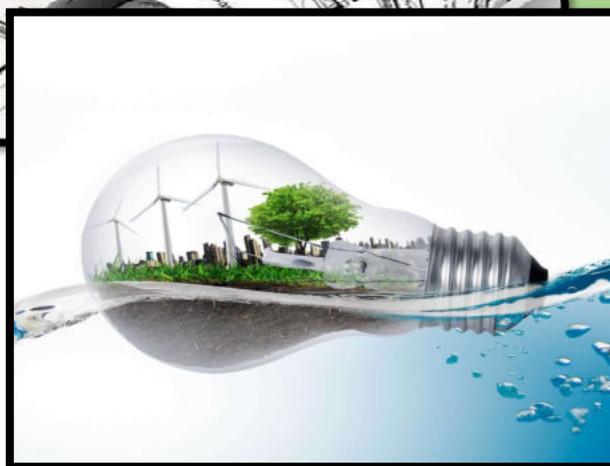


Sostenibilità Ambientale e Contenimento Energetico

Educazione Civica
& Progettazione Costruzioni Impianti



Dispensa formativa rivolta agli alunni dell'I.T.C.G. "Luigi Oggiano" ed in particolare agli alunni del corso C.A.T.

Alunno: **Gianluca Melino**

Tutor: prof. Pietro Vedele

Attività di P.C.T.O. 2020/2021

Sommario

L'Energia e le Fonti Energetiche	2
<i>L'Energia: nozioni fondamentali di fisica</i>	2
<i>Unità di misura dell'Energia</i>	2
<i>Primo e Secondo Principio della Termodinamica</i>	2
<i>Le Fonti di Energia</i>	3
L'Attuale Problema Energetico	5
<i>Il Problema Energetico nel Mondo</i>	5
<i>Il Problema Energetico in Italia</i>	5
Impianti Solari e Fotovoltaici	5
<i>Pannello Solare</i>	5
<i>Pannello Fotovoltaico</i>	6
Pompa di Calore	6
<i>Cos'è la Pompa di Calore?</i>	6
<i>Coefficiente di Prestazione</i>	7
<i>Vantaggi della Pompa di Calore</i>	7
Il Consumo Energetico	8
<i>Il Consumo Energetico per il riscaldamento</i>	8
<i>I Combustibili</i>	8
<i>Gli Impianti</i>	8
<i>L'Isolamento Termico</i>	8
La Certificazione Energetica degli Edifici	9
<i>Il Processo di Controllo</i>	9
L'Attestato di Prestazione Energetica	10
<i>La Classificazione Energetica</i>	10
<i>Determinazione della Classe Energetica</i>	10
<i>Le Zone Climatiche</i>	11
<i>Classi Energetiche</i>	11
Esempio di Efficientamento Energetico di un'abitazione	12
<i>Parametri climatici della località</i>	12
<i>Parametri di Legge</i>	12
<i>Stratigrafia della Parete – Prima dell'Intervento</i>	13
<i>Costi Energetici – Prima dell'Intervento</i>	13
<i>Stratigrafia della Parete – Post Intervento</i>	14
<i>Costi Energetici – Post Intervento</i>	14
<i>Conclusioni</i>	15
Bibliografia e Sitografia	15
Allegati: Reports Trasmissione delle pareti ante e post intervento	

L'ENERGIA E LE FONTI ENERGETICHE

❖ L'Energia: nozioni fondamentali di Fisica

Nel mondo in cui ci troviamo siamo costantemente circondati da *energia*.

Ma cos'è l'Energia?

L'**Energia** è una *grandezza fisica estensiva* che misura la capacità di un corpo o di un sistema fisico di compiere un lavoro.

Il concetto di energia, a **livello fisico**, rappresenta un'importanza centrale nello studio e nelle applicazioni di vari campi della fisica, tra cui quello della *meccanica*, della *termodinamica* e *fisica tecnica* fino ad arrivare alla *relatività* e alla *meccanica quantistica*.

A **livello tecnologico** l'energia permette, tramite il suo sfruttamento a livello industriale, la *trasformazione di materie prime in prodotti o beni finali* o direttamente la fornitura di servizi utili all'uomo e alla società.



❖ Unità di Misura dell'Energia

L'**unità di misura** del Sistema Internazionale (S.I.) per l'energia è il **Joule (J)**, in onore del fisico che contribuì, grazie ai suoi studi, al progresso e ad alcune scoperte nel campo della termodinamica.

Il Joule è pari a:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

Però a seconda dell'ambito, si utilizzano anche altre unità di misura:

- **Caloria (Cal)** → 1 Cal = 4,1867999409 J
- **Kilowattora (kWh)** → 1 kWh = 3,6 · 10⁶ J
- **Elettronvolt (eV)** → 1 eV = 1,60217646 · 10⁻¹⁹ J

❖ Primo e Secondo Principio della Termodinamica

➤ PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

L'Energia non può essere né creata né distrutta, può essere trasformata solo da una forma all'altra

➤ SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

Le trasformazioni di energia non sono mai complete, una piccolissima parte viene persa

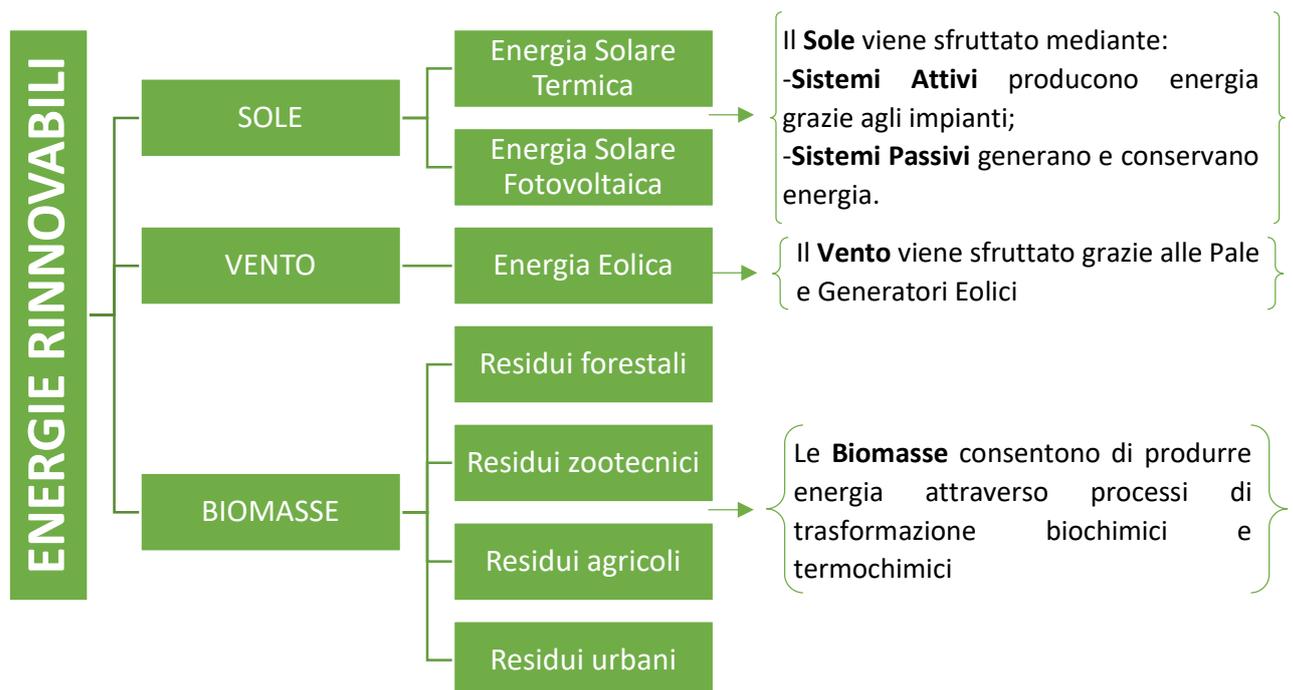
❖ Le Fonti di Energia



Le fonti energetiche si possono classificare in: **Primarie** e **Secondarie**.

✓ Le **Fonti Energetiche Primarie** sono quelle direttamente presenti in natura, a loro volta si classificano in *Primarie Rinnovabili* e *Primarie Non Rinnovabili*.

Le **Fonti Energetiche Primarie Rinnovabili** sono tutte quelle fonti che non si esauriranno mai, tra cui il *sole*, il *vento* etc.



Le **Fonti Energetiche Primarie Non Rinnovabili** sono quelle che si possono esaurire tra cui: il petrolio, il carbone, il gas naturale etc.

✓ Le **Fonti Energetiche Secondarie** derivano dalla raffinazione delle primarie.
Per esempio:



La Benzina deriva dalla raffinazione del Petrolio

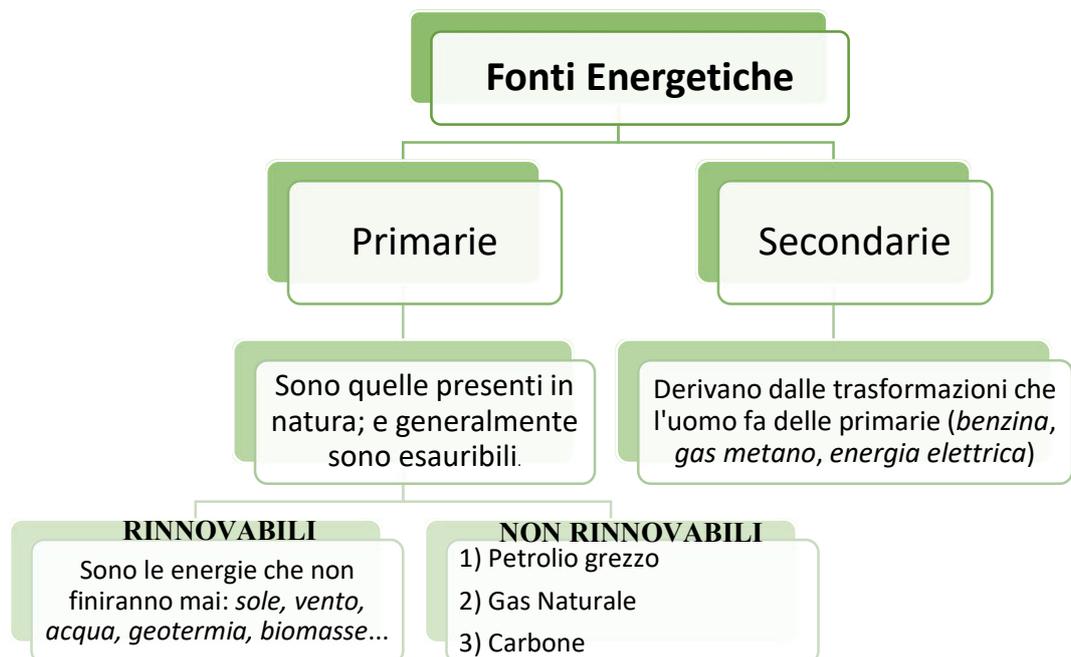


Il Gas Metano deriva dal gas naturale



L'Energia Elettrica deriva dall'energia meccanica-chimica

Pertanto le **Fonti Energetiche** si classificano in:



L'ATTUALE PROBLEMA ENERGETICO

❖ Il Problema Energetico nel Mondo

La società moderna è estremamente dipendente dall'energia (in particolare nelle sue forme di energia *meccanica, elettrica, chimica e termica*).

Per questo, ora che gli esperti sostengono che nei prossimi decenni la disponibilità delle tradizionali fonti energetiche fossili (tra cui: *carbone, petrolio e metano*) non sarà abbastanza per far fronte al crescente consumo mondiale di energia, neanche con l'aiuto delle fonti energetiche rinnovabili, inizia a sorgere un importante problema.

Ovviamente ci troviamo di fronte a scenari del tutto nuovi, che ci portano a fare delle riflessioni sul nostro comportamento e ad inevitabili cambiamenti degli attuali criteri d'impiego di tutte le fonti energetiche disponibili, andando a ricercare nuovi criteri d'impiego razionali e anti-spreco dell'energia a disposizione.

❖ Il Problema Energetico in Italia

In **Italia** la situazione è *particolarmente grave*, in quanto importa la maggior parte delle materie prime necessarie per la produzione di energia (tra cui il *petrolio*).

Questo fatto porta, oltre che pesanti conseguenze di natura economica, forti rischi derivati dall'instabilità e dell'imprevedibilità della politica internazionale.

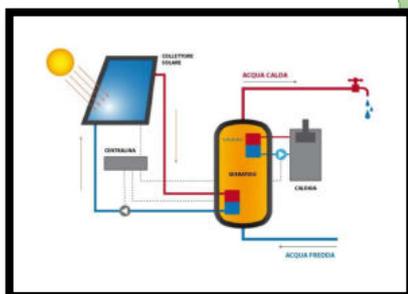
IMPIANTI SOLARI E FOTOVOLTAICI

❖ Pannello Solare

Un impianto a **Pannelli Solari** è costituito da:

- ✓ *Pannello Solare*
- ✓ *Impianto di distribuzione*
- ✓ *Serbatoio di accumulo dell'acqua calda*

Funzionamento



- Il **pannello** è uno *scambiatore di calore* che trasferisce all'impianto di distribuzione *l'energia termica captata dai raggi solari*.
- L'impianto di distribuzione è percorso da una *miscela d'acqua e di additivi* che hanno la *funzione di migliorarne la conduttività termica e ridurne la temperatura di congelamento*.
- Un termostato differenziale attiva una pompa che mette in moto il liquido dell'impianto di distribuzione, il quale attraverso una serpentina immersa nel serbatoio di accumulo, cede il proprio calore all'acqua in esso contenuta.

❖ Pannello Fotovoltaico

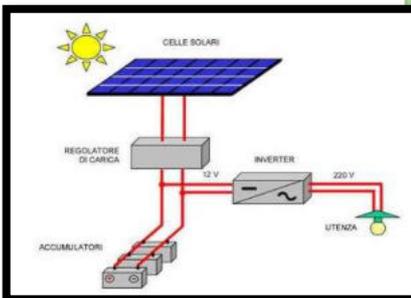
I **Pannelli Fotovoltaici** sono costituiti da *celle* di forma e spessore variabile.

Il materiale più utilizzato per la realizzazione delle celle fotovoltaiche è il *silicio*, mentre per ottimizzare la captazione dei raggi solari la parte esterna ed esposta al Sole è rivestita con *ossido di titanio*.

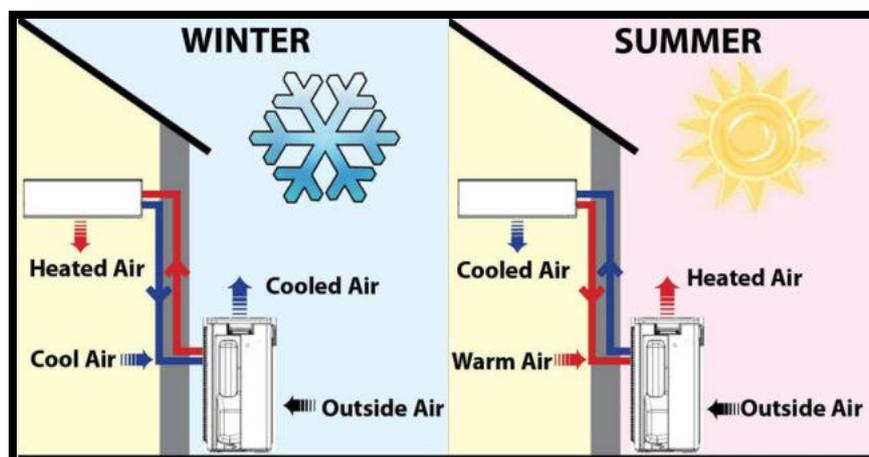
Il rendimento di una cella fotovoltaica varia dal **5%** al **20%**.

Funzionamento

- La conversione fotovoltaica è una tecnica che consente di trasformare l'energia solare in elettricità.
- Questa trasformazione è possibile grazie ai materiali semi-conduttori, che una volta colpiti dall'energia solare sono capaci di generare energia elettrica, nelle celle fotovoltaiche.
- Nelle celle fotovoltaiche l'energia solare si converte in corrente continua, che una volta ottenuta viene accumulata in una batteria e convogliata a un convertitore che la trasforma in corrente alternata.



LA POMPA DI CALORE



❖ Cos'è la Pompa di Calore?

La **Pompa di Calore** è un dispositivo capace di sottrarre calore da una sorgente a bassa temperatura e di pomparlo in un circuito chiuso percorso dal fluido frigogeno che lo trasferisce in un ambiente a temperatura più alta.

Questa definizione viene data dal D. Lgs. 192/2005.

❖ Coefficiente di Prestazione

$$\text{COP} = \frac{Q_2}{E} \left(\frac{\text{calore utile}}{\text{energia spesa}} \right)$$

La convenienza della pompa di calore viene valutata grazie all'ausilio del coefficiente di prestazione **COP**, ottenuto da *rappporto tra calore utile e energia elettrica spesa*.

In **termodinamica** è dimostrato che per un ciclo ideale il coefficiente di prestazione raggiunge il seguente valore:

$$\text{COP} = \frac{Q_2}{E} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$

In questo tipo di calcolo bisogna utilizzare, come unità di misura della temperatura il Kelvin (K).

Pertanto una pompa operante in ciclo ideale tra 5 °C e 50 °C si avrebbe:

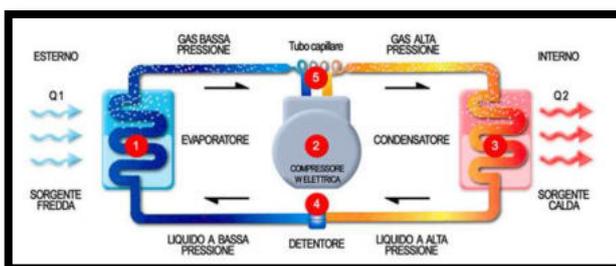
$$\text{COP} = \frac{273 + 50}{(273 + 50) - (273 + 5)} = \frac{323}{45} = 7,2$$

❖ Vantaggi della Pompa di Calore

Il grande **pregio** della pompa di calore è quello della **reversibilità**, infatti, la stessa pompa può essere utilizzata d'inverno per rilasciare calore e d'estate per trasferire calore dall'interno all'esterno per deumidificare e mantenere più fresca la temperatura dei locali.

Da questo principio si ottengono molti **vantaggi**:

- ✓ Il primo vantaggio è che si riesce con **un unico impianto a riscaldare e rinfrescare**;
- ✓ Il secondo vantaggio è che vi è un notevole risparmio sia nella **spesa iniziale** che nella **manutenzione**, senza contare che il periodo di funzionamento dell'impianto è tutto l'anno, in questo modo i **costi vengono meglio ammortizzati** perché ripartiti in un periodo di funzionamento doppio.



Funzionamento

- Il funzionamento di una **pompa di calore** è paragonabile a quello di un **frigorifero**, con l'unica differenza che invece di essere utilizzata per sottrarre calore viene utilizzata per erogare calore e scaldare l'ambiente.
- Il **fluido frigorigeno** passa dallo stato liquido a quello gassoso (*evaporatore*) e dallo stato gassoso a quello liquido (*condensatore*).
- A seconda della sorgente fredda dalla quale viene attinta l'energia, la pompa può essere: *aria-aria, aria-acqua, acqua-aria, acqua-acqua.*
- Il calore prodotto può essere ceduto all'ambiente attraverso: *ventilconvettori, serpentine e canalizzazioni.*

IL CONSUMO ENERGETICO

❖ Il Consumo Energetico per il Riscaldamento

La maggior parte dell'energia totalmente utilizzata viene assorbita dagli **impianti di climatizzazione e riscaldamento**, questo perché, come affermato dall'*Ente Nazionale per le Nuove tecnologie l'Energia e l'Ambiente* (ENEA), un terzo del calore generato per riscaldare viene dissipato a causa di:

- ✓ *Inefficiente coibentazione degli edifici;*
- ✓ *Scelta e impiego sbagliati degli impianti.*

Un altro aspetto molto importante da tener conto è che le varie forme di riscaldamento e climatizzazione disperdono nell'ambiente **tonnellate e tonnellate di CO₂** che provocano **inquinamento**.

Per questo è fondamentale ottimizzare i criteri per produrre calore.

Ma quali sono i Fattori che influenzano il Consumo Energetico?



LA SCELTA DEL COMBUSTIBILE



LA SCELTA DEGLI IMPIANTI



L'ISOLAMENTO TERMICO

❖ I Combustibili

La maggior parte dell'energia termica viene prodotta da **combustibili liquidi** (*gasolio*) o da **combustibili gassosi** (**GPL**), mentre sono ancora poco utilizzate le **energie alternative**,

❖ Gli Impianti

Con le tecnologie moderne si possono realizzare **impianti** aventi *rendimenti termici ottimi*, che possono essere dotati di dispositivi di regolazione molto precisi.

Questo consente di contenere entro limiti il consumo energetico, solo se l'impianto:

- ✓ *viene impiegato correttamente;*
- ✓ *sottoposto a manutenzione regolare.*

❖ L'Isolamento Termico

Per ridurre i consumi del riscaldamento nelle abitazioni la superficie esterna degli edifici (detta **involucro disperdente**) dev'essere in grado di opporsi al passaggio di calore.

I nuovi edifici, ormai, sono **a norma a livello di dispersioni energetiche**; mentre quelli **più datati ne risultano carenti**.

Quindi gli edifici esistenti devono essere adeguati ai parametri di isolamento termico attraverso interventi di riqualificazione energetica.

Quest'operazione inizia con la redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica (A.P.E.) che va ad indicare la **classe energetica attuale**, e secondo i parametri di legge, quella post intervento di efficientamento degli edifici.

Come si può ridurre il consumo?



Per ridurre il consumo degli impianti di riscaldamento occorre:

- ✓ Migliorare l'isolamento termico;
- ✓ Aumentare l'inerzia termica degli involucri murari;
- ✓ Realizzare in modo corretto gli impianti di produzione del calore;

Risparmio Annuo

Dati del risparmio annuo ottenuto coibentando con uno **strato di 6 cm di poliuretano espanso rigido** 1000 m² di terrazzo non praticabile su solaio in laterocemento (Valutazioni ENEA)

ZONA	Gasolio		Metano	
	Litri	%	m ³	%
B	1155	45%	1260	42%
C	2310	43%	2310	41%
D	3990	43%	4095	42%
E	6195	41%	6510	40%
F	10185	40%	10605	38%

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

❖ Il Processo di Controllo

La **Certificazione Energetica** degli Edifici è un adempimento previsto dalla **Direttiva Europea 2002/91** che traduce il livello di efficienza energetica di un edificio in un indicatore.

Durante l'intero ciclo costruttivo dell'edificio, *a partire dal progetto fino ad arrivare all'esecuzione dell'opera in cantiere*, si segue un processo di controllo del livello di efficienza energetica.

Questo processo è obbligatorio per **tutti gli edifici**, eccetto *box, cantine, depositi*. Il processo di controllo e certificazione energetica si conclude con la redazione dell'**Attestato di Prestazione Energetica** (APE) da parte di un professionista adeguatamente formato in energetica.

Normativa



- ❖ Agli inizi del 2000 l'UE si è impegnata nella redazione di un'adeguata *normativa in materia energetica*.
- ❖ Il **D.L. 4 giugno 2013 n. 63** ha introdotto l'Attestato di Prestazione Energetica (A.P.E.), in attuazione della *Direttiva Europea 2010/31/UE*.

L'ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA



❖ La Classificazione Energetica

La **Certificazione Energetica degli Edifici** avviene con la stesura dell'A.P.E. che riporta la prestazione energetica degli edifici e la rispettiva classe energetica di appartenenza.

❖ Determinazione della Classe Energetica

La **classe energetica** si ottiene calcolando il fabbisogno energetico necessario per garantire le condizioni di benessere, seguendo le seguenti fasi:

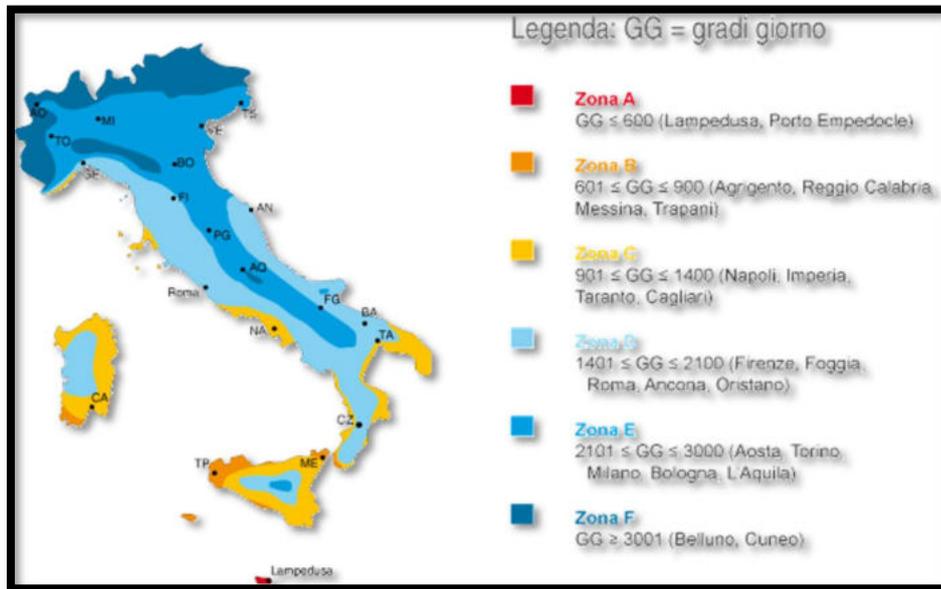
- Valutazione dei **dati climatici della località**: *zona climatica, gradi-giorno, radiazione solare* etc.);
- Determinazione del **periodo di riscaldamento** del comune;
- Suddivisione dell'edificio in **zone termiche**;
- Calcolo dell'**energia scambiata**;
- Calcolo degli **apporti solari per irraggiamento** (*superfici vetrate*) e per **convezione** (*superfici opache*);
- Calcolo degli **apporti energetici** prodotti da sorgenti interne;
- Calcolo del **fattore di utilizzazione** degli apporti energetici prodotti.

A questo punto si determina l'indice di **prestazione energetica globale** (EP) ottenuto dalla risultante della somma di quattro indici di prestazione energetica parziale:

- **Indice di prestazione energetica** (EP_i) per la *climatizzazione invernale*;
- **Indice di prestazione energetica** (EP_{acs}) per la *produzione dell'acqua calda sanitaria*;
- **Indice di prestazione energetica** (EP_e) per la *climatizzazione estiva*;
- **Indice di prestazione energetica** (EP_{ill}) per l'*illuminazione artificiale*.

Il confronto dell'indice ottenuto con il valore limite imposto dalla norma, in funzione del rapporto tra la *superficie utile* e il *volume dell'edificio* e della *zona climatica*, mi fornisce la **Classe Energetica**.

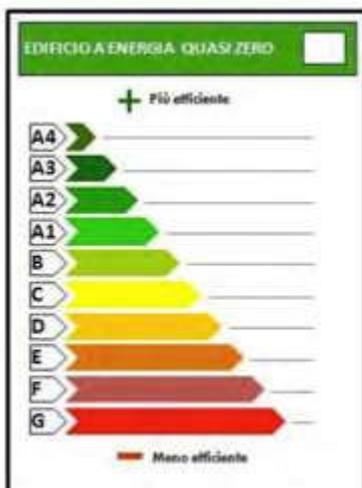
❖ Le Zone Climatiche



ZONA	Descrizione	Periodo di riscaldamento
A	comuni con <i>gradi-giorno</i> non superiori a 600	da 01/12 a 15/03
B	comuni con <i>gradi-giorno</i> compresi tra 601 e 900	da 01/12 a 31/03
C	comuni con <i>gradi-giorno</i> compresi tra 901 e 1400	da 15/11 a 31/03
D	comuni con <i>gradi-giorno</i> compresi tra 1401 e 2100	da 01/11 a 15/04
E	comuni con <i>gradi-giorno</i> compresi tra 2101 e 3000	da 15/10 a 15/04
F	comuni con <i>gradi-giorno</i> superiori a 3001	riscaldamento senza limite

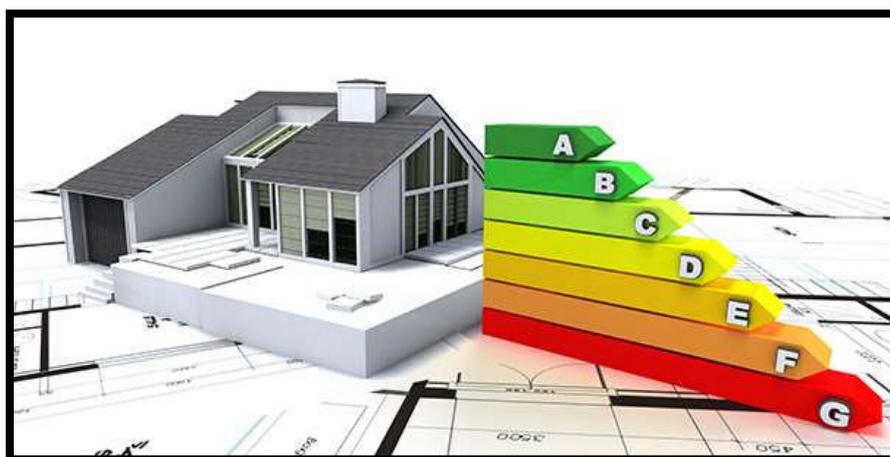
❖ Le Classi Energetiche

Le classi energetiche si differenziano come riportato:



	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,rv,Lat}$
$0,40 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,rv,Lat}$
$0,60 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,rv,Lat}$
$0,80 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,rv,Lat}$
$1,00 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,rv,Lat}$
$1,20 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,rv,Lat}$
$1,50 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,rv,Lat}$
$2,00 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,rv,Lat}$
$2,60 EP_{gl,rv,Lat} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,rv,Lat}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,rv,Lat}$

Esempio di *Efficientamento Energetico di un'abitazione*



Si ipotizzi di intervenire in un'abitazione di tipo medio, avente superficie di 220 mq, locata a Budoni.

L'impianto di produzione dell'energia è a gasolio e l'abitazione ha pareti di chiusura esterne ed infissi realizzati con materiali non adeguati per quanto riguarda l'isolamento termico, come accade per tutti gli edifici realizzati negli anni '90, che mediamente risultano nella classe E o F.

L'intervento, teso a migliorare le caratteristiche di isolamento termico dell'intero edificio, prevede la posa di cappotto, avente spessore di 80 mm, sulle pareti esterne dell'edificio.

I calcoli della trasmittanza, in funzione della zona climatica, dei gradi giorno e dei valori di normativa, vengono sviluppati mediante l'utilizzo del software online, reperibile all'indirizzo: https://www.isolparma.info/resistenza_termica.html.

Per meglio chiarire i vantaggi ottenuti dall'intervento vengono, inoltre, calcolati gli ipotetici costi utilizzando energia elettrica, gasolio e pompa di calore.

❖ Parametri climatici della località

- **Provincia:** Olbia-Tempio
- **Comune:** Budoni
- **Gradi Giorno:** 767

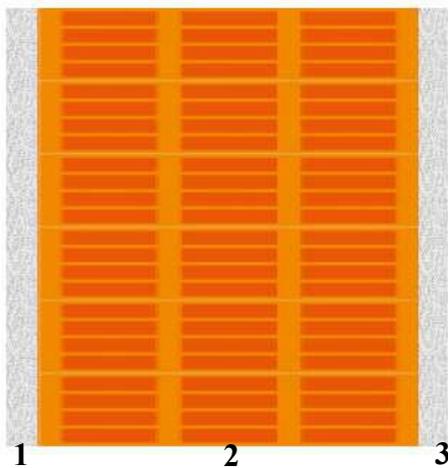


Legenda: GG = gradi giorno	
Zona A	GG ≤ 600 (Lampedusa, Porto Empedocle)
Zona B	601 ≤ GG ≤ 900 (Agrigento, Reggio Calabria, Messina, Trapani)
Zona C	901 ≤ GG ≤ 1400 (Napoli, Imperia, Taranto, Cagliari)
Zona D	1401 ≤ GG ≤ 2100 (Firenze, Foggia, Roma, Ancona, Oristano)
Zona E	2101 ≤ GG ≤ 3000 (Aosta, Torino, Milano, Bologna, L'Aquila)
Zona F	GG > 3001 (Belluno, Cuneo)

❖ Parametri di legge - Trasmittanza delle Pareti

PARAMETRO	Valore
Parametro di riferimento DM 26/06/2015	0,43
Ristrutturazione e Riqualificazione Energetiche DM 26/06/2015	0,40
Valori limite per accedere alle Detrazioni DM 06/08/2020	0,38

❖ Stratigrafia della Parete - *Prima dell'Intervento*



1 → Intonaco interno

2 → Muratura

3 → Intonaco esterno

❖ **Trasmittanza:** 1,008 W/m²K

❖ **Classe Energetica:** E

❖ **EP:** 125 kWh/m² annuo

Per maggiori dettagli sui valori ottenuti prima dell'intervento si rimanda alla visione del Report allegato

❖ Costi Energetici - *Prima dell'Intervento*

Si vanno a determinare i costi energetici valutando l'utilizzo dell'energia elettrica, del gasolio e della pompa di calore (l'impianto attuale è a gasolio):

$$EP \cdot superficie = 125 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 220 \text{ m}^2 = 27500 \text{ kWh}$$

COSTI ENERGIA ELETTRICA

$$\text{Costo unitario medio} = 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo ENERGIA ELETTRICA} = 27500 \text{ kWh} \cdot 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 6875 \text{ €}$$

COSTI GASOLIO

Potere Calorifico = 44 MJ/kg = 10200 kcal/kg = 11,87 kWh/kg = 9,7 kWh/l

$$9,70 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} \cdot 0,80 = 8 \text{ kWh/l}$$

$$\frac{27500 \text{ kWh}}{8 \text{ kWh/l}} = 3440 \text{ litri}$$

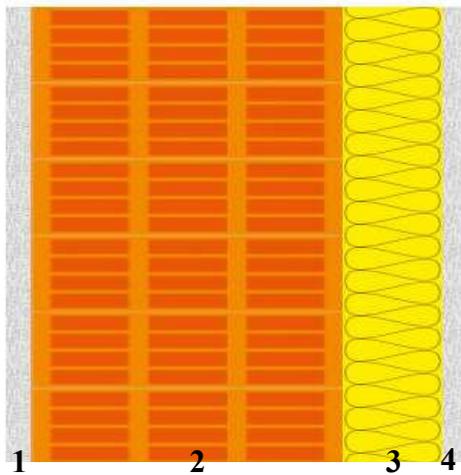
$$\text{Costo GASOLIO} = 3440 \text{ litri} \cdot 1,30 \frac{\text{€}}{\text{litri}} = 4472 \text{ €}$$

COSTI POMPA DI CALORE

COP 3,5

$$\text{Costo POMPA DI CALORE} = \frac{6875 \text{ €}}{3,5} = 1965 \text{ €}$$

❖ Stratigrafia della Parete – *Post Intervento*



1 → Intonaco interno

2 → Muratura

3 → Isolante

4 → Intonaco esterno

❖ **Trasmittanza:** 0,293 W/m²K

❖ **Classe Energetica:** A3

❖ **EP:** 15 kWh/m² annuo

Decidendo di inserire l'isolamento rientriamo ampiamente nei limiti di legge e possiamo anche accedere alle agevolazioni fiscali (Bonus 110), in quanto $U_{\text{post intervento}} = 0,293 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,38$ (parametro di legge D.M. 06/08/2020).

Per maggiori dettagli sui valori ottenuti a seguito dell'intervento si rimanda alla visione del Report allegato

❖ Costi Energetici - *Post Intervento*

$$EP \cdot \text{superficie} = 15 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 220 \text{ m}^2 = 3300 \text{ kWh}$$

COSTI ENERGIA ELETTRICA

$$\text{Costo unitario} = 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo ENERGIA ELETTRICA} = 3300 \text{ kWh} \cdot 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 825 \text{ €}$$

COSTI GASOLIO

$$\text{Potere Calorifico} = 44 \text{ MJ/kg} = 10200 \text{ kcal/kg} = 11,87 \text{ kWh/kg} = 9,7 \text{ kWh/l}$$

$$9,70 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} \cdot 0,80 = 8 \text{ kWh/l}$$

$$\frac{3300 \text{ kWh}}{8 \text{ kWh/l}} = 413 \text{ litri}$$

$$\text{Costo GASOLIO} = 413 \text{ litri} \cdot 1,30 \frac{\text{€}}{\text{litri}} = 537 \text{ €}$$

COSTI POMPA DI CALORE

COP 3,5

$$\text{Costo POMPA DI CALORE} = \frac{825 \text{ €}}{3,5} = 236 \text{ €}$$

❖ Conclusioni

Dai calcoli appena illustrati si evince chiaramente come, a seguito dell'intervento di isolamento termico, con il quale l'edificio raggiunge una classe energetica A3 a fronte della classe E (ante intervento), il consumo energetico è diminuito di circa otto volte e conseguentemente anche la spesa necessaria per la produzione di energia, con ciascuna delle tre opzioni analizzate: energia elettrica, gasolio e pompa di calore.

In particolare, ipotizzando di installare una pompa di calore avente COP 3,5, più conveniente economicamente rispetto alle altre due opzioni analizzate (i suoi costi sono circa la metà di quelli dell'impianto a gasolio e circa un terzo di quelli di un impianto a resistenza elettrica), avremmo una spesa annua pari a € 236,00 rispetto ai € 4472,00 (spesa ante intervento con impianto a gasolio), con un risparmio annuo di € 4236,00.

Pertanto, le spese necessarie per eseguire l'intervento di efficientamento energetico e per l'installazione della pompa di calore verranno ampiamente ammortizzati in poco tempo, portando benefici in termini di economia domestica.

Si evidenzia, inoltre, che tale intervento produce importanti vantaggi sotto l'aspetto della sostenibilità ambientale, riducendo le emissioni di CO₂ nell'ambiente.

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

- ❖ Unità 14: *Verso un Architettura Sostenibile* del libro di testo *Corso di Progettazione, Costruzioni e Impianti* SEI Editrice, autori Amerio e Alasia;
- ❖ Unità 15: *Tecniche d'impiego delle Energie Rinnovabili* del libro di testo *Corso di Progettazione, Costruzioni e Impianti* SEI Editrice, autori Amerio e Alasia;
- ❖ Materiale didattico condiviso e illustrato a lezione da parte del docente;
- ❖ I calcoli della trasmittanza sono stati ottenuti online su Isol-Parma e vengono allegati alla seguente;
- ❖ Ogni immagine presente nella relazione è stata reperita online.

VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

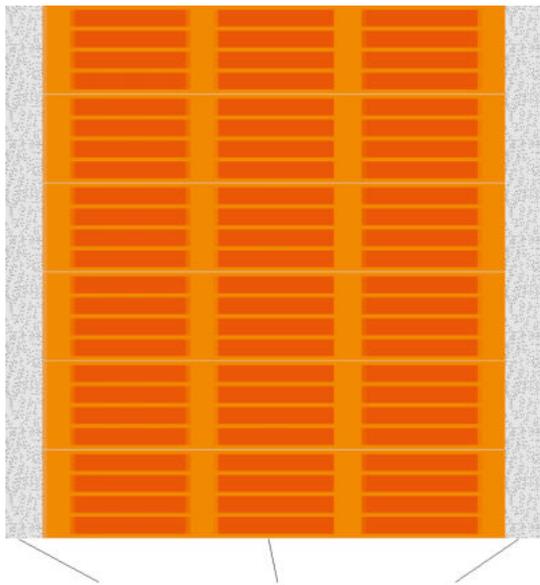
Dati zona climatica			
Provincia	Olbia-Tempio	Comune	Budoni
Gradi giorno	767	Zona Climatica	B
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.35	0.43	0.44
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.32	0.40	0.42
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 06/08/2020)	0.27	0.38	0.40

*** NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica (Y_{ie}) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m². Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m ²)

Descrizione della Struttura e Parametri Termici	Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Parete
Spessore (s)	29.0 cm
Massa Superficiale (m)	279 Kg/m ²
Trasmittanza Termica (U)	1.008 W/m ² K
Resistenza Termica (R)	0.992 m ² K/W
Parametri Termici Dinamici	Modulo
Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})	0.426 W/m ² K
Capacità termica areica interna (K_i)	49.1kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna (K_e)	74.0kJ/m ² K
Fattore di attenuazione (f)	0.422
Sfasamento (φ)	8.41 h
Ammettenza Termica interna (Y_{ii})	3.178 W/m ² K
Ammettenza Termica esterna (Y_{ee})	4.959 W/m ² K
Massa superficiale esclusi intonaci	279 Kg/m ²



VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	ρ	μ	c	λ	R
	[mm]	[Kg/m ³]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m ² K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	900	10	1100	0.410	0.05
2) Blocchi in laterizio sp. 13 cm	250.0	900	5	835	0.333	0.75
3) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
Strato liminare esterno						0.04

Legenda

s	spessore dello strato	c	calore specifico del materiale
ρ	massa volumica	λ	conducibilità termica del materiale
μ	fattore di resistenza alla diffusione del vapore	R	resistenza termica degli strati

VERIFICA IGROTERMICA DELLA STRUTTURA

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1531.42	8.70	1028.00
Febbraio	20.00	1484.60	9.10	999.00
Marzo	20.00	1420.59	11.30	1033.00
Aprile	20.00	1467.30	14.00	1200.00
Maggio	20.00	1629.56	16.80	1487.00
Giugno	21.40	1689.00	21.40	1689.00
Luglio	24.00	1800.00	24.00	1800.00
Agosto	24.50	1989.00	24.50	1989.00
Settembre	22.10	1825.00	22.10	1825.00
Ottobre	20.00	1638.38	17.50	1527.00
Novembre	20.00	1632.58	13.50	1343.00
Dicembre	20.00	1554.96	9.90	1105.00

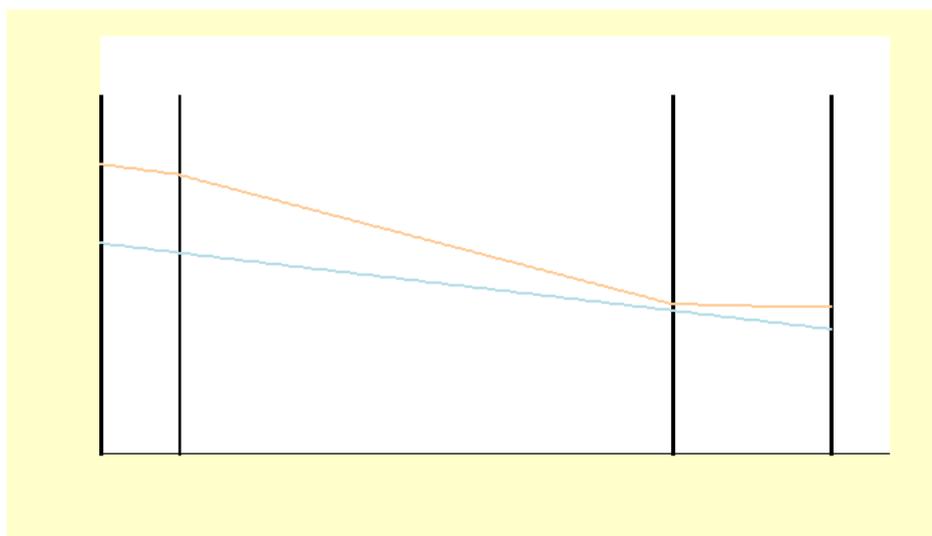
Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

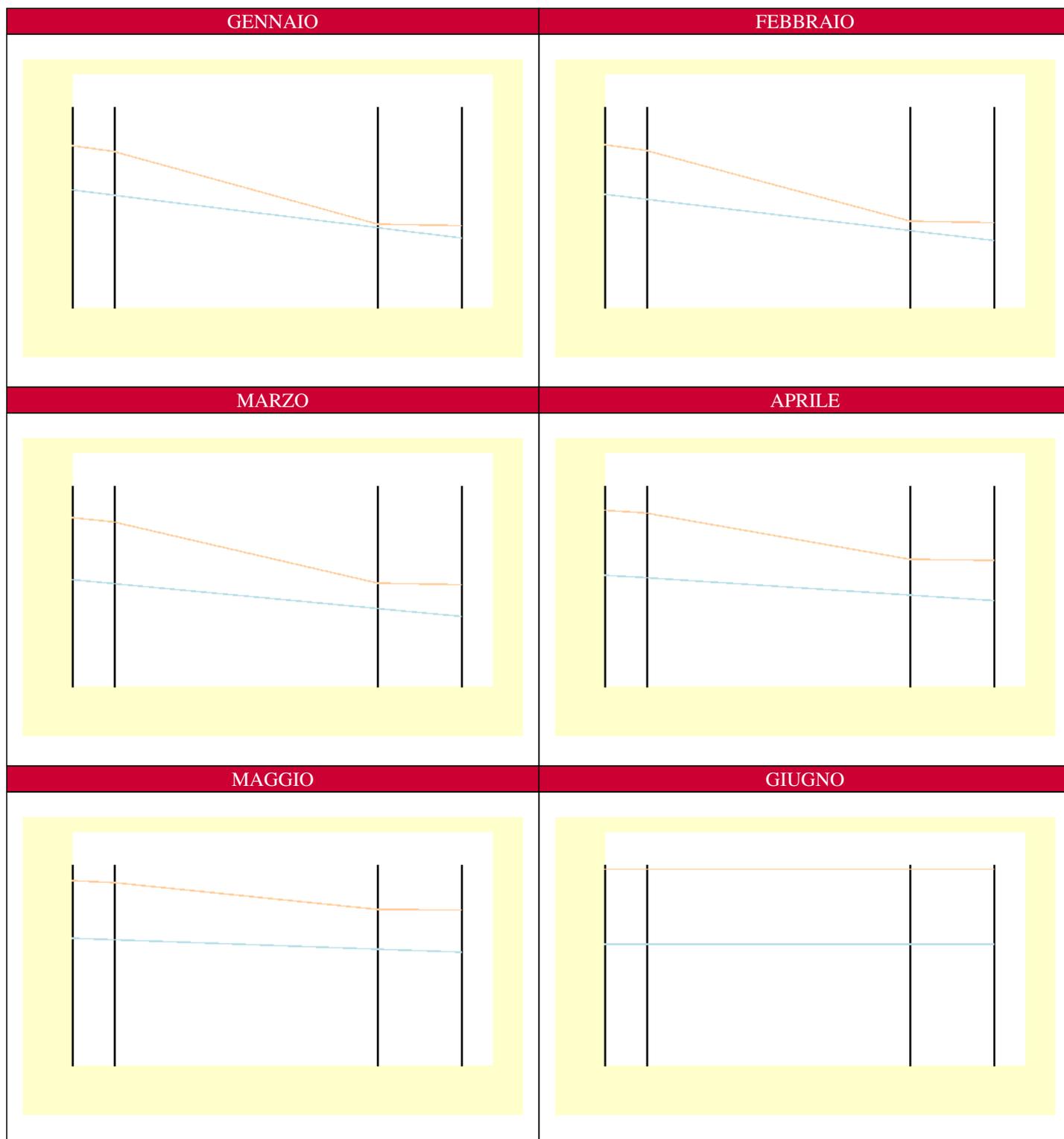
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale

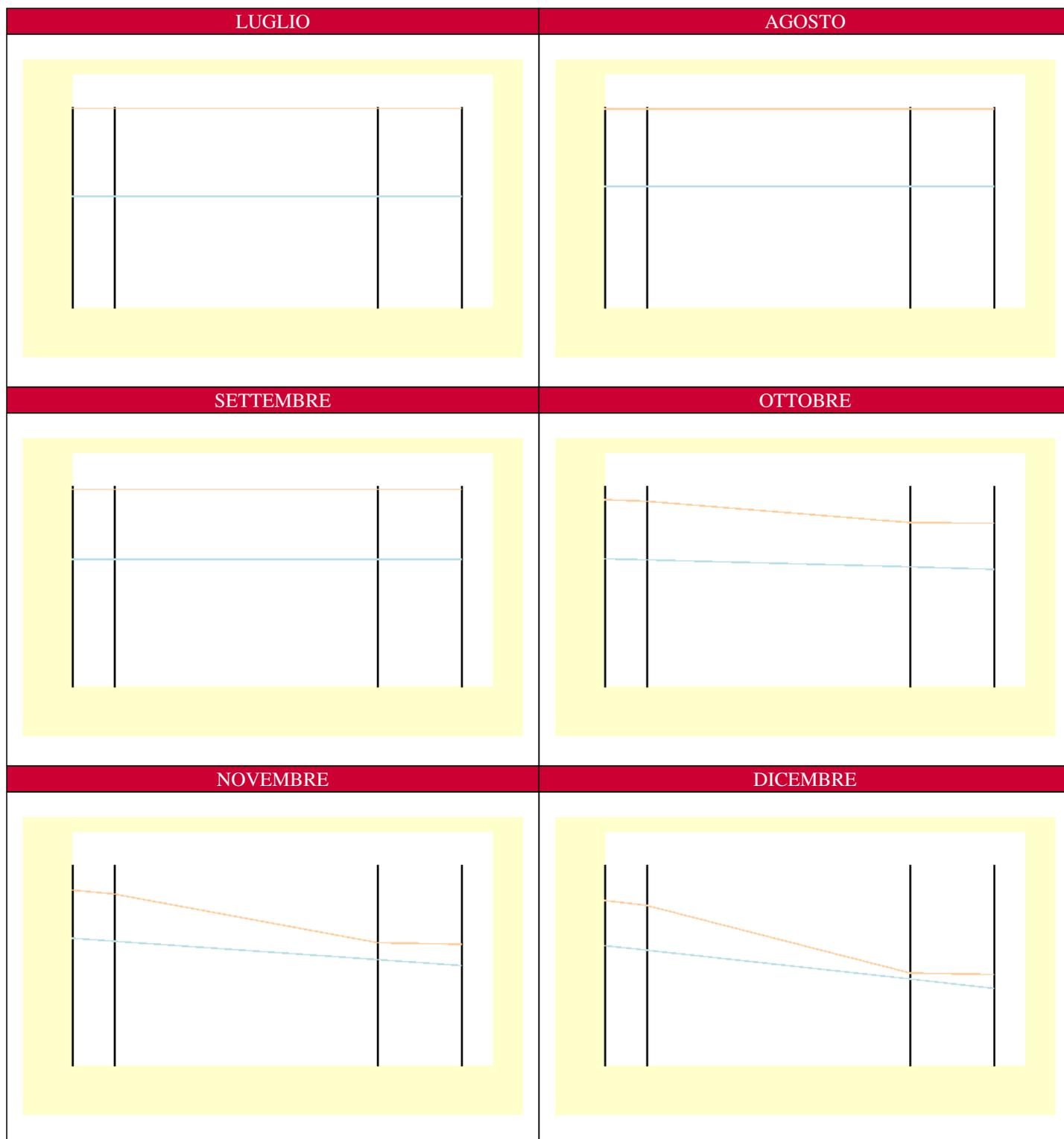
Mese critico: Gennaio



GRAFICI MENSILI DELLE PRESSIONI DI SATURAZIONE E PARZIALI DI VAPORE



GRAFICI MENSILI DELLE PRESSIONI DI SATURAZIONE E PARZIALI DI VAPORE



VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

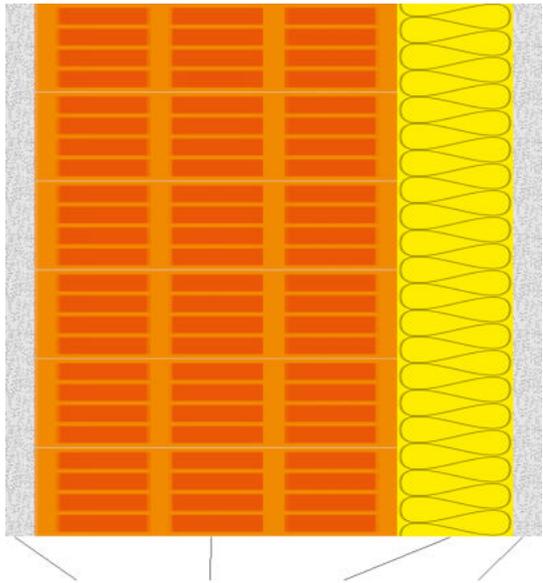
Dati zona climatica

Provincia	Olbia-Tempio	Comune	Budoni	
Gradi giorno	767	Zona Climatica	B	
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti	
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.35	0.43	0.44	
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.32	0.40	0.42	
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 06/08/2020)	0.27	0.38	0.40	

*** NB. Valori limiti fissati dalla legislazione nazionale e in vigore a partire da 1/1/2021. Verificare i limiti previsti da eventuali provvedimenti in vigore a livello regionale, provinciale o comunale.**

La verifica del parametro di trasmittanza termica periodica (Y_{ie}) è prevista per edifici nuovi, demolizioni e ricostruzioni e ristrutturazioni di 1° livello in zone con irradianza maggiore o uguale a 290 W/m². Sono esclusi gli edifici in zona climatica F e le categoria E6 e E8.

Limiti previsti DM 26/6/2015:	Coperture	Pareti
	$Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	$Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in alternativa Massa Superficiale > 230 kg/m ²)

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Parete	
Spessore (s)	37.0 cm	
Massa Superficiale (m)	281 Kg/m ²	
Trasmittanza Termica (U)	0.293 W/m ² K	
Resistenza Termica (R)	3.416 m ² K/W	
Parametri Termici Dinamici	Modulo	
Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})	0.045 W/m ² K	
Capacità termica areica interna (K_i)	43.9kJ/m ² K	
Capacità termica areica esterna (K_e)	31.3kJ/m ² K	
Fattore di attenuazione (f)	0.153	
Sfasamento (φ)	11.03 h	
Ammettenza Termica interna (Y_{ii})	3.152 W/m ² K	
Ammettenza Termica esterna (Y_{ee})	2.256 W/m ² K	
Massa superficiale esclusi intonaci	281 Kg/m ²	

VERIFICA DEI PARAMETRI TERMICI IGROMETRICI E TERMICI DINAMICI DEI COMPONENTI EDILIZI OPACHI

Tabella descrizione strati

Descrizione dello strato	s	ρ	μ	c	λ	R
	[mm]	[Kg/m ³]	[-]	[J/KgK]	[W/mK]	[m ² K/W]
Strato liminare interno						0.13
1) Malta di calce o di calce e cemento	20.0	900	10	1100	0.410	0.05
2) Blocchi in laterizio sp. 13 cm	250.0	900	5	835	0.333	0.75
3) Polistirene Espanso Sinterizzato EPS 150	80.0	25	70	1450	0.033	2.42
4) Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	20.0	1800	20	835	0.900	0.02
Strato liminare esterno						0.04

Legenda

s	spessore dello strato	c	calore specifico del materiale
ρ	massa volumica	λ	conducibilità termica del materiale
μ	fattore di resistenza alla diffusione del vapore	R	resistenza termica degli strati

VERIFICA IGROTERMICA DELLA STRUTTURA

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1531.42	8.70	1028.00
Febbraio	20.00	1484.60	9.10	999.00
Marzo	20.00	1420.59	11.30	1033.00
Aprile	20.00	1467.30	14.00	1200.00
Maggio	20.00	1629.56	16.80	1487.00
Giugno	21.40	1689.00	21.40	1689.00
Luglio	24.00	1800.00	24.00	1800.00
Agosto	24.50	1989.00	24.50	1989.00
Settembre	22.10	1825.00	22.10	1825.00
Ottobre	20.00	1638.38	17.50	1527.00
Novembre	20.00	1632.58	13.50	1343.00
Dicembre	20.00	1554.96	9.90	1105.00

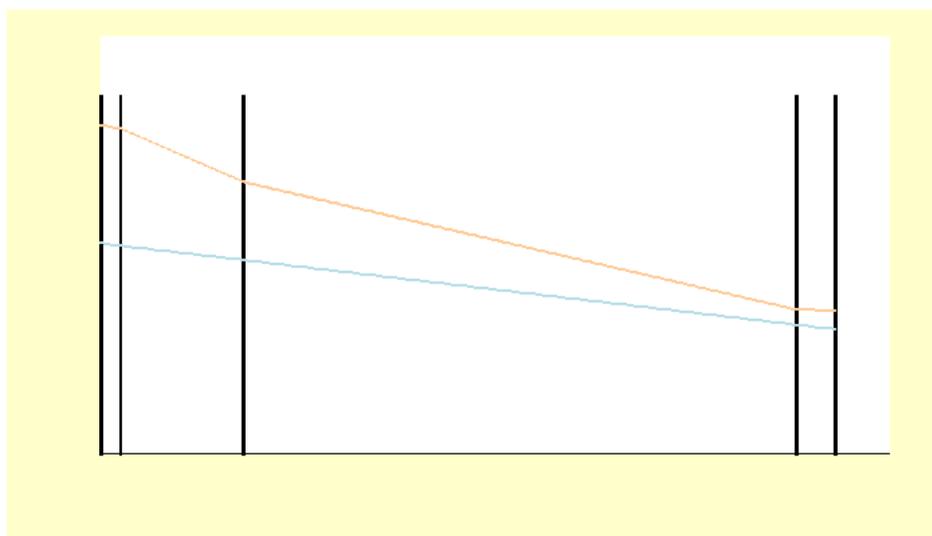
Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale

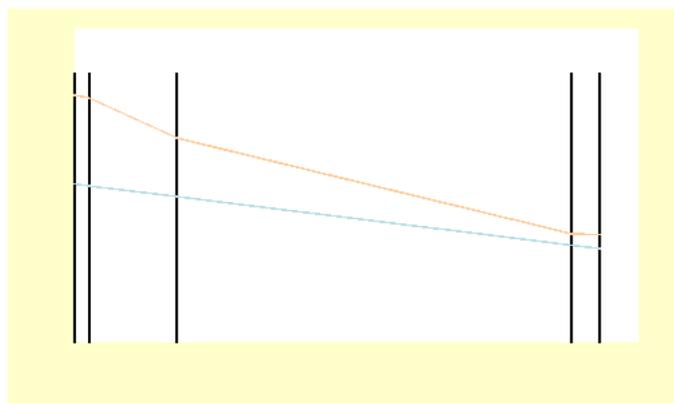
La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale

Mese critico: Gennaio

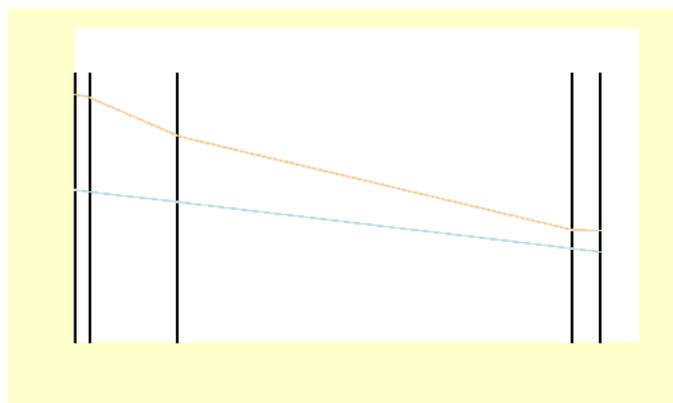


GRAFICI MENSILI DELLE PRESSIONI DI SATURAZIONE E PARZIALI DI VAPORE

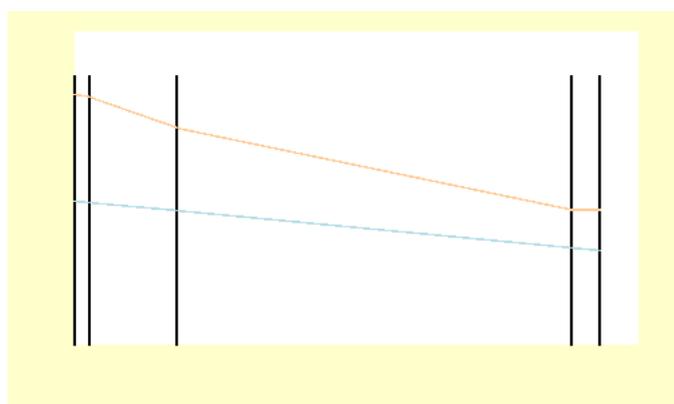
GENNAIO



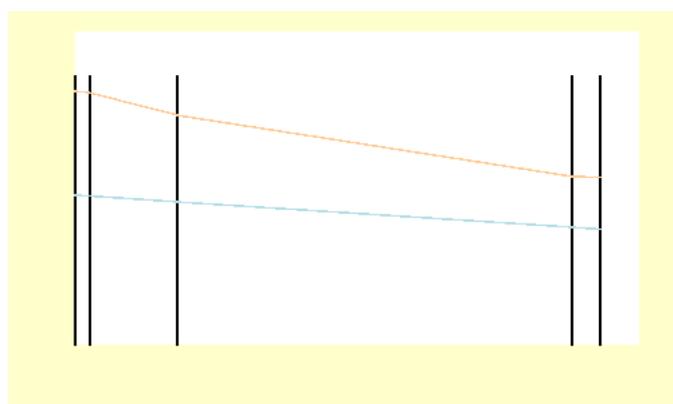
FEBBRAIO



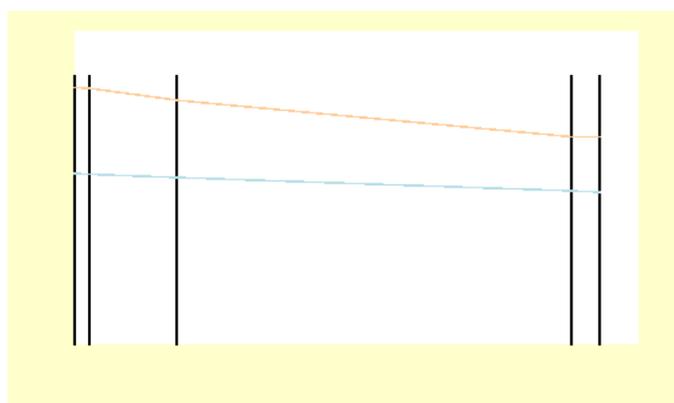
MARZO



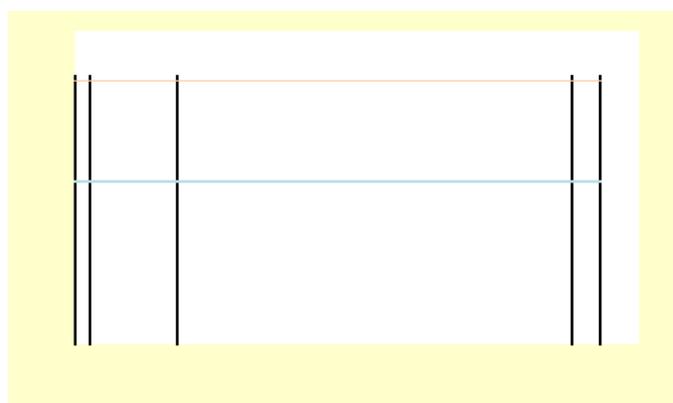
APRILE



MAGGIO



GIUGNO



GRAFICI MENSILI DELLE PRESSIONI DI SATURAZIONE E PARZIALI DI VAPORE

