calore geotermica a captazione verticale (3 sonde che raggiungono una profondità di 100 m) alimentata dal sistema fotovoltaico. Il solare termico si integra alla pompa di calore e il sistema ad emissioni ai pannelli radianti.

Le acque meteoriche vengono recuperate e riutilizzate, per

l'irrigazione e per gli sciacquoni

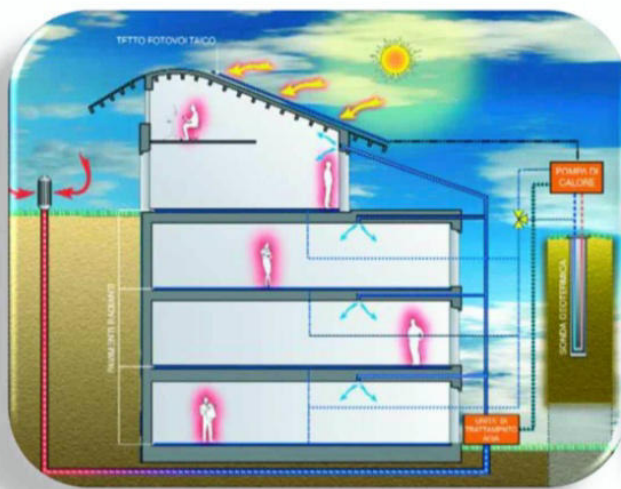


Figura 23_ Sezione bioclimatica.

dei bagni. La casa è anche dotata di un sistema di monitoraggio della qualità dell'aria interna e ha la ventilazione meccanizzata con il recupero del calore.

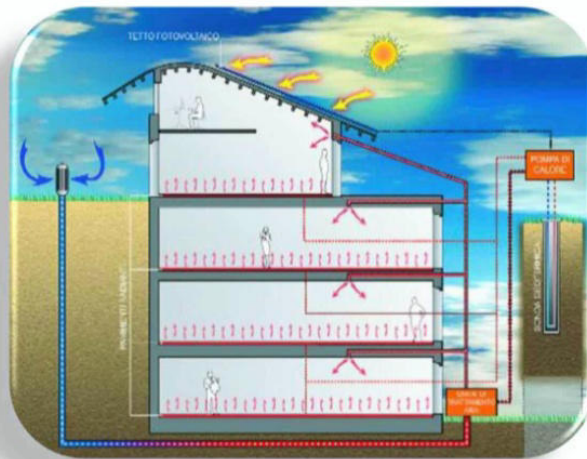


Figura 24_ Sezione bioclimatica.

⁶ Le informazioni sono reperibili in azero n°2 "Leaf House. Abitare risparmiando energia", 2012, pag. 88-95.

⁷ Nella Leaf House, è installato un sistema di produzione, stoccaggio e riutilizzo di idrogeno per la generazione elettrica. L'energia generata dai pannelli solari fotovoltaici, nei momenti di massima insolazione viene utilizzata per soddisfare i bisogni della struttura e per alimentare un elettrolizzatore in grado di scindere la molecola dell'acqua in idrogeno e ossigeno. L'idrogeno prodotto viene accumulato in un sistema che utilizza idruri metallici e riconvertito, grazie a una pila a combustibile, in elettricità disponibile nelle ore in cui non c'è produzione di energia dal sole.

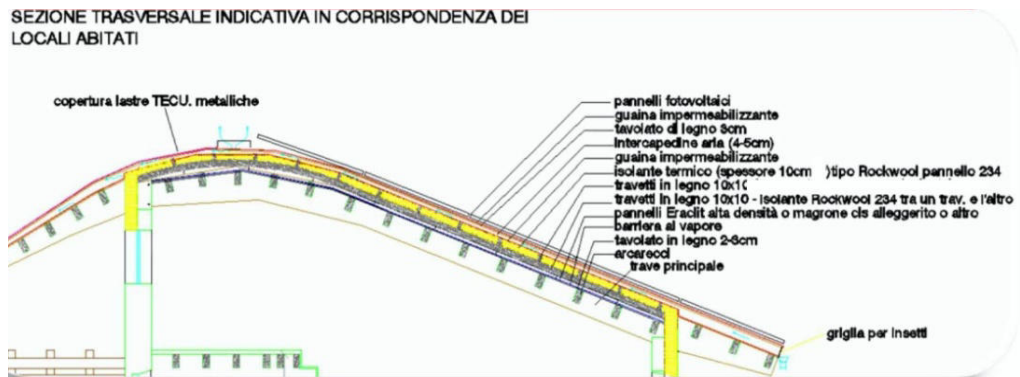


Figura 25_Dettaglio copertura Leaf House.

3.4_ CASA MASCALUCIA A CATANIA (PROGETTO BOTTICELLI)

Scheda tecnica

PROGETTISTI: ing. Carmelo Sapienza
arch. Pina Capace
arch. Salvo Comes

PROPRIETARIO: Privato

TIPOLOGIA: Residenza unifamiliare

LUOGO: Mascalucia (CT)

ANNO: 2012

CONTESTO AMBIENTALE:

Altitudine: 420m (c.a) s.l.m.

Latitudine: 37° 58' N

Longitudine: 15° 04' E

Gradi Giorno: 1271 GG

Zona Climatica: C

Area occupata: 995 mq



Figura 26_ Casa Mascalucia (Progetto Botticelli).

STRATEGIE:

- Alto livello di isolamento a cappotto in pareti tradizionali in muratura;
- Copertura isolata;
- Utilizzo di connettori solari nella parete esposta a sud;
- Sistema di ventilazione naturale con assistenza meccanica

FABBISOGNO ENERGETICO

$E_p = 43 \text{ KWh/m}^2$ anno di cui $35,85 \text{ KWh/m}^2$ anno generata da fonti rinnovabili

$E_p < 10 \text{ KWh/m}^2$ anno

DATI DI PROGETTO

TRASMITTANZA FINESTRE = $0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

TRASMITTANZA PARETI OPACHE = $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

TRASMITTANZA PAVIMENTO = $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$

TRASMITTANZA TETTO = $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Il Progetto

Si tratta di un edificio pilota ad energia quasi zero su base di calcolo annuale⁸, realizzato applicando i protocolli Passivhaus e CasaClima Gold in clima mediterraneo. E' stato adottato un modello progettuale di calcolo in regime dinamico in grado cioè di rispondere alle problematiche legate al clima e alla gestione delle alte temperature estive.

L'abitazione è parte del progetto europeo

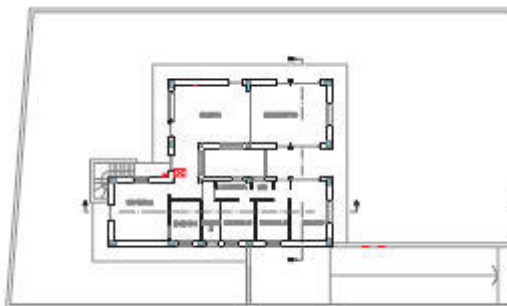


Figura 27_ Pianta piano terra.

⁸ Le informazioni sono reperibili in azero n°6 "MEDITERRANEA, PASSIVA, ATTIVA, INTELLIGENTE E SOSTENIBILE", 2013, pag. 88-95.

PassREg⁹ che ha come partner anche il Passivhaus Institut, il Politecnico di Milano (gruppo end-use Efficiency Research Group, eERG-PoliMI), l'Ufficio Energy Manager della Regione Sicilia e la Provincia di Catania e nasce allo scopo di far conoscere gli edifici di nuova generazione, ovvero gli Nearly Zero Energy Buildings secondo quanto previsto e richiesto dalle direttive europee.

La casa, conosciuta come “Progetto Botticelli” – dal nome della via in cui si trova, rilegge in chiave contemporanea la tradizione della casa rurale siciliana, adattandola alle necessità dei committenti e alle esigenze di risparmio energetico, servendosi di tecniche bioclimatiche e di concetti e tecnologie impiantistiche avanzate. I volumi



Figura 28_ Sezione

della residenza sono molto compatti, due corpi fuori terra sviluppati linearmente attorno a un patio che costituisce il fulcro del progetto. Uno spazio esterno, tipico della tradizione mediterranea, che dilata gli ambienti domestici e che, grazie a una fontana e a un ninfeo, permetterà di sfruttare il processo di raffrescamento evaporativo per migliorare il comfort nei periodi più caldi.

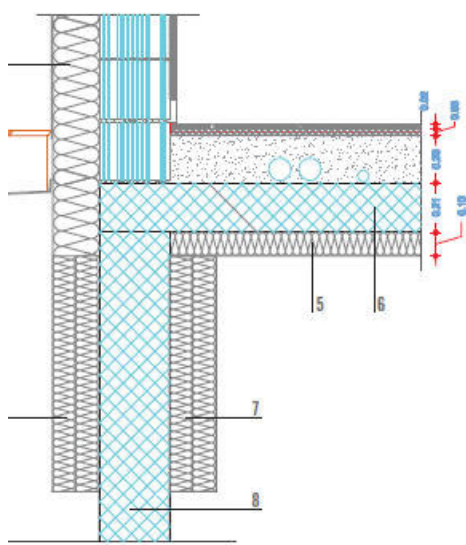


Figura 29_ Dettaglio struttura portante.

La struttura portante è in calcestruzzo armato con tamponamenti in laterizio porizzato, isolamento in lana di roccia, utilizzata anche per la coibentazione della copertura in c.a. e del solaio in laterocemento del piano terra; i serramenti sono in PVC e alluminio con triplo e doppio vetro. L'efficienza energetica è stata curata isolando fortemente l'involucro, adottando infissi ad alte prestazioni, eliminando i ponti termici e servendosi di impianti di ventilazione meccanica, geotermia, fotovoltaico e solare termico. Grazie al recupero delle acque piovane e al riciclo delle acque grigie con fitodepurazione, inoltre, si sono ridotti significativamente i consumi idrici. Un sistema di domotica avanzato e con interfacce di facile utilizzo gestisce l'intero edificio intervenendo in funzione del comfort e del risparmio energetico.

Dal punto di vista progettuale, pur mantenendo il “Concept Passivhaus”, sono stati implementati degli adeguamenti legati ai fattori climatici mediterranei.

L'attenzione è stata posta al fabbisogno termico e ai carichi estivi, al controllo degli apporti solari, alla gestione mista di ventilazione naturale e ventilazione meccanica

⁹ Passive House Regions with Renewable Energies (PassREg) Questo progetto mira a innescare il successo della NZEBs in tutta l'UE, con la casa passiva fornita, per quanto possibile da energie rinnovabili come fondamento. Il PassREg è un progetto Europeo parte del programma Intelligent Energy Europe con 14 Partners, 11 Paesi ed 1 solo Obiettivo: Supportare le Regioni/Province/Comuni nella implementazione della direttiva UE 2010/31 sulla efficienza energetica degli edifici NZEB ovvero edifici ad energia quasi zero. Come riqualificare/costruire edifici pubblici e privati secondo i principi delle Passive House alimentate con energia da fonti rinnovabili.

controllata nonché al corretto dimensionamento del rapporto massa/isolamento per ottimizzare attenuazione, sfasamento e inerzia termica.

Oggi sul mercato si ha una maggiore disponibilità di componenti e materiali con caratteristiche termiche e di sostenibilità migliorate; è cura del progettista scegliere le soluzioni più idonee affidandosi a componenti certificati anche, ove possibile, dallo stesso Passivhaus Institut di Darmstadt, in Germania.

Le maggiori difficoltà sono state quelle realizzative, in quanto le imprese edili non sono preparate a lavorare con gli alti standard qualitativi necessari all'esecuzione a regola d'arte dei dettagli, ad esempio riguardo l'attenzione ai ponti termici o all'ermeticità dell'involucro, che consentirà di superare la prova del Blower-Door-Test¹⁰.

Nel 2014 l'edificio ha ottenuto la certificazione "CasaClima Gold¹¹".



Figura 30_ Casa Mascalucia (Progetto Botticelli): pannelli solari.



Figura 31_ Casa Mascalucia (Progetto Botticelli): patio.



Figura 32_ Casa Mascalucia (Progetto Botticelli): stato attuale

¹⁰ Il Blower-Door-Test permette di misurare l'ermeticità di un edificio dopo aver imposto una determinata differenza di pressione tra interno ed esterno e permette di scoprire dispersioni di aria dell'involucro edilizio e valutarne il ricambio.

¹¹ <http://www.agenziacasaclima.it/it/rete-casaclima/la-rete-casaclima/progetto-botticelli/111-25253.html>

3.5_ THE EFFICIENCY HOUSE PLUS WITH ELECTROMOBILITY

Scheda tecnica

PROGETTISTA: Hans-Dieter Hegner,
Head of Division B 13

PROPRIETARIO: Privato

TIPOLOGIA: Independent Detached
Housing

LUOGO: Fasanenstraße87a, Berlin-
Charlottenburg, Germany

ANNO: 2012

CONTESTO:

Altitudine: ~50mMAMSL

Latitudine: 52° 31' 27" N

Longitudine: 13° 24' 37" E

Gradi Giorno: 3584 DD (2013)

Area occupata: 645 m²

FABBISOGNO ENERGETICO:

Periodo di riscaldamento: 21.1 kWh/ m²a

STRATEGIE:

- Costruzione ottimizzata per quanto riguarda la posizione urbana;
- Il più alto livello di design compatto;
- Massimizzazione dei guadagni energetici e minimizzazione della dispersione termica attraverso l'involucro edilizio;
- Ottimizzazione della tecnologia strutturale, senza alcuna perdita di comfort per i suoi abitanti;
- Garanzia di bisogno di energia con fonti rinnovabili, energia prodotta localmente;



Figura 33_ Efficiency House plus.

DATI DI PROGETTO:

TRASMITTANZA PARETI ESTERNE=
0,09 W/m²K

TRASMITTANZA PAVIMENTO= 0,1
W/m²K

TRASMITTANZA TETTO = 0,1W/m²K

Il progetto:

L'obiettivo del concorso, svoltosi nel

2010, che ha portato alla realizzazione di
tale edificio, è: "definire lo stato attuale

di sviluppo della rete di efficienza energetica, attraverso un progetto di ricerca pilota".

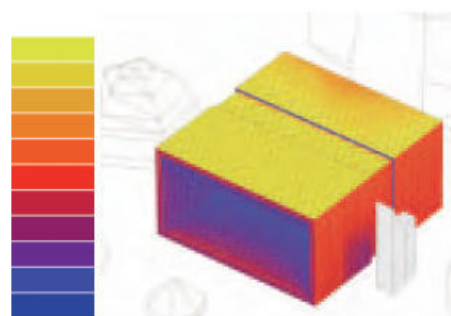


Figura 34_ Analisi irradiazione solare.

Il progetto¹² si sviluppa secondo una struttura modulare flessibile ed è costituito da una lastra in calcestruzzo armato e prefabbricati. La casa è costruita su una lastra, fatta di prefabbricati di cemento armato; il tetto ed il soffitto sono fatti da pannelli in legno a sbalzo, come lo sono i muri portanti interni ed esterni; le facciate in vetro sono dotate di triplo vetro con isolamento; gli spazi tra le lastre vengono riempiti con argon; la facciata in vetro, lungo il lato est, è dotata anche di un parasole esterno in doghe di alluminio che si possono controllare sia manualmente che meccanicamente.

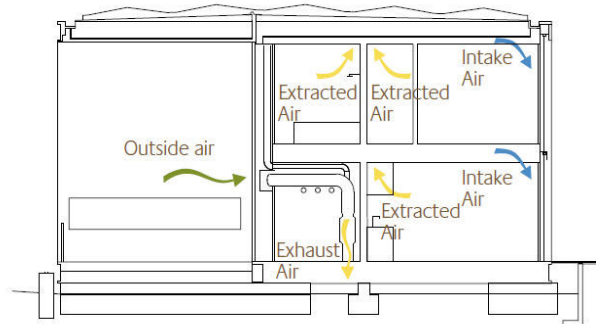


Figura 35_ Sistema di ventilazione.

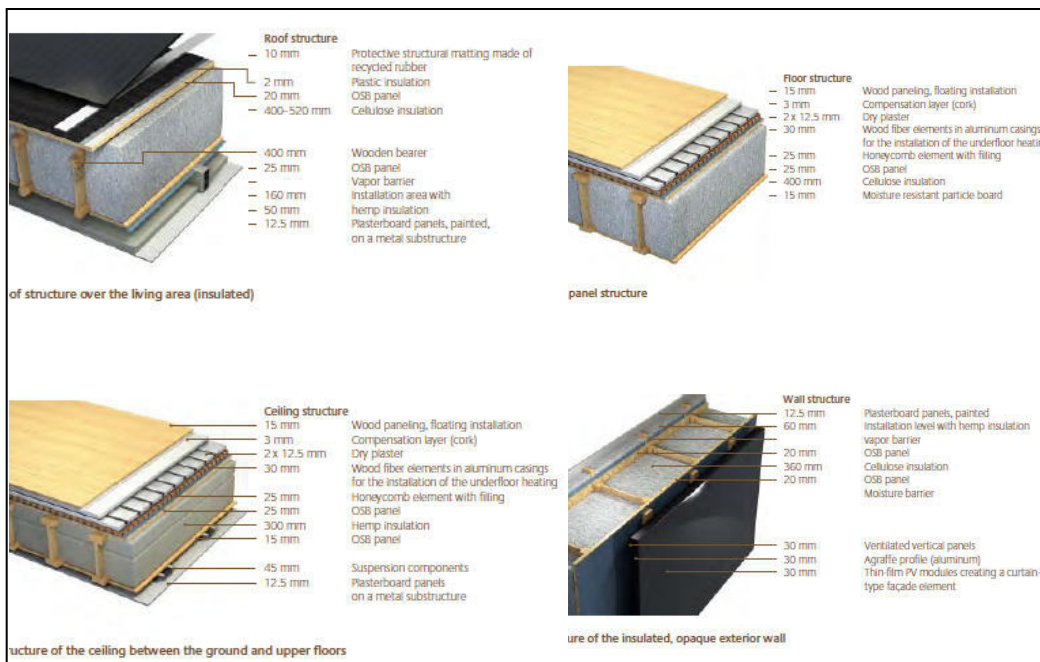


Figura 36_ Componenti edilizi

¹² Le informazioni sono reperibili su:
http://zebau.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Broschueren/BBSR_EffizienzhausPlus_Elektromobil_EN_Auf11_barrierefrei.pdf

La tecnologia utilizzata è visibile ed identificabile ed utilizza il sole come fonte di energia in due modi diversi: sia con attrezzature a cella solare che genera corrente dalla luce incidente, mentre una pompa di calore utilizza l'aria esterna come fonte per la produzione di acqua calda; sia con l'apparecchiatura a cella solare situata sul tetto che garantisce alte prestazioni. Inoltre moduli fotovoltaici, a film sottile, sono impiegati nella facciata, mentre una porzione della corrente elettrica ottenuta da energia solare è utilizzata per azionare la pompa di calore aria / acqua.

L'edificio è inoltre dotato di un sistema di controllo di flussi di energia invisibile tra generatori di corrente mobili e immobili, tra lo stoccaggio e il consumo, chiamato "rete intelligente".

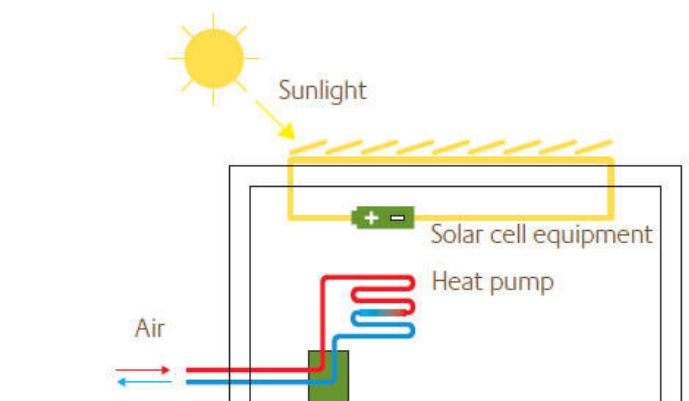


Figura 37_ Diagramma di generazione di energia.

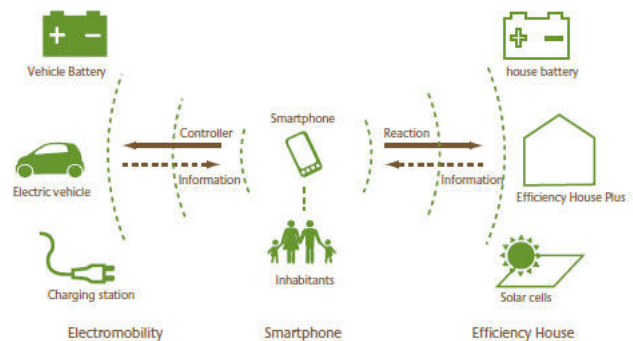


Figura 38_ Schema di controllo.

3.6_CASA A TREZZO TINELLA



Figura 39_ Casa a Tezzo Tinella.

Scheda Tecnica

PROGETTISTI: Progettazione architettonica e energetica: Arch. Paolo Corona

Calcoli e opere in c.a.: Ing. Giovanni Battista Scolari – Curno (Bg)

Progetto impianto termico, idraulico ed elettrico: Advanced Engineering s.r.l. – Milano

Certificazione energetica PHPP: Ing.M. De Beni per TBZ Centro di Fisica Edile – Bolzano - Modena.

PROPRIETARIO:

Edilio s.r.l.del Dott.Giovanni Cagnoli - Oslo Sotto (Bg)

TIPOLOGIA: Abitazione Unifamiliare Indipendente

LUOGO: Trezzo Tinella (Cn), Italia

ANNO: 2009

CONTESTO AMBIENTALE:

Altitudine: 341m s.l.m.

Latitudine: 44°41'00''N

Longitudine: 8°06'00''E

Gradi Giorno: 2738 GG

Zona Climatica: E

Area occupata: 400 m²

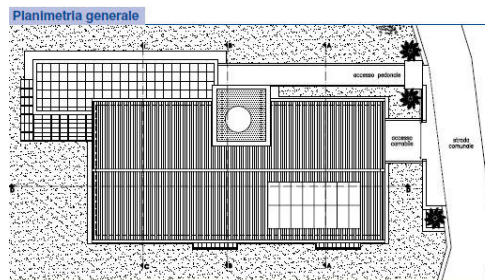


Figura 40_ Planimetria progetto

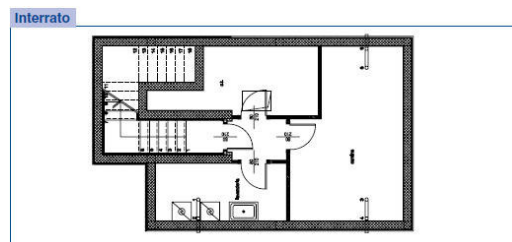


Figura 41_ Pianta piano terra.

FABBISOGNI ENERGETICI:

- Fabbisogno specifico utile per Riscaldamento: $2 \text{ kWh/m}^2\text{anno} \times 400 \text{ m}^2 = 800 \text{ kWh/a}$

- Fabbisogno specifico utile per Raffrescamento: 0 kWh/a

- Globale inclusa acqua calda sanitaria: $30 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} \times 400 \text{ m}^2 = 12000 \text{ kWh/a}$

- Temperatura superficiale interna minima: in 400m^2 risulta 19°C

STRATEGIE:

- Sistema di ventilazione meccanica
- Riscaldamento e acqua calda sanitaria sono forniti da una piccola pompa di calore geotermica
- Fonti di energia rinnovabile: Impianto elettrico fotovoltaico installato sulla copertura; Turbina eolica ad asse verticale.

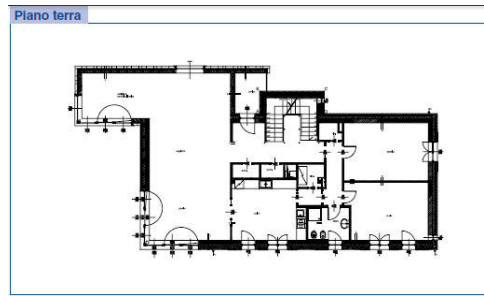


Figura 342_ Pianta piano terra.

DATI DI PROGETTO:

TRASMITTANZA FINESTRE = $0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$
TRASMITTANZA PARETI OPACHE = $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
TRASMITTANZA PAVIMENTO = $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
TRASMITTANZA COPERTURE = $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Il progetto:

Unico esempio di riqualificazione energetica in edilizia presa in considerazione tra i casi studio, Casa Trezzo Tinella¹³ sorge sul sito di una precedente abitazione rurale, priva di valore storico e architettonico, demolita a causa di cedimenti strutturali e di un generale stato di degrado.

Il principio guida del progetto è stato quello della valorizzazione del rapporto tra l'edificio e il contesto naturale; da tali riflessioni sono scaturite le scelte formali relative all'articolazione dei volumi dell'edificio, differenziati nell'uso dei materiali, che, con la loro disposizione spaziali e un attento studio delle aperture, permettono una totale fruizione delle bellezze paesaggistiche circostanti.

Il corpo principale ospita la zona giorno, caratterizzata dal doppio volume del soggiorno e della grande vetrata angolare affacciata a sud-ovest in modo da aumentare gli apporti solari invernali e l'illuminazione naturale. Le camere da letto e lo studio si affacciano, invece, a sud-est per beneficiare della luce del mattino, mentre il vano scala e gli spazi accessori che costituiscono un corpo secondario dell'edificio, si affacciano a nord.

Il terzo corpo, costituito da un solo piano, è una serra bioclimatica con finestra volta verso nord e con vista sulla pianura e sulle Alpi.

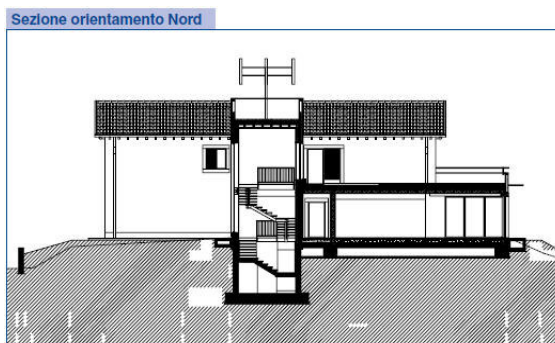


Figura 43_ Sezione longitudinale. .

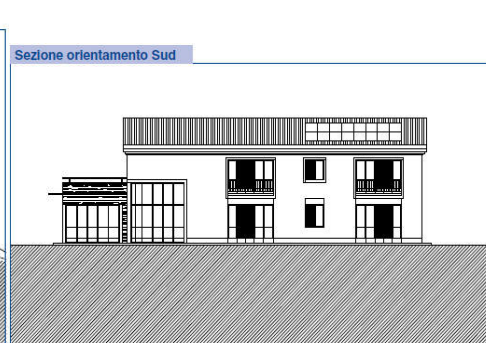


Figura 44_ Prospetto

¹³ Le informazioni relative al progetto sono reperibili in http://www.stiferite.com/pdf/Libri/La_Casa_di_Trezzo_Tinella.pdf

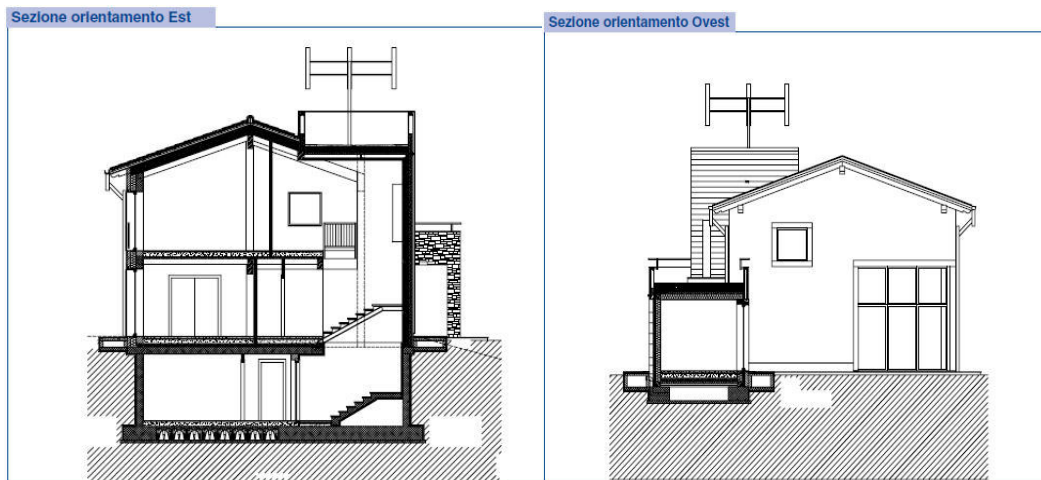


Figura 45_ Sezioni progettuali.

Sviluppato come volume a sé stante, il padiglione è stato realizzato con tecniche di prefabbricazione lignea con struttura a telaio e dormienti/cordolo in legno lamellare. Tra i montanti è stato interposto lo strato isolante costituito da un doppio strato di pannelli spesso 10cm, sfalsati per evitare la continuità tra i giunti. Lato interno ed esterno della struttura sono stati successivamente tamponati con pannelli molto resistenti all'umidità. In seguito sul lato esterno della parete, sono stati posati, nella modalità cappotto, pannelli di poliuretano spessi 5 cm, i quali, oltre a contribuire al miglioramento della resistenza termica della parete, consentono una correzione del ponte termico dato dalla struttura lignea. All'esterno dello strato isolante è stato successivamente posato un ulteriore strato di pannelli e un telo impermeabile. La finitura è stata realizzata con un rivestimento in pietra langa. La struttura ha così raggiunto un valore di trasmittanza pari a $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

GLI IMPIANTI:

Il progetto ha previsto la realizzazione di un sistema integrato di produzione di energia elettrica da apporti rinnovabili costituito di tre elementi:

- Sistema geotermico orizzontale a scambio con il terreno, realizzato con una pompa di calore a compressione¹⁴
- Un sistema mini eolico ad asse verticale¹⁵
- Un sistema fotovoltaico integrato nelle falda sud della copertura dell'edificio¹⁶.

Inoltre, allo scopo di garantire il massimo confort termico, è stato previsto il sistema di ventilazione forzata con recupero di calore e preriscaldamento, per il periodo invernale, e preraffrescamento per il periodo estivo¹⁷.

¹⁴ La centrale termica è costituita da un generatore modello pompa di calore geotermica collegata ad un circuito di scambio termico con il terreno del tipo orizzontale, posto ad una profondità di circa 2,5m. Tale macchina è dedicata prioritariamente alla produzione di energia necessaria al mantenimento dell'accumulo inerziale di acqua calda sanitaria a circa 45°C, al fine di assicurare la disponibilità continuativa di acqua calda per usi sanitari.

E' prevista, inoltre, la possibilità di utilizzare, in caso di insufficiente presenza di apporti gratuiti, la pompa di calore quale generatore per il riscaldamento dell'edificio attraverso i pannelli radianti installati al pavimento.

¹⁵ Aerogeneratore di piccola taglia (rotore di $D < 12\text{m}$ e $P < 100 \text{ kW}$) con 1,5 kW di potenza. Il posizionamento della turbina è stato previsto sopra un palo di altezza pari a 3 metri installato sopra il tetto piano del vano scala; l'altezza totale rispetto al livello del terreno risulta quindi essere pari a 11 metri con fronti liberi da qualsiasi ostacolo (alberi o case) in tutte le direzioni.

¹⁶ E' del tipo totalmente integrato posizionato sulla falda rivolta a sud, avente pendenza pari al 33%. Esso ha una potenza di picco pari a 6,10 kWp ed è costituito da sei stringhe di 11 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino della potenza nominale di 185 kWp composti da 72 celle ciascuno con una resa pari al 16,5%.

3.7_ Conclusioni intermedie

L'analisi di tali casi studio ha portato all'individuazione delle strategie progettuali utilizzate maggiormente tra cui, per le passive l'iper – isolamento - adottato in tutti i casi studio - e le schermature solari; mentre per quanto riguarda le strategie attive, l'utilizzo di pannelli fotovoltaici - anch'essi adottati in tutti i casi studio- e le pompe di calore. Inoltre, in merito a quanto detto precedentemente, riguardo la definizione di edificio ad energia quasi zero, si analizzano le prestazioni energetiche degli edifici presi come casi studi per andare ad individuare la loro posizione rispetto alla NZEB line, verificando anche la vicinanza al consumo zero di energia.

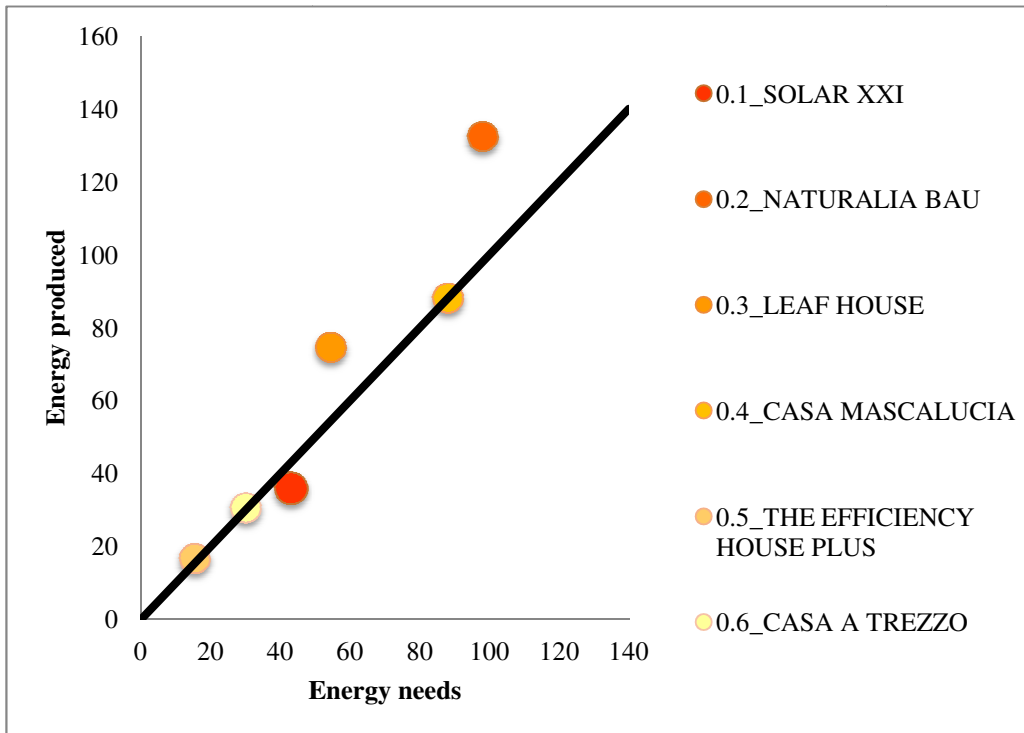


Grafico 4_ Gli edifici nella NZEB line.

Da questo grafico si evince che il caso studio The Efficiency house plus, casa a Trezzo Tinella e Leaf House sono collocate sulla NZEB line, il primo, tuttavia, è il più vicino allo zero; mentre l'edificio Solar XXI risulta avere la maggiore produzione di energia, ma presenta anche il maggiore consumo di energia rispetto agli altri casi studio considerati. Questa analisi conferma che gli edifici ad energia quasi zero non possono essere considerati tutti uguali, ma bisogna avere una classificazione di tali edifici per differenziarne le prestazioni energetiche degli stessi.

¹⁷ La scelta dell'impianto di ventilazione è stata fatta sulla base della qualità dei macchinari e del sistema di distribuzione basato su tubi flessibili corrugati di polietilene. Questo sistema ha consentito di semplificare la gestione delle canalizzazioni a livello cantieristico e ha agevolato notevolmente la posa degli stessi, sia a pavimento e sia nelle murature verticali.

**III FASE: FASE DI ELABORAZIONE _ PROPOSTA DI RICERCA
DELIMITAZIONE DEL CAMPO DI INDAGINE**

CAPITOLO IV_ La metodologia di valutazione dei casi studio

4.1_ Premessa

4.2_ Il materiale ed il componente

4.3_ La scomposizione dei casi studio

4.4_ Lo strumento di valutazione: l'analisi multicriteri

4.5_ Applicazione dell'analisi multicriteri

4.6_ Conclusioni intermedie: risultati analisi multicriteri



Figura 46_ Museo Archeologico Nazionale, Napoli. Doriforo, Policleto.

4.1_ Premessa

Il già descritto concetto di prestazione energetica consente un nuovo approccio alla progettazione di edifici ad energia quasi zero (NZEB); la riduzione della dipendenza energetica e la necessità di una maggiore efficienza dell'edificio, danno la consapevolezza di doverne ottimizzare le risorse attraverso l'utilizzo di tecnologie e sistemi costruttivi ad elevate prestazioni, fondamentali per il contenimento e la produzione di energia.

Per questo si ritiene importante procedere alla scomposizione del sistema edilizio per meglio focalizzare il campo di indagine della ricerca.

Considerando dunque l'edificio un sistema edilizio, costituito da un sub-sistema ambientale ed un sub-sistema tecnologico, la ricerca si sviluppa all'interno di quest'ultimo interessandosi in particolare dei componenti verticali esterni che ne costituiscono l'involucro; questi, infatti, rappresentano alcuni degli elementi principali¹ per la regolazione del flusso energetico durante la fase d'uso e, conseguentemente, per la riduzione di consumo di energia, in particolare per le proprietà dei materiali che li costituiscono il cui comportamento varia sensibilmente rispetto alla trasmissione del calore.

4.2_ Il materiale ed il componente

Lo studio di nuovi materiali a basso impatto ambientale e ad alte prestazioni energetiche è un importante obiettivo posto alla base della progettazione di un edificio ad energia quasi zero (NZEB).

In senso ampio, il concetto di materia² indica per lo più sostanze omogenee o non omogenee che hanno in comune l'origine o la destinazione ad un'unica funzione o anche l'origine. Inoltre il concetto di materia può essere comprensivo anche di sostanze che abbiano ricevuto già una prima lavorazione per es. le sostanze impiegate per costruire i manufatti, ottenute spesso tramite una trasformazione, più o meno spinta, di determinate materie prime; i materiali così intesi devono possedere un carattere di permanenza tale da garantire un affidabile funzionamento dei manufatti.

Numerose sono le classificazioni utilizzate per descrivere le proprietà dei materiali, tra cui possiamo distinguere quelle intrinseche ed estrinseche³.

Tra queste proprietà, per il contenimento energetico, risultano molto importanti quelle termiche dei materiali tra cui: la conducibilità termica, la trasmittanza, il calore specifico,...

La conducibilità termica⁴, ovvero la capacità di un materiale di trasmettere il calore, dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche di un materiale.

La trasmittanza termica⁵, che dipende dalla conducibilità e dal suo spessore, consente di misurare il flusso di calore trasmesso per conduzione, convezione e irraggiamento. Minore è la trasmittanza termica maggiore è la sua prestazione di isolamento termico.

Il calore specifico⁶ è, invece, la proprietà di un materiale di accumulare calore, ovvero quanta energia può trasferire al variare di temperatura.

Elevati valori di calore specifico garantiscono una maggiore inerzia termica, ovvero la capacità di un materiale di variare più o meno lentamente la propria temperatura come

¹ Altri elementi da considerare possono essere i componenti orizzontali, le partizioni interne verso ambienti non riscaldati,

...

² da Enciclopedia Treccani online, voce materiale, <http://www.treccani.it/enciclopedia/materiale>

³ Per quanto riguarda le proprietà intrinseche dei materiali si considerano le proprietà meccaniche (quali resistenza meccanica, rigidità, duttilità, fragilità,...), fisiche (densità, conduttività, calore specifico, ...) e chimiche (quali la reattività, la solubilità, ...). Le proprietà estrinseche sono anch'esse suddivise in: meccaniche, elettriche, termiche, chimiche, ottiche,...

⁴ Nel sistema Internazionale l'unità di misura è W/mK (λ).

⁵ Nel sistema Internazionale l'unità di misura è W/mqK (U).

⁶ Nel sistema Internazionale l'unità di misura è J/KgK (cp).

risposta alle differenze di temperatura esterna o ad una sorgente di calore o raffreddamento.

Da non sottovalutare è anche la propensione del materiale a non alterare le proprie caratteristiche termiche nel tempo.

Gli attuali orientamenti progettuali volti verso la progettazione di uno NZEB, impongono una notevole attenzione nella fase delle scelte tecno-costruttive e materiche, per questo una buona conoscenza del materiale è importante per soddisfare i requisiti energetici richiesti per la progettazione dei suddetti edifici.

Negli ultimi anni le innovazioni prodotte in questo campo hanno modificato il modo di concepire e realizzare : nuovi materiali performanti si affacciano ogni giorno sul mercato ampliando le alternative a disposizione del progettista e incrementando anche il bagaglio di conoscenze necessarie per un corretto impiego delle tecnologie che derivano spesso da processi di trasferimento tecnologico.

Poiché generalmente in edilizia le innovazioni vengono assorbite in tempi più lunghi rispetto altri settori, uno dei principali problemi da affrontare per un uso appropriato dei materiali ad elevate prestazioni energetiche, riguarda infatti la qualità/quantità delle informazioni tecniche disponibili sulle prestazioni energetiche; ciò si traduce inevitabilmente in una impossibilità da parte del progettista di valutare adeguatamente le opzioni tecnologiche a disposizione e utilizzarle correttamente.

L'insieme dei materiali viene definito "elemento costruttivo funzionale complesso" o "componente", che acquista un ruolo fondamentale sia esso opaco che trasparente.

Tuttavia, nel comportamento energetico di un edificio vi sono molte differenze tra componenti opachi e trasparenti, sia per il flusso di calore, sia per la radiazione solare. L'esigenza di fare entrare all'interno la radiazione solare, sia per un maggiore comfort interno che per una maggiore leggerezza e trasparenza, richiede l'utilizzo del vetro come materiale trasparente composto da lastre sottili 4-8mm che risultano poco isolante termicamente.

Di inverno, infatti, si disperdono grandi quantità di energie; tuttavia, se orientate nel modo giusto consentono anche la cattura della radiazione solare e l'accumulo di calore per l'innalzamento della temperatura interna dell'edificio.

Infatti, per un migliore isolamento e per aumentarne le prestazioni energetiche del componente, si utilizza il vetro camera, ovvero la composizione di due lastre di vetro con interposto un intercapedine d'aria, il quale può essere riempito anche da gas nobili per aumentarne maggiormente le prestazioni.

Ai fini del calcolo del fabbisogno energetico è importante, perciò, stabilire la percentuale di superficie trasparente rispetto alla totale, poiché maggiore sarà il rapporto di vetratura, maggiore saranno i consumi energetici per la climatizzazione estiva.

Per quanto riguarda, invece, i componenti verticali opachi che costituiscono l'involucro, bisogna tenere conto non solo della trasmittanza termica, ma risultano molto importanti anche i parametri dello sfasamento e dell'attenuazione che permettono sia di attraversare il calore (trasmittanza termica), sia di immagazzinare ed accumulare calore (accumulo termico). La strategia maggiormente utilizzata per il contenimento di calore è l'iper isolamento, ma bisogna stare attenti poiché l'eccessivo uso può provocare delle reazioni delle prestazioni energetiche del componente opaco opposte a quelle previste durante il periodo estivo. Infatti, un accumulo eccessivo di calore, può creare un effetto "scatola" se l'edificio non è ben ventilato e, conseguentemente, un maggiore utilizzo di energia attraverso l'uso degli impianti di raffrescamento.

4.3_La scomposizione dei casi studio

In base a quanto detto, il ruolo dei componenti verticali esterni assume, quindi, sempre un maggiore rilievo per la progettazione di un edificio ad energia quasi zero, proprio per questo, i casi studio precedentemente analizzati verranno scomposti in componenti verticali sia opachi che trasparenti con i parametri considerati rispetto alle normative di riferimento (Allegato 1) e riportati nelle seguenti tabelle.

Tale scomposizione serve per potere individuare i parametri richiesti affinché in una fase successiva si possa effettuare una valutazione e comparazione tra questi attraverso una analisi "multicriteri".

In Allegato 2 vengono riportati sinteticamente le informazioni relative alle strategie progettuali (passive ed attive) e al componente dei casi studio, oggetto di analisi nella tesi.

COMPONENTE	ESIGENZE	REQUISITI	INDICATORI	VALORE RISCONTRATO	VALORE DI RIFERIMENTO
OPACO	RISPARMIO ENERGETICO	Controllo flusso di calore per trasmissione	Trasmittanza termica	W/mqK	Si prendono in considerazione i valori di riferimento imposti dal D.Lgs. n° 311/2006
			Sfasamento	h	≥10h Si prendono in considerazione le linee guida per la certificazione degli edifici
			Attenuazione		<0.3 Si prendono in considerazione le linee guida per la certificazione degli edifici

Tabella 8_ Scomposizione componenti opachi.

COMPONENTE	ESIGENZE	REQUISITI	INDICATORI	VALORE RISCONTRATO	VALORE DI RIFERIMENTO
TRASPARENTE	RISPARMIO ENERGETICO	Controllo flusso di calore per trasmissione	Trasmittanza termica	W/mqK	Si prendono in considerazione i valori di riferimento imposti dal D.Lgs. n° 311/2006
		Controllo del flusso di calore per radiazione solare	Fattore solare	——	In riferimento alla UNI TS 11300
			Fattore di ombreggiamento	——	Riferimento UNI-TS 11300

Tabella 9_ Scomposizione componenti trasparenti.

Questa fase, inoltre, è stata supportata dall'analisi e dallo studio effettuato presso il centro di ricerca "Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção" (ITeCons), il quale ha permesso di approfondire determinate tematiche riguardo le prestazioni energetiche dei componenti durante la loro fase d'uso che vengono trattate nella ricerca.

4.4_ Lo strumento di valutazione: l'analisi multicriteri

Una volta individuato il repertorio dei componenti da analizzare, si applica per comodità strumentale l'analisi multicriteri, che consente di individuare il componente "ottimale" rispetto a differenti criteri, scenari di riferimento e parametri.

L'analisi multicriteri è una procedura di comparazione a criteri multipli che ha come scopo quello di contribuire allo sviluppo di un processo di apprendimento che alimenta lo stesso processo decisionale costituito dai seguenti elementi fondamentali⁷:

1. Un "goal" o un insieme di goal che rappresentano l'obiettivo generale che vuole essere raggiunto;
2. Un "decisore" o un gruppo di decisori, coinvolti nel processo di scelta, che sono i soggetti "politici" interessati alla valutazione.
3. Un insieme di "criteri" di valutazione sulla base dei quali i decisori valutano le alternative di soluzioni tecnologiche. Il termine criterio è però una parola generica che include il concetto sia di *obiettivo* che di *attributo*.
4. Un insieme di *alternative* decisionali che devono essere ordinate : esse rappresentano gli oggetti della valutazione e della scelta;
5. Un insieme di *punteggi* che costituiscono gli elementi di una matrice detta *matrice di valutazione*.

In questo caso di modello di valutazione multicriteriale si analizzano i componenti rispetto ai criteri dell'efficienza energetica e della compatibilità ambientale secondo differenti scenari di riferimento. Determinati i criteri e gli scenari con cui effettuare l'analisi, si individuano gli indicatori in relazione all'efficienza energetica ed alla compatibilità ambientale assegnando un peso espresso in percentuale.

Una volta identificati gli indicatori per ciascuna alternativa si costruisce una matrice di valutazione, costituita da n righe (le alternative di componenti) ed m colonne (gli indicatori). La matrice rappresenta il comportamento di ciascun pacchetto funzionale nei confronti degli indicatori utilizzati e riferiti a dei criteri.

Occorre, inoltre standardizzare i risultati ottenuti dalla matrice cosicché si possano avere valori compresi tra 0 e 1, considerando che tanto più si è vicini all'1, tanto più si raggiunge l'obiettivo prefissato; per ciascun indicatore.

Successivamente si ha l'attribuzione di importanza degli indicatori attraverso l'assegnazione di "pesi" e si ottiene la cosiddetta matrice di lavoro pesata, in una scala di misura compresa tra 0 ed 1.

⁷ CALABRÒ F, DELLA SPINA L., *La selezione dei progetti nelle trasformazioni urbane: un'applicazione dell'analisi multicriteriale*, in: Giovanni Maciocco, Paola Pittaluga, *Immagini spaziali e progetto della città*, F. Angeli, Milano (ITA), 2005

4.5_ Applicazione dell'analisi multicriteri

Individuati i componenti dai casi studio analizzati e lo strumento di valutazione da utilizzare, si effettua l'applicazione dell'analisi multicriteri attraverso le seguenti fasi:

1. Selezione dei criteri
2. Selezioni delle soluzioni di involucro
3. Analisi delle performance delle soluzioni
4. Valutazione delle soluzioni di involucro scelte

1. I criteri selezionati per questa ricerca sono: l'efficienza energetica ed la compatibilità ambientale, che vengono analizzati rispetto a tre differenti scenari. Nel primo si dà uguale importanza all'efficienza energetica ed alla compatibilità ambientale, assegnando il peso del 50%; nel secondo si dà un peso maggiore all'efficienza energetica (80%) e nel terzo, invece, il peso maggiore è dato alla compatibilità ambientale (80%).

2. Si prendono, quindi in considerazione i componenti verticali esterni opachi dei casi studio analizzati precedentemente come soluzioni di involucro su cui si applica la valutazione multicriteri. Di seguito vengono descritte le soluzioni costruttive considerate.

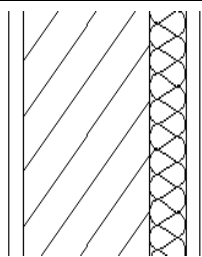
SOLUZIONE A: Parete perimetrale opaca SOLAR XXI	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco interno da 2 cm	0,9
	2	Laterizi da 22 cm	0,9
	3	Isolante in polistirene da 6 cm	0,05
	4	Intonaco esterno da 2 cm	0,9

Tabella 10_ Scomposizione componente opaco Solar XXI.

SOLUZIONE B: Parete Perimetrale opaca NATURALIA BAU	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Lastre in fibreggesso 2 cm	0,58
	2	Pavaflex da 10 cm	0,045
	3	Laterocemento 20 cm	0,9
	4	Pavadentro da 6 cm	0,045
	5	Lastre in fibreggesso 2cm	0,58
	6	Intonaco esterno in argilla da 3 cm	0,12

Tabella 11_ Scomposizione componente opaco Naturalia Bau.

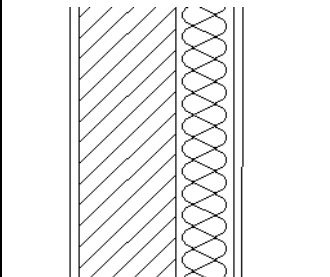
SOLUZIONE C: Parete Perimetrale opaca LEAF HOUSE	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco interno di 2 cm	0,032
	2	Muratura in mattoni di 30 cm	0,9
	3	Isolante in polistirene da 18 cm	0,042
	4	Intonaco esterno di 2 cm	0,032

Tabella 22_ Scomposizione componente opaco Leaf House.

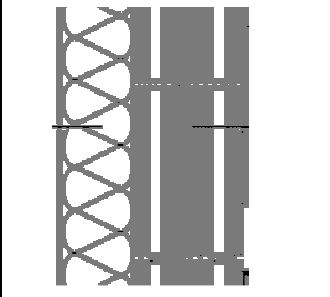
SOLUZIONE D: Parete Perimetrale opaca CASA MASCALUCIA	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco interno in calce da 2 cm	0,9
	2	Muratura in laterizio porizzato da 30 cm	0,9
	3	Isolante in lana di roccia da 20 cm	0,038
	4	Intonaco esterno in argilla da 3,3 cm	0,12

Tabella 33_ Scomposizione componente opaco Casa Mascalucia.


SOLUZIONE E: Parete Perimetrale opaca THE EFFICIENCY HOUSE PLUS	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Pannelli in cartongesso da 1,25 cm	0,21
	2	Isolante in canapa da 6 cm	0,04
	3	Pannello OSB da 2 cm	0,13
	4	Isolante in cellulosa da 36 cm	0,05
	5	Pannello OSB da 2 cm	0,13
	6	Camera d'aria 3 cm	0
	7	Profilo Alluminio 3 cm	220

Tabella 14_ Scomposizione componente opaco The Efficiency house plus.

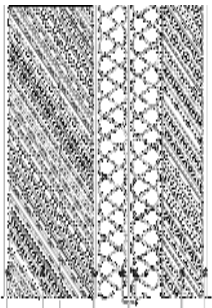
SOLUZIONE F: Parete Perimetrale opaca CASA A TREZZO	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco interno di 1,5 cm	0,9
	2	Muratura portante di 25 cm	0,9
	3	Isolante in poliuretano espanso da 20 cm	0,022
	4	Muratura semiportante da 12 cm	0,59
	5	Intonaco esterno da 1,5 cm	0,9

Tabella 15_ Scomposizione componente opaco casa a Trezzo Tinella.

3. Determinati i componenti verticali da analizzare e valutare si individuano gli indicatori e le performance in relazione all'efficienza energetica ed alla compatibilità ambientale sulla base della scomposizione effettuata precedentemente dei casi studio.

Per l'efficienza energetica si considerano, quindi, la massa superficiale, la trasmittanza termica, la resistenza termica, sfasamento e attenuazione.

Per la compatibilità ambientale, invece, si considerano la massa superficiale e le emissioni di CO₂ durante la fase d'uso.

Considerando che la stessa Direttiva Europea 31/2010 dispone la riduzione delle emissioni di CO₂ e che la maggior parte degli indicatori presi come riferimento sono noti e/o rintracciabili, ci si è concentrati sul valore di emissioni di CO₂ in fase d'uso; parametro, questo, ancora non facilmente reperibile in banche dati, ma determinante ai fini della valutazione della compatibilità ambientale, così come previsto anche dalla normativa cogente. Si costruisce, per questo, una metodologia che prende in considerazione la conducibilità termica dei materiali di cui i componenti sono costituiti e che ne identifica la proprietà di trasmissione di calore.

Questa metodologia consiste nell'individuare, partendo dal dato certo della conducibilità termica, l'energia espressa in KWh; da questo dato si può risalire alle emissioni di CO₂ durante la fase d'uso attraverso la seguente proporzione

$$1\text{KWh} : 0.4332 \text{ Kg CO}_2 = \text{ENERGIA IN KWh} : X$$

Il procedimento di calcolo individuato è stato applicato per tutti i materiali dei componenti analizzati ed è riportato attraverso schede tecniche in Allegato 3.

Per una migliore comprensione delle suddette si propone la seguente chiave di lettura:

<i>MATERIALE DA ANALIZZARE</i>					
λ (W/mk)	λ (KW/mk)	*3600 secondi	*sp. (m) *1k	PROPORZIONE	KgCO2
<i>Conducibilit a' termica del materiale</i>	<i>Conducibilit a' termica trasformata</i>	<i>Si considera l'intervallo di tempo di un'ora</i>	<i>Spessor e del material e</i>	$\frac{1KWh : 0.4332 KgCO2}{1KWh} = 0.0648$	<i>Risultat o emissio ni CO2 in fase d'uso</i>

In alto viene riportato lo strato di materiale a cui fare riferimento per il calcolo, successivamente la tabella sarà strutturata secondo il seguente procedimento:

- Si considera la conducibilità termica dei singoli materiali così da ottenere maggiori informazioni sui componenti rispetto ai materiali utilizzati.
- Si effettua poi una conversione da W a KW per ogni valore di conducibilità termica individuato.
- Si moltiplica la conducibilità termica convertita per 3600 secondi per poter individuare il dato nell'intervallo di tempo pari ad 1 ora.
- Sapendo, inoltre, che la conducibilità termica è la proprietà specifica di ciascun materiale che si definisce come la “quantità di calore trasmesso attraverso 1 mq di un materiale avente spessore di 1 metro per un $\Delta t = 1 K$ (1 Kelvin)”, si moltiplica il valore (1) per $\Delta t = 1 K$ (1 Kelvin) e per lo spessore.
- Infine si effettua la proporzione precedente per potere arrivare al risultato del calcolo delle emissioni di CO2 durante la fase d'uso.

La verifica della metodologia su descritta è riportata in Allegato 4.

Di seguito vengono riportate i parametro considerati per l'applicazione dell'analisi multicriteri.

	Sp	Massa Superficiale	Trasmittanza	Resistenza termica	Sfasamento	Attenuazione	EMISSIONI CO2 FASE D'USO
	(cm)	(Kg/m2)	(W/m2 K)	(m2 K/W)	(h)		(KgCO2)
Soluzione A	32	601,8	0,45	2,22	10,44	0,13	0.42
Soluzione B	43	373,5	0,2	5	18,00	0,04	0.39
Soluzione C	52	607,4	0,15	6,67	14,33	0,02	0.63
Soluzione D	55,3	675,85	0,13	7,69	17,44	0,03	0.54
Soluzione E	53,3	160,59	0,09	11,1	13,3	0,16	12.15
Soluzione F	60	1026	0,1	10	6,17	0,00	0.50

4. Quindi, una volta individuati tutti i parametri da considerare, si effettua un confronto a coppie per valutarne le soluzioni tecnologiche, attribuendo uno dei seguenti punteggi:

- 1 - Indifferente
- 2 - Preferenza minima
- 3 - Preferenza media
- 4 - Preferenza grande
- 5 - Preferenza massima
- 6 - Preferenza assoluta

Inoltre, attribuiti i punteggi alle rispettive soluzioni tecnologiche, si normalizzano i risultati affinché si abbiano solo valori compresi tra 0 e 1.

Di seguito vengono rappresentate le matrici di valutazione comparativa per ogni parametro preso in considerazione.

Matrici per l'efficienza energetica:

MASSA

F>D>C>A>B>E

	A	B	C	D	E	F	p	ps
A	1	5,00	0,50	0,25	6,00	0,20	13,0	0,5
B	0,20	1	0,25	0,25	5,00	0,17	6,9	0,2
C	2,00	4,00	1	0,33	6,00	0,20	13,5	0,5
D	4,00	4,00	3,00	1	6,00	0,20	18,2	0,7
E	0,17	0,20	0,17	0,17	1	0,17	1,9	0,1
F	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00	1	28,0	1,0

TRASMITTANZA

E>F>D>C>B>A

	A	B	C	D	E	F	p	ps
A	1	0,20	0,20	0,20	0,17	0,17	1,9	0,1
B	5,00	1	0,25	0,25	0,20	0,20	6,9	0,3
C	5,00	4,00	1	0,33	0,25	0,25	10,8	0,5
D	5,00	4,00	3,00	1	0,20	0,33	13,5	0,6
E	6,00	5,00	4,00	5,00	1	2,00	23,0	1,0
F	6,00	5,00	4,00	3,00	0,50	1	19,5	0,8

RESISTENZA TERMICA

E>F>D>C>B>A

	A	B	C	D	E	F	p	ps
A	1	0,20	0,20	0,20	0,17	0,17	1,9	0,1
B	5,00	1	0,25	0,25	0,20	0,20	6,9	0,3
C	5,00	4,00	1	0,33	0,25	0,25	10,8	0,5
D	5,00	4,00	3,00	1	0,20	0,33	13,5	0,6
E	6,00	5,00	4,00	5,00	1	2,00	23,0	1,0
F	6,00	5,00	4,00	3,00	0,50	1	19,5	0,8

SFASAMENTO

B>D>C>E>A>F

	A	B	C	D	E	F	p	ps
A	1	0,17	0,20	0,17	0,20	6,00	7,7	0,3
B	6,00	1	5,00	2,00	6,00	6,00	26,0	1,0
C	5,00	0,20	1	0,25	3,00	6,00	15,5	0,6
D	6,00	0,50	4,00	1	5,00	6,00	22,5	0,9
E	5,00	0,17	0,33	0,20	1	6,00	12,7	0,5
F	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	1	1,8	0,1

ATTENUAZIONE

F>C>D>B>A>E

	A	B	C	D	E	F	p	ps
A	1	0,17	0,17	0,17	3,00	0,17	4,7	0,2
B	6,00	1	0,33	0,50	6,00	0,20	14,0	0,6
C	6,00	3,00	1	2,00	6,00	0,33	18,3	0,8
D	6,00	2,00	0,50	1	6,00	0,33	15,8	0,7
E	0,33	0,17	0,17	0,17	1	0,17	2,0	0,1
F	6,00	5,00	3,00	3,00	6,00	1	24,0	1,0

Matrici per la compatibilità ambientale

MASSA

E>B>A>C>D>F

	A	B	C	D	E	F	p	ps
A	1	0,17	2,00	4,00	0,17	6,00	13,3	0,4
B	6,00	1	5,00	5,00	0,20	6,00	23,2	0,8
C	0,50	0,20	1	3,00	0,17	6,00	10,9	0,4
D	0,25	0,20	0,33	1	0,17	6,00	8,0	0,3
E	6,00	5,00	6,00	6,00	1	6,00	30,0	1,0
F	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	1	1,8	0,1

EMISSIONI CO2

B>A>F>D>C>E

	A	B	C	D	E	F	p	ps
A	1	0,33	5,00	4,00	6,00	5,00	21,3	0,9
B	3,00	1	5,00	4,00	6,00	5,00	24,0	1,0
C	0,20	0,20	1	0,25	6,00	0,33	8,0	0,3
D	0,25	0,25	4,00	1	6,00	0,33	11,8	0,5
E	0,17	0,17	0,17	0,17	1	0,17	1,8	0,1
F	0,20	0,20	3,00	3,00	6,00	1	13,4	0,6

Individuati dal confronto a coppie i valori di preferenza dal confronto a coppie, si procede analizzando le soluzioni costruttive in base ai differenti scenari:
 I scenario: efficienza energetica 50%
 compatibilità ambientale 50%

Criteri	Peso	Indicatori	Peso	Peso finale	SOLUZIONI D'INVOLUCRO						SOLUZIONI D'INVOLUCRO					
					A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Efficienza energetica	50%	Massa superficiale	20%	10,0%	0,50	0,20	0,50	0,70	0,10	1,00	0,25	0,10	0,25	0,35	0,05	0,50
		Trasmittanza termica	20%	10,0%	0,10	0,30	0,50	0,60	1,00	0,80	0,05	0,15	0,25	0,30	0,50	0,40
		Resistenza termica	20%	10,0%	0,10	0,30	0,50	0,60	1,00	0,80	0,05	0,15	0,25	0,30	0,50	0,40
		Sfasamento	20%	10,0%	0,30	1,00	0,60	0,90	0,50	0,10	0,15	0,50	0,30	0,45	0,25	0,05
		Attenuazione	20%	10,0%	0,20	0,60	0,80	0,70	0,10	1,00	0,10	0,30	0,40	0,35	0,05	0,50
												0,60	1,20	1,45	1,75	1,35
Compatibilità ambientale	50%	Massa superficiale	50,0%	25,0%	0,40	0,80	0,40	0,30	1,00	0,10	0,20	0,40	0,20	0,15	0,50	0,05
		Emissioni CO2	50,0%	25,0%	0,90	1,00	0,30	0,60	0,10	0,40	0,45	0,50	0,15	0,30	0,05	0,20
											0,65	0,90	0,35	0,45	0,55	0,25
			Punteggi finali							1,25	2,10	1,80	2,20	1,90	2,10	
			Punteggi normalizzati pesati							0,57	0,95	0,82	1,00	0,86	0,95	

III scenario: efficienza energetica 20%
compatibilità ambientale 80%

Criteri	Peso	Indicatori	Peso	Peso finale	SOLUZIONI D'INVOLUCRO						SOLUZIONI D'INVOLUCRO					
					A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Efficienza energetica	20%	Massa superficiale	20%	4,0%	0,50	0,20	0,50	0,70	0,10	1,00	0,10	0,04	0,10	0,14	0,02	0,20
		Trasmittanza termica	20%	4,0%	0,10	0,30	0,50	0,60	1,00	0,80	0,02	0,06	0,10	0,12	0,20	0,16
		Resistenza termica	20%	4,0%	0,10	0,30	0,50	0,60	1,00	0,80	0,02	0,06	0,10	0,12	0,20	0,16
		Sfasamento	20%	4,0%	0,30	1,00	0,60	0,90	0,50	0,10	0,06	0,20	0,12	0,18	0,10	0,02
		Attenuazione	20%	4,0%	0,20	0,60	0,80	0,70	0,10	1,00	0,04	0,12	0,16	0,14	0,02	0,20
												0,24	0,48	0,58	0,70	0,54
Compatibilità ambientale	80%	Massa superficiale	50,0%	40,0%	0,40	0,80	0,40	0,30	1,00	0,10	0,32	0,64	0,32	0,24	0,80	0,08
		Emissioni CO2	50,0%	40,0%	0,90	1,00	0,30	0,60	0,10	0,40	0,72	0,80	0,24	0,48	0,08	0,32
												1,04	1,44	0,56	0,72	0,88
Punteggi finali											1,28	1,92	1,14	1,42	1,42	1,14
Punteggi normalizzati pesati											0,67	1,00	0,59	0,74	0,74	0,59

4.6_ Conclusioni intermedie

Dalla precedente analisi valutativa si hanno, rispettivamente ad ogni scenario, i seguenti risultati parziali.

Nel primo scenario si evidenzia che il componente F - casa a Trezzo Tinella - risulta ottimale per il criterio dell'efficienza energetica, ma la soluzione meno idonea per il criterio della compatibilità ambientale; mentre il componente B - Naturalia Bau - risulta essere ottimale per il criterio della compatibilità ambientale e con discreti valori di efficienza energetica.

Rapportando i due criteri si ha che un buon compromesso è dato dalla soluzione D - Casa Mascalucia.

		SOLUZIONI D'INVOLUCRO					
SCENARIO 1	Obiettivo	A	B	C	D	E	F
	Efficienza Energetica	0,60	1,20	1,45	1,75	1,35	1,85
	Compatibilità ambientale	0,65	0,90	0,35	0,45	0,55	0,25
		1,25	2,10	1,80	2,20	1,90	2,10

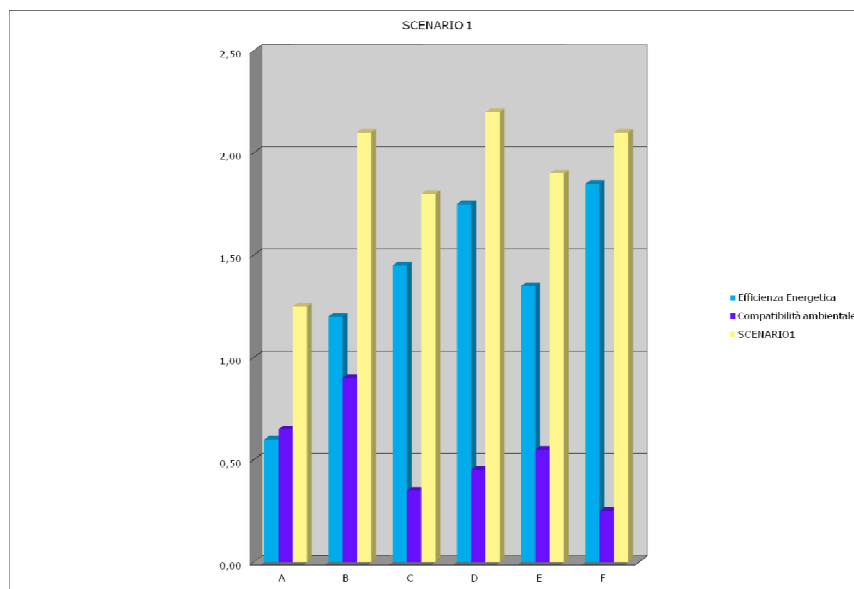


Grafico 5_ Risultati parziali analisi multicriteri - scenario1.

Nel secondo scenario si evidenzia sempre che il componente F - casa a Trezzo Tinella - risulta essere sempre ottimale per il criterio dell'efficienza energetica, ma la soluzione meno idonea per il criterio della compatibilità ambientale; mentre il componente B - Naturalia Bau - risulta essere ottimale per il criterio della compatibilità ambientale e con discreti valori di efficienza energetica.

Tuttavia la soluzione ottimale rispetto a questo scenario risulta essere la F - casa a Trezzo Tinella.

		SOLUZIONI D'INVOLUCRO					
SCENARIO 2	Obiettivo	A	B	C	D	E	F
	Efficienza Energetica	0,96	1,92	2,32	2,80	2,16	2,96
	Compatibilità ambientale	0,26	0,36	0,14	0,18	0,22	0,10
		1,22	2,28	2,46	2,98	2,38	3,06

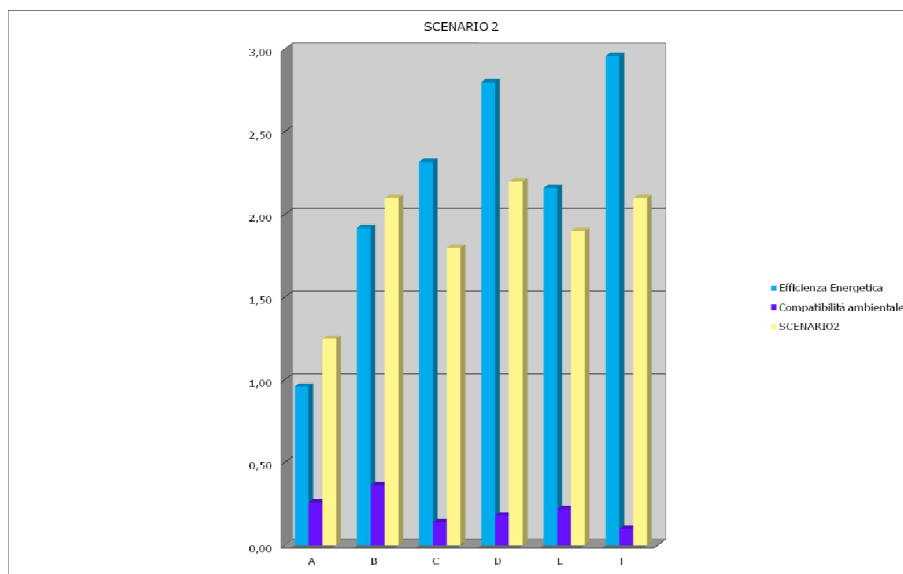


Grafico 6_ Risultati parziali analisi multicriteri - scenario2.

Nel terzo scenario, invece, si evidenzia che il componente F - casa a Trezzo Tinella - risulta sempre ottimale per il criterio dell'efficienza energetica e la soluzione meno idonea per il criterio della compatibilità ambientale e il componente B - Naturalia Bau - risulta essere ottimale per il criterio della compatibilità ambientale e con discreti valori di efficienza energetica.

Rapportando i due criteri si ha che un buon compromesso è dato dalla soluzione B - Naturalia Bau.

		SOLUZIONI D'INVOLUCRO					
SCENARIO 3	Obiettivo	A	B	C	D	E	F
	Efficienza Energetica	0,24	0,48	0,58	0,70	0,54	0,74
	Compatibilità ambientale	1,04	1,44	0,56	0,72	0,88	0,40
		1,28	1,92	1,14	1,42	1,42	1,14

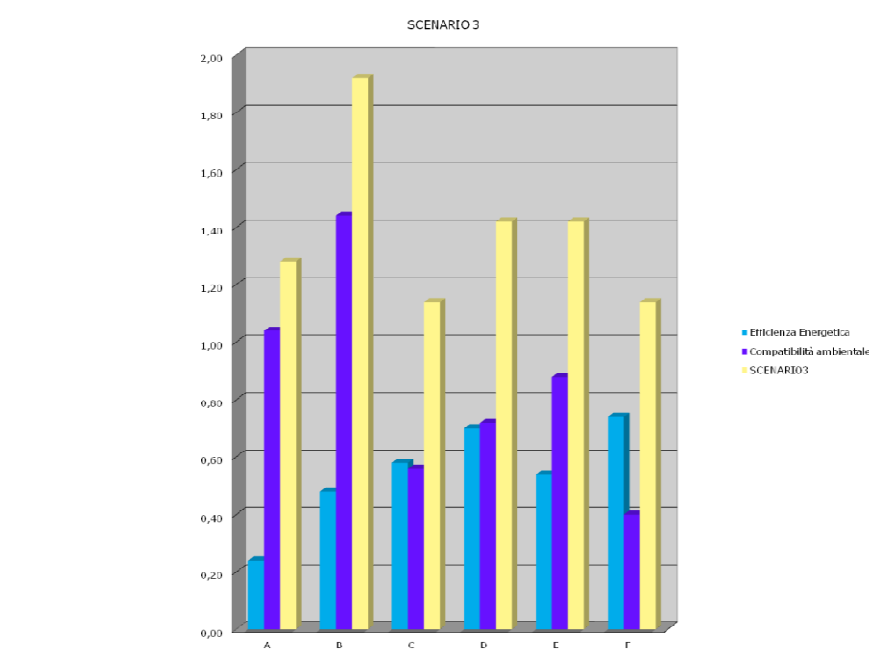


Grafico 7_ Risultati parziali analisi multicriteri - scenario3.

Il risultato di comparazione tra le diverse soluzioni costruttive realizzate, precedentemente elencate e considerate nei diversi scenari, è riportato nel seguente grafico dove nell'asse delle ascisse vengono identificate le soluzioni tecnologiche, mentre nell'asse delle ordinate, i punteggi derivati dal confronto a coppie in rapporto ai differenti scenari:

	A	B	C	D	E	F
Scenario 1	1,25	2,10	1,80	2,20	1,90	2,10
Scenario 2	1,22	2,28	2,46	2,98	2,38	3,06
Scenario 3	1,28	1,92	1,14	1,42	1,42	1,14

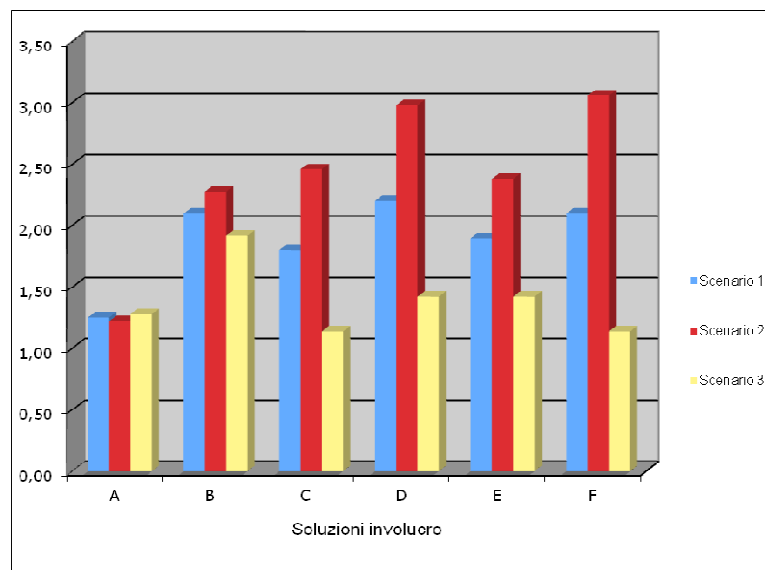


Grafico 8_ Risultati globali analisi multicriteri.

Ne segue che soluzioni migliori rispetto agli scenari sono le seguenti:

SCENARIO I - SOLUZIONE D, Casa Mascalucia;

SCENARIO II - SOLUZIONE F, Casa a Trezzo Tinella;

SCENARIO III - SOLUZIONE B, Naturalia Bau.

SCENARIO I	SCENARIO II	SCENARIO III
Soluzione D: Parete Perimetrale opaca CASA MASCALUCIA	Soluzione F: Parete Perimetrale opaca CASA A TREZZO	Soluzione B: Parete Perimetrale opaca NATURALIA BAU
 <ol style="list-style-type: none"> Intonaco interno in calce da 2 cm Muratura in laterizio porizzato da 30 cm Isolante in lana di roccia da 20 cm Intonaco esterno in argilla da 3,3 cm 		 <ol style="list-style-type: none"> Lastre in fibrogesso 2 cm Pevaflex da 10 cm Laterocemento 20 cm Pavadentro da 6 cm Lastre in fibrogesso 2cm Intonaco esterno in argilla da 3 cm

Tabella 16_ Soluzioni ottimali rispetto agli scenari.

IV FASE: FASE DI CONTESTUALIZZAZIONE _ PROPOSTA DI RICERCA

CAPITOLO V _ La contestualizzazione della soluzione ottimale

5.1_ L'orientamento e la metodologia di contestualizzazione

5.2_ Applicazione della metodologia elaborata

5.3_ Conclusioni intermedie

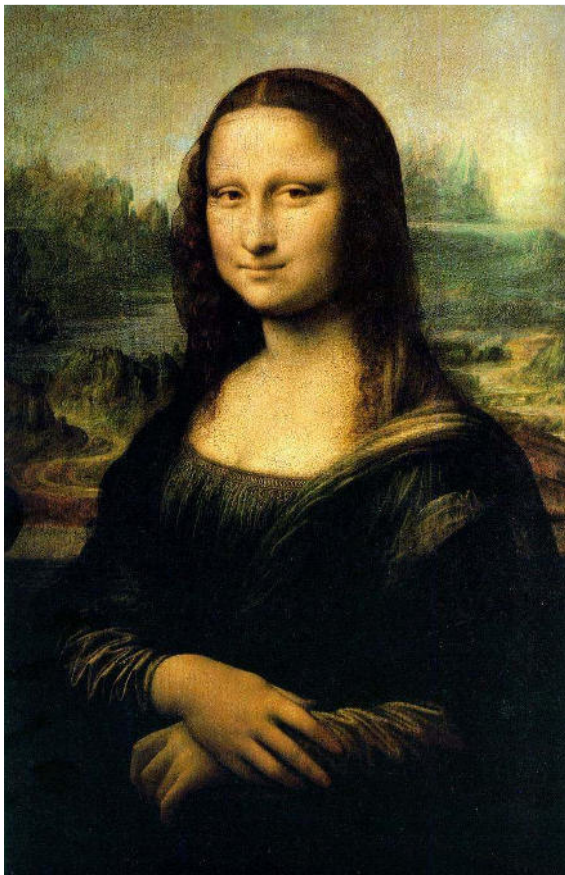


Figura 47_ Louvre, Parigi. La Monna Lisa, Leonardo da Vinci.

5.1_ L'orientamento e la metodologia di contestualizzazione

La progettazione, soprattutto quella volta agli edifici ad energia quasi zero, deve essere una progettazione attenta alle condizioni al contorno e capace di “sfruttare” le risorse che l’ambiente offre mirando a controllare contemporaneamente tre livelli: climatico - ambientale, tipologico e tecnico-costruttivo.

In questa ricerca si intende verificare le prestazioni energetiche del componente durante la fase d'uso rispetto al contesto ambientale di riferimento. Si prende, quindi, il parametro dell'irradiazione solare (UNI 10349¹), che è più specifico, come dato risultante, rispetto alle esposizioni. In questo caso il luogo della contestualizzazione è Reggio Calabria, contesto con differenti cambiamenti climatici nell'arco temporale di un anno e, conseguentemente, diverse necessità prestazionali dei componenti durante la fase d'uso.

	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	9,3 MJ/m ²	10,7 MJ/m ²
SO-SE	14,1 MJ/m ²	8,5 MJ/m ²
E-O	17,5 MJ/m ²	5,2 MJ/m ²
NO-NE	14,8 MJ/m ²	2,5 MJ/m ²
NORD	10,3 MJ/m ²	2,2 MJ/m ²

Tabella 17_ fonte: UNI 10349 - Irradiazione solare globale su superficie verticale lungo le esposizioni a Reggio Calabria.

Una volta individuati i valori della conducibilità termica dei materiali che compongono i componenti, e l'irradiazione solare, come da norma, si effettua un rapporto tra questi così da stabilire la prestazione energetica del componente rispetto all'orientamento.

5.2_ Applicazione della metodologia elaborata

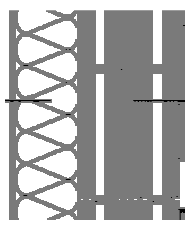
Di seguito viene riportata l'applicazione della contestualizzazione dei componenti risultati ottimali dall'analisi multicriteri effettuata precedentemente sui casi studio:

SCENARIO I - Alternativa D, Casa Mascalucia;

SCENARIO II - Alternativa F, Casa a Trezzo Tinella;

SCENARIO III - Alternativa B, Naturalia Bau.

Di seguito vengono riportate le descrizioni delle alternative di componenti considerate.

Soluzione D: Parete Perimetrale opaca CASA MASCALUCIA	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco interno in calce da 2 cm	0,9
	2	Muratura in laterizio porizzato da 30 cm	0,9
	3	Isolante in lana di roccia da 20 cm	0,038
	4	Intonaco esterno in argilla da 3,3 cm	0,12

¹ UNI 10349. Norma italiana. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici, 1994

Soluzione F: Parete Perimetrale opaca CASA A TREZZO	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco interno di 1,5 cm	0,9
	2	Muratura portante di 25 cm	0,9
	3	Isolante in poliuretano espanso da 20 cm	0,022
	4	Muratura semiportante da 12 cm	0,59
	5	Intonaco esterno da 1,5 cm	0,9

Soluzione B: Parete Perimetrale opaca NATURALIA BAU	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Lastre in fibrogesso 2 cm	0,58
	2	Pavaflex da 10 cm	0,045
	3	Laterocemento 20 cm	0,9
	4	Pavadentro da 6 cm	0,045
	5	Lastre in fibrogesso 2cm	0,58
	6	Intonaco esterno in argilla da 3 cm	0,12

Una volta individuati i valori della conducibilità termica dei materiali delle alternative, come sopra indicati, e dell'irradiazione solare, come da norma, si effettua un rapporto tra questi così da stabilire la prestazione energetica ottimale del componente rispetto all'orientamento.

Nella Tabella che segue vengono indicati i risultati delle prestazioni energetiche ottenute per i rispettivi componenti ed orientamenti.

SOLUZION I/ ORIENTA MENTO	SUD estate	SUD inverno	S.O.- S.E. estate	S.O.- S.E. inverno	E-O estate	E-O inverno	N.O.- N.E. estate	N.O.- N.E. inverno	NORD estate	NORD inverno
D	0,41	0,36	0,27	0,45	0,22	0,74	0,26	1,55	0,37	1,76
F	0,45	0,39	0,3	0,49	0,24	0,81	0,28	1,68	0,41	1,91
B	0,29	0,25	0,19	0,32	0,15	0,52	0,18	1,09	0,26	1,24

Tabella 118_ Risultati della relazione tra conducibilità termica e radiazione solare a Reggio Calabria.

Da tale tabella si evince come l'orientamento di un componente incida sulla prestazione energetica dello stesso durante la propria fase d'uso, infatti, da tale contestualizzazione risulta che l'alternativa B presenta interessanti prestazioni durante il periodo estivo, soprattutto nelle esposizioni S.O. - S.E. - E. - O. - N.O. - N.E.; mentre l'alternativa F, durante il periodo invernale soprattutto nelle direzioni NORD - N.O. - N.E. - E - O.

5.3_ Conclusioni intermedie

Da questa contestualizzazione si deduce che minore è l'irradiazione solare, maggiore è il rapporto tra la conducibilità termica dei materiali che costituiscono il componente e, conseguentemente, maggiore è la trasmissione di calore.

Quindi, considerando che durante il periodo invernale è necessaria una maggiore trasmissione di calore dall'esterno all'interno, mentre nel periodo estivo bisogna avere una minore trasmissione di calore; in un contesto climatico locale, quale Reggio Calabria, si evidenzia che l'alternativa B presenta interessanti prestazioni durante il periodo estivo, soprattutto nelle esposizioni S.O. - S.E. - E. - O. - N.O. - N.E.; mentre l'alternativa F, prestazioni interessanti durante il periodo invernale soprattutto nelle direzioni NORD - N.O. - N.E. - E - O.

Inoltre, da quanto sopra esposto si può comprendere come l'attenzione ai componenti di facciata analizzati rispetto alla loro stratigrafia ed alla conducibilità termica dei materiali che li caratterizzano, può rappresentare un'ulteriore informazione per il contenimento della prestazione energetica di un edificio.

V FASE: FASE DI VERIFICA _ VERIFICA E VALIDAZIONE

CAPITOLO VI_ Verifica della metodologia elaborata

6.1_ Oggetto di verifica

6.2_ La contestualizzazione a Roma delle alternative risultate ottimali

6.3_ Applicazione della verifica

6.4_ Conclusioni intermedie



Figura 48_ Museo di Sammlungen, Monaco. Il controllo delle botti, Hans Weiditz.

6.1_ Oggetto di verifica

La metodologia elaborata nei capitoli precedenti può essere applicata sia alla progettazione ex novo di un edificio ad energia quasi zero, sia alla riqualificazione energetica dell'esistente, almeno per gli edifici pubblici, come previsto dalla Direttiva Europea 31/2010.

Come oggetto della verifica si è preso in considerazione il Bando di Concorso per la riqualificazione degli edifici pubblici, inerente i "Lavori di progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori di ristrutturazione ed adeguamento del compendio sito in Via Marcello Boglione, Roma - Progetto definitivo - Edifici B e C", pubblicato il 27 maggio 2014 sulla Gazzetta Ufficiale Europea.



Figura 149_ Edifici B e C- oggetto di bando

Il progetto di ristrutturazione consiste nel riqualificare gli edifici costruiti negli anno '90, attualmente dismessi e in stato di abbandono, in maniera tale da non alterare il progetto approvato, ma migliorarlo dal punto di vista energetico - prestazionale secondo i requisiti previsti dalla Direttiva Europea EPBD2 n°31/2010, sugli edifici ad energia quasi zero.

Il bando preso in esame si svolge secondo una procedura aperta utilizzando come criterio di aggiudicazione l'offerta economicamente più vantaggiosa, per un totale di € 23.128.799,73 con i fondi dell'Agenzia delle Entrate (Allegato 5).

Come previsto dal bando i requisiti ai quali le migliorie devono rispondere sono quelli di sostenibilità ambientale attraverso l'adozione di alcune strategie, quali:

- **Strategie per il risparmio energetico**
- Strategie per ridurre l'impatto ecologico dell'attività produttiva
- Strategie per migliorare la salubrità e qualità ecologica dell'ambiente costruito
- ...

Considerando gli obiettivi della tesi, ci si sofferma sulle **strategie per il risparmio energetico**, con attenzione alle **prestazioni energetiche** dei componenti in relazione ai **sistemi di controllo del flusso di calore**, come ribadito nel bando.

Si va, quindi, ad analizzare lo stato di fatto dell'edificio nel suo complesso, inserito in un preciso contesto ambientale climatico che coincide con il Municipio V della città di Roma. Successivamente, si scompone l'edificio nei suoi componenti verificandone le prestazioni rispetto al loro orientamento, studiando la corretta interazione dell'ambiente esterno con il sistema costruttivo e non modificandone la volumetria.

Inoltre, sempre partendo dalle specifiche di prestazione energetiche - ambientale richieste dalle Norme Tecniche per gli edifici pubblici, occorre sviluppare la valutazione delle condizioni di benessere termico, sia invernale che estivo, sulla base dei parametri di cui in Tabella2.

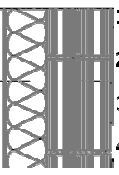
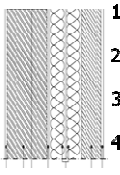
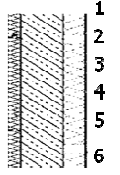
▪ Temperatura radiante e temperatura dell'aria (temperatura operante);
▪ Umidità;
▪ Trasmittanza della soluzione tecnologica;
▪ Sfasamento;
▪ Conducibilità Termica dei materiali;
▪ ...

Tabella 19_ Alcuni parametri tecnico normativi.

6.2_ La contestualizzazione a Roma delle alternative risultate migliori

Prima di applicare la metodologia da adottare per la riqualificazione energetica dell'oggetto del bando su citato, si fa riferimento ai componenti degli edifici ad energia quasi zero analizzati nelle fasi precedenti e si contestualizzano a Roma le alternative risultate migliori rispetto agli scenari individuati come possibili soluzioni migliorative.

Di seguito si riportano le alternative risultate migliori.

SCENARIO I	SCENARIO II	SCENARIO III
Alternativa D: Parete Perimetrale opaca CASA MASCALUCIA	Alternativa F: Parete Perimetrale opaca CASA A TREZZO	Alternativa B: Parete Perimetrale opaca NATURALIA BAU
 <ol style="list-style-type: none"> 1 Intonaco interno in calce da 2 cm 2 Muratura in laterizio porizzato da 30 cm 3 Isolante in lana di roccia da 20 cm 4 Intonaco esterno in argilla da 3,3 cm 	 <ol style="list-style-type: none"> 1 Intonaco interno di 1,5 cm 2 Muratura portante di 25 cm 3 Isolante in poliuretano espanso da 20 cm 4 Muratura semiportante da 12 cm 5 Intonaco esterno da 1,5 cm 	 <ol style="list-style-type: none"> 1 Lastre in fibrogesso 2 cm 2 Pavaflex da 10 cm 3 Laterocemento 20 cm 4 Pavadentro da 5 cm 5 Lastre in fibrogesso 2cm 6 Intonaco esterno in argilla da 3 cm

Considerando, quindi, l'irradiazione solare a Roma, vengono riportati nella tabella di seguito i valori di prestazione energetica rispetto all'orientamento applicando la metodologia di contestualizzazione.

ESPOSIZIONE/ MESE	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	9.9 MJ/m ²	9.3 MJ/m ²
SO-SE	13.7 MJ/m ²	7.3 MJ/m ²
E-O	16.4 MJ/m ²	4.3 MJ/m ²
NO-NE	13.8 MJ/m ²	2.0 MJ/m ²
NORD	10 MJ/m ²	1.8 MJ/m ²

Tabella 20_ fonte: UNI 10349 - Irradiazione solare globale su superficie verticale lungo le esposizioni a Roma.

SOLUZION NI/ ORIENTA MENTO	SUD estate	SUD inverno	S.O.- S.E. estate	S.O.- S.E. inverno	E-O estate	E-O inverno	N.O. N.E. estate	N.O.- N.E. inverno	NORD estate	NORD inverno
D	0,39	0,42	0,28	0,53	0,23	0,9	0,28	1,94	0,38	2,15
F	0,42	0,45	0,31	0,58	0,26	0,98	0,3	2,11	0,42	2,34
B	0,26	0,29	0,2	0,37	0,16	0,63	0,2	1,36	0,27	1,51

Tabella 21_ Risultati della relazione tra conducibilità termica ed irradiazione solare a Roma.

Dall'applicazione della contestualizzazione a Roma e dai risultati ottenuti da essa ne segue che l'alternativa F ha interessanti prestazioni durante il periodo invernale, comunque essa esposta, mentre l'alternativa B presenta interessanti prestazioni durante il periodo estivo.

Riprendendo la contestualizzazione effettuata a Reggio Calabria nella fase precedente e confrontando le prestazioni energetiche dei rispettivi componenti in diversi contesti, si nota come al variare del contesto climatico locale, variano le prestazioni energetiche del componente in base all'orientamento, in questo caso soprattutto durante il periodo invernale.

Si nota, infatti, come le alternative presentino valori differenti a Roma rispetto Reggio Calabria.

SOLUZIONI/ ORIENTAMENTO	SUD estate	SUD inverno	S.O.- S.E. estate	S.O.- S.E. inverno	E-O estate	E-O inverno	N.O. N.E. estate	N.O. N.E. inverno	NORD estate	NORD inverno
D	0,39	0,42	0,28	0,53	0,23	0,9	0,28	1,94	0,38	2,15
F	0,42	0,45	0,31	0,58	0,26	0,98	0,3	2,11	0,42	2,34
B	0,26	0,29	0,2	0,37	0,16	0,63	0,2	1,36	0,27	1,51

Tabella 22_ Risultati della relazione tra conducibilità termica ed irradiazione solare a Roma.

SOLUZIONI/ ORIENTAMENTO	SUD estate	SUD inverno	S.O.- S.E. estate	S.O.- S.E. inverno	E-O estate	E-O inverno	N.O. N.E. estate	N.O. N.E. inverno	NORD estate	NORD inverno
D	0,41	0,36	0,27	0,45	0,22	0,74	0,26	1,55	0,37	1,76
F	0,45	0,39	0,3	0,49	0,24	0,81	0,28	1,68	0,41	1,91
B	0,29	0,25	0,19	0,32	0,15	0,52	0,18	1,09	0,26	1,24

Tabella 23_ Risultati della relazione tra conducibilità termica ed irradiazione solare a Reggio Calabria.

6.3_ Applicazione della verifica

Analisi dello stato di fatto

Considerando il bando di riferimento (Allegato 5) per la verifica della metodologia elaborata, si analizzano gli edifici oggetto di bando, inerente i "Lavori di progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori di ristrutturazione ed adeguamento del compendio sito in Via Marcello Boglione, Roma - Progetto definitivo - Edifici B e C", pubblicato il 27 maggio 2014 sulla Gazzetta Ufficiale Europea.

Essi si presentano in uno stato generale di degrado, dovuto sia agli agenti atmosferici che ad attacchi di vandalismo.

Le soluzioni tecnologiche per il risparmio energetico risultano superate e considerando l'espressa richiesta del Bando di non modificare l'aspetto estetico formale dell'edificio, viene preso per la verifica del metodo elaborato, il componente opaco verticale esterno con esposizione verso sud ed est. Per verificare, inoltre, l'adattabilità della metodologia su diversi componenti, si è scelto di effettuare la verifica sul componente opaco esistente che costituisce la facciata ventilata dell'edificio (Allegato 6).



Figura 50_ Edificio oggetto di bando.

LO STATO DI FATTO

Stato di fatto	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco di calce e gesso di 1,5cm	0,7
	2	Mattone forato di (25x8x25)cm	0,9
	3	Strato d'aria verticale 5cm	0,28
	4	Mattone pieno (25x12x5)cm	0,9
	5	Polistirene espanso estruso da 5cm	0,041
	6	Strato d'aria verticale da 2,5cm	0,150
	7	Lamina d'acciaio verniciata da 2mm	17,00

Tabella 24_ Lo stato di fatto - la parete ventilata.

Una volta individuato lo stato di fatto si effettua la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche per i rispettivi orientamenti.

ESPOSIZIONE/ MESE	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	9.9 MJ/m ²	9.3 MJ/m ²
SO-SE	13.7 MJ/m ²	7.3 MJ/m ²
E-O	16.4 MJ/m ²	4.3 MJ/m ²
NO-NE	13.8 MJ/m ²	2.0 MJ/m ²
NORD	10 MJ/m ²	1.8 MJ/m ²

Tabella 25_ fonte: UNI 10349 - Irradiazione solare globale su superficie verticale lungo le esposizioni a Roma.

Di seguito vengono riportati i valori della relazione tra la conducibilità termica dello stato di fatto e l'irradiazione solare a Roma nelle esposizioni SUD ed EST.

ESPOSIZIONE/ MESE	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	0.74	0.78
EST	0.44	1.7

Tabella 26_ Risultati della relazione tra conducibilità termica ed irradiazione solare a Roma.

Le soluzioni alternative

In merito a quanto detto e richiesto dal bando, si sono andate ad individuare le soluzioni tecnologiche alternative migliorative che rispondono ai requisiti e alle strategie stabilite da bando attraverso una ricerca di mercato.

Si propongono così tre alternative di facciata, delle quali in Allegato 7 sono riportate le schede tecniche, che verranno anch'esse analizzate attraverso l'analisi multicriteri e valutate secondo la metodologia proposta durante la fase di elaborazione e contestualizzazione.

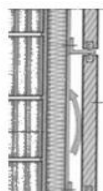
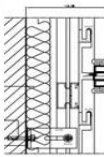
Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
 <ol style="list-style-type: none"> 1. Intonaco interno di calce 2. Laterizio forato 3. Intercapedine di aria 4. Laterizio pieno 5. Isolante in polistirene espanso 6. Intercapedine d'aria 7. Pannelli di fibre di legno 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Intonaco interno di calce 2. Laterizio forato 3. Intercapedine di aria 4. Laterizio pieno 5. PVC 6. Isolante termico idrorepellente 7. Intercapedine d'aria 8. Lastra porcellanata laminata 9. <u>Lastra porcellanata laminata</u> 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Intonaco interno di calce 2. Laterizio forato 3. Intercapedine di aria 4. Laterizio pieno 5. Isolante polistirene 6. Intercapedine d'aria 7. Lastra di alluminio

Tabella 127_ Alternative migliorative.

Riprendendo la metodologia applicata nella fase di elaborazione della ricerca, si effettua l'analisi multicriteri applicata alle tre alternative rintracciabili sul mercato e costituite da materiali differenti.

I dettagli riguardo l'applicazione dell'analisi multicriteri sono riportati in Allegato 8.

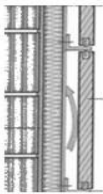
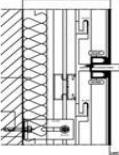
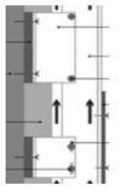
Si può riassumere il procedimento nelle seguenti fasi:

1. SELEZIONE DEI CRITERI

I criteri selezionati per questa applicazione di verifica sono: l'efficienza energetica e la compatibilità ambientale, i quali vengono analizzati rispetto a tre differenti scenari. Nel primo si dà uguale importanza all'efficienza energetica ed alla compatibilità ambientale, assegnando il peso del 50%; nel secondo si dà un peso maggiore all'efficienza energetica (80%) e nel terzo, invece, il peso maggiore è dato alla compatibilità ambientale (80%).

2. SELEZIONE DELLE SOLUZIONI DI INVOLUCRO

Le soluzioni di involucro considerate sono le tre alternative migliorative di facciata su citate e così scomposte:

Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
 <ol style="list-style-type: none"> 1. Intonaco interno di calce 2. Laterizio forato 3. Intercapedine di aria 4. Laterizio pieno 5. Isolante in polistirene espanso 6. Intercapedine d'aria 7. Pannelli di fibre di legno 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Intonaco interno di calce 2. Laterizio forato 3. Intercapedine di aria 4. Laterizio pieno 5. PVC 6. Isolante termico idrorepellente 7. Intercapedine d'aria 8. Lastra porcellanata laminata 9. 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Intonaco interno di calce 2. Laterizio forato 3. Intercapedine di aria 4. Laterizio pieno 5. Isolante polistirene 6. Intercapedine d'aria 7. Lastra di alluminio

3. ANALISI DELLE PERFORMANCE DELLE SOLUZIONI

Determinati i componenti verticali da analizzare e valutare si individuano gli indicatori e le performance in relazione all'efficienza energetica ed alla compatibilità ambientale sulla base della scomposizione effettuata precedentemente dei casi studio.

Per l'efficienza energetica si considerano, quindi, la massa superficiale, la trasmittanza termica, la resistenza termica, sfasamento e attenuazione.

Per la compatibilità ambientale, invece, si considerano la massa superficiale e le emissioni di CO2 durante la fase d'uso, i cui dettagli di calcolo sono riportati in Allegato 9.

Di seguito viene riportata la tabella sintetica dei parametri presi in considerazione:

	Sp	Massa Superficiale	Trasmittanza	Resistenza termica	Sfasamento	Attenuazione	EMISSIONI CO2 FASE D'USO ¹
	(cm)	(Kg/m2)	(W/m2 K)	(m2 K/W)	(h)		(KgCO2)
Alternativa A	37	263	0,48	2,00	9,33	0,24	0,29
Alternativa B	37,7	249	0,31	3,17	8,12	0,22	0,30
Alternativa C	37,4	247	0,37	2,73	8,35	0,24	0,82

4. VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE SCELTE

Una volta individuati tutti i parametri da considerare, si effettua un confronto a coppie per valutarne le alternative, attribuendo uno dei seguenti punteggi:

- 1 - Indifferente
- 2 - Preferenza minima
- 3 - Preferenza media
- 4 - Preferenza grande
- 5 - Preferenza massima
- 6 - Preferenza assoluta

Inoltre, attribuiti i punteggi alle alternative, si normalizzano i risultati affinché si abbiano solo valori compresi tra 0 e 1.

¹ In Allegato 9 vengono riportate le schede con il procedimento per il calcolo delle emissioni di CO2 durante la fase d'uso.

Dai risultati dell'analisi multicriteri si riscontra che sia per lo scenario dell'efficienza energetica che per la compatibilità ambientale l'alternativa B risulta essere ottimale rispetto alle altre soluzioni tecnologiche considerate.

	A	B	C
Efficienza Energetica	1,25	1,80	0,75
Compatibilità ambientale	0,40	0,70	0,53
	1,65	2,50	1,28

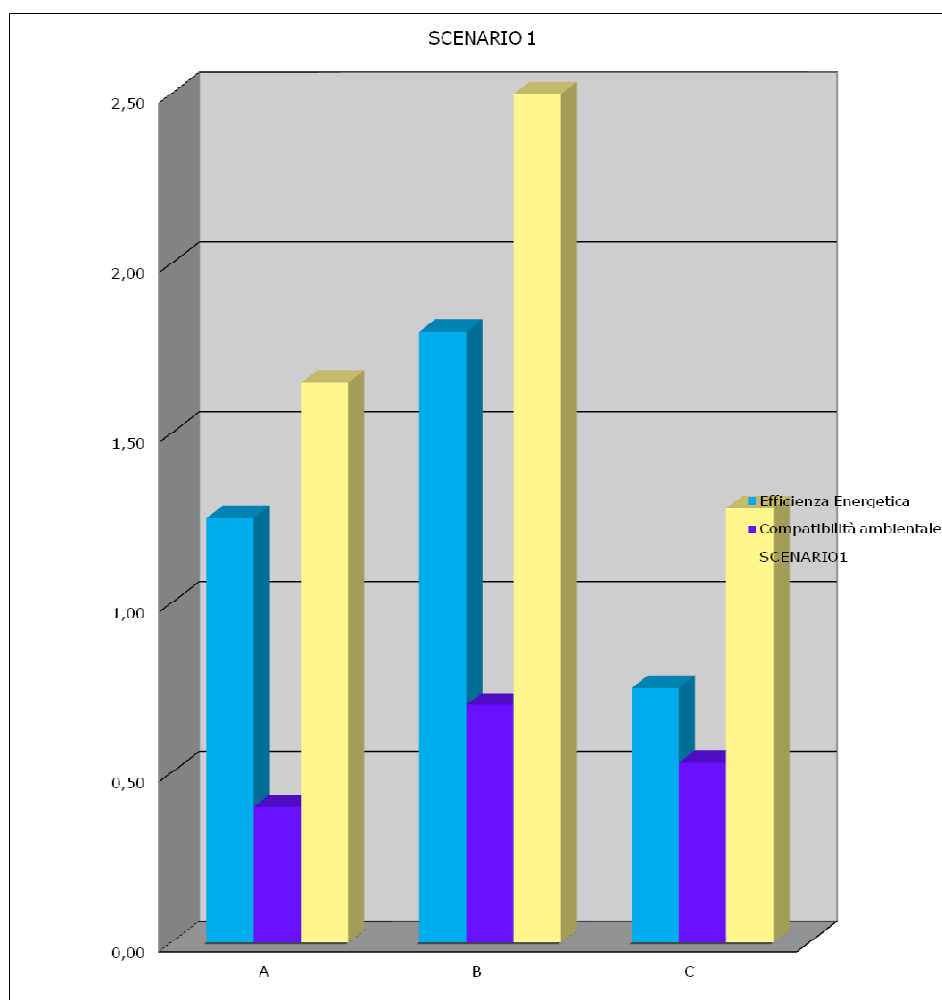


Grafico 10_ Risultati analisi multicriteri.

Si prende, quindi in considerazione l'alternativa B (risultata ottimale) e si applica la metodologia di valutazione delle prestazioni energetiche contestualizzando tale componente nella città di Roma.

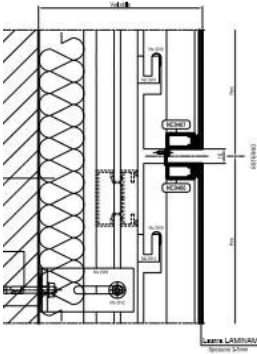
ALTERNATIVA B	N°	Descrizione stratigrafia	CONDUCIBILITA' TERMICA W/mK
	1	Intonaco di calce e gesso di 1,5cm	0,7
	2	Mattone forato di (25x8x25)cm	0,9
	3	Strato d'aria verticale 5cm	0,28
	4	Mattone pieno (25x12x5)cm	0,9
	5	PVC da 3mm	0,2
	6	Isolante termico idrorepellente da 8cm	0,033
	7	Intercapedine d'aria da 2,5cm	0,150
	8	Lastra porcellanata laminam da 3.5 mm	1,05

Tabella 28_ Componente migliorativo ottimale.

Applicando la metodologia di contestualizzazione simulata precedentemente, si considera la conducibilità termica dei materiali (trasformata in MJ) in base al loro spessore, e l'irradiazione solare (definita dalla normativa) nei mesi di giugno e dicembre lungo le esposizioni della facciata, in questo caso sud ed est.

CONDUCIBILITA' TERMICA DEL COMPONENTE B:

0.75404 KWh

che trasformata in MJ risulta:

0.75404 KWh = 2.71 MJ

Si considerano, quindi i valori di irradiazione solare globale sulle superfici verticali a Roma, nello specifico nelle esposizioni a SUD - EST - OVEST e si rapporta la conducibilità termica del componente B rispetto ai relativi spessori dei materiali, con l'irradiazione solare data dalla normativa UNI 10349.

ESPOSIZIONE/ MESE	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	9.9 MJ/m ²	9.3 MJ/m ²
SO-SE	13.7 MJ/m ²	7.3 MJ/m ²
E-O	16.4 MJ/m ²	4.3 MJ/m ²
NO-NE	13.8 MJ/m ²	2.0 MJ/m ²
NORD	10 MJ/m ²	1.8 MJ/m ²

Tabella 29_ fonte: UNI 10349 - Irradiazione solare globale su superficie verticale lungo le esposizioni a Roma.

PRESTAZIONI ENERGETICHE ALTERNATIVA B

ESPOSIZIONE/ MESE	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	0.27	0.29
EST	0.16	0.63

Tabella 30_ Prestazioni energetiche alternativa migliorativa

6.4_ Conclusioni intermedie

Comparando i valori risultati dello stato di fatto e della alternativa B, si può evidenziare un miglioramento delle prestazioni energetiche del componente in fase d'uso durante il periodo estivo. Durante il periodo invernale, invece, la parete accumulerà meno calore che sarà compensato dalla presenza di vetrate nell'edificio - come riportato nella immagine in figura 66, dove con il blu vengono evidenziate le vetrate e con il giallo la facciata ventilata.

PRESTAZIONI ENERGETICHE STATO DI FATTO

ESPOSIZIONE/ MESE	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	0.74	0.78
EST	0.44	1.7

Tabella 31_ Prestazioni energetiche stato di fatto.

PRESTAZIONI ENERGETICHE ALTERNATIVA B

ESPOSIZIONE/ MESE	GIUGNO	DICEMBRE
SUD	0.27	0.29
EST	0.16	0.63

Tabella 32_ Prestazioni energetiche alternativa migliorativa.



Figura 51_ Facciate Sud ed Est edificio.

La simulazione, relativa all'applicazione della metodologia elaborata e condotta su un bando di concorso attuale, ha permesso di affrontare la problematica in maniera diretta e di valutarne la richiesta e la fattibilità.

Questo bando di riqualificazione energetica, infatti, è solo una tra le tante domande esistenti di riqualificazione energetica degli edifici. Proprio per questo, la problematica affrontata risulta essere attuale ed esistente.

Inoltre, la verifica effettuata sulla metodologia valida la tesi enunciata, secondo cui le prestazioni energetiche del componente in fase d'uso variano rispetto al contesto climatico locale di riferimento, nello specifico rispetto all'orientamento.

Da tale verifica, inoltre, risulta che la metodologia è anche dinamica, ovvero adattabile a differenti contesti climatici e diviene, quindi, possibile strumento di valutazione e progettazione utile sia al progettista, che ai tecnici e al mondo della produzione.

CONCLUSIONI
Ulteriori problemi aperti

Conclusioni

La ricerca ha inteso sviluppare un iter metodologico finalizzato alla definizione di un criterio utile a misurare, con prassi differenti rispetto ai metodi correnti, alcune prestazioni energetiche di tipologie date di componenti edilizi considerati nella fase d'uso (o di esercizio) ed a compendio dei valori richiesti da apparati normativi di varia scala.

Tale misurazione è rivolta al supporto decisionale riguardo il progetto di Edifici ad Energia Quasi Zero (Nearly Zero Energy Building_NZEB).

In particolare, lo studio focalizza le attenzioni di metodo su elementi e componenti delle chiusure verticali esterne, nella loro percentuale opaca, condividendo l'assunto che vede nell'involucro, l'elemento cardine per le dinamiche di controllo e gestione dei flussi che intercorrono tra l'edificio ed il proprio contesto, e dei flussi energetici in particolare.

L'impegno che è stato preso dai Paesi aderenti al Protocollo di Kyoto riguardo gli impatti ambientali e le modalità energetiche dei processi di trasformazione, ha portato, infatti, all'adozione di nuove strategie da adottare nel settore delle costruzioni; per questo le Direttive 31/2010 e 27/2012 hanno rispettivamente introdotto e poi validato il concetto di edificio ad energia quasi zero (NZEB). Di questo, lo studio ha individuato ed analizzato le definizioni e le metodologie ad oggi utilizzate. Tuttavia, non esiste ancora una definizione e classificazione univoca per tali edifici e per questo sono state prese in esame le strategie progettuali, le tecnologie adottate ed i protocolli di certificazione esistenti. Attraverso l'analisi dei casi studio si è riscontrato, infatti, che gli NZEB non sono tutti uguali, ma si ha la necessità di effettuare una distinzione tra essi in base ad un preciso metodo condiviso dagli Stati Membri in grado di misurare e classificare le prestazioni energetiche dell'organismo edilizio.

La sperimentazione si è incardinata e sviluppata nell'acquisizione "normata e protocollare" dei diversi contesti climatici e ambientali quindi, e in particolare, considerando solo le prestazioni energetiche dei componenti d'involucro verticale opachi, investiti dalle diverse sollecitazioni esclusivamente durante fase d'uso dell'edificio.

In questo, il parametro della contestualizzazione ha costituito il riferimento strumentale principe per le azioni sperimentali, di controllo e verifica del metodo. In questa luce, i dati e le informazioni relative agli assetti, fattori ed elementi climatici sono stati acquisiti ed elaborati ai fini delle traduzioni in valori prestazionali utili alle decisioni.

I risultati ottenuti dalla contestualizzazione e, successivamente, dalla verifica effettuata sulla metodologia elaborata, dimostrano che il contesto climatico locale di riferimento, analizzato nello specifico dell'orientamento, influenza le prestazioni energetiche dei componenti durante la loro fase d'uso.

Il prodotto della ricerca

è, quindi, una metodologia applicabile sia per la riqualificazione energetica dell'esistente che per le nuove costruzioni, indicando le strategie più appropriate per il raggiungimento di valori più vicini ad uno NZEB.

Tale metodologia risulta essere dinamica, ovvero adattabile a differenti contesti climatici e diviene, quindi, possibile strumento di valutazione e progettazione utile sia ai tecnici, come strumento di valutazione progettuale all'interno anche di bandi di gara; sia al progettista, per individuare le migliori strategie da utilizzare per una progettazione o



Figura 52_ La metodologia come strumento dinamico.

riqualificazione; sia al mondo della produzione per valutare e migliorare le prestazioni energetiche dei componenti. Essa, inoltre, a differenza delle procedure utilizzate dai software per l'analisi energetica dell'edificio, si sofferma sulla fase di esercizio dell'edificio e considera la conducibilità termica dei materiali rispetto al loro spessore e non la trasmittanza termica del componente, poiché la prima consente di avere maggiori informazioni riguardo i materiali di cui il componente è costituito. Questa metodologia porta quindi ad una possibile implementazione della procedura utilizzata dai software.

Emerge, inoltre, che le richieste di miglioramento delle performance energetiche degli edifici, nonché dei componenti, sono problematiche attuali e ricorrenti, soprattutto nei bandi di gara di riqualificazione energetica degli edifici pubblici.

L'iter metodologico è stato condotto attraverso lo studio e la costruzione di strumenti necessari per l'elaborazione delle informazioni raccolte. Le conclusioni intermedie delle fasi della ricerca, inoltre, hanno evidenziato alcuni nodi critici che si sono presentati durante lo sviluppo della tesi.

L'innovazione del prodotto finale è connessa al concetto di contestualizzazione, sia rispetto alle condizioni climatico - ambientali che ai requisiti richiesti dalla normativa vigente.

Ulteriore punto di forza è rappresentato dal coinvolgimento di discipline diverse sia in ambito fisico-tecnico, che tecnologico e progettuale¹.

ULTERIORI PROBLEMI APERTI

Le relazioni fra le problematiche indagate, i parametri e gli indicatori di influenza del contesto, rispetto al comportamento energetico dell'involucro, costituiscono una modalità di lettura delle prestazioni energetiche innovativa. Lo strumento proposto si caratterizza sia per la possibilità di applicare tale metodologia sull'edilizia esistente e sui nuovi fabbricati, sia per le connessioni individuate tra l'oggetto edilizio e il contesto affinché si possano definire strategie progettuali appropriate per gli interventi di retrofit energetico.

Tuttavia, i contributi offerti da questa tesi di dottorato riguardo le problematiche energetiche individuate, rappresentano un parziale punto di arrivo, ma possono essere anche una base per lo sviluppo di ulteriori ricerche.

Lo studio condotto ha, infatti, evidenziato la necessità di considerare numerosi parametri per la definizione di strategie e performance energetiche. Partendo, quindi, dalla concezione di edificio ad energia quasi zero, e premesso che la tesi proposta si è indirizzata sulla prestazione energetica dei componenti in fase d'uso, si ritiene importante sottolineare che, per una maggiore completezza delle informazioni, è opportuno considerare altri fattori che possono influenzare la prestazione energetica globale dell'edificio, quali: calcolare le emissioni di CO₂ durante la fase d'uso considerando anche il fattore tempo e durata dei materiali; la possibilità di implementare le soluzioni tecnologiche di riferimento; l'analisi e la valutazione dei costi; la manutenzione e gestione del materiale e del componente e l'influenza che essa ha sulle prestazioni e sui costi; la durata delle prestazioni energetiche del componente lungo un asse temporale rispetto ai materiali ed alle destinazioni d'uso; la possibilità di implementare i parametri di influenza del contesto associati anche ai possibili costi (dato non secondario soprattutto per interventi su recupero di edifici esistenti), lo sforzo d'uso dell'edificio,...

¹ Parte dei risultati dell'attività di ricerca sono stati rendicontati al 40th IAHS World Congress , "Sustainable Housing Construction", a Funchal - Madeira nel Dicembre '14, attraverso un paper presentato con la Prof.M.T.Lucarelli, dal titolo: *The optimization of energy performance about a component in relation to climatic context.*

La contestualizzazione attraverso l'orientamento, infatti, non è un punto di arrivo, ma rappresenta un punto di partenza per fornire maggiori informazioni - che sono in continua evoluzione - sulle prestazioni energetiche sia del componente che dell'edificio stesso; esse, inoltre, risultano necessarie per sviluppare le strategie più adatte alla progettazione di edifici che sempre più devono essere pensati ad energia quasi zero.

BIBLIOGRAFIA

La presente bibliografia è divisa in 4 sezioni tematiche di riferimento, più normativa e sitografia:

1. La prima raccoglie testi di riferimento che trattano le tematiche della sostenibilità ambientale e dell'efficienza energetica;
2. La seconda affronta la tematica di edifici ad energia quasi zero (NZEB) sia a livello di normativa, sia di definizione, sia di eventuali classificazioni;
3. La terza analizza le strategie utilizzate per migliorare le prestazioni energetiche sia degli edifici che delle parti che lo compongono; in particolare individuando quelle strategie bioclimatiche.
4. La quarta parte indaga l'involucro edilizio, i componenti ed i materiali ad alta efficienza energetica e le loro performance energetiche, soprattutto in fase d'uso.

1. Testi di riferimento che trattano le tematiche riguardo la sostenibilità ambientale e l'efficienza energetica in edilizia: dalla sostenibilità ambientale, Life Cycle Assessment (LCA) e l'ecologia del progetto, ai criteri e indicatori energetici e la metodologia di calcolo per la certificazione energetica.

- (1). ALAIMO G., ENEA D. *L'approccio tecnologico per l'efficienza energetica e la sostenibilità del progetto* in il Progetto Sostenibile n°31, 2011, pag. 30-37.
- (2). AMIRANTE M. I., MUZZILLO F., *Progetto e costruzione*, Ed. Graffiti, Napoli, 2003.
- (3). ANNUNZIATO M., *Dossier Dall'Ecobuilding al distretto energetico: ricerca e governance verso nuovi modelli di sviluppo Workshop*, Ed. Laboratorio Tecnografico ENEA, Frascati 2007, disponibile in: http://old.enea.it/produzione_scientifica/pdf_dossier/D13_DossierEcobuilding.pdf
- (4). ASQUINI, L. OLEOTTO, E. BASSI, *L'Efficienza energetica e sostenibilità*, Ed. Edicom, Monfalcone (Gorizia) 2010.
- (5). Atti del convegno: *SB100 Architettura Naturale Costruire Sostenibile* a cura di Sergio Sabbadini, Edifici sostenibili. Architettura naturale, 17 marzo 2007.
- (6). BARUCCO, M.A. TRABUCCO, D. *Architettura. Energia*, Ed. Edicom, Monfalcone (Gorizia) 2007.
- (7). BOLLINI G. *La nuova Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica* in AZERO n° 06, 2013, pag. 6-9.
- (8). BUTERA, F. M. *Energia e tecnologia tra uomo e ambiente*, Milano, Città Studi, 1992.
- (9). CASCIO, S. *Certificazione energetica degli edifici*, Ed. Grafill, Palermo 2008.
- (10). CHIOGNA M., PODESTÀ L., FRATTARI A., *Energy Saving In Visual And Thermal Comfort Conditions By Smart Technology: Farsystem Case Study* in 40th IAHS World Congress on Housing: Sustainable Housing Construction, COIMBRA: Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção, 2014, p. 1-10. - ISBN: 9789899894914. Atti di: 40th IAHS World Congress, Funchal, Madeira, Portugal, 16th-19th December 2014
- (11). COM (2001) 366. Comunicato della Commissione Europea. *Energia per il futuro: Le fonti energetiche rinnovabili*.
- (12). CORSI F. *Approccio Lyfe Cycle Alla Progettazione Degli Assetti Costruiti. Sistemi di rating energetico ed ambientale per gli insediamenti residenziali*. Tesi di Dottorato XXII ciclo, Università degli Studi di Roma "La Sapienza" Dipartimento DATA, 2006-2009.

- (13). D'ERRICO E., *Dossier Enea per il risparmio energetico Workshop a Roma*, 2006, disponibile in: http://old.enea.it/produzione_scientifica/pdf_dossier/D02_Risparmio.pdf
- (14). DE CAPUA A., *Nuovi paradigmi per il progetto sostenibile*, Ed. Gangemi, Roma, 2002
- (15). DI TIVOLI C., *La certificazione ambientale degli edifici. Quadro conoscitivo finalizzato alla definizione dei criteri Ecolabel Europeo*, ISPRA, 2008.
- (16). Documento di predisposizione del Piano d'Azione italiano per l'Efficienza Energetica 2014, disponibile in <http://www.sviluppoeconomico.gov.it>
- (17). FEDERCOSTRUZIONI, *L'industria delle costruzioni verso Horizon 2020*, Roma, 2012.
- (18). FEDERCOSTRUZIONI, Rapporto 2012. *Il sistema delle costruzioni in Italia*, Roma, 2012.
- (19). FILIPPI M., RIZZO G., *Certificazione energetica e verifica ambientale degli edifici*. Dario Flaccovio Ed., Palermo, 2006.
- (20). FITCH J.M., *American Building 2: The Environmental Forces that shape it*, Houghton Mifflin, Boston, 1972 (tr. it. A cura di Girolamo Mancuso, *La progettazione ambientale. Analisi interdisciplinare dei sistemi di controllo dell'ambiente*, Franco Muzzio & C. editore, Padova, 1980), p. 23.
- (21). FLAGGE I, HERZOG-LOIBL V, MESEURE A. (a cura di), *Thomas Herzog Architektur + Technologie / Architecture + Technology*, Prestel Verlag, Munich/London/New York, 2001, p. 10.
- (22). GASPARI I., TRABUCCO DARIO. *Opportunità e criticità nell'analisi del bilancio energetico di un edificio* in il Progetto Sostenibile n°27, 2010, pag. 58-61.
- (23). GIOMBI D., LUCARELLI MT, TERRANOVA F. *Igiene ambientale*. Ed La nuova Italia scientifica, Roma, 1989.
- (24). GRAZZINI G, LEONCINI L. *Problemi e Proposte per l'applicazione della Direttiva 2010/31/UE* in La Termotecnica, luglio-agosto 2013, pag. 59-61.
- (25). HEGGER M, *Correttezza delle strategie: tra rendimento e sostenibilità*, in Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark, Martin Zeumer, *Atlante della Sostenibilità*, UTET, Milano, 2008, p. 24
- (26). MARTINO A. *Decreto legge 4 giugno 2013, n°63. Le novità in materia di certificazione energetica degli edifici*. in Energia e Dintorni, Giugno, 2013, pag. 6-8.
- (27). MILARDI M., Focà A. *For a building materials life – cycle with low energy intensity*, Word Renewable Energy Congress XI, 25-30 September 2010, Abu Dhabi, UAE
- (28). MILARDI M., *Il contributo degli Indicatori di Intensità Energetica alle verifiche di ecoefficienza del progetto contemporaneo, Pluralità Tecnologica. Papers*, Rdesignpress editore, Roma, Roma (ITA), 2012, pp. 109-122
- (29). MUSALL, E., VOSS, K. *The Passive House Concept as Suitable Basis towards Net Zero Energy Buildings*. Pasiv Haus Institute. Hanover. 2012, disponibile in: http://www.arch.uni-wuppertal.de/Aktuell/Veroeffentlichungen/p_pics/The%20Passive%20House%20Concept%20as%20Suitable%20Basis%20towards%20Net%20Zero%20Energy%20Buildings_120206.pdf.
- (30). NESI, A. *Normativa Tecnica Locale per il progetto dell'esistente premoderno. Strategie per il controllo tecnico nelle azioni di recupero nei centri storici minori della Calabria*, Ed. Gangemi, Roma, 2002.
- (31). PAOLELLA A., *L'edificio ecologico*, Ed. Gangemi, Roma, 2001.

- (32). RAEE 2011 - Rapporto Annuale Efficienza Energetica, Dicembre, 2012, disponibile su: www.fficienzaenergetica.enea.it
- (33). RAPPORTO 2012. *Attuazione della certificazione energetica degli edifici in Italia*, disponibile in: http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/attuazione_certificazione_energetica-rapporto_CTI.pdf
- (34). RINALDI A. *Progettazione ed efficienza energetica*, Ed. Maggioli, Rimini, 2010.
- (35). RIZZO R., *La casa intelligente. Risparmio, tecnologia e comfort*, Ed. Muzzio, 2007.
- (36). RUSSO ERMOLLI S., *Programmazione, progettazione e gestione degli interventi in Europa*, Ed. Alinea, Firenze, 2012.
- (37). S. CROCE, T. POLI, *Case a basso consumo energetico*, Il sole 24 ore, Milano, 2007.
- (38). SALA M., *I percorsi della progettazione per la sostenibilità ambientale*, Ed. Alinea, Firenze, 2004.
- (39). SAVOIA R., *Prove sperimentali per l'incremento dell'efficienza energetica negli edifici ad uso residenziale*, Tesi di laurea in ingegneria civile, Università degli Studi di Trento, 2005.
- (40). Secondo Rapporto dell'Osservatorio congiunto Fillea Cgil - Legambiente. *Innovazione e sostenibilità nel settore edilizio "Costruire il Futuro"*.
- (41). SCAPPELLARO F. E SCALBI S. *La metodologia LCA: approccio proattivo per le tecnologie ambientali. Casi studio ed esperienze applicative*, Ed. Enea, Padova, 2010.
- (42). SERRA C., SIMÕES N. AND TADEU S., *Definition of reference buildings for energy performance calculation – portuguese case*, in Atti del convegno Energy for Sustainability 2013, Coimbra, 2013.
- (43). SINOPOLI N., TATANO V., *Sulle tracce dell'innovazione*, Ed. FrancoAngeli, Milano, 2002.
- (44). SPAGNOLO, S. *Guida alla certificazione energetica*, Ed. Maggioli, Rimini, 2009.
- (45). TADEU S., SIMÕES N., RIBEIRO J., GONÇALVES M. AND TADEU A., *Energy efficiency measures in portuguese residential buildings dated before 1960: a cost-optimal assessment* in Atti del convegno Energy for Sustainability, Coimbra, 2013.
- (46). TONELLI M.C. *Innovazione tecnologica in architettura e qualità dello spazio*, Ed. Gangemi, Roma, 2003
- (47). TUCCI F., *Efficienza ecologica ed energetica in architettura*, Alinea Ed., Firenze, 2011.

2. Testi di riferimento sugli edifici ad energia quasi zero (NZEB): orientamenti normativi, definizioni, metodologie di calcolo e casi studio.

- (1). AELENEI L., GONÇALVES H. AND RODRIGUES C. *The Road Towards "Zero Energy" in Buildings: Lessons Learned from SOLARXXI Building in Portugal*, disponibile in: http://task40.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Task40c-The_Road_Towards_Zero_Energy_in_Buildings.pdf
- (2). BOLLINI G. "Leaf House. Abitare risparmiando energia", in *azero* n°2, 2012, pag. 88-95.
- (3). BOLLINI G. "MEDITERRANEA, PASSIVA, ATTIVA, INTELLIGENTE E SOSTENIBILE", in *azero* n°6, 2013, pag. 88-95.

- (4). CALABRÒ F, DELLA SPINA L., *La selezione dei progetti nelle trasformazioni urbane: un'applicazione dell'analisi multicriteriale*, in: Giovanni Maciocco, Paola Pittaluga, *Immagini spaziali e progetto della città*, F. Angeli, Milano (ITA), 2005.
- (5). COM (2013) 483. Relazione della Commissione al Parlamento Europeo a al consiglio. *Progressi realizzati dagli Stati Membri in materia di edifici ad energia quasi zero*.
- (6). CRAWLEY D, PLESS S, TORCELLINI P, *Getting to net zero*, ASHRAE Journal 51 (9), 2009, pag. 18–25.
- (7). DEMATTÈ S., GRILLO M.C., MESSINA A., FRATTARI A., *BENIMPACT suite: a tool for ZEB whole life cycle analysis* in BSA - Building Simulation Application, Bolzano: Bozen-Bolzano University Press, In corso di stampa. - ISBN: 9788860460585. Atti di: BSA 2013, Bolzano, 30/01-01/02/2013
- (8). FRATTARI A., *CasaZeroEnergy: an Italian Prototype of Zero Energy Building* in ZEMCH 2012 International Conference Proceedings, Glasgow: ZEMCH Network, 2012, p. 267-278. - ISBN: 9780957418905. Atti di: ZEMCH 2012 International Conference, Glasgow, 2013 August 20th - 22nd. - URL: <http://www.zemch.org/proceedings/2012/august.html#276>
- (9). FRATTARI A., MESSINA A., *CasaZeroEnergy: an Italian example of a Low Carbon Building* in Low Carbon Earth Summit-2011, Dalian: BIT life science, 2011. Atti di: Low Carbon Earth Summit-2011, Dalian (Cina), 19 -26 Ottobre 2011. - URL: <http://www.lcesummit.com/>
- (10). GIORDANO R., TEDESCO S. *Net Zero Energy Building: metodi e strumenti per l'analisi energetica nel processo edilizio* in il Progetto Sostenibile n°27, 2010, pag. 34-41.
- (11). GONÇALVES, H. et. al. *Solar XXI - Em Direção à Energia Zero / Towards zero energy*. LNEG. ISBN:978-989-675-007-7. Lisboa, 2010.
- (12). HERNANDEZ, P., KENNY, P. *From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)*. in Energy and Buildings 42, 2010, pag. 815-821.
- (13). ISPRA (ex APAT) – *Settore Ecolabel, Study for the development of European Ecolabel criteria for buildings. Preliminary report*, Roma, April, 2008.
- (14). KURTNITSKI J., ALLARD F., BRAHAM D., GOEDERS G., HEISELBERG P., JAGEMAR L., KOSONEN R., LEBRUN J., MAZZARELLA L., RAILIO J., SEPPÄNEN O., SCHMIDT M., VIRTA M., *How to define nearly net zero Energy buildings nZEB*, REHVA Journal, May 2011, p Progress toward Advanced Energy Design Guides (AEDG) and cost effective net-zero-energy (NZE) buildings.
- (15). LAVAGNA M, BONANOMI M, CLAUDIA DE FLUMERI, *Edifici a consumo energetico zero. Orientamenti normativi, criteri progettuali ed esempi di Zero Energy e Zero Emission Buildings*, Ed. Maggioli, Rimini, 2012.
- (16). LAVAGNA M, *Edifici a Zero Emissioni. Una questione di confini di sistema*, in Francesca Scappellaro e Simona Scalbi, a cura di, *La metodologia LCA: approccio proattivo per le tecnologie ambientali. Casi studio ed esperienze applicative in Atti del convegno scientifico della Rete Italiana LCA*, Ed. Enea, Padova, 2010.
- (17). LAVAGNA M., *Edifici a Zero Emissioni. Una questione di confini di sistema*, in Atti del convegno scientifico della Rete Italiana LCA, Palermo, 2010.
- (18). MARSZAL A.J., BOURRELLE J.S., MUSALL E., HEISELBERG P., GUSTAVSEN A., VOSS K., *Net Zero Energy Buildings Calculation Methodologies versus National Building Codes*, in: EuroSun Conference, Graz, Austria, 2010.

- (19). SARTORI, et al., *Net zero energy buildings: A consistent definition framework*, Energy Buildings (2012), doi:10.1016/j.enbuild.2012.01.032.
- (20). SCHWER, P., *Carbon Neutral and Net Zero*. Betterbricks. Disponibile in: <http://www.betterbricks.com/design-construction/reading/carbonneutral>
- (21). SFERRA A.S., *Obiettivo "quasi zero". Un percorso verso la sostenibilità ambientale.*, Francoangeli Ed., Milano, 2013.
- (22). TORCELLINI P, PLESS S & DERU, M. *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. ACEEE Summer Study* , August 14–18 2006. Pacific Grove, California, 2006
- (23). VOSS K., SARTORI I., NAPOLITANO A., GEIER S., GONZALVES H., HALL M., HEISELBERG P., WIDÉN J., CANDANEDO J.A., MUSALL E., KARLSSON B., TORCELLINI P., *Load Matching and Grid Interaction of Net Zero Energy Buildings*, in: EuroSun Conference, Graz, Austria, 2010.
- (24). VOSS K., *What is Really New about Zero-Energy Homes?* in: 12th International Conference on Passive Houses, Nuremberg, Germany, 2008.
- (25). WITTCHEM K., THOMSEN K., *Introducing cost-optimal levels for energy requirements*, in The Rehva European HVAC Journal, v. 49, n. 3, pp. 25-29, Marzo 2012.

3. Testi di riferimento sulla progettazione bioclimatica: il contesto climatico locale, i concetti e gli elementi che influenzano la progettazione di un edificio bioclimatico.

- (1). BRUNETTI G.L. *La sostenibile "pesantezza" delle architetture progettate e costruite con il clima nell'area mediterranea* in il Progetto Sostenibile n°26, 2010, pag. 40-51.
- (2). BRUNO S. *I criteri di progettazione bioclimatica riguardano il contenimento dei consumi energetici degli edifici attraverso soprattutto.* Ed. Dario Flaccovio, Palermo 2008.
- (3). CEPORE M., *Progettazione Bioclimatica in ambito urbano.* Aracne Ed., Roma, 2004.
- (4). CLAUDI DE SAINT MIHIEL A., *Interattività degli involucri edilizi trasparenti e prestazioni di benessere ambientale*, in La produzione industriale eco-orientata, a cura di Antonio Passaro, Atti del Convegno Abitare Verde 2007, Luciano Editore, Napoli, 2007.
- (5). DE PASCALIS S., *Progettazione Bioclimatica*, Ed. Dario Flaccovio s.r.l, Palermo, 2005
- (6). GALLO P., GIANFRATE V. *Valutazione energetica degli edifici in ambito mediterraneo* in il Progetto Sostenibile n°26, 2010, pag. 52-57.
- (7). GONÇALVES, H., GRAÇA, J. *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, Eficiência Energética nos Edifícios (IP-3E), Direção Geral de Geologia e Energia*, 50 p., (ISBN 972-8268-34-3). Lisboa, 2004, disponibile in: <http://www.Ineg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclimáticos.pdf>.
- (8). GROSSO M., *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato*, Ed. Maggioli, Rimini, 2008.
- (9). LUCARELLI, M.T. *L'Ambiente dell'organismo città. Strategie e sperimentazioni per una nuova qualità urbana*, Ed. Alinea, Firenze 2006.
- (10). MILARDI M., *Elementi per il controllo bioclimatico del progetto*, in: Losasso Mario, *La casa che cambia*, CLEAN, Napoli (ITA), 1997.
- (11). NAVA C., *Efficacia ed Efficienza: il progetto sostenibile in area mediterranea* in G.Neri, *Forme ed energia*, ed. Kaleidon, Reggio Calabria, 2010.

- (12). NOVI F., *La riqualificazione sostenibile. Applicazioni, sistemi e strategie di controllo climatico naturale*, Ed. Alinea, Firenze, 1999.
- (13). OLGYAY, V., *Progettare con il clima. Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Ed. Franco Muzzio, Padova, 1981.
- (14). PAGLIANO L. CARLUCCI S. TOPPI T. ZANGHERI P., *Passivhaus per il sud dell'Europa. Linee guida per la progettazione. Progetto Passive - on del Politecnico di Milano, 2004-2007.* Disponibile in: <http://download.rockwool.it/media/75048/passivhaus%20per%20il%20sud%20dell'europa.pdf>

4. Testi di riferimento sull'involucro edilizio, sui materiali e le prestazioni energetiche: definizioni, tecnologie e materiali dell'involucro edilizio e identificazione dei parametri per il risparmio energetico.

- (1). BARUCCO, M.A. TRABUCCO, D. *I prodotti da costruzione. Sostenibilità, Certificazione, Innovazione*, Ed. Simple, Macerata 2011
- (2). CALZETTA C., *Campo di applicazione delle chiusure verticali opache nel rispetto della normativa vigente sulla certificazione energetici*, Tesi di dottorato in ingegneria "delle costruzioni", Università degli Studi di Napoli Federico II, 2007.
- (3). CAMPIOLI A., LAVAGNA M., *Tecniche e architettura*, Ed. Cittàstudi, Torino, 2013.
- (4). CANNAVIELLO M. *Prestazioni dell'involucro in regime estivo. Criteri per la riqualificazione energetica*, Ed. Alinea, Firenze, 2010.
- (5). DEL NORD R., FELLI P., TORRICELLI M.C., *Materiali e Tecnologie dell'Architettura*, Ed. Laterza, Bari, 2005.
- (6). DEMATTÈ S., GRILLO M.C., FRATTARI A., MESSINA A., *BENIMPACT Suite: a Tool for ZEB Performance Assessment* in JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE, v. 2013, n. 2 (serial n°63) (2013), p. 185-196
- (7). FIORITO F., *Involucro edilizio e risparmio energetico*. Dario Flaccovio Ed., Palermo, 2009.
- (8). LAVAGNA M., *Sostenibilità e Risparmio energetico, soluzioni tecniche per involucri ecoefficienti*, Libreria Clup, Milano, 2006.
- (9). LOMBARDO G., CICERO C. *Materiali ed energia nella progettazione dell'involucro edilizio* in il Progetto Sostenibile n°30, 2011, pag. 94-97.
- (10). MAZZALI U., PERON F., TATANO V. *Il verde verticale: effetti energetici di un sistema di rivestimento* in il Progetto Sostenibile n°27, 2010, pag. 104-109.
- (11). MILARDI M., *Building materials with low embodied energy in their life-cycle*, Sustainable Innovation 2012; Resource Efficiency, Innovation And Lifestyles 17th International Conf, 29th-30th October 2012, *Proceedings of SUSTAINABLE INNOVATION 2012. Resource Efficiency, Innovation and Lifestyles. Towards Sustainable Product Design: 17th International Conference*, The Centre for Sustainable Design, Bonn (d) (GBR), 2012, pp. 199-204.
- (12). MILARDI M., *Tecniche, tecnologie e materiali per la nuova qualità energetica, Gestione sostenibile delle risorse energetiche nei settori dell'edilizia e degli impianti*, Centro Stampa d'Ateneo, Reggio Calabria (ITA), 2010.
- (13). ROMANO R., *Smart Skin Envelope : Integrazione architettonica di tecnologie dinamiche e innovative per il risparmio energetico* ISBN 978-88-6655-047-1 (print) ISBN 978-88-6655-049-5 (online) Ed. University Press, Firenze, 2011.

- (14). SINOPOLI N., (a cura di), *Tecniche e materiali*, in *Abitare il futuro. Città, quartieri, case*, BolognaFiere, BE-MA, Milano 2005.
- (15). TUCCI F., *Involucro Ben Temperato*, Ed. Alinea, Firenze, 2006.

Normativa di riferimento

- (1). DLgs 373/76 “Contenimento dei consumi energetici per nuovi edifici e per manutenzione”
- (2). DLgs 10/91 “ Anticipa i temi attuali evidenziando l’uso razionale dell’energia che può essere considerato come una vera e propria fonte energetica rinnovabile”
- (3). DPR n. 412/93 “ Individua le zone climatiche e la classificazione degli edifici per categorie”
- (4). Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico dell’edilizia
- (5). DLgs 192/95 “Attuazione della Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell’edilizia”
- (6). DLgs 311/06 “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”
- (7). DPR n. 59/09 “Regolamento di attuazione dell’articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernete attuazione della direttiva 2002/91/CE del rendimento energetico in edilizia”
- (8). Direttiva 2006/33/UE sull’uso dell’ efficienza energetica nell’edilizia e i servizi energetici
- (9). DLgs 115/08 “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”
- (10). Direttiva 2009/28/UE sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili
- (11). DM 26 giugno 2009 “Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”
- (12). DLgs 56/10 “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”
- (13). Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell’edilizia
- (14). Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica
- (15). UNI 10349:1994 – Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici
- (16). UNI/TS 11300-1:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- (17). UNI/TS 11300-2:2008 – Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- (18). UNI/TS 11300-3:2010 – Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari – Parte 3: Energia primaria e rendimenti per la climatizzazione estiva
- (19). Decreto-Legge 4 giugno 2013 n. 63, Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.

Sitografia

- (1). <http://books.google.it/books?id=9S4XAgAAQBAJ&pg=PA81&lpg=PA81&dq=conducibilit%C3%A0+termica+tim&source=bl&ots=rh6ametNtu&sig=nzWURY4zaq0-lhvioGIUnnhwAcA&hl=it&sa=X&ei=ItoWVN3uLdLgaP-4gcAE&ved=0CEIQ6AEwAw#v=onepage&q=conducibilit%C3%A0%20termica%20tim&f=false>
- (2). http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm
- (3). <http://ec.europa.eu/europe2020>
- (4). [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL, sezione "Industria, commercio e servizi"](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL, sezione)
- (5). <http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2010:153:SOM:EN:HTML>
- (6). http://fiscatecnica.altervista.org/tabelle/tab_conduc.htm
- (7). <http://iisbeitalia.org/node/101>
- (8). <http://new.trespa.com/uk/trespar-meteor>
- (9). <http://www.acca.it/>
- (10). <http://www.agenziacasaclima.it/it/rete-casaclima/la-rete-casaclima/progetto-botticelli/111-25253.html>
- (11). http://www.agenziacasaclima.it/uploads/tx_userdownload/Brochure_kh_29jan08.pdf
- (12). http://www.agenziademanio.it/export/download/demanio/primoPiano/Bando_disciplinare_Boglione.pdf
- (13). <http://www.arpa.piemonte.it/>
- (14). http://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2013_0090.htm
- (15). http://www.edilportale.com/prodotti/metra/facciate-continue/urano-wall_87274.html
- (16). <http://www.epbd-ca.ue>
- (17). <http://www.europarl.europa.eu>
- (18). <http://www.hartlhaus.it/fertighaus/i-klimaaktiv.asp>
- (19). <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>
- (20). <http://www.itaca.org/>
- (21). <http://www.itaca.org/>
- (22). <http://www.laminam.it/en/home/>
- (23). <http://www.miniwatt.it>, un servizio di informazione on line dedicato all'energia, al risparmio energetico, all'efficienza energetica ed alle relative tecnologie.
- (24). http://www.roehmitalia.it/druck_db.php?bilderpfad=bilder_lastre_compatte_klein&db_layout=7&id=78&db_name=Compattel&nav=4,14,113
- (25). <http://www.sb100.it/index.html>
- (26). http://www.unece.org/hlm/prgm/hsstat/Bulletin_04.htm
- (27). http://www.unece.org/hlm/prgm/hsstat/Bulletin_06.htm
- (28). http://zebau.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Broschueren/BBSR_EffizienzhausPlus_Elektromobil_EN_Aufl1_barrierefre.pdf
- (29). www.agenziacasaclima.it
- (30). www.architettispaziotre.it

- (31). www.ecohomes.org
- (32). www.eurac.edu
- (33). www.ieashc.
- (34). www.minergie.ch
- (35). www.naturalia-bau.it
- (36). www.passive-on.org
- (37). www.usgbc.org