



Politecnico di Bari

dicar 

Dipartimento di Scienze
dell'Ingegneria Civile
e dell'Architettura

Progettazione **nZEB**. Un caso di studio nel comune di **Altamura**

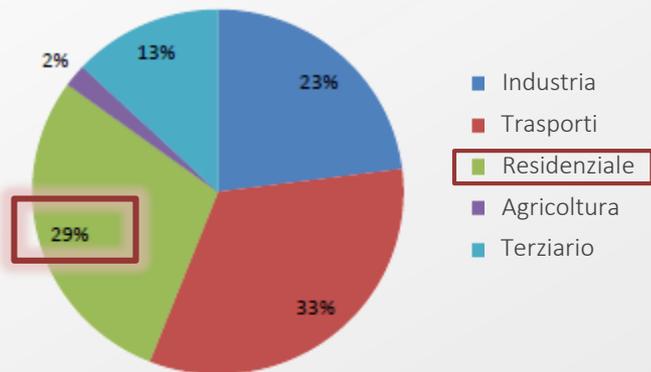
Nearly Zero Energy Buildings
Energy performance methods: **Dynamic Hourly Calculation**



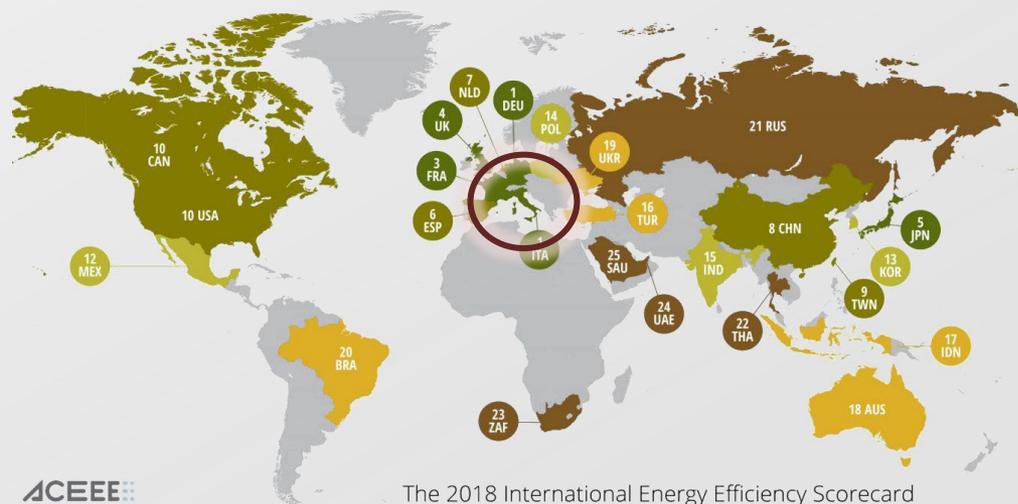
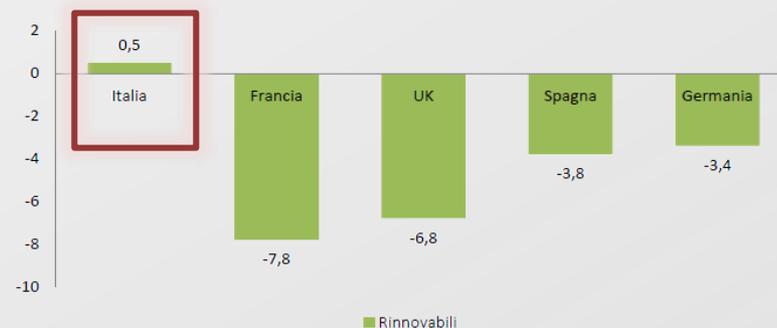
Relatore: Prof. Pietro Stefanizzi
Correlatore: Arch. Antonio Stragapede

Dott.ssa Valeria Strippoli

Consumi di Energia al 2013



Utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel 2015 rispetto gli obiettivi del 2020



National Efforts

Buildings

Industry

Transportation

Italy

18

20

20.5

17

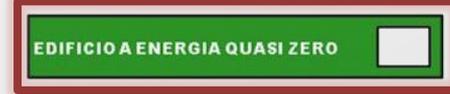
Edifici a consumo Energetico quasi Zero

D. Lgs 192/2005 così come modificato dalla L. 90/2013

- Dal 1 gennaio **2021** tutti gli edifici di **Nuova costruzione** devono essere ad energia quasi zero
- a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di **Nuova costruzione occupati da enti pubblici** e di proprietà di questi ultimi devono essere edifici ad energia quasi zero

EPBD 2010

Prestazione energetica globale



+ Più efficiente



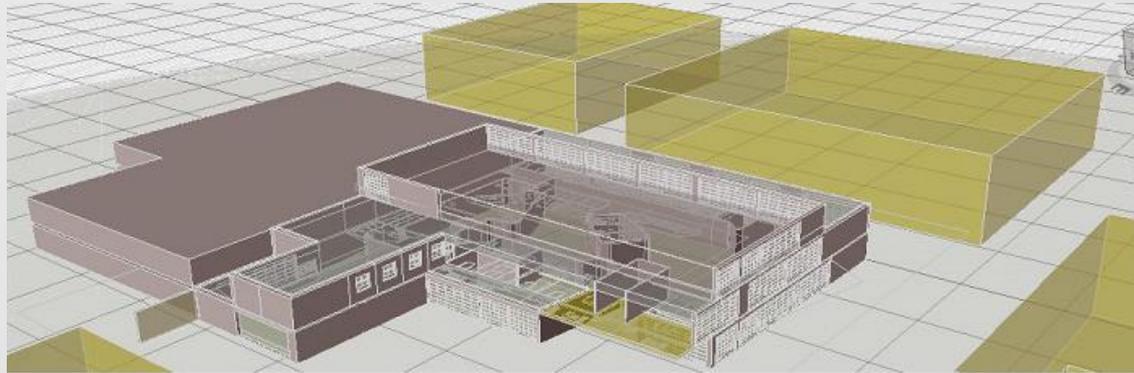
- Meno efficiente



Esempi realizzati di edifici nzeb



CorTau House, Livorno Ferraris

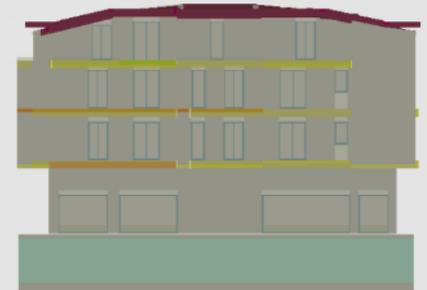
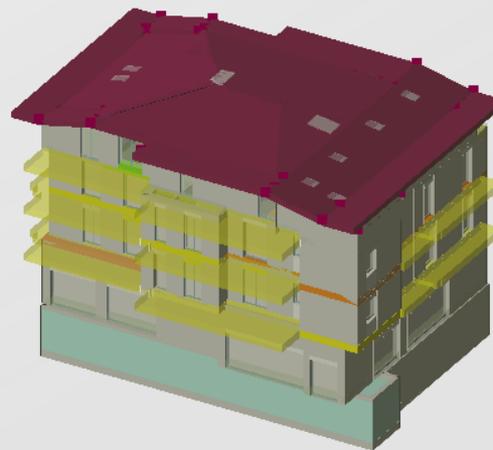
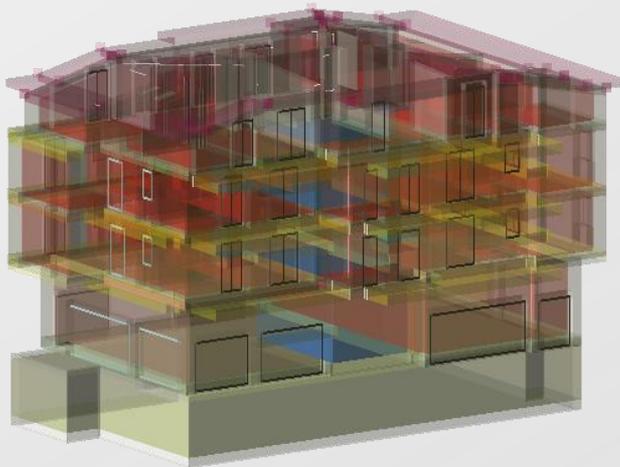
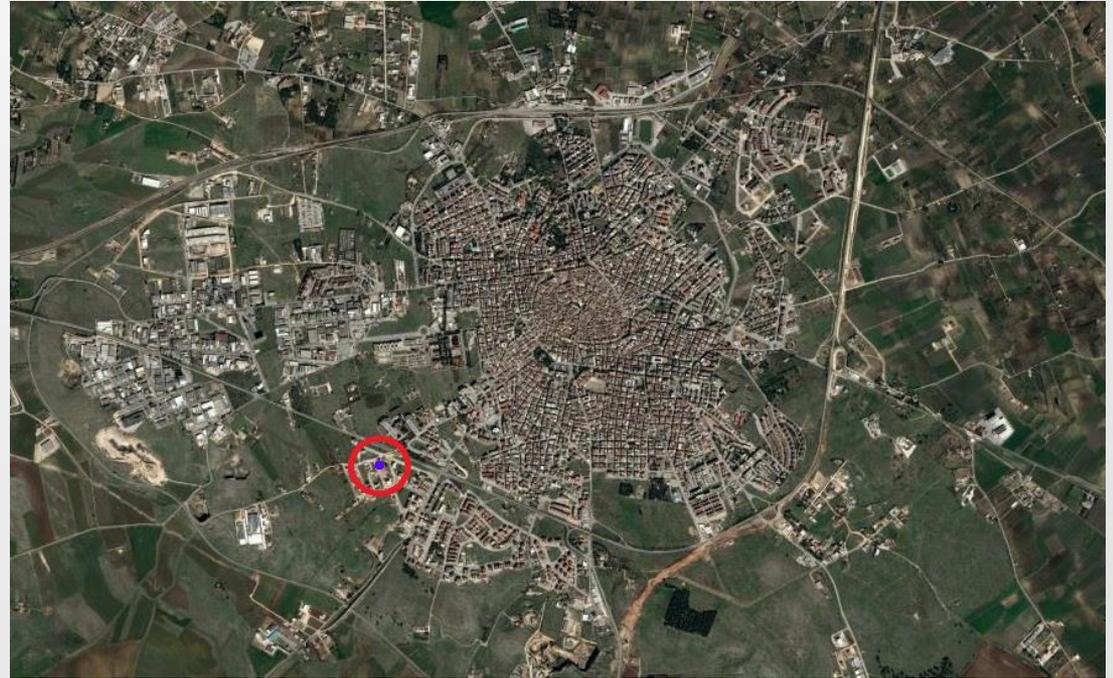


Innovation Square Center, Torino

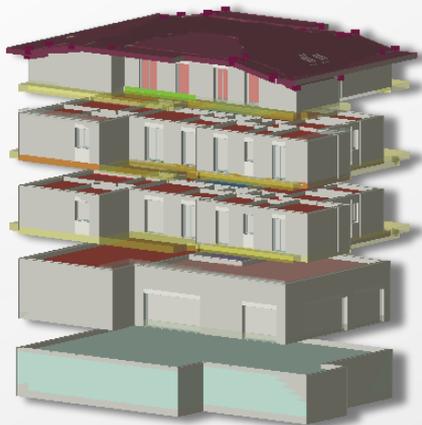
Comune di Altamura Zona Climatica D



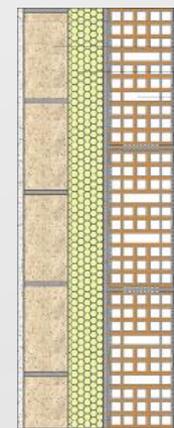
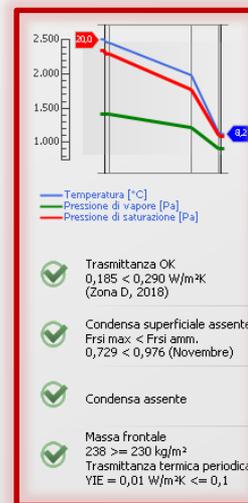
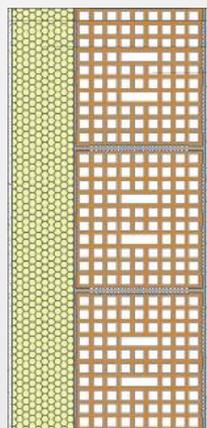
- Zona A
- Zona B
- Zona C
- Zona D
- Zona E
- Zona F



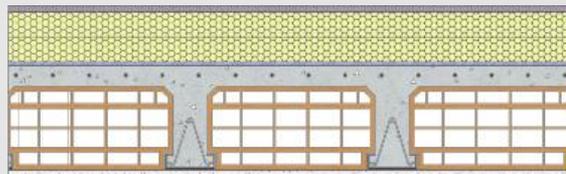
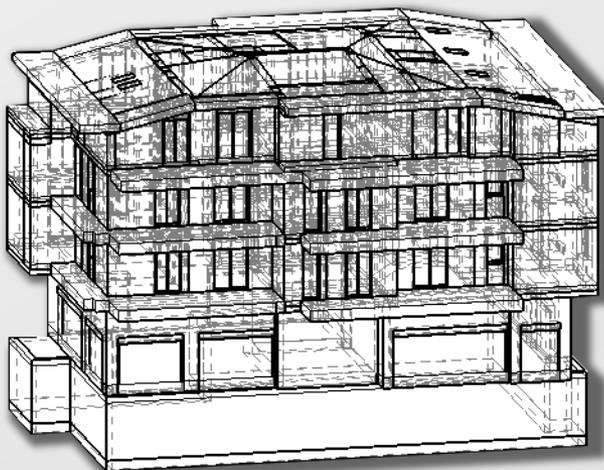
Progettazione nZEB: un caso di studio



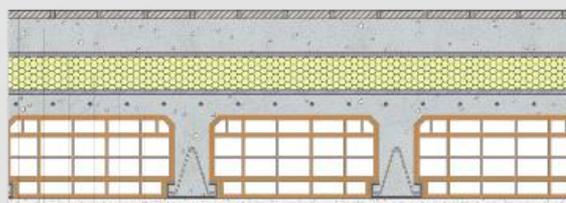
Unità immobiliari	Superficie m ²	Volume netto m ³
1	75.1	203.3
2	71.3	192.7
3	65.9	177.7
4	75.1	203.3
5	71.3	192.7
6	65.9	177.7
7	57.8	170.6
8	132.4	300.7



Strati	Spessore [mm]	R [m ² ·K/W]	λ [W/m·K]	ρ [kg/m ³]
Adduttanza interna (flusso orizzontale)		0,130	7,690	
Intonaco interno	15,0	0,021	0,700	1.400,000
POROTON® SERIE 700	300,0	1,863	0,161	750,000
Pannello polistirene EPS	100,0	3,333	0,030	35,000
Rasante per cappotto SM700 3THERM	7,0	0,015	0,470	1.400,000
Adduttanza esterna (flusso orizzontale)		0,040	25,000	



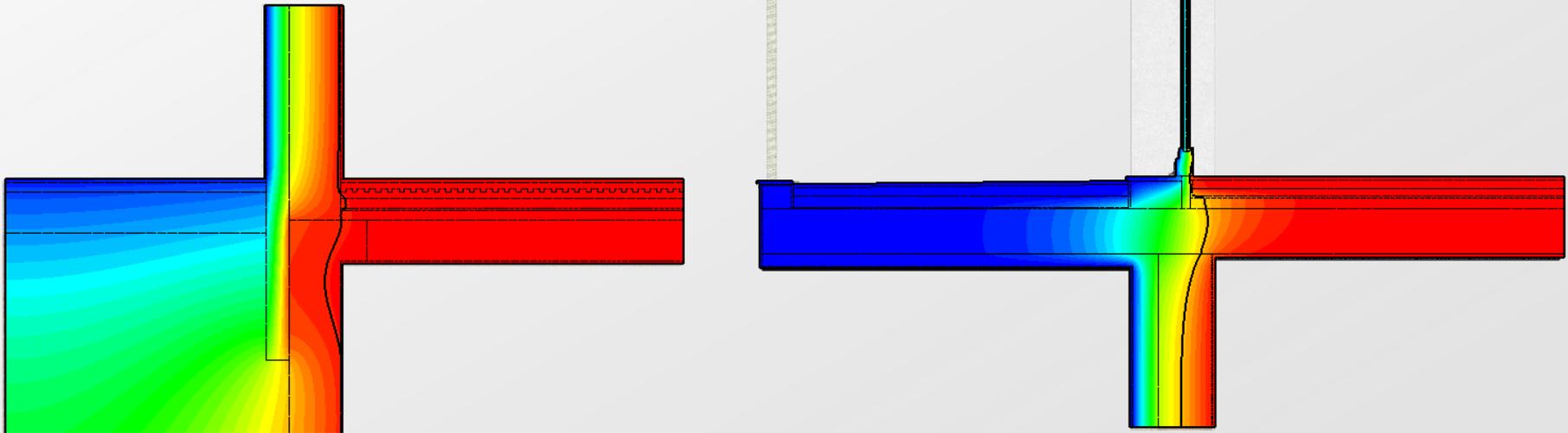
Solai



S
e
r
r
a
m
e
n
t
i

FEM: Finite Element Method

UNI/TR 11200:2009



Temperatura Interna: 20°C Temperatura Esterna: 7,8°C

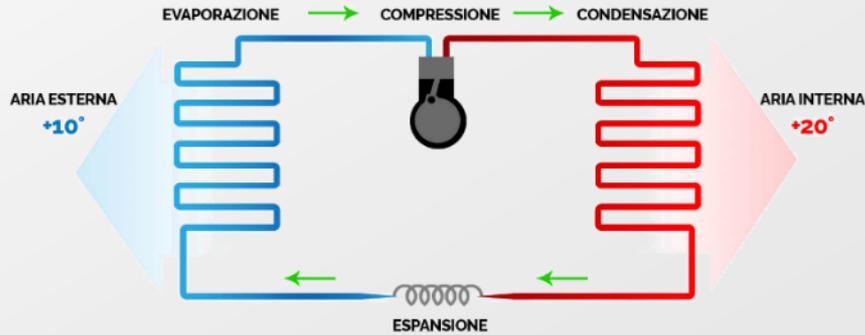
$$fR_{si} > fR_{si,max}$$

La Trasmittanza Termica Lineica del ponte termico viene ottenuta per differenza tra la **dispersione del modello geometrico** comprensivo di ponte termico e la **dispersione in assenza di discontinuità**

- Riscaldamento Autonomo



Pompa di Calore elettrica condensata ad aria da 6 kW, con sistema inverter



C. O. P.

Coefficient of Performance



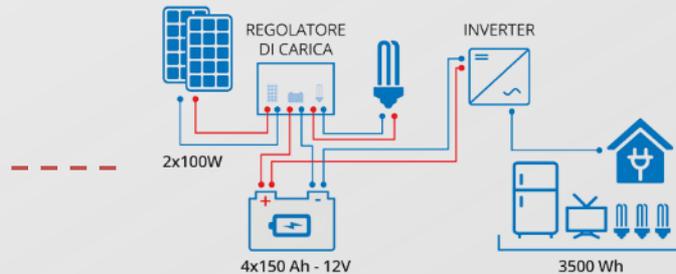
terminali di Emissione a Pannelli Radianti annegati nel pavimento

- Raffrescamento Assente (predisposto)

- Pannelli Fotovoltaici

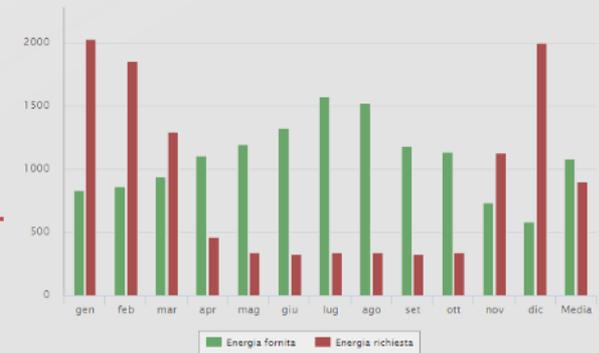


in silicio policristallino da 9 kWp



Area: 70 m²

Inclinazione: 45°

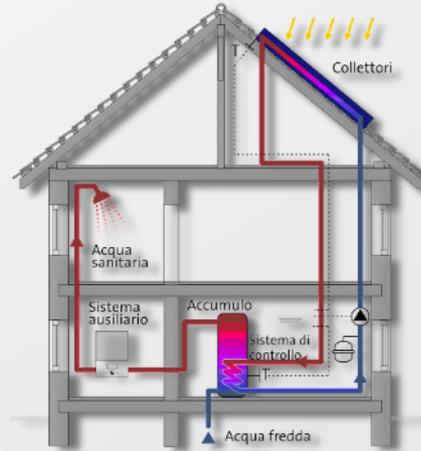


Produzione Elettricità

- Acqua Calda Sanitaria – Impianto centralizzato

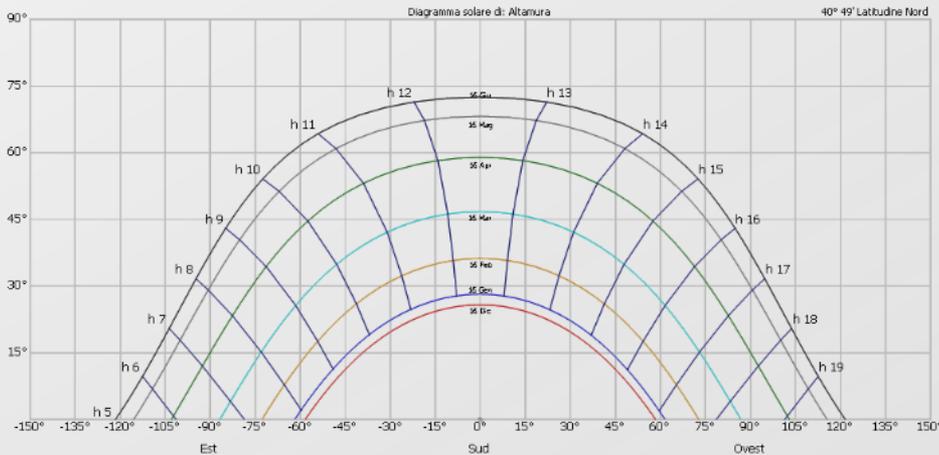
Due Pompe di Calore elettriche condensate ad aria da 12 kW con sistema inverter

Sistema di accumulo con due boiler da 750l



Produzione ACS

Impianto Solare Termico



Area: 6 m^2

Inclinazione: 45°

Una parte della Quota percentuale di **Rinnovabile** deriva dalla pompa di calore

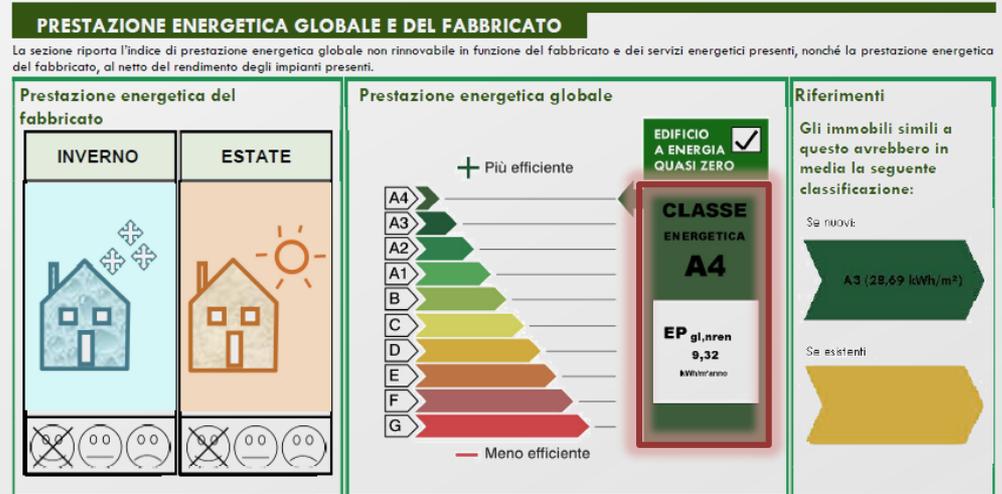
Indice di Prestazione Energetica

$$EP_{gl,nren} \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ anno}} \right]$$

UNI EN ISO 13790: 2008

UNI TS 11300: 2008/2012

D.M. requisiti minimi 2015



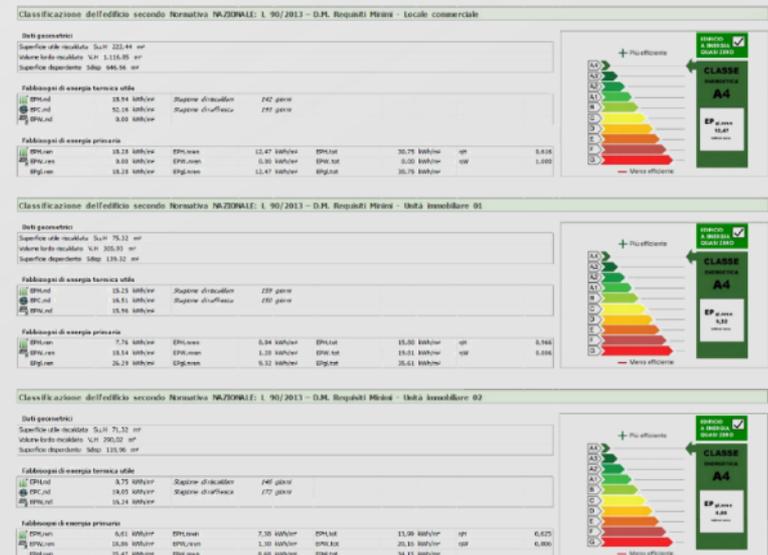
Il Fabbisogno Energetico Annuale Globale si calcola come energia primaria per singolo servizio energetico, con intervallo di **calcolo mensile**

PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta gli indici di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi annui di energia

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE		Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globale ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	339 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP_{gl,nren} kWh/m² anno 9,32
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP_{gl,ren} kWh/m² anno 26,29
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e olio combustibile		Emissioni di CO ₂ kg/m² anno 2,1
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico	1588 kWh	
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare termico	706 kWh	
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro (specificare)		

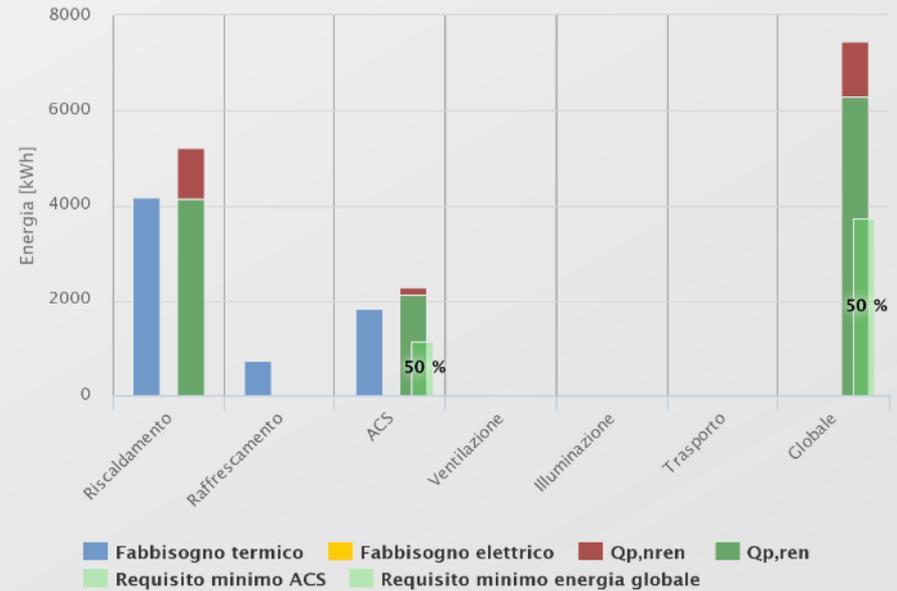


Verifiche nZEB

D. Lgs. 28/2011



Fabbisogni Termici e Primari [kWh]



E' richiesta la copertura dei Fabbisogni Energetici per una Quota Rinnovabile superiore al 50%

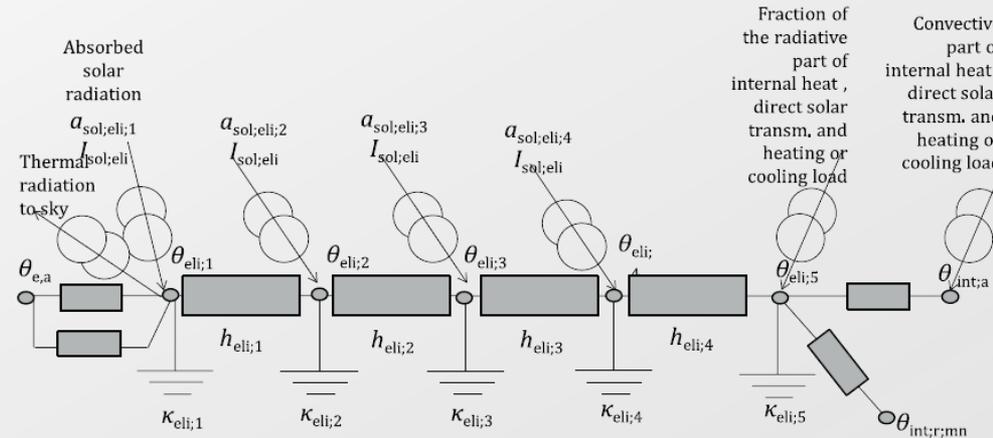
Condensa superficiale e interstiziale	
Inerzia termica	
Trasmittanza partizioni interne	
Coefficiente medio globale di scambio termico H'T	
Area solare estiva equivalente per unita di superficie utile	
Indice di prestazione termica	
Efficienza media stagionale	
Indice di prestazione globale	
Prestazioni limite D.Lgs 28/2011 con fonti rinnovabili	

Esito	Verificato
40 / 40	SI
3 / 3	SI
N.C.	-
9 / 9	SI
9 / 9	SI
2 / 2	SI
2 / 2	SI
1 / 1	SI
3 / 3	SI
VERIFICATO NZEB	

Dynamic Hourly Calculation

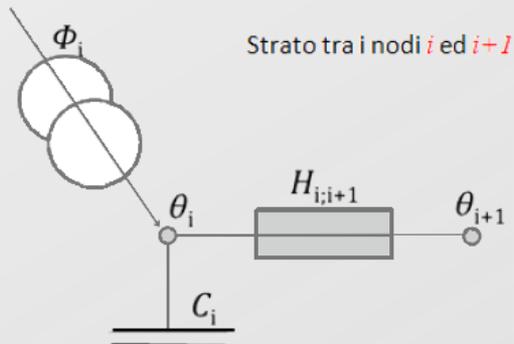
UNI EN ISO 52016-1:2017 e ISO/TR 52016-2:2017
Energy Performance of Buildings

Modello RC: Resistenza - Capacità

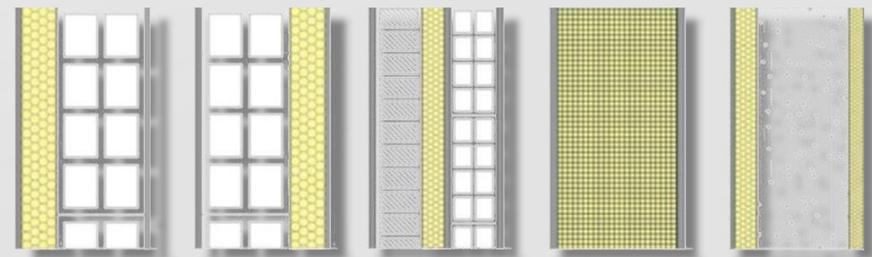


Non richiede la conoscenza della stratigrafia dell'elemento costruttivo, ma:

- Resistenza di sola Conduzione (R_{eli}) e la Conduttanza Termica (h_{eli})
- Capacità Termica Media per unità di superficie. (C_{eli})
- Posizione della Massa Termica



Strato tra i nodi i ed $i+1$



Tipo I

Tipo E

Tipo IE

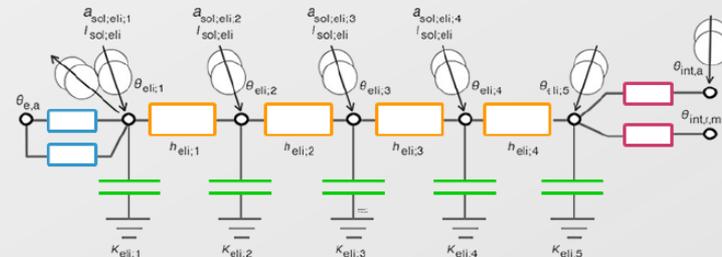
Tipo D

Tipo M

Impostazione dei Profili di Uso

Unità immobiliare	Superficie [m ²]	Volume netto [m ³]	Ventilazione [m ³ /h]	Ventilazione di riferimento [m ³ /h]	Apporti interni [W] UNI TS 11300-1	Apporti interni [W] UNI EN ISO 52016-1	Apporti di umidità [10 ⁻⁶ kg/m ² s]
1	75,1	203,3	101,65	61,00	400	200	2,7
2	71,3	192,7	96,35	57,70	390	200	2,9
3	65,9	177,7	88,85	53,32	373	200	3,0
4	75,1	203,3	101,65	61,00	400	200	2,7
5	71,3	192,7	96,35	57,70	390	200	2,9
6	65,9	177,7	88,85	53,32	373	200	3,0
7	57,8	170,6	85,30	51,18	343	200	3,6
8	132,4	300,7	150,35	90,20	450	200	1,5

Parametri ricavati dalla UNI TS 11300



Coeff. radiativo esterno, h _{re}	8 W/m ² K	<input type="checkbox"/> Modello RC utente	Calcola	k _{eli,5} (nodo interno)	254,588,300 J/m ² K
Coeff. convettivo esterno, h _{ce}	15 W/m ² K	h _{eli,4} (nodo interno)	1,147 W/m ² K	k _{eli,4}	0,000 J/m ² K
Coeff. radiativo interno, h _{ri}	5 W/m ² K	h _{eli,3}	0,573 W/m ² K	k _{eli,3}	0,000 J/m ² K
Coeff. convettivo interno, h _{ci}	3 W/m ² K	h _{eli,2}	0,573 W/m ² K	k _{eli,2}	0,000 J/m ² K
		h _{eli,1} (nodo esterno)	1,147 W/m ² K	k _{eli,1} (nodo esterno)	0,000 J/m ² K

Periodo di Riscaldamento: 1 Novembre al 15 Aprile

Carichi Interni: costanti

Periodo di Raffrescamento: impianto assente

Carichi Latenti: costanti

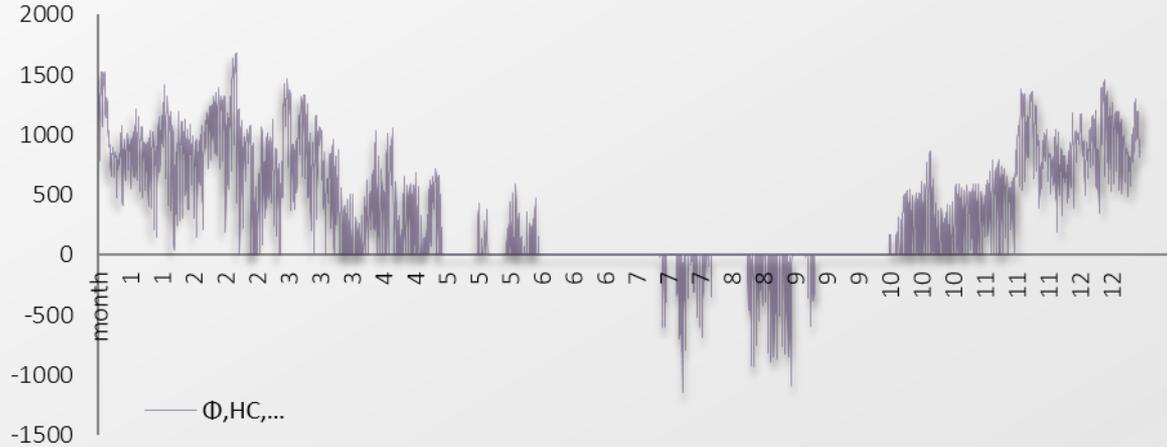
Zona Climatica D: 12 ore di accensione impianto

Apporti di Ventilazione: costanti

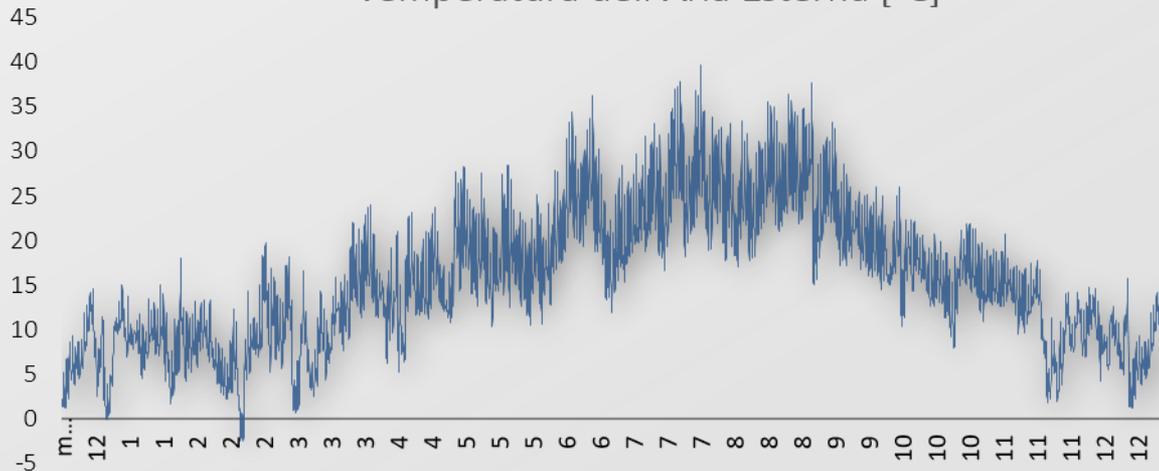
	Riscaldamento		Raffrescamento		Ventilazione		Carichi interni		Umidità															
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
l	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	
m	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	
m	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	
g	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	
v	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	
s	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	
d	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	

Calcolo Dinamico Orario: Carico Termico Ideale e potenza infinita

Potenza dell'Impianto [W]



Temperatura dell'Aria Esterna [°C]



Carico termico con profilo ideale

Profilo ideale e potenza infinita

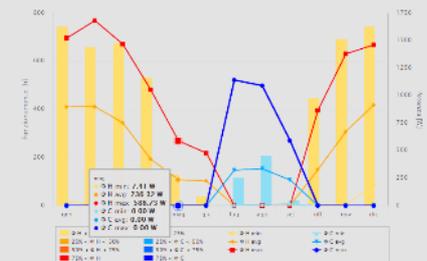
Ore di Funzionamento per Riscaldamento

4164h



Ore di Funzionamento per Raffrescamento

348h

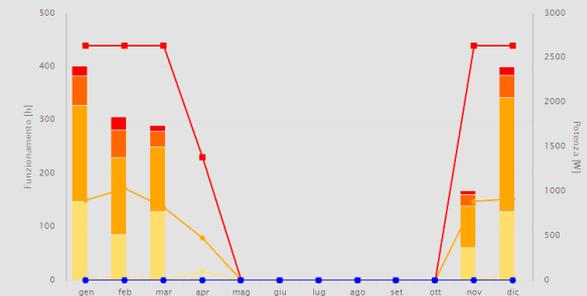
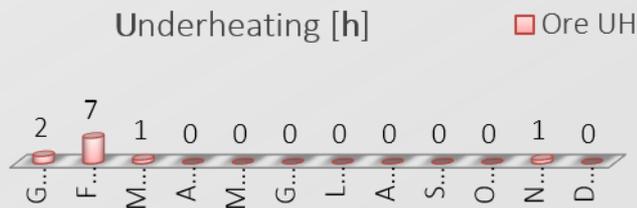
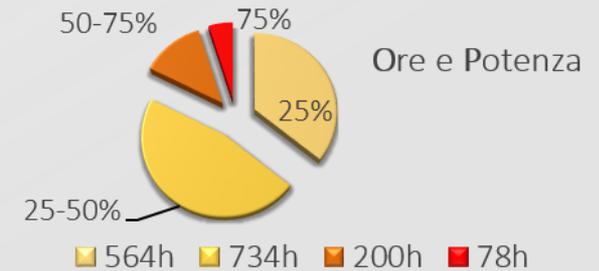
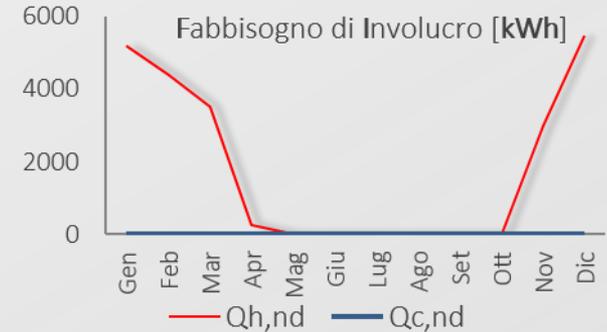
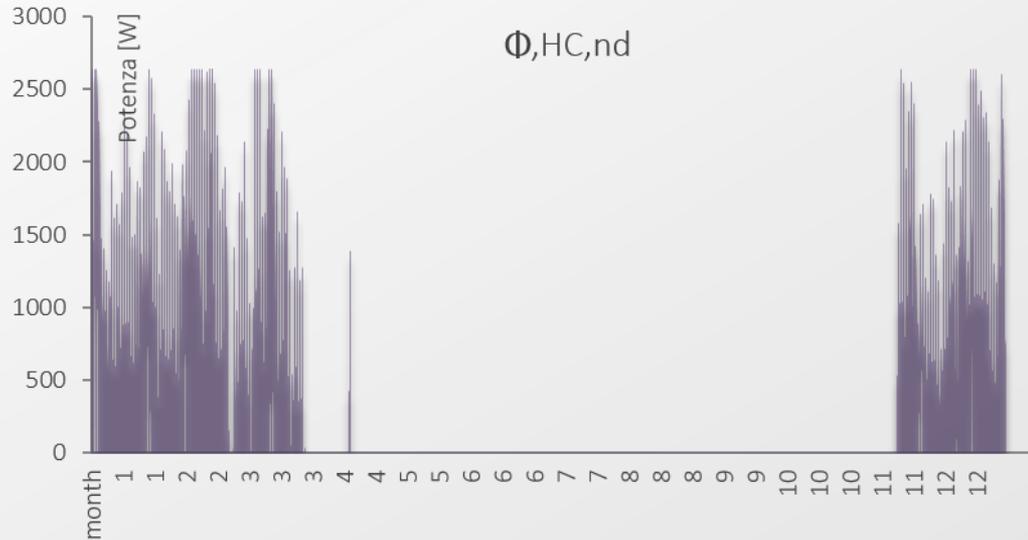


Calcolo Dinamico Orario: Carico Termico Reale e impianto specifico

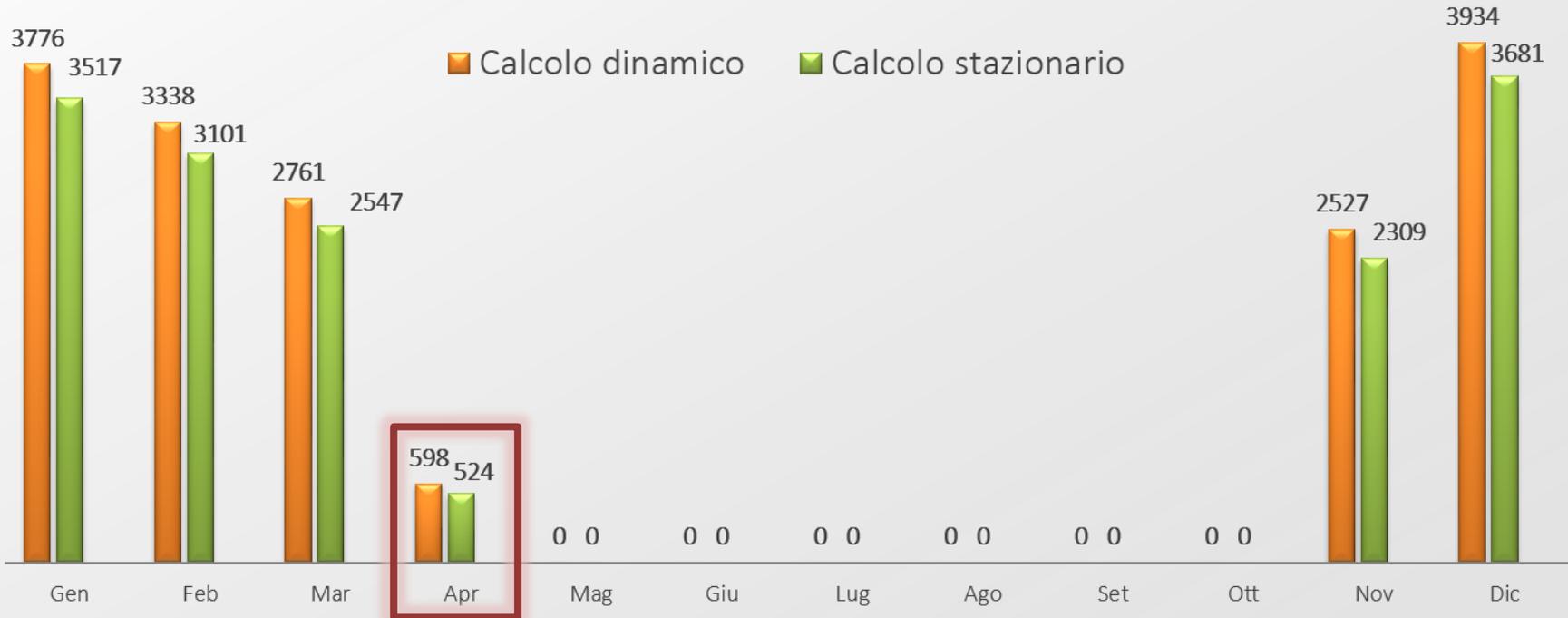


Carico termico con impianto specifico

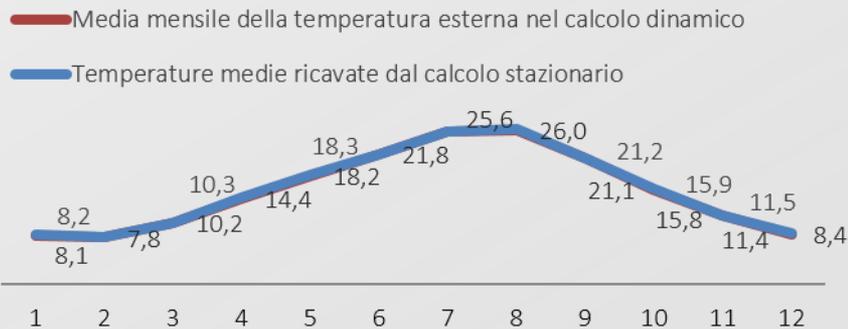
Edificio e impianto reali



Energia Primaria Rinnovabile [kWh]



Dati Climatici di Altamura (confronto tra il calcolo Stazionario e il Dinamico)



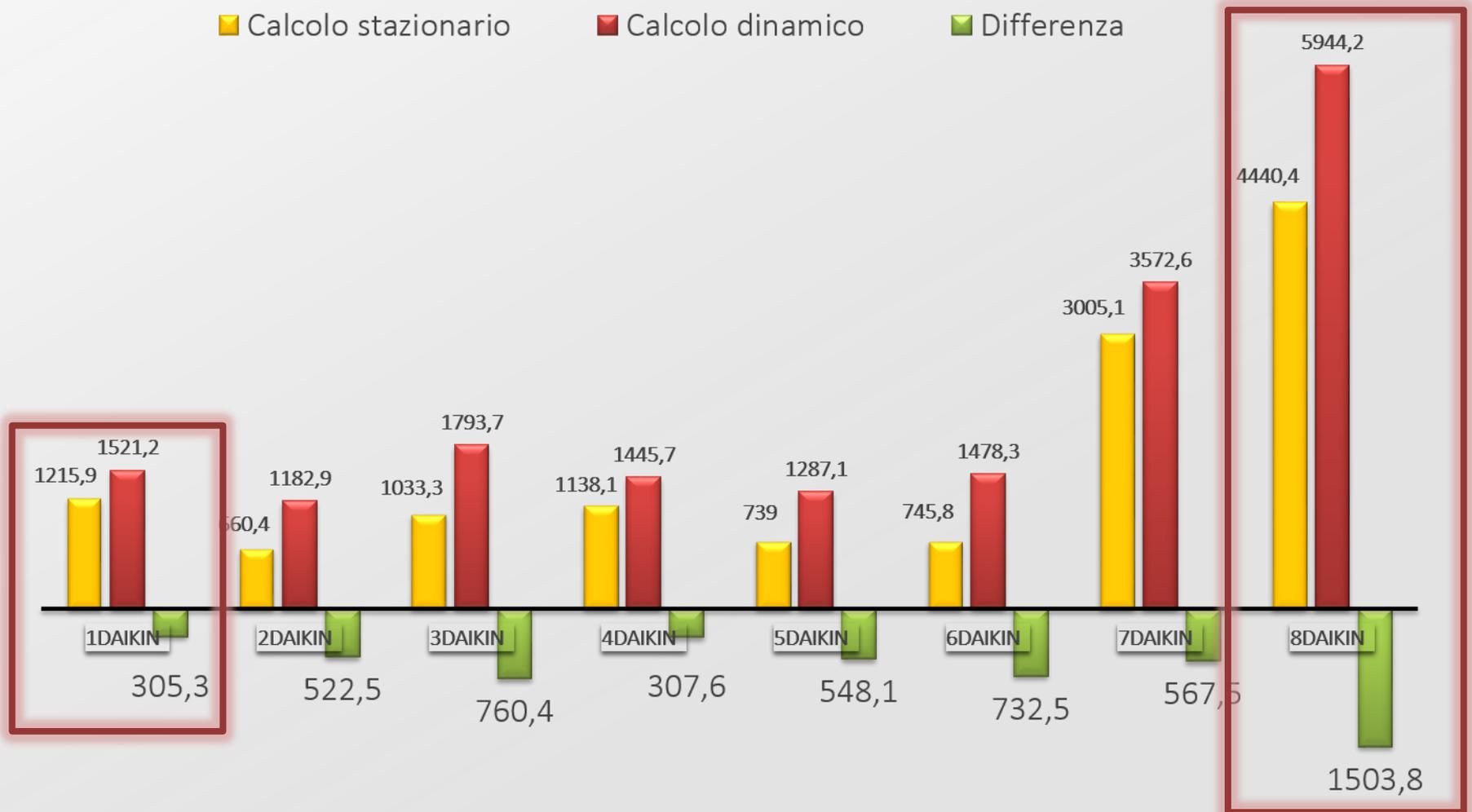
Energia Primaria Rinnovabile totale [kWh]



Confronto tra metodo Stazionario (UNI 13790) e metodo di calcolo Dinamico orario (UNI EN ISO 52016-1)

Fabbisogno di Energia in Uscita dai Generatori [kWh]

■ Calcolo stazionario ■ Calcolo dinamico ■ Differenza





Grazie per l'attenzione