



Ricerca di Sistema elettrico

## Valutazione delle prestazioni energetiche (EP) negli edifici nZEB

G. Centi, D. Iatauro, S. Morigoni, C. Romeo, P. Signoretti, L. Terrinoni

## VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE (EP) NEGLI EDIFICI nZEB

G. Centi, D. Iatauro C. Romeo, P. Signoretti, L. Terrinoni (ENEA)  
S. Morigoni - DESTEC, Università di Pisa

Settembre 2017

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2016

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Edifici a energia quasi zero (nZEB), Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici mirata a conseguire il raggiungimento della definizione di edifici a energia quasi zero (nZEB)

Obiettivo: Individuazione delle criticità nella progettazione e realizzazione di interventi di riqualificazione a nZEB: implicazioni pratiche, normative e legislative

Responsabile del Progetto: Luciano Terrinoni, ENEA

Un particolare ringraziamento a Silvia Morigoni che nell'ambito della tesi di Laurea magistrale afferente al Corso Di Laurea In Ingegneria Edile e Delle Costruzioni Civili dell'Università Di Pisa ha fornito un prezioso apporto a tutto il lavoro svolto nel presente rapporto.

*Longum iter est per praecepta, breve et efficax per exempla (Epistulae Morales Ad Lucilium - Seneca)*

## Indice

SOMMARIO.....	5
SUMMARY.....	6
1 INTRODUZIONE.....	7
2 OBIETTIVO E METODO.....	8
3 IL CONCETTO DI NZEB SECONDO LA DIRETTIVA 2010/31/CE.....	9
3.1 IL RECEPIMENTO DEL CONCETTO DI NZEB DA PARTE DEGLI STATI MEMBRI.....	9
3.2 GLI NZEB NELLA NORMATIVA ITALIANA.....	10
3.3 CONSIDERAZIONI SULLA DEFINIZIONE NZEB.....	11
4 LA RACCOMANDAZIONE 2016/1318 DELLA COMMISSIONE EUROPEA.....	12
4.1 LA DIREZIONE INDICATA PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI NZEB.....	12
5 L'EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI NZEB IN ITALIA.....	13
5.1 PIANO D'AZIONE NAZIONALE PER INCREMENTARE GLI EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO.....	13
5.2 L'INTRODUZIONE DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO.....	14
5.3 I PARAMETRI DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO VALIDI PER GLI NZEB.....	16
5.4 I REQUISITI MINIMI PREVISTI PER GLI NZEB.....	18
6 L'APPROCCIO PER L'INDIVIDUAZIONE DI UN PARAMETRO RAPPRESENTATIVO DEGLI NZEB IN AMBITO NAZIONALE: CARATTERISTICHE DEGLI EDIFICI DI RIFERIMENTO.....	22
6.1 LA SCELTA DELLE LOCALITÀ DI RIFERIMENTO.....	22
6.2 INDIVIDUAZIONE DEI MODELLI DI EDIFICI DI RIFERIMENTO RAPPRESENTATIVI DELLA REALTÀ NAZIONALE.....	23
7 LA CREAZIONE DEI MODELLI DEL SISTEMA EDIFICIO.....	25
7.1 ZONIZZAZIONE.....	25
7.2 CAPACITÀ TERMICA INTERNA.....	25
7.3 PARAMETRI TERMO-FISICI RELATIVI ALL'INVOLUCRO.....	26
7.3.1 <i>Parametri termo-fisici relativi all'involucro.....</i>	28
8 EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE DI NUOVA COSTRUZIONE.....	29
9 EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO DI NUOVA COSTRUZIONE.....	31
10 EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO DI NUOVA COSTRUZIONE.....	33
11 EDIFICIO TERZIARIO: UFFICIO TIPOLOGIA 1 DI NUOVA COSTRUZIONE.....	35
12 EDIFICIO TERZIARIO: UFFICIO TIPOLOGIA 2 DI NUOVA COSTRUZIONE.....	37
13 LA METODOLOGIA DI CALCOLO.....	39
13.1 IL MODELLO DI CALCOLO.....	40
13.2 LA DESTINAZIONE D'USO.....	41
13.3 LE CARATTERISTICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO NEL RISPETTO DEI REQUISITI MINIMI.....	41
13.3.1 <i>Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Monofamiliare.....</i>	43
13.3.2 <i>Individuazione delle strutture edilizie : Edificio Monofamiliare.....</i>	46
13.3.3 <i>Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Residenziale Piccolo Condominio.....</i>	61
13.3.4 <i>Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Residenziale Grande Condominio.....</i>	64
13.4 LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI IMPIANTISTICI NEL RISPETTO DEI REQUISITI MINIMI.....	67
13.4.1 <i>Climatizzazione invernale.....</i>	67
13.4.2 <i>Produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari.....</i>	68

13.4.3	<i>Climatizzazione estiva</i> .....	69
13.5	L'APPORTO DI FONTI RINNOVABILI NEL RISPETTO DEL DLGS 28/2011.....	70
14	I PRIMI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI. ....	71
14.1	LA VERIFICA DEI REQUISITI MINIMI NZEB PER L'EDIFICIO MONOFAMILIARE .....	71
15	L'INDIVIDUAZIONE DI UN PARAMETRO PRESTAZIONALE RAPPRESENTATIVO DEGLI NZEB .....	77
16	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SUI PRIMI RISULTATI NEL SETTORE RESIDENZIALE .....	88
17	SVILUPPI FUTURI .....	90
18	BIBLIOGRAFIA.....	91
18.1	NORMATIVA TECNICA.....	91
18.2	LEGISLAZIONE .....	92
18.3	ALTRI RIFERIMENTI .....	93

## Sommario

La Direttiva EPBD recast 2010/31/EU sull'efficienza energetica negli edifici prevede l'obbligo del raggiungimento di standard energetici molto ambiziosi per gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici a partire dal 31 dicembre 2018 e per tutti i nuovi edifici a partire dal 31 dicembre 2020.

Tale obbligo si concretizza con l'introduzione del concetto di "edifici a energia quasi zero" (nearly Zero-Energy Building, nZEB), definiti come edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili.

La Direttiva traccia la strada e gli obiettivi che ogni Stato Membro deve seguire per identificare un nZEB e per ottenere il target delineato.

Entro tale ambito spetta tuttavia ai singoli Paesi definire i requisiti minimi in termini di prestazione energetica all'interno di un'ottica di raggiungimento dei livelli ottimali di costo che tenga conto della soluzione ottimale risultato di un corretto equilibrio tra scelte tecnologiche, investimenti e tempi di rientro dei costi sostenuti.

In primo luogo si pone dunque il tema dell'individuazione di una definizione attuativa del concetto di nZEB. Nei vari Paesi comunitari si sono seguite strade diverse.

Partendo da un'analisi comparativa dei diversi criteri adottati all'interno della Comunità Europea si descrivono i criteri scelti dal nostro paese per l'individuazione degli nZEB.

A seguito della Raccomandazione UE 2016/1318 della commissione del 29 luglio 2016 l'applicazione della definizione nZEB dovrà includere un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/(m<sup>2</sup>anno).

Seguendo questa indicazione con il presente studio si sono individuate diverse tipologie di edifici, facendo riferimento alle nuove costruzioni, cui sono stati applicati i requisiti minimi previsti dalla normativa nazionale per gli nZEB nelle diverse zone climatiche caratteristiche del nostro Paese.

Si sono quindi valutati i risultati ottenuti attraverso simulazioni con software di calcolo certificati che seguono la normativa tecnica di riferimento (serie UNI TS 11300) attraverso l'indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/(m<sup>2</sup>anno).

Questo rapporto presenterà i risultati di un primo set di simulazioni relative ad un modello di edificio residenziale monofamiliare.

A valle di questo approccio si è in grado di esprimere dei valori di riferimento per zona climatica che identifichino gli nZEB in funzione della loro destinazione d'uso.

## Summary

*The EPBD recast Directive 2010/31/EU on energy efficiency in buildings requires achieving highly ambitious energy standards. This obligation is expressed with the introduction of the concept of "near-Zero Energy Buildings". An nZEB means a building that has a very high energy performance. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby'.*

*All new buildings must have nearly zero or very low energy needs. This obligation is required to ensure that by 31 December 2020 all new buildings are nearly zero-energy buildings. The same nearly zero-energy target but with a shorter deadline of 31 December 2018 applies for new buildings occupied and owned by public authorities.*

*The directive outlines the road and the objectives that each Member State must follow to identify a target and nZEB outlined. While the EPBD sets the framework definition of nZEBs, its detailed application in practice (e.g. what is a 'very high energy performance' and what would be the recommended significant contribution of 'energy from renewable sources') is the responsibility of the Member States.*

*Within this context, however, individual countries define minimum energy performance requirements within a perspective of achieving cost-optimal levels taking into account the optimal outcome of a proper balance between technological decisions, investments and re-entry of the costs incurred.*

*First arose the identification of the implementation of nZEB concept: EU countries have followed different criteria.*

*Starting from a comparative analysis of the different criteria used within the European Community we describe the criteria chosen by our country for identifying nZEB.*

*Following the EU recommendation 2016/1318 of 29 July 2016 nZEB definition enforcement must include a numerical indicator of primary energy consumption in kWh/m<sup>2</sup> year.*

*With this study we have identified different types of buildings, referring to new buildings, which have been applied to the minimum requirements of national legislation for nZEB in the different climatic zones characteristic of our country.*

*We then evaluated the results obtained through simulations by certified calculation software that follow the reference technical standard (UNI TS 11300 series) through the numerical indicator of primary energy consumption expressed in kWh /m<sup>2</sup>.*

*This report will present the results of a first set of simulations related to a single-family residential building mode.*

*Following this approach, it is possible to express reference values according to the climatic zone that identify nZEBs according to their use..*

## 1 Introduzione

L'efficienza energetica degli edifici è uno dei temi più rilevanti e strategici che si stiano dibattendo in questi anni in ambito europeo ed internazionale. Gli edifici infatti sono elementi fondamentali per le politiche di efficienza energetica dell'Unione dal momento che quasi il 40% del consumo energetico finale (e il 36% delle emissioni di gas serra) deriva dal settore edile.

L'importanza del settore edile per il miglioramento dell'efficienza energetica è stata messa in evidenza anche dal quadro per le politiche dell'energia e del clima dell'UE (Comunicazione della Commissione COM(2014) 0015 di ottobre 2014) che per il periodo dal 2020 al 2030 ha indicato diverse tematiche che l'UE dovrà affrontare:

- il passo da compiere in vista dell'obiettivo di ridurre le emissioni di gas a effetto serra dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2050 (superando l'obiettivo di riduzione del 40% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990)
- gli elevati prezzi dell'energia e la vulnerabilità dell'economia dell'UE ai futuri aumenti di prezzo, specialmente per petrolio e gas
- la dipendenza dell'UE dalle importazioni di energia, spesso da regioni politicamente instabili
- la necessità di sostituire e aggiornare le infrastrutture energetiche e fornire un quadro normativo stabile per i potenziali investitori

Tra questi l'UE si propone un obiettivo per le energie rinnovabili di almeno il 27% del consumo energetico, lasciando la flessibilità agli Stati membri di definire obiettivi nazionali ed una maggiore efficienza energetica attraverso possibili modifiche della direttiva sull'efficienza energetica.

La direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia è lo strumento principale che consente di affrontare l'efficienza energetica degli edifici nel contesto degli obiettivi di efficienza energetica.

La legislazione nazionale deve garantire che entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero. Lo stesso obiettivo, da raggiungere però entro il termine più breve del 31 dicembre 2018, vale anche per gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà dei medesimi. In tal modo, a partire dalla fine del 2020 gli operatori economici dovrebbero poter disporre di un quadro giuridico nazionale trasparente relativo ai requisiti di prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione.

La direttiva EPBD è attualmente in fase di revisione. I principi su cui poggiano le disposizioni in materia di edifici a energia quasi zero sono uno dei pilastri della direttiva vigente e sono destinati a diventare la norma per gli edifici di nuova costruzione a partire dal 2020. La revisione valuterà la necessità di adottare misure supplementari per il 2030.

La completa attuazione e revisione dei criteri necessari per raggiungere le prestazioni richieste per gli edifici a consumo energetico quasi zero (nZEB), in termini di: efficienza degli impianti energetici, del contributo delle fonti rinnovabili, della qualità energetica dell'involucro edilizio e dei suoi componenti riveste dunque un'importanza fondamentale.

Dal momento che è di esclusiva competenza degli Stati membri fissare requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi, tali requisiti dovrebbero essere fissati in modo da conseguire un equilibrio ottimale in funzione dei costi tra gli investimenti necessari e i risparmi energetici realizzati nel ciclo di vita di un edificio.

## 2 Obiettivo e metodo

L'obiettivo del presente studio è quello di arrivare ad individuare gli indici di prestazione energetica che riescano ad identificare gli edifici ad energia quasi zero e la corrispondente classe energetica.

L'intento è quello di poter fornire dei valori limite che servano di riferimento per poter far sì che un edificio venga riconosciuto come nZEB secondo i requisiti previsti dalla normativa vigente (DM 26.06.2015).

Questo approccio va nella direzione indicata dalla Raccomandazione del 29 luglio 2016 della Commissione Europea secondo la quale l'applicazione della definizione nZEB dovrà includere un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/(m<sup>2</sup>anno).

Il Decreto Requisiti Minimi identifica come nZEB l'edificio che rispetti i limiti di tutti gli indicatori previsti per le nuove costruzioni nelle diverse zone climatiche caratteristiche del nostro Paese in relazione all'edificio di riferimento ed il contributo alla produzione di energia da fonti rinnovabili secondo quanto fissato dal DLgs 28/2011 (Allegato III).

Per poter rendere gli indicatori rappresentativi del fabbisogno di energia primaria degli nZEB più aderenti alla realtà del contesto immobiliare italiano e quindi più facilmente ad esso applicabili, oltre che a differenti zone climatiche si è fatto riferimento anche a diverse destinazioni d'uso che al loro interno comprendono tipologie edilizie diversificate.

La metodologia messa a punto ha seguito il seguente iter:

- individuazione delle destinazioni d'uso più ricorrenti rappresentative del settore residenziale e terziario;
- individuazione di un set di modelli di edifici rappresentativi delle tipologie più diffuse nella realtà immobiliare italiana;
- caratterizzazione dell'involucro (funzione delle zone climatiche) e dei sistemi impiantistici;
- individuazione di diverse località rappresentative delle diverse zone climatiche del territorio nazionale;
- implementazione dei modelli nel rispetto dei requisiti previsti per gli nZEB;
- utilizzo di codici di calcolo certificati per determinazione parametri prestazionali;
- individuazione dei parametri dell'edificio di riferimento con le caratteristiche nZEB;
- analisi numerica dei risultati ed individuazione indicatori prestazionali per località, tipologia e destinazione d'uso.

Questo rapporto presenterà i risultati di un primo set di simulazioni relative ad un modello di edificio residenziale monofamiliare.

I risultati derivanti dall'estensione dell'approccio alle altre destinazioni d'uso sarà oggetto di uno studio che si rimanda alla prossima annualità del PAR 2017.



### 3 Il concetto di nZEB secondo la Direttiva 2010/31/CE

La direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia («direttiva EPBD», Energy Performance of Buildings Directive) è il principale strumento legislativo a livello dell'UE per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici europei.

Un elemento fondamentale della direttiva EPBD è rappresentato dall'introduzione del concetto di edifici a energia quasi zero (nearly Zero-Energy Buildings) identificati come edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili.

La direttiva EPBD prevede che gli Stati membri provvedano affinché entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero e a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

#### 3.1 *Il recepimento del concetto di nZEB da parte degli Stati Membri*

Secondo la EPBD deve essere prevista dai singoli Stati Membri l'applicazione dettagliata di edifici a energia quasi zero, tenuto conto delle rispettive condizioni nazionali, regionali o locali indirizzando verso l'individuazione di un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/m<sup>2</sup>anno.

Ogni Paese europeo ha recepito la direttiva in base alle proprie specifiche esigenze e delle situazioni locali.

Il concetto "nZEB" è risultato molto flessibile, dato che gli Stati membri sono responsabili nel definire i loro piani nazionali e i propri requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici in un'ottica di raggiungimento del "livello ottimale di costo" durante il ciclo di vita economico stimato dell'edificio.

Il quadro che si è delineato nei diversi Paesi è fortemente differenziato sia riguardo l'implementazione della direttiva EPBD sia per la identificazione dei requisiti degli nZEB.

Uno studio del BPIE e un progetto europeo RePublic\_ZEB riassumono i vari criteri e i vari indicatori utilizzati per la definizione degli nZEB sia per gli edifici nuovi sia per quelli esistenti.

La definizione di nZEB è disponibile in 15 paesi dell'UE. In 3 paesi sono stati definiti i requisiti nZEB ma manca la relativa implementazione nella legislazione nazionale. Solamente 8 paesi hanno già definito le caratteristiche relative alla riqualificazione in nZEB degli edifici già esistenti.

Nella maggior parte dei paesi, le definizioni di nZEB si riferiscono all'energia primaria massima come uno dei principali indicatori.

In pochi casi (ad es. I Paesi Bassi e la Regione belga delle Fiandre), l'utilizzo primario di energia dell'edificio viene valutato attraverso un coefficiente non dimensionale, confrontando l'utilizzo di energia primaria degli edifici con un edificio "di riferimento" con caratteristiche simili. In parecchi casi (ad esempio Regno Unito, Norvegia e Spagna) le emissioni di carbonio sono utilizzate come principali indicatori, mentre in altri le emissioni di carbonio sono utilizzate come indicatori complementari all'utilizzo di energia primaria.

Per quanto riguarda la metodologia di calcolo dell'efficienza energetica degli edifici, l'EPBD elenca i principali usi finali che dovrebbero essere inclusi come il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria, il raffrescamento, la ventilazione e l'illuminazione (soprattutto in quello non residenziale).

Nella maggior parte delle giurisdizioni le esigenze energetiche per il raffrescamento e la ventilazione sono considerate per gli edifici residenziali, ma solo poche considerano gli elettrodomestici (ad esempio l'Austria) o il consumo energetico di ascensori e scale mobili (ad esempio per edifici non residenziali in Italia).

Oltre all'obbligo del consumo di energia primaria, la maggior parte dei paesi ha inoltre stabilito requisiti distinti sull'uso finale di energia, come suggerito dal Comitato europeo di normalizzazione. Nella maggior parte delle giurisdizioni, queste si riferiscono all'energia finale necessaria per il riscaldamento dello spazio (ad esempio in Cipro, Lettonia, Slovenia o Regione di Bruxelles Capitale) o al coefficiente di trasmissione medio dell'edificio (per esempio nella Repubblica Ceca).

In alcuni casi (ad esempio in Danimarca e nella regione capitale di Bruxelles) è inclusa anche la valutazione della tenuta d'aria dell'edificio.

In altri casi (ad esempio in Francia, Danimarca, Regione del Capitale di Bruxelles e Fiandre) vengono stabiliti requisiti aggiuntivi per l'esecuzione dei sistemi tecnici (ad esempio unità di riscaldamento e ventilazione) e per ridurre ulteriormente il rischio di surriscaldamento dell'edificio.

### 3.2 Gli nZEB nella normativa italiana

Date le potenzialità di risparmio ottenibile dal settore civile che copre circa il 39,7% del fabbisogno energetico nazionale negli usi finali, l'incremento dell'efficienza energetica negli edifici e la transizione verso gli edifici a energia quasi zero (nZEB), costituisce un obiettivo prioritario per il Paese che viene perseguito grazie all'attivazione di un'ampia gamma di misure di regolazione e di incentivazione.

In un'ottica di incremento dell'efficienza energetica degli edifici, i parametri energetici e le caratteristiche termiche minime sono stati resi più sfidanti.

Si evidenzia come, rispetto ai valori precedentemente in vigore (DLgs 192/2005 s.m.i.), sono state infatti rimodulate le trasmittanze minime previste per gli elementi edilizi, riducendole di circa il 15% per gli interventi eseguiti a partire dal 1° luglio 2015, e di un ulteriore 15% a partire dal 1° gennaio 2021, prevedendo contemporaneamente un miglioramento dell'efficienza minima degli impianti tecnici.

In Italia sono identificati come edifici ad energia quasi zero tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui risultano rispettati i valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento:

1. i valori limite determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici dei seguenti parametri :
  - coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente ( $H'_T$ );
  - area solare equivalente estiva per unità di superficie utile ( $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ );
  - indici di prestazione termica utile per riscaldamento e raffrescamento ( $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$ );
  - efficienza media stagionale degli impianti di climatizzazione invernale ( $\eta_H$ ), di climatizzazione estiva ( $\eta_C$ ) e di produzione di acqua calda sanitaria ( $\eta_W$ ); indice di prestazione energetica globale totale dell'edificio ( $EP_{gl,tot}$ );

Per classificare un edificio come nZEB, le caratteristiche termiche e i parametri energetici dell'edificio di riferimento sono più selettivi, anticipando i requisiti previsti per gli edifici nuovi e per quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo livello a partire dal 2021 (2019 per la Pubblica Amministrazione).

2. copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, delle seguenti quote:
  - 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria (55% per gli edifici pubblici);
  - 50% della somma dei consumi previsti per il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria e il raffrescamento (55% per gli edifici pubblici).

Sul mercato è possibile trovare differenti tipologie di impianti alimentati da fonti rinnovabili: le pompe di calore elettriche o a gas nelle versioni aerotermiche, idrotermali o geotermiche, le caldaie o i cogeneratori alimentati a biomassa, i micro/mini impianti eolici, il solar cooling, i sistemi solari termici e fotovoltaici. La scelta della soluzione più appropriata non è facilmente generalizzabile e non può prescindere né dal sito dell'intervento con le sue condizioni climatiche e la disponibilità di particolari risorse energetiche né dai servizi assolti nell'edificio e i conseguenti carichi. Inoltre nelle ristrutturazioni si è spesso vincolati dalla situazione ex-ante che di fatto limita (fino talvolta ad escluderla) la possibilità di scelta delle soluzioni adottabili.

### 3.3 Considerazioni sulla definizione nZEB

La vista di insieme sulle varie scelte operate o in via di definizione da parte dei diversi paesi membri sembrerebbe mettere in luce che:

- l'indicazione generica di nZEB della direttiva EPBD ha di fatto generato un ampio ventaglio di situazioni
- non tutti i paesi hanno ancora definito gli nZEB con modalità strettamente analitiche (come per esempio fatto in Italia con il DM requisiti minimi)
- in diversi casi la definizione di nZEB è legata alla migliore classificazione vigente sugli edifici (per esempio, classe A/A+), quindi si è cercato di semplificare l'approccio
- la quota di rinnovabile richiesta è in pratica sempre presente, anche se con valori modesti
- in diversi casi è stata distinta la casistica degli edifici nuovi, per i quali è meno difficoltoso raggiungere prestazioni energetiche elevate, da quella degli edifici esistenti, per i quali gli interventi sono spesso problematici (per esempio nel caso dell'isolamento delle pareti in edifici vincolati). Questa differenziazione consente, peraltro, di definire standard diversi e più calibrati per le due situazioni, il che potrebbe costituire un approccio vincente per lanciare una più diffusa ed efficace cultura dei nZEB;
- la definizione di nZEB viene spesso legata non a calcoli, ma a prescrizioni più concrete almeno dal punto di vista della riconoscibilità visiva, quali la presenza di date tecnologie impiantistiche (esempio: collettori solari e caldaie a biomassa, comunque in combinazioni "minime" definite a priori) e per la riqualificazione dell'involucro (esempio: spessori di isolanti e qualità degli infissi/chiusure trasparenti), lasciando al rispetto della buona pratica costruttiva tutto il resto (esempio: riduzione al minimo dei ponti termici). Anche questo approccio, se pur criticabile sotto il profilo teorico, è degno del massimo rispetto, in quanto ben comprensibile da parte degli utenti, altro aspetto chiave per il reale raggiungimento degli obiettivi.

Da un punto di vista generale confrontando la situazione media europea con quella nazionale risulta evidente come quest'ultima sia caratterizzata da una definizione di nZEB che:

- è piuttosto restrittiva soprattutto per la quota di energia rinnovabile richiesta;
- non prevede, nella pratica, una differenziazione tra prescrizioni imposte per gli edifici nuovi ed esistenti se riqualificati in modo sostanziale;
- l'approccio generale risulta tendenzialmente più cauto. Ciò con particolare riferimento agli edifici esistenti, che costituiscono il punto centrale per il contenimento dei consumi energetici di tutto lo stock edilizio attuale e futuro.

## 4 La raccomandazione 2016/1318 della Commissione Europea

Sulla Gazzetta Ufficiale dell'UE del 2 agosto 2016 sono stati pubblicati gli orientamenti per assicurare che tutti gli edifici di nuova costruzione siano ad energia quasi zero, quindi nZEB (Near Zero Energy Building), entro la fine del 2020.

La raccomandazione pubblicata scaturisce da diverse considerazioni, prima tra tutte il fatto che gli edifici sono elementi fondamentali per le politiche di efficienza energetica dell'UE, in quanto rappresentano circa il 40% del consumo di energia finale.

Si raccomanda agli Stati Membri di adoperarsi per attuare completamente e far rispettare le disposizioni della direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia affinché tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero entro i termini stabiliti dalla direttiva stessa.

Nel concetto di edificio a energia quasi zero è racchiusa la nozione di sinergia degli interventi sul fronte dell'energia da fonti rinnovabili e su quello dell'efficienza energetica.

L'introduzione di requisiti di prestazione più elevati e stringenti intesi a rendere gli edifici altamente efficienti e quasi azzerarne il consumo energetico portano come conseguenza un maggiore utilizzo dell'energia da fonti rinnovabili in situ.

Le definizioni nazionali di «edificio a energia quasi zero» devono ambire ad un grado elevato di prestazione (secondo il livello ottimale sotto il profilo dei costi per i requisiti minimi), utilizzando al contempo fonti energetiche rinnovabili nell'ambito di una progettazione integrata per soddisfare l'esiguo fabbisogno energetico di questi edifici.

La Raccomandazione sollecita a fissare obiettivi chiari sui fabbisogni (fornendo anche valori indicativi per le varie zone d'Europa e per tipologia di edificio) e ad istituire controlli sul raggiungimento degli obiettivi. Infine, sottolinea con forza l'importanza di mettere in atto politiche volte ad intervenire sul patrimonio edilizio esistente per renderlo ad energia quasi zero.

### 4.1 La direzione indicata per l'individuazione degli nZEB

Si ricorda che per prestazione energetica s'intende la "quantità di energia, calcolata o misurata, necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso ad un uso normale dell'edificio, compresa, in particolare, l'energia utilizzata per il riscaldamento, il rinfrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda e l'illuminazione" (art 2, EPBD). Per calcolare la prestazione energetica occorre calcolare innanzitutto il fabbisogno di energia finale e successivamente l'energia primaria netta. L'energia prodotta in loco (utilizzata in loco o esportata) riduce il fabbisogno di energia primaria associata all'energia fornita.

Il risultato che s'intende ottenere con il calcolo della prestazione energetica è il "consumo" globale annuo di energia in termini di energia primaria netta, che equivale al "consumo di energia a fini riscaldamento, rinfrescamento, ventilazione, acqua calda e illuminazione. Il calcolo di questo saldo su base annuale.

La maggior parte degli Stati membri utilizza già un indicatore del consumo di energia primaria, espresso in kWh/(m<sup>2</sup>anno) (allegato I) e spesso include altri parametri, quali i valori U dei componenti dell'involucro dell'edificio, l'energia netta e finale per il riscaldamento e il rinfrescamento e le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Circa il 60 % degli Stati membri ha fissato in maniera formale l'applicazione dettagliata della definizione di edifici a energia quasi zero.

La Raccomandazione dunque suggerisce come l'applicazione dettagliata della suddetta definizione, (che deve figurare nelle misure nazionali di recepimento o nei piani nazionali intesi ad aumentare il numero di nZEB), debba includere un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/(m<sup>2</sup>.anno).

Nonostante il tentativo di uniformare il modo di esprimere la prestazione degli nZEB gli indicatori numerici della prestazione energetica in uso negli Stati membri non sono paragonabili tra loro perché calcolati con diverse metodologie.

Alcuni Stati membri ad esempio hanno scelto di includere nell'indicatore numerico anche usi non obbligatori dell'energia, ad esempio il consumo degli elettrodomestici.

Anche sulla quota di energia da fonti rinnovabili derivano risultati altrettanto differenziati: solo un numero limitato di paesi ha definito una precisa percentuale minima, mentre la maggioranza fornisce dichiarazioni qualitative.

Si ritiene comunque utile l'individuazione su scala comunitaria di parametri numerici di riferimento per gli indicatori del consumo di energia primaria degli edifici a energia quasi zero.

I parametri di riferimento dovrebbero essere espressi in termini di fabbisogno di energia quale indicatore di partenza per il calcolo dell'energia primaria. Ne deriva che un fabbisogno molto basso di energia a fini di riscaldamento e rinfrescamento è un presupposto imprescindibile per gli edifici a energia primaria quasi zero e una condizione basilare per conseguire una quota significativa di energia da fonti rinnovabili e un livello quasi zero di energia primaria.

La Raccomandazione fornisce dei parametri di riferimento comuni articolandoli per fascia climatica (Mediterranea, Oceanica, Continentale e Nordica) e destinazione d'uso (uffici, casa unifamiliare di nuova costruzione)

Alcuni Stati Membri hanno scelto di associare il livello di prestazione degli edifici a energia quasi zero alle classi più alte di prestazione energetica, indicandola in un attestato di certificazione energetica.

Questo approccio viene raccomandato a livello comunitario questo se riferito ad un indicatore chiaro della prestazione energetica,

con la finalità di fornire agli investitori informazioni chiare e orientare il mercato verso gli edifici a energia quasi zero.

## 5 L'evoluzione del concetto di nZEB in Italia

Il DM 26.06.2015 prevede già al suo interno la possibilità di sottoporre a revisione periodica (ogni cinque anni) i propri requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici alla luce del progresso tecnologico e degli esiti del primo quinquennio di applicazione.

È necessario infatti predisporre misure volte ad aumentare il numero di edifici che non solo rispettano i requisiti minimi vigenti, ma presentano una prestazione energetica ancora più elevata, riducendo in tal modo sia il consumo energetico sia le emissioni di biossido di carbonio.

### 5.1 Piano d'azione nazionale per incrementare gli edifici a energia quasi zero

Seguendo le indicazioni comunitarie gli Stati Membri devono elaborare piani nazionali intesi ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero.

Considerando che l'efficienza energetica rappresenta la priorità d'azione della Strategia energetica nazionale e che, in ambito nazionale, il settore dell'edilizia rappresenta un elemento dalle grandi potenzialità al fine del raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico indicati dal Paese al 2020, il 19 Giugno 2017 è stato approvato con decreto interministeriale il "Piano d'azione nazionale per incrementare gli edifici a energia quasi zero" (PANZEB) elaborato da un gruppo di lavoro composto da ENEA, RSE e CTI con il coordinamento del Ministero dello sviluppo economico.

Il PANZEB 2017, affronta diverse tematiche:

- definizione di nZEB, prestazioni e costi di realizzazione;
- stato dell'arte relativo al parco immobiliare nazionale, edifici residenziali e non residenziali, edifici nuovi ed esistenti;
- strumenti regolatori, incentivi e nuove proposte;
- programmi proposti dalle Regioni.

## 5.2 L'introduzione dell'edificio di riferimento

L'impostazione metodologica precedente all'emanazione dei DM 26.06.2015 prevedeva una classificazione energetica degli edifici impostata su limiti di prestazione con "classi" predeterminate e funzione del fattore di forma degli immobili e del parametro climatico gradi-giorno (Linee Guida Nazionali 26.06.2009). Il parametro su cui si fondava il sistema di classificazione era l'indice di prestazione energetica per riscaldamento. I valori dell'*EPI* individuati per la classificazione erano distinti in due categorie in funzione della destinazione d'uso dell'immobile (espresso in kWh/m<sup>2</sup> per gli edifici residenziali e in kWh/m<sup>3</sup> per tutte le altre destinazioni d'uso).

A seguito dell'entrata in vigore dei DM 26.06.2015 la nuova metodologia prevede una scala di classificazione definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento (*EPgl,nren,rif,standard* - 2019/21), calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi.

Non vi è più distinzione in relazione alla destinazione d'uso e soprattutto non si fa più riferimento al solo servizio di climatizzazione invernale, ma si considerano tutti i servizi energetici presenti (climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda per usi igienico sanitari, ventilazione, e nel caso di edifici non residenziali anche illuminazione e movimentazione e trasporti).

Attraverso tali criteri nella prestazione complessiva dell'edificio si è in grado di valutare sia parametri legati alle variabili climatiche sia alla destinazione d'uso (condizioni di microclima interno, portate d'aria di ventilazione, profili di utilizzo, ecc..) sia quelli derivanti da scelte progettuali (caratteristiche geometrico-dimensionali, forma, volume, altezza, ecc..).

La scelta si è indirizzata verso l'adozione non più di una scala fissa per la classificazione e valori limite predeterminati, ma è stato introdotto il concetto di "Edificio di Riferimento" sia per l'individuazione di alcuni parametri oggetto di verifica, che per la costruzione della classe energetica da attribuire all'immobile. Si è quindi cercato di legare la prestazione degli edifici non a valori prestazionali assoluti, ma a valori di determinati in funzione di indicazioni che di volta in volta derivano da scelte progettuali e tecnologiche ritenute valide per il singolo edificio oggetto di valutazione. In sostanza ad ogni singolo edificio corrisponde un edificio di riferimento e di conseguenza una specifica individuazione di classi energetiche.

L'edificio di riferimento è definito come un edificio identico a quello di progetto o reale in termini di forma, geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati. (Appendice A, Allegato 1, Cap 3).

L'impatto della forma e del volume essendo invariante tra edificio reale ed edificio di riferimento, è stato dunque annullato. Mentre caratteristiche termofisiche dell'involucro edilizio e dei sistemi impiantistici determineranno i valori con cui l'edificio si deve confrontare.

In sostanza, l'edificio di riferimento sarà dunque caratterizzato da un fabbricato di riferimento e da impianti tecnici di riferimento.

Il DM Requisiti Minimi individua una serie di parametri relativi all'involucro e ai sistemi impiantistici che saranno oggetto di verifica.

La classe energetica degli edifici è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio (*EPgl,nren*) attraverso in confronto con una scala di classi individuate ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica definito. In sostanza si procede calcolando:

1. *EPgl,nren* dell'immobile reale;
2. *EPgl,nren,rif,standard* - 2019/21 determinato dotando l'edificio di riferimento delle tecnologie standard (vedi [Tabella 1](#));
3. costruzione delle classi energetiche (vedi [Tabella 2](#));
4. attribuzione della classe energetica all'edificio reale.



Tabella 1. Tecnologie standard dell'edificio di riferimento

Climatizzazione invernale	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Climatizzazione estiva	Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Ventilazione	Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 9 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi
Acqua calda sanitaria	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Illuminazione	Rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 1.2.2 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi.
Trasporto persone o cose	Rispetto dei requisiti al DM requisiti minimi.

Tabella 2. Scala di classificazione energetica

	<b>Classe A4</b>	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe A3</b>	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe A2</b>	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe A1</b>	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe B</b>	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe C</b>	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe D</b>	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe E</b>	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	<b>Classe F</b>	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
	<b>Classe G</b>	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$

### 5.3 I parametri dell'edificio di riferimento validi per gli nZEB

Gli edifici nZEB si devono confrontare con l'edificio di riferimento e dovranno essere dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. In particolare requisiti individuati come limiti di legge da rispettare per il raggiungimento dell'obiettivo nZEB si possono distinguere in due categorie:

1. Parametri relativi al fabbricato:
  - a) caratteristiche termofisiche delle strutture costituenti l'involucro opaco e trasparente, verticale e orizzontali disperdenti verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati, controterra o verso ambienti climatizzati. La trasmittanza si intende comprensiva dell'effetto dei ponti termici. Per i serramenti la trasmittanza si intende comprensiva dei cassonetti e di tutto il serramento (vetro e telaio).

**Tabella 3. Trasmittanza termica strutture del fabbricato**

ZONA CLIMATICA	TRASMITTANZA (2019-2021) [W/m <sup>2</sup> K]				
	U <sub>PARETI</sub>	U <sub>COPERTURA</sub>	U <sub>PAVIMENTO</sub>	U <sub>SERRAMENTI</sub>	U <sub>DIVISORI</sub>
A - B	0,43	0,35	0,44	3,00	0,8
C	0,34	0,33	0,38	2,20	
D	0,29	0,26	0,29	1,80	
E	0,26	0,22	0,26	1,40	
F	0,24	0,20	0,24	1,10	

- b) Il fattore di trasmissione solare globale ( $g_{gl+sh}$ ) per i serramenti delimitanti un ambiente climatizzato verso l'esterno con orientamento da Est a Ovest, passando per Sud, è stato introdotto per considerare il contributo fornito dal vetro (glazing) e dalle schermature (shading).

**Tabella 4. Fattore di trasmissione solare globale**

ZONA CLIMATICA	$g_{gl+sh}$ (2019-2021) [-]
Tutte le zone	0,35

2. Parametri relativi ai sistemi impiantistici: si sottolinea che l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale:
  - a) Le efficienze medie dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento sono individuate in [Tabella 5](#).

**Tabella 5. Efficienze dei sistemi di utilizzazione**

Efficienza sottosistemi utilizzazione $\eta_u$	H [-]	C [-]	W [-]
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aerea	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

- b) Le efficienze medie dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per i servizi di riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda per usi igienico sanitari e per la produzione di energia elettrica in situ sono individuate in [Tabella 6](#).



Tabella 6. Efficienze dei sistemi di generazione

	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
<b>Sottosistemi di generazione:</b>				
- Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,80	-
- Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
- Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,70	-
- Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
- Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
- Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	(*)	2,50	-
- Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,50	-	-
- Pompa di calore ad assorbimento	1,20	(*)	1,10	-
- Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	$0,60 \times \eta_{gn}$ (**)	-	-
- Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,60	-	-
- Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1,00	1,05	-
- Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
- Riscaldamento con resistenza elettrica	1,00	-	-	-
- Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
- Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
- Solare termico	0,3	-	0,3	-
- Solare fotovoltaico	-	-	-	0,1
- Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	(**)
<p>NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore</p> <p>(*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento di considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia</p> <p>(**) si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale</p>				

- c. Fabbisogno energetico per il servizio di illuminazione: per l'edificio di riferimento si considerano i parametri dell'edificio reale e sistemi di regolazione automatici di Classe B.
- d. Fabbisogno energetico per il servizio di ventilazione meccanica: per l'edificio di riferimento si considerano le portate d'aria dell'edificio reale.

Si evidenzia che ai fini della determinazione dei requisiti costruttivi di cui al decreto requisiti minimi, l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale. Ciò permette di garantire che su di essi, indipendentemente dalla tecnologia, siano rispettati requisiti minimi di efficienza più sfidanti lasciando al contempo al progettista maggiore libertà di scelta.

Differentemente, ai fini del calcolo dell'indice *EP<sub>gl,nren,rif,standard</sub>* (2019/21) per la classificazione dell'edificio, esso si considera dotato degli impianti standard escludendo quindi gli eventuali impianti a fonti rinnovabili presenti nell'edificio reale.

#### 5.4 I requisiti minimi previsti per gli nZEB

Una volta determinati i parametri, gli indici di prestazione energetica e le efficienze dei sistemi impiantistici (Tabella 7) occorre effettuare la verifica del rispetto dei requisiti determinati con l'utilizzo dell'edificio di riferimento.

**Tabella 7. Efficienze, parametri e indici di prestazione energetica**

$H'_T$ [W/ m <sup>2</sup> K]	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente
$A_{sol,est}/ A_{sup\ utile}$ [-]	area solare equivalente estiva per unità di superficie utile;
$EP_{H,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
$\eta_H$ [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;
$EP_H$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot") ;
$EP_{W,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria;
$\eta_W$ [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;
$EP_W$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_V$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la ventilazione. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_{C,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;
$\eta_C$ [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità);
$EP_C$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale. Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_T$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili). Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3);
$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica globale dell'edificio. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot").

Il processo di calcolo e la verifica del rispetto dei requisiti minimi segue un iter che si articola nelle seguenti fasi:

1. Determinazione dei parametri e degli indici di prestazione energetica dell'edificio reale considerando le caratteristiche termo-fisiche del fabbricato e le efficienze dei sistemi impiantistici in base alla reale dotazione dell'edificio.

**Figura 1 Edificio reale: esempio**



2. Determinazione dei parametri e degli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento considerando le caratteristiche termo-fisiche del fabbricato e le efficienze dei sistemi impiantistici relative all'edificio di riferimento secondo quanto previsto dal DM Requisiti Minimi.

**Figura 2: Edificio di riferimento: esempio**



3. Confronto tra edificio reale e edificio di riferimento: i singoli parametri e le prestazioni dell'edificio reale devono essere migliori di quelli calcolati per l'edificio di riferimento. Le verifiche che devono essere effettuate riguardano i parametri, efficienze e gli indici prestazionali riportati in Tabella 8.

**Tabella 8 Verifiche per edifici nZEB**

		[-]	Edificio Reale		Edificio di Riferimento
<b>Parametri del Fabbricato</b>					
$H'_T$	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente	$W/m^2K$	$H'_T$	<	$H'_{T,rif}$
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	area solare equivalente estiva per unità di superficie utile	[-]	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	<	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$
$g_{gl+sh}$	Fattore di trasmissione solare totale	[-]	$g_{gl+sh}$	<	$g_{gl+sh,lim}$
<b>Efficienze Sistemi impiantistici</b>					
$h_H$	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale	[-]	$h_H$	>	$h_{H,lim}$
$h_W$	efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria	[-]	$h_W$	>	$h_{W,lim}$
$h_C$	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva	[-]	$h_C$	>	$h_{C,lim}$
<b>Indici di Prestazione Energetica</b>					
$EP_{H,nd}$	indice di prestazione termica utile per riscaldamento	$kWh/m^2$	$EP_{H,nd}$	<	$EP_{H,nd,lim}$
$EP_{C,nd}$	indice di prestazione termica utile per raffrescamento	$kWh/m^2$	$EP_{C,nd}$	<	$EP_{H,nd,lim}$
$EP_{gl,tot} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L + EP_T$	Indice di prestazione energetica globale dell'edificio. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot")	$kWh/m^2$	$EP_{gl,tot}$	<	$EP_{gl,tot,lim}$

4. Verifica del rispetto degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo quanto previsto dall'allegato 3, par.1, lettera c, del DLgs 3 marzo 2011 n. 28, che impone:
- a) una produzione di energia elettrica tramite impianti da fonti rinnovabili (obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze) con una potenza misurata in kW calcolata secondo la seguente formula:

$$P = \frac{1}{k} \cdot S \text{ [kW]}$$

dove:

S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in  $m^2$ ;

K è un coefficiente che assume il valore  $K = 50 \text{ m}^2/\text{kW}$  se la richiesta del titolo abilitativo è presentata a partire dal 1° Gennaio 2017.

- b) Deve essere garantito il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e del 50% (se la richiesta del titolo edilizio è stata rilasciata dal 1° gennaio 2017) della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento. Nel caso di edifici pubblici gli obblighi sono incrementati del 10%.

Se tutti i requisiti e le prescrizioni sopra riportate risultano rispettati l'edificio può essere identificato come nZEB.

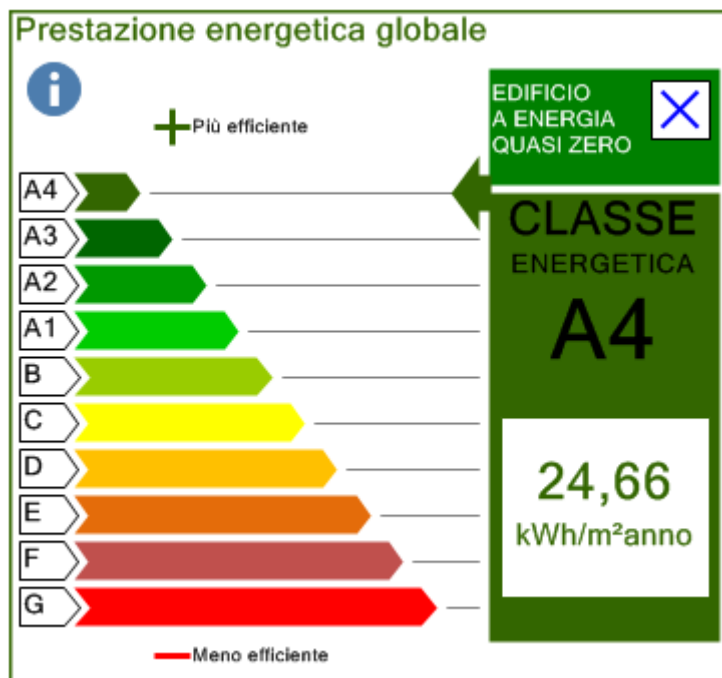


Figura 3: Verifica nZEB rispetto all'edificio di riferimento



Una volta individuato l'indice di prestazione globale espresso in energia primaria non rinnovabile può essere attribuita la classe energetica all'edificio reale. Nell'Attestato di Prestazione Energetica, oltre alla classe risulterà un segno di spunta che attribuirà la qualifica di nZEB all'edificio oggetto di certificazione Figura 4.

Figura 4 Attribuzione classe energetica e qualifica nZEB nell'APE



## 6 L'approccio per l'individuazione di un parametro rappresentativo degli nZEB in ambito nazionale: caratteristiche degli edifici di riferimento

L'art 9 della Direttiva EPBD prevede l'applicazione da parte degli Stati membri della definizione di edifici a energia quasi zero, tenuto conto delle rispettive condizioni nazionali, regionali o locali e indirizza con la Raccomandazione 2016/1318 ad esprimere la prestazione degli nZEB attraverso un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno.

In Italia il recepimento delle Direttive ha prodotto una serie di strumenti normativi che definiscono il quadro di riferimento nazionale in tema di efficienza energetica negli edifici (decreto legge 63/2013, legge 90/2013, decreto legislativo 192/2005 e s.m.i., decreto ministeriale 26 giugno 2015) e che comprendono una definizione degli nZEB attraverso il rispetto di requisiti minimi specifici.

Per rispondere alle indicazioni della Commissione si è scelto di effettuare uno studio su un set di modelli di edifici rappresentativi della realtà edilizia italiana con diverse destinazioni d'uso (il presente rapporto presenterà i risultati del primo set di simulazioni relative ad un edificio residenziale monofamiliare) e dislocati in differenti zone climatiche in modo da caratterizzare la variabilità tipologica costruttiva e climatica del territorio nazionale. Tali modelli sono stati implementati in modo da rispettare gli attuali requisiti e prescrizioni previsti a livello normativo nazionale per gli edifici nZEB.

Sia per quanto concerne l'involucro che i sistemi impiantistici si è scelto di assumere i valori minimi indicati dal Decreto Requisiti Minimi per l'edificio di riferimento.

Per quanto riguarda l'apporto di energia da fonti rinnovabili ci si riferisce alle quote minime previste dal DLgs28/2011 sia per la produzione termica che elettrica.

Attraverso un set di simulazioni si è potuto quindi ricavare gli indici di prestazione energetica globale non rinnovabile attraverso i quali si riesce ad attribuire anche ad ogni nZEB (di cui si sono evidenziati i requisiti minimi previsti dalla normativa vigente) la corrispondente classe energetica.

### 6.1 La scelta delle località di riferimento

La classificazione climatica del territorio italiano, relativamente alla climatizzazione invernale, è stata introdotta dal Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993.

L'Italia risulta essere suddivisa nelle seguenti sei zone climatiche (da A a F) definite in base ai Gradi - Giorno e indipendenti dalla ubicazione geografica.

In base a questa classificazione delle zone climatiche invernali, risulta che circa il 92% della popolazione italiana risiede in località i cui Gradi-Giorno sono compresi nell'intervallo 900 < GG ≤ 3000 (zone C, D ed E); del restante 8% della popolazione i 2/3 risiedono in località con un numero di Gradi-Giorno < 900 (zone A e B) e solo il 23 % in località con Gradi-Giorno > 300 (zone F) (Tabella 9).

**Tabella 9. Popolazione residente per zona climatica**

	ZONA CLIMATICA					
	A	B	C	D	E	F
Gradi-Giorno	≤ 600	600 <GG≤900	900 <GG≤1.400	1.400 <GG≤2.100	2.100 <GG≤3.000	GG>3.000
Popolazione	22.989	3.176.382	12.657.407	14.970.952	27.123.848	1.619.003
	0,04%	5,3%	21,2%	25,2	45,5%	2,8%
N° Comuni	2	157	989	1.611	4.271	1.071
	0,02%	1,9%	12,2%	19,8%	52,8%	13,3%

Per ogni zona climatica sono state individuate 3 località di riferimento:

1. Località 1: capoluogo di provincia con un numero di gradi-giorno (GG) più vicino al valore medio pesato rispetto alla popolazione della fascia. Tale valore è pari al rapporto tra la somma dei prodotti dei GG dei singoli comuni per il numero di abitanti e la popolazione complessiva della zona climatica;
2. Località 2: capoluogo di provincia con un numero di GG più vicino al valore massimo;
3. Località 3: località con numero di gradi-giorno massimo. Per la fascia climatica F la località 1 e 2 coincidono pertanto si è scelto come Località 2 un comune con un numero di GG pari a quello medio pesato rispetto alla popolazione della fascia.

**Tabella 10. Popolazione residente per zona climatica**

FASCIA CLIMATICA	LOCALITA'			GG DPR 412/93
B	1	REGGIO CALABRIA		772
	2	CROTONE		899
	3	SAPONARA	ME	900
C	1	LECCE		1153
	2	CATANZARO		1328
	3	CALTAGIRONE	CT	1399
D	1	TERNI		1650
	2	FORLI'		2087
	3	CASTIGLION DEL LAGO	PG	2099
E	1	ROVIGO		2466
	2	AOSTA		2850
	3	CASINA	RE	2999
F	1	BELLUNO		3043
	2	CALASCIO	AQ	3454
	3	SESTRIERE	TO	5165

## 6.2 Individuazione dei modelli di edifici di riferimento rappresentativi della realtà nazionale

Si ricorda che la EPBD recast richiede agli Stati Membri che i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici venissero definiti in un'ottica di raggiungimento dei livelli ottimali di costo. A tali fini, la Direttiva ha introdotto una metodologia di analisi comparativa con il proposito di determinare requisiti di riferimento per gli standard nazionali. Il livello ottimale in funzione dei costi è definito come "il livello di prestazione energetica che conduce al costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato dell'edificio", dove il costo più basso è determinato tenendo conto dei costi di investimento legati all'energia, dei costi di manutenzione e di funzionamento e degli eventuali costi di smaltimento.

A seguito di tali considerazioni i modelli degli edifici oggetto del presente studio sono stati desunti da quelli adottati per la predisposizione della metodologia per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica, nell'ambito del quadro metodologico definito dal Regolamento delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 in accordo con quanto richiesto agli Stati Membri dalla Direttiva 2010/31/UE.

Gli edifici campione sono dunque quelli già precedentemente definiti dal gruppo di lavoro tecnico istituito presso il Ministero dello Sviluppo Economico per l'attuazione della Direttiva 2010/31/UE.

I modelli risultano rappresentativi del parco edilizio italiano per funzionalità, caratteristiche tipologiche e costruttive e condizioni climatiche. A questi edifici sono stati applicati pacchetti di misure di efficienza energetica secondo quanto stabilito dal DM Requisiti Minimi in relazione all'edificio di riferimento per l'anno 2019/2021.

Si è optato per l'individuazione di edifici virtuali di nuova costruzione, con destinazioni d'uso residenziale e terziario, situati in 5 zone climatiche (ai sensi del D.P.R. 412/93), è stata esclusa la zona A perché scarsamente rappresentativa (esistono solo 2 comuni in zona A).

Il set di simulazioni complessivo è riportato in Tabella 11.

Quelle oggetto del presente studio si riferiscono all'Abitazione Monofamiliare.

**Tabella 11. Set di simulazioni e modelli di edifici**

Edifici	Numero di edifici	Zona Climatica					Numero modelli
		B	C	D	E	F	
							15
Abitazione Monofamiliare	1	3	3	3	3	3	15
Piccolo Condominio	1	3	3	3	3	3	15
Grande Condominio	1	3	3	3	3	3	15
Edificio ad uso Uffici tipologia 1	1	3	3	3	3	3	15
Edificio ad uso Uffici tipologia 2	1	3	3	3	3	3	15
RESIDENZIALE							45
UFFICI							30
TOTALE							75

I modelli riguardano le seguenti tipologie di edifici:

- Abitazione Monofamiliare costituito da un unico piano;
- Piccolo Condominio di 3 piani, con 6 unità abitative;
- Grande Condominio di 8 piani, con 24 unità abitative;
- Edificio ad uso Ufficio di 4 piani\_tipologia 1;
- Edificio ad uso Ufficio di 4 piani\_tipologia 2.

Per ciascuna tipologia saranno considerate 5 zone climatiche e per ciascuna di esse 3 diverse località ottenendo così un totale di 75 modelli da simulare.



## 7 La creazione dei modelli del sistema edificio

Ogni tipologia edilizia selezionata è caratterizzata da dimensioni, fattori di forma, proprietà termo-fisiche (es. trasmittanza termica dei componenti), efficienza degli impianti di riscaldamento ed altri indicatori energetici che verranno espressamente indicati nelle relative sezioni.

Tutti gli edifici residenziali (Monofamiliari, Piccolo Condominio e Grande Condominio) hanno la forma di un parallelepipedo regolare e sono dotati di sottotetto (non riscaldato), con tetto isolato, e poggiano su di un locale non climatizzato (ad esempio un garage).

Gli edifici ad uso ufficio hanno sempre la forma di un parallelepipedo regolare, ma sono dotati di una copertura piana e poggiano anch'essi su un locale non climatizzato come ad esempio potrebbe essere un garage.

### 7.1 Zonizzazione

Per ciascuna tipologia di edificio di riferimento è stata considerata un'unica zona termica sia per la climatizzazione invernale che per quella estiva in quanto secondo il Par.7.2 della UNI/TS 11300-1 la zonizzazione non è richiesta se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

1. le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4K;
2. le temperature interne di regolazione per il raffrescamento differiscono di non oltre 4K;
3. gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di climatizzazione;
4. se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore maggiore di 4;
5. se vi è controllo dell'umidità, le umidità relative interne di regolazione differiscono di non oltre 20 punti percentuali.

### 7.2 Capacità termica interna

Secondo quanto riportato al Par.15.2 UNI/TS 11300-1 la capacità termica interna dell'edificio deve essere determinata preliminarmente per calcolare la costante di tempo dell'edificio ed i fattori di utilizzazione.

Il calcolo della capacità termica interna dei componenti della struttura edilizia deve essere effettuato secondo la UNI EN ISO 13786.

Ai fini del presente studio si è assunto un calcolo semplificato della capacità termica, non considerando le partizioni interne nei modelli e assumendo per le varie tipologie di edificio una capacità termica per unità di superficie dell'involucro di tutti gli ambienti climatizzati pari a quella riportata in Tabella 12.

**Tabella 12. Capacità termica interna**

Capacità termica interna	$\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \text{ K}}$
Residenziale	105
Uffici	135

### 7.3 Parametri termo-fisici relativi all'involucro

Al fine di verificare il rispetto dei requisiti minimi previsti dal DM 26.06.2015 si sono imposti i valori limite previsti per le trasmittanze termiche dei componenti opachi e trasparenti costituenti l'involucro edilizio assumendo i valori al 2019/2011 dell'edificio di riferimento. I parametri adottati comprensivi dei fattori di assorbimento e dell'emissività delle strutture opache e il fattore solare delle superfici trasparenti sono riportati in Tabella 13.

**Tabella 13. Caratteristiche termofisiche involucro**

COMPONENTI	Vs	U [W/m <sup>2</sup> K]					α	ε	g <sub>gl+sh</sub>
		ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F	[-]	[-]	[-]
Strutture opache verticali	Esterno	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24	0,6	0,9	-
Strutture orizzontali di copertura	Esterno	0,35	0,33	0,26	0,22	0,20	-	-	-
Strutture orizzontali di pavimento	Esterno	0,44	0,38	0,29	0,26	0,24	-	-	-
Chiusure tecniche trasparenti e opache	Esterno	3,00	2,20	1,80	1,40	1,10	-	-	0,35
Strutture verticali e orizzontali opache di separazione tra unità immobiliari		0,80					-	-	-

Tali valori sono comprensivi dell'effetto dei ponti termici e pertanto nella simulazione dei vari modelli si è considerato un edificio ideale privo di ponti termici.

Nel caso di strutture delimitanti lo spazio riscaldato verso ambienti non climatizzati, come precisato dal Decreto Requisiti Minimi, si deve assumere come trasmittanza il valore della tabella sopra riportata diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e ambiente non climatizzato. I valori del fattore di correzione sono riportati in [Tabella 14](#) :

**Tabella 14. Fattori di correzione verso ambienti non climatizzati**

COMPONENTI	Fattori di correzione b <sub>tr</sub>			
	Edificio Monofamiliare	Piccolo Condominio	Grande Condominio	Uffici
Strutture opache verticali vs vano scala/ingresso	0,6	0,4	assente	assente
Strutture orizzontali di copertura	0,7	0,7	0,7	assente
Strutture orizzontali di pavimento	0,8	0,8	0,8	0,8

Applicando tali fattori ai relativi componenti l'involucro, ove necessario si ottengono i valori corretti delle trasmittanze riportati nelle seguenti tabelle in relazione alla tipologia di edificio.

**Tabella 15. Edificio Monofamiliare: Trasmittanze involucro corrette vs ambienti non climatizzati**

EDIFICIO MONOFAMILIARE		U [W/m <sup>2</sup> K]				
COMPONENTI	Vs	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F
Strutture opache verticali	Non Clim.	0,72	0,57	0,48	0,43	0,40
Strutture orizzontali di copertura	Non Clim.	0,50	0,47	0,37	0,31	0,29
Strutture orizzontali di pavimento	Non Clim.	0,55	0,48	0,36	0,33	0,30

**Tabella 16. Piccolo Condominio: Trasmittanze involucro corrette vs ambienti non climatizzati**

PICCOLO CONDOMINIO		U [W/m <sup>2</sup> K]				
COMPONENTI	Vs	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F
Strutture opache verticali	Non Clim.	1,08	0,85	0,73	0,65	0,60
Strutture orizzontali di copertura	Non Clim.	0,50	0,47	0,37	0,31	0,29
Strutture orizzontali di pavimento	Non Clim.	0,55	0,48	0,36	0,33	0,30

**Tabella 17. Grande Condominio: Trasmittanze involucro corrette vs ambienti non climatizzati**

GRANDE CONDOMINIO		U [W/m <sup>2</sup> K]				
COMPONENTI	Vs	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F
Strutture opache verticali	Non Clim.	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24
Strutture orizzontali di copertura	Non Clim.	0,50	0,47	0,37	0,31	0,29
Strutture orizzontali di pavimento	Non Clim.	0,55	0,48	0,36	0,33	0,30

**Tabella 18. Uffici: Trasmittanze involucro corrette vs ambienti non climatizzati**

UFFICI		U [W/m <sup>2</sup> K]				
COMPONENTI	Vs	ZONA B	ZONA C	ZONA D	ZONA E	ZONA F
Strutture opache verticali	Non Clim.	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24
Strutture orizzontali di copertura	Non Clim.	0,35	0,33	0,26	0,22	0,20
Strutture orizzontali di pavimento	Non Clim.	0,55	0,48	0,36	0,33	0,30

Per i componenti finestrati, rispettando le indicazioni del Decreto Requisiti Minimi, si è assunto il fattore di trasmissione globale di energia solare attraverso i componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud  $g_{gl+sh}$  pari a 0,35.

7.3.1 Parametri termo-fisici relativi all'involucro

Gli ombreggiamenti previsti, che determinano una riduzione degli apporti energetici gratuiti dovuti alla radiazione solare, sono originati dalla presenza di aggetti orizzontali e verticali e si possono desumere dalla tabella sotto riportata Tabella 19.

Con  $\alpha$  si è indicato l'angolo sotteso all'aggetto orizzontale e con  $\beta$  l'angolo sotteso all'aggetto verticale (vedi Figura 5).

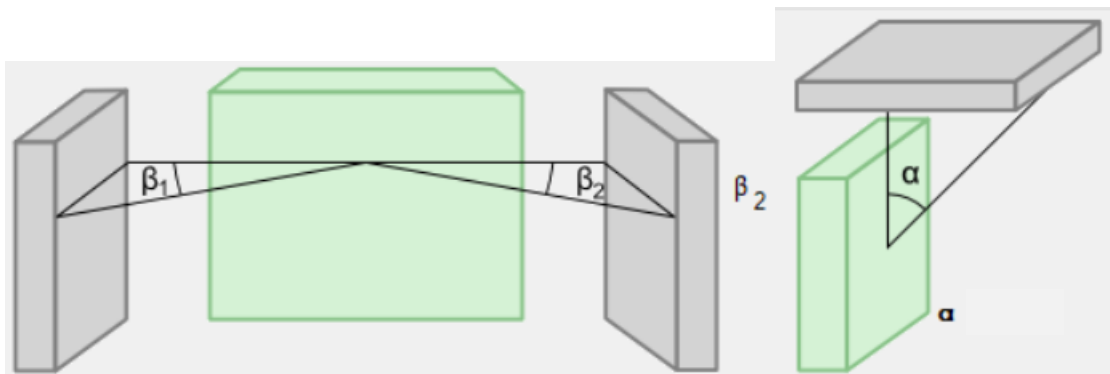


Figura 5 Angoli di ostruzione orizzontali e verticali

Tabella 19. Angoli di ostruzione serramenti

Esposizione serramenti	Edificio Monofamiliare		Piccolo Condominio		Grande Condominio		Uffici	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
NORD	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=5,4^\circ\text{C}$
SUD	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=5,4^\circ\text{C}$
EST	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=6,4^\circ\text{C}$
OVEST	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=14,0^\circ\text{C}$	$\alpha=11,3^\circ\text{C}$	$\beta=6,4^\circ\text{C}$

## 8 Edificio residenziale Monofamiliare di nuova costruzione

L'edificio Monofamiliare ha una forma molto compatta caratterizzata da un rapporto di forma pari a 0,97, con distribuzione uniforme delle superfici trasparenti sulle pareti esposte, si sviluppa su un unico piano e presenta strutture disperdenti (opache e trasparenti) verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (corpo scala, garage).

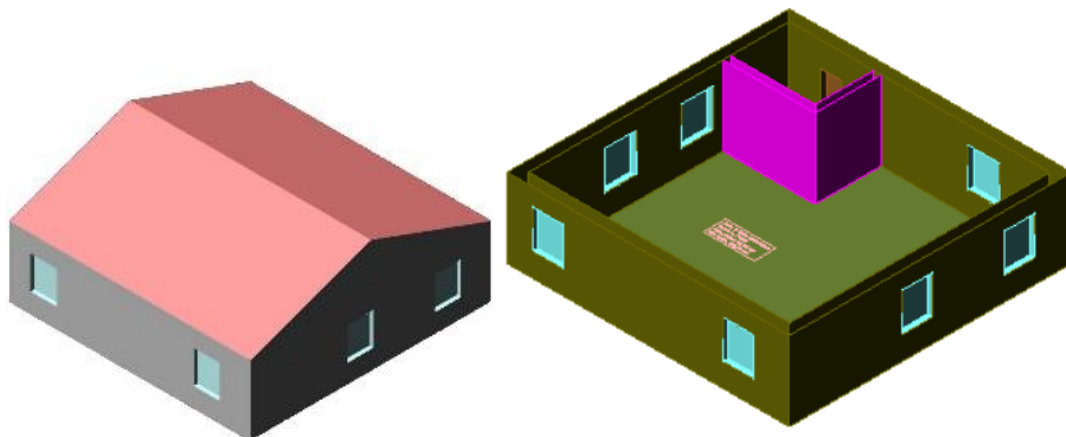
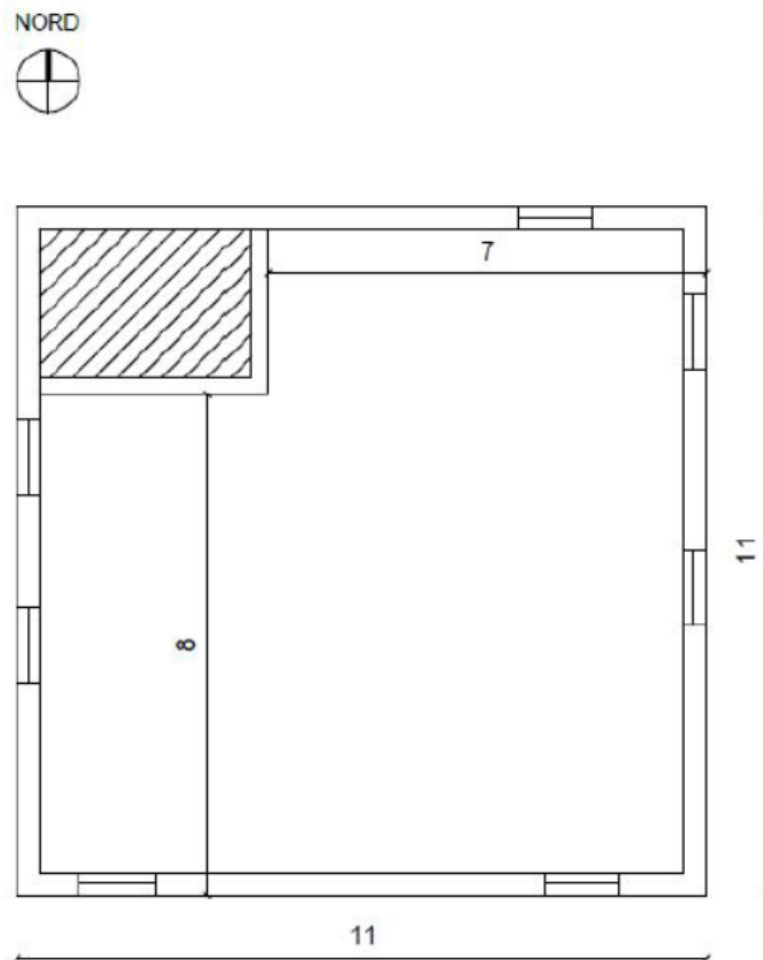


Figura 6 Edificio Residenziale: Monofamiliare

Le caratteristiche geometrico-dimensionali sono riassunte in [Tabella 20](#)

**Tabella 20. Dimensioni edificio Monofamiliare**

Caratteristiche geometriche Edificio Monofamiliare		
Altezza interpiano	2,70	m
Larghezza	11,0	m
Profondità	11,0	m
Pavimento netto	95,79	m <sup>2</sup>
Serramenti	12,60	m <sup>2</sup>
Volume netto	258,63	m <sup>3</sup>
Volume lordo	377,09	m <sup>3</sup>
Superficie lorda disperdente	371,26	m <sup>2</sup>
S/V	0,98	-

## 9 Edificio residenziale Piccolo Condominio di nuova costruzione

L'edificio Piccolo Condominio ha una forma parallelepipedica, con orientamento prevalente sull'asse nord-sud e con un rapporto di forma pari a 0,60; le superfici trasparenti sono disposte sui lati est, sud ed ovest, mantenendo un fronte nord prevalentemente opaco compatto. Si sviluppa su 3 livelli con 6 unità abitative e presenta strutture disperdenti (opache e trasparenti) verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (corpo scala, garage).

NORD

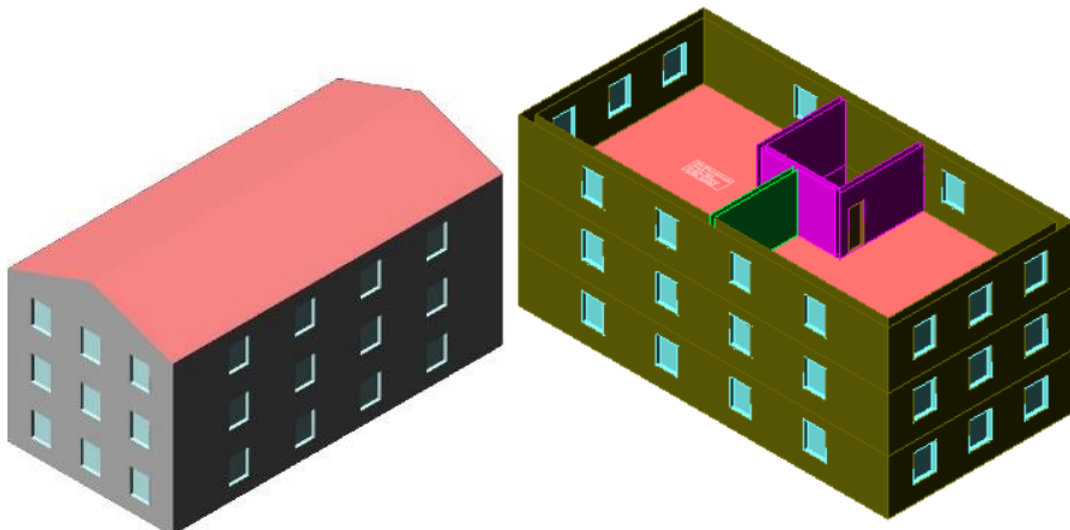
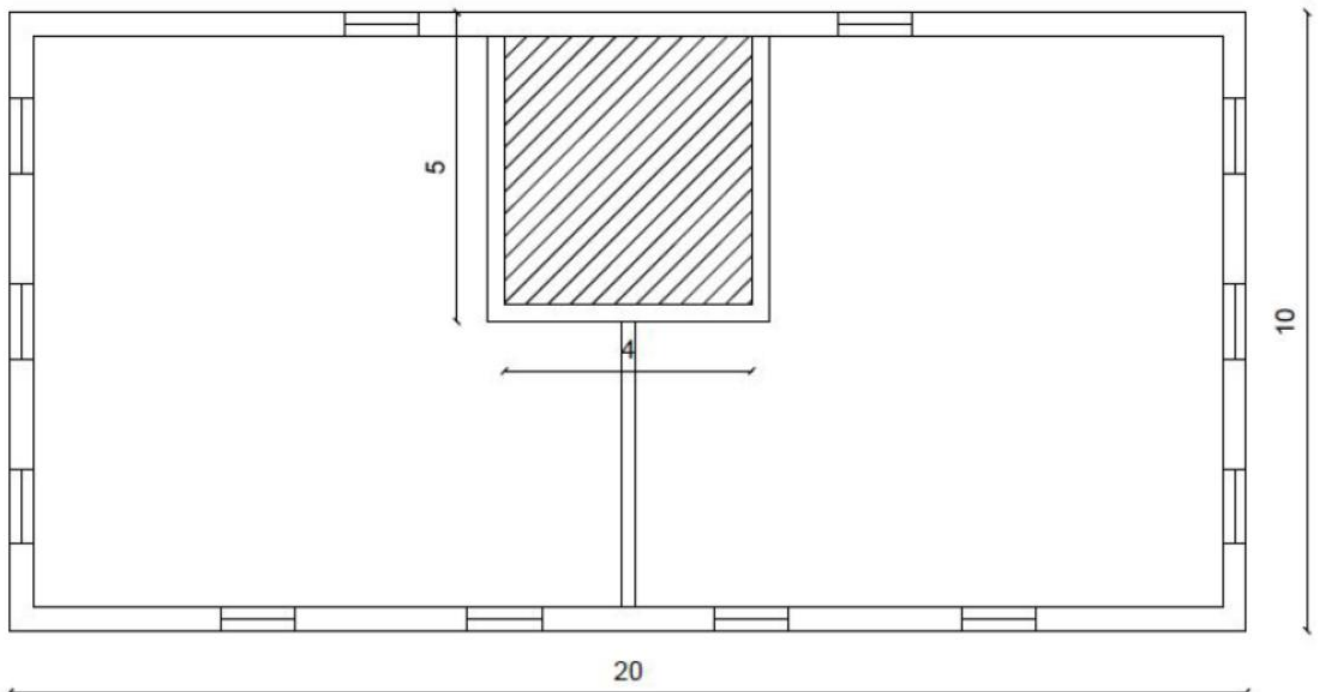


Figura 7 Edificio Residenziale: Piccolo Condominio

Le caratteristiche geometrico-dimensionali sono riassunte in [Tabella 21](#)

**Tabella 21. Dimensioni Piccolo Condominio**

Caratteristiche geometriche Edificio Monofamiliare		
Numero piani	3	-
Altezza interpiano	2,70	m
Larghezza	20,0	m
Profondità	10,0	m
Pavimento netto	458,76	m <sup>2</sup>
Serramenti	64,80	m <sup>2</sup>
Volume netto	1238,65	m <sup>3</sup>
Volume lordo	1706,64	m <sup>3</sup>
Superficie lorda disperdente	890,00	m <sup>2</sup>
S/V	0,60	-



## 10 Edificio residenziale Grande Condominio di nuova costruzione

L'edificio Grande Condominio ha una forma parallelepipedica, con un rapporto di forma pari a 0,41; le superfici trasparenti sono disposte sui lati est ed ovest, mantenendo i prospetti nord e sud prevalentemente opachi. Si sviluppa su 8 livelli con 24 unità abitative e presenta strutture disperdenti (opache e trasparenti) verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (corpo scala, garage).

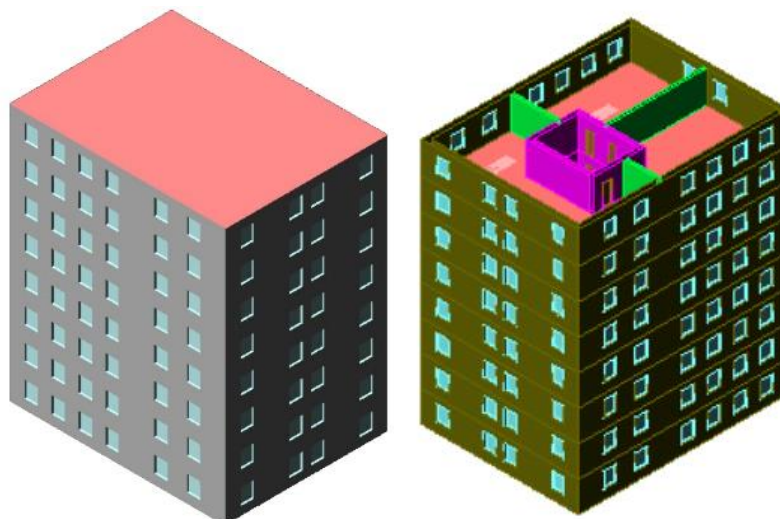
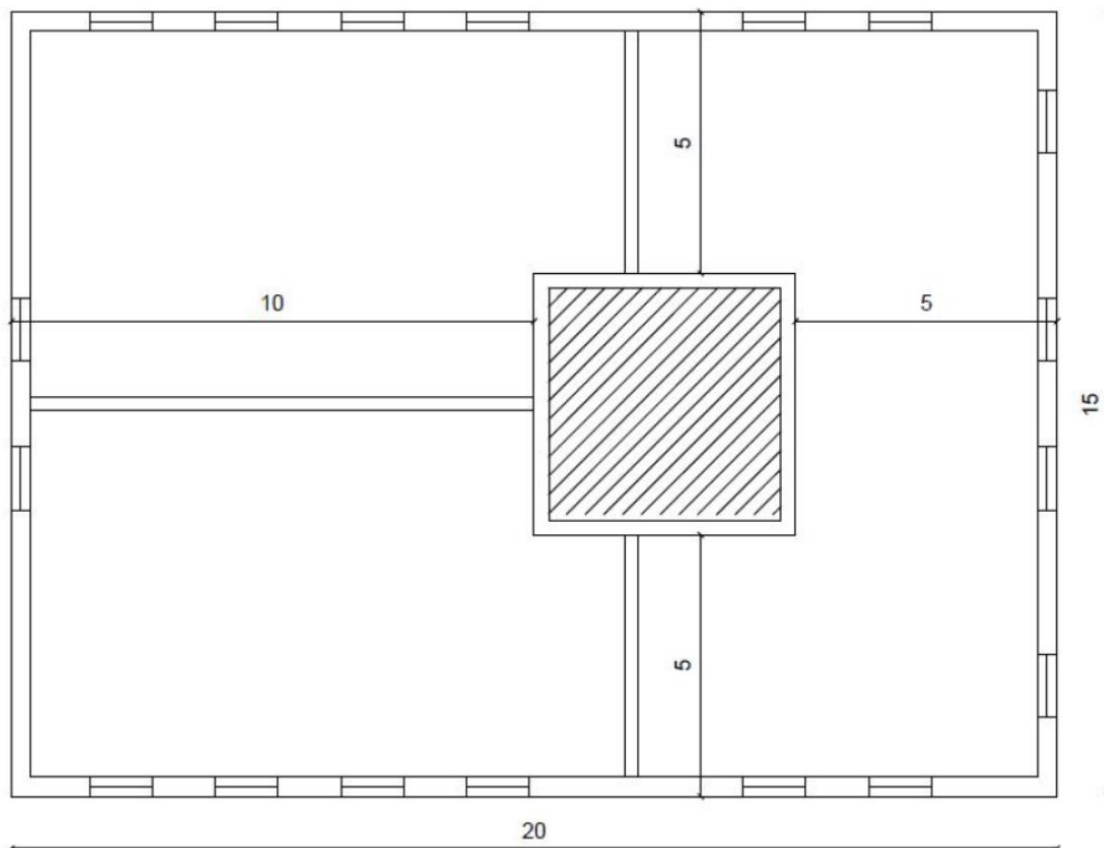


Figura 8 Edificio Residenziale: Grande Condominio

Le caratteristiche geometrico-dimensionali sono riassunte in [Tabella 22](#)

**Tabella 22. Dimensioni Grande Condominio**

Caratteristiche geometriche Edificio Monofamiliare		
Numero piani	8	-
Altezza interpiano	2,70	m
Larghezza	20,0	m
Profondità	15,0	m
Pavimento netto	1904,00	m <sup>2</sup>
Serramenti	259,20	m <sup>2</sup>
Volume netto	5142,00	m <sup>3</sup>
Volume lordo	6598,00	m <sup>3</sup>
Superficie lorda disperdente	2231,00	m <sup>2</sup>
S/V	0,41	-

## 11 Edificio terziario: Ufficio tipologia 1 di nuova costruzione

L'edificio Ufficio tipologia 1 ha una forma parallelepipedica, con un rapporto di forma pari a 0,44; le superfici trasparenti sono disposte su tutti i lati esposti; l'orientamento prevalente è sull'asse nord-sud. I prospetti nord e sud sono caratterizzati dalla presenza di superfici trasparenti pari a circa 2/3 di quelle opache. Si sviluppa su 4 livelli e presenta strutture disperdenti (opache e trasparenti) verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (2 corpi scala, garage).

NORD

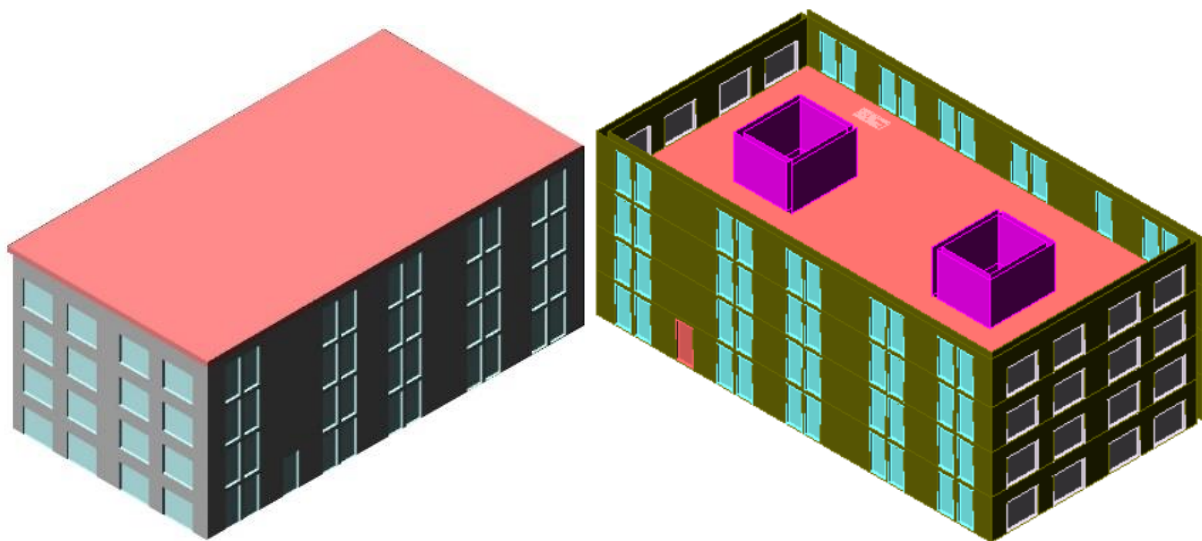
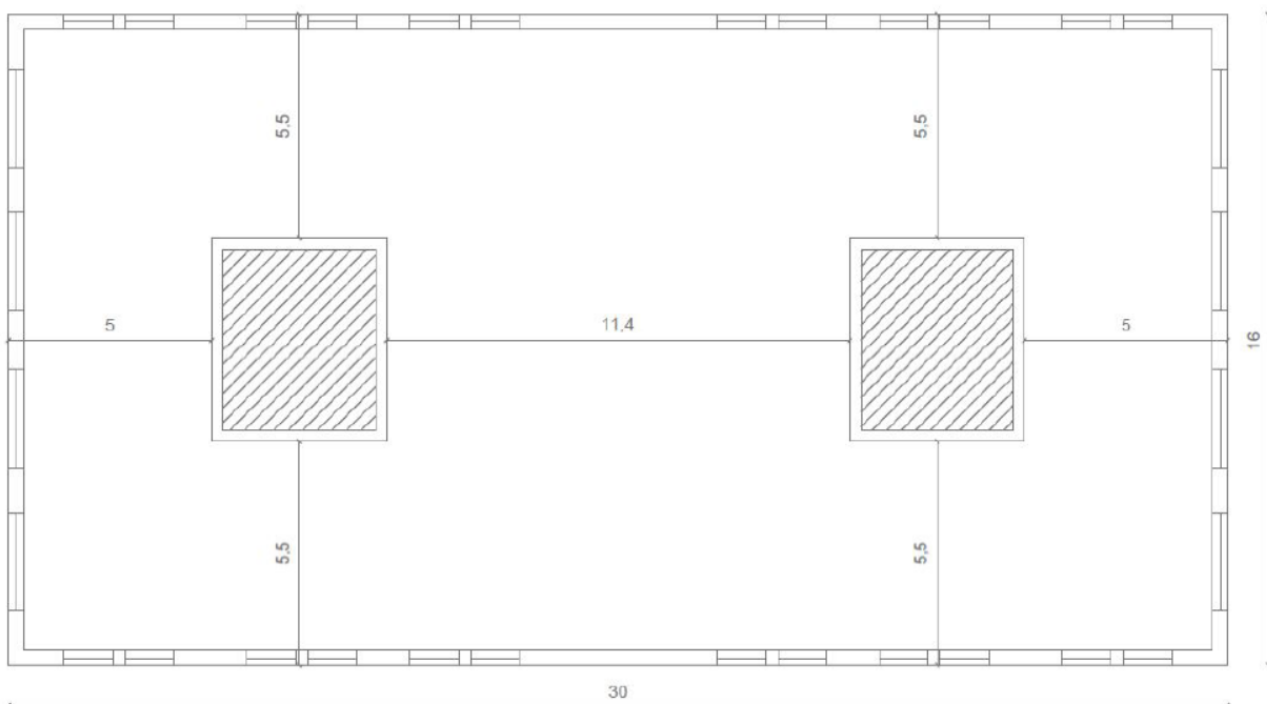


Figura 9 Edificio Uffici Tipologia 1

Le caratteristiche geometrico-dimensionali sono riassunte in [Tabella 23](#)

**Tabella 23. Dimensioni Ufficio Tipologia 1**

Caratteristiche geometriche Edificio Monofamiliare		
Numero piani	4	-
Altezza interpiano	2,70	m
Larghezza	30,0	m
Profondità	16,0	m
Pavimento netto	1601,00	m <sup>2</sup>
Serramenti	425,00	m <sup>2</sup>
Volume netto	4322,00	m <sup>3</sup>
Volume lordo	5546,00	m <sup>3</sup>
Superficie lorda disperdente	2035,00	m <sup>2</sup>
S/V	0,44	-

## 12 Edificio terziario: Ufficio tipologia 2 di nuova costruzione

L'edificio Ufficio tipologia 2 ha una forma parallelepipedica, con un rapporto di forma pari a 0,44; le superfici trasparenti sono disposte su tutti i lati esposti; l'orientamento prevalente è sull'asse nord-sud. Tutti i prospetti sono caratterizzati dalla presenza di superfici trasparenti a nastro. Si sviluppa su 4 livelli e presenta strutture disperdenti (opache e trasparenti) verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati (2 corpi scala, garage).

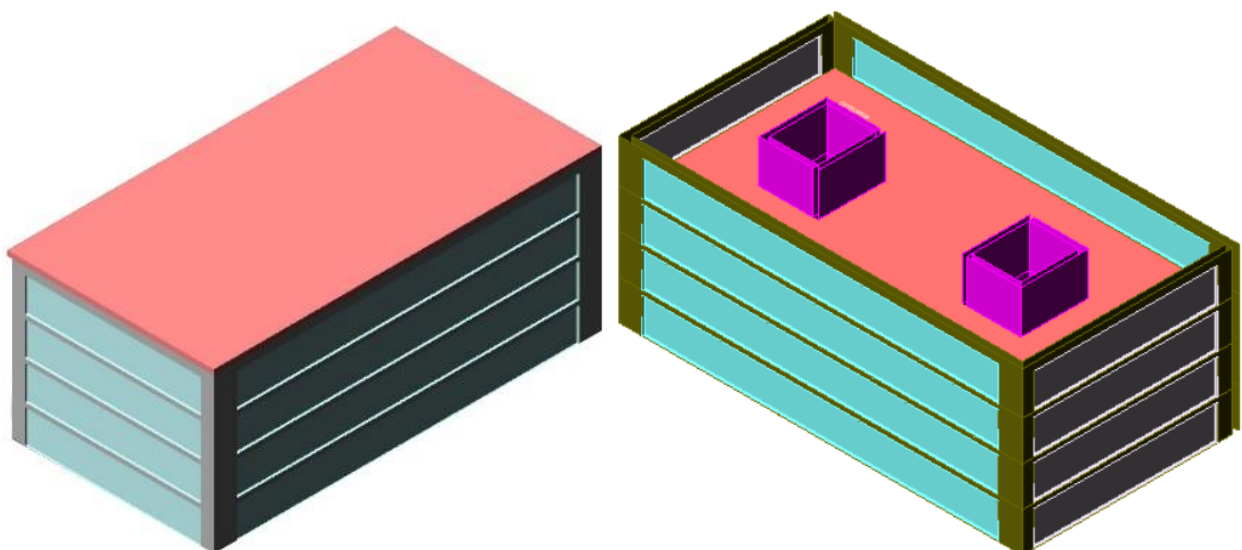
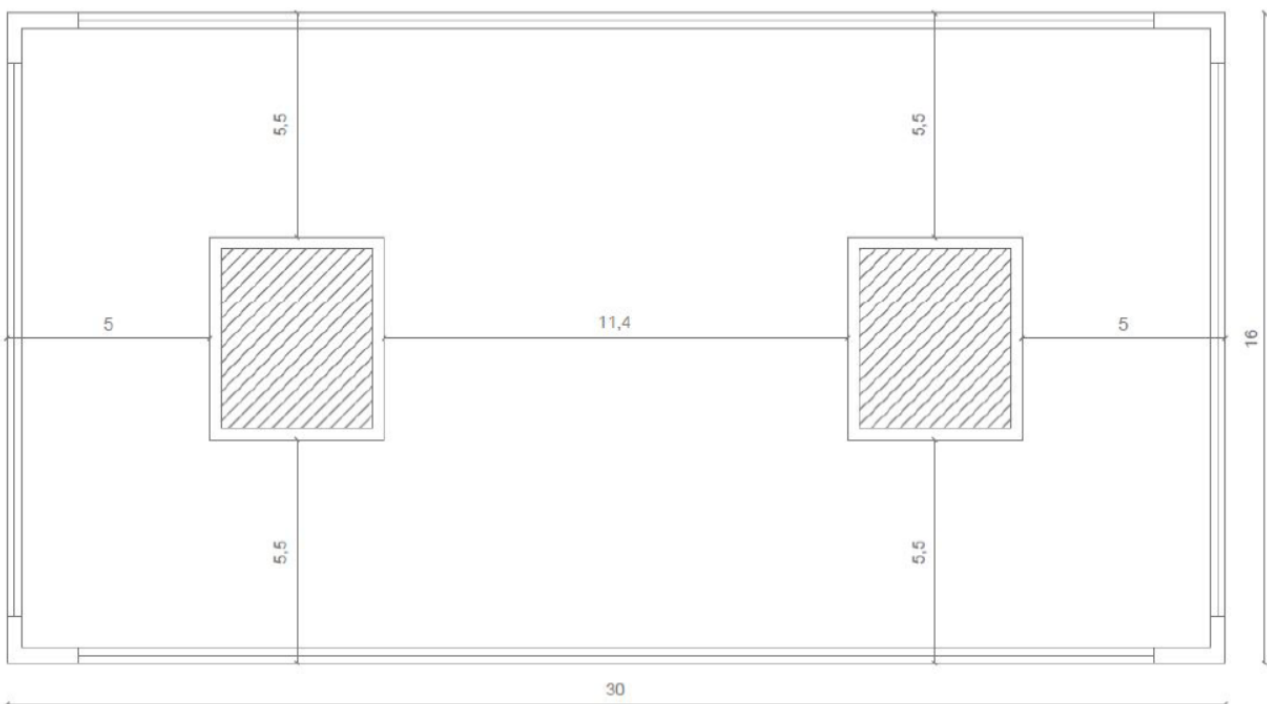


Figura 10 Edificio Uffici Tipologia 2

Le caratteristiche geometrico-dimensionali sono riassunte in [Tabella 24](#)

**Tabella 24. Dimensioni Ufficio Tipologia 2**

Caratteristiche geometriche Edificio Monofamiliare		
Numero piani	8	-
Altezza interpiano	2,70	m
Larghezza	30,0	m
Profondità	16,0	m
Pavimento netto	1601,00	m <sup>2</sup>
Serramenti	834,00	m <sup>2</sup>
Volume netto	4322,00	m <sup>3</sup>
Volume lordo	5546,00	m <sup>3</sup>
Superficie lorda disperdente	2035,00	m <sup>2</sup>
S/V	0,44	-

## 13 La metodologia di calcolo

Per il calcolo delle prestazioni energetiche si è fatto riferimento alla normativa tecnica nazionale: la norma UNI TS 11300 nata con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

Essa è suddivisa in sei parti:

- UNI TS 11300-Parte 1 : 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici.  
Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.  
Definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento.
- UNI TS 11300-Parte 2 : 2014 - Prestazioni energetiche degli edifici.  
Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali.  
Fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione dei fabbisogni di energia termica utile per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria, nonché di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria. Essa fornisce inoltre il metodo di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione e le indicazioni e i dati nazionali per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione in accordo con la UNI EN 15193.
- UNI TS 11300-Parte 3 : 2010 - Prestazioni energetiche degli edifici.  
Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.  
Fornisce dati e metodi per la determinazione: dei rendimenti e dei fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva; dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva.
- UNI TS 11300-Parte 4 : 2012 - Prestazioni energetiche degli edifici.  
Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.  
Calcola il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso vi siano sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili.
- UNI TS 11300-Parte 5 : 2016 - Prestazioni energetiche degli edifici.  
Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili.  
Fornisce metodi di calcolo per determinare il fabbisogno di energia primaria degli edifici sulla base dell'energia consegnata ed esportata; la quota di energia da fonti rinnovabili.
- UNI TS 11300-Parte 6 : 2016 - Prestazioni energetiche degli edifici.  
Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili.  
Calcola il fabbisogno di energia elettrica per il funzionamento di impianti destinati al sollevamento e al trasporto di persone o persone accompagnate da cose in un edificio.

### 13.1 Il modello di calcolo

Al fine di effettuare le valutazioni sulle prestazioni energetiche dei modelli di edifici individuati si è fatto ricorso ad un codice di calcolo che rispettasse la metodologia e le norme tecniche di riferimento previste dalla legislazione italiana in tema di efficienza e certificazione energetica.

La scelta è derivata dal fatto che, come già sottolineato in precedenza, la definizione nazionale di nZEB prevede il rispetto di requisiti minimi imposti dal DM 26.06.2015 che possono essere verificati attraverso i criteri e la metodologia di calcolo univocamente definiti a livello nazionale.

Il software utilizzato (Edilclima EC 700 calcolo prestazioni energetiche degli edifici) è stato di conseguenza selezionato tra quelli certificati dall'ente preposto (Comitato Termotecnico Italiano) secondo modalità e procedure fissate a livello nazionale.

Attraverso l'interfaccia del software sono stati inseriti tutti i dati necessari per il calcolo di:

- potenza invernale, per il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento secondo la norma UNI EN 12831;
- energia utile e primaria per il riscaldamento invernale, secondo le specifiche tecniche UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS 11300-2:2014 e UNI/TS 11300-4:2016;
- energia utile per il raffrescamento estivo, secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-1:2014;
- energia utile e primaria per la produzione di acqua calda sanitaria, secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-2:2014 e UNI/TS 11300-4:2016;
- energia primaria per la climatizzazione estiva, secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-3:2010;
- energia primaria per l'illuminazione artificiale degli ambienti, secondo UNI EN 15193 e UNI/TS 11300-2:2014;
- energia primaria per la ventilazione meccanica, secondo UNI/TS 11300-2:2014;
- energia primaria per il trasporto dovuta ad ascensori e scale mobili, secondo UNI/TS 11300-6:2016;
- energia primaria e quota di energia da fonti rinnovabili, secondo UNI/TS 11300-5:2016.

Il metodo di calcolo utilizzato al fine della verifica dei requisiti per gli edifici nZEB è quello detto anche "regolamentare" che consente di valutare gli edifici in relazione a condizioni standard convenzionali di riferimento (design o asset rating), tra queste:

- dati climatici presi in considerazione sono quelli convenzionali (definiti dalle nuove UNI 10349-2016);
- parametri caratterizzanti le zone termiche ed i locali: tra cui temperatura ed umidità relativa interne, apporti interni, ricambi d'aria, profili di utilizzo da parte degli utenti, ecc.. si adottano valori convenzionali (dipendenti, ad esempio, dalla superficie utile o dalla destinazione d'uso);
- stagione di riscaldamento: si assume una durata convenzionale in funzione della zona climatica;
- regime di funzionamento dell'impianto: si ipotizza il funzionamento continuo, senza cioè tener conto dell'effettivo regime di funzionamento caratterizzante l'impianto.
- Efficienze degli impianti: si adottano valori normati, riportati nei prospetti o calcolati in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300.

Attraverso il codice di calcolo utilizzato è stato dunque possibile verificare il rispetto di tutti i parametri richiesti dal DM Requisiti Minimi e dal DLgs 28/2011, calcolare gli indici prestazionali caratteristici di ogni modello di edificio oggetto di analisi e attribuire una classe energetica secondo i criteri stabiliti dalle Linee Guida per la Certificazione Energetica vigenti.



### 13.2 La destinazione d'uso

Ricordiamo che la prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili.

L'indice di prestazione globale si esprime in energia primaria non rinnovabile o totale ed è calcolato come la somma dei vari indici:

$$EP_{gl}=EP_H+EP_W+EP_V+EP_C+EP_L+EP_T$$

Gli indici prestazionali sono espressi in kWh/m<sup>2</sup> per tutte le destinazioni d'uso.

La scelta della destinazione d'uso (residenziale o terziario) implica quindi un calcolo differenziato rispetto ad alcuni indici.

Nel caso degli uffici occorre calcolare la prestazione energetica relativa a tutti i servizi previsti come presenti, mentre nel caso di edifici residenziali il calcolo può trascurarne alcuni (vedi [Tabella 25](#)).

**Tabella 25. Calcolo e verifica degli indici di prestazione energetica per destinazione d'uso**

Indici di prestazione energetica			RESIDENZIALE	NON RESIDENZIALE
EP <sub>H,nren</sub>	EP <sub>H,tot</sub>	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale	✓	✓
EP <sub>W,nren</sub>	EP <sub>W,tot</sub>	indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria	✓	✓
EP <sub>V,nren</sub>	EP <sub>V,tot</sub>	indice di prestazione energetica per la ventilazione;	✓	✓
EP <sub>C,nren</sub>	EP <sub>C,tot</sub>	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva	✓	✓
EP <sub>L,nren</sub>	EP <sub>L,tot</sub>	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale		✓
EP <sub>T,nren</sub>	EP <sub>T,tot</sub>	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto		✓

### 13.3 Le caratteristiche dell'involucro edilizio nel rispetto dei requisiti minimi

Ai fini delle valutazioni oggetto del presente studio si sono inseriti direttamente i dati relativi alle caratteristiche termo-fisiche dell'involucro senza dover necessariamente specificare la sua stratigrafia imponendo i valori del DM Requisiti Minimi.

I componenti l'involucro edilizio considerati sono stati suddivisi in:

- pareti verticali (verso l'esterno e verso locali non climatizzati)
- pavimenti (verso l'esterno, il terreno e verso locali non climatizzati)
- solai interpiano
- solai di copertura (verso l'esterno e verso locali non climatizzati)
- serramenti

ed individuati secondo i codici riportati in [Tabella 26](#).

**Tabella 26. Strutture costituenti l'involucro edilizio**

Strutture opache			
M1	CV001	Parete	da locale climatizzato vs Esterno
M2	CV002	Parete	da locale climatizzato vs locali non climatizzati
M3	CV003	Portone	da locale climatizzato vs Esterno
P1	COI01	Pavimento	da locale climatizzato vs locali non climatizzati
P2	COI02	Pavimento	da locale climatizzato vs locali climatizzati
S1	COS01	Solaio sottotetto	da locale climatizzato vs locali non climatizzati
S2	COS02	Solaio Copertura	da locale climatizzato vs locali climatizzati
Strutture Trasparenti			
W1	CVT01	Serramento	da locale climatizzato vs Esterno

I dati richiesti per il calcolo sono

- **U:** Trasmittanza termica strutture opache da adottare ai fini del calcolo dell'energia utile invernale ed estiva, comprensiva delle resistenze liminari dell'aria esterna ed interna. Nel nostro studio per la trasmittanza è stata considerato il valore comprensivo dei ponti termici (così come i valori tabellati cui far riferimento per le verifiche riportati nel DM Requisiti Minimi);
- **s** Spessore totale della struttura, espresso in mm;
- **Ms** Massa superficiale della struttura, espressa in  $kg/m^2$ ;
- **Yie** Trasmittanza periodica della struttura, espressa in  $W/m^2K$ ;
- **C** Capacità termica areica della struttura, espressa in  $kJ/m^2K$ ;
- **$\epsilon$**  rappresenta l'emissività relativa alla radiazione termica ad elevata lunghezza d'onda delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio e viene utilizzata ai fini del calcolo delle perdite per extraflusso dell'edificio;
- **$\alpha$**  rappresenta il fattore di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi, variabile in funzione del colore. Tale valore viene utilizzato ai fini del calcolo degli apporti solari gratuiti attraverso la struttura;
- **Uw** trasmittanza termica dei serramenti comprensiva di infisso (incluso il contributo delle resistenze liminari dell'aria);
- **ggl** fattore di trasmittanza solare: rappresenta il valore della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale dei vetri;
- **ggl+sh** fattore di trasmissione solare totale comprensivo di serramento e schermature.

I parametri che caratterizzano l'involucro edilizio degli edifici oggetto di studio sono stati calcolati a parte e sono riportati nelle tabelle che seguono suddivisi per:

- tipologia
- zona climatica
- strutture opache
- trasparenti
- per componente

### 13.3.1 Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Monofamiliare

Dalla Tabella 27 alla Tabella 31 sono riportati i principali parametri che caratterizzano l'Edificio Residenziale Monofamiliare.

**Tabella 27. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE ZONA CLIMATICA B**

EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE								
ZONA CLIMATICA B								
Strutture involucro opaco								
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	non clim.		non clim.	
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,43	0,72	3,00	0,55		0,50	
s	[m]	0,37	0,24	0,05	0,38		0,33	
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	499	310	25	301		357	
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,035	0,142	1,661	0,114		0,113	
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,36	59,24	17,42	36,31		75,04	
ε	[-]	0,9	--	0,9	--		--	
α	[-]	0,6	--	0,6	--		--	
Strutture involucro trasparente								
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03				
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	3,0						
ggl	[-]	0,67						
ggl+sh	[-]	0,35						

**Tabella 28. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE ZONA CLIMATICA C**

EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE								
ZONA CLIMATICA C								
Strutture involucro opaco								
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	non clim.		non clim.	
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,34	0,57	2,20	0,47		0,47	
s	[m]	0,39	0,26	0,05	0,39		0,33	
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	500	310	50	301		348	
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,026	0,101	1,661	0,069		0,109	
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,23	58,67	17,42	36,58		75,22	
ε	[-]	0,9	--	0,9	--		--	
α	[-]	0,6	--	0,6	--		--	
Strutture involucro trasparente								
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03				
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	2,2						
ggl	[-]	0,67						
ggl+sh	[-]	0,35						

**Tabella 29. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE ZONA CLIMATICA D**

EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE								
ZONA CLIMATICA D								
Strutture involucro opaco								
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	non clim.		non clim.	
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,29	0,48	1,80	0,36		0,37	
s	[m]	0,41	0,27	0,05	0,42		0,35	
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	501	310	25	301		349	
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,022	0,083	1,661	0,065		0,081	
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,15	58,40	17,42	37,18		75,60	
ε	[-]	0,9	--	0,9	--		--	
α	[-]	0,6	--	0,6	--		--	
Strutture involucro trasparente								
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03				
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,8						
ggl	[-]	0,67						
ggl+sh	[-]	0,35						

**Tabella 30. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE ZONA CLIMATICA E**

EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE								
ZONA CLIMATICA E								
Strutture involucro opaco								
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	non clim.		non clim.	
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,26	0,43	1,40	0,32		0,31	
s	[m]	0,42	0,27	0,05	0,43		0,37	
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	502	311	25	302		349	
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,019	0,073	1,661	0,056		0,066	
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,11	58,25	17,42	37,42		75,87	
ε	[-]	0,9	--	0,9	--		--	
α	[-]	0,6	--	0,6	--		--	
Strutture involucro trasparente								
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03				
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,4						
ggl	[-]	0,67						
ggl+sh	[-]	0,35						

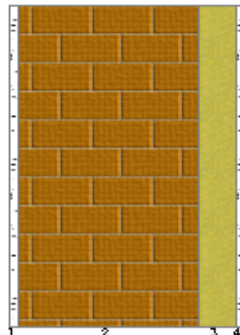
**Tabella 31. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE ZONA CLIMATICA F**

EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE								
ZONA CLIMATICA F								
Strutture involucro opaco								
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	non clim.		non clim.	
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,24	0,40	1,10	0,30		0,29	
s	[m]	0,42	0,28	0,05	0,44		0,38	
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	502	311	25	302		350	
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,017	0,065	1,661	0,051		0,059	
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,08	58,14	17,42	37,57		76,02	
ε	[-]	0,9	--	0,9	--		--	
α	[-]	0,6	--	0,6	--		--	
Strutture involucro trasparente								
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03				
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,1						
ggl	[-]	0,67						
ggl+sh	[-]	0,35						

13.3.2 Individuazione delle strutture edilizie : Edificio Monofamiliare

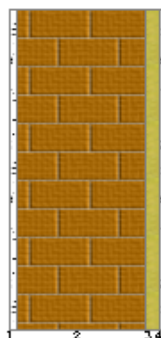
Di seguito si riportano nel dettaglio le stratigrafie dei componenti l'involucro opaco, suddivise per zona climatica.

**Zona B:** Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,427	499	0,035	62,359
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,280	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,058	0,034	1,706				
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,368						

**Zona B:** Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,716	310	0,142	59,239
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,024	0,034	0,706				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,244						

**Zona B:** Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



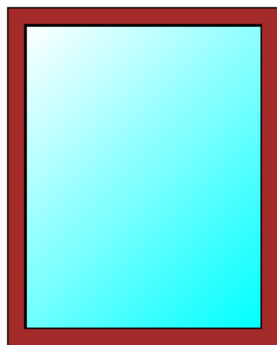
PAVIMENTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,551	301	0,114	36,327
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,031	0,040	0,775				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,381						

**Zona B:** Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



SOTTOTETTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,497	357	0,113	75,043
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,047	0,034	1,382				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,327						

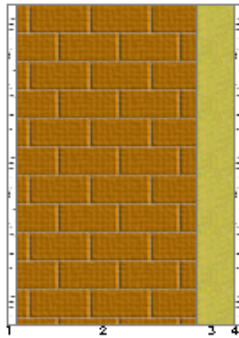
**Zona B: Strutture trasparenti W1: CVT01:**



SERRAMENTO metallo con taglio termico		ZONA B							
COMPONENTI	s	A	l	R <sub>interec</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>f</sub>	U <sub>g</sub>	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	4-6-4			0,211	3,018	3,60	2,473	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

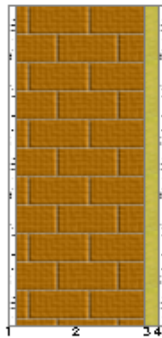


**Zona C: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:**



PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,340	500	0,026	62,224
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,280	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,079	0,034	2,324				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,389						

**Zona C: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:**



PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,562	310	0,101	58,667
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,037	0,034	1,088				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,257						

**Zona C: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:**



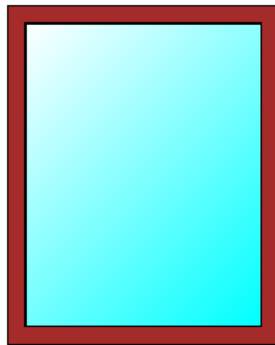
PAVIMENTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,473	301	0,092	36,609
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,043	0,040	1,075				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,393						

**Zona C: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:**



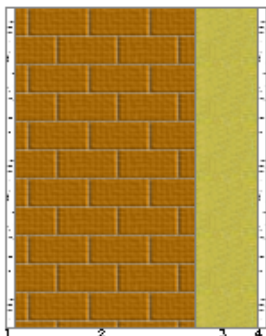
SOTTOTETTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,469	358	0,105	75,137
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,051	0,034	1,500				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,331						

**Zona C: Strutture trasparenti W1: CVT01:**



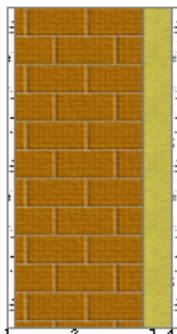
SERRAMENTO metallo con taglio termico		ZONA B							
COMPONENTI	s	A	l	R <sub>interec</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>f</sub>	U <sub>g</sub>	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	6-12-6			0,447	2,200	3,00	1,587	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale A <sub>w</sub>		1,8							
Area vetro A <sub>g</sub>		1,4							
Area telaio A <sub>f</sub>		0,41							

**Zona D:** Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:



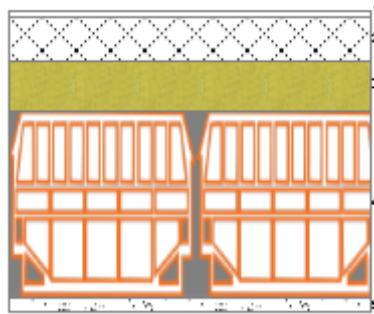
PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,290	501	0,021	62,137
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,280	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,096	0,034	2,824				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,406						

**Zona D:** Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:



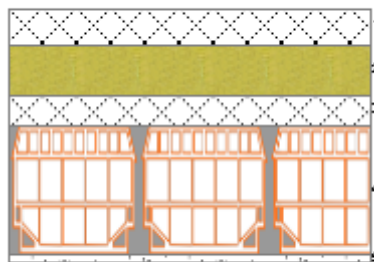
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,483	310	0,083	58,403
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,047	0,034	1,382				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,267						

**Zona D:** Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:



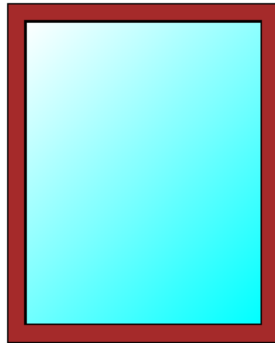
PAVIMENTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,362	301	0,065	37,177
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
ClS	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,069	0,040	1,725				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,419						

**Zona D:** Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:



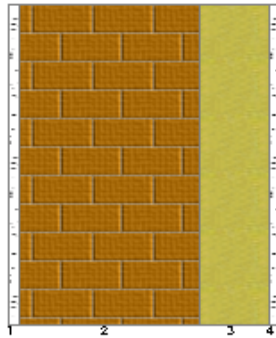
SOTTOTETTO	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,372	350	0,078	75,539
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,070	0,034	2,059				
ClS	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,350						

**Zona D: Strutture trasparenti W1: CVT01:**



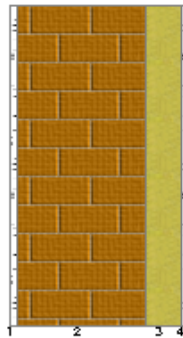
SERRAMENTO metallo con taglio termico		ZONA B							
COMPONENTI	s	A	l	R <sub>interec</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>f</sub>	U <sub>g</sub>	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]	[-]
Doppio Vetro rivestimento low-e	6-15-6			0,447	1,800	1,10	1,500	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale A <sub>w</sub>		1,8							
Area vetro A <sub>g</sub>		1,4							
Area telaio A <sub>f</sub>		0,41							

**Zona E: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:**



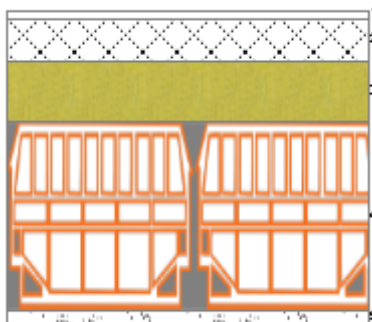
PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,260	502	0,019	62,104
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,280	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,110	0,034	3,235				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,420						

**Zona E: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:**



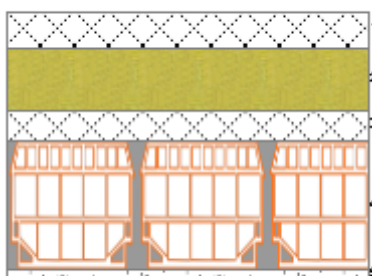
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,433	311	0,073	58,250
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,055	0,034	1,618				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,275						

**Zona E: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:**



PAVIMENTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,324	302	0,056	37,416
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,082	0,040	2,050				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,432						

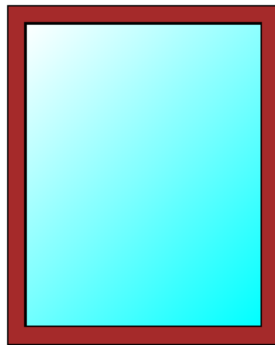
**Zona E: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:**



SOTTOTETTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,313	359	0,064	75,826
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,087	0,034	2,559				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,367						

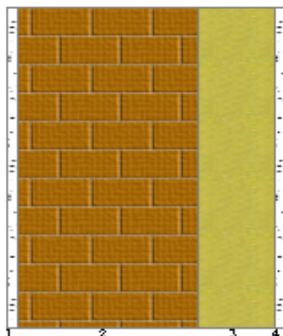


**Zona E: Strutture trasparenti W1: CVT01:**



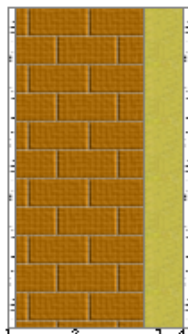
SERRAMENTO metallo con taglio termico		ZONA B							
COMPONENTI	s	A	l	R <sub>interec</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>f</sub>	U <sub>g</sub>	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]	[-]
Triplo Vetro rivestimento low-e	4-9-6- 12-6			0,299 + 0,377	1,400	1,00	1,100	0,670	0,35
Distanziale			0,11						
Area totale A <sub>w</sub>		1,8							
Area vetro A <sub>g</sub>		1,4							
Area telaio A <sub>f</sub>		0,41							

**Zona F: Strutture opache verticali confinanti con l'ambiente esterno M1: CV001:**



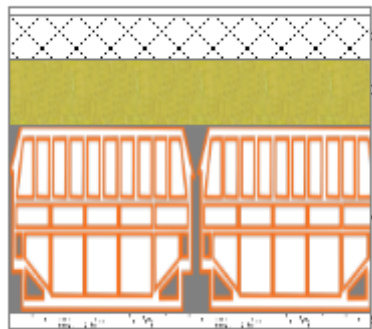
PARETE ESTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,240	502	0,016	62,053
Intonaco di gesso e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Muratura in laterizio	0,280	0,680	0,412				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,121	0,034	3,559				
Intonaco di calce e sabbia	0,015	0,800	0,019				
Strato liminare esterno			0,040				
Spessore totale parete	0,431						

**Zona F: Strutture opache verticali confinanti con ambienti non climatizzati M2: CV002:**



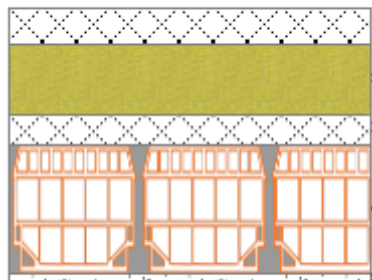
PARETE INTERNA	ZONA B						
COMPONENTI	s	l	R	U	Ms	Yie	C
	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,130	0,400	311	0,065	58,143
Intonaco di gesso e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Muratura in laterizio pareti interne	0,200	0,500	0,400				
Polistirene espanso estruso con pelle	0,062	0,034	1,824				
Intonaco di gesso	0,010	0,570	0,018				
Strato liminare esterno			0,130				
Spessore totale parete	0,282						

**Zona F: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati P1: COI01:**



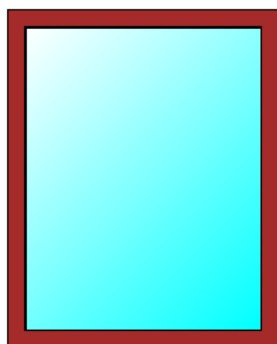
PAVIMENTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare interno	-	-	0,170	0,300	303	0,051	37,665
Piastrelle in ceramica	0,010	1,300	0,008				
Cls	0,060	0,220	0,273				
Polistirene espanso sint. In lastre	0,092	0,040	2,300				
Blocco solaio	0,260	0,667	0,390				
Intonaco di calce e gesso	0,020	0,700	0,029				
Strato liminare esterno			0,170				
Spessore totale parete	0,442						

**Zona F: Strutture opache orizzontali confinanti con ambienti non climatizzati S1: COS01:**



SOTTOTETTO	ZONA B						
	s	l	R	U	Ms	Yie	C
COMPONENTI	[m]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Strato liminare esterno	-	-	0,100	0,285	360	0,056	75,978
Massetto ripartitore in cls con rete	0,050	1,490	0,034				
Polistirene espanso estruso senza pelle	0,098	0,034	2,882				
Cls	0,040	0,470	0,085				
Blocco solaio	0,180	0,600	0,300				
Intonaco di calce e sabbia	0,010	0,800	0,013				
Strato liminare esterno			0,100				
Spessore totale parete	0,378						

**Zona F: Strutture trasparenti W1: CVT01:**



SERRAMENTO metallo con taglio termico		ZONA B							
COMPONENTI	s	A	l	R <sub>interec</sub>	U <sub>w</sub>	U <sub>f</sub>	U <sub>g</sub>	ggl,n	ggl+sh
	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m K]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]	[-]
Triplo Vetro rivestimento low-e	4-9-6- 12-6			0,447+ 0,477	1,100	1,00	0,870	0,670	0,35
Distanziale			0,08						
Area totale Aw		1,8							
Area vetro Ag		1,4							
Area telaio Af		0,41							

### 13.3.3 Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Residenziale Piccolo Condominio

Dalla Tabella 32 alla Tabella 36 sono riportati i principali parametri che caratterizzano l'Edificio Residenziale Piccolo Condominio.

**Tabella 32. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA B**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA B									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,43	1,07	7,50	0,80	0,55	0,80	0,50	0,80
s	[m]	0,39	0,23	0,05	0,24	0,38	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	531	309	25	--	301	--	347	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,030	0,276	1,661	--	0,114	--	0,117	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,30	61,01	17,42	--	36,31	--	75,13	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
U <sub>w</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	3,0							
g <sub>gl</sub>	[-]	0,67							
g <sub>gl+sh</sub>	[-]	0,35							

**Tabella 33. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA C**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA C									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,34	0,85	5,50	0,80	0,47	0,80	0,47	0,80
s	[m]	0,41	0,24	0,05	0,24	0,39	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	532	310	25	--	301	--	348	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,022	0,181	1,661	--	0,093	--	0,109	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,20	59,77	17,42	--	36,58	--	75,22	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
U <sub>w</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	2,2							
g <sub>gl</sub>	[-]	0,67							
g <sub>gl+sh</sub>	[-]	0,35							

**Tabella 34. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA D**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA D									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,29	0,72	4,50	0,80	0,36	0,80	0,37	0,80
s	[m]	0,43	0,24	0,05	0,24	0,42	0,24	0,35	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	533	310	25	--	301	--	349	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,018	0,147	1,661	--	0,065	--	0,219	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,14	59,30	17,42	--	37,18	--	75,60	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,8							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 35. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA E**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA E									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,26	0,65	3,50	0,80	0,32	0,80	0,31	0,80
s	[m]	0,44	0,25	0,05	0,24	0,43	0,24	0,37	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	533	310	25	--	302	--	349	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,016	0,123	1,661	--	0,056	--	0,066	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,10	58,98	17,42	--	37,42	--	75,87	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,4							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 36. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO ZONA CLIMATICA F**

EDIFICIO RESIDENZIALE PICCOLO CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA F									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,24	0,60	2,75	0,80	0,30	0,80	0,29	0,80
s	[m]	0,45	0,25	0,05	0,24	0,44	0,24	0,38	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	534	310	25	--	302	--	350	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,014	0,111	1,661	--	0,051	--	0,059	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	62,08	58,81	17,42	--	37,56	--	76,02	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,1							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

13.3.4 Le caratteristiche dell'involucro edilizio : Edificio Residenziale Grande Condominio

Dalla **Tabella 37** alla **Tabella 41** sono riportati i principali parametri che caratterizzano l'Edificio Residenziale Grande Condominio.

**Tabella 37. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA B**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA B									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,43	0,43	3,00	0,80	0,55	0,80	0,50	0,80
s	[m]	0,39	0,28	0,05	0,24	0,38	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	290	230	25	--	301	--	347	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,059	0,090	1,661	--	0,114	--	0,117	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	51,50	51,25	17,42	--	36,31	--	75,13	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	3,0							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 38. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA C**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA C									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,34	0,34	3,00	0,80	0,47	0,80	0,47	0,80
s	[m]	0,41	0,30	0,05	0,24	0,39	0,24	0,33	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	290	231	25	--	301	--	348	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,042	0,066	1,661	--	0,093	--	0,109	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	51,25	50,90	17,42	--	36,58	--	75,22	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	2,2							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							



**Tabella 39. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA D**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA D									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,29	0,29	3,00	0,80	0,36	0,80	0,37	0,80
s	[m]	0,43	0,32	0,05	0,24	0,42	0,24	0,35	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	291	231	25	--	301	--	349	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,034	0,055	1,661	--	0,065	--	0,219	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	51,12	50,72	17,42	--	37,18	--	75,60	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,8							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 40. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA E**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA E									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,26	0,26	1,40	0,80	0,32	0,80	0,31	0,80
s	[m]	0,44	0,34	0,05	0,24	0,43	0,24	0,37	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	291	340	25	--	302	--	349	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,030	0,048	1,661	--	0,056	--	0,066	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	51,05	50,62	17,42	--	37,42	--	75,87	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,4							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

**Tabella 41. Caratteristiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio  
EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO ZONA CLIMATICA F**

EDIFICIO RESIDENZIALE GRANDE CONDOMINIO									
ZONA CLIMATICA F									
Strutture involucro opaco									
	[-]	M1 CV001	M2 CV002	M3 Portone	M4 CV003	P1 COI01	P2 COI02	S1 COS01	S2 COS02
		esterno	non clim.	esterno	locali clim	non clim.	locali clim	non clim.	locali clim
U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,24	0,24	1,10	0,80	0,30	0,80	0,29	0,80
s	[m]	0,46	0,35	0,05	0,24	0,44	0,24	0,38	0,24
Ms	[kg/m <sup>2</sup> ]	292	232	25	--	302	--	350	--
Yie	[W/m <sup>2</sup> K]	0,027	0,043	1,661	--	0,051	--	0,059	--
C	[kJ/m <sup>2</sup> K]	51,01	50,55	17,42	--	37,56	--	76,02	--
ε	[-]	0,9	--	0,9	--	--	--	--	--
α	[-]	0,6	--	0,6	--	--	--	--	--
Strutture involucro trasparente									
		W1 CVT01	W2 CVT02	W3 CVT03					
Uw	[W/m <sup>2</sup> K]	1,1							
ggl	[-]	0,67							
ggl+sh	[-]	0,35							

### 13.4 Le caratteristiche dei sistemi impiantistici nel rispetto dei requisiti minimi

Nel caso di edifici con destinazione d'uso residenziale il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione artificiale e per la movimentazione di persone e/o cose non viene preso in considerazione, la ventilazione viene considerata esclusivamente come ventilazione naturale ovvero per sola aerazione dei locali: la portata minima di progetto si calcola assumendo un tasso di ricambio d'aria pari a  $0,5 \text{ h}^{-1}$ .

Dovendo verificare il rispetto dell'apporto energetico da fonti rinnovabili si è proposto per la climatizzazione invernale ed estiva un sistema impiantistico a pompa di calore elettrica a potenza variabile aria-acqua abbinata alla produzione di energia elettrica da impianto fotovoltaico.

Il tipo di sorgente fredda è rappresentato dall'aria esterna mentre il tipo di sorgente calda è rappresentato dall'acqua dell'impianto.

Questo schema impiantistico risulta la soluzione più idonea, vantaggiosa e maggiormente utilizzata dai tecnici progettisti proprio a seguito dell'emanazione del DM 26.06.2015.

Per l'impianto di riscaldamento e per quello di raffrescamento si sono considerati impianti autonomi per l'abitazione monofamiliare e centralizzati nelle altre tipologie di edificio e si è assunta una produzione separata di acqua calda sanitaria con impianto autonomo per l'abitazione monofamiliare e centralizzato negli altri casi.

#### 13.4.1 Climatizzazione invernale

In caso di calcolo standardizzato la modalità di funzionamento prevista per l'impianto è quella del funzionamento continuativo.

Per i sottosistemi di utilizzazione sono previste le seguenti caratteristiche:

- come tipo di terminale di erogazione sono previsti dei ventilconvettori con  $t_{\text{media}} = 45^{\circ}\text{C}$  cui corrisponde un rendimento di emissione pari a  $\eta_{H,em} = 92,6$ ;
- la regolazione dell'impianto è di tipo per singolo ambiente + climatica; cui corrisponde un rendimento di regolazione pari a  $\eta_{H,rg} = 97,0$ ;
- per la distribuzione si è assunto un tipo di impianto autonomo (edificio singolo) per l'edificio monofamiliare e centralizzato a distribuzione orizzontale (nelle altre tipologie di edificio). L'impianto si è considerato posizionato a piano terreno, su ambiente non riscaldato o terreno con distribuzione a collettori e l'isolamento delle tubazioni è secondo il DPR 412/93. Il rendimento di distribuzione corrispondente è pari a  $\eta_{H,du} = 90,2$ .

Dovendo costruire in modello di edificio *nZEB limite* il rendimento di utilizzazione che è dato dal prodotto del rendimento di emissione, regolazione, distribuzione (non si è considerato un accumulo) deve essere pari a quello indicato dal Decreto Requisiti minimi pertanto si è andato ad inserire manualmente e si è posto pari a :

$$\eta_{uH} = 0,81.$$

avendo preso in considerazione un circuito di distribuzione idronico.

Il rendimento di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per il servizio di riscaldamento è stato imposto come valore noto costante desunto dai valori forniti dal DM 26.06.2015 che per una pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico fornisce il valore:

$$\eta_{gn,H} = 3,00.$$

### 13.4.2 Produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari

Anche per soddisfare il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari si è fatto ricorso ad una pompa di calore elettrica.

L'energia termica richiesta per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria di un edificio in funzione del volume di acqua richiesto e della differenza tra le temperature di erogazione e dell'acqua fredda in ingresso è data da:

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \sum_i [V_{w,i} \cdot (\theta_{er,i} - \theta_o)] \cdot G \text{ [kWh]}$$

dove:

$\rho_w$  è la massa volumica dell'acqua, ipotizzabile pari a 1000 [kg/m<sup>3</sup>]

$c_w$  è il calore specifico dell'acqua, pari a 1,16 · 10<sup>-3</sup> [kWh/kg K]

$V_{w,i}$  il volume di acqua giornaliero per l'i-esima attività o servizio richiesto espresso in [m<sup>3</sup>/giorno] che si calcola secondo la formula:

per edifici residenziali:

$$V_w = a \cdot S_u + b \text{ [l/giorno]}$$

dove:

$a$  e  $b$  si ricavano dal prospetto 30 UNI TS 11300 - 2  
 $S_u$  superficie utile in [m<sup>2</sup>]

per edifici uso uffici:

$$V_w = a \cdot N_u \text{ [l/giorno]}$$

dove:

$a$  e  $N_u$  si ricavano dal prospetto 31 UNI TS 11300 - 2

$\theta_{er}$  è la temperatura di erogazione dell'acqua assunta pari a 40°C;

$\theta_o$  è la temperatura dell'acqua fredda in ingresso espressa in °C e pari alla media annuale delle temperature medie mensili dell'aria esterna della località considerata, ricavate dalla UNI 10349.

Per i sottosistemi di utilizzazione sono previste le seguenti caratteristiche:

- si considera un rendimento di erogazione pari a 1 per le valutazioni di tipo A2 ;
- per la distribuzione si è considerato il metodo semplificato e sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76 con rete corrente parzialmente in ambiente climatizzato.

Dovendo costruire in modello di edificio *nZEB limite* il rendimento di utilizzazione che è dato dal prodotto del rendimento di regolazione, distribuzione (non si è considerato un accumulo) deve essere pari a quello indicato dal Decreto Requisiti minimi pertanto si è andato ad inserire manualmente e si è posto pari a:

$$\eta_{u,w} = 0,70.$$

Il rendimento di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per il servizio di acqua calda sanitaria è stato imposto come valore noto costante desunto dai valori forniti dal DM 26.06.2015 che per una pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico fornisce il valore:

$$\eta_{n,H} = 2,50.$$

### 13.4.3 Climatizzazione estiva

In caso di calcolo standardizzato la modalità di funzionamento prevista per l'impianto è quella del funzionamento continuativo.

Per i sottosistemi di utilizzazione sono previste le seguenti caratteristiche:

- come tipo di terminale di erogazione sono previsti dei ventilconvettori idronici;
- la regolazione dell'impianto è di tipo centralizzata on-off;
- per la distribuzione si è assunta una rete di distribuzione-acqua refrigerata con distribuzione orizzontale di piano.

Dovendo costruire in modello di edificio *nZEB limite* il rendimento di utilizzazione che è dato dal prodotto del rendimento di emissione, regolazione, distribuzione (non si è considerato un accumulo) deve essere pari a quello indicato dal Decreto Requisiti minimi pertanto si è andato ad inserire manualmente e si è posto pari a :

$$\eta_{uc} = 0,81.$$

avendo considerato una distribuzione idronica.

Il rendimento di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per il servizio di raffrescamento è stato imposto come valore noto costante desunto dai valori forniti dal DM 26.06.2015 che per una pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico fornisce il valore:

$$\eta_{gn,c} = 2,50.$$

Si sottolinea che i rendimenti indicati sono comprensivi dell'effetto dei consumi di energia elettrica ausiliaria.

Riassumiamo in [Tabella 42](#) i rendimenti dei diversi sistemi:

**Tabella 42. Rendimenti dei sistemi impiantistici**

	Climatizzazione Invernale	Produzione ACS	Climatizzazione Estiva
$\eta_u$ utilizzazione	0,81	0,70	0,81
$\eta_{gn}$ generazione	3,00	2,50	2,50

### 13.5 L'apporto di fonti rinnovabili nel rispetto del DLgs 28/2011

Affinché un edificio possa essere definito nZEB secondo i DM 26.06.2015 occorre siano rispettate le prescrizioni richieste dal DLgs 3.3.2011 n. 28 (articolo 11 e Allegato 3) inerenti l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione.

Nel caso di edifici nuovi la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata secondo la seguente formula:

$$P = \frac{1}{k} \cdot S \text{ [kW]}$$

dove:

- S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m<sup>2</sup>;
- K è un coefficiente che assume il valore K = 50 m<sup>2</sup>/kW se la richiesta del titolo abilitativo è presentata a partire dal 1°Gennaio 2017.

Quindi in relazione alla superficie a disposizione per tipologia di edificio si è in grado di calcolare la potenza che deve essere installata per soddisfare le prescrizioni di legge (vedi [Tabella 43](#))

**Tabella 43. Impianto Fotovoltaico: potenza installata**

		Edificio Monofamiliare	Piccolo Condominio	Grande Condominio	Ufficio
S	[m <sup>2</sup> ]	121,00	200,00	300,00	480,00
k	[m <sup>2</sup> /kW]	50	50	50	50
P	[kW]	2,42	4,00	6,00	9,60

L'orientamento rispetto al Sud, ovvero l'angolo di azimut si è assunto pari a 0° e l'inclinazione rispetto al piano orizzontale si è assunta pari a quella ottimale in base alla latitudine del luogo.

Non si è assunto alcun ombreggiamento per i pannelli fotovoltaici e come coefficiente di riflettanza si è considerato un valore cautelativo pari a 0,13.

Avendo a disposizione come dato noto la potenza di picco dell'impianto fotovoltaico e scegliendo modulo in silicio multi-cristallino caratterizzato da un'efficienza nominale pari a  $k_{pv} = 0,13 \text{ kW/m}^2$ , si è potuto ricavare la superficie di captazione dell'impianto fotovoltaico, al netto del telaio mediante la formula inversa a quella fornita dalla UNI/TS 11300-4:

$$A_{pv} = \frac{W_{pv}}{k_{pv}} \text{ [m}^2\text{]}$$

Per il calcolo dell'energia prodotta mensilmente dall'impianto fotovoltaico utilizza la formula del Par.7.2.1 delle UNI/TS 11300-4:

$$E_{el,pv,out} = \frac{E_{pv} \cdot W_{pv} \cdot f_{fv}}{I_{ref}} \text{ [kWh]}$$

dove:

$E_{pv}$  è l'irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico [kWh/m<sup>2</sup>]

$W_{pv}$  è la potenza di picco, che rappresenta la potenza elettrica di un impianto fotovoltaico di una determinata superficie, per una irradianza di 1kW/m<sup>2</sup> incidente su questa superficie (a 25°C);

$f_{fv} = 0,75$  è il fattore di efficienza del sistema che tiene conto dell'efficienza dell'impianto fotovoltaico integrato nell'edificio e dipende dall'impianto di conversione da corrente continua a corrente alternata, dalla temperatura operativa reale dei moduli fotovoltaici e dall'integrazione nell'edificio dei moduli stessi e per moduli moderatamente ventilati è pari a 0,75

$I_{ref} = 1$  [kW/m<sup>2</sup>] è l'irradianza solare di riferimento.

Nell'edificio di riferimento il software utilizzato per il calcolo dell'energia prodotta mensilmente dall'impianto fotovoltaico utilizza la formula:

$$E_{el,pv} = E_{pv} \cdot A_{pv} \cdot \eta_{gn} \text{ [kWh]}$$

dove:

$E_{pv}$  è l'irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico [kWh/m<sup>2</sup>]

$\eta_{gn} = 0,1$  è l'efficienza media del sottosistema di generazione per la produzione di energia elettrica in situ indicata dal Decreto Requisiti Minimi;

$A_{pv}$  è la superficie di captazione dell'impianto fotovoltaico presa pari al valore di quella dell'edificio modellato dall'utente.

## 14 I primi risultati delle simulazioni.

Descritto il sistema edificio sia nelle componenti l'involucro che i sistemi impiantistici, nel rispetto dei requisiti minimi e delle prescrizioni normative si è a questo punto in grado di evidenziare i risultati ottenuti. In questa prima parte dello studio si illustreranno i risultati relativi al caso studio dell'**Edificio Residenziale Monofamiliare**, rimandando alla prossima annualità l'approfondimento e l'estensione dell'analisi alle altre tipologie prese in esame di cui si sono già predisposte le strutture dei modelli.

### 14.1 La verifica dei requisiti minimi nZEB per l'Edificio Monofamiliare

Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche dei requisiti minimi necessari per il raggiungimento dell'obiettivo nZEB per l'edificio residenziale Monofamiliare oggetto di studio.

In **Tabella 46** si mostra l'esito delle verifiche dei parametri più strettamente legati alle prestazioni dell'involucro edilizio.

La verifica **dell'Area solare equivalente estiva** introduce una prescrizione ben definita (non più rapportata all'edificio di riferimento, ma attraverso valori tabellati in funzione della destinazione d'uso degli edifici) con una attenzione mirata alla progettazione dell'involucro in modo da limitare la richiesta di energia per la climatizzazione estiva contenendo i guadagni solari attraverso le superfici trasparenti..

L'obiettivo, nel caso di edifici di nuova costruzione può essere raggiunto limitando l'ingresso della radiazione solare diretta estiva all'interno degli ambienti riducendo le dimensioni delle aperture, (nel caso di nuova costruzione implica delle limitazioni alle scelte progettuali, per le ristrutturazioni edilizie è una



soluzione non praticabile anche per il rispetto di altre norme vigenti sulla salubrità degli ambienti confinati) o ricorrendo a superfici trasparenti ad elevate prestazioni, caratterizzate da bassi valori del fattore solare ( $g_{gl}$ ) e dalla presenza di schermature mobili. In sostanza più area vetrata ho, maggiore è la necessità di oscurarla e ombreggiarla attraverso: schermature fisse, mobili, trattamento del vetro.

**Tabella 44 Valori limite  $Asol,est/Asup$  utile**

Categoria Edificio	Tutte le zone climatiche	
	Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3) (Alberghi, pensioni ed attività similari)	≤
Tutti gli altri edifici	≤	0,040

Il parametro limite è un numero che si calcola come rapporto tra l'area solare equivalente estiva  $Asol,est$  e la superficie utile  $Asup$  utile dell'edificio di progetto. I parametri che in sostanza incidono sul valore di  $Asol,est$  sono la superficie delle superfici trasparenti e la trasmittanza di energia solare totale della finestra quando la schermatura è utilizzata ( $g_{gl+sh}$ ) oltre all'esposizione e alla presenza di ombreggiamenti esterni. Nel caso studio abbiamo imposto ai serramenti adottati il valore limite di  $g_{gl+sh}$  pari a 0,35. L'esito della verifica risulta sempre soddisfatto anche se i valori calcolati risultano molto vicini al valore limite posto pari a 0,030. Questo mette in evidenza come il valore limite individuato dal DM 26.06.2015 si riveli abbastanza restrittivo anche nel caso di edifici residenziali di dimensioni ridotte come il monofamiliare oggetto del presente studio. Si dovrebbe quindi prevedere la possibilità che questo parametro superi i valori limiti imposti nel caso di edifici dove le superfici trasparenti costituiscano una percentuale rilevante delle superfici esposte, se queste non siano dotate di schermature con elevate prestazioni.

Un'altra verifica riguardante l'involucro edilizio impone il rispetto del valore limite del parametro  $H'_T$ : **coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente** i cui limiti sono funzione del rapporto di forma dell'edificio e della zona climatica. Tale parametro è rappresentativo di una sorta di trasmittanza media dell'involucro edilizio ed i limiti imposti per gli nZEB sono molto restrittivi (variano da 0,48 a 0,8  $W/m^2K$ ).

**Tabella 45 Valore massimo ammissibile  $H'_T$  ( $W/m^2K$ )**

Rapporto di Forma (S/V)	Zona Climatica				
	A e B	C	D	E	F
$S/V < 0,4$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
$0,4 \leq S/V < 0,7$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
$S/V \geq 0,7$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

Nel caso dell'edificio monofamiliare che presenta una forma compatta, superfici disperdenti limitate e una percentuale limitata di superfici trasparenti il rispetto dell'  $H'_{T,lim}$  risulta sempre verificato.

In **Tabella 46** sono riportati i risultati delle verifiche relative all'involucro del fabbricato.

Tabella 46. Verifica Requisiti Minimi parametri relativi al fabbricato

LOCALITA'		EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE				
		Asol,eq/Asup,ut < 0,03	VERIFICA	H' <sub>T</sub> < H' <sub>Tlim</sub>		VERIFICA
				[W/m <sup>2</sup> K]		
B	REGGIO CALABRIA	0,024	SI'	0,50	0,58	SI'
	CROTONE	0,026	SI'			SI'
	SAPONARA	0,025	SI'			SI'
C	LECCE	0,026	SI'	0,41	0,55	SI'
	CATANZARO	0,026	SI'			SI'
	CALTAGIRONE	0,026	SI'			SI'
D	TERNI	0,028	SI'	0,33	0,53	SI'
	FORLI'	0,026	SI'			SI'
	CASTIGLION L.	0,027	SI'			SI'
E	ROVIGO	0,026	SI'	0,29	0,50	SI'
	AOSTA	0,024	SI'			SI'
	CASINA	0,026	SI'			SI'
F	BELLUNO	0,021	SI'	0,26	0,48	SI'
	CALASCIO	0,026	SI'			SI'
	SESTRIERE	0,029	SI'			SI'

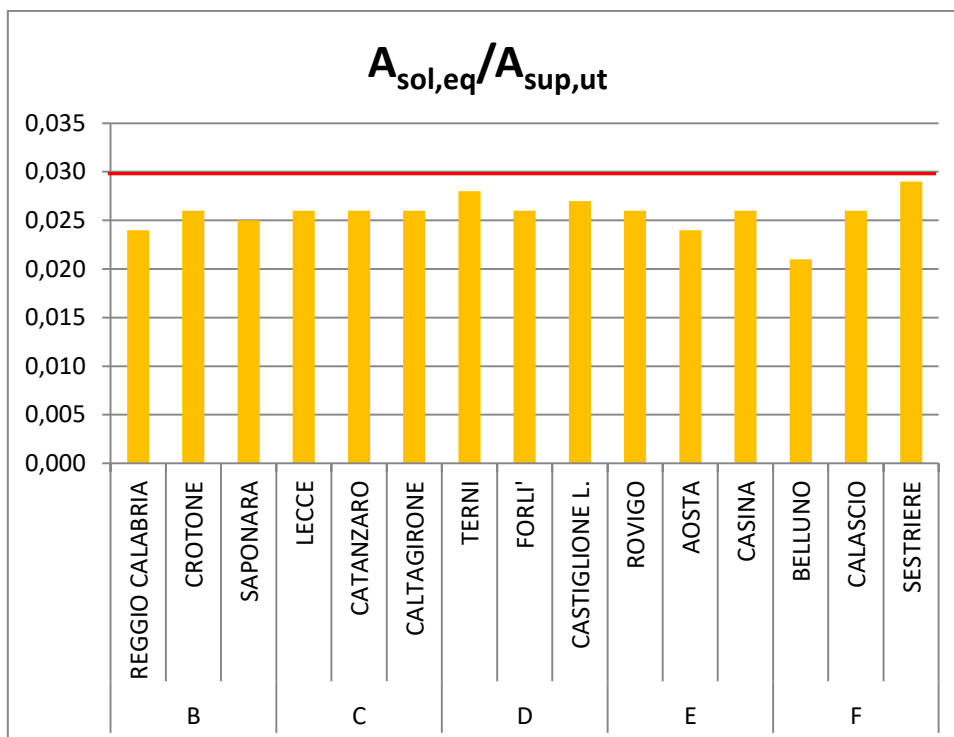


Figura 11 Asol,eq/Asup,ut: verifica

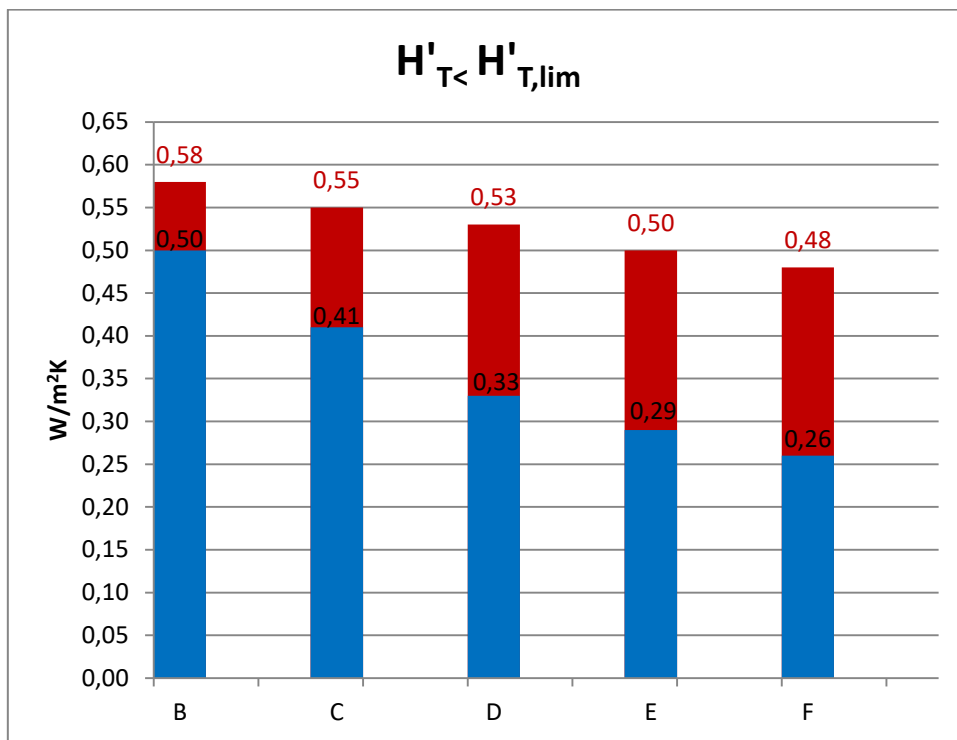


Figura 12 H'T: verifica

In [Tabella 47](#) si mostra l’esito delle verifiche relative alle prescrizioni sulla **copertura delle quote di energia prodotta da fonti rinnovabili** previste dal DLgs 3.3.2011 n.28 a seguito delle considerazioni fatte nel paragrafo 13.5 e del calcolo della potenza minima installata per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Nel caso studio è stata prevista l’installazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica al fine di coprire parte del fabbisogno elettrico dell’edificio.

Avendo dimensionato l’impianto secondo le prescrizioni del Decreto sopra citato ([Tabella 43](#)) le prescrizioni sono sempre verificate e, anzi, superano di molto le quote previste (pari al 50% a partire dal 2017) sia per quanto riguarda la produzione di acqua calda sanitaria che per tutti i servizi.

**Tabella 47. Verifica Prescrizioni su quote fonti rinnovabili**

LOCALITA'		EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE			
		Ppvtot = 2,42 kWp			
		Cop Tot % FER	VER	Cop ACS % FER	VER
B	REGGIO CALABRIA	81	SI'	90	SI'
	CROTONE	80	SI'	89	SI'
	SAPONARA	81	SI'	89	SI'
C	LECCE	86	SI'	92	SI'
	CATANZARO	80	SI'	88	SI'
	CALTAGIRONE	79	SI'	88	SI'
D	TERNI	75	SI'	84	SI'
	FORLI'	71	SI'	82	SI'
	CASTIGLION L.	75	SI'	84	SI'
E	ROVIGO	72	SI'	82	SI'
	AOSTA	70	SI'	81	SI'
	CASINA	68	SI'	80	SI'
F	BELLUNO	71	SI'	81	SI'
	CALASCIO	73	SI'	82	SI'
	SESTRIERE	65	SI'	74	SI'

In **Tabella 48** si mostra infine l'esito delle ulteriori verifiche relative alle prestazioni dell'involucro edilizio nella stagione estiva.

Nel periodo estivo, infatti, al fine di garantire il benessere abitativo e il contenimento dei fabbisogni energetici per il condizionamento è importante che l'involucro esterno possieda una buona inerzia termica, in grado di smorzare l'onda termica incidente sull'edificio, responsabile di un rapido surriscaldamento degli ambienti interni.

Tale verifica è richiesta nel caso in cui per la località oggetto di studio il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione sia  $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$  ad esclusione della zona F e ad eccezione delle categorie E.6 ed E.8.

La verifica deve essere estesa a tutte le pareti verticali opache (escluse quelle comprese nel quadrante nord-ovest/nord/nord-est) e deve verificare limiti imposti per la Massa Superficiale ( $> 230 \text{ kg/m}^2$ ) o per la trasmittanza termica periodica  $Y_{ie} (< 0,10 \text{ W/m}^2\text{K})$ ; deve inoltre essere verificato anche il valore di  $Y_{ie} (< 0,18 \text{ W/m}^2\text{K})$  per tutte le strutture opache orizzontali e inclinate.

Nelle località in cui è prevista tale verifica, che riguarda solo le pareti verticali in quanto le sole disperdenti verso l'esterno, i requisiti minimi imposti risultano sempre rispettati.

Tabella 48. Verifica Prescrizioni su quote fonti rinnovabili

LOCALITA'		EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE					VERIFICA
		Irradianza	Yie	Yie,amm	Ms	Ms,amm	
		[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	
B	REGGIO CALABRIA	288	0,035		499		Non prevista
	CROTONE	302	0,035	0,1	499	230	SI'
	SAPONARA	288	0,035		499		Non prevista
C	LECCE	286	0,026		500		Non prevista
	CATANZARO	296	0,026	0,1	500	230	SI'
	CALTAGIRONE	306	0,026	0,1	500	230	SI'
D	TERNI	308	0,022	0,1	501	230	SI'
	FORLI'	286	0,022		501		Non prevista
	CASTIGLION L.	299	0,022	0,1	501	230	SI'
E	ROVIGO	287	0,019		502		Non prevista
	AOSTA	258	0,019		502		Non prevista
	CASINA	278	0,019		502		Non prevista
F	BELLUNO	229	0,016		502		Non prevista
	CALASCIO	286	0,016		502		Non prevista
	SESTRIERE	278	0,016		502		Non prevista

## 15 L'individuazione di un parametro prestazionale rappresentativo degli nZEB

In **Tabella 49** ed in **Figura 13** si mostra infine l'esito delle simulazioni relative alle prestazioni complessive dei modelli di edifici residenziali monofamiliari.

L'esito dei calcoli effettuati per il primo caso studio ha portato quindi ad attribuire dei valori di prestazione energetica globale caratteristici degli edifici analizzati che riescono a correlare il concetto di nZEB ad un valore numero che esprima la corrispondente prestazione energetica.

Secondo l'attuale criterio previsto dalle Linee Guida per la Certificazione Energetica il parametro che esprime la prestazione energetica di un edificio ed in base al quale viene attribuita ad esso una Classe energetica è l' $EP_{gl,nren}$ .

Questo indice espresso in energia primaria non rinnovabile è anche uno dei requisiti imposti per la verifica degli edifici nZEB.

Si ricorda che l' $EP_{gl,nren}$  tiene conto di tutti i servizi energetici presenti nell'edificio. Nel caso studio analizzato (edificio monofamiliare residenziale) tali servizi includono esclusivamente:

- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale ( $EP_{H,nren}$ )
- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione estiva ( $EP_{C,nren}$ )
- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria ( $EP_{W,nren}$ )
- fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la ventilazione ( $EP_{V,nren}$ ).

Esso, quindi, tiene conto del rapporto tra l'energia necessaria per portare un ambiente alla temperatura di comfort e la sua superficie utile e si esprime quindi in  $[kWh/m^2]$ .

Tra i risultati di calcolo si sono evidenziati gli indici prestazionali relativi ai servizi di riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria e gli indici globali comprensivi di tutti i servizi presenti, suddivisi per quota non rinnovabile, rinnovabile e totale.

E' stata infine riportata la Classe energetica attribuita agli edifici in funzione dell' $EP_{gl,nren}$  come previsto dalle Linee Guida.

Questo indice evidenziato nella tabella serve dunque a rappresentare un edificio che abbia tutti i requisiti nZEB previsti dalla normativa vigente.

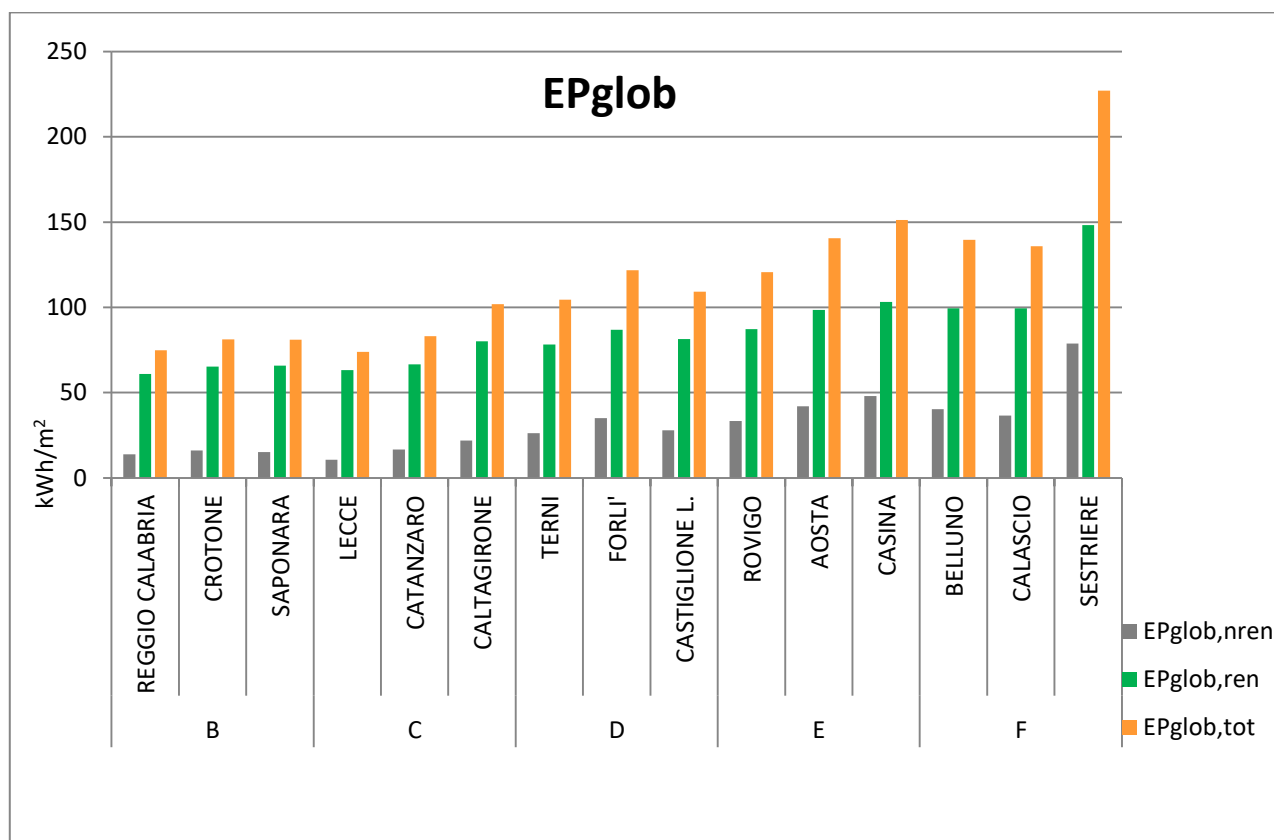
Nel caso dell'edificio monofamiliare nell'ambito della stessa zona climatica l'oscillazione dei valori minimo e massimo dell' $EP_{gl,nren}$  aumenta passando dalla zona B alla zona F. In termini assoluti si passa da 11 a 48  $kWh/m^2$  escludendo i 79  $kWh/m^2$  che presenta un valore notevolmente maggiore (79  $kWh/m^2$ ).

In tutte le zone climatiche l'edificio monofamiliare rientra nella classe A4 ad eccezione della già citata località di Sestriere in corrispondenza della quale viene attribuita una classe A3.

Si può constatare come l'indice  $EP_{gl,nren}$  presenti variazioni poco rilevanti all'interno di ogni zona climatica per cui per l'edificio oggetto di studio è possibile con buona approssimazione attribuire un valore numerico dell'indice prestazionale all'edificio identificato come nZEB per ogni specifica zona climatica.

**Tabella 49. Indicatore di Prestazione Energetica per gli nZEB**

LOCALITA'		EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE P <sub>pvtot</sub> = 2,42 kWp							CLASSE
		GG	EP <sub>tot,RISC</sub>	EP <sub>tot,acs</sub>	EP <sub>tot,RAFFR</sub>	EP <sub>gl,nren</sub>	EP <sub>gl,ren</sub>	EP <sub>gl,tot</sub>	
		DPR 412/93	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	
B	REGGIO CALABRIA	772	37	20	17	14	61	75	A4
	CROTONE	899	43	21	17	16	65	81	A4
	SAPONARA	900	47	21	12	15	66	81	A4
C	LECCE	1153	44	22	8	11	63	74	A4
	CATANZARO	1328	50	22	11	17	67	83	A4
	CALTAGIRONE	1398	72	25	5	22	80	102	A4
D	TERNI	1650	71	26	7	26	78	104	A4
	FORLI'	2087	89	27	6	35	87	122	A4
	CASTIGLION L.	2099	77	27	5	28	81	109	A4
E	ROVIGO	2466	85	27	8	33	87	121	A4
	AOSTA	2850	107	30	3	42	99	140	A4
	CASINA	2999	117	30	4	48	103	151	A4
F	BELLUNO	3043	106	31	3	40	99	140	A4
	CALASCIO	3454	102	32	2	36	99	136	A4
	SESTRIERE	5165	186	41	0	79	148	227	A3



**Figura 13 Indici Prestazione globali**

Per focalizzare meglio la variazione degli indici prestazionali in relazione alle singole zone climatiche e ai diversi servizi energetici, si sono costruiti i seguenti istogrammi. La prima serie è riferita agli indici di prestazione totale per riscaldamento (Figura 14 - Figura 18).

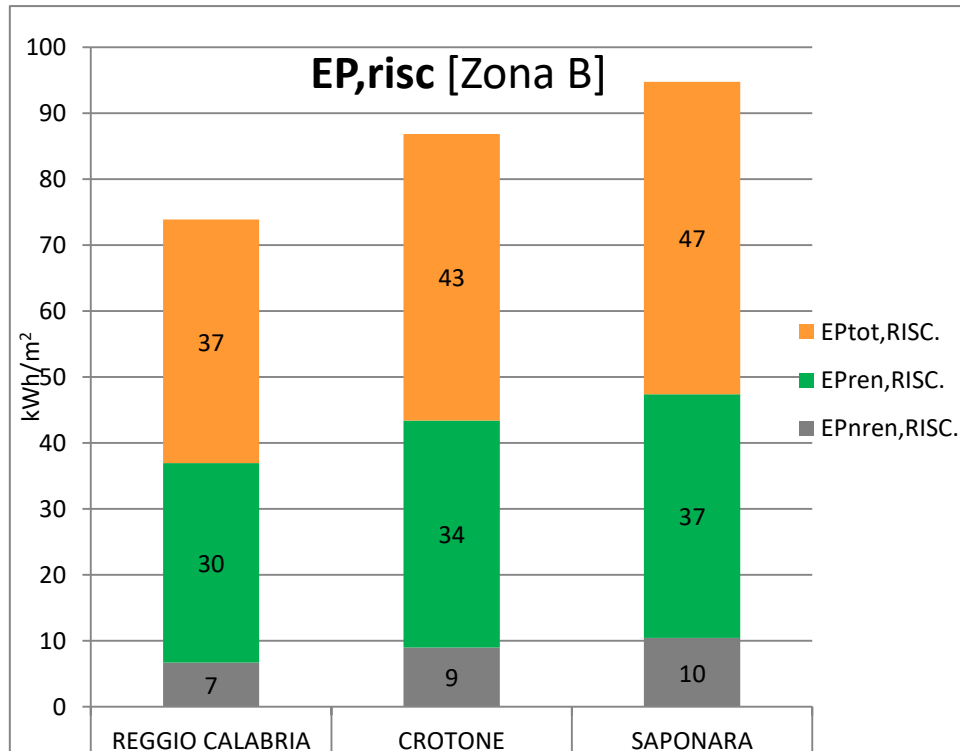


Figura 14 Indici di prestazione totale per riscaldamento: Zona B

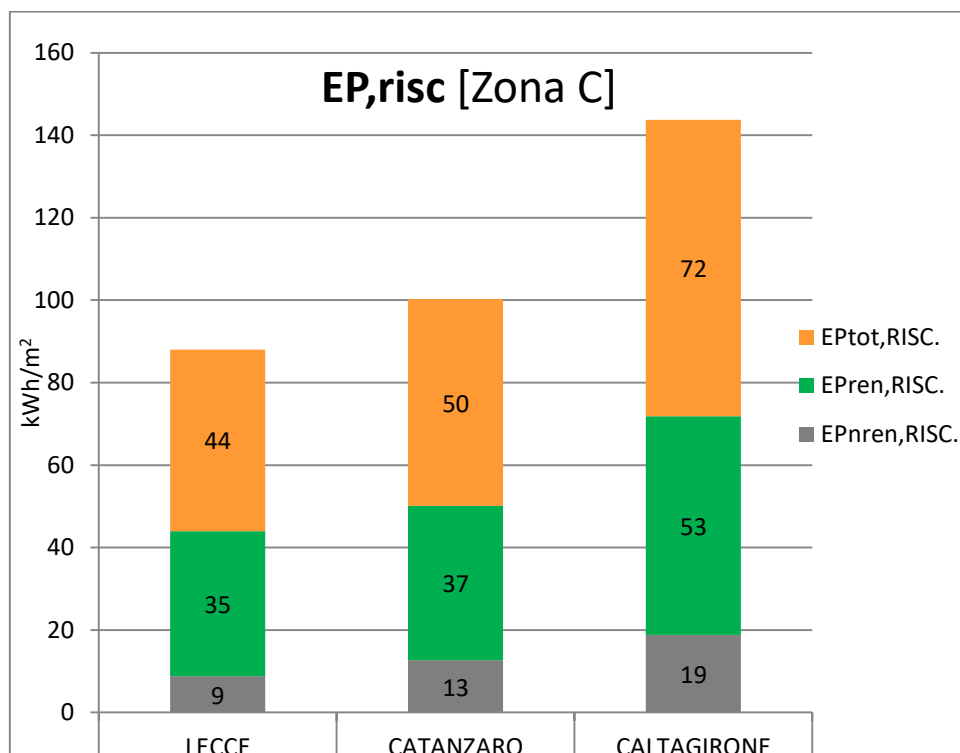


Figura 15 Indici di prestazione totale per riscaldamento: Zona C



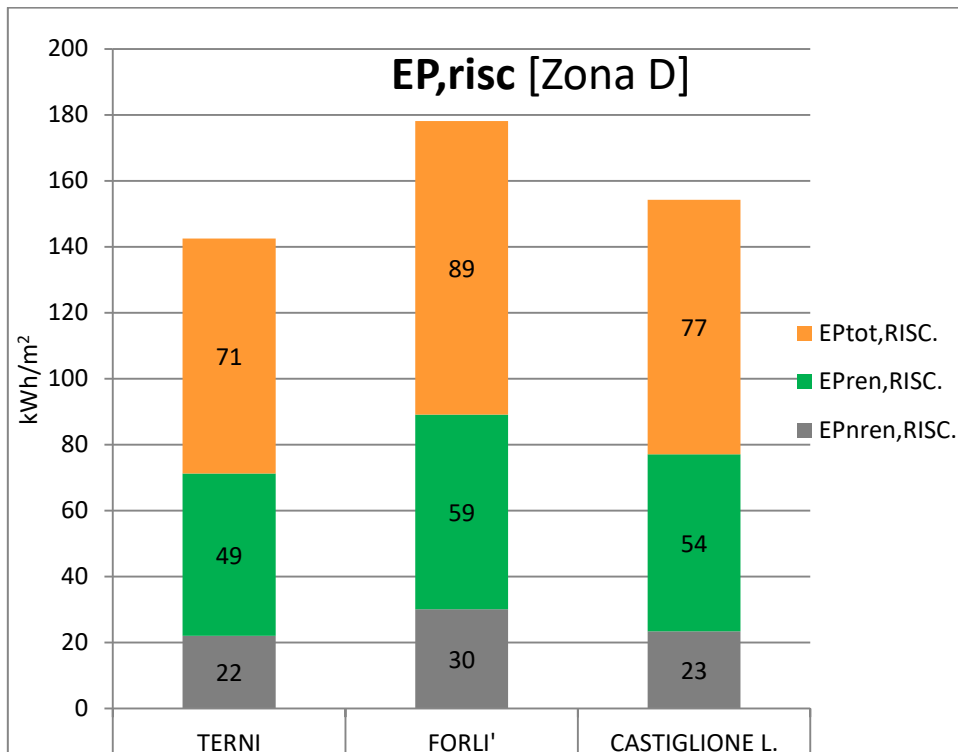


Figura 16 Indici di prestazione totale per riscaldamento: Zona D

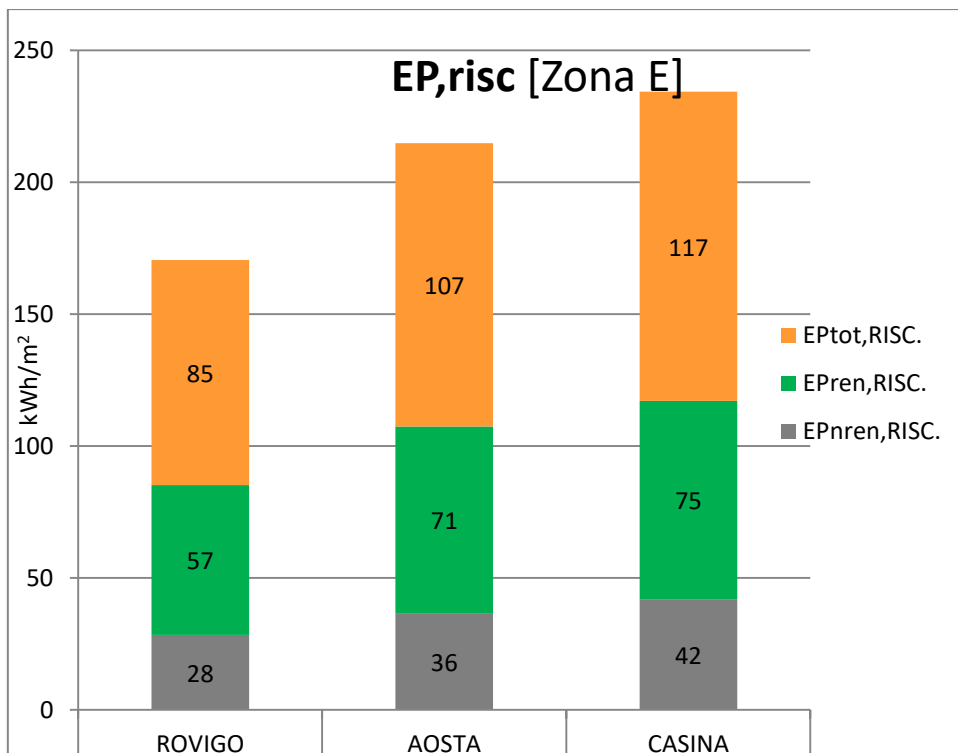
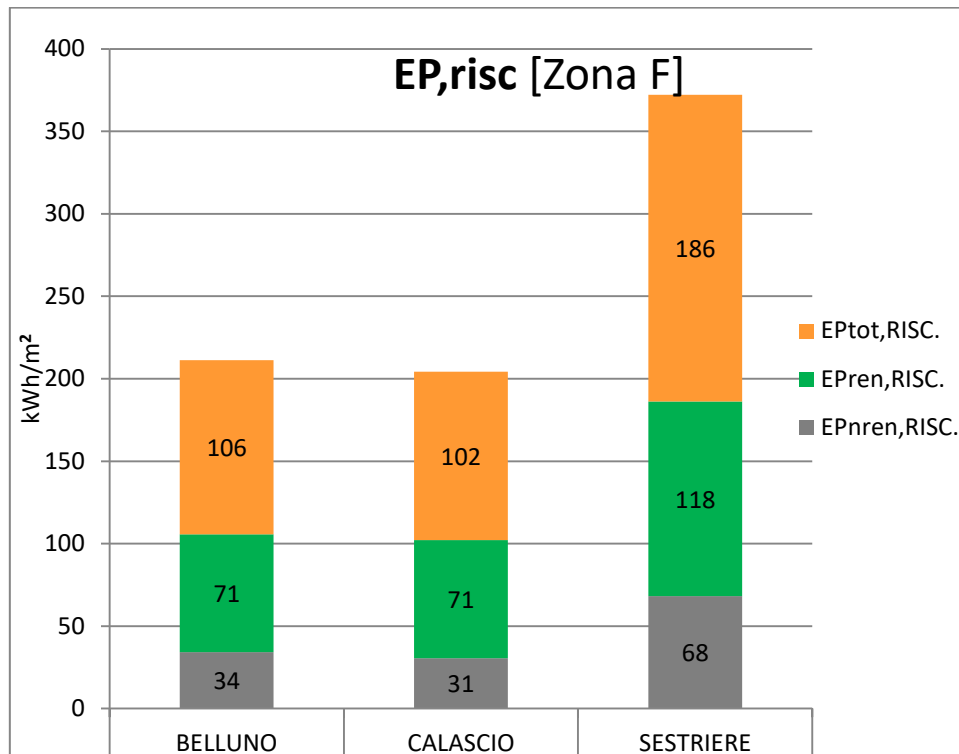


Figura 17 Indici di prestazione totale per riscaldamento: Zona E



**Figura 18** Indici di prestazione totale per riscaldamento: Zona F

Per il servizio di riscaldamento si evidenzia come l'indice di prestazione totale cresca passando da zone climatiche calde a zone più fredde.

Ricordando che l'impianto di climatizzazione invernale è costituito da una pompa di calore aria/acqua alimentata da impianto fotovoltaico si verifica che la quota di energia rinnovabile prevale sempre rispetto a quella non rinnovabile ed incide maggiormente nelle zone climatiche più calde:

- In zona B:  $EP_{risc,ren} > 4 \text{ volte } EP_{risc,nren}$
- In zona C:  $EP_{risc,ren} > 3-4 \text{ volte } EP_{risc,nren}$
- In zona D, E, F:  $EP_{risc,ren} > 2 \text{ volte } EP_{risc,nren}$

La seconda serie è riferita agli indici di prestazione totale per produzione di acqua calda sanitaria (Figura 19- Figura 23).

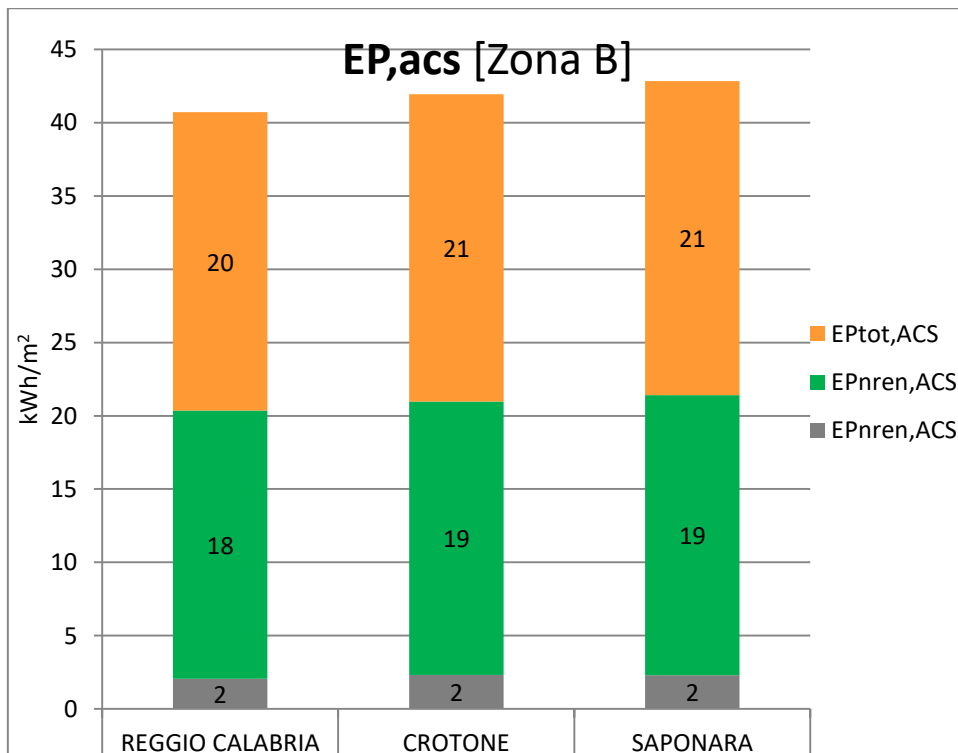


Figura 19 Indici di prestazione totale per acs: Zona B

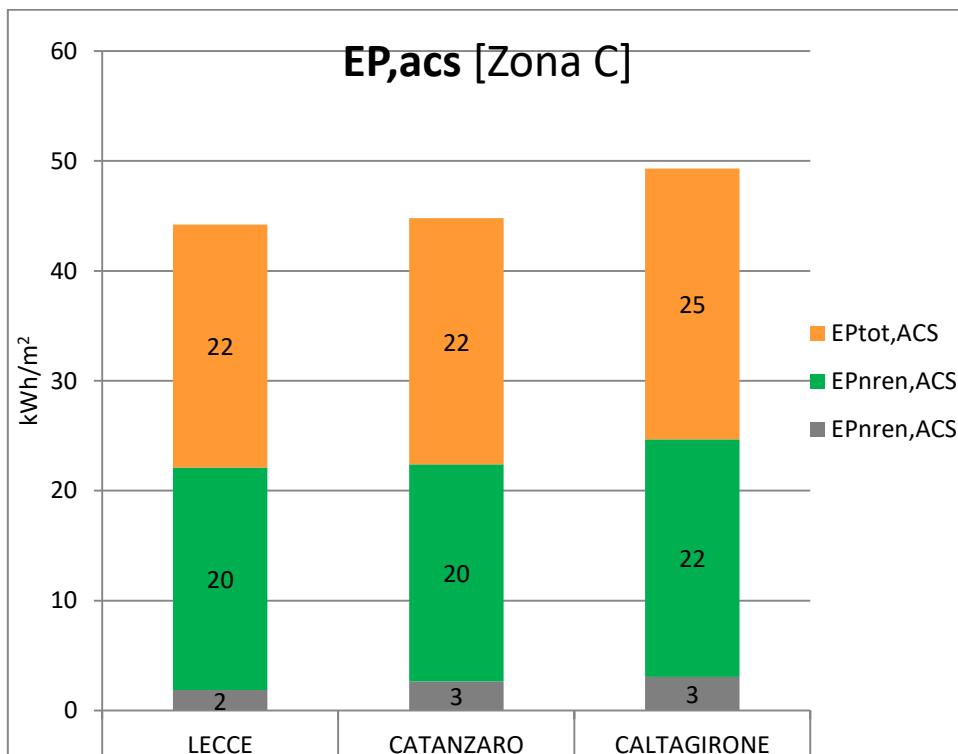


Figura 20 Indici di prestazione totale per acs: Zona C

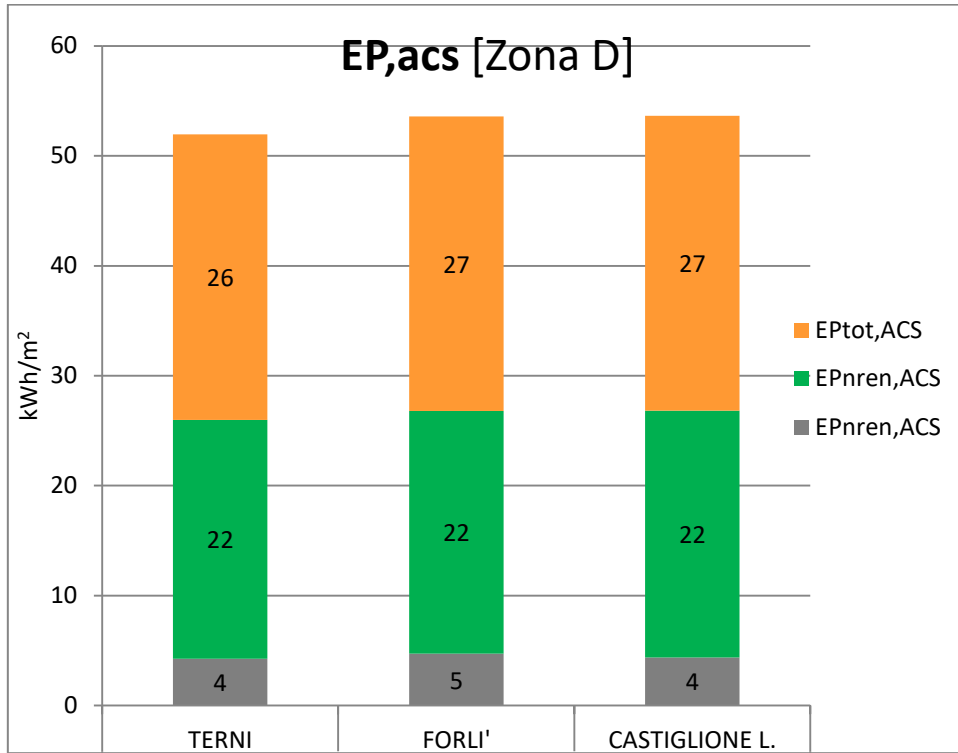


Figura 21 Indici di prestazione totale per acs: Zona D

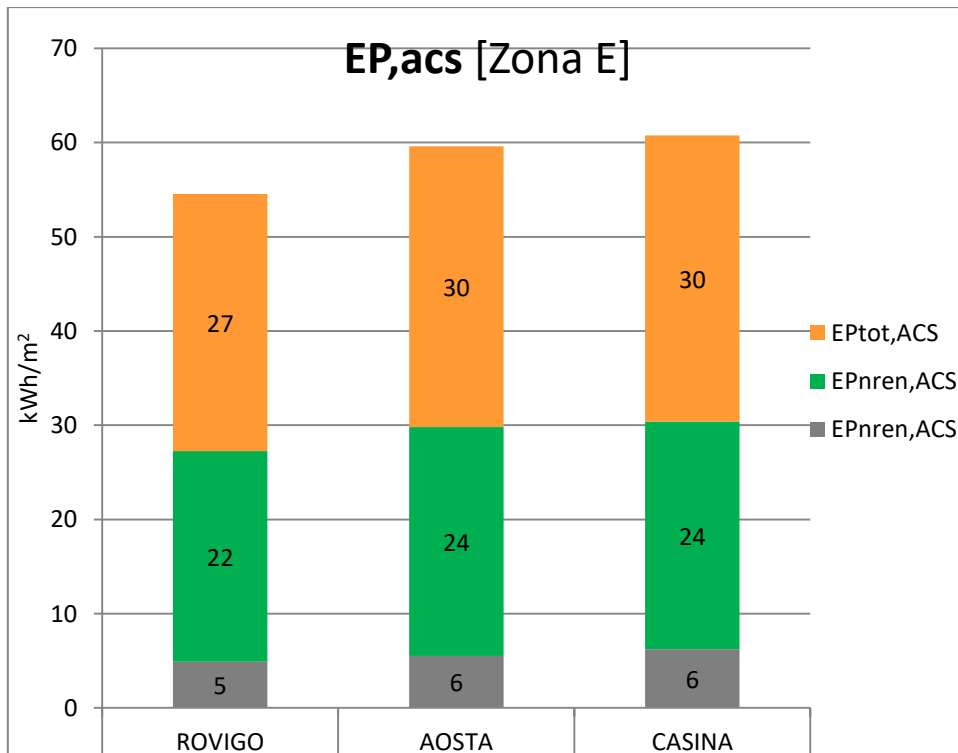


Figura 22 Indici di prestazione totale per acs: Zona E

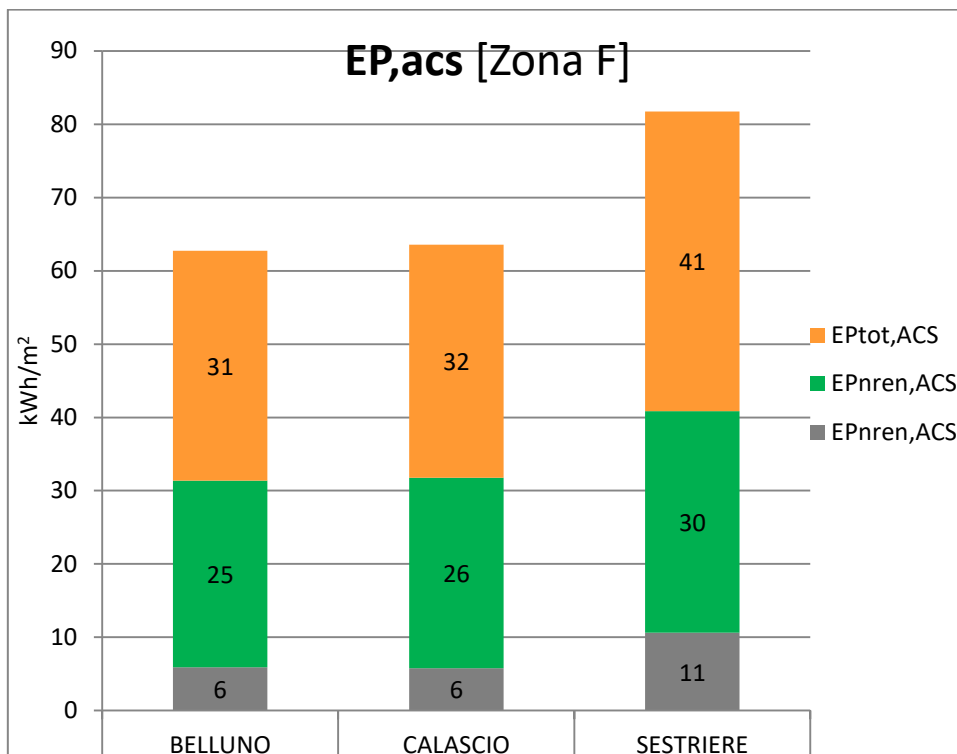


Figura 23 Indici di prestazione totale per acs: Zona F

Per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria si evidenzia come l'indice di prestazione totale aumenti passando da zone climatiche calde a zone più fredde, ma con valori poco rilevanti dato il fabbisogno limitato funzione della destinazione d'uso: edificio residenziale monofamiliare.

Ricordando che la produzione di acqua calda sanitaria è fornita da una pompa di calore aria/acqua alimentata da impianto fotovoltaico si verifica che la quota di energia fornita è imputabile quasi esclusivamente alla fonte rinnovabile ed incide maggiormente nelle zone climatiche più fredde:

- In zona B:  $EP_{ACS,ren} > 9$  volte  $EP_{ACS,nren}$
- In zona C:  $EP_{ACS,ren} > 7-10$  volte  $EP_{ACS,nren}$
- In zona D, E, F:  $EP_{ACS,ren} > 4-6$  volte  $EP_{ACS,nren}$

La terza serie è riferita agli indici di prestazione totale per raffrescamento (Figura 24- Figura 28).

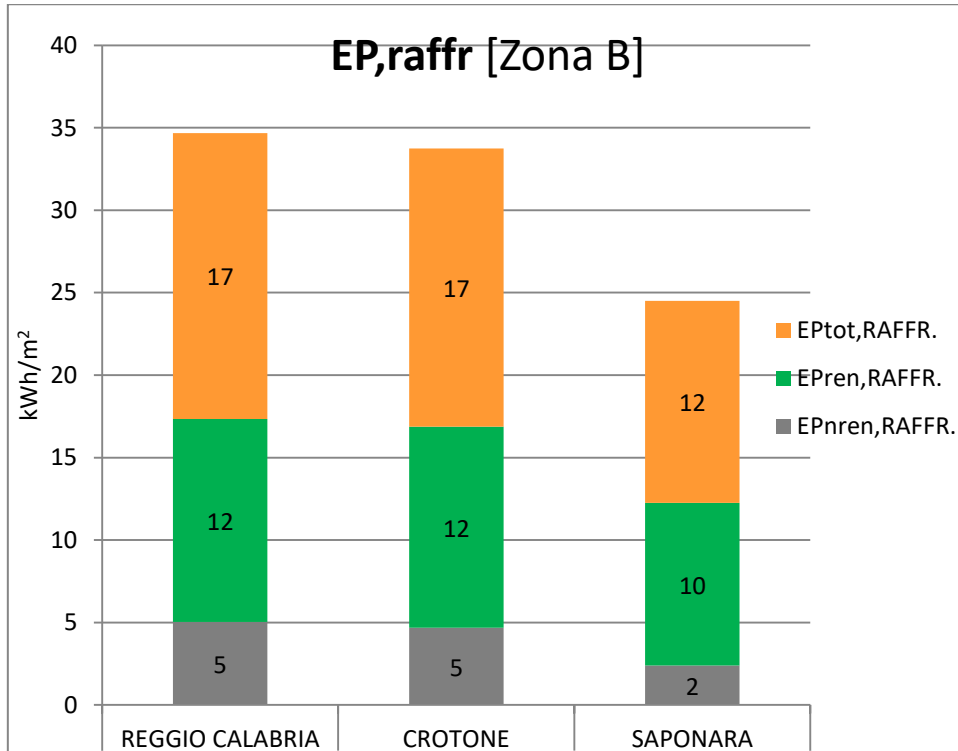


Figura 24 Indici di prestazione totale per raffrescamento: Zona B

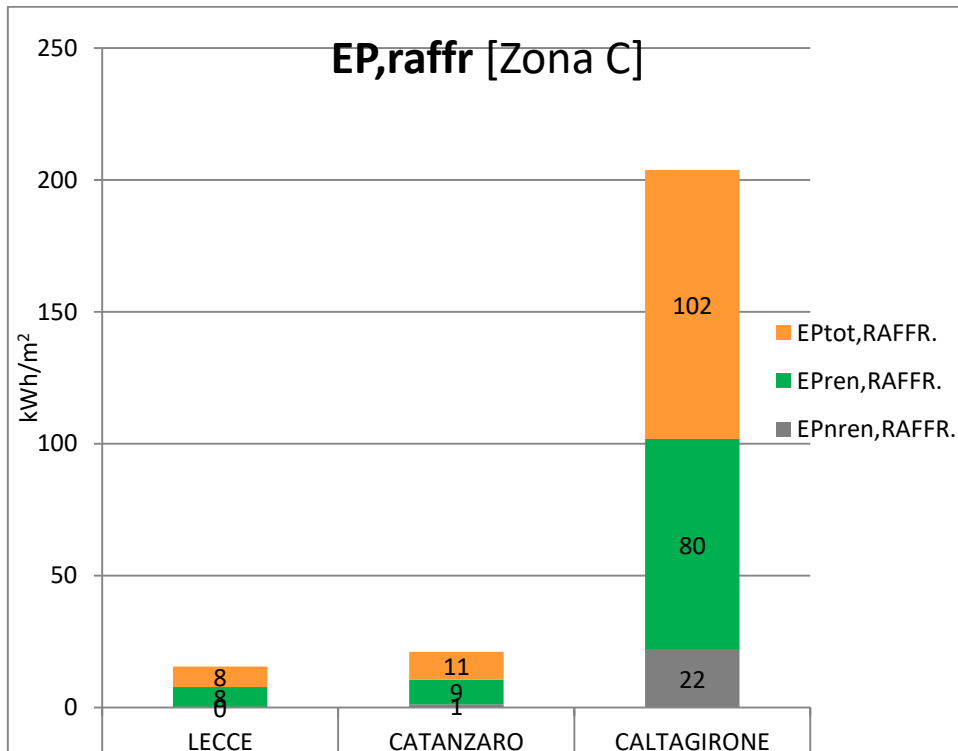


Figura 25 Indici di prestazione totale per raffrescamento: Zona C

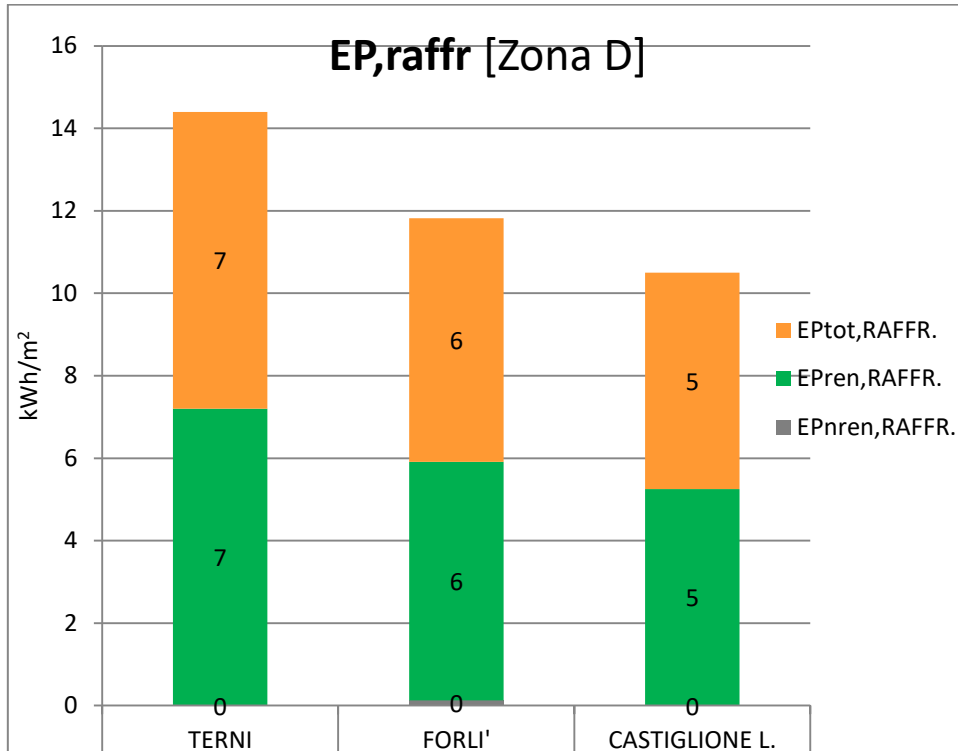


Figura 26 Indici di prestazione totale per raffrescamento: Zona D

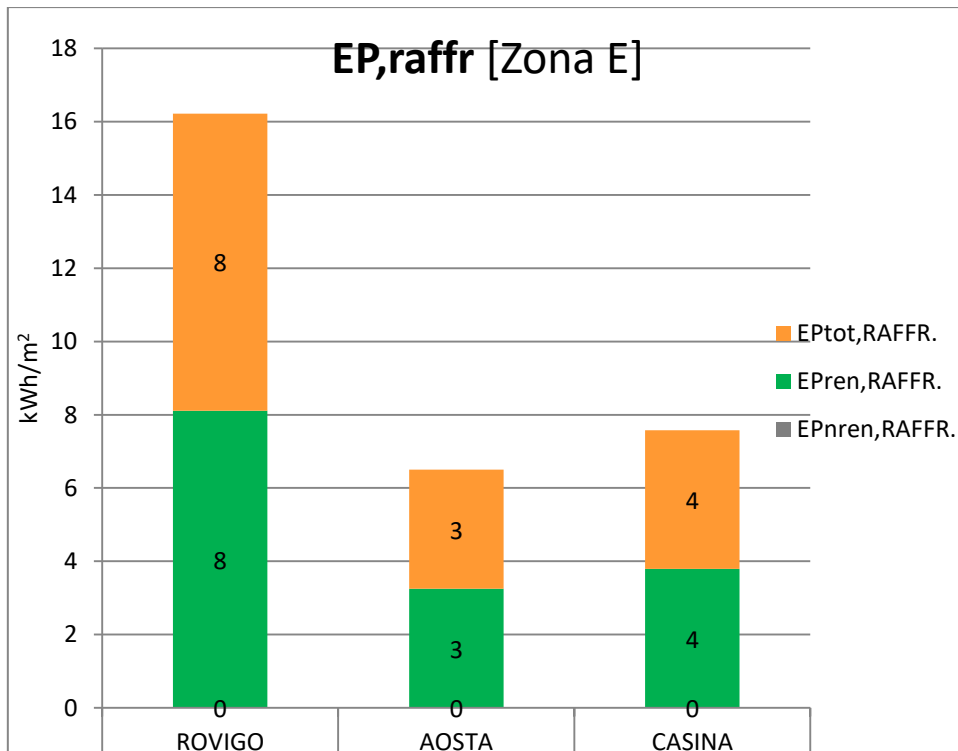


Figura 27 Indici di prestazione totale per raffrescamento: Zona E

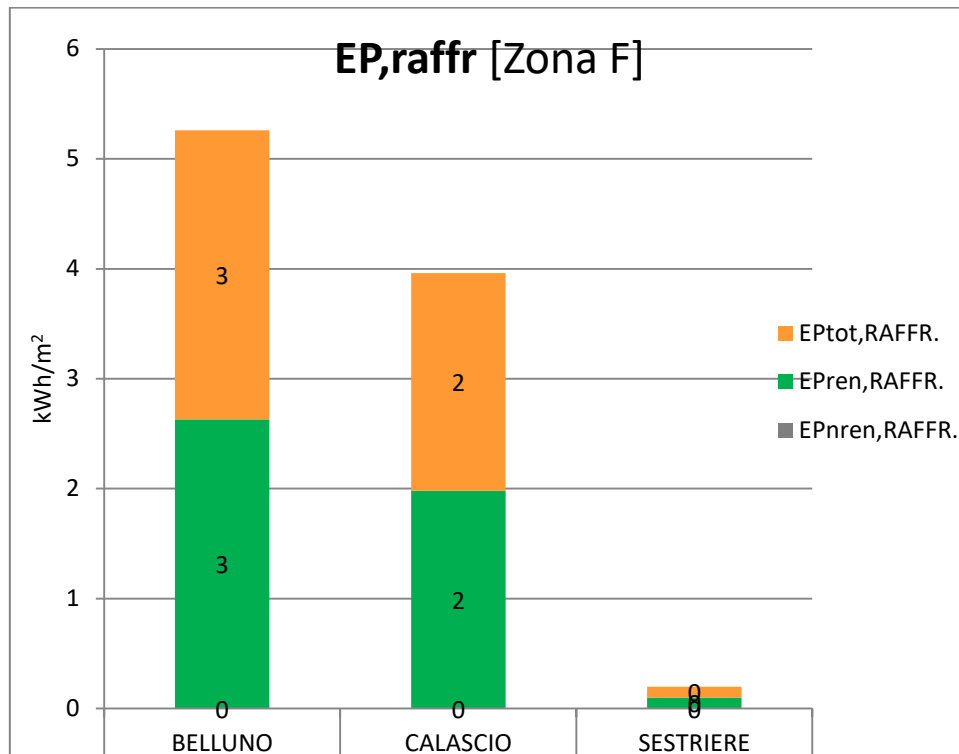


Figura 28 Indici di prestazione totale per raffrescamento: Zona F

Per il servizio di produzione di energia per raffrescamento si evidenzia come l'indice di prestazione totale diminuisca passando da zone climatiche calde a zone più fredde, ma sempre con valori poco rilevanti. Ricordando che l'impianto di climatizzazione estiva è costituito da una pompa di calore aria/acqua alimentata da impianto fotovoltaico si verifica che la quota di energia fornita è imputabile quasi esclusivamente alla fonte rinnovabile. Solo in zona B si constata una quota di energia non rinnovabile apprezzabile ( $EP_{RAFFR,ren} > 3-5$  volte  $EP_{RAFFR,nren}$ ).



## 16 Considerazioni conclusive sui primi risultati nel settore residenziale

Questo rapporto presenta i risultati di una attività atta a fornire una correlazione tra la definizione di edifici nZEB data dalla normativa italiana che prevede come nZEB un edificio che rispetti determinati requisiti e prescrizioni, e la prestazione energetica complessiva dell'immobile espressa in termini numerici.

Questo tentativo segue le indicazioni della Comunità Europea che spinge i Paesi Membri a seguire proprio questo criterio nell'identificazione degli nZEB.

Si tratta di un lavoro preliminare, la cui validità risiede nelle ipotesi formulate all'interno di ogni sezione del rapporto e, di conseguenza, non generalizzabili a tutto il parco edilizio.

Tutti gli edifici modellati sono edifici nZEB in quanto rispettano tutti i requisiti previsti dal Decreto Requisiti Minimi e le prescrizioni del DLgs 3.3.2011, n 28 sulle fonti rinnovabili.

Si sottolinea la variabilità degli indici prestazionali da  $EP_{gl,nren}$ , in funzione della zona climatica: i valori oscillano da un valore minimo di 11 kWh/m<sup>2</sup> anno ad un massimo di 48 kWh/m<sup>2</sup>anno (Figura 29).

Fa eccezione la località di Sestriere che si discosta parecchio da tutte le altre località avendo un  $EP_{gl,nren} = 79$  kWh/m<sup>2</sup>anno, giustificato dal fatto che è caratterizzata da gradi-giorno molto elevati e quindi rappresenta un'anomalia anche all'interno della fascia climatica F.

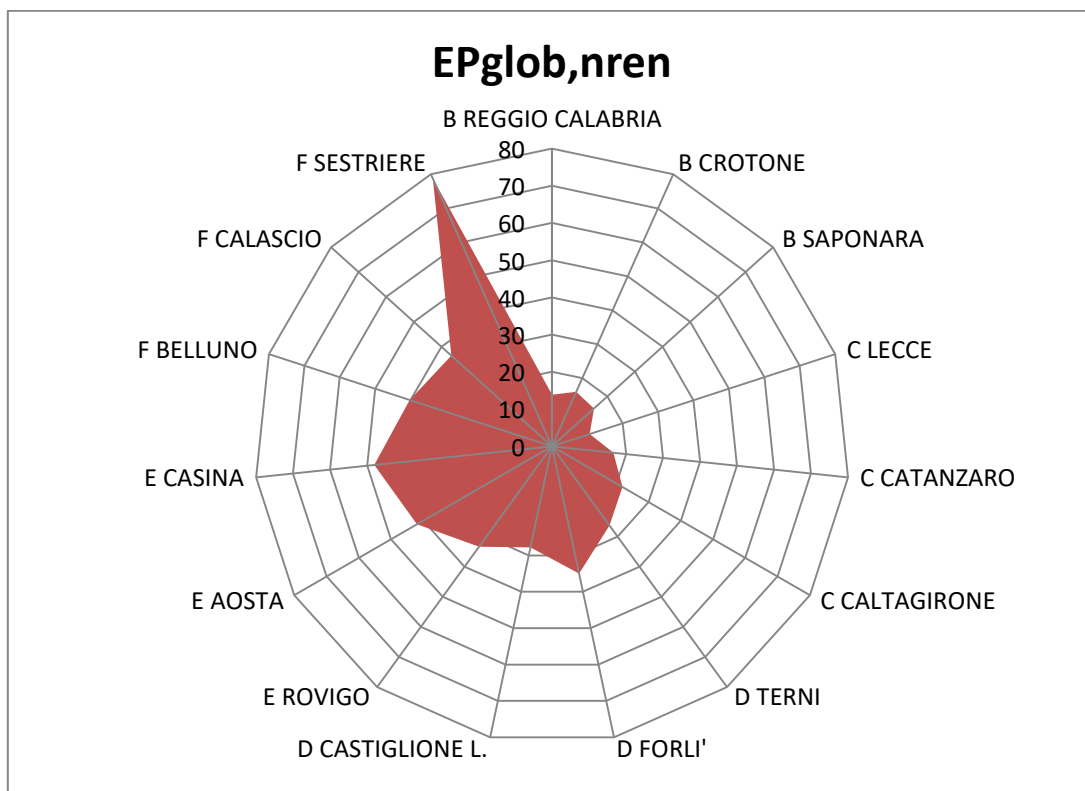


Figura 29 Distribuzione degli indici  $EP_{gl,nren}$  in funzione delle zone climatiche

Tutti gli edifici modellati risultano essere in classe energetica A4 eccetto l'edificio collocato a Sestriere che ha classe energetica A3.

Dunque per come è stata definita la classificazione energetica ad una classe A4 appartengono edifici con  $EP_{gl,nren}$  che variano anche notevolmente.

Se questo è stato verificato per l'edificio monofamiliare ci si aspetta che le stesse considerazioni saranno riscontrate in misura ancor più rilevante per gli altri modelli che verranno analizzati nella prossima annualità del PAR.

Analizzando i risultati ottenuti dalle varie simulazioni emerge dunque che è complesso poter unificare i risultati indicando dei valori di riferimento univoci per gli indicatori numerici del consumo di energia primaria netta  $EP_{gl,nren}$  dei nuovi edifici nZEB in Italia, anche se per la tipologia in esame sembrerebbe possibile, ma dovrà essere verificata anche per le altre categorie di edifici.

Questa considerazione nasce dal fatto che il Decreto Requisiti Minimi fornisce i valori dei parametri relativi all'involucro per fascia climatica indistintamente dalla tipologia edilizia e questo fa sì che per la stessa zona climatica a parità di altre condizioni, si ottengano degli indicatori numerici del consumo di energia primaria netta molto distanti tra loro.

## 17 Sviluppi futuri

Il tentativo che è stato proposto ai fini dell'identificazione di un indice di prestazione energetica che identificasse un edificio nZEB ha prodotto i risultati previsti.

L'analisi è partita con la creazione di un metodo che è stato applicato ad una serie di modelli individuati come rappresentativi del parco edilizio nazionale.

Si è previsto che lo studio si sviluppasse nel corso di due annualità in modo da poter completare l'indagine, partita con l'applicazione ad un primo caso studio (modello di edificio residenziale monofamiliare) estendendola ad altre tipologie e destinazioni d'uso più complesse e diversificate.

Nella prossima annualità si intende dettagliare altri modelli di edifici residenziali (Piccolo e Grande Condominio) e due tipologie di edifici del terziario ad uso uffici analizzandone i risultati, mettendoli a confronto tra loro per valutare l'opportunità di individuare degli indici rappresentativi degli nZEB in Italia all'interno di range ammissibili.

## 18 Bibliografia

### 18.1 Normativa tecnica

1. UNI/TS 11300-1:2014:Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
2. UNI/TS 11300-2:2014 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, per la ventilazione e per l'illuminazione.
3. UNI/TS 11300-3:2010 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.
4. UNI/TS 11300-4:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
5. UNI/TS 11300-5:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili.
6. UNI/TS 11300-6:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori e scale mobili.
7. UNI/TR 11552 Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici.
8. UNI 10339 Impianti aereali a fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
9. UNI 10349-1:2016 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata";
10. UNI 10351 Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.
11. UNI 10355 Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
12. UNI 10356 Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.
13. UNI EN 12831 Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
14. UNI EN 15193 Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.
15. UNI EN 15316-4-8 Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-8: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, riscaldamento ad aria e sistemi di riscaldamento radianti
16. UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per l'edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
17. UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità.
18. UNI EN ISO 10211 Ponti termici in edilizia. Flussi termici e temperature superficiali. Calcoli dettagliati.
19. UNI EN ISO 10456 Materiali e prodotti per l'edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.
20. UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
21. UNI EN ISO 13786 Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.
22. EC 1-2011 UNI EN ISO 13786 Errata corrige 1 del 15.3.2011 alla UNI EN ISO 13786:2008.

23. UNI EN ISO 13788 Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo
24. UNI EN ISO 13789 Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo.
25. UNI EN ISO 13790 Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
26. UNI EN ISO 14683 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.
27. EN ISO 52016-1 Energy performance of buildings - Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads - Part 1: Calculation procedures

## 18.2 Legislazione

28. Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23/04/2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
29. Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione);
30. Regolamento delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi;
31. Informazioni provenienti dalle istituzioni, dagli organi e dagli organismi dell'Unione Europea. Orientamenti che accompagnano il regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012 della Commissione che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per calcolare livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi (2012/C 115/01);
32. Raccomandazione (UE) 2016/1318 della Commissione del 29 luglio 2016 recante orientamenti per la promozione degli edifici a energia quasi zero e delle migliori pratiche per assicurare che, entro il 2020, tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero;
33. Legge 9.1.91, n. 10 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.
34. D.P.R. 26.8.93, n. 412 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione all'articolo 4 comma 4 della Legge 10/91.
35. D.Lgs. 19.8.2005, n. 192 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
36. D.Lgs. 30.5.2008, n. 115 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.
37. D.Lgs. 3.3.2011, n. 28 Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
38. Decreto Legge 4.6.2013 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.
39. Legge 3.8.2013, n. 90 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, recante 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.

40. Decreto 26.6.2015 Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle precisazioni e dei requisiti minimi degli edifici.
41. Decreto 26.6.2015 Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle precisazioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici.
42. Decreto 26.6.2015 Adeguamento del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

### 18.3 Altri riferimenti

43. Chiarimenti In Materia Di Efficienza Energetica In Edilizia (Raccolta n.1 FAQ del MISE. Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto requisiti minimi", Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto Linee guida APE", ottobre 2015
44. Chiarimenti In Materia Di Efficienza Energetica In Edilizia (Raccolta n.2 FAQ del MISE. Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto requisiti minimi", Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto "Decreto Linee guida APE", agosto 2016
45. Ministero dello Sviluppo Economico – Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale, 2015.
46. Ministero dello Sviluppo Economico – Piano d’Azione Nazionale per incrementare gli edifici ad energia quasi zero, 2015.
47. Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Report "Energy Performance Certificates across the EU";
48. ENEA, MiSE "Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN)";
49. Kalle Kuusk, Targo Kalamees, Mikk Maivel, Cost effectiveness of energy performance improvements in Estonian brick apartment buildings, EnergyBuild. 77 (2014) 313–322.