

GFA
Gruppo Fisica Tecnica Ambiente

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
A.P.E. e nuova legislazione
DIAGNOSI ENERGETICA STRUMENTALE

Relatore
Ing. Andrea BEZ

 Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Sassari

GFA A.P.E. e nuova legislazione  Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari



**Dalla Certificazione
all'Audit Energetico**

GFA A.P.E. e nuova legislazione  Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari

AUDIT ENERGETICO

Fattori che influenzano il fabbisogno energetico di un Immobile



GFA A.P.E. e nuova legislazione  Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari

AUDIT ENERGETICO

L'audit energetico degli edifici è un insieme sistematico di rilievo, raccolta ed analisi dei parametri relativi ai consumi specifici e alle condizioni di esercizio dell'edificio e dei suoi impianti, definibile come una "valutazione tecnico-economica dei flussi di energia",
ridurre i consumi energetici degli edifici: è quindi un'esigenza fondamentale non solo ai fini di una migliore consapevolezza ambientale ma soprattutto per:

- Migliorare la gestione degli edifici;
- Migliorare l'appeal commerciale dell'edificio;
- Garantire una maggiore autonomia energetica futura.

Un audit energetico permette quindi di:

- Definire il bilancio energetico dell'edificio;
- Individuare gli interventi di riqualificazione energetica;
- Valutare per ciascun intervento le opportunità tecniche ed economiche;
- Migliorare le condizioni di comfort e sicurezza;
- Ridurre le spese di gestione.

GFA A.P.E. e nuova legislazione  Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari

AUDIT ENERGETICO

La **Certificazione energetica** si ottiene attraverso un' **analisi statica** dei flussi di energia
L'**Audit Energetico** viene svolto attraverso un' **analisi dinamica** dei flussi di energia



In un Audit Energetico devono essere analizzate in modo approfondito **TUTTE** le variabili che concorrono nel bilancio energetico di un edificio avvalendosi anche di adeguata strumentazione durante il rilievo e opportuni motori di calcolo durante l'elaborazione dei dati.

GFA A.P.E. e nuova legislazione  Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari

Nella Diagnosi Energetica degli edifici una delle problematiche fondamentali da risolvere è la

determinazione del valore della resistenza e della trasmittanza termica dell'involucro.

Quando si interviene su di un edificio esistente, spesso non si conoscono le caratteristiche termofisiche dei materiali che compongono solai e pareti e anche la relazione dei calcoli termici non sempre si riesce a reperire.

*In questi casi l'**analisi strumentale** si rende indispensabile e può prevedere l'utilizzo di metodi di tipo non distruttivo o semidistruttivo.*

GFA A.P.E. e nuova legislazione  Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cagliari

Importanza della misura "in situ"

La conoscenza del valore della trasmittanza è di importanza strategica (sia nel caso della diagnosi energetica che della certificazione energetica) quando si voglia:

- conoscere le prestazioni energetiche degli edifici per valutare eventuali interventi correttivi da adottare;
- verificare le trasmittanze delle murature in fase di collaudo/verifica;
- valutare l'influenza di eventuali fattori in campo (umidità delle murature, metodi di costruzione/messa in opera, quantità di malta, ecc.)



A.P.E. e nuova legislazione



Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

VALUTAZIONE TRASMITTANZA TERMICA LIMITI ED EFFICACIA DEI METODI

I diversi approcci e le diverse attività che si svolgono per arrivare alla trasmittanza termica delle pareti e delle coperture sono soggetti alle seguenti considerazioni:

- gli strumenti necessari;
- il costo dello strumento e del suo impiego;
- il tempo necessario per svolgere l'attività;
- i soggetti interessati;
- affidabilità delle valutazioni effettuate.

Tutti i metodi sono utilizzabili ai fini della certificazione e di volta in volta vengono selezionati sulla base della maggiore affidabilità delle valutazioni conducibili per mezzo della misura in opera con termoflussimetri, della rapidità di esecuzione, della non invasività del metodo, etc.



A.P.E. e nuova legislazione



Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

VALUTAZIONE TRASMITTANZA TERMICA LIMITI ED EFFICACIA DEI METODI

L'acquisizione dei dati per la diagnosi energetica di un edificio esistente o per la verifica di uno di nuova costruzione comporta spesso **notevoli difficoltà**, pertanto diviene molto importante avere strumenti di misura in opera che permettano di recuperare i dati e fornire l'indice di valutazione della prestazione energetica dell'edificio con elevata accuratezza (es. termoflussimetro).

Il vantaggio della misura strumentale è la maggiore corrispondenza con i valori reali.

Differenza tra trasmittanza misurata e calcolata:

- messa in opera non conforme al progetto;
- degradazione delle prestazioni isolanti dei materiali nel corso del tempo;
- condizioni ambientali diverse da quelle di progetto (es. umidità negli strati isolanti, etc.).



A.P.E. e nuova legislazione



Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

MISURA IN CAMPO DELLA CONDUCIBILITÀ TERMICA: PROBLEMATICHE

In generale il comportamento reale dei componenti edilizi è diverso caso per caso. I principali motivi di questo diverso comportamento sono:

- Flusso termico **non monodimensionale** (presenza di ponti termici in prossimità della parete).
- Impossibilità di riprodurre in campo **condizioni termiche stazionarie** come avviene in laboratorio;
- Effetti di **accumulo termico** che si verificano all'interno della struttura;
- Variazioni delle proprietà termiche dei materiali, dovuti sia all'**invecchiamento** che alla formazione di **condensa interstiziale**;
- Presenza di **irraggiamento solare sulle superfici**.



A.P.E. e nuova legislazione



Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Metodi per la stima della trasmittanza termica



A.P.E. e nuova legislazione



Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

LIMITI ED EFFICACIA DEI METODI

METODO DI VALUTAZIONE	Strumenti necessari	Luogo	Tempo necessario	Soggetti interessati	Affidabilità della valutazione
6. Calcolo per EN ISO 10456	Figura di calcolo: R-value delle componenti che isolano	Interno	Rapido		
1.1. Rappresentazione dei dati tramite ANSYS o equivalenti (UT)	Termoflussimetri: UT o altro: superficie, per decade o cumulativa delle superfici	Interno	Rapido	Proprietario	Molto buona: "Alcune" "Problemi" "non noti"
1.2. Rappresentazione dei dati tramite software di calcolo della trasmittanza	Termoflussimetri: software di calcolo della trasmittanza	Interno	Medesimo tempo	Proprietario: Ufficio tecnico: economista	Buona: "Problemi" "non noti"
1.3. Rappresentazione dei dati con termoflussimetri o termocamere	Termoflussimetri	Molto grande	Rapido	Proprietario e ingegneri	Molto buona: "Problemi" "non noti"
1.4. Rappresentazione dei dati con termoflussimetri o termocamere	Termoflussimetri	Interno	Rapido	Proprietario e ingegneri	Buona
3. Misura in opera (termoflussimetri)	Termoflussimetri: superficie della parete	Interno	Rapido	Ingegneri	Alcune



A.P.E. e nuova legislazione



Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

VALUTAZIONE TRASMITTANZA TERMICA: SCENARI

a. Stratigrafia nota (legge 10/91 e impianti): la stratigrafia della struttura è conosciuta pertanto la trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946:2008.

b. L'edificio è riconducibile ad una tipologia nota: è possibile stimare la trasmittanza per analogia (calcolo secondo la UNI EN ISO 6946:2008).

c. Stratigrafia non nota:

- si applicano processi intrusivi (es. endoscopia, estrazioni con carotaggi) per individuare la tipologia del materiale e lo spessore.
- La trasmittanza termica è calcolata poi con la UNI EN ISO 6946:2008.
- La trasmittanza della struttura viene misurata in opera in accordo con la norma ISO 9869.



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Progetto noto

Parametri di trasmissione termica.
UNI/TS 11300-1

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione delle zone climatizzate deve essere effettuato secondo le UNI EN ISO 13789:2008 e UNI EN ISO 13370.

Caratterizzazione termica dei componenti d'involucro

Componenti opachi

Per il calcolo della trasmittanza termica dei componenti opachi, occorre che:

- le proprietà termofisiche dei materiali siano ricavate dai dati di accompagnamento della marcatura CE (ove disponibile) oppure dalla UNI 10351 o dalla UNI EN 1745;
- le resistenze termiche di murature e solai siano ricavate dai dati di accompagnamento della marcatura CE (ove disponibile) oppure dalla UNI 10355 o dalla UNI EN 1745;
- i coefficienti superficiali di scambio termico e le resistenze termiche delle intercapedini d'aria siano conformi ai valori stabiliti dalla UNI EN ISO 6946.

METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Componenti trasparenti

La trasmittanza termica delle finestre si calcola secondo la UNI EN ISO 10077-1.

La trasmittanza termica delle facciate continue trasparenti si calcola in base a quanto riportato nella UNI EN 13947.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori di trasmittanza termica delle vetrate possono essere ricavati dal prospetto C.1.

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori di trasmittanza termica dei telai possono essere ricavati dal prospetto C.2.

Per finestre verticali di dimensioni non molto differenti da 1,20 m per 1,50 m, nell'ipotesi che l'area del telaio sia pari al 20% dell'area dell'intera finestra e che i distanziatori tra i vetri siano di tipo comune, i valori di trasmittanza termica delle finestre possono essere ricavati dal prospetto C.3.



METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Parametri di trasmissione termica. UNI/TS 11300-1

Strutture Trasparenti

Tabella C.1
Valori di trasmittanza termica delle finestre e delle facciate continue trasparenti (per finestre e facciate continue)

Tipologia	Struttura	U _g	U _f	U _t	U _g	U _f	U _t	U _g	U _f	U _t
Finestre	Finestra semplice	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Finestra doppia	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Finestra tripla	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Finestra quadrupla	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Facciate continue	Facciate continue	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Facciate continue	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Facciate continue	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Facciate continue	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Analogia con altre tipologie

Parametri di trasmissione termica . UNI/TS 11300-1
Assenza di Dati

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori dei parametri termici dei componenti edilizi di edifici esistenti possono essere determinati in funzione della tipologia edilizia e del periodo di costruzione, secondo quanto indicato nelle appendici A e B delle norme.

L'edificio è riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie; si può agire per analogia stimando la trasmittanza dei componenti attraverso abachi inizialmente contenuti nelle raccomandazioni per le "Prestazioni energetiche degli edifici" del CTI del 2003, ora sostituiti da UNI 11300-1 (dal 5 giugno 2008).

Nel caso vengano utilizzati i dati delle appendici A e B, l'origine dei dati deve essere riportata nel rapporto finale di calcolo

METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Analogia con altre tipologie

Parametri di trasmissione termica . UNI/TS 11300-1
Assenza di Dati

I dati riportati nelle tabelle seguenti derivano da ispezioni o altre fonti attendibili e riguardano le trasmittanze e/o conducibilità degli elementi delle strutture utilizzate nelle varie zone geografiche suddivise per epoche storiche.



Tali indicazioni sono utilizzabili per edifici costruiti prima del 1978, presumibilmente privi di isolamento termico.

Dopo tale data, gli edifici sono soggetti all'obbligo dell'isolamento termico ai sensi della legge 373/76 prima e della 10/91 poi, fino a quelle attuali.

METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Parametri di trasmissione termica. UNI/TS 11300-1 Pareti Opache

APPENDICE A DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI DRACCHI IN EDIFICI ESISTENTI

I dati riportati nei prospetti seguenti sono utilizzabili solo per valutazioni energetiche di edifici esistenti, qualora non si possa effettuare una determinazione rigorosa di calcolo, sulla base di dati derivanti da ispezioni o da altre fonti più attendibili.

Presunta densità delle componenti murarie (kg/m³)

Spessore [m]	Massa di calcestruzzo [kg/m ³]	Massa di mattoni [kg/m ³]	Massa di intonaco [kg/m ³]	Profilo predeterminato di calcestruzzo [kg/m ³]	Profilo predeterminato di mattoni [kg/m ³]
0,10	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,20	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,30	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,40	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,50	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,60	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,70	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,80	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
0,90	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
1,00	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300

METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia

Il presente abaco intende fornire indicazioni sulle principali strutture murarie utilizzate e sulla loro diffusione sul territorio nazionale.

Si tratta di un elenco ancora incompleto che sarà oggetto di successivi aggiornamenti e implementazioni che comprenderanno anche una parte relativa alle strutture orizzontali.

I dati riportati nell'abaco sono utilizzabili solo per valutazioni energetiche di edifici esistenti, qualora non si possa effettuare una determinazione rigorosa di calcolo, sulla base di dati derivanti da ispezioni o da altre fonti più attendibili.



METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia

Per un uso corretto dell'abaco vanno tenute presenti le seguenti note:

1. Le strutture sono state indicate tutte con intonaco, ma non sempre è presente su entrambe le facce.
2. Gli spessori indicati sono orientativi e possono variare.
3. Le strutture con camera d'aria sono state indicate tutte con densità apparente di 800 kg/m³ dei paramenti, tanto per quello interno che per quello esterno. Questa situazione è tipica per i muri di tamponamento di edifici con struttura portante di cemento armato. Nelle costruzioni in muratura portante, il paramento esterno è solitamente costituito da laterizio di massa volumica apparente superiore;
4. La massa volumica apparente indicata è quella definita dalla UNI 10351. Essa si riferisce alla muratura (mattoni e malta) senza l'intonaco che, ove esistente, si considera a parte. Il paramento esterno, lato interno (intercapedine) si considera non intonacato, salvo che sia stato accertato il contrario.

METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Acquisizione dati stratigrafici

Metodi invasivi:
_ indagine endoscopica
_ carotaggio



METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Nei casi in cui è possibile eseguire dei fori di piccole dimensioni, si può realizzare un'indagine endoscopica che, grazie all'utilizzo di uno strumento di ridotte dimensioni, composto da un sistema ottico e da una sorgente luminosa, permette di individuare la stratigrafia dei materiali con cui è stato realizzato l'elemento e, quindi, di poterne calcolare la resistenza, la conduttanza e la trasmittanza termica.

Tuttavia, con un'endoscopia non è possibile conoscere con certezza le caratteristiche del materiale con riferimento a densità specifica e contenuto di acqua.

METODO DI CALCOLO ISO 6946



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Le Prove Strumentali

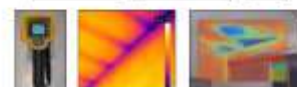
Prove Endoscopiche



Prove Termoflussimetriche



Rilevi con Termocamere



A.P.E. e nuova legislazione

Collegio Professori
Giacomelli e Giacomelli Laureati
di Cagliari

Endoscopia



L'indagine endoscopica è una tecnica poco invasiva molto utile nella diagnostica edilizia perché consente di osservare e valutare le caratteristiche delle murature esistenti attraverso la realizzazione, trasversalmente alla parete, di un piccolo foro (da 8 a 15 mm) all'interno del quale viene inserito un endoscopio, che "legge" la stratigrafia della parete.

Tuttavia, l'indagine risulta ristretta alla zona circoscritta dalla superficie del foro.

Una volta stabilita la stratigrafia, il calcolo di trasmittanza termica viene eseguito ai sensi della UNI EN ISO 6946:2008.

Calcolo U [ISO 6946]

GFA A.P.E. e nuova legislazione Collegio Professori Geometri e Geometri Laureati di Cagliari

La Termografia ad Infrarossi e il Settore dell'Edilizia

La Termografia è sicuramente il metodo diagnostico più semplice ed immediato per valutare le dispersioni energetiche degli edifici. Attraverso le immagini Termografiche è possibile visualizzare la mappatura delle temperature ed i ponti termici, individuando così con estrema rapidità ed efficacia le zone con maggiore dispersione termica e quindi progettare al meglio l'intervento di isolamento Termico.

In particolare, con il termine *termografia* si intende la visualizzazione bidimensionale, del calore emanato da qualsiasi oggetto che si trova ad una temperatura superiore ai $-273,16^{\circ}\text{C}$ (zero assoluto).

- Attraverso l'utilizzo di una telecamera a raggi infrarossi, detta anche termocamera si eseguono **controlli non distruttivi** (non sussistono alterazioni in seguito alla verifica) e **non invasivi** (non vi è contatto tra attrezzatura e oggetto da esaminare).
- Questo strumento è in grado di rilevare le temperature dei corpi analizzati attraverso la misurazione dell'intensità di calore emessa dal corpo in esame, non dovendo quindi toccare l'oggetto.

GFA A.P.E. e nuova legislazione Collegio Professori Geometri e Geometri Laureati di Cagliari

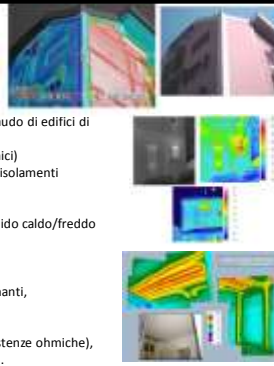
La Termografia ad Infrarossi e il Settore dell'Edilizia

EDILIZIA

- pianificazione di opere di risanamento o collaudo di edifici di nuova costruzione
- dispersioni di energia dagli edifici (ponti termici)
- individuazione di difetti strutturali nascosti e isolamenti difettosi o insufficienti
- localizzazioni di serpentine e tubazioni
- dispersione dalla linea di distribuzione del fluido caldo/freddo
- infiltrazioni di acqua o perdite idrauliche
- presenza di condensa o muffe superficiali

ELETTRICITA'

- fotovoltaico (celle surriscaldate o mal funzionanti, ombreggiamenti, etc...),
- componenti elettrici guasti,
- punti di falsi contatti nei quadri elettrici (resistenze ohmiche),
- rilevamento di difetti su linee di alta tensione.



GFA A.P.E. e nuova legislazione Collegio Professori Geometri e Geometri Laureati di Cagliari

Uso della Termografia

Utilità

- Valutazione della qualità dell'isolamento termico e stato di conservazione dell'edificio
- Individuazione dei punti significativi per endoscopia e termoflussimetria
- Individuazione di colonne montanti di adduzione e riscaldamento

Criticità

- Costo dell'apparecchiatura
- Necessità di un operatore qualificato secondo la Normativa EN 473 e/o ISO 9712
- L'apparecchiatura deve essere periodicamente verificata e ricalibrata (una volta all'anno) da laboratori qualificati.

Il certificato di calibrazione rilasciato dal laboratorio va normalmente allegato alla perizia termografica.

GFA A.P.E. e nuova legislazione Collegio Professori Geometri e Geometri Laureati di Cagliari

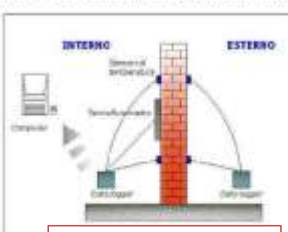
Le Prove Strumentali

Il termoflussimetro è lo strumento non invasivo per la valutazione del flusso termico. Esso permette la misura in opera dell'isolamento termico di pareti, secondo gli scopi previsti dal D.Lgs. 152 del 15/06/05 relativo al rendimento energetico nell'edilizia.

La strumentazione (conforme alla normativa ISO 9869) si compone di:

- uno strumento di misura data logger con una piastra flussimetrica
- 2 sonde a contatto per la misura delle temperature di parete interna ed esterna.

I termoflussimetri sono tipicamente costituiti da un sottile strato di materiale di resistenza termica nota e stabile. La differenza di temperatura attraverso tale strato viene misurata da un insieme di termocoppie collegate in serie. Il tutto è racchiuso da un involucro protettivo a prova di umidità e con buone caratteristiche meccaniche.



METODO DI MISURA ISO 9869

Rilevando la temperatura attraverso i sensori, attraverso un'opportuna curva di taratura, si ottiene una valutazione del flusso termico che attraversa la parete oggetto di analisi.

GFA A.P.E. e nuova legislazione Collegio Professori Geometri e Geometri Laureati di Cagliari

MISURE CON TERMOFLUSSIMETRO

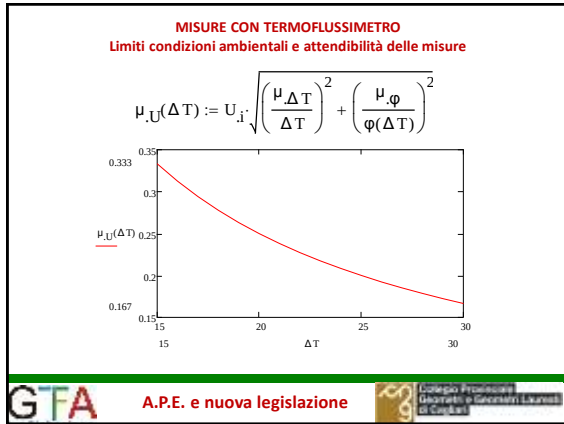
Limiti condizioni ambientali e attendibilità delle misure

$$\left(\frac{\mu_U}{U}\right)^2 = \left(\frac{\mu_{\Delta T}}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{\varphi}}{\varphi}\right)^2$$

Dove:

- μ_U = incertezza della trasmittanza
- $\mu_{\Delta T}$ = incertezza della differenza di temperatura fra interno ed esterno
- μ_{φ} = incertezza del flusso termico

GFA A.P.E. e nuova legislazione Collegio Professori Geometri e Geometri Laureati di Cagliari



GFA
Gruppo Filia Tecnica Antisettare

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
A.P.E. e nuova legislazione

DIAGNOSI ENERGETICA STRUMENTALE

Relatore
Ing. Andrea BEZ

GFA