



In collaborazione con



Efficienza energetica

Il punto di vista degli enti locali, dei professionisti e degli operatori del settore

Corso introduttivo sui nuovi decreti in materia di efficienza energetica degli edifici

IMPLICAZIONI PROGETTUALI PER IL RISPETTO DEI REQUISITI MINIMI

Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione



Legge 373 del 30/04/1976

In Italia il cammino delle norme relative al risparmio energetico in edilizia nasce nel 1974, quando, dopo la guerra del Kippur tra Arabi ed Israeliani, tutti i paesi occidentali si scoprirono improvvisamente vulnerabili a causa della propria dipendenza dal petrolio. L'Italia reagì a questo problema promulgando la **Legge 30 aprile 1976, n. 373** recante **“Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici”**

E' la prima legge italiana emanata al fine di contenere il consumo energetico per usi termici negli edifici e per la prima volta veniva introdotto il principio del risparmio energetico.

La legge 373/1976 regolava, con riferimento ai soli gli impianti termici per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari le caratteristiche di prestazione dei componenti, le modalità di installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti..

Regolava inoltre le caratteristiche di isolamento termico degli edifici da costruire o ristrutturare, nei quali fosse prevista l'installazione di un impianto termico di riscaldamento degli ambienti

Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione



Decreti attuativi Legge 373/1976

La Legge 373/1976 ha trovato attuazione con l'emanazione dei seguenti Decreti:

- D.P.R. 28 giugno 1977, n. 1052 "Regolamento di esecuzione alla Legge 30 aprile 1976, n. 373 relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici";
- Decreto Ministeriale 10 marzo 1977 "Determinazione delle zone climatiche, dei valori minimi e massimi dei relativi **coefficienti volumici di dispersione termica**";
- Decreto Ministeriale 30 luglio 1986 "Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici".

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Legge 29 maggio 1982, n. 308

La Legge 29 maggio 1982, n. 308 contiene *"Norme sul contenimento dei consumi energetici, lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e l'esercizio di centrali elettriche alimentate con combustibili diversi dagli idrocarburi"*

La legge ha introdotto alcune agevolazioni per incentivare gli interventi di risparmio energetico.

In particolare la legge 308 prevedeva che POSSONO ESSERE CONCESSI **CONTRIBUTI IN CONTO CAPITALE**, NELLA MISURA MASSIMA DEL 30 PER CENTO DELLA SPESA DI INVESTIMENTO DOCUMENTATA, E FINO AD UN LIMITE DI 15 MILIONI DI LIRE, PER L'INSTALLAZIONE DI POMPE DI CALORE O DI IMPIANTI PER L'UTILIZZO DI FONTI RINNOVABILI, LA COIBENTAZIONE NEGLI EDIFICI ESISTENTI, L'INSTALLAZIONE DI NUOVI GENERATORI DI CALORE AD ALTO RENDIMENTO SIA NEGLI EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE SIA IN QUELLI ESISTENTI IN SOSTITUZIONE DEI GENERATORI ATTUALMENTE IN FUNZIONE.

Ma la vera e propria svolta in materia fu data con la **L. 9 gennaio 1991 n. 10**

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Legge 10/1991

La legge 10/91 contiene le *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*.

Nasce con l'intento di razionalizzare l'uso dell'energia per il riscaldamento.

La legge propone un percorso per la valutazione del bilancio energetico invernale di un edificio, in cui sono presenti apporti di calore e dispersioni di calore: la loro somma algebrica rappresenta il bilancio energetico.

L'obiettivo è proprio quello di contenere le dispersioni termiche e risparmiare energia.

Un ulteriore concetto rimarcato dalla **norma è il rendimento dei sistemi impiantistici**: al di sotto di certi valori non si può ottenere il risparmio energetico prefissato.

Quello che rende particolarmente innovativa questa legge è la parte che prevede di **soddisfare**, quando possibile, **il fabbisogno energetico degli edifici pubblici favorendo il ricorso a fonti rinnovabili di energia**.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



D.P.R. 412/93

A seguito della legge 10 fu emanato il decreto attuativo D.P.R. 412/93 contenente il *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energetici*.

Il D.P.R. 412 stabiliva i criteri di progettazione energetica sulla base della determinazione del **FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato)** e del **rendimento globale stagionale** dell'impianto termico. Inoltre, rimandava la definizione del metodo di calcolo alle norme tecniche UNI 10344-10345.

Il territorio nazionale viene classificato in funzione del numero di **gradi giorno (GG)**, intesi come la somma (estesa su tutto il periodo annuale convenzionale di riscaldamento) delle differenze positive giornaliere tra la temperatura ambiente (convenzionalmente fissata a 20°C) e la temperatura media esterna giornaliera ricavata dalla UNI 10349.

In funzione dei GG si stabilisce l'appartenenza ad una delle 6 zone climatiche in cui viene suddiviso il territorio, dalla A alla F, ad ognuna delle quali viene associato un periodo convenzionale di riscaldamento.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Direttiva 2002/91/CE-EPBD

Nel 2002 il Parlamento Europeo emana la Direttiva 2002 /91/CE, detta EPBD, con lo scopo di orientare l'attività edilizia dei paesi membri verso una concezione di efficienza energetica che consenta di perseguire anche obiettivi rivolti alla riduzione dell'impatto ambientale.

L'EPBD stabilisce che **la valutazione del rendimento energetico sia degli edifici di nuova costruzione che degli edifici esistenti e sottoposti a ristrutturazione deve essere fatta mediante indicatori prestazionali e parametri predittivi dell'efficienza energetica.**

Si considerano tutti i consumi possibili.

Viene introdotto il concetto di Certificato energetico, dove deve essere indicata la prestazione energetica dell'edificio, in modo da consentire ai cittadini una valutazione dell'efficienza energetica dell'immobile e dargli la possibilità di confrontarlo per un acquisto più consapevole.

Inoltre, tale certificazione deve contenere raccomandazioni circa i possibili interventi migliorativi sull'involucro e sugli impianti, che risultino economicamente convenienti.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



D.lgs. 192/2005

In Italia nel 2005, recependo la direttiva europea 2002/91/CE, è stato emanato il decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192

"Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia".

Gli obiettivi del decreto sono:

- definire il metodo di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici
- applicare i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici
- definire i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici
- garantire le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione
- stabilire i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



D.lgs. 311/2006

Il DL n° 311 del 29/12/06 n. 311 reca *Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 192/2005*.

Il D.Lgs. 311 ha apportato alcuni correttivi al DL 192/2005, rendendo in generale più severi i limiti da verificare.

Il parametro principale è l'indice di prestazione energetica per **la climatizzazione invernale (EPI)**, espresso in kWh/m²anno, differenziato per zone climatiche ed in funzione del fattore di forma dell'edificio, con tre soglie temporali: gennaio 2006 - gennaio 2008 - gennaio 2010.

Manca tuttavia la modalità con cui la certificazione energetica debba essere applicata e introduce in via transitoria, e sino alla data di entrata in vigore delle linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, **l'attestato di qualificazione energetica (AQE)**.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA

**DPR 59/2009**

Il DPR 59/2009 ha la finalità di promuovere un'applicazione "omogenea, coordinata e immediatamente operativa" delle norme per l'efficienza energetica sul territorio nazionale.

Definisce le metodologie, i criteri e i requisiti minimi di edifici e impianti relativamente alla:

- climatizzazione invernale (viene mantenuto l'assetto del DLgs 192/05)
- preparazione di acqua calda per usi sanitari
- climatizzazione estiva (la principale novità rispetto al DLgs 192/05)
- illuminazione artificiale di edifici non residenziali

L'Indice di Prestazione energetica in regime invernale (EPI), con riferimento alle nuove edificazioni ed alle ingenti ristrutturazioni, deve risultare inferiore ai limiti riportati all'Allegato C del DL 311/2006

Il Decreto 59 prevede, inoltre, che gli strumenti di calcolo applicativi, ossia i software commerciali, devono garantire uno scostamento non superiore al 5% rispetto allo strumento di riferimento e devono essere certificati dal CTI (Comitato Termotecnico Italiano).

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



D.M. 26 giugno 2009

Con il D.M. 26 giugno 2009 arrivano finalmente **le linee guida azionali per la certificazione energetica.**

L'Allegato A contiene le regole nazionali sulla certificazione energetica degli edifici e il modello di certificati.

Il decreto prevede che l'attestato di certificazione energetica contenga indicazioni **sull'efficienza energetica dell'edificio**, i valori di riferimento a norma di legge e **le classi prestazionali**, oltre ad **indicazioni economicamente sostenibili per interventi di riqualificazione energetica.**

La validità dell'attestato è di 10 anni, a meno che non si effettui un intervento sull'edificio che ne modifica la destinazione energetica.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA

**D.Lgs. 28/2011**

Il D.Lgs. 28/2011 attua la Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

Le novità più interessanti introdotte sono le seguenti:

Gli impianti di produzione di energia termica degli edifici devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, **tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili,**

- **del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria**
- **di una percentuali (variabile nel tempo dal 20 al 50%) della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento**

Devono essere **obbligatoriamente installati** sopra gli edifici impianti per la **produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile** con potenza elettrica proporzionale alla superficie dell'edificio al livello del terreno.

L'inosservanza dell'obbligo del rispetto di quanto previsto ai punti precedenti comporta il diniego del rilascio del titolo edilizio.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Decreto 63/2013 e legge 90/2013

Il D.L. del 4 giugno 2013 n. 63 , convertito dalla Legge 90/2013, introduce una serie di novità in materia di prestazioni energetiche.

Innanzitutto la certificazione cambia il nome: **non si parlerà più di ACE (Attestato di Certificazione Energetica) ma di APE (Attestato di Prestazione Energetica).**

Viene previsto inoltre l'obbligo di rilascio dell'attestato anche per le locazioni di edifici/unità immobiliari, al pari di quanto avviene per le compravendite.

Vengono introdotte sanzioni amministrative per proprietari ed agenzie immobiliari che non rispettino le regole.

Le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici sono, oltre alle norme UNI/TS 11300 parti 1, 2, 3 e 4 e la Raccomandazione CTI 14/2013, anche la UNI EN 15193 (Prestazione energetica degli edifici -Requisiti energetici per illuminazione).

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Decreti 26 giugno 2015

I Decreti emanati il 26 giugno 2015 sono tre :

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

Decreto 26 giugno 2015. 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.

Decreto 26 giugno 2015. Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA Roma - Mercoledì, 15 luglio 2015

N. 39

MINISTERO
DELLO SVILUPPO ECONOMICO

DECRETO 26 giugno 2015.
Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

DECRETO 26 giugno 2015.
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.

DECRETO 26 giugno 2015.
Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

Relatore	Organizzazione
Dott. Ing. Carlo Bernardini	 

- **LEGGE 9 GENNAIO 1991, n. 10** (come oggi modificato)
- **DECRETO LEGISLATIVO 192 / 2005,** (come oggi modificato)
- **DECRETO LEGISLATIVO 3 MARZO 2011, N. 28**
- **DECRETI 26 GIUGNO 2015**

Relatore	Organizzazione
Dott. Ing. Carlo Bernardini	 

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

Questo decreto definisce le modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche nonché dell'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche. Il decreto si applica agli edifici pubblici e privati, siano essi edifici di nuova costruzione o edifici esistenti sottoposti a ristrutturazione.

Il decreto comprende due Allegati (1 e 2) e due Appendici (A e B)

Con l'entrata in vigore di questo decreto viene abolito il D.P.R. 59/2009

Il decreto stabilisce che i criteri generali e i requisiti della prestazione energetica per la progettazione degli edifici e per la progettazione e installazione degli impianti sono quelli fissati dalla legge 9 gennaio 1991, n. 10, dal decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412 e dalle ulteriori disposizioni di cui all'Allegato 1 al decreto.

Relatore
Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA

Organizzazione



Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

Il decreto introduce il concetto di “EDIFICIO DI RIFERIMENTO”, vale a dire un edificio identico a quello di progetto in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati (Appendice A)

Per EDIFICIO DI RIFERIMENTO si intende quindi un edificio avente un fabbricato di riferimento e degli impianti termici di riferimento

L'edificio di riferimento serve per calcolare il valore di energia primaria limite che gli edifici di nuova costruzione o quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti dovranno rispettare.

Con l'entrata in vigore di questo decreto bisogna effettuare una prima volta i calcoli per determinare gli indici di prestazione energetica dell'edificio di riferimento e una seconda volta i calcoli per determinare quelli dell'edificio reale : gli indici di prestazione energetica dell'edificio reale dovranno essere minore a quelli dell'edificio di riferimento.

Tali requisiti saranno resi più stringenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri immobili.

Relatore
Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA

Organizzazione



Metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici

Per il calcolo della prestazione energetica e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici si adottano le seguenti norme tecniche:

- Raccomandazione CTI 14/2013 e successive norme tecniche che ne conseguono
- UNI TS 11300 parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI TS 11300 parte 2: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- UNI TS 11300 parte 3: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- UNI TS 11300 parte 4: utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- UNI EN 15193 – Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per l'illuminazione

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Software

Gli strumenti di calcolo e i software commerciali dovranno garantire che i valori degli indici di prestazione energetica abbiano uno scostamento massimo di $\pm 5\%$ rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento. La garanzia è fornita attraverso una dichiarazione di conformità del software da parte del CTI.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



FABBRICATO :

sistema costituito dalle strutture edilizie esterne, costituenti l'involucro dell'edificio, che delimitano un volume definito e dalle strutture interne di ripartizione dello stesso volume.

Sono esclusi gli impianti e i dispositivi tecnologici che si trovano al suo interno;

EDIFICIO :

sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume **e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno;**

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Nella definizione dei requisiti di prestazione energetica relativi alla climatizzazione si distingue tra:

- **prestazione termica del fabbricato, riferita alla energia termica utile per il riscaldamento($Q_{H,nd}$) e per il raffrescamento ($Q_{C,nd}$)**
- **prestazione energetica dell'edificio, riferita alla energia primaria per la climatizzazione invernale($E_{p,H}$) e per la climatizzazione estiva ($E_{p,C}$)**

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO:

quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare, con un uso standard dell'immobile, i vari bisogni energetici dell'edificio, la climatizzazione invernale e estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e, per il settore terziario, l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto del livello di isolamento dell'edificio e delle caratteristiche tecniche e degli impianti tecnici.

La prestazione energetica può essere espressa in energia primaria non rinnovabile, rinnovabile, o totale come somma delle precedenti;

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Indici di prestazione termica ed energetica

La prestazione **termica** è definita sostanzialmente attraverso gli indici di prestazione:

- $EP_{H,nd}$ indice di prestazione termica utile per riscaldamento kWh/m^2
- $EP_{C,nd}$ indice di prestazione termica utile per raffrescamento kWh/m^2

La prestazione **energetica** è definita sostanzialmente attraverso gli indici di prestazione

- EP_H - climatizzazione invernale kWh/m^2
- EP_C - climatizzazione estiva kWh/m^2
- EP_W - produzione acqua calda sanitaria kWh/m^2
- EP_V - ventilazione kWh/m^2
- EP_L - illuminazione kWh/m^2
- EP_T - trasporto di persone e cose kWh/m^2

L'indice di prestazione globale EP_{gl} rappresenta la somma di tutti gli indici ed è espresso in kWh/m^2 per tutte le destinazioni d'uso.

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

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Tipologia di interventi

Nuova costruzione

Demolizione e ricostruzione

Ampliamento e sopraelevazione

Ristrutturazione importante

Intervento che interessa almeno il 25% della superficie disperdente lorda dell'edificio:

A) Ristrutturazioni importanti di primo livello

Intervento che interessa più del 50% della superficie disperdente e rifacimento impianto termico invernale e/o estivo

B) Ristrutturazioni importanti di secondo livello

Intervento che interessa più del 25% della superficie disperdente e può interessare l'impianto termico invernale e/o estivo

Riqualificazione energetica

Intervento che interessa meno del 25% della superficie disperdente e/o nuova installazione o ristrutturazione impianto termico invernale e/o estivo

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



L'Allegato 1 al Decreto 26 giugno 2015 “**Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici**” contiene le **prescrizioni** e i **requisiti** in materia di prestazioni energetiche degli edifici validi :
 - per gli edifici di nuova costruzione che per gli edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti -
 - per gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica

Il progettista deve inserire i calcoli attestanti **la rispondenza alle prescrizioni** per il contenimento dei consumi energetici nella relazione tecnica di progetto

I **requisiti** sono invece determinati con l'utilizzo dell'Edificio di Riferimento

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



PRESCRIZIONI

Verificare che :

Nei casi di strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), **vi sia assenza:**

- di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- di condensazioni interstiziali.

Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione

GTA



PRESCRIZIONI

Per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di

rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:

materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:

0,65 nel caso di coperture piane,

0,30 nel caso di copertura a falde;

- tecnologie di climatizzazione passiva (coperture a verde ecc.).

Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione

GTA



PRESCRIZIONI

Obbligo della regolazione automatica della temperatura nei singoli locali

Obbligo della contabilizzazione del calore

Obbligo del **Trattamento dell'acqua di impianto**

Obbligo di **installazione di un contatore del volume di acqua calda sanitaria prodotta**

Obbligo di motori elettrici con efficienza IE3 per **gli ascensori e le scale mobili**

Obbligo di un **livello minimo di automazione**

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Requisiti

Verificare che:

$$H'_T < H'_{T, \text{limite}}$$

dove:

$$H'_T = H'_{tr,adj} / \sum_k A_k \quad [W / m^2 K]$$

H'_T è il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro calcolato con la UNI/TS11300-1;

$H'_{T, \text{limite}}$ è riportato nella tabella 10 dell'Appendice A in funzione del rapporto S/V e della zona climatica

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Scambio termico per trasmissione

La trasmissione di calore da una zona termica avviene: verso l'area esterna, verso il terreno, verso altre zone climatizzate e non. Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione si ricava come:

$$H_{T, tot} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

Dove:

- H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K];
- H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno [W/K];
- H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati [W/K];
- H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa [W/K].

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



H_D - Scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno

Superfici opache

$$H_{D,o} = \sum_k A_{c,k} U_{c+pt,k}$$

Dove:

- $A_{c,k}$ è l'area del componente opaco [m²];
- $U_{c+pt,k}$ è la trasmittanza del componente opaco, maggiorata per la presenza di eventuali ponti termici [W/m²K].

Superfici Trasparenti

$$H_{D,f} = \sum_k A_{w,p,k} U_{f,k}$$

Dove:

- $A_{w,p,k}$ è l'area del componente trasparente [m²];
- $U_{f,k}$ è la trasmittanza del componente trasparente [W/m²K]

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Requisiti

Verificare che:

$$U_{\text{divisori}} \leq 0.8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

La verifica si applica nel caso di nuova costruzione o ristrutturazione importante di primo livello. In questo ultimo caso solo se si demolisce e ricostruisce un divisorio interno, in zone climatiche C, D, E, F.

Il termine U_{divisori} si riferisce alle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari (sia orizzontali che verticali)

Il limite si applica anche alle strutture opache verticali, orizzontali e inclinate che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di climatizzazione adiacenti agli ambienti climatizzati

Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione

GTA



Requisiti

Verificare che :

per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione sia $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$

Per le pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante Nord-ovest/Nord/Nord-Est) sia rispettata almeno una delle seguenti condizioni:

$$M_s > 230 \text{ kg/m}_2 \quad YIE < 0,10 \text{ W/m}^2 \text{ K} .$$

Per tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che:

$$YIE < 0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

dove YIE è un parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare e attenuare la componente periodica del flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786

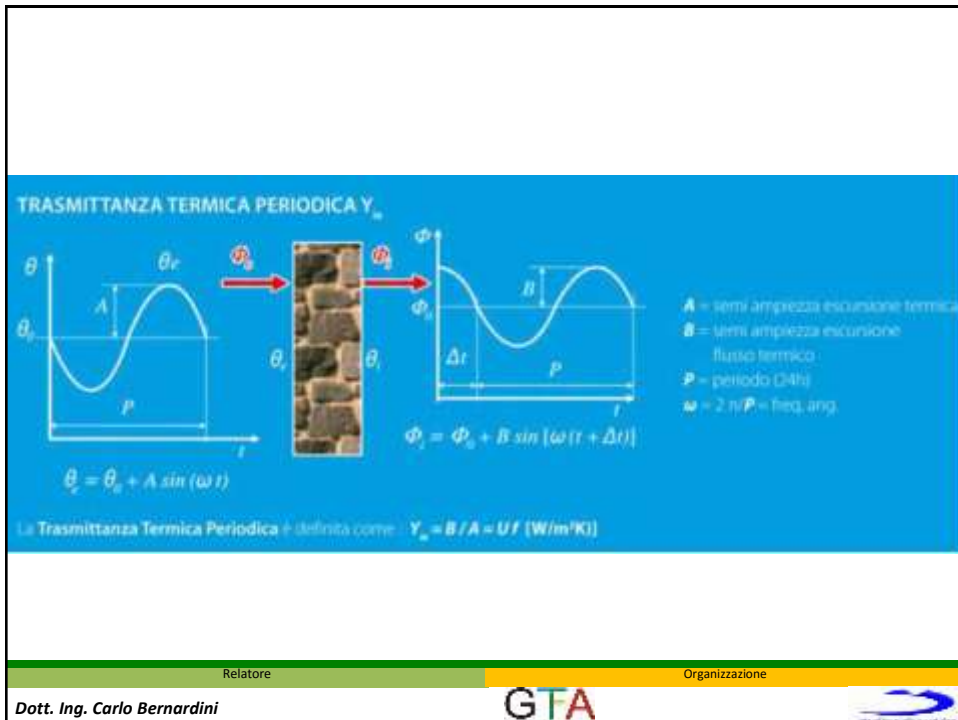
Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione

GTA





Requisiti

$$A_{\text{sol,est}} / A_{\text{sup utile}} < 0,030$$

per gli edifici di categoria E1 fatte alcune eccezioni

$$A_{\text{sol,est}} / A_{\text{sup utile}} < 0,040$$

Per tutti gli altri edifici.

dove:

$A_{\text{sup utile}}$: è l'area della superficie utile dell'edificio;

$A_{\text{sol,est}}$: è l'area solare equivalente estiva dell'edificio [m^2] calcolata come sommatoria delle aree equivalenti estive di ogni componente vetrato k, ovvero:

$$A_{\text{sol,est}} = \sum_k F_{\text{sh,ob}} \times g_{\text{gl+sh}} \times (1 - F_F) \times A_{\text{w,p}} \times F_{\text{sol,est}} \text{ m}^2$$

$F_{\text{sh,ob}}$: è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k-esima, riferito al mese di luglio;

$g_{\text{gl+sh}}$: è la trasmittanza di energia solare totale della finestra calcolata nel mese di luglio, quando la schermatura solare è utilizzata;

F_F : è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{\text{w,p}}$: è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);

$F_{\text{sol,est}}$: è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale

Fattore di riduzione per ombreggiatura

Il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima:

$$F_{sh,ob,k} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fn}$$

I valori dei fattori di ombreggiatura dipendono dalla latitudine, dall'orientamento dell'elemento ombreggiato, dal clima, dal periodo considerato e dalle caratteristiche geometriche degli elementi ombreggianti. Tali caratteristiche sono descritte da un parametro angolare, come evidenziato nelle figure 6 e 7. I tre fattori di ombreggiatura sono calcolati mediante interpolazione lineare dei dati tabellati nell'Appendice D della norma UNI/TS 11300-1.

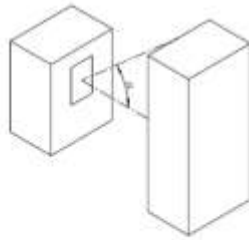


Figura 4: Angolo dell'orizzonte ombreggiato da un'istruzione esterna UNI/TS 11300-1.

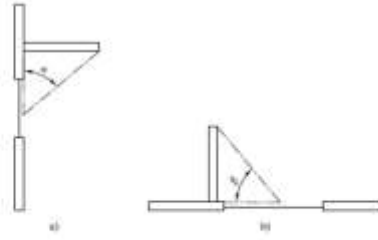


Figura 5: Aggetto orizzontale a) e verticale b) UNI/TS 11300-1.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Requisiti

Verificare che:

$$\eta_H > \eta_{H,limite}$$

$$\eta_W > \eta_{W,limite}$$

$$\eta_C > \eta_{C,limite}$$

Dove:

η_H : è l'efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale

η_W : è l'efficienza media stagionale dell'impianto di produzione di ACS

η_C : è l'efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva
(compreso l'eventuale controllo dell'umidità)

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Requisiti

Verificare che:

$$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$$

$$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$$

$$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$$

$EP_{H,nd}$: è l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento [kWh/m²]

$EP_{C,nd}$: è l'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento [kWh/m²]

$EP_{gl,tot}$: è l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio totale

L'indice è calcolato con la seguente somma:

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

dove :

EP_H è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale [kWh/m²]

EP_W è l'indice di prestazione energetica per la produzione di ACS [kWh/m²]

EP_V è indice di prestazione energetica per la ventilazione [kWh/m²]

EP_C è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva [kWh/m²]

EP_L è indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale [kWh/m²]

EP_T è indice di prestazione energetica per il trasporto di persone e cose [kWh/m²]

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Rinnovabile termico

Gli impianti di produzione di energia termica devono garantire il rispetto della copertura, tramite il ricorso a fonti rinnovabili, di:

55% EP_{acs}

e

55 % (EP_i + EP_e + EP_{acs})

(valori validi per edifici pubblici od ad uso pubblico dal 01/01/2017)

Rinnovabile elettrico

La potenza elettrica P degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, deve essere superiore o uguale al valore calcolato secondo la seguente formula:

$$P = 1,1 \ S / 50 \quad \text{kW}$$

(valori validi per edifici pubblici od ad uso pubblico dal 01/01/2017)

Dove: S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m²

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Per gli edifici nei quali si riscontra l'impossibilità di rispettare gli obblighi imposti sia per il **rinnovabile termico** che per il **rinnovabile elettrico** è fatto obbligo di ottenere un indice di prestazione energetica complessivo secondo la seguente formula

$$EP_{gl,tot} \leq EP_{gl,tot,limite} \times \left[\frac{1}{2} + \left(\frac{\% \text{effettiva}}{\% \text{obbligo}} + \frac{P_{effettiva}}{P_{obbligo}} \right) / 4 \right]$$

$EP_{gl,tot}$ è l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio

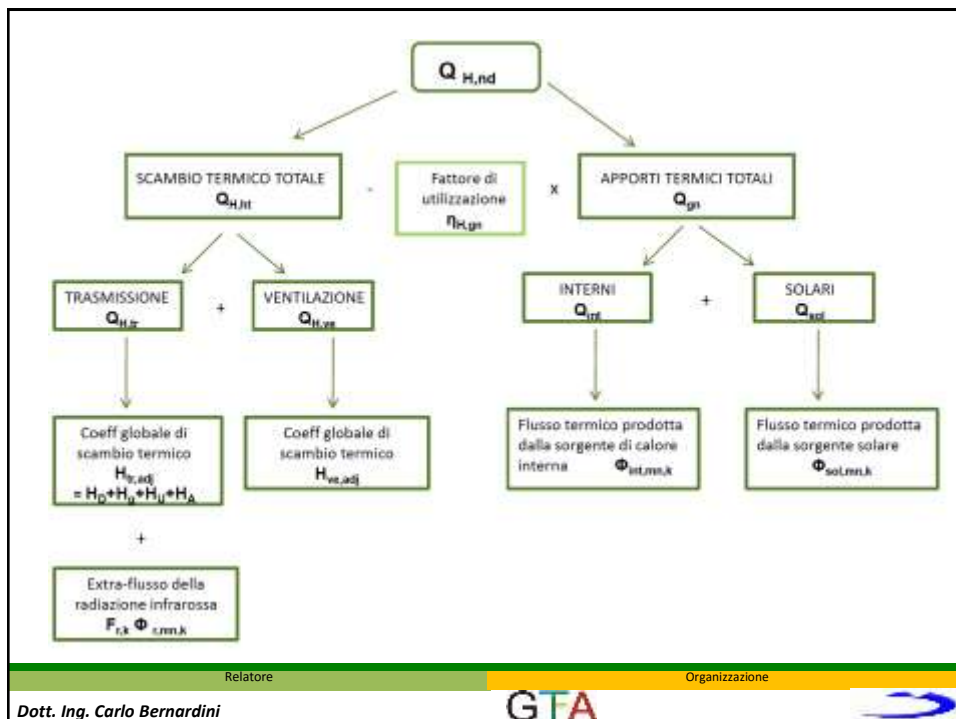
- $\%_{obbligo}$ è il valore della percentuale della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento che deve essere coperta, ai sensi del comma 1, tramite fonti rinnovabili; - $\%_{effettiva}$ è il valore della percentuale effettivamente raggiunta dall'intervento;
- $P_{obbligo}$ è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati; - $P_{effettiva}$ è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili effettivamente installata sull'edificio.

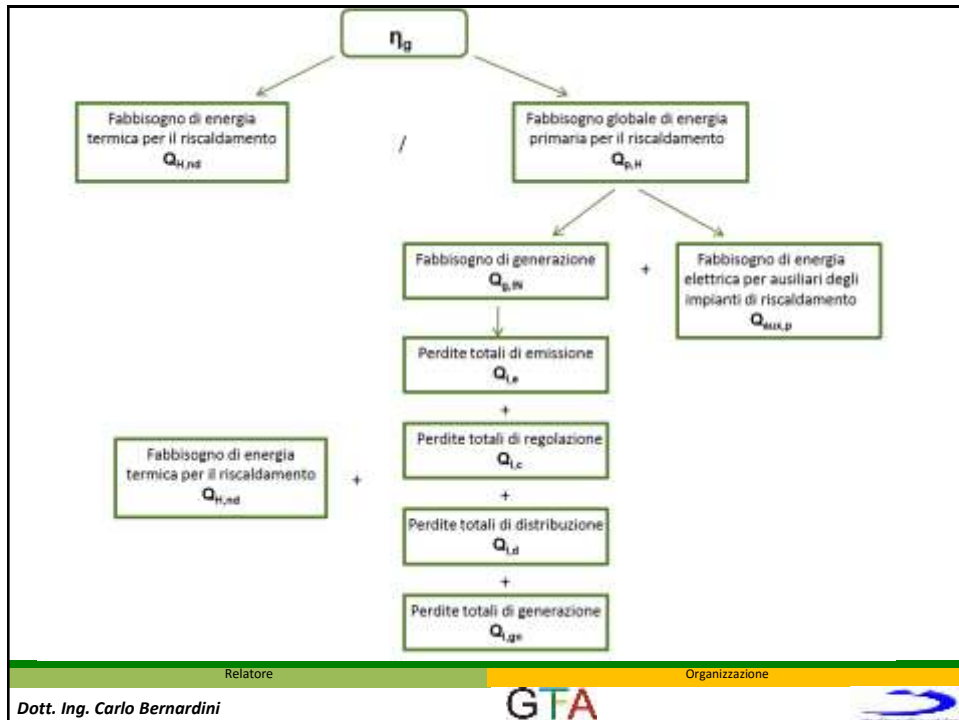
Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA





FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER RISCALDAMENTO

Si definisce come fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento $Q_{H,nd}$ l'energia richiesta per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto (fissata a 20°C), calcolata per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, come:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn}$$

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

Dove:

- $Q_{H,ht}$ è lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento [kWh];
- Q_{gn} sono gli apporti termici totali, somma dei contributi al riscaldamento interni e solari [kWh];
- $Q_{H,ht}$ è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento [kWh];
- $Q_{H,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento [kWh];
- Q_{int} sono gli apporti termici interni [kWh];
- Q_{sol} sono gli apporti termici solari [kWh];
- $\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici, ovvero la misura di quanto questi incidono sul resto del fabbisogno.

Relatore: **Dott. Ing. Carlo Bernardini**

GTA

Organizzazione

CALCOLO DEGLI SCAMBI TERMICI NEL CASO DI RISCALDAMENTO

Per ciascun mese del periodo di riscaldamento, gli scambi termici per il riscaldamento si calcolano:

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

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

Dove:

- $H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];
- $H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];
- $\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata pari a 20° C secondo la *norma UNI/TS 11300-1*;
- θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno, ricavata dalla *norma UNI 10349 Prospetto VI* [°C];
- $F_{r,k}$ è il fattore di forma tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste;
- $\Phi_{r,mn,k}$ è l'extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo;
- t è la durata del mese considerato.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Scambio termico per trasmissione

La trasmissione di calore da una zona termica avviene: verso l'area esterna, verso il terreno, verso altre zone climatizzate e non. Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione si ricava come:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

Dove:

- H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K];
- H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno [W/K];
- H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati [W/K];
- H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa [W/K].

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



H_D- Scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno**Superfici opache**

$$H_{D,o} = \sum_k A_{c,k} U_{c+pt,k}$$

Dove:

- $A_{c,k}$ è l'area del componente opaco [m²];
- $U_{c+pt,k}$ è la trasmittanza del componente opaco, maggiorata per la presenza di eventuali ponti termici [W/m²K].

Superfici Trasparenti

$$H_{D,f} = \sum_k A_{w,p,k} U_{f,k}$$

Dove:

- $A_{w,p,k}$ è l'area del componente trasparente [m²];
- $U_{f,k}$ è la trasmittanza del componente trasparente [W/m²K]

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA

**H_D - Scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno****Superfici Trasparenti**

$$H_{D,f} = \sum_k A_{w,p,k} U_{f,k}$$

Dove:

- $A_{w,p,k}$ è l'area del componente trasparente [m²];
- $U_{f,k}$ è la trasmittanza del componente trasparente [W/m²K]

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



H_g - Scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il coefficiente di accoppiamento termico in regime stazionario tra gli ambienti interno ed esterno è dato:

$$H_g = A \times U_f \times b_{tr,g}$$

Dove:

- A è l'area dell'elemento [m^2];
- U_f è la trasmittanza termica della parte sospesa del pavimento (tra l'ambiente interno e lo spazio sottopavimento) [W/m^2K];
- $b_{tr,g}$ è dato dal *Prospetto 6 della norma UNI/TS 11300-1*.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



H_U - Scambio termico stazionario per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione H_U , tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso gli ambienti non climatizzati è dato:

$$H_U = H_{tu} \times b_{tr,x}$$

Dove:

- H_{tu} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato;
- $b_{tr,x}$ per edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori del fattore $b_{tr,x}$ si possono assumere dal *Prospetto 5 della norma UNI/TS 11300-1*.

$$H_{tu} = A_{tu} \times U_{s,tu}$$

Dove:

- A_{tu} è l'area del componente edilizio sull'ambiente non climatizzato [m^2];
- $U_{s,tu}$ è la trasmittanza termica del componente edilizio sull'ambiente non climatizzato [W/m^2K].

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Scambio termico per ventilazione

La normativa prevede dei ricambi d'aria dipendenti dall'occupazione dei locali e dalla loro destinazione d'uso in maniera tale da garantire un'adeguata qualità dell'aria. Il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione si ricava come:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \times (\sum_k b_{ve,k} q_{ve,k,mm})$$

Dove:

- $\rho_a c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1200 [J/m³K];
- $q_{ve,k,mm}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo [m³/h];
- $b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k-esimo, pari a 1. $b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione.

La portata mediata sul tempo di flusso d'aria k-esimo, $q_{ve,k,mm}$, espressa in [m³/h], si ricava come:

$$q_{ve,k,mm} = f_{ve,k} \times q_{ve,k}$$

Dove:

- $f_{ve,k}$ è la frazione di tempo in cui si verifica il flusso d'aria k-esimo, nel caso di studio, per una situazione permanente è pari a 1;
- $q_{ve,k}$ è la portata sul tempo del flusso d'aria k-esimo [m³/h];

Nel caso di aerazione o ventilazione naturale:

- per gli edifici residenziali si assume un tasso di ricambio d'aria pari a 0,3 vol/h;

$$q_{ve,k} = n \times V_{netto}$$

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

L'extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste è definito secondo *UNITS/11300-1* come:

$$\sum_k F_{r,k} \Phi_{emn,k}$$

Il fattore di forma tra un componente edilizio e la volta celeste vale:

$$F_{r,k} = F_{sh,ob, diff} (1 + \cos S) / 2$$

Dove:

- $F_{sh,ob, diff}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa, pari a 1 in assenza di ombreggiature da elementi esterni;
- S è l'angolo di inclinazione del componente sull'orizzonte.
 $S=0^\circ$ per coperture orizzontali, $S=90^\circ$ per pareti verticali.

$F_{r,k}$	$F_{sh,ob, diff}$	S
0,5	1	90

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

L'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo, è dato:

$$\Phi_{r,mn,k} = R_{se} \times U_{c,k} \times A_{c,k} \times h_r \times \Delta\theta_{er}$$

Dove:

- R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna del componente, pari a 0,04 [m²K/W], determinata secondo la UNI EN 6946;
- $U_{c,k}$ è la trasmittanza termica del componente, [W/m²K];
- $A_{c,k}$ è la superficie di scambio del componente edilizio k-esimo [m²];
- h_r è il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento [W/m²K];
 $h_r = 5 \epsilon$
 dove ϵ rappresenta l'emissività per irraggiamento termico di una superficie esterna;

Per $\epsilon = 0,9$

$h_r = 4,5$ W/m²K

per materiali da costruzioni;

Per $\epsilon = 0,837$

$h_r = 4,185$ W/m²K

per i vetri;

- $\Delta\theta_{er}$ è la differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo [K], pari a 11 K secondo la norma UNI/TS 11300-1.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



CALCOLO DEGLI APPORTI TERMICI

Gli apporti di calore sono distinguibili fra **interni**, dipendenti dal metabolismo degli occupanti, dal calore dovuto alle apparecchiature elettriche presenti e all'illuminazione, e **solari**, derivanti dall'irraggiamento medio della località interessata, dall'orientamento della superficie, dagli ombreggiamenti, dalle caratteristiche di assorbimento delle superfici ecc.

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, gli apporti termici si calcolano con le seguenti formule:

$$Q_{int} = \{ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \} \times t + \{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \} \times t \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{sol} = \{ \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \} \times t + \{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \} \times t \quad [\text{kWh}]$$

Dove:

- $b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l-esima oppure il flusso termico l-esimo di origine solare;
- $\Phi_{int,mn,k}$ è il flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo [W];
- $\Phi_{int,mn,u,l}$ è il flusso termico prodotto dalla l-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo [W];
- $\Phi_{sol,mn,k}$ è il flusso termico k-esimo di origine solare, mediato sul tempo [W];
- $\Phi_{sol,mn,u,l}$ è il flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo [W].

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Flusso termico di origine solare

Il flusso termico k-esimo di origine solare, $\Phi_{sol,k}$ espresso in [MJ] si calcola con la seguente formula:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \times A_{sol,k} \times I_{sol,k} \quad [MJ]$$

Dove:

- $F_{sh,ob,k}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima:

$$F_{sh,ob,k} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fin}$$

dove:

- F_{hor} è il fattore di ombreggiamento relativo ad ostruzioni esterne;
- F_{ov} è il fattore di ombreggiamento relativo ad aggetti orizzontali;
- F_{fin} è il fattore di ombreggiamento relativo ad aggetti verticali;

- $A_{sol,k}$ è l'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato [m²];
- $I_{sol,k}$ è l'irradianza solare media mensile, sulla superficie k-esima, con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale [W/m²].

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Area di captazione solare effettiva di un componente vetrato

Gli apporti solari che giungono all'interno attraverso una vetratura dipendono, oltre dal tipo di vetro, anche dalla struttura del componente e dall'efficacia di eventuali schermature (es. tende, tapparelle). La norma richiede il calcolo di una superficie equivalente chiamata area di captazione solare effettiva A_{sol} , calcolata come:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_f) A_{w,p} \quad [m^2]$$

Dove:

- $F_{sh,gl}$ è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili (es. tende). Per facilitare i calcoli si assume tale fattore pari a 1;
- g_{gl} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra quando la schermatura solare non è utilizzata, definita dall'UNI/TS 11300-1;

$$g_{gl} = F_w \times g_{gl,n}$$

dove:

- F_w è il fattore di esposizione, pari a 0,9;
- $g_{gl,n}$ è la trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale, definita dal Prospetto 13 dell'UNI/TS 11300-1;

- F_f è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato, secondo la norma UNI/TS 11300-1, il valore $(1 - F_f)$ è pari a 0,8;
- $A_{w,p}$ è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra).

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Area di captazione solare effettiva di un componente vetrato

$$F_w = 0,9$$

$$g_{gl} = F_w \times g_{gl,n}$$

prospetto 13 Trasmissione di energia solare totale $g_{gl,n}$ di alcuni tipi di vetro

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Tripla vetro normale	0,70
Tripla vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Area di captazione solare effettiva di una parete opaca

L'area di captazione solare effettiva della parete opaca dell'involucro edilizio A_{sol} dipende dal colore del componente:

$$A_{sol} = a_{sol,c} R_{se} U_c A_c \quad (m^2)$$

Dove:

- $a_{sol,c}$ è il fattore di assorbimento solare del componente opaco, pari a 0,6 per superfici di colore medio secondo la norma UNI/TS 11300-1;
- R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, pari a 0,04 [m²K/W], determinato secondo la UNI/TS 11300-1;
- U_c è la trasmittanza termica del componente opaco [W/m²K];
- A_c è l'area proiettata del componente opaco.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



FATTORE DI UTILIZZAZIONE DEGLI APPORTI TERMICI

Il fattore di utilizzazione degli apporti termici per il calcolo del fabbisogno di riscaldamento si calcola secondo la *norma UNI/TS 11300-1* come:

$$\eta_{ht,gn} = (1 - \gamma_H^{nH}) / (1 - \gamma_H^{nH+1}) \quad \text{se } \gamma_H > 0 \text{ e } \gamma_H \neq 1$$

Dove:

$$\gamma_H = Q_{gn} / Q_{d,ht}$$

$$a_H = a_{H,0} + \tau / \tau_{H,0}$$

τ è la costante di tempo termica della zona termica [h];

$$\tau = (C_m / 3600) / (H_{t,rd} + H_{v,rd})$$

C_m è la capacità termica interna determinata in funzione delle caratteristiche costruttive dei componenti edilizi;

$$C_m = 155 \text{ [kJ/(m}^2 \times \text{K)]} \times A_f \text{ [J/K]}$$

Calcolo eseguito secondo il *Prospetto 16 della norma UNI/TS 11300-1*, considerando una classe di esercizio media.

A_f è la superficie calpestabile climatizzata, pari a 70 m².

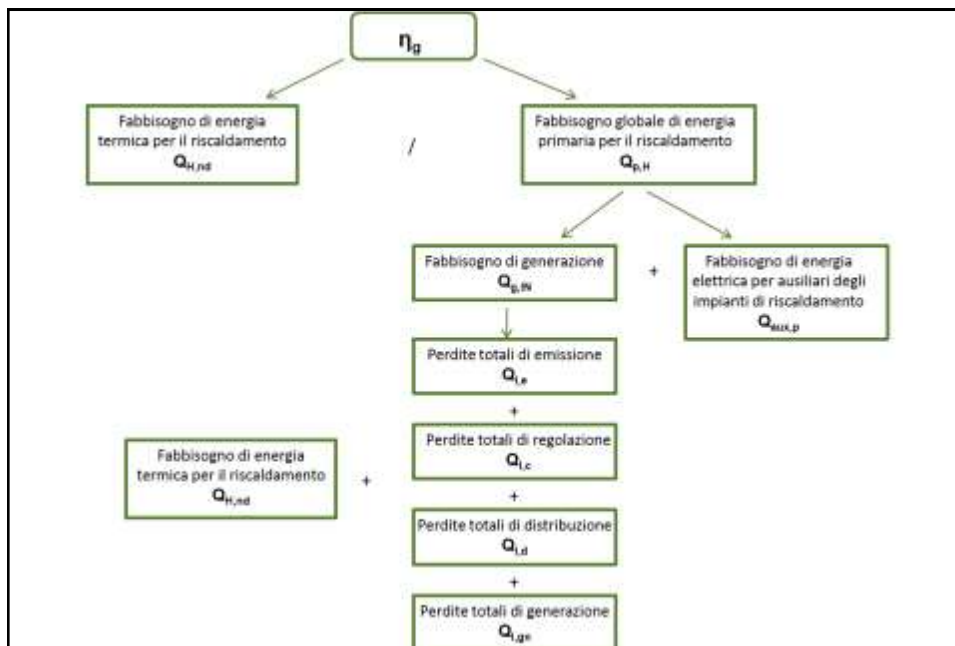
Secondo la *norma UNI/TS 11300-1* per il calcolo mensile $a_{H,0} = 1$ e $\tau_{H,0} = 15\text{h}$

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Fabbisogno globale di energia primaria

Il fabbisogno globale di energia primaria è dato:

$$Q_{p,H} = Q_{gn,IN} + Q_{aux,p}$$

Dove:

- $Q_{gn,IN}$ è il fabbisogno di generazione [kWh];
- $Q_{aux,p}$ è il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di riscaldamento [kWh].

Il fabbisogno di generazione è definito secondo la seguente relazione:

$$Q_{gn,IN} = Q_{H,nd} + Q_{l,e} + Q_{l,c} + Q_{l,d} + Q_{l,gn}$$

Dove:

- $Q_{l,e}$ sono le perdite totali di emissione [kWh];
- $Q_{l,c}$ sono le perdite totali di regolazione [kWh];
- $Q_{l,d}$ sono le perdite totali di distribuzione [kWh];
- $Q_{l,gn}$ sono le perdite totali di generazione [kWh].

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Sottosistema di emissione

I sistemi di emissione dell'energia termica sviluppata dal generatore possono essere diversi, ognuno con un rendimento diverso a seconda della tipologia.

Il contributo delle perdite di emissione $Q_{l,e}$ è calcolato sulla base del rendimento di emissione η_e :

$$Q_{l,e} = Q_{H,nd} \times (1 - \eta_e) / \eta_e$$

Dove:

- η_e è il rendimento di emissione.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Sottosistema di regolazione

Il rendimento di regolazione è un parametro che esprime la deviazione tra la quantità di energia richiesta in condizioni reali rispetto a quelle ideali.

Le perdite totali di regolazione $Q_{l,c}$ si calcolano come:

$$Q_{l,c} = Q_{e,IN} \times (1 - \eta_c) / \eta_c$$

Dove:

- * η_c è il rendimento di regolazione, calcolato secondo il *Prospetto 20 della UNI/TS 11300-2*.

Nell'appartamento in questione presenta una regolazione "solo zona con regolatore" di tipo on-off, corrispondente ad un rendimento di regolazione di 0,93, ricavato secondo il *Prospetto 20 della norma UNI/TS 11300-2*.

Il fabbisogno di regolazione è costituito dal fabbisogno di emissione sommato alle perdite di regolazione:

$$Q_{c,IN} = Q_{e,IN} + Q_{l,c}$$

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Sottosistema di distribuzione

Le perdite di regolazione $Q_{l,d}$ vengono calcolate sulla base del rendimento di distribuzione η_d applicato al fabbisogno di regolazione $Q_{c,IN}$ secondo la formula:

$$Q_{l,d} = Q_{c,IN} \times (1 - \eta_d) / \eta_d$$

Dove:

- * η_d è il rendimento di distribuzione, calcolato secondo il *Prospetto 21 della UNI/TS 11300-2*, che riporta diverse tipologie di distribuzione.

Prospetto 21: Rendimento di distribuzione

SISTEMI AUTONOMI				
	Isolamento distribuzione			
	Legge 10/91 Periodo di installazione dopo il 1985	Discreti Periodi di installazione 1985-1977	Medio Periodi di installazione 1975-1985	Insufficiente Periodi di installazione prima del 1985
	0,980	0,950	0,900	0,850

Tabella 29: Rendimento di distribuzione – Prospetto 21 dell'UNI/TS 11300-2.

Il fabbisogno di distribuzione è costituito dal fabbisogno di regolazione sommato alle perdite di distribuzione:

$$Q_{d,IN} = Q_{c,IN} + Q_{l,d}$$

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Sottosistema di generazione

Le perdite di generazione tengono conto delle caratteristiche del generatore e delle sue modalità di utilizzo, si calcolano con la seguente formula:

$$Q_{l,gn} = Q_{d,IN} \times (1 - \eta_{gn}) / \eta_{gn}$$

Dove:

- η_{gn} è il rendimento di generazione distribuzione, calcolato secondo il Prospetti 23 della UNI/TS 11300-2.

Il fabbisogno di generazione è costituito dal fabbisogno di distribuzione sommato alle perdite di generazione:

$$Q_{gn,IN} = Q_{d,IN} + Q_{l,gn}$$

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Fabbisogno degli ausiliari

Il fabbisogno di energia elettrica di un impianto di riscaldamento $Q_{el,aux}$ [(kWh)el] è determinato:

$$Q_{H,aux} = W_{aux,t} \times t_{gn}$$

Dove:

- $W_{aux,t}$ è il valore della potenza totale degli ausiliari, espresso in [W];
- t_{gn} è il tempo di funzionamento del generatore, espresso in [h].

Il valore della potenza totale degli ausiliari è definita:

$$W_{aux,t} = W_{aux,pn} + W_{gn,P0,pr}$$

Dove:

- $W_{gn,P0,pr}$ è il valore della potenza della pompa primaria, espresso in [W];
- $W_{aux,pn}$ è il valore della potenza degli ausiliari del generatore a bordo della caldaia, espresso in [W].

In assenza di valori dichiarati dal fabbricante, la potenza degli ausiliari del generatore a bordo della caldaia può ricavarsi come:

$$W_{aux,pn} = G + H \times \Phi_{pn}^n$$

Dove:

- G, H, n sono i parametri ricavabili dall'Appendice B dell' UNI/TS 11300-2;
- Φ_{pn} è la potenza termica utile nominal del generatore, espressa in [W], secondo dati di targa.

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Requisiti

$A_{\text{sol,est}} / A_{\text{sup utile}} < 0,030$ per gli edifici di categoria E1 fatte alcune eccezioni
 $A_{\text{sol,est}} / A_{\text{sup utile}} < 0,040$ Per tutti gli altri edifici.

dove:

$A_{\text{sup utile}}$: è l'area della superficie utile dell'edificio;

$A_{\text{sol,est}}$: è l'area solare equivalente estiva dell'edificio [m^2] calcolata come sommatoria delle aree equivalenti estive di ogni componente vetrato k , ovvero:

$$A_{\text{sol,est}} = \sum_k F_{\text{sh,ob}} \times g_{\text{gl+sh}} \times (1 - F_F) \times A_{\text{w,p}} \times F_{\text{sol,est}} \quad \text{m}^2$$

$F_{\text{sh,ob}}$: è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k -esima, riferito al mese di luglio;

$g_{\text{gl+sh}}$: è la trasmittanza di energia solare totale della finestra calcolata nel mese di luglio, quando la schermatura solare è utilizzata;

F_F : è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{\text{w,p}}$: è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);

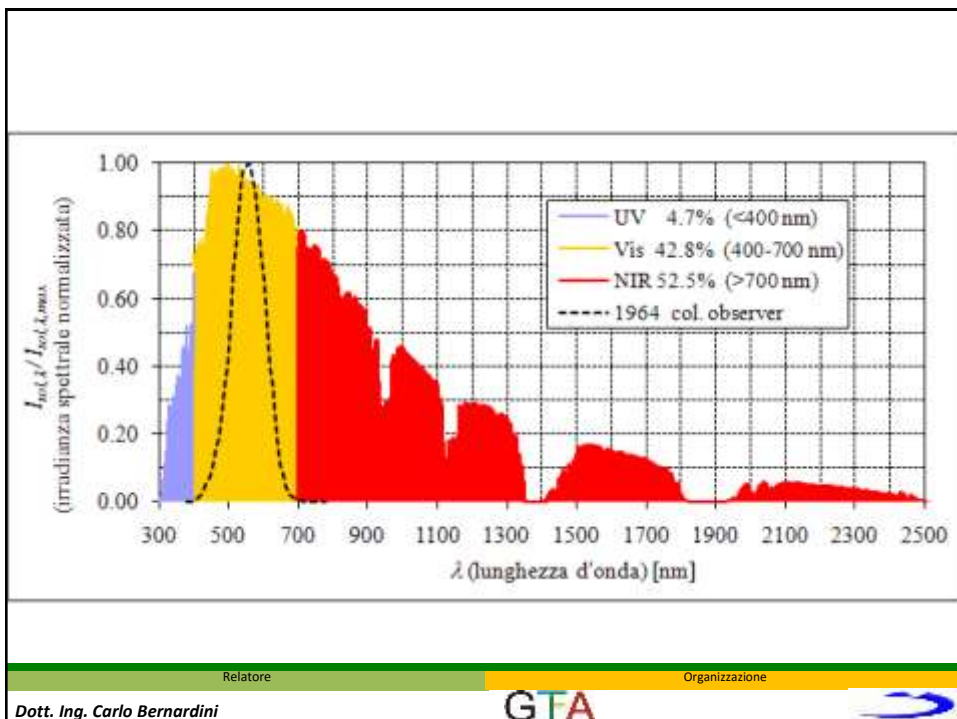
$F_{\text{sol,est}}$: è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale

Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Relatore

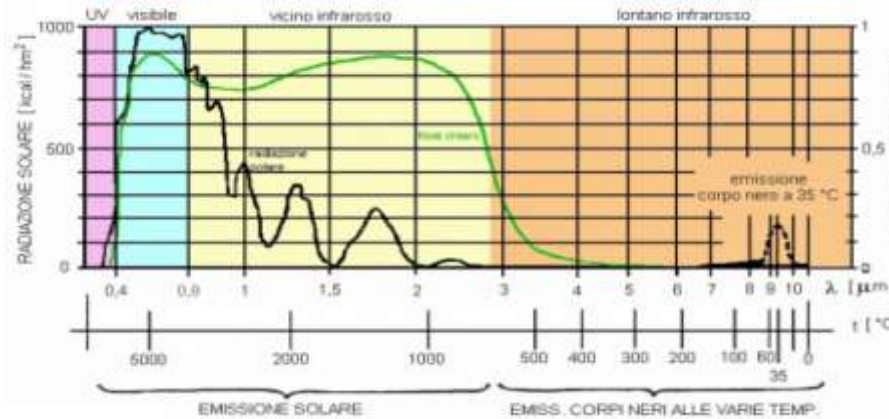
Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



se anteriormente alla superficie grigia vi è un vetro con queste caratteristiche

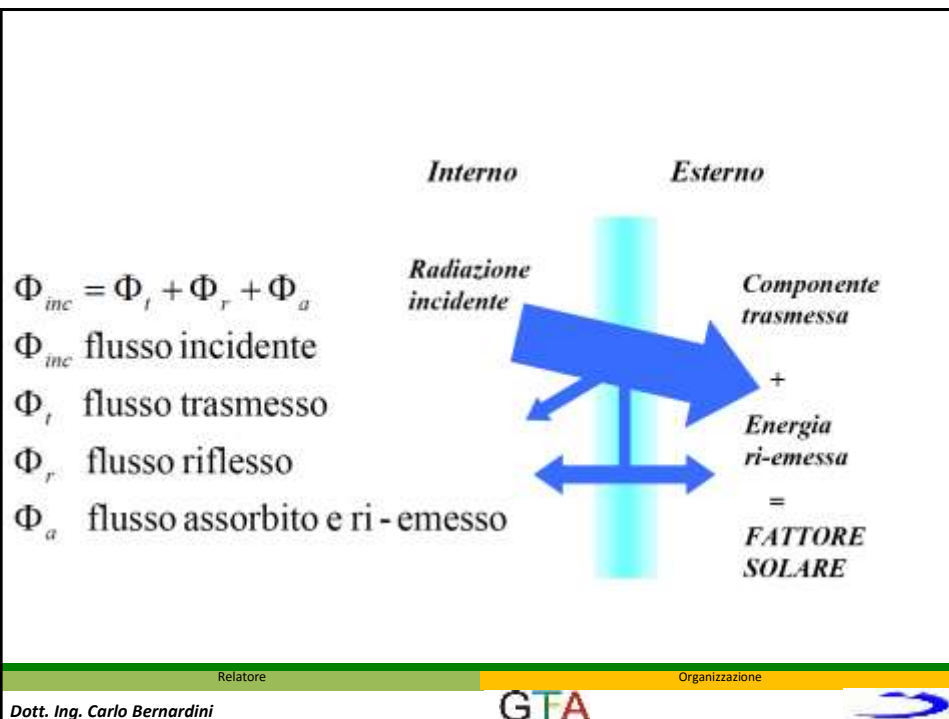


Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA

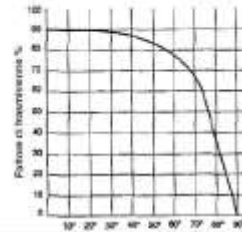


PROPRIETA' OTTICHE DEI VETRI

Per radiazione ad incidenza normale

$$R = \frac{\Phi_r}{\Phi_{inc}} = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}$$

dove n è l'indice di rifrazione
del vetro (indicativamente 1.5)



Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA



per cui per tutti i corpi:

$$a(\lambda, T) + r(\lambda, T) + t(\lambda, T) = 1$$

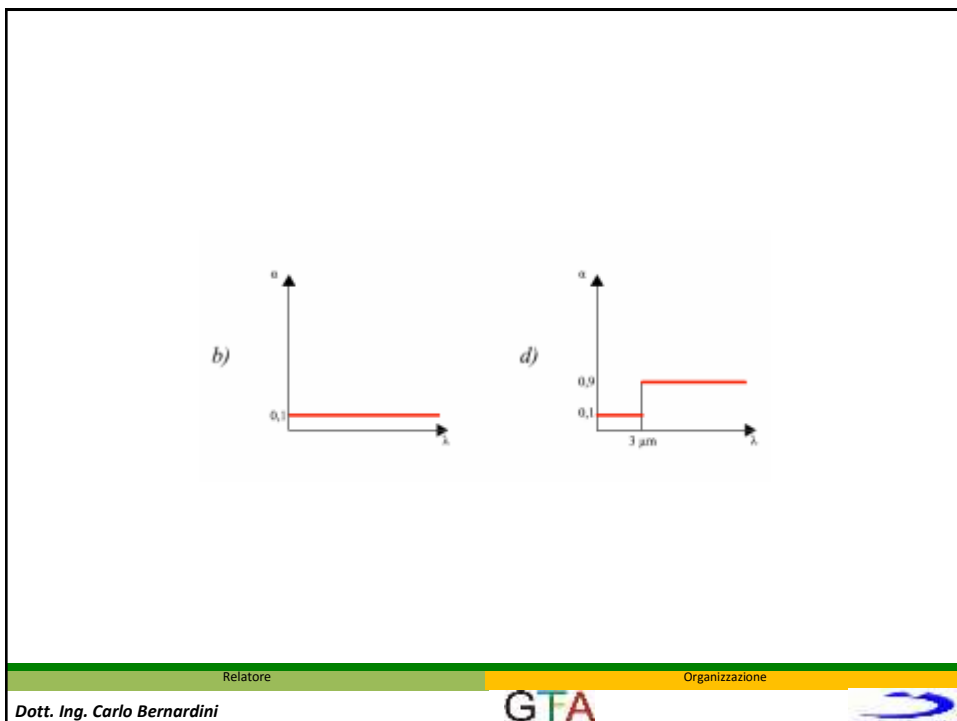
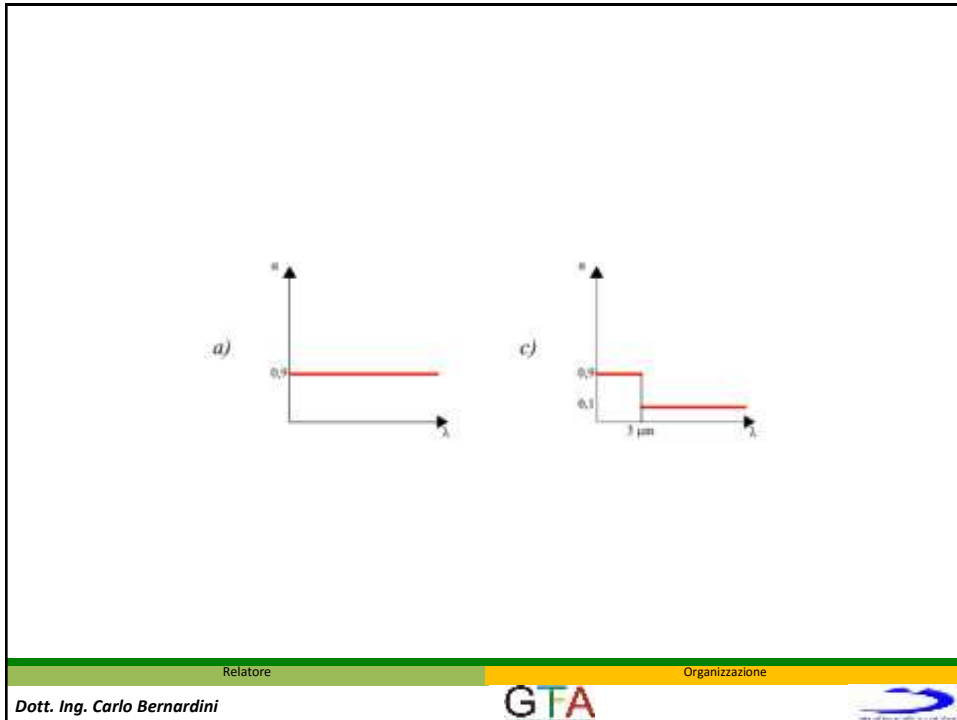
Relatore

Organizzazione

Dott. Ing. Carlo Bernardini

GTA





Nel caso di superfici selettive (calde o fredde) si definisce grado di selettività il rapporto tra

$$S = \frac{\alpha_c \text{ (corte lunghezze d'onda)}}{\alpha_l \text{ (lunghe lunghezze d'onda)}}$$

Nel caso di irraggiamento solare su superfici selettive (calde o fredde)

Se P è la potenza incidente

Se α_c è il coefficiente di assorbimento alle corte lunghezze d' onda dove, in prima approssimazione si può ipotizzare cada tutta la energia solare incidente

Se α_l è il coefficiente di assorbimento alle lunghe lunghezze d' onda dove, in prima approssimazione si può ipotizzare cada tutta la energia emessa dalla superficie

Se T è la temperatura raggiunta dalla superficie all' equilibrio

Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione

GTA



$$E_{\text{tot}} = P = \alpha_c \cdot \omega \cdot T^4$$

$$P = \alpha_c \cdot \omega \cdot T^4 = \alpha_l \cdot \omega \cdot T^4$$

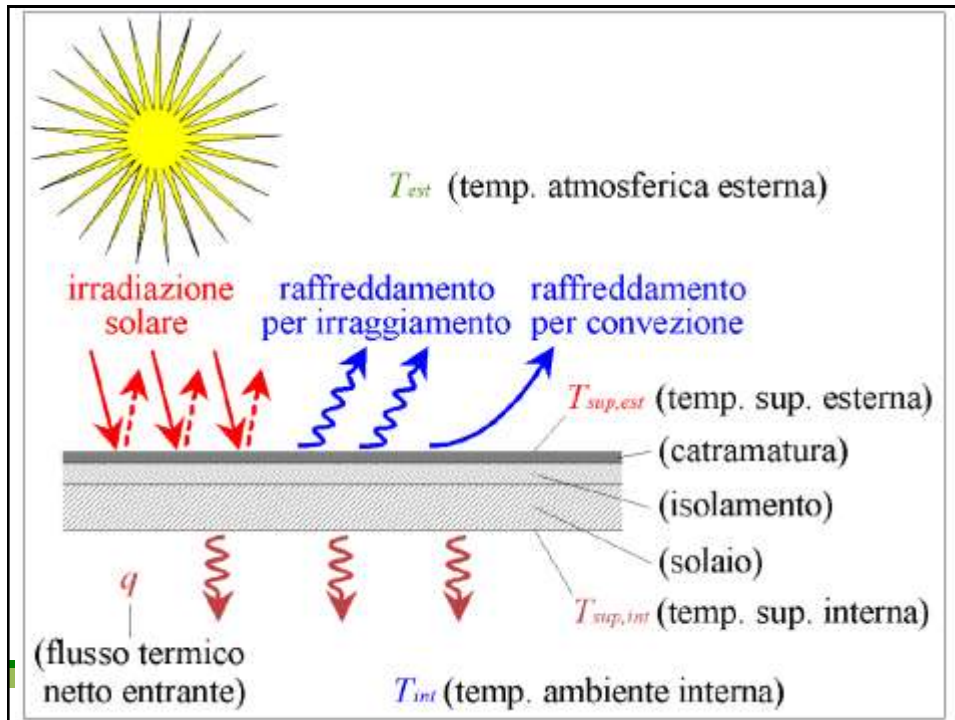
Relatore

Dott. Ing. Carlo Bernardini

Organizzazione

GTA





Relatore	Organizzazione
Dott. Ing. Carlo Bernardini	 