

# *Prestazioni energetiche degli edifici, reali ed attese*

prof. Fabrizio Ascione  
DII - Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Università degli Studi di Napoli Federico II



Gruppo di Ricerca

Fabrizio Ascione

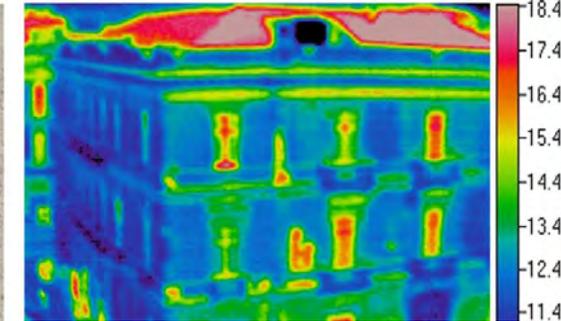
Nicola Bianco

Rosa Francesca De Masi

Filippo de Rossi

Gerardo Maria Mauro

Giuseppe Peter Vanoli



**Evolutione legislativa:** dalla legge 10/91 al Nearly Zero-Energy Building

**Legge 10/1991**  
D.P.R. 412/1993

**Verifiche**

- Cd
- $\eta_{gl}$
- FEN

**EPBD – 2002/91/EU**

D.Lgs. 192/2005  
D.Lgs. 311/2006  
D.Lgs 115/2008  
DPR 59/2009  
DM 26.06.2009  
DM 28/2011

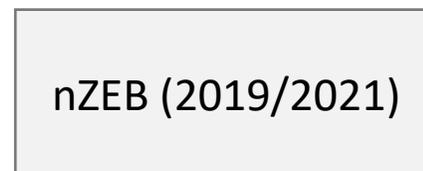
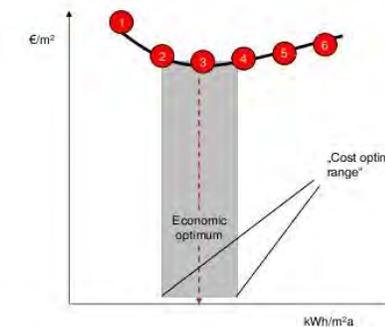


**Verifiche**

- $U \leq U_{lim}$ ,  $\eta_{gl}$ ,  $EP_i$ ,  $S$ ,  $f_a$ ,  $Y_{IE}$ , ACS

**EPBD Recast 2010/31/EU**

Reg. 244/2012  
D.L. 63/2013  
L. 90/2013  
DM 26/06/2015  
requisiti minimi



**Da alcune settimane, siamo completamente nell'era dei Nearly Zero-Energy Building. A partire dal D.L. 63/2013, convertito dalla L. 90/2013 e attuato dai decreti DM 26/06/2015, in completo recepimento della Direttiva 2010/31/EC, si stabilisce che:**

- dal 1 Gennaio 2021 (*da poche settimane*) tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero;
- la data è anticipata di due anni per gli edifici pubblici o a uso pubblico.

## Il contesto italiano: lo stock edilizio e la nuova legislazione

Nella primavera/estate 2018, la Commissione ed il Parlamento Europeo hanno emanato la nuova versione della EPBD: Nuova Direttiva UE 2018/844 **sull'efficienza** energetica.

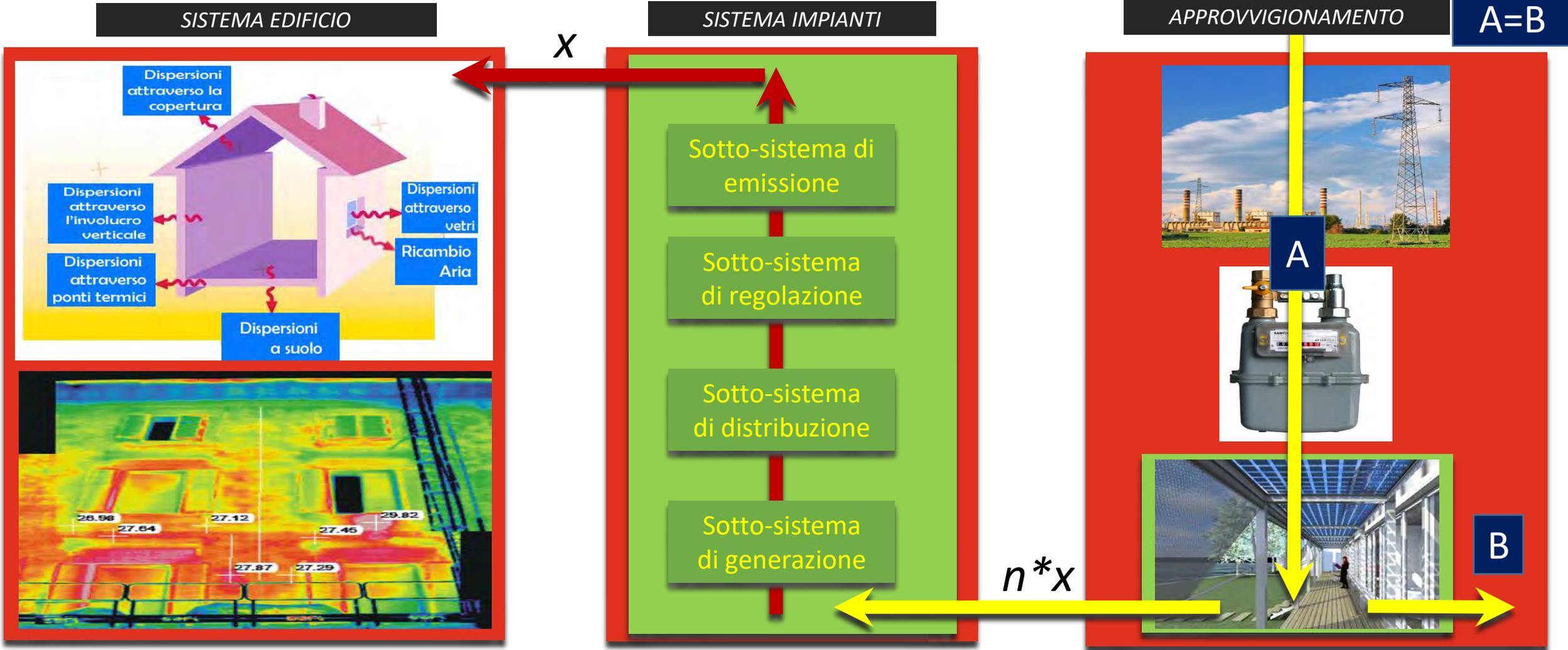
E' richiesto a tutti gli Stati Membri un conforme adeguamento della propria legislazione nazionale. Questi dovranno quindi adeguare leggi, regolamenti e procedure amministrative.

- Rispetto ai livelli del 1990, al 2050 il parco edilizio dovrà essere fortemente decarbonizzato (riduzione 80-95% delle emissioni), con step intermedi al 2030 e 2040.
- Introduzione di un “indicatore di predisposizione degli edifici **all'intelligenza**”, al fine di sensibilizzare proprietari e gli occupanti sul valore **dell'automazione** e della gestione intelligente **dell'energia**.
- Adozione di misure volte a favorire la mobilità elettrica, e quindi la diffusione e **l'obbligo** dei punti di ricarica.
- Contrastare la povertà energetica.

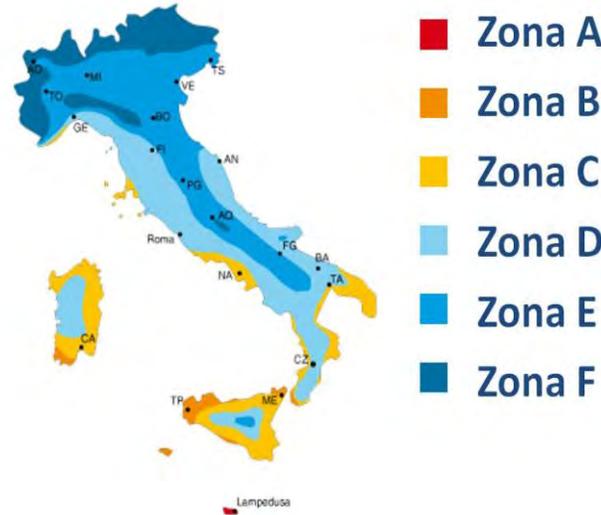


### LE LEVE DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

NZEB  
A=B



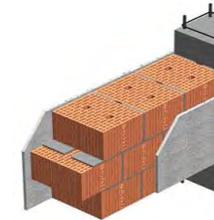
**Evoluzione legislativa:** dalla legge 10/91 al Nearly Zero-Energy Building



**Napoli**

- Zona Climatica C
- 1034 Gradi Giorno (HDD)
- T esterna di progetto invernale: 2 °C
- T esterna di progetto estiva: 26 °C

	2006	2008	2010	2015	2019/2021
$U_{WALL}$ (W/m <sup>2</sup> K)	0.57	0.46	0.4	0.38	0.34
% DECREASE (%)		19%	30%	33%	40%



	2006	2008	2010	2015	2019/2021
$U_{WINDOWS}$ (W/m <sup>2</sup> K)	3.3	3	2.6	2.4	2.2
% DECREASE (%)		9%	21%	27%	33%

**Evoluzione legislativa: procedure e standard tecnici**

4.1.2003 EN Official Journal of the European Communities L 1/65

**DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings**

4.1.2003 EN Official Journal of the European Communities L 1/65

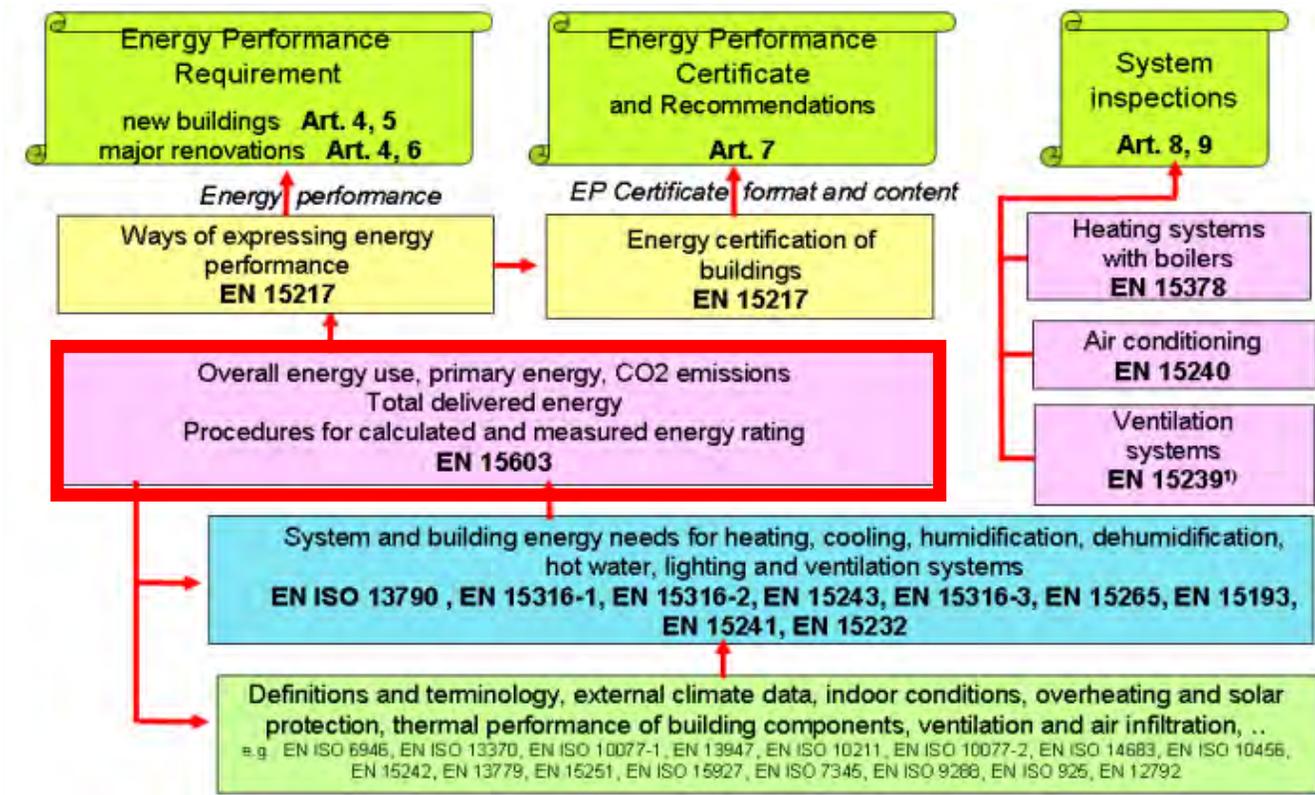
**DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings**

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, (7) Council Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE) (8), which requires Member States to

*Per quanto concerne obiettivi, orizzonti futuri, linee guida e metodologie di calcolo, il riferimento non è più l'Italia ma l'Europa*

**CEN/TC 89 N1016**

**Explanation of the general relationship between various CEN standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) ("Umbrella document")**



**Evoluzione legislativa:** Tipi di valutazione e condizioni al contorno

CEN – European Committee for Standardization, EN 15603: Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings, 2008.

Rating Type	Output Data	Project Stage	Input Data		Purpose
			Use	Climate	Building Permit, Certification
DESIGN	Calculated	Designed building	Standard	Standard	Building permission, Certification or Energy qualification of a project
ASSET		Built	Standard	Standard	Energy Label, compliance with building regulations
TAILORED		Built or Designed	Related to use	Actual	Optimization, Energy Diagnosis and planning of energy retrofit
OPERATIONAL	Measured	Built	Related to use	Actual	Energy signature

## UNI/TS 11300-1

Prestazioni energetiche degli edifici  
**Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale**

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo della valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
di Progetto ( <i>Design rating</i> )	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire Certificazione o Qualificazione energetica del progetto
Standard ( <i>Asset rating</i> )	Standard	Standard	Reale	Certificazione o Qualificazione energetica 
Adattata all'utenza ( <i>Tailored rating</i> )	In funzione dello scopo		Reale	Ottimizzazione, Validazione, Diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione 

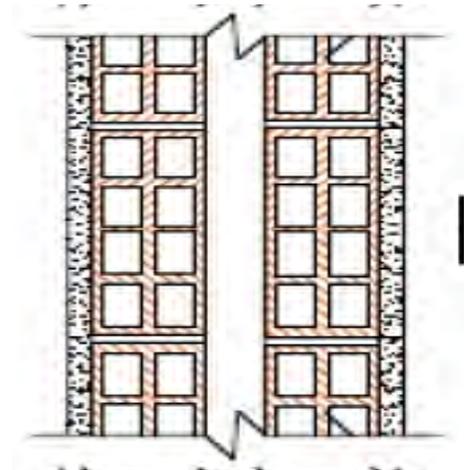
**Evoluzione legislativa:** Tipi di valutazione e condizioni al contorno

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t$$

$$Q = U_{MURO} \cdot A_{MURO} \cdot (T_i - \bar{T}_e) \cdot t$$

**TEMPERATURA E UMIDITÀ RELATIVA INTERNA****Valutazione sul progetto o standard****Climatizzazione invernale**

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1), E.6(2) e E.8<sup>11)</sup>, si assume una temperatura interna costante pari a 20 °C.

Dal D.P.R. 412/1993 Art. 9, comma 2. L'esercizio degli impianti termici è consentito con i **seguenti limiti massimi** relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:

- **Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo.**

## Procedure e standard tecnici: **analisi termo-energetica dinamica degli edifici**

Un'analisi in condizioni di progetto fornisce un risultato non reale, bensì convenzionale.

Una valutazione adattata all'utenza (**tailored rating**) contempla le reali condizioni di uso di edifici ed impianti, la variabilità delle condizioni climatiche e delle destinazioni d'uso.

In particolare, è contemplato il continuo **transitorio termico** che interessa un edificio.



*I tre involucri potrebbero avere la stessa trasmittanza termica U, con parametri termici dinamici (e prestazioni estive) molto diversi tra loro.*

Ad oggi, sono comunque approvate le norme UNI EN ISO 52016 e 52017 relative al calcolo in regime dinamico orario degli edifici.

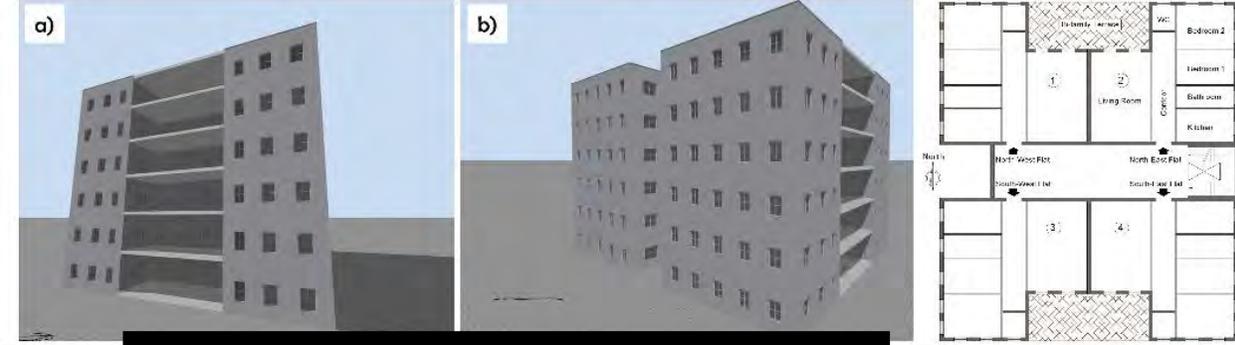
I codici per la simulazione termo-energetica dinamica risolvono lo scambio termico tra edificio ed ambiente mediante bilanci energetici, con passo sub-orario, estesi all'intero anno. Sono possibili diversi metodi numerici, tra cui:

- **Metodo delle Funzioni di Trasferimento (Conduction Transfer Function)**
- **Metodo del Bilancio Termico (HBM, Heat Balance Method)**
- **Metodo alle differenze finite (CONFD, Conduction finite difference)**



$$q_{ki}''(t) = -Z_o T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Z_j T_{i,t-j\delta} + Y_o T_{o,t} + \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{o,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{ng} \Phi_j q_{ki,t-j\delta}''$$

**PRESTAZIONI ENERGETICHE REALI E ATTESE:  
COINCIDONO?**



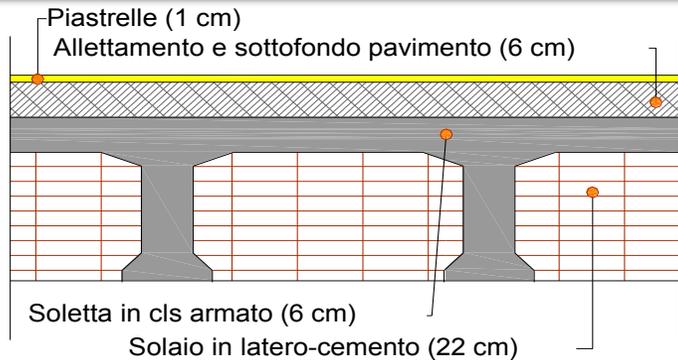
**Edificio 6 piani, 3200 m<sup>2</sup> area utile**



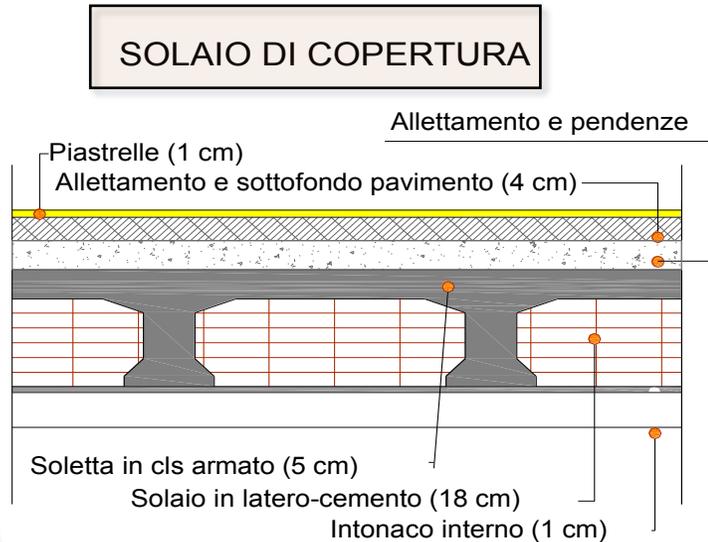
	<b>Classe A4</b>	≤ 0,40 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
0,40 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe A3</b>	≤ 0,60 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
0,60 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe A2</b>	≤ 0,80 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
0,80 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe A1</b>	≤ 1,00 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
1,00 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe B</b>	≤ 1,20 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
1,20 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe C</b>	≤ 1,50 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
1,50 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe D</b>	≤ 2,00 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
2,00 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe E</b>	≤ 2,60 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
2,60 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub> <	<b>Classe F</b>	≤ 3,50 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>
	<b>Classe G</b>	> 3,50 EP <sub>g,ren,ref,standard</sub>



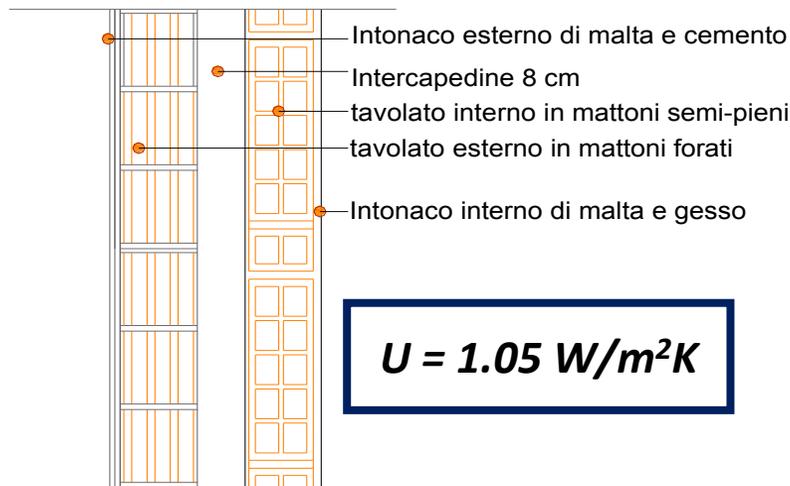
**Caso Studio 1: Edilizia Residenziale anni '60, TERMOFISICA INVOLUCRO EDIZILIO**



**SOLAIO SU TERRENO**



**SOLAIO DI COPERTURA**



**PARETE DI TAMPONATURA**

$U = 1.05 \text{ W/m}^2\text{K}$



Finestre in vetrocamera semplice, infissi in PVC, no gas in intercapedine,  $U_W = 3.3 \text{ W/m}^2\text{K}$

**HEATING AND COOLING**

*Sistema di riscaldamento convettivo (fan coil, con produzione di fluido termo-vettore da caldaia centralizzata, tecnologia standard alta temperatura, e macchina frigorifera del tipo aria-acqua).*



Source: Ascione, De Masi, De Rossi, Vanoli. / *Cities 35* (2013) 270–283

## Temperatura indoor controllata 24h (condizioni APE)

Heating Primary Energy	(MWh)	348.2
Cooling Primary Energy	(MWh)	161.3
EP <sub>i</sub> (esercizio 24h APE)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	107
EP <sub>e</sub> (esercizio 24h APE)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	49

**In prima battuta, edificio tra la Classe E e la Classe F**

Costi annui Riscaldamento	(€)	31'650
Costi annui Raffrescamento	(€)	17'370
Costi annui controllo microcl.	(€)	49'020
Emissioni CO <sub>2</sub>	(ton CO <sub>2</sub> -eq)	137

Abitazione 100 m<sup>2</sup>

Costi annui Riscaldamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	970
Costi annui Raffrescamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	532
Costi annui controllo microcl.	(€/100 m <sup>2</sup> )	1502

## Temperatura indoor controllata 10h (REAL USE)

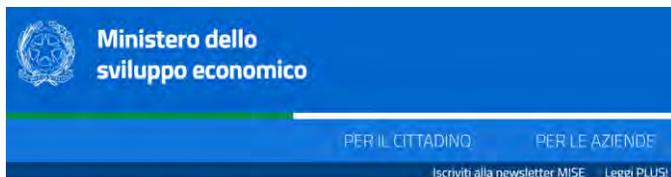
Heating Primary Energy	(MWh)	246.4
Cooling Primary Energy	(MWh)	100.3
EP <sub>i</sub> (esercizio reale)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	76
EP <sub>e</sub> (esercizio reale)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	32

Costi annui Riscaldamento	(€)	22'497
Costi annui Raffrescamento	(€)	10'796
Costi annui controllo microcl.	(€)	33'293
Emissioni CO <sub>2</sub>	(ton CO <sub>2</sub> -eq)	93

Abitazione 100 m<sup>2</sup>

Costi annui Riscaldamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	690
Costi annui Raffrescamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	331
Costi annui controllo microcl.	(€/100 m <sup>2</sup> )	1021

Edilizia Residenziale anni '60: INTERVENTO DI EFFICIENZA ENERGETICA MEDIANTE CAPPOTTO TERMICO



NORMATIVA / DECRETI INTERMINISTRIALI / DECRETO INTERMINISTRIALE 26 GIUGNO 2015...

**Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici**

DECRETO 11 marzo 2008 *coordinato con Decreto 26 gennaio 2010 (modifiche in rosso, in vigore dal 14 marzo 2010; attenzione: le modifiche sono riportate al solo scopo di facilitare la lettura del decreto; in caso di discordanza vale il testo originale).*

Requisiti tecnici e Asseverazioni, in vigore i DM attuativi del superbonus 110%

06/10/2020



Il costo complessivo stimato, per l'intero condominio 3500 m<sup>2</sup> di area di intervento, è pari a 367'920 €, con un costo medio per famiglia di circa 11'300 €.

Trasmittanza termica muri esterni (W/m<sup>2</sup>K)



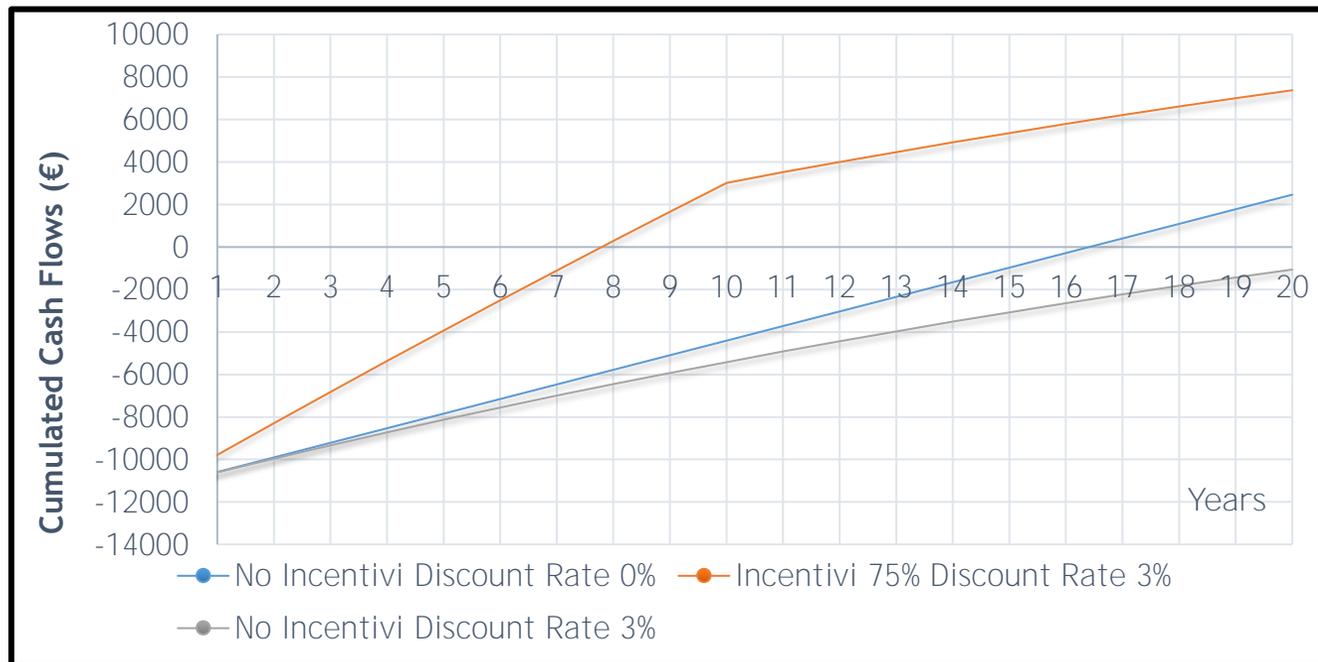
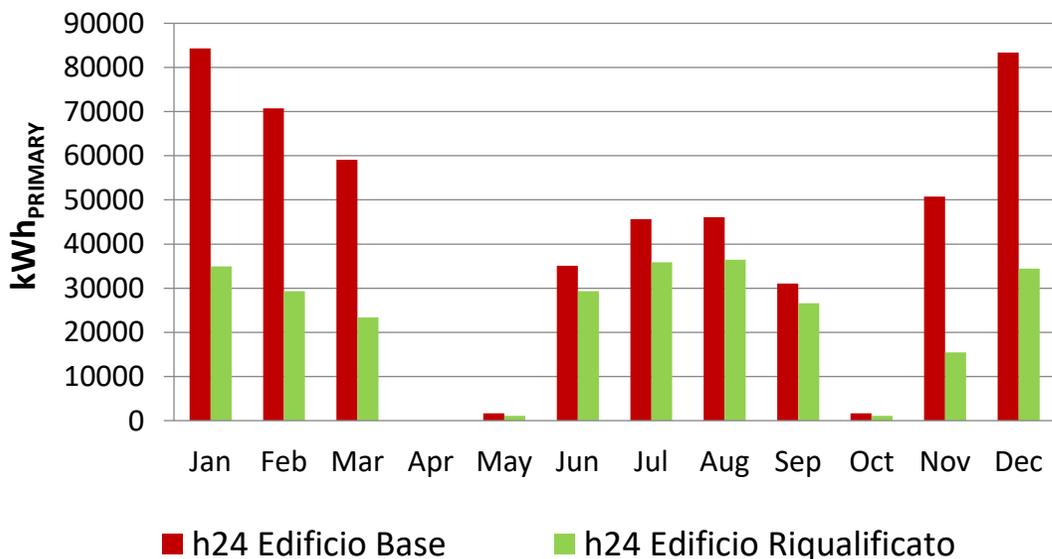
Superbonus 110% (U < 0.30 W/m<sup>2</sup>K)

Prestazioni Energetiche secondo APE (Asset/Standard Rating): **Investimento 11279 €/famiglia, Risparmio 687 €/anno**

<b>EP<sub>HEAT</sub> (esercizio 24h APE)</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	<b>107</b>
EP <sub>COOL</sub> (esercizio 24h APE)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	49
<b>Costi annui Riscaldamento</b>	<b>(€/100 m<sup>2</sup>)</b>	<b>970</b>
<b>Costi annui Raffrescamento</b>	<b>(€/100 m<sup>2</sup>)</b>	<b>532</b>
<b>Costi annui controllo microcl.</b>	<b>(€/100 m<sup>2</sup>)</b>	<b>1502</b>

<b>EP<sub>HEAT</sub> (esercizio 24h APE)</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	<b>42 (-61%)</b>
EP <sub>COOL</sub> (esercizio 24h APE)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	40 (-18%)
<b>Costi annui Riscaldamento</b>	<b>(€/100 m<sup>2</sup>)</b>	<b>384</b>
<b>Costi annui Raffrescamento</b>	<b>(€/100 m<sup>2</sup>)</b>	<b>431</b>
<b>Costi annui controllo microcl.</b>	<b>(€/100 m<sup>2</sup>)</b>	<b>815</b>

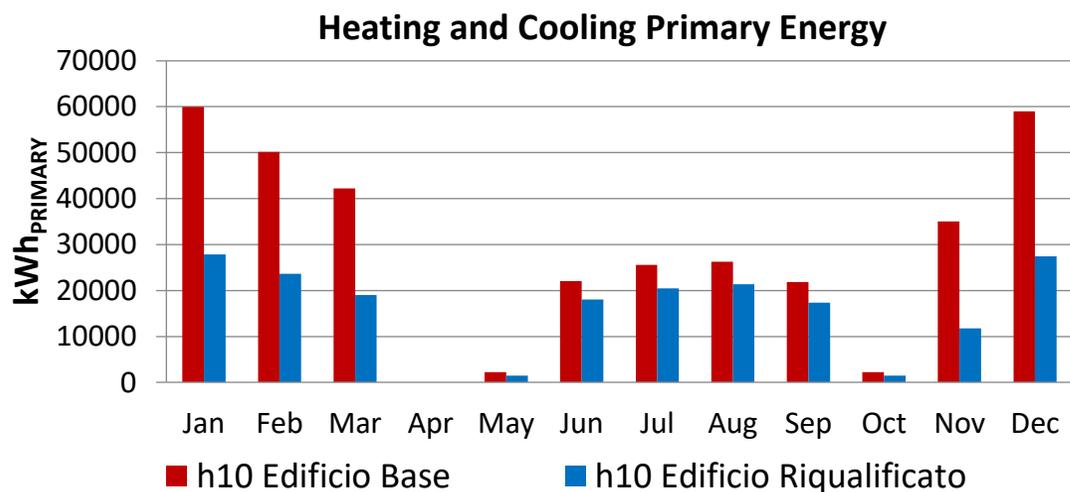
Heating and Cooling Primary Energy



Prestazioni Energetiche secondo DPR 412/93 (Tailored Rating): **Investimento 11279 €/famiglia, Risparmio 448 €/anno**

$EP_{HEAT}$ (uso 10h DPR 412/93)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>76</b>
$EP_{COOL}$ (uso 10h DPR 412/93)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	32
Costi annui Riscaldamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	<b>690</b>
Costi annui Raffrescamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	<b>331</b>
Costi annui controllo microcl.	(€/100 m <sup>2</sup> )	<b>1021</b>

$EP_{HEAT}$ (uso 10h DPR 412/93)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>34 (-55%)</b>
$EP_{COOL}$ (uso 10h DPR 412/93)	(kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>25 (-22%)</b>
Costi annui Riscaldamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	<b>308</b>
Costi annui Raffrescamento	(€/100 m <sup>2</sup> )	<b>264</b>
Costi annui controllo microcl.	(€/100 m <sup>2</sup> )	<b>572</b>



*Le valutazioni numeriche sono qualitative e strettamente legate alle specificità del caso in esame.*



COME SCEGLIERE? ARMONIA TRA INTERVENTI E COST-OPTIMALITY

**Confronti Regionali Detrazioni Fiscali** **FONTE ENEA Report Detrazioni 2017**

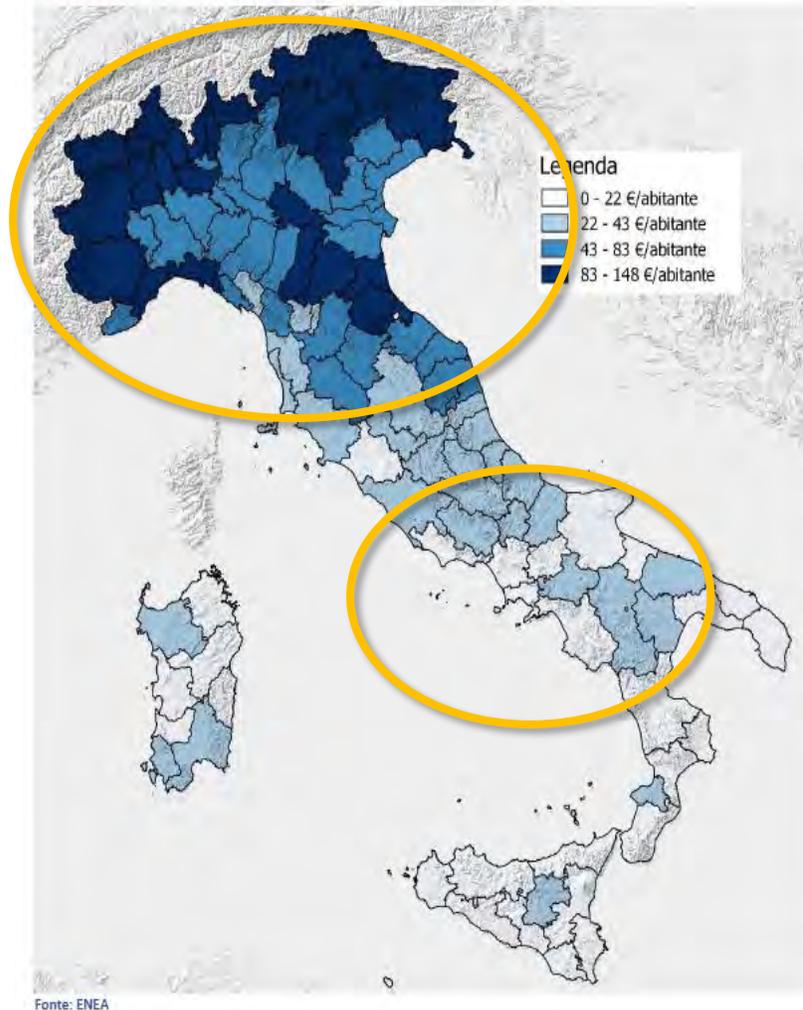
Un intervento ponderato si basa su una diagnosi accurata:

- senza pacchetti standard,
- valutando i profili di carico,
- garantendo sostenibilità  
energetica, economica,  
ambientale.

**Grazie per  
l'attenzione**

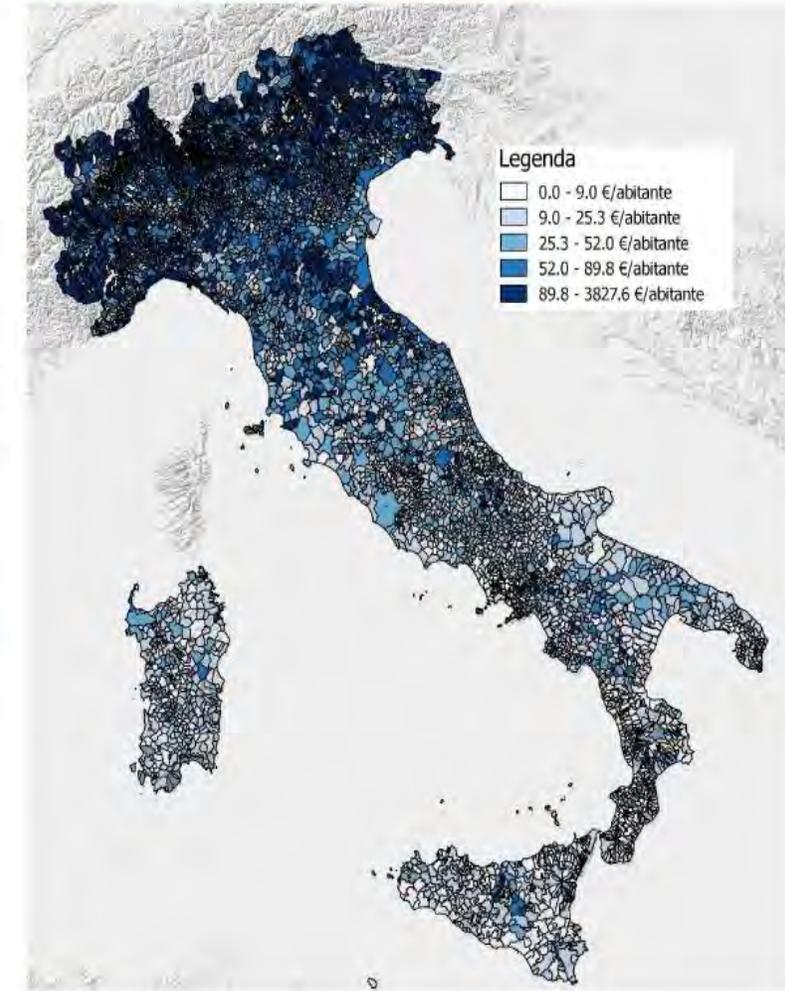
prof. Fabrizio Ascione  
Università degli Studi di Napoli Federico II

Figura A.1 – Investimenti per abitante (€/abitante) a livello provinciale, anno 2016.



Fonte: ENEA

Figura A.2 – Investimenti per abitante (€/abitante) a livello comunale, anno 2016.



Fonte: ENEA