



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Il laboratorio ENEA sugli elettrodomestici del freddo e forni elettrici:  
caratteristiche e potenzialità di prova

*M.G. Villani, G. Leonardi, V. Longoni, V. Tarantini GP. Bottani,  
D. Scarano, R. Pollidori*

TITOLO: IL LABORATORIO ENEA SUGLI ELETTRODOMESTICI DEL FREDDO E FORNI  
ELETTRICI: CARATTERISTICHE E POTENZIALITÀ DI PROVA

M.G. Villani, G. Leonardi, V. Longoni, V. Tarantini, GP. Bottani, D. Scarano, R. Pollidori (ENEA  
UTTEI-SISP)

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Usi finali

Tema di ricerca: Sviluppo di strumenti di programmazione e pianificazione per la promozione  
di tecnologie efficienti per la razionalizzazione dei consumi elettrici a scala territoriale e urbana.

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA

## Sommario

INTRODUZIONE .....	4
LABORATORIO DI PROVA .....	5
CAPACITÀ DI PROVA.....	9
STRUMENTAZIONE .....	9
LABORATORIO TARATURE .....	15
INCERTEZZE DI MISURA .....	17
SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI.....	19
NORME E PROCEDURE .....	21
STIME DEGLI IMPEGNI IN TERMINI DI ORE/UOMO E DI COSTI .....	23

## **INTRODUZIONE**

Nell'ambito dell'Accordo di Programma MiSE – ENEA, la IIa annualità del Piano Annuale di Realizzazione prevede l'ampliamento della gamma di prodotti che potranno essere testati presso il laboratorio ENEA di Ispra e il supporto per la creazione di altri laboratori di prova all'interno e all'esterno dei laboratori ENEA. Il primo tema verrà trattato in dettaglio in questa sezione.

Alla luce delle nuove esigenze di accuratezza delle misure richieste dai Regolamenti Comunitari su Ecodesign ed Etichettatura Energetica, i Laboratori ENEA Ispra hanno iniziato una revisione dei protocolli e delle procedure seguite durante le prove sulla verifica dell'efficienza energetica di apparecchi domestici. Il laboratorio, allestito in un primo tempo per eseguire test su apparecchi del freddo per uso domestico, è stato potenziato con la sostituzione e l'acquisizione di nuovi strumenti. In particolare, il laboratorio è stato adattato per effettuare prove su forni elettrici ed è stato anche predisposto per testare le prestazioni energetiche di piccoli elettrodomestici.

Lo scopo dell'attività consiste principalmente nel controllare la conformità di apparecchi domestici del freddo e forni ai requisiti di Regolamenti e Direttive Europee su Ecodesign ed Etichettatura Energetica. Si mira, inoltre, a dimostrare che la sorveglianza del mercato e i test di conformità possono essere realizzati in modo sistematico ed efficace senza eccessivi costi. Questo costituisce parte integrante del processo di trasformazione verso un mercato più eco-sostenibile, a supporto dei consumatori, dei produttori e dell'ambiente.

Qui di seguito verranno descritte le caratteristiche specifiche del laboratorio, indicando in particolare la capacità di prova, la strumentazione e i costi indicativi delle prove stesse.

## LABORATORIO DI PROVA

I Laboratori ENEA Ispra hanno predisposto un laboratorio di prova per poter effettuare misure di prestazioni energetiche su elettrodomestici del freddo e su forni (i.e. si veda Fig. 1) e, successivamente, anche su piccoli elettrodomestici (i.e. macchine da caffè). Le prove condotte hanno lo scopo di determinare: i) il consumo energetico degli apparecchi domestici in base alla normativa Comunitaria vigente; ii) le prestazioni degli apparecchi; iii) l'impatto sulle prestazioni causato dall'ambiente esterno e dalle abitudini degli utenti; iv) l'efficienza dei componenti; v) studi sperimentali su prototipi innovativi.



**Figura 1: Sinistra: Misure su due frigocongelatori. Destra: misure su forno.**

Il laboratorio di prova, come si vede in Fig. 2, consiste principalmente di due camere climatiche *walk-in* (indicate qui di seguito rispettivamente come "CC1" e CC2"), adibite alle prove sugli elettrodomestici del freddo (Laboratorio ICELAB) e sui forni (Laboratorio FIRELAB). Le camere climatiche sono rappresentate anche in Fig. 3 e 4. In quest'ultima, in particolare, è raffigurata lo schema di una camera climatica del laboratorio ICELAB. Nel laboratorio FIRELAB, al posto degli apparecchi del freddo, forni elettrici vengono posizionati e predisposti alle prove. Oltre alle camere climatiche *walk-in*, vi è una camera climatica di recente acquisizione di dimensioni ridotte. Questa sarà dedicata ad effettuare test su apparecchi domestici (Fig. 3). In questo rapporto, verranno principalmente trattate la descrizione e le prove effettuate con le due camere climatiche *walk-in*.

Le caratteristiche delle camere climatiche sono riportate in dettaglio in Tab. 1. Le camere climatiche e la strumentazione specifica per effettuare le prove sui vari apparecchi domestici sono supportate da un laboratorio elettromeccanico e da un laboratorio di taratura interno.



**Figura 2: Laboratorio di prove visto dall'alto con le due camere climatiche CC1 e CC2**

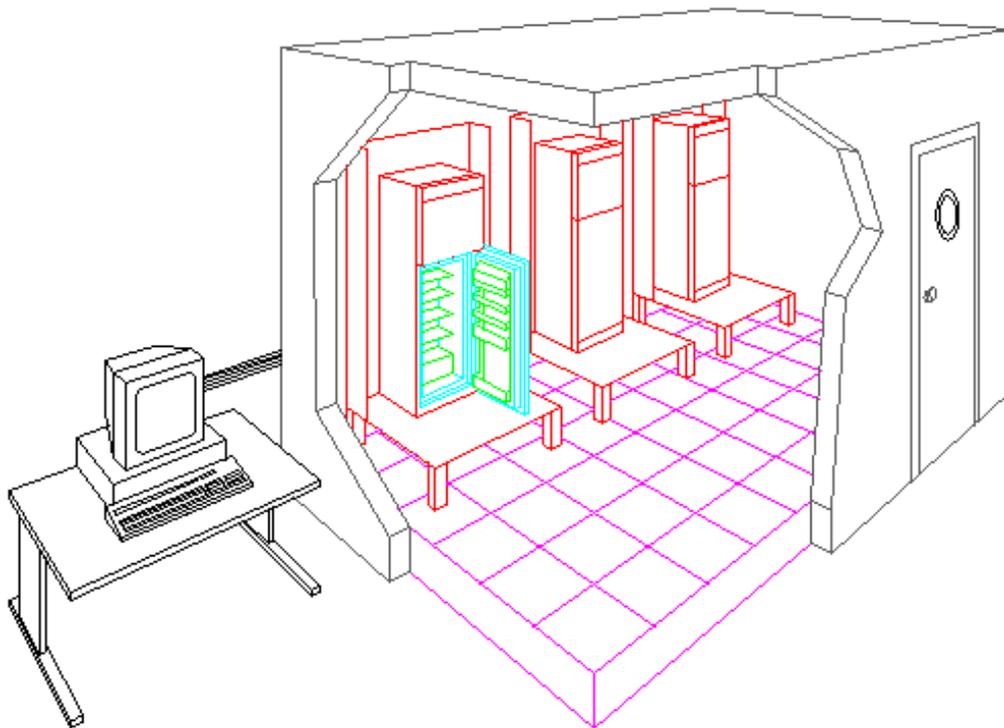
<b>Caratteristiche tecniche delle camere climatiche</b>	<b>Camera climatica walk-in CC1 GDF</b>	<b>Camera climatica walk-in CC2 Angelantoni</b>	<b>Camera climatica Weiss Umwelttechnik modello WK3-1500/40</b>
<b>Dimensioni interne</b>	2.40m x [W] 5.20m x [L] 2.95m [H]  12m <sup>2</sup> -37m <sup>3</sup>	2.40m x [W] 5.40m x [L] 3.55m [H]  13m <sup>2</sup> - 46m <sup>3</sup>	1.475m x [W] 1.10m x [L] 0.95m [H]  1.62m <sup>2</sup> -1.54m <sup>3</sup>
<b>Superficie e volume utile</b>	11m <sup>2</sup> 33m <sup>3</sup>	12m <sup>2</sup> 36m <sup>3</sup>	1.56m <sup>2</sup> 1.48m <sup>3</sup>
<b>Temperatura di esercizio</b>	+10°C a +48°C	+0°C a +75°C	-45°C a +180°C prove termiche +1°C a +95 °C prove climatiche
<b>Gradiente verticale</b>	< 1°C/m	<1 °C/m	n/d
<b>Umidità relativa</b>	30% - 90%	30% - 90%	10% a 98%
<b>Velocità aria</b>	< 0.25m/s	< 0.25m/s	n/d
<b>Potenza elettrica massima assorbita</b>	18kW	43kW	Ca. 11.5 kW
<b>Potenza termica massima smaltibile</b>	1000W	1000W	4200W prove termiche 500W per T tra +25 e +90 °C e u.r. fino 90% prove climatiche

**Tabella 1: Caratteristiche tecniche delle tre camere climatiche utilizzate nei laboratori ICELAB e FIRELAB**



**Figura 3: A sinistra: esempio di camera climatica *walk-in*. A destra: la camera climatica a dimensioni ridotte.**

ICELAB



**Figura 4: Schema della camera climatica per la prove sugli apparecchi del freddo (ICELAB)**

## CAPACITÀ DI PROVA

Nei laboratori ICELAB e FIRELAB si ha la capacità di prova di testare simultaneamente fino a tre elettrodomestici del freddo per camera climatica, in base al tipo di prova e alle dimensioni, e due forni elettrici.

La maggior parte dei test condotti sugli elettrodomestici del freddo vengono effettuati in base alla normativa Comunitaria e si focalizzano sulle prestazioni e consumi energetici degli apparecchi. In particolare, questi consentono di stabilire:

- Dimensioni lineari, superfici e volumi;
- Temperature di conservazione;
- Consumo di energia;
- Tempo di risalita della temperatura di conservazione;
- Prova di congelamento.

In ambito R&D, i laboratori ENEA di Ispra effettuano altre prove sugli elettrodomestici del freddo:

- Prove con apertura porte;
- Prove di *Reverse heat leakage*, ossia misure di dispersione termica dell'involucro;
- Pull down...

Il laboratorio può anche sviluppare procedure di misura nuove e ad hoc per esigenze di ricerca, sviluppo.

Per i forni le prove vengono effettuate secondo normativa Comunitaria e riguardano principalmente:

- Dimensioni lineari, superfici e volumi;
- Consumo di energia.

Per gli elettrodomestici del freddo, la capacità di prova risulta mediamente di 60/70 apparecchi per undici mesi lavorativi.

Per i forni la capacità di prova verrà stabilita in base alla programmazione delle prove.

## STRUMENTAZIONE

Nei laboratori ICELAB e FIRELAB, le prove sperimentali sugli apparecchi domestici del freddo e sui forni si traducono nella misura di grandezze fisiche (i.e. temperatura, potenza elettrica degli apparecchi) all'interno delle camere climatiche e delle caratteristiche degli apparecchi stessi. La strumentazione utilizzata è riportata in Tab. 2.

Grandezza fisica	Strumenti	NOTE
<b>Camere climatiche <i>walk-in</i></b>		

<b>Grandezza fisica</b>	<b>Strumenti</b>	<b>NOTE</b>
<b>Umidità relativa</b>	Igrometri capacitivi SIAP UM9730 Range dal 10% a 100% u/r Precisione: ±2% tra 10% e 80% u/r ±3% tra 80% e 100% u/r	Misura l'umidità relativa all'interno della camere climatiche.
<b>Velocità e temperatura dell'aria</b>	Anemometro Dantec ConfortSense range v da 0.05m/s fino a 5m/s range T da -20°C a 80°C (Fig. 5)	Lo strumento è utilizzato per misurare la velocità dell'aria all'interno delle camere climatiche. Le verifiche sulla velocità dell'aria sono fatte periodicamente.
<b>Misure sulle prestazioni</b>		
<b>Temperatura</b>	termoresistenze Pt100 Tersid (Fig. 6) termocoppie di tipo K Tersid termocoppie di tipo T Tersid (Fig. 7)	Sensori di forma e dimensioni diverse a seconda dell'uso specifico: misure in aria, nei pacchi test, su superfici, ...
<b>Potenza elettrica</b>	Convertitori di potenza elettrica Scientific Columbus DGLogic DL5CA2 Range di misura da 0 a 1000 W Precisione del ±(0.1% d.l. +0.05% f.s.).	Tutti i convertitori di grandezze elettriche sono collegati con il sistema di acquisizione dati che converte il segnale nella grandezza fisica relativa e ne memorizza il valore nella memoria interna.
<b>Tensione di rete</b>	Convertitori di tensione, Range 0-250V ENERDIS TRIAD IEC688	
<b>Corrente elettrica</b>	Convertitori di corrente Range 0-5A ENERDIS TRIAD IEC688	
<b>Frequenza di rete</b>	Convertitori di frequenza Range: 45-55Hz ENERDIS TRIAD IEC688	
<b>Misure sulle prestazioni/tarature</b>		
<b>Grandezze elettriche: Tensione, Corrente, frequenza, ...</b>	-Multimetro digitale <i>hp</i> 3458A -Calibratore multifunzione Fluke 5500A:	Il Multimetro digitale viene utilizzato anche nella taratura dei convertitori di grandezze elettriche. Il calibratore è utilizzato, come standard primario, per la calibrazione e la taratura della strumentazione di laboratorio, in particolare, per la

<b>Grandezza fisica</b>	<b>Strumenti</b>	<b>NOTE</b>
		verifica del sistema di acquisizione dati.
<b>Tarature</b>		
<b>Temperatura</b>	Bagno termostato Heto Mod. CBN 8-30 e termostato Mod. HMT-200	taratura delle termoresistenze/termocoppie
	Forno termostato Isotech Mod. Gemini 550 B range T da 35°C a 550°C stabilità ±0.05°C	taratura delle termoresistenze/termocoppie
	Termoresistenza campione Tersid e termometro digitale Labfacility Range di taratura da -30°C a 300°C Risoluzione termometro 0.01°C	Termoresistenza campione è utilizzata, come standard primario, nel laboratorio tarature per le tarature dei sensori di temperatura utilizzate per le prove: termoresistenze e termocoppie.
	Termocamera FLIR System ThermCAM PM 695 (Fig. 8)	La termocamera permette di ottenere immagini termiche delle superfici riprese. Nel laboratorio viene utilizzata per analisi termiche non intrusiva degli apparecchi in prova.
<b>Dimensioni lineari e masse</b>		
<b>Dimensioni lineari</b>	Calibri digitali Mauser	Sono utilizzate per misurare le grandezze dimensionali degli apparecchi in prova (lineari, per calcolare superfici e volumi), di simulatori di carico (mattoni e pacchi test), cilindretti di rame ecc.
<b>Massa</b>	Pesa ALSEP	E' utilizzata per determinare il peso dei mattoni (prove forni) e dei pacchi test (prove elettrodomestici freddo), cilindretti di rame ecc.

**Tabella 2: Grandezza fisiche misurate nei laboratori ICELAB, FIRELAB e relativi strumenti**



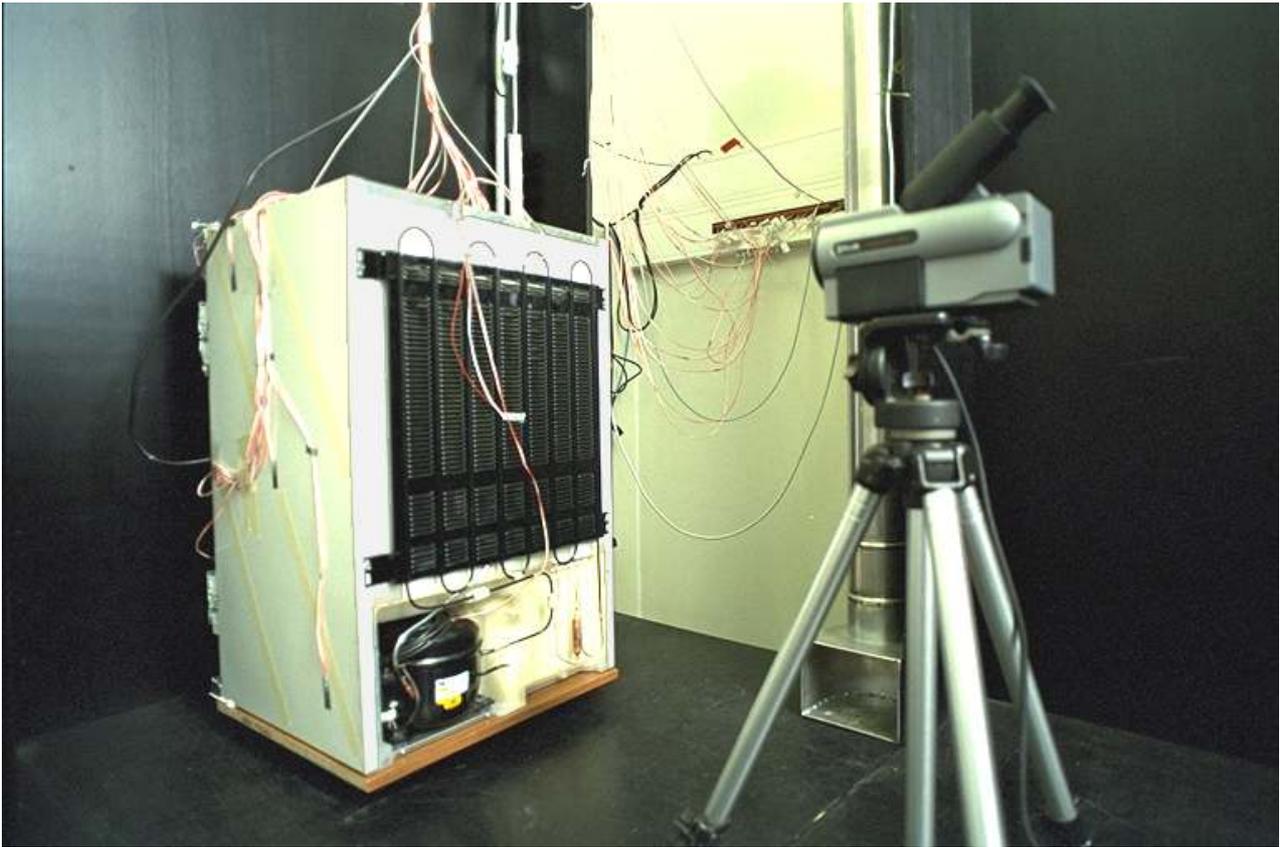
**Figura 5: Misura della velocità dell'aria (anemometro) e temperatura nella camera climatica**



**Figura 6: Termoresistenze all'interno dell'elettrodomestico del freddo**



**Figura 7: Preparazione di una prova sui forni elettrici: disposizione delle termocoppie**



**Figura 8: Prova sperimentale di dispersione termica dell'elettrodomestico del freddo: utilizzo della termocamera**

## **LABORATORIO TARATURE**

Scopo del laboratorio tarature è la gestione, la manutenzione e la verifica periodica di tutti i sensori e di tutta la strumentazione utilizzata nei laboratori di prova al fine di garantire che tutte le misurazioni siano eseguite con il grado di accuratezza richiesto.

Alcuni strumenti vengono verificati e tarati periodicamente presso laboratori esterni certificati o presso i produttori degli strumenti. È il caso del calibratore multifunzione, della termoresistenza campione, degli igrometri capacitivi e degli anemometri.

I sensori di temperatura (termocoppie e termoresistenze), i convertitori di potenza elettrica, di tensione, di corrente e gli acquisitori dati vengono verificati all'interno del laboratorio, in base alla normativa Comunitaria di riferimento, seguendo i protocolli elaborati dai Laboratori ENEA Ispra.

Fanno parte del laboratorio tarature anche strumenti utilizzati come standard primari. Ossia il calibratore multifunzione per le grandezze elettriche (i.e. tensione, corrente, potenza) e la termoresistenza campione per la temperatura.

Il laboratorio dispone di un bagno e di un forno termostato (Fig. 9) per la taratura dei sensori di temperatura. Di un multimetro digitale per la taratura dei convertitori di grandezze elettriche che viene tarato periodicamente presso laboratori certificati SIT.



**Figura 9: calibrazione di termoresistenze e termocoppie. Sinistra: forno termostatico. Destra: bagno termostatico.**

## INCERTEZZE DI MISURA

Le incertezze sulle grandezze fisiche misurate ( i.e. temperatura, umidità relativa, potenza elettrica) sono riassunte nella Tab. 3 sottostante. Queste stime vengono calcolate i) considerando gli errori di misura delle variabili da cui le grandezze fisiche dipendono e ii) metodi per la propagazione degli errori.

Grandezza	Range di misura	Incertezza	Norma UNI-EN-ISO 15502	Norma EN 50304
<b>TEMPERATURA</b>			± 0.5°C	± 1.5°C
Termoresistenza PT100 1/10 DIN	-30÷100°C	± 0.11°C		
Termoresistenza PT100 1/5 DIN	-30÷100°C	± 0.16°C		
Termocoppia tipo K	20÷300°C	± 0.57°C		
Termocoppia tipo T	20÷300°C	± 0.41°C		
<b>UMIDITA'</b>			± 0.3°C espresso come punto di rugiada	
<b>Misura in corrente</b>	20÷100%	± 0.92% Ur	a 25°C 50%Ur ±1.2%Ur	
<b>Misura in tensione</b>	20÷100%	± 1.11% Ur	a 25°C 50%Ur ±1.2%Ur	
<b>POTENZA ELETTRICA</b>			± 1W	± 10W
Con convertitore (out 0-1mA) e misura in tensione	0÷1000W	± 0.82W		
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	0÷1000W	± 0.68W		
<b>ENERGIA ELETTRICA GIORNALIERA</b>			± 1%	± 1.5% o 10Wh
Con convertitore (out 0-1mA) e misura in tensione		± 0.48Wh		
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente		± 0.48Wh		
<b>TENSIONE ELETTRICA</b>				± 0.5%
Con convertitore (out 4-20mA) e	200÷250V	± 0.2V		a 230V ±

misura in corrente				1.2V
<b>CORRENTE ELETTRICA</b>				
Con convertitore (out 4-20mA) e misura in corrente	0÷5A	± 3.1mA		
<b>MASSA</b>				± 3g
Con bilancia digitale	0÷4000g	< 0.3g		
<b>TEMPO</b>				± 5s
Con clock PC		<<± 1s		

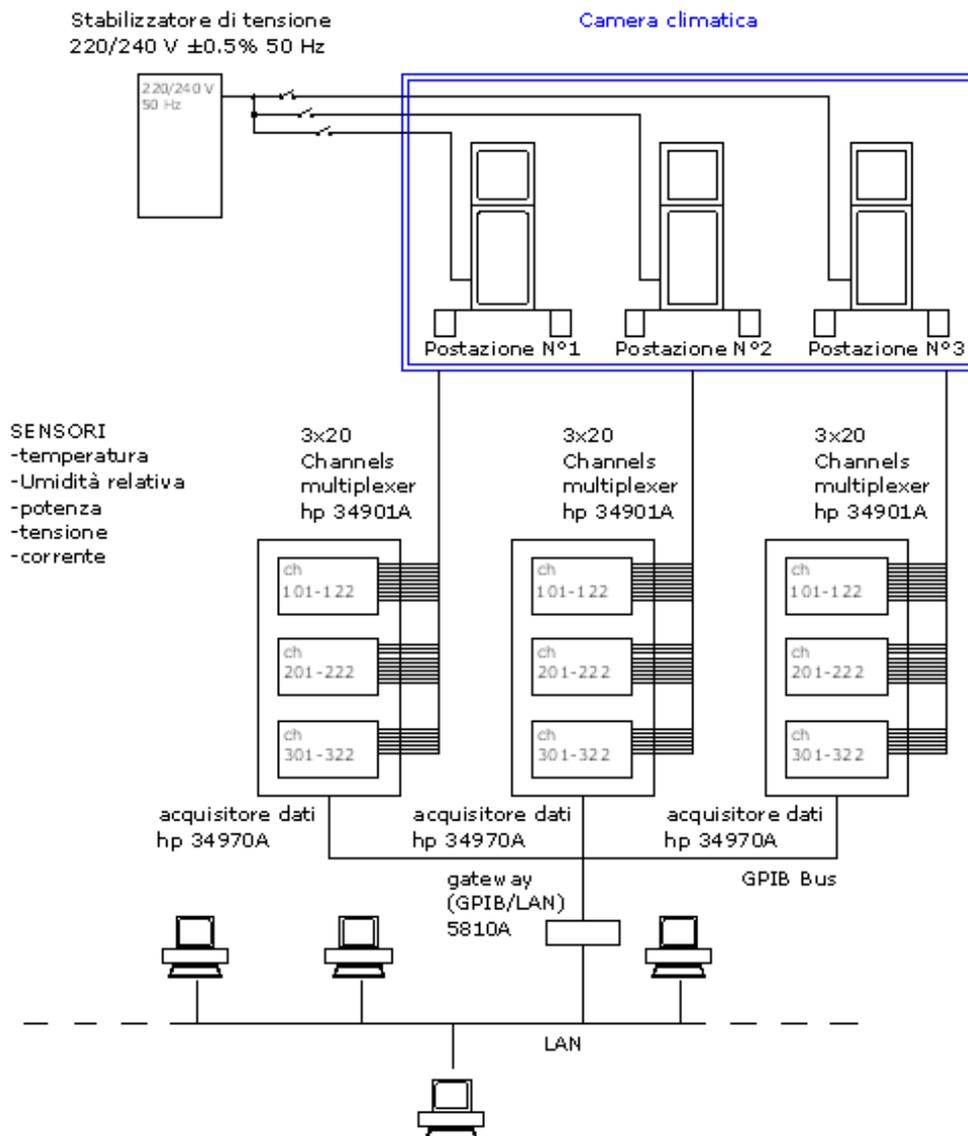
**Tabella 3: Stime degli errori di misura confrontate con i valori previsti dalla normativa di riferimento.**

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

Una rappresentazione dello schema del sistema acquisizione dati è fornito dalle Fig. 10 e 11 (acquisizione dati per laboratorio ICELAB).

Per ciascuna camera climatica vi sono due/tre postazioni di misura (i.e. in Fig. 10 sono rappresentati le postazioni di tre frigocongelatori). Per ogni postazione le rilevazioni vengono effettuate con un acquisitore modello *hp34970A* dotato di schede *multiplexer* modello *hp34901A* (tre per ogni acquisitore).

Si può accedere in remoto a tutti gli acquisitori dati (interfaccia GPIB) grazie al fatto che questi sono collegati alla rete locale LAN mediante un dispositivo di rete, *gateway*, GPIB/LAN modello *hp5810A*. La rilevazione delle misure e la programmazione degli acquisitori viene quindi gestita attraverso la rete locale con il software Agilent Benchlink. Quest'ultimo permette il controllo di ciascun acquisitore in modo indipendente.



**Figura 10: Schema del sistema di acquisizione dati del laboratorio ICELAB**



**Figura 11: Particolari del sistema di acquisizione dati. In alto a sinistra: calibratore e multimetro per taratura. In alto a destra: acquisitore. In basso: il sistema di acquisizione completo della camera climatica.**

## NORME E PROCEDURE

Le norme e procedure utilizzate all'interno del laboratorio si inseriscono nel quadro legislativo europeo ed italiano. Queste sono riassunte nella Tab 4. sottostante.

<b>NORME</b>	<b>CONTENUTO</b>
<b>Norme generali</b>	
<b>UNI-CEI-EN ISO/IEC 17025 (2000)</b>	Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura
<b>UNI ISO 5725-1 (2004)</b>	Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione. Parte 1: Principi generali e definizioni
<b>UNI 10127 (1992) sperimentale</b>	Guida per la definizione degli intervalli di taratura di strumenti di misurazioni. Parte 1: Criteri generali
<b>UNI 10127 (1992) sperimentale</b>	Guida per la definizione degli intervalli di taratura di strumenti di misurazioni. Parte 2: Intervalli consigliati di strumenti per misurazioni di dimensioni lineari, angolari e geometriche
<b>UNI 10824-1 (2000)</b>	Prove non distruttive. Termografia all'infrarosso. Termini e definizioni
<b>Norme di riferimento elettrodomestici del freddo</b>	
<b>UNI-EN-153 (2006)</b>	Metodi di misurazione del consumo di energia elettrica e delle caratteristiche associate dei frigoriferi, conservatori e congelatori di utilizzo domestico e loro combinazioni
<b>UNI-EN-ISO-15502 (2006)</b>	Apparecchi di refrigerazione per uso domestico Caratteristiche e metodi di prova
<b>UNI-EN-ISO-23953-1 (2006)</b>	Mobili refrigerati per esposizione e vendita. Parte 1: Vocabolario
<b>UNI-EN-ISO-23953-2 (2006)</b>	Mobili refrigerati per esposizione e vendita. Parte 2: Classificazione, requisiti e condizioni di prova
<b>Norme di riferimento forni elettrici</b>	
<b>CEI EN 50304 (2003)</b>	Forni elettrici per uso domestico - Metodi per la misura del consumo di energia
<b>CEI EN 60350 (2000)</b>	Cucine, fornelli, forni e apparecchi per grigliare elettrici per uso domestico Metodi per la misura delle prestazioni
<b>CEI EN 60335-2-6</b>	Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare Parte 2: Norme particolari per cucine, fornelli, forni ed apparecchi similari per uso domestico
<b>CEI 107-32</b>	Cucine e forni elettrici per uso domestico e similare Verifica

<b>NORME</b>	<b>CONTENUTO</b>
	delle prestazioni
<b>Procedure laboratori</b>	
<b>PI-IC-7.5A</b>	Prove su campione in camera climatica
<b>PI-IC-6.3A</b>	Gestione della strumentazione di laboratorio
<b>PI-IC-6.3C</b>	Procedura per taratura di acquisitori dati
<b>PI-IC-6.3B</b>	Procedura per taratura termoresistenze e termocoppie
<b>PI-IC-6.3D</b>	Procedura per taratura di convertitori di potenza attiva

**Tabella 4: Le norme e procedure utilizzate all'interno dei laboratori**

### **STIME DEGLI IMPEGNI IN TERMINI DI ORE/UOMO E DI COSTI**

Qui di seguito vengono riepilogate le prove prestazionali secondo normativa, in base alle quali si fornisce una stima della loro durata temporale, dell'impegno richiesto dal personale ENEA e del loro costo.

<b>Prova</b>	<b>Durata della prova</b>	<b>Impegno di Personale</b>	<b>Costo indicativo prova</b>
<b><i>Apparecchi di refrigerazione di uso domestico</i></b>			
Determinazione delle dimensioni lineari, dei volumi e delle superfici	GG. 1	h 5.0	€ 400
Prova delle Temperature di Conservazione (due Temperature)	GG. 8	h 20.0	€ 1500
Prova del Consumo di Energia	GG. 10	h 25.0	€ 1800
Prova di Risalita della Temperatura di Conservazione	GG. 4	h 10.0	€ 800
Prova di Congelamento	GG. 4	h 10.0	€ 800
<b><i>Forni</i></b>			
Prova del Consumo di Energia	GG. 1	h 5.0	€ 500
Determinazione delle dimensioni lineari, dei volumi e delle superfici	GG. 1	h 3.0	€ 300