ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Soluzioni progettuali per interventi di efficientamento energetico sugli edifici

Ischia 08/06/2019

Arch. Francesca Margiotta

UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Agenzia per la Coesione Territoriale

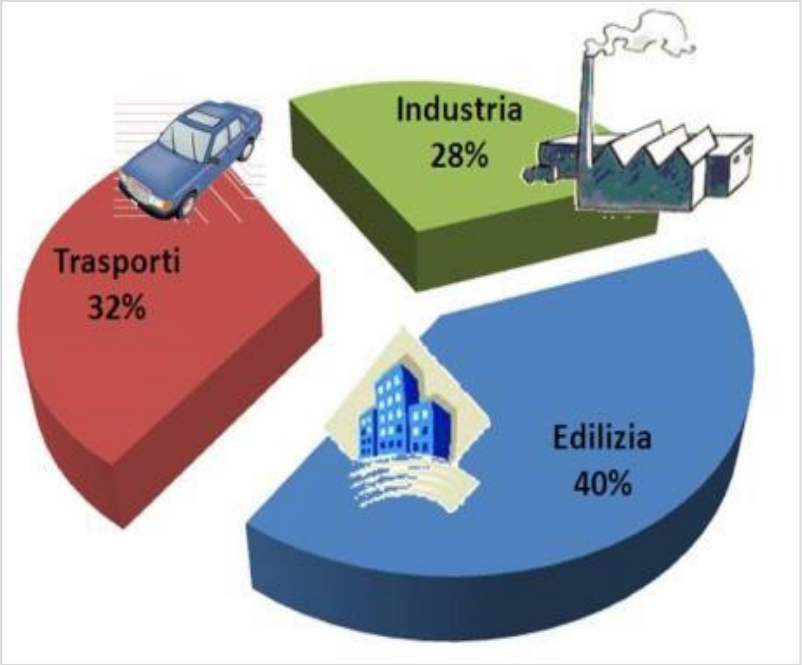
ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

PON GOVERNANCE E CAPACITÀ ISTITUZIONALE 2014-2020

Impieghi finali di energia

La conservazione e la riqualificazione degli **edifici esistenti**, di *importanza storica e monumentale e non*, è un tema rilevante e strategico in ambito nazionale, europeo ed internazionale.

Questo è ancora più vero in ambito energetico dato che il patrimonio edilizio esistente copre circa il 40% degli impieghi finali nazionali di energia. Il rimanente 60% è impiegato per circa il 28% dal settore industriale e per circa il 32% dal settore trasporti.



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Consumi energetici

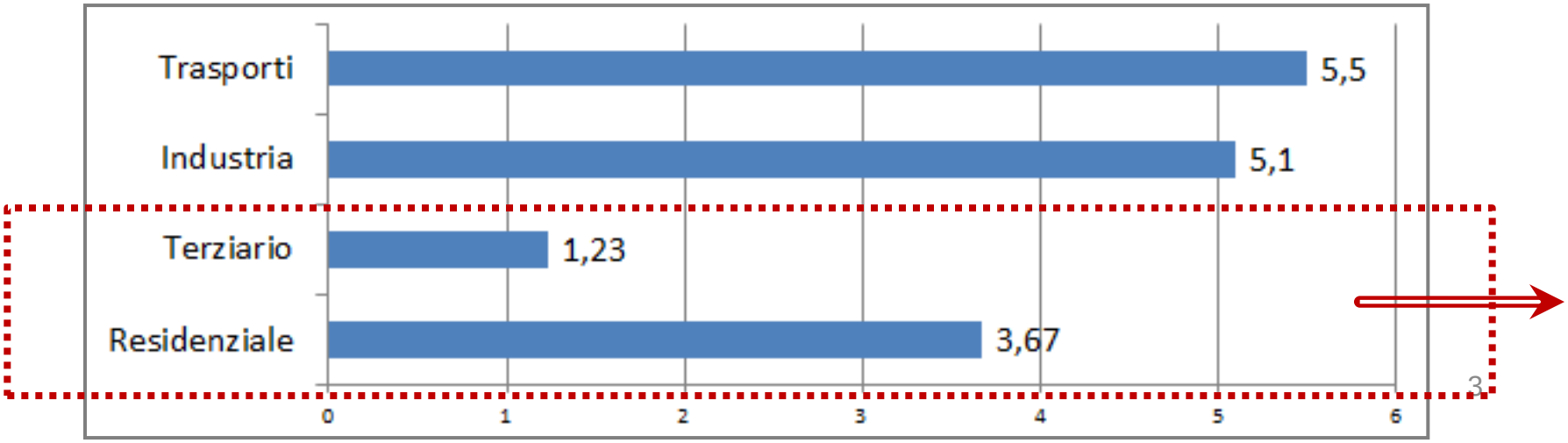
48,4 Mtep **Consumo energetico finale (anno 2015)**

Di cui:

32,5 Mtep Residenziale

15,9 Mtep Terziario

Risparmio di energia finale atteso al 2020 per settore (Mtep/a)



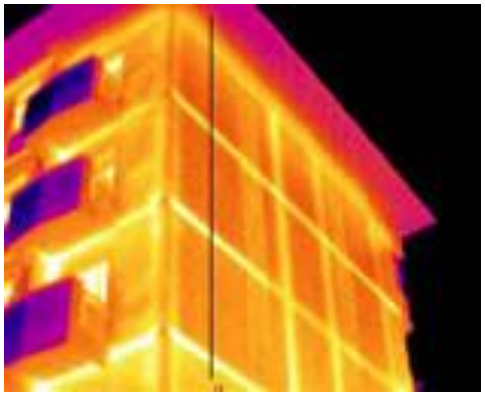
UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

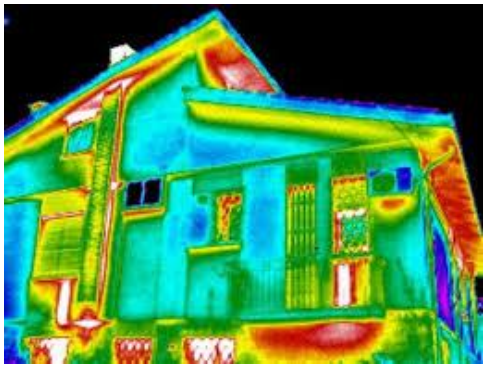
Agenzia per la Coesione Territoriale

ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

PON GOVERNANCE E CAPACITÀ ISTITUZIONALE 2014-2020

Consumi energetici





Consumo medio:

Residenziale: 110 kWh/m^{2}a

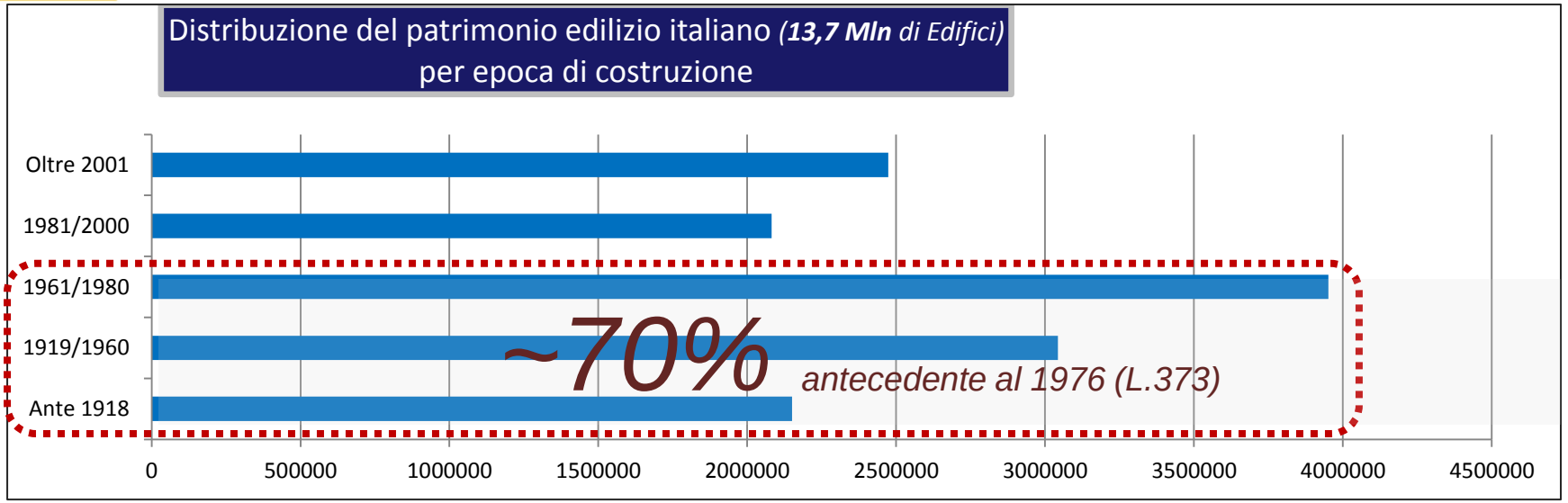
Terziario: 80÷170 kWh/m^{2}a

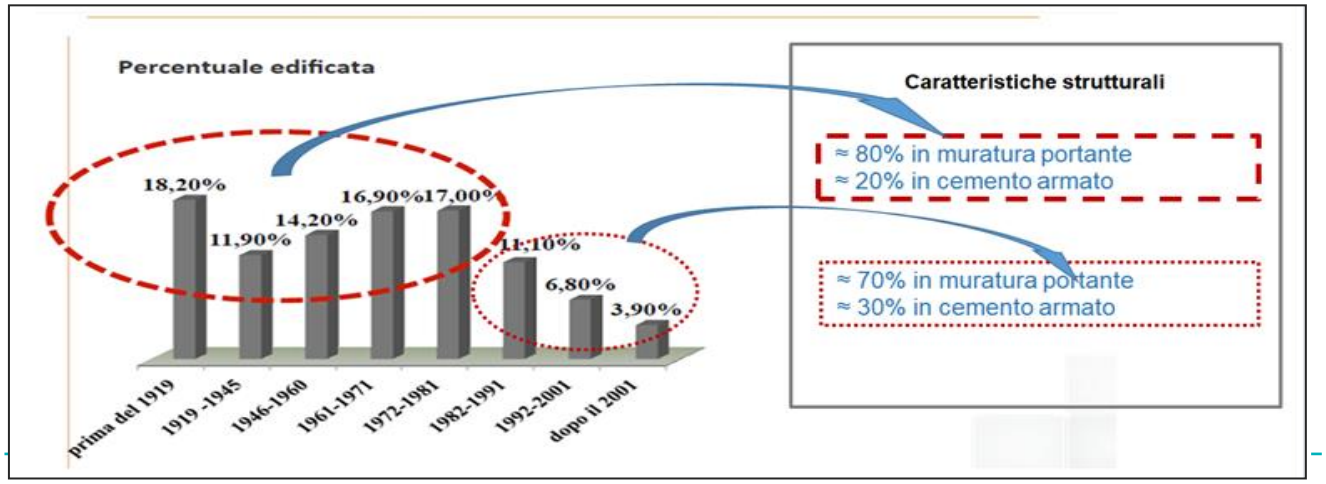
Gli **edifici** hanno un grosso potenziale di efficientamento e risparmio energetico

Strumenti più efficaci per raggiungere gli obiettivi di:

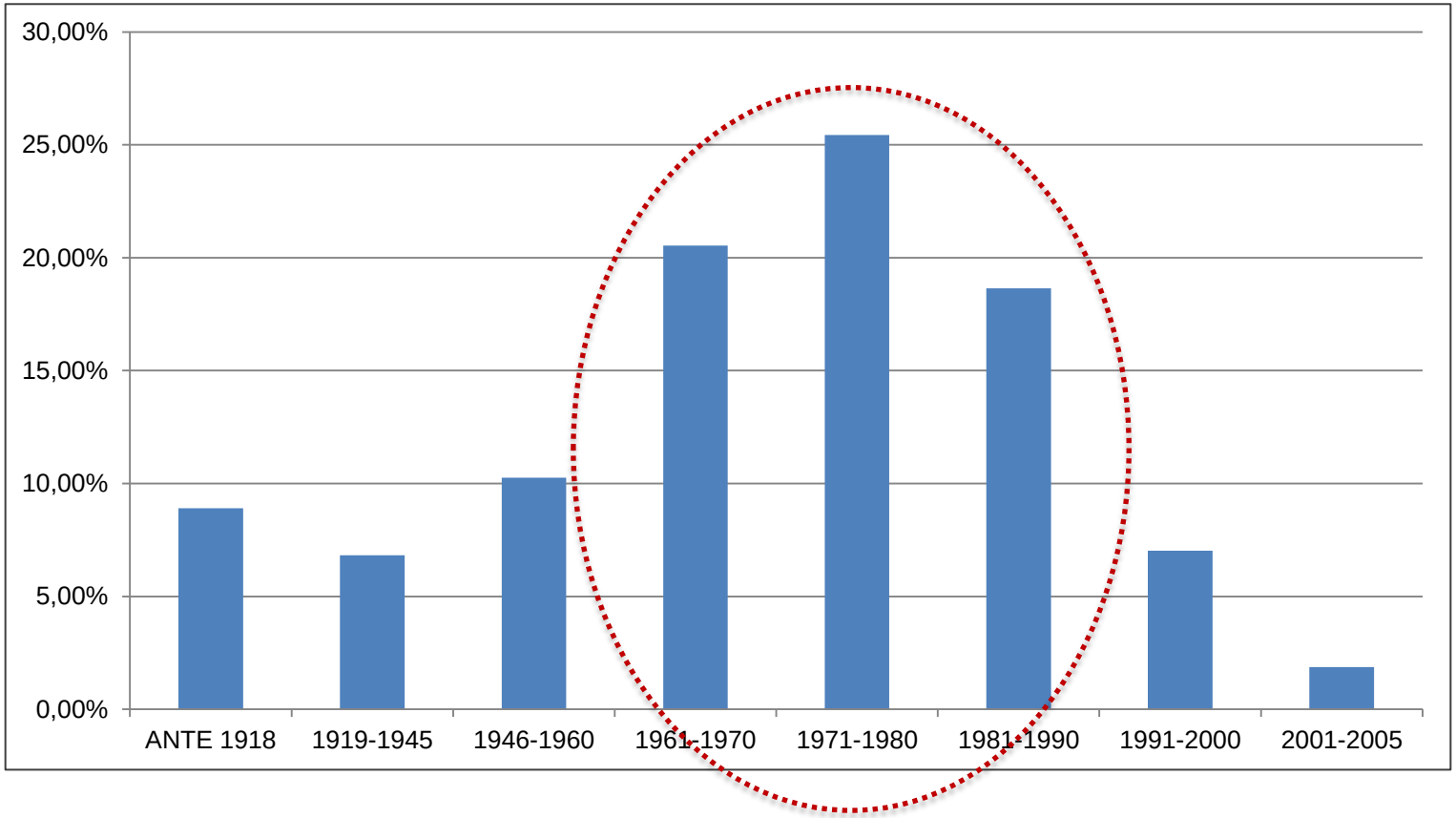
- minimizzare i consumi
- migliorare il comfort interno
- aumentare la sostenibilità ambientale

Patrimonio edilizio italiano

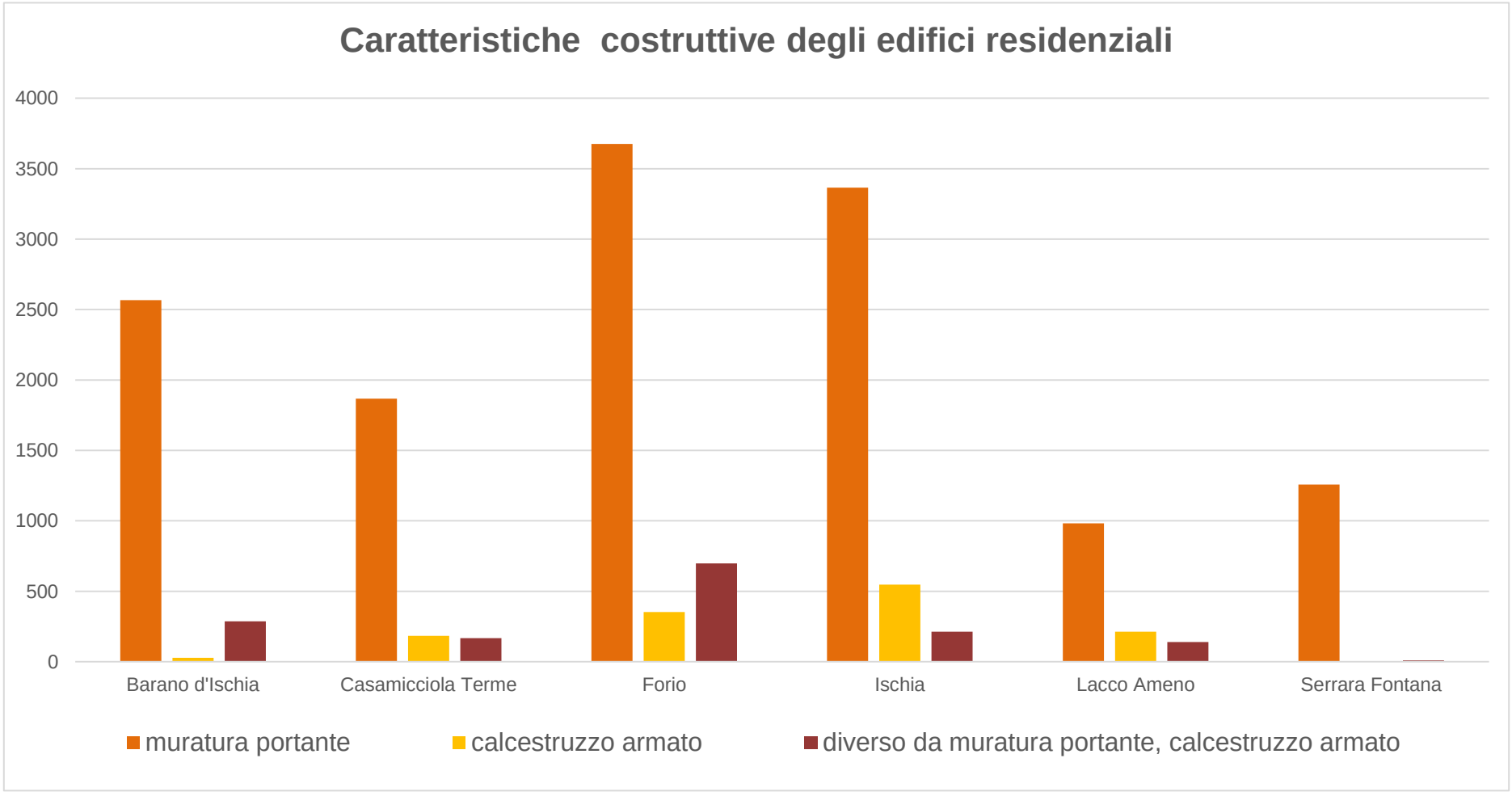




Parco residenziale Ischia – Censimento Istat 2011



Parco residenziale Ischia – Censimento Istat 2011



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Caratteristiche costruttive

	https://it.climate-data.org/europa/italia/campania/ischia-14169/											
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
TEMPERATURE MEDIE ESTERNE	9,6	9,8	11,3	13,6	17,5	21,2	23,9	24,2	21,7	17,7	13,7	10,7
TEMPERATURA INTERNA	20	20	20	20	26	26	26	26	26	20	20	20
DELTA (Ti-Te)	**10,4**	**10,2**	8,7	6,4	8,5	4,8	2,1	1,8	4,3	2,3	**6,3**	**9,3**

NOVEMBRE - DELTA (Ti-Te): 6.3°C

Pareti vs esterno		muri in pietra intonacati sulle due facce	muri in mattoni pieni intonacati sulle due facce	muri in mattoni forati intonacati sulle due facce	muri in blocchi cavi in cls intonacati	muri in cls intonacato su due facce	muri in c.a. intonacato su due facce
		1250,24	711,59	967,68	1019,66	1086,75	1536,57
SOFFITTI e PAVIMENTI Solai in laterizio armato	Pavimento	1151,33	1151,33	1151,33	1151,33	1151,33	1151,33
	Soffitto	1370,25	1370,25	1370,25	1370,25	1370,25	1370,25
Infissi	Semplice con telaio di metallo	1229,51	1229,51	1229,51	1229,51	1229,51	1229,51
		6254,39	**5715,74**	**5971,83**	**6023,81**	**6090,90**	**6540,72**
	Semplice con telaio di legno	1024,88	1024,88	1024,88	1024,88	1024,88	1024,88
		6049,76	**5511,11**	**5767,21**	**5819,18**	**5886,28**	**6336,10**
	Telaio di metallo no TT e vetri doppi	716,18	716,18	716,18	716,18	716,18	716,18
		5741,06	**5202,41**	**5458,51**	**5510,48**	**5577,58**	**6027,40**
	Telaio di legno e vetri doppi	511,56	511,56	511,56	511,56	511,56	511,56
		5536,44	**4997,79**	**5253,89**	**5305,86**	**5372,96**	**5822,78**
	Telaio metallo TT e doppi vetri	485,10	485,10	485,10	485,10	485,10	485,10
		5509,98	**4971,33**	**5227,43**	**5279,40**	**5346,50**	**5796,32**
	Doppio telaio legno e doppi vetri	409,25	409,25	409,25	409,25	409,25	409,25
		5434,13	**4895,48**	**5151,57**	**5203,55**	**5270,64**	**5720,46**
Ventilazione-infiltrazione: 0,3 r/h - $\rho_a c_a$ 0,34		192,78	192,78	192,78	192,78	192,78	192,78
Apporti interni		385,56	385,56	385,56	385,56	385,56	385,56
Apporti solari		674,73	674,73	674,73	674,73	674,73	674,73

Bilancio di energia

Il bilancio di energia sull'involucro edilizio include quindi:

in uscita

- dispersioni termiche per trasmissione dall'ambiente interno riscaldato verso quello esterno o verso spazi non riscaldati, $Q_o = Q_{H,tr}$

- dispersioni termiche per infiltrazioni e/o ventilazione dall'ambiente interno riscaldato verso quello esterno o verso spazi non riscaldati, $Q_{H,ve}$

in ingresso

- apporto di calore fornito dal sistema di riscaldamento, $Q_{risc}=Q_{H,nd}$

- apporti di calore gratuiti dovuti alle sorgenti interne, Q_{int}

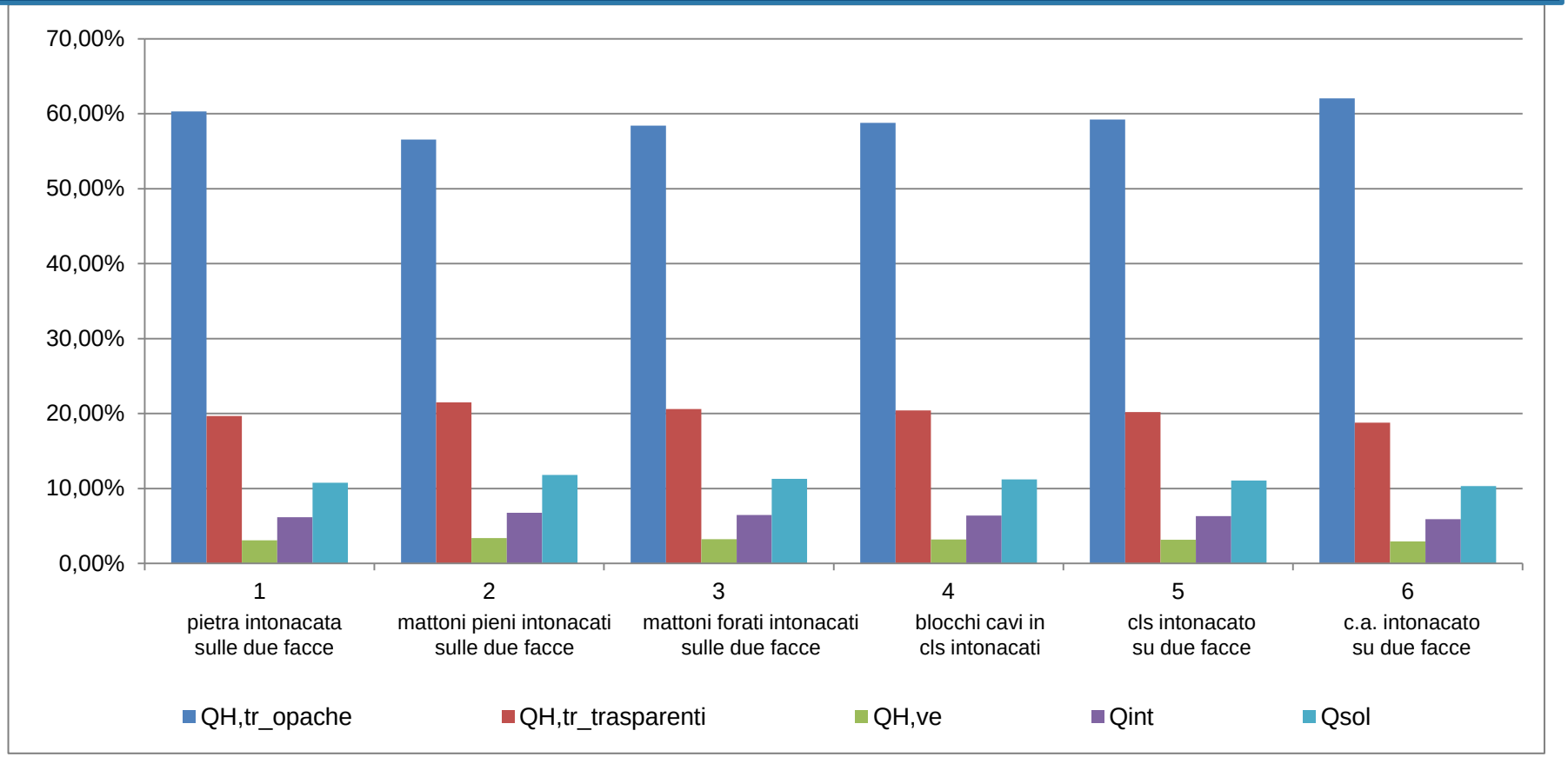
- apporti di calore gratuiti legati alla radiazione solare, Q_{sol}

Sempre in relazione all'intervallo temporale $\Delta\theta$ si ha quindi:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} - Q_{int} - Q_{sol}$$

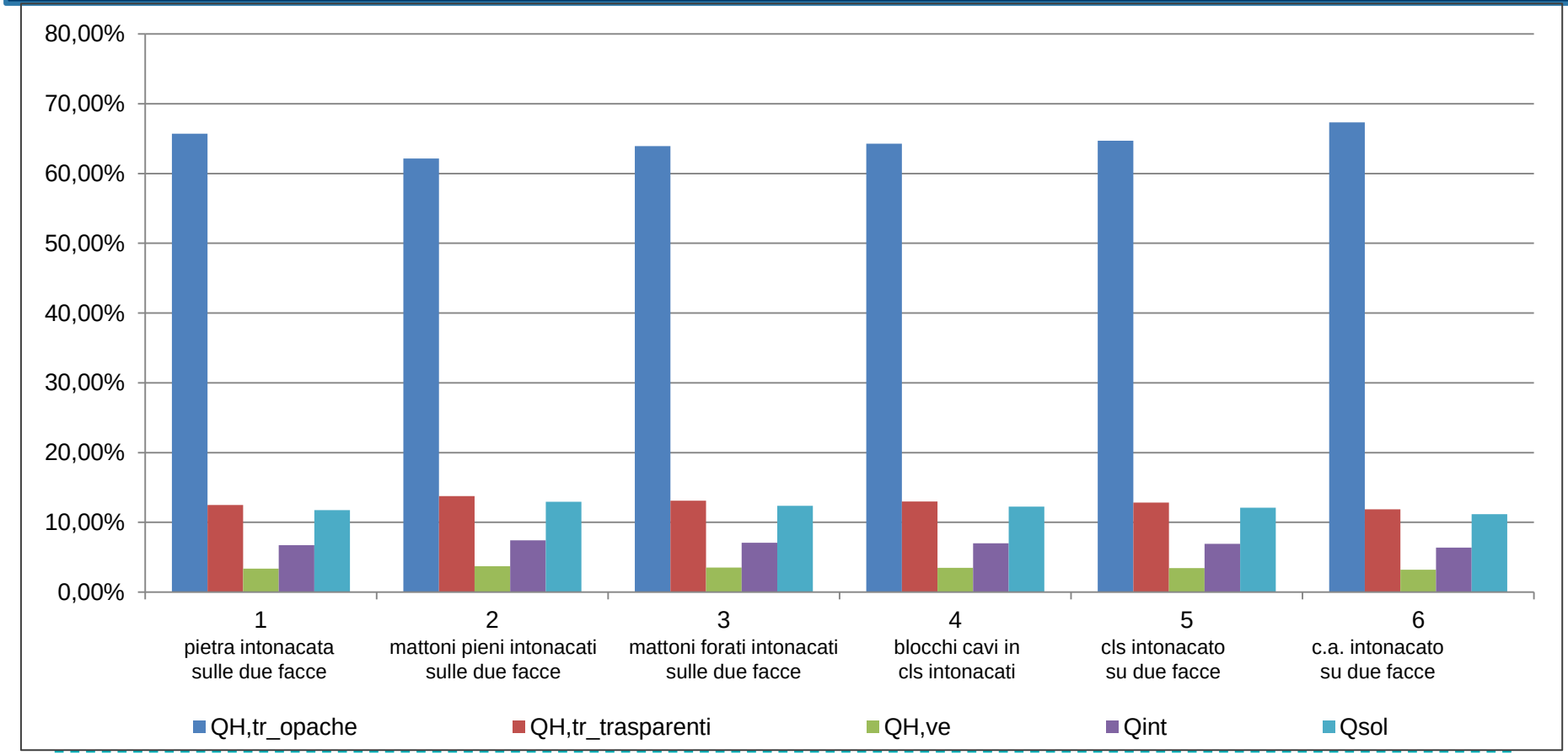
Prestazione energetica involucro

Muratura portante (1,2,3,4,5,6), soffitti e pavimenti in laterizio – infissi vetro singolo e telaio metallo



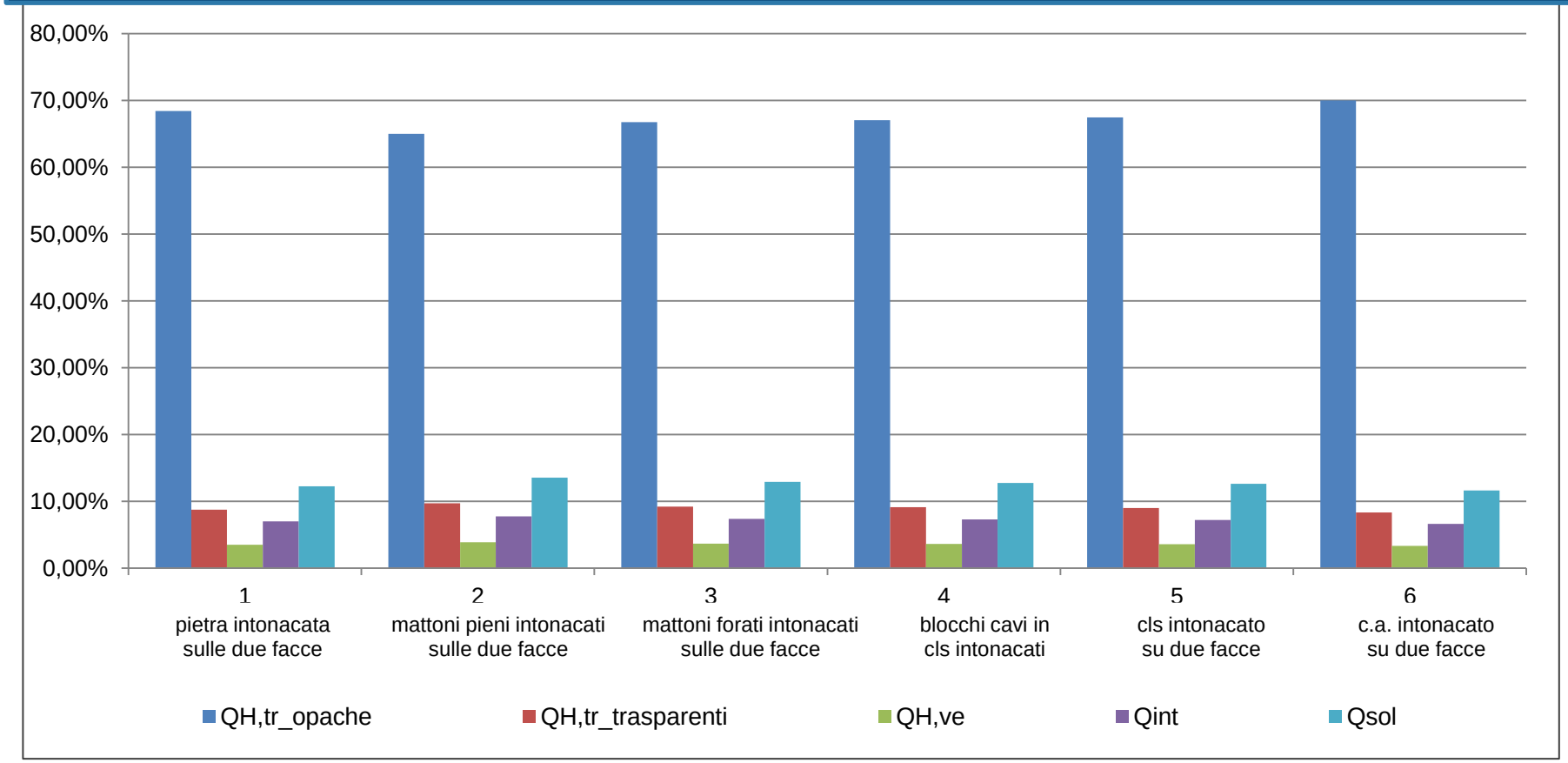
Prestazione energetica involucro

Muratura portante (1,2,3,4,5,6), soffitti e pavimenti in laterizio – infissi vetro doppio e telaio metallo NoTT

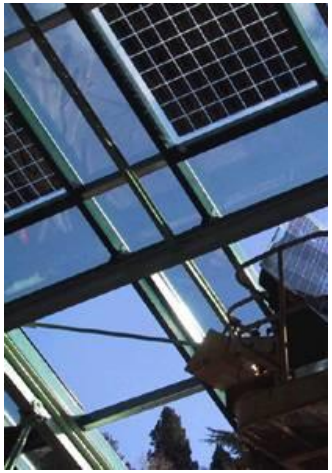


Prestazione energetica involucro

Muratura portante (1,2,3,4,5,6), soffitti e pavimenti in laterizio – infissi vetro doppio e telaio metallo TT



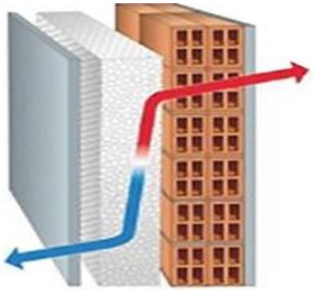
… soluzioni tecniche e scelte progettuali.



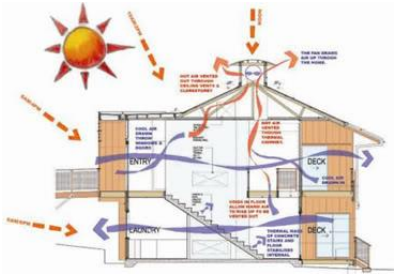
Fonti rinnovabili

Pareti ventilate

Pareti vetrate



Capacità termica



Ventilazione

Sistemi di ombreggiamento

Componenti chiave della progettazione energetica

FORMA

Superfici
Volumi,
Rapporto S/V,
Orientamento,
Ombreggiatura

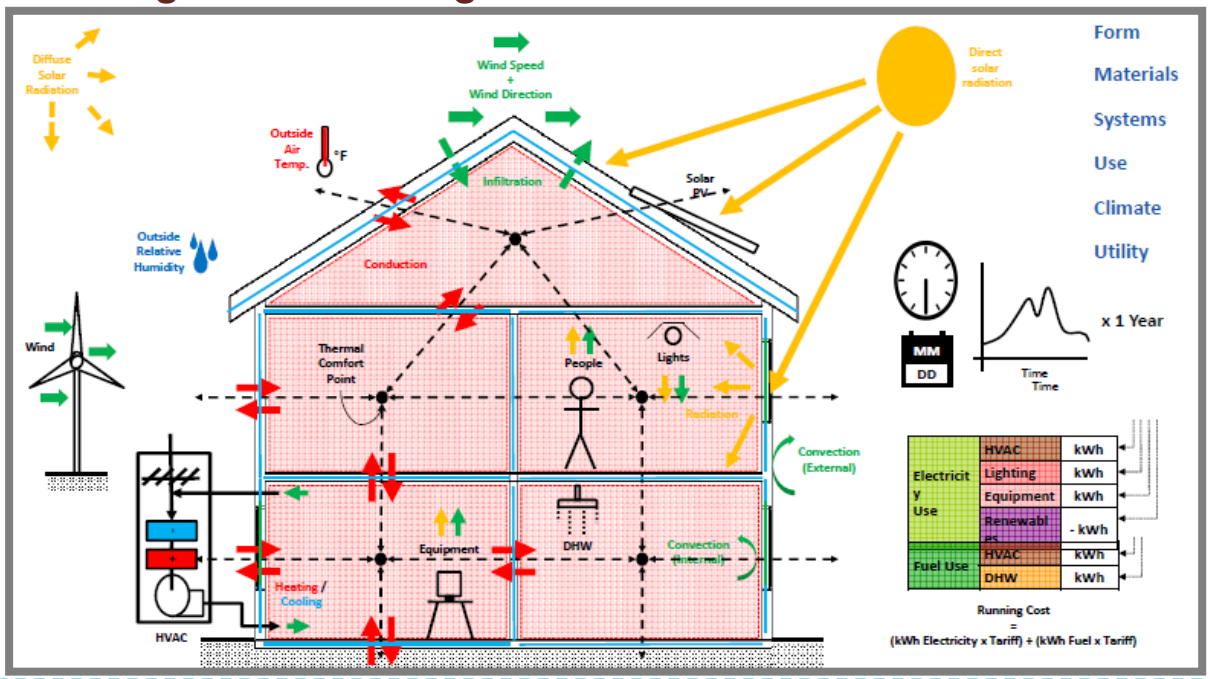
MATERIALI

Conducibilità termica
Massa termica
Capacità termica
Ermeticità
Controllo solare

IMPIANTI

Impianti termici
Impianti elettrici
Fonti rinnovabili
Sistemi di controllo
Sistemi di monitoraggio

Progettazione integrata e simulazioni dinamiche



Metodologie di calcolo

Metodi di calcolo *stazionari* (convenzionali): **limiti principali**

- **inefficacia** quando i sistemi da progettare assumono un consistente grado di complessità.
- **impossibilità** di valutare contemporaneamente interazioni tra edifici
  - sistemi di generazione dell'energia,
  - utenze variabili,
  - condizioni climatiche variabili,
  - presenza di fonti rinnovabili,
  - variabilità dei prezzi delle fonti fossili e
  - vincoli normativi ed economico-finanziari.

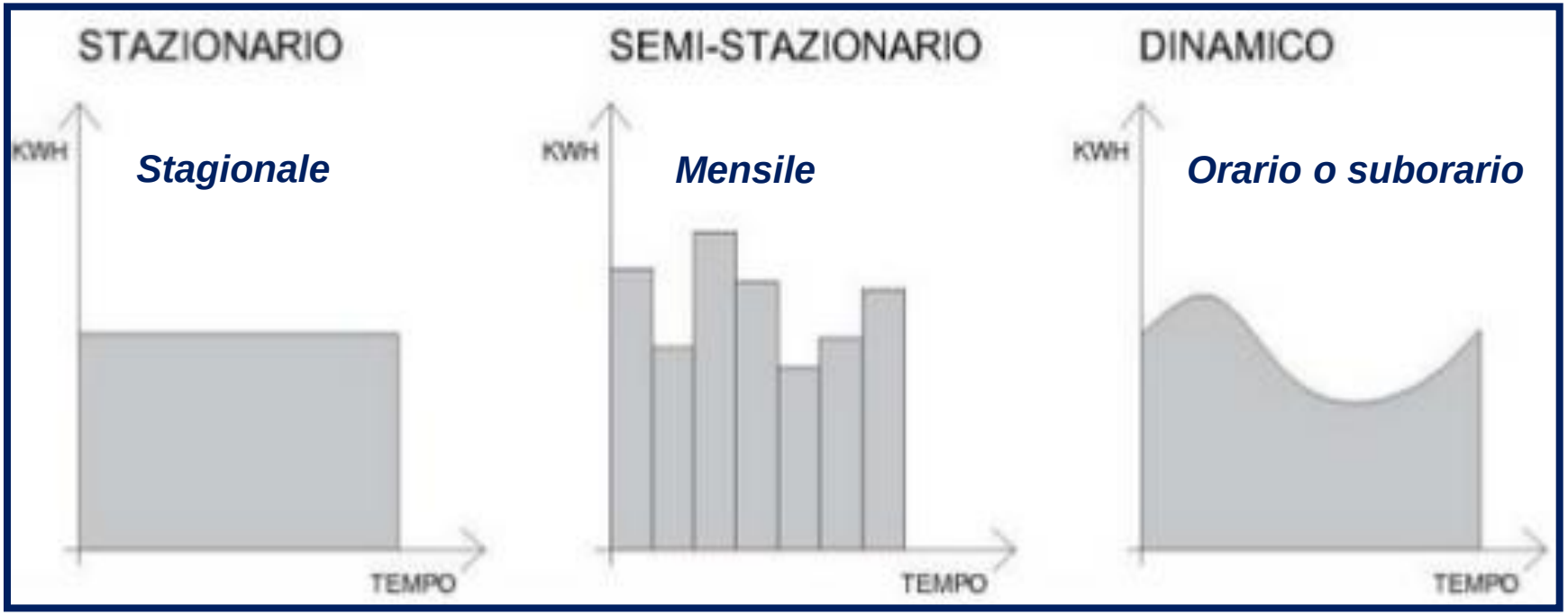
Metodi di calcolo *dinamici*: **perché?**

Possibilità di valutare:

- il comportamento degli **impianti** al variare del carico termico ed elettrico dell'edificio, della modalità di gestione degli impianti e del comportamento degli occupanti
- **l'integrazione** di più tecnologie ad alta efficienza energetica (fonti rinnovabili, cogenerazione, solar cooling, etc) in funzione delle caratteristiche meteo del sito, della disponibilità e costo delle fonti energetiche e delle richieste del territorio (**approccio sistemico e integrato**).

Metodologie di calcolo

Differenze tra intervalli temporali di calcolo:



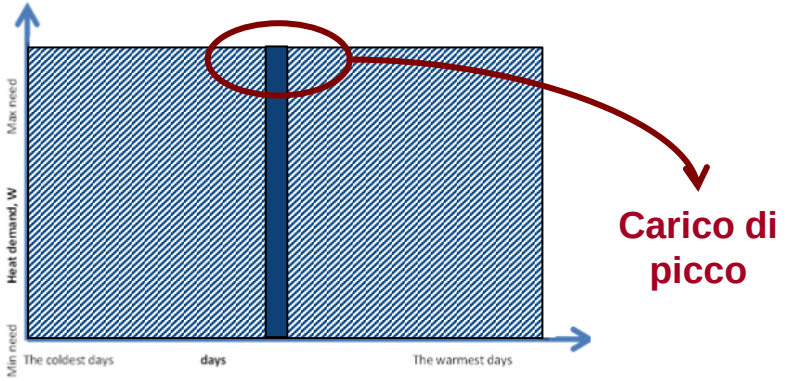
ENERGIA E SOSTENIBILITÀ PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Metodologie di calcolo

Modelli stazionari: dimensionamento di sistemi e componenti in funzione di:

- "temperatura esterna di progetto"
- profilo di carico del giorno più critico

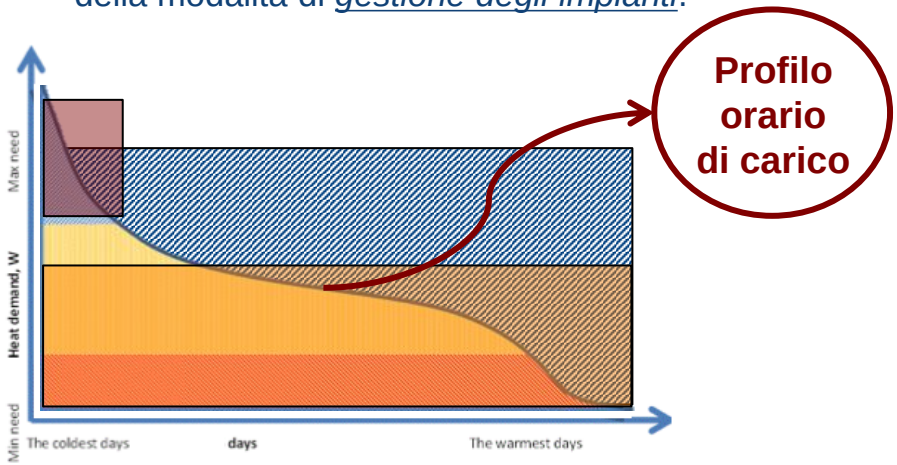
SVANTAGGI: impossibilità di *analizzare i comportamenti del sistema impiantistico al di fuori delle condizioni di progetto!*



Rischio di **sovradimensionamento** dell'impianto o di operare in condizioni lontane da quelle di ottimo!

Metodi dinamici: valutazione del comportamento dei sistemi di generazione al variare del carico termico ed elettrico dell'edificio in funzione:

- delle caratteristiche *meteo* del sito,
- della disponibilità e costo delle *fonti energetiche*,
- del comportamento delle *utenze (occupanti, illuminazione, apparecchiature)*,
- della modalità di *gestione degli impianti*.



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

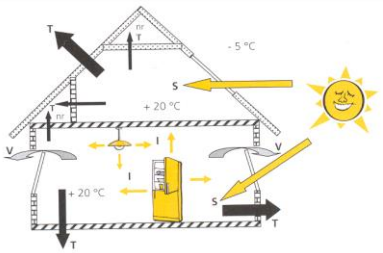
Agenzia per la Coesione Territoriale

ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

PON GOVERNANCE E CAPACITÀ ISTITUZIONALE 2014-2020

Equazione di bilancio energetico fra il sistema-edificio e l'ambiente esterno:

$q_{entrante} + q_{sorgenti} - q_{uscente} = Accumulo\ termico$



T = dispersioni termiche per trasmissione
V = dispersioni termiche per ventilazione
I = apporti termici interni
S = apporti solari gratuiti

$q_{entrante}$: **per pareti e finestre confinanti con l'esterno**

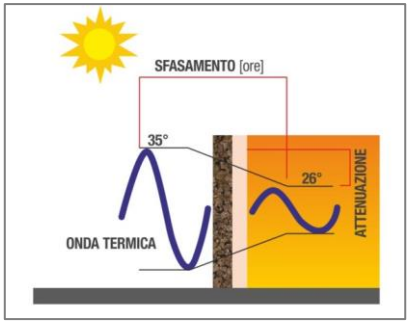
$q_{uscente}$: **per pareti disperdenti e per ventilazione**

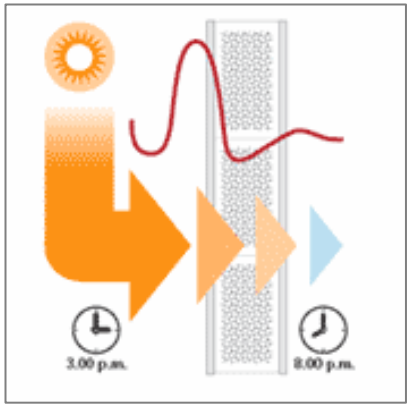
$q_{sorgenti} = q_{impianto} + q_{interno}$
$q_{impianto}$: **impianto termico**
$q_{interno}$: **sorgenti termiche interne**

$$Accumulo_termico = \sum_i m_i c_i \frac{dT_i(t)}{dt}$$

$m_i c_i$ è la **capacità termica** elementi presenti nell'edificio

ACCUMULO TERMICO → **VOLANO TERMICO**





Studio dei **transitori** del sistema edificio impianto: aspetto fondamentale per tener conto delle **rientranze di calore** (particolarmente in regime estivo) (variabilità del verso dei flussi termici scambiati con l'ambiente esterno).

Inerzia termica

Al fine di limitare il fabbisogno per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, è opportuno verificare il comportamento "inerziale" della chiusura.

L' "**INERZIA TERMICA**" è l'attitudine della parete a ridurre (smorzamento) e ritardare (sfasamento) l'effetto di sollecitazioni dinamiche sul carico termico dell'ambiente.

Si distingue tra sollecitazioni termiche **ESTERNE** ed **INTERNE**

sul lato esterno del componente

- variazione giornaliera della temperatura esterna
- variazione giornaliera della radiazione incidente sul componente

sul lato interno del componente

- radiazione solare attraverso i vetri
- occupazione, apporti interni
- intermittenza impianto di riscaldamento/raffrescamento

Parametri termici dinamici

Lo strumento al quale la legislazione energetica nazionale fa riferimento per il calcolo dei **parametri termici dinamici**, è la norma **UNI EN ISO 13786**. Tale norma è basata sul metodo delle ammettenze e propone un modello di calcolo semplificato delle prestazioni termiche dinamiche del componente edilizio opaco, ipotizzando una sollecitazione termica di tipo sinusoidale, con periodo di 24 ore (regime periodico stabilizzato).

I principali parametri utilizzati per la caratterizzazione dinamica dei componenti, sono:

- *la capacità termica areica interna*
- *la trasmittanza termica periodica*
- *il fattore di attenuazione*
- *lo sfasamento termico*

La **capacità termica** areica interna esprime **l'attitudine del componente opaco in esame ad accumulare calore quando sottoposto ad una sollecitazione termica dinamica sulla sua faccia interna**, ed è calcolata secondo l'equazione

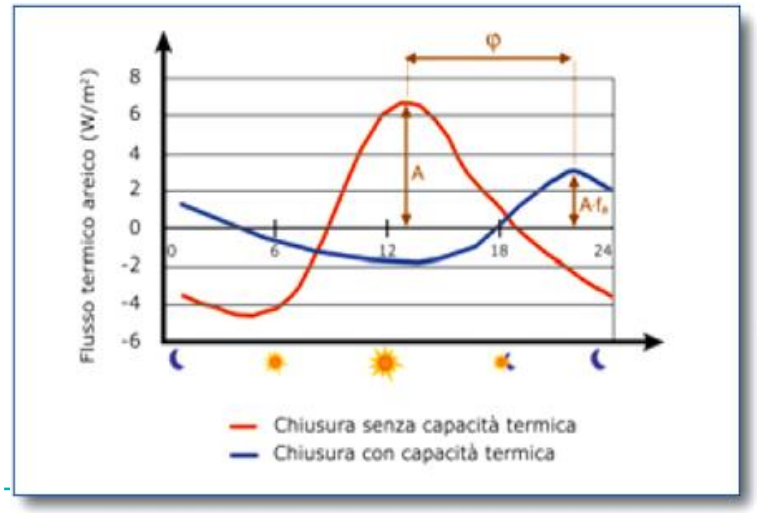
Capacità termica

- Il **fattore di attenuazione f_a** è uguale al rapporto fra il massimo flusso della parete capacitiva ed il massimo flusso della parete a massa termica nulla; esso dunque qualifica la riduzione di ampiezza dell'onda termica nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame.

Indica la *differenza di temperatura e dunque la capacità di una struttura d'involucro di attenuare l'ampiezza d'onda del flusso termico, nel suo passaggio dall'ambiente esterno a quello interno, producendo una riduzione della temperatura esterna.*

- Il **coefficiente di sfasamento Φ** (espresso in ore) rappresenta il ritardo temporale del picco di flusso termico della parete capacitiva rispetto a quello istantaneo, nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame.

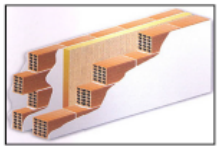
Indica il *tempo*, espresso in *ore*, *che l'onda termica esterna impiega a produrre un effetto sensibile di aumento della temperatura superficiale nella sua parte interna*; indica la capacità di una struttura d'involucro di creare una differenza di fase d'onda del flusso termico, nel suo passaggio dall'ambiente esterno a quello interno, producendo un ritardo nel tempo degli effetti termici esterni, espresso in ore.



Sfasamento (ore)	*Attenuazione*	*Prestazioni*	*Qualità prestazionale*
S > 12	*Fa<0,15*	*ottime*	*I*
12 ≥ S > 10	*0,15≤ Fa <0,30*	*buone*	*II*
10 ≥S > 8	*0,30≤ Fa <0,40*	*medie*	*III*
8 ≥S > 6	*0,40≤ Fa <0,60*	*sufficienti*	*IV*
6≥S	*0,60≤ Fa*	*mediocri*	*V*

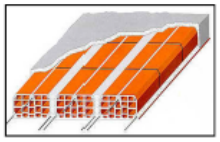
Fattore di attenuazione

►I valori sono compresi fra 0 e 1 in cui il valore minimo indica il totale accumulo di calore e il valore massimo indica l'assenza di accumulo e pertanto una minor capacità dissipativa



murature in laterizio con isolamento intercapedine

0,1<f<0,2 → Ottimo valore per la fase estiva



solai in laterocemento

0,1<f<0,2 → Ottimo valore per la fase estiva

solai di copertura in legno

0,8<f<0,9 → Scarso valore per la fase estiva

Sfasamento

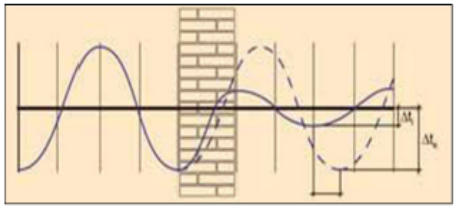
➡ E' il tempo (ore) che serve all'onda termica per fluire dall'esterno all'interno attraverso una stratigrafia (orizzontale o verticale)

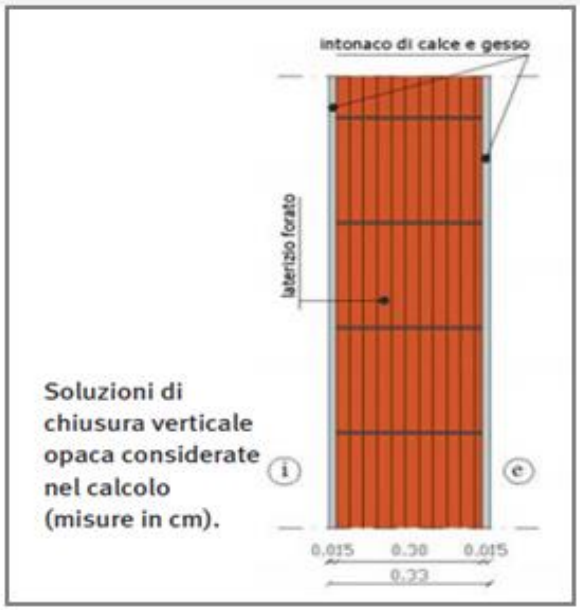
➡ Maggiore è lo sfasamento, più lungo sarà il tempo di passaggio del calore all'interno dell'edificio e dunque maggiore "schermatura" nella stagione estiva

➡ E' la differenza di tempo che intercorre tra l'ora in cui si ha la massima temperatura all'esterno e l'ora in cui si ha la massima temperatura all'interno

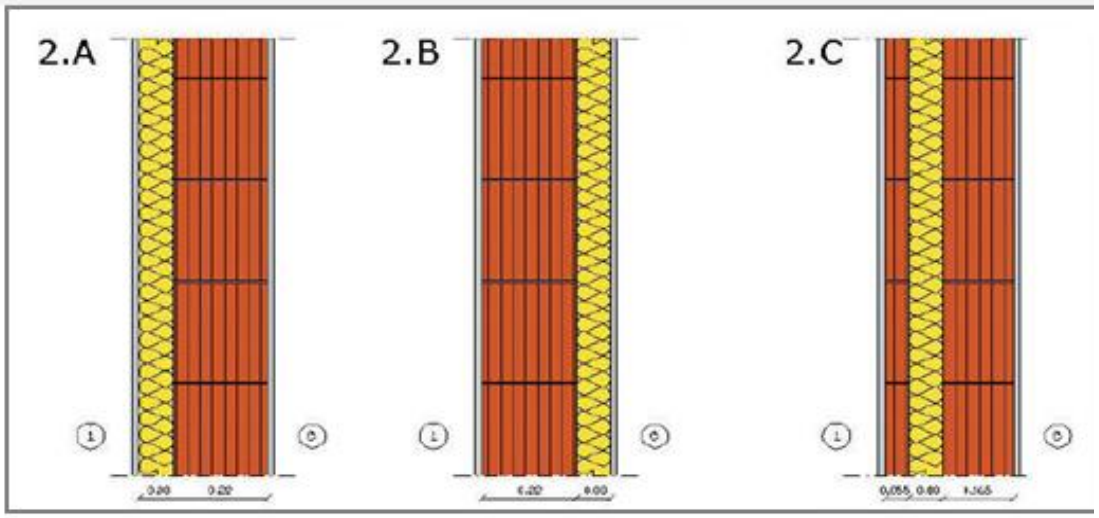
Sfasamento "consigliato" pari a 8-12 ore
Per un buon comfort termico

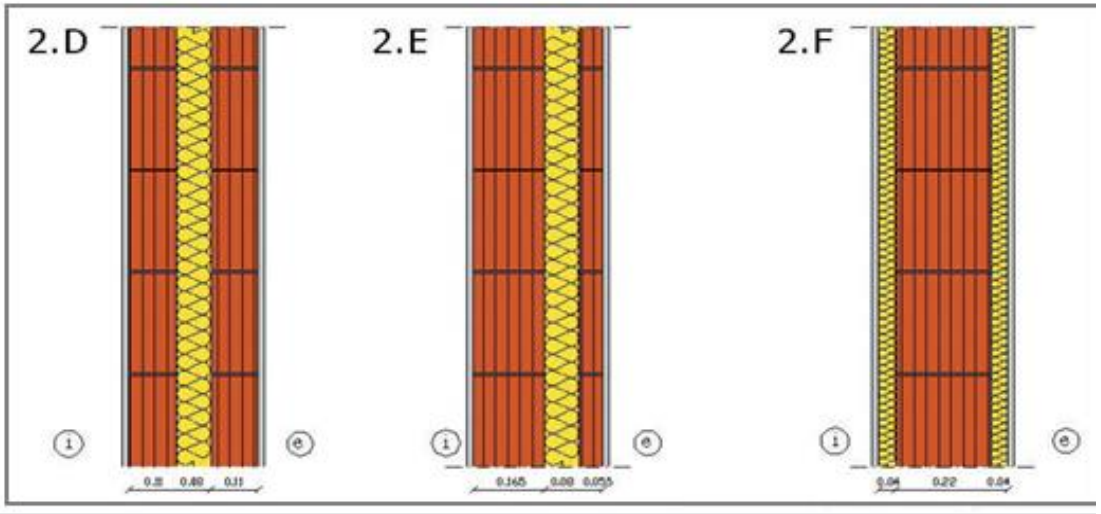
Parametro che privilegia caratteristiche massive dei materiali con maggiori capacità di accumulo termico





Soluzioni di chiusura verticale opaca considerate nel calcolo (misure in cm).

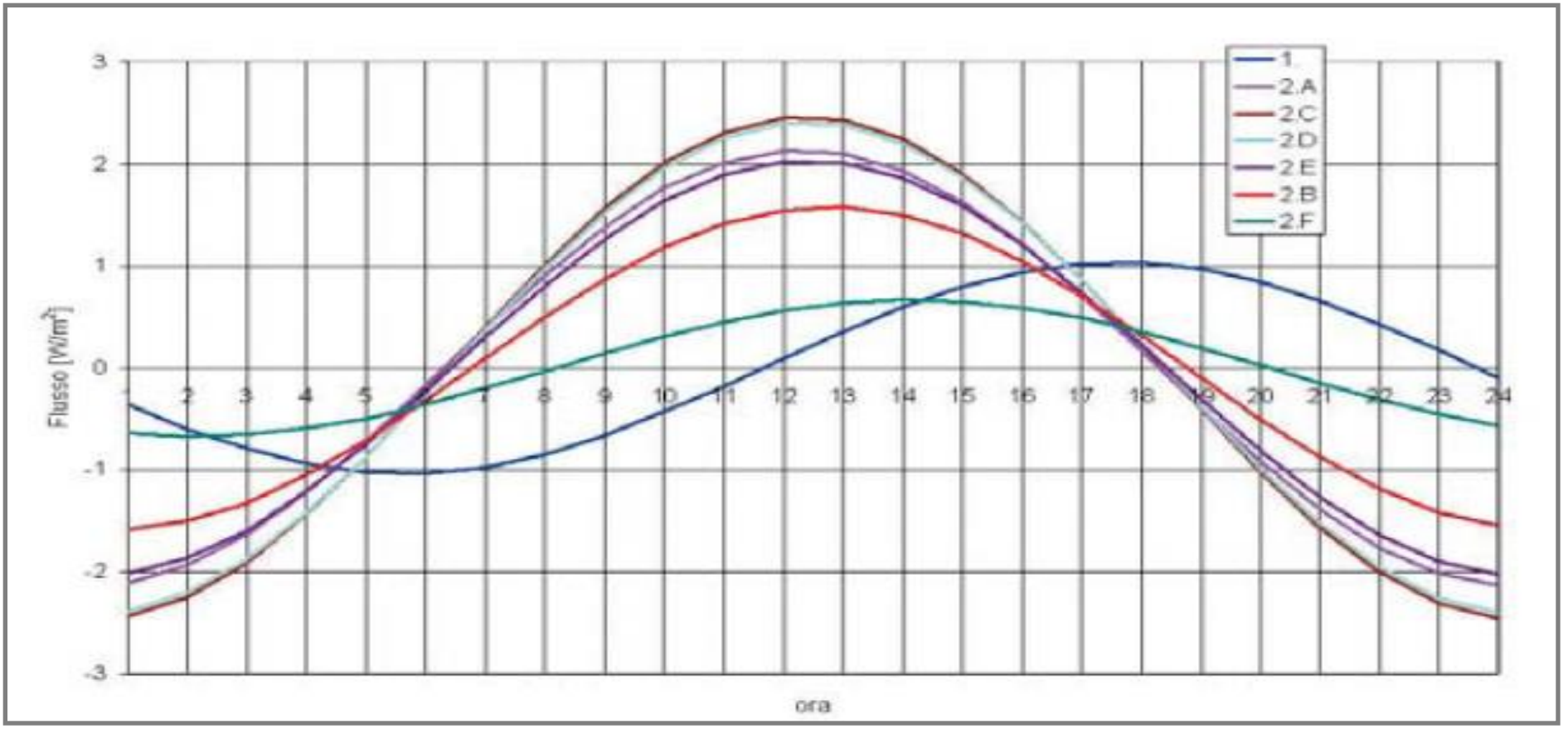




Caratteristiche in comune:

- *Spessore di 33 cm*
- *Massa superficiale di 210 kg/m²*
- *Trasmittanza termica stazionaria di 0,4 W/m²K*

EN ISO 13786:2008



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Verifica della Trasmittanza termica periodica

D.M. 26/06/2015

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

Massa superficiale Ms (calcolata secondo la definizione dell'All.A del Dlgs 192/05 come massa superficiale della parete opaca compresa la malta dei giunti ed esclusi gli intonaci) **sia superiore di 230 kg/m²**

Valori limite trasmittanza termica periodica ($Y_{i,e}$) W/m²K		
	D.P.R. 59/2009	D.M. 26/06/2015
Pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante N-O/N/N-E):	$Y_{i,e} \leq 0{,}12$ W/m²K	$Y_{i,e} \leq 0{,}10$ W/m²K
Pareti opache orizzontali ed inclinate:	$Y_{i,e} \leq 0{,}20$ W/m²K	$Y_{i,e} \leq 0{,}18$ W/m²K

Zone interessate alla verifica $Y_{i,e}$

Zone non interessate alla verifica $Y_{i,e}$

Edifici ricadenti nelle località del territorio nazionale con valore di Irradianza (I)>290 W/m² esclusa zona climatica F:

Parametri: il DM requisiti definisce, oltre agli indici di prestazione energetica, anche i seguenti parametri e coefficienti:

- **H'_T = coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente espresso in kW/m²K**
- $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ = area solare equivalente estiva per unità di superficie utile
- η_H = efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale
- η_W = efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria
- η_W = efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità)

Verifiche « Qualità media »

Prestazione energetica invernale dell'involucro:

$1*Ep_{H,nd,limite\ (2019/21)} < Ep_{H,nd} \leq 1,7*Ep_{H,nd,limite\ (2019/21)}$	MEDIA	

Indice di prest. termica utile per il riscaldamento (kWh/m²) dell'edificio di riferimento, ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi che rispettino i requisiti minimi di legge in vigore dal 2019/2021

Prestazione energetica estiva dell'involucro:

$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	MEDIA	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		

Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile

Trasmittanza termica periodica (UNI EN ISO 13786/2008)

(da Tab 3 e Tab 4 Allegato 1 Linee Guida Nazionali)

Arch. PhD Francesca Margiotta
francesca.margiotta@enea.it

ENERGIA E SOSTENIBILITÀ PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Agenzia per la Coesione Territoriale

ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

PON GOVERNANCE E CAPACITÀ ISTITUZIONALE 2014-2020