



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

Innovazione e ricerca

Laboratorio Combustione e Ambiente

**Andamento del II° circuito di correlazione interlaboratorio
determinazione del fattore k Tubo di Pitot**

2013-14

Relazione annuale

Dicembre 2014

Relazione redatta a cura di:

**P. Lopinto
A. Brusoni**



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

Innovazione e ricerca

SOMMARIO:

GESTIONE DEL CIRCUITO DI CORRELAZIONE INTERLABORATORIO DETERMINAZIONE DEL FATTORE k	
TUBO DI PITOT 2013-14-----	3
1. PREMESSA: RIFERIMENTI ED AGGIORNAMENTI NORMATIVI -----	4
2. CONDOTTO DI PROVA -----	4
3. TUBO DI PITOT DI RIFERIMENTO-----	9
4. TUBO DI PITOT DI PROVA E MICROMANOMETRO DIFFERENZIALE -----	10
5. PROCEDURA DI PROVA-----	12
6. PRESENTAZIONE DEI DATI -----	13
7. TRATTAMENTO DEI DATI SPERIMENTALI-----	15
8. MODALITA' DI ELABORAZIONE DEI DATI SPERIMENTALI -----	15
9. ANALISI STATISTICA DEI DATI -----	16
RIASSUNTO DEL CIRCUITO DI CORRELAZIONE 2013-14-----	18
TRATTAMENTO DATI secondo ISO 5725:04 parte 2 -----	20
RAW DATA (DATI GREZZI)-----	34



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

Innovazione e ricerca

GESTIONE DEL CIRCUITO DI CORRELAZIONE INTERLABORATORIO DETERMINAZIONE DEL FATTORE K TUBO DI PITOT 2013-14

Al fine di produrre dati costantemente affidabili, è necessario, per un laboratorio attuare un adeguato programma di garanzia della qualità e delle procedure di monitoraggio delle prestazioni. Il Proficiency Testing può essere considerato uno di questi programmi di garanzia.

Il tipico format per i programmi di verifica, si basa sulla distribuzione di campioni di un materiale di prova ai partecipanti. I laboratori partecipanti (c.d. "partecipanti") riconoscono la provenienza del materiale di prova da parte di un fornitore competente (c.d. "provider").

I partecipanti analizzano il materiale senza conoscerne il risultato corretto e restituiscono il risultato della misurazione al provider.

Quest'ultimo soggetto converte i risultati in punteggi che rispecchiano le prestazioni del laboratorio partecipante. Il partecipante viene informato di eventuali anomalie nei risultati di prova, con l'obiettivo di sensibilizzare il management ad intraprendere qualsiasi azione correttiva possa risultarne necessaria.

Questo l'incipit del protocollo o guida ai Proficiency Test che lo IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) pubblicava nel 2006 e che viene ancora oggi considerato a riferimento nell'organizzazione e conduzione dei circuiti interlaboratorio [Thompson et al. © 2006 IUPAC, Pure and Applied Chemistry 78, 145-196].

Certamente non venivano e non sono tuttora sufficientemente considerati i circuiti interlaboratorio nel campo delle emissioni in atmosfera per i quali sono necessarie opportune premesse.

Innanzitutto il campionamento riveste una fase particolarmente delicata (rappresenta infatti una percentuale elevata nell'incertezza totale associata al dato finale), in quanto a causa delle caratteristiche dei metodi di campionamento, non è possibile conservare un campione di controllo sul quale ripetere l'analisi e non è d'altro canto possibile ripetere il campionamento data la variabilità nel tempo dell'effluente gassoso.

Manca poi un campione o materiale di riferimento di valore noto con cui confrontare il dato rilevato dal laboratorio e valutare quindi le proprie prestazioni.

Sono stati seguiti attentamente i precedenti circuiti interconfronto nel campo delle emissioni in atmosfera: in particolare il gruppo di lavoro ARPAV – Provincia di Belluno che a partire dal 2006 assieme a laboratori pubblici e privati ha condotto esercizi di interconfronto identificati con l'acronimo ICNORDEST.

E' stato condotto un primo circuito avente per oggetto polveri e portata, successivamente ossidi (CO – CO₂ – NO_x, Carbonio Organico Totale (COT) ed HCl) ed infine metalli e PM₁₀.



Innovazione e ricerca

Il Circuito di determinazione del fattore k del tubo di Pitot si è svolto regolarmente nel corso del 2013 – 2014 subendo non poche variazioni rispetto al calendario prestabilito all'inizio dall'Istituto organizzatore il Circuito (di seguito identificato con SSC): è iniziato la IV settimana di luglio 2013 ed è terminato la IV settimana di settembre 2014.

1. PREMESSA: RIFERIMENTI ED AGGIORNAMENTI NORMATIVI

Nel corso dell'anno 2013 sono intervenuti importanti aggiornamenti relativamente alla norma principale presa a riferimento per la conduzione del circuito **UNI 10169:01** "Determinazione della velocità e della portata di flussi gassosi convogliati per mezzo del tubo di Pitot".

Il 16 maggio 2013 immediatamente prima dell'inizio dell'attività, entra in vigore la norma **UNI EN ISO 16911:13** "Emissioni da sorgente fissa - Determinazione manuale ed automatica della velocità e della portata di flussi in condotti" La parte 1: Metodo di riferimento manuale, produce alcune considerazioni nel merito della taratura dei tubi di Pitot. Tali considerazioni saranno meglio discusse nel prosieguo della trattazione.

Occorre precisare che al momento della stesura del presente report (novembre – dicembre 2014) la norma UNI 10169:01 è stata ritirata dall'ente di accreditamento ACCREDIA con sostituzione (Circolare ACCREDIA 79 del 26 giugno 2014).

Nonostante questo ritiro con sostituzione, al momento, non ravvisando un eguale trattamento dell'argomento nella nuova norma UNI EN ISO 16911:13 ed anche per omogeneità di trattamento dati in questa fase di passaggio da una norma ad un'altra, si ritiene ancora valido il testo contenuto nella UNI 10169 relativamente e soprattutto all'aspetto della modalità di conduzione della prova.

Per altri aspetti, ove si sia ritenuto che la UNI EN ISO 16911:13 abbia trattato l'argomento, come le caratteristiche condotte di prova, la taratura del singolo componente o di tutta la linea di misura piuttosto che alcuni punti specifici sulle modalità di taratura dei tubi di Pitot si farà riferimento sempre alla UNI 10169 per omogeneità di trattamento dati nel particolare periodo di passaggio di conduzione delle prove ma verrà esplicitata la nuova modalità operativa fornita dalla UNI EN ISO 16911:13 o alcune norme internazionali di riferimento (**ASTM D3796-09** "Standard Practice for Calibration of Type S Pitot Tubes").

Da ultimo verranno riportate le osservazioni alla norma UNI EN ISO 16911:13 come da interpretazioni fornite dal Workshop KOSMOSNET, tenutosi a Padova il 19 marzo 2014 (a cura del Comitato Scientifico: M. Bettinelli, P. Bisio, T. Miccoli, S. Spezia, C. Bettinelli) di seguito indicato con **[WK, Padova 19/03/14]**.

2. CONDOTTO DI PROVA

Le caratteristiche del condotto di prova sono desunte dalla norma UNI 10169:01 presa a riferimento. Si considera condizione preliminare il punto di cui alla lettera a) relativo al capitolo 1 della norma "Scopo e campo di applicazione" di seguito riportato:

a) "il numero di Reynolds (Re) del flusso ai punti di campionamento: $Re > 1200$ "



Innovazione e ricerca

In figura 1 è riportato il grafico che regola la velocità di flusso (espressa in metri al secondo “m/s”) con il numero adimensionale di Reynolds (Re) in funzione di tre diametri di condotto presi ad esempio (D espresso in metri “m”).

La condizione di avere un numero di Reynolds maggiore a 1200 è spiegabile con il passaggio da un regime laminare ad uno turbolento ed il conseguente passaggio della distribuzione della velocità lungo la sezione normale del condotto da un andamento a profilo parabolico (regime laminare) ad un andamento più uniforme (regime turbolento $Re > 1200$).

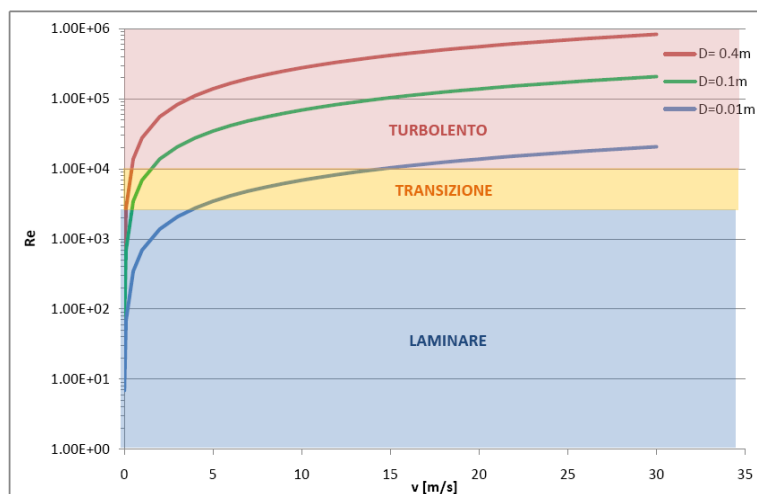


Figura 1 – Moti di flusso funzione di velocità e numero di Reynolds a differenti diametri di condotto

Di altrettanta importanza il punto di cui alla lettera f) relativo al capitolo 1 della norma “Scopo e campo di applicazione” di seguito riportato (e di cui si parlerà in seguito):

f) “le caratteristiche ed il posizionamento della sezione di misurazione sono conformi a quanto riportato in 7”

Da un punto di vista costruttivo si fa riferimento a quanto riportato in 5.1.3 “Taratura del tubo di Pitot”:

“Occorre disporre di un condotto rettilineo di sezione circolare percorso da un flusso gassoso con velocità compresa tra 14 m/s e 16 m/s, costante nel tempo in modo da assicurare la stazionarietà del flusso durante tutto il periodo di taratura. L'area del tubo di Pitot (ovvero del tubo di Pitot con sonda di prelievo abbinata), proiettata sulla sezione di misurazione del condotto, non deve essere maggiore del 3% dell'area della sezione di misurazione stessa”



Innovazione e ricerca

La norma tecnica **ASTM D3796-09** "Standard Practice for Calibration of Type S Pitot Tubes" potrebbe rappresentare un buon standard tecnico dal momento che la norma UNI 10169:01 è stata ritirata dall'ente di accreditamento ACCREDIA con sostituzione (Circolare ACCREDIA 79 del 26 giugno 2014).

In particolare, in tale standard, capitolo 6 (apparatus) e paragrafo 6.1 (flow system) sono esplicitati alcuni criteri costruttivi (sottoparagrafi da 6.1.1 a 6.1.5).

Si ritiene preferibile un condotto a sezione circolare o rettangolare. Nel primo caso il **diametro minimo** del condotto dovrebbe essere di 305 mm (**0,3 metri**). Per sezioni rettangolari la profondità (larghezza) dovrebbe essere al minimo 254 mm (0,25 metri). Sono permesse altre geometrie di condotto (ad es. esagonali o ottagonali) con la premessa che abbiano un'area di sezione di almeno 645 cm² (0,0065 m²).

E' raccomandato che il flusso sia mantenuto costante attraverso un **condotto di lunghezza almeno 10 volte le dimensioni del diametro del condotto stesso**. Per sezioni rettangolari si utilizzi il diametro equivalente (D_e). Al fine di determinare la lunghezza del condotto si utilizzi la seguente formula:

$$D_e = \frac{2LW}{(L+W)} \text{ dove } D_e \text{ è il diametro equivalente mentre } L \text{ e } W \text{ sono rispettivamente Lunghezza e Larghezza}$$

della sezione. Per condotti poligonali regolari il Diametro equivalente si desume dalla circonferenza inscritta e da lì poi la lunghezza del condotto.

Per assicurare che in prossimità della sezione di inserimento del tubo di Pitot siano assicurate linee di flusso stabili, si raccomanda di **porre il punto di misura a almeno 8 diametri (o diametri equivalenti) a valle e ad almeno 2 diametri a monte rispetto alla più vicina discontinuità di flusso**.

Se questa condizione **non** può essere raggiunta **si deve dimostrare adeguatamente il raggiungimento della stabilità del flusso**.

La norma dettaglia anche le specifiche di **velocità del ventilatore** che può essere collocato sia a valle che a monte della sezione di misura (Figura 2): esso deve garantire una velocità **di circa 15,2 m/sec costante nel tempo**.

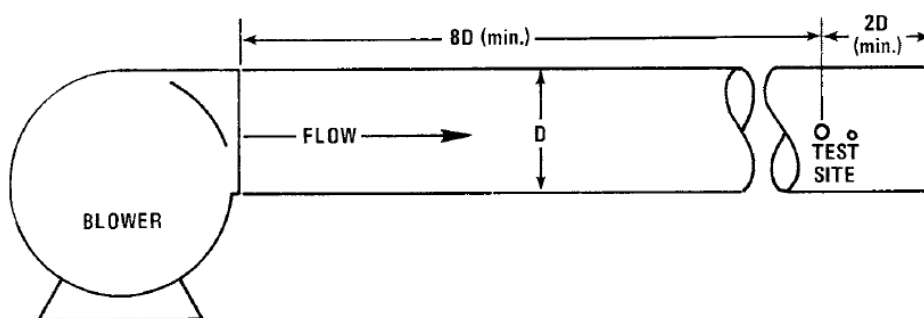


Figura 2 – Pitot Tube Calibration System (da **ASTM D3796-09**)

La figura sottostante mostra anche i due fori da praticare per l'ingresso rispettivamente del tubo di Pitot di tipo S e per il tubo standard (Tipo L). Devono essere uno leggermente a valle rispetto all'altro per fare in modo che il tubo Standard (Tipo L) e il Tipo S risultino allineati nella sezione di misura. Per questo la norma consiglia di utilizzare un materiale acrilico o comunque trasparente per il condotto (per lo meno in questa zona).

La situazione specifica del condotto in uso presso l'Istituto organizzatore del circuito (SSC) è visualizzata in Figura 3 e schematicamente elencata in Tabella 1.



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

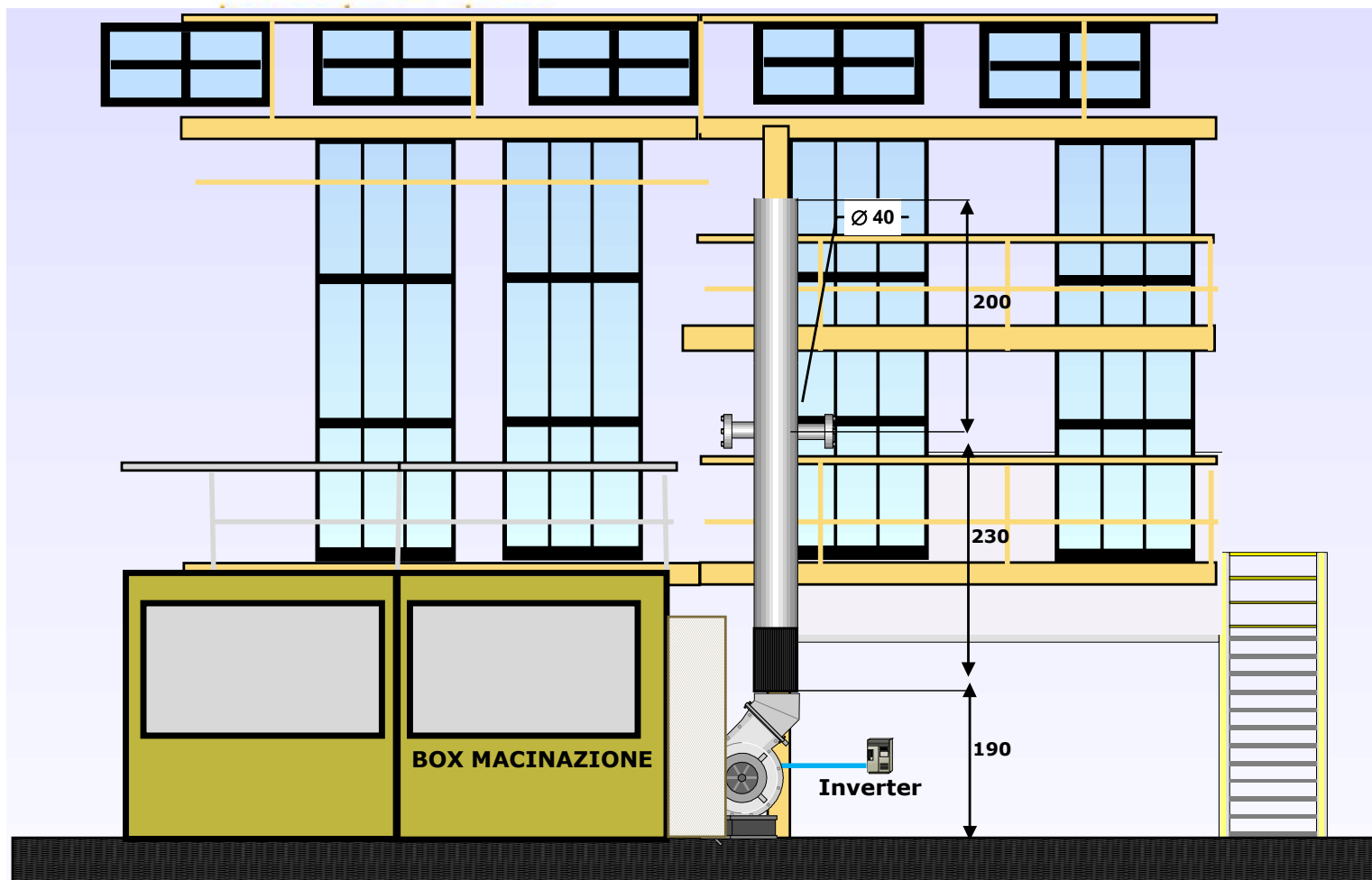


Figura 3 (schema condotto utilizzato in SSC)



Innovazione e ricerca

Considerando il grafico in Figura 1 per le condizioni di velocità descritte in 5.1.3 della norma si può notare il rispetto, per un diametro di condotto di 0,4 metri, della condizione a) del capitolo 1 relativa al numero di Reynolds in quanto ci troviamo abbondantemente in un regime di flusso turbolento con $Re > 1200$.

Tabella 1 (caratteristiche condotto utilizzato in SSC)

Costruttore	Progetto interno SSC	Conformità rispetto ad ASTM D3796-09
Lunghezza condotto	4,3 m	Non pertinente
Diametro idraulico condotto	0,4 m	SI
Diametri idraulici prima della sezione di misurazione	5	NO (dimostrabilità stabilità flusso richiesta)
Diametri idraulici dopo la sezione di misurazione	5	SI
Presenza raddrizzatore di flusso (SI / NO)	SI	SI (dimostrabilità stabilità flusso di cui a condizione diametri idraulici prima della sezione di misurazione)
Se SI lunghezza L dispositivo (raddrizzatore flusso)	0,3 m	
Larghezza cella b (raddrizzatura flusso)	0,035 m	

Relativamente alla situazione presente in SSC, al fine di garantire la conformità delle caratteristiche ed il posizionamento della sezione di misurazione si è prestata particolare attenzione alla sezione 7 della norma UNI 10169:01 ed in particolare al punto d) relativo all'omogeneità della distribuzione della velocità del gas nella sezione di misurazione o del "rispetto" dei diametri idraulici: "nel caso in cui il flusso, subito dopo il tratto rettilineo dove è posizionata la sezione di misurazione, sfoghi direttamente in atmosfera, il tratto rettilineo di condotto dopo la sezione di misurazione deve essere di almeno 5 diametri idraulici (per un totale di 10 diametri idraulici)"

Nonostante sia rispettata la condizione d) di cui al punto 7 della norma UNI 10169:01 è stato comunque deciso di applicare all'interno del condotto, un dispositivo per migliorare le condizioni di flusso nella sezione di misurazione.

E' stato fatto uso di un raddrizzatore di flusso del tipo di cui alla figura C.3 (Appendice C norma UNI 10169:01) installato all'interno del condotto ad una distanza di circa 2 metri prima della sezione di misurazione.

La norma **UNI EN ISO 16911:13 Parte 1** dettaglia le specifiche di performance relative alla taratura del tubo di Pitot soprattutto in A.2.2.2 (Annex A – normativo e dunque prescrittivo).

In tale paragrafo si sottolineano due prescrizioni relative alla taratura.

La prima riguarda la frequenza e l'ampiezza di taratura: essa dovrebbe essere effettuata a flussi rappresentativi delle condizioni di flusso del camino ed i punti di taratura dovrebbero coprire il



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

Innovazione e ricerca

range di operatività del tubo di Pitot (ad esempio un massimo del doppio del massimo flusso più percentuali intermedie del massimo flusso).

Questa affermazione inciderà sulla scelta di adottare in via sperimentale e facoltativa per il Circuito condotto nel corso del 2013-14 due range di velocità di flusso (una a 15 m/sec obbligatoria ed a 6 m/s facoltativa).

La seconda affermazione riguarda la modalità di taratura: dovrebbe essere una taratura multi-punto che prenda in considerazione il range di velocità dell'applicazione. Dovrebbe essere tracciabile metrologicamente e questo può essere ottenuto, ad esempio, attraverso l'utilizzo di un tunnel del vento con livelli di velocità di flusso tracciabili attraverso tecniche laser quali il LDA (Laser Doppler Anemometry).

Questi passaggi della norma hanno portato a due differenti interpretazioni se considerati riferibili a qualsiasi laboratorio accreditato secondo la **UNI EN ISO 16911:13 Parte 1** piuttosto che a centri di taratura LAT accreditati per la taratura dei tubi di Pitot.

La taratura dei tubi di Pitot a più punti è imprescindibile; inoltre i punti di taratura dovranno essere scelti in modo tale da coprire le misure effettivamente poi eseguite in campo.

La taratura deve essere tracciabile, il che vuol dire, sulla base delle indicazioni contenute in altri documenti ACCREDIA, che la taratura deve essere necessariamente effettuata o direttamente da laboratori accreditati o per confronto con strumenti primari tarati da detti centri.

Nel secondo caso il laboratorio dovrà necessariamente dotarsi di un apposito condotto di prova che dovrà però garantire stabilità del flusso e di range di velocità e pressione compatibili con le prestazioni richieste dal metodo.

Il laboratorio, utilizzando le proprie procedure e i propri primari, potrebbe anche utilizzare apposite gallerie del vento rese disponibili da terze parti, (costruttori o altri laboratori) anche se non appartenenti a centri di taratura LAT o equivalenti **[WK, Padova 19/03/14]**.

3. TUBO DI PITOT DI RIFERIMENTO

Il tubo di Pitot usato come riferimento è un tubo di tipo S (n° serie 0457) il cui schema è del tipo di cui alla figura B1 (Appendice B norma UNI 10169:01) nonché Figura 1 norma ASTM D3796-09 tarato da un centro metrologico riconosciuto a livello europeo: VSL (Dutch Metrology Institute) con un tubo di Pitot di riferimento a fattore di taratura noto.

Si riporta in Figura 4 la foto del dispositivo in possesso della SSC.

A seguito della riunione avvenuta in data 27 giugno 2014 è stato stabilito di non servirsi più di un certificato emesso da un Ente accreditato relativo al Pitot primario per confronto con il valore medio trovato dal Circuito ma di considerare il valore "vero" tra i laboratori quello scaturito dal



Innovazione e ricerca

trattamento statistico. Tale valore verrà chiamato **valore assegnato (o di consenso)** nella tabella relativa alla statistica generale del Circuito nella presentazione dei risultati finali.



Figura 4 (foto del tubo di Pitot di riferimento)

In aggiunta al tubo di cui alla Figura 4 l'Istituto organizzatore del Circuito ha messo a disposizione un tubo di prolunga da collegare direttamente al micromanometro differenziale.

Entrambi i dispositivi sono stati messi a disposizione al fine di garantire stesse condizioni di conduzione del circuito e limitare al tubo di Pitot di prova di ogni laboratorio coinvolto ed alla procedura stessa le *uniche* variabili nel principio di svolgimento del circuito stesso.

4. TUBO DI PITOT DI PROVA E MICROMANOMETRO DIFFERENZIALE

La norma UNI 10169:01 determina il metodo per determinare la velocità e la portata dei flussi gassosi convogliati che si immettono nell'atmosfera ed è stata pertanto pensata per un obiettivo più ampio rispetto all'attività in oggetto.

Essa prevede l'utilizzo di due tipi di tubi di Pitot, il tipo L e il tipo S e ne prescrive le condizioni di impiego.

Possono essere utilizzati anche altri tipi di tubi di Pitot, purché sia verificato che la loro accuratezza risponda ai requisiti di cui in 12 (UNI 10169:01).

La sostituzione della norma con la UNI EN ISO 16911-1 apporta una serie di considerazioni che possono essere sintetizzate come segue:

Le tarature dei micromanometri differenziali e dei tubi di Pitot potranno essere riferite ai singoli componenti, mentre alcune delle prestazioni di cui alla Tabella 3 della norma UNI EN ISO 16911-1 (ripetibilità, effetto angolare del sensore di flusso, errore sulla linearità) dovranno essere forzatamente riferite all'accoppiamento di tali strumenti (linea derivante dall'unione del tubo di Pitot con il micromanometro). Si ritiene che le procedure di taratura e di verifica intermedia taratura vadano nella direzione di considerare solidale il Pitot con il micromanometro differenziale individuando linee di campionamento distinte. In caso contrario, il laboratorio dotato di numerosi strumenti dovrà verificare le diverse combinazioni strumentali che saranno utilizzate [WK, Padova 19/03/14].



Innovazione e ricerca

Alla luce di questa opzione lasciata al singolo laboratorio si ritiene utile determinare le condizioni di partenza dei vari laboratori coinvolti nell'attività, per lo svolgimento delle prove.

In una fase preliminare l'attività ed a questo scopo, è stata fatta circolare una check-list che ha dato l'esito seguente:

Tabella 2 - Check-list condizioni strumentali/assicurazione qualità Laboratori partecipanti

Lettera identificativa laboratorio	Accreditamento secondo la norma UNI 10169:01	Procedura interna di taratura Pitot (rif. norma UNI 10169:01 cap. 5.1.3)	Condotto con velocità da 14 a 16 m/sec (circa 15 m/sec)	Pitot tipo L tarato presso un Centro metrologico accreditato	Microman. sottoposto a taratura
A	SI	SI	SI	NO	SI
B	SI	SI	SI	SI	SI
C	NO	NO	SI	SI	SI
D	SI	SI	SI	SI	SI
E	SI	SI	SI	SI	SI
F	SI	SI	SI	SI	SI
G	SI	SI	SI	SI	SI
H	SI	SI	SI	SI	SI
I	SI	NO	SI	NO	SI
J	SI	SI	SI	SI	SI
K	SI	SI	SI	SI	SI
L	SI	SI	SI	SI	SI
M	SI	SI	SI	SI	SI
N	SI	SI	SI	SI	SI
O	SI	SI	NO	SI	SI
P	SI	SI	SI	NO	SI
P1	NO	SI	SI	NO	NO
Q	SI	SI	SI	SI	SI
R	SI	SI	SI	SI	NO
S	SI	SI	SI	SI	SI
T	SI	SI	SI	SI	SI
U	SI	SI	SI	SI	SI
V	NO	SI	SI	SI	SI
W	SI	SI	SI	SI	SI
X	SI	SI	SI	SI	SI
Y	SI	SI	SI	NO	SI
Z	SI	SI	SI	SI	SI



Innovazione e ricerca

Dalla tabella si evince la sostanziale omogeneità delle condizioni “strumentali” dove con strumentali si intendono le condizioni di velocità del condotto e la disponibilità di tubi di Pitot e micromanometri sottoposti a taratura.

Le modifiche apportate dalla norma UNI EN ISO 16911-1:13 non hanno permesso, per l'edizione 2013-14 del Circuito, di elaborare la check-list in maniera più mirata rispetto alle indicazioni fornite. Sarà comunque implementata una nuova check-list alla luce delle novità introdotte.

La sostanziale omogeneità delle risposte e dunque delle condizioni operative di partenza confermano quella che potrebbe essere la caratteristica particolare del circuito in questione ovvero la variabilità principale e “intrinseca” nella procedura di prova messa in atto da ciascun laboratorio come verrà trattata nel successivo capitolo della relazione.

5. PROCEDURA DI PROVA

L'aspetto che si presta maggiormente a variabilità nel circuito nel suo complesso è rappresentato dalla procedura di prova.

Anche in questo caso è stato preso come riferimento lo standard UNI 10169:01 (Taratura del tubo di Pitot 5.1.3)

Nel corso della riunione svoltasi in data 27 giugno 2013, è stato stabilito di effettuare n° 3 prove relative a n° 3 letture di Δp per confronto tra un tubo di Pitot preso a riferimento ed il tubo di Pitot messo a disposizione da ogni singolo laboratorio partecipante, attraverso le seguenti modalità operative:

1. Effettuare una pulizia accurata dei Pitot, utilizzando aria compressa o eventualmente anche un bagno ad ultra-suoni
2. Posizionare nel condotto il Pitot primario prestando attenzione di lasciare uno spazio di almeno 80 mm dalla parete interna
3. Lasciare stabilizzare il sistema per circa 10 minuti
4. Azzerare il micromanometro e collegarlo al tubo di Pitot
5. Effettuare 3 letture del Δp
6. Togliere il riferimento e posizionare nel condotto, nel medesimo punto di affondamento, il tubo di Pitot soggetto a taratura, effettuare 3 letture del Δp
7. Successivamente ruotare di 180° il tubo di Pitot da tarare e ripetere la stessa procedura come da punto 6

CRITERI DI ACCETTABILITA' :

- i fattori αx non devono discostarsi più di 0.02 dal valore medio
- il fattore medio delle tre prove non deve differire più di 0.01

Tali criteri sono desunti dalla stessa norma presa a riferimento.



Innovazione e ricerca

Si sono considerati due ulteriori criteri:

- differenza di temperatura durante la conduzione dell'intera prova (comprensiva della rotazione del tubo di Pitot di 180°) non superiore a 0,5 °C
- differenza di pressione assoluta rilevata non superiore al 5% del valore medio di pressione durante la conduzione dell'intera prova (comprensiva della rotazione del tubo di Pitot di 180°)

Queste due ultime condizioni non sono riportate nella norma di riferimento (UNI 10169:01) ma derivano dalla pratica adottata dal Laboratorio Combustione e Ambiente di Innovhub – SSI e ne costituiscono parte integrante della procedura di taratura (rif. int. PT-042).

Tutti i criteri, compresi gli ultimi due che esulano dalla norma di riferimento si considerano tesi a garantire condizioni di stazionarietà del flusso nel condotto. Il loro rispetto è pertanto da considerarsi fortemente consigliato, tuttavia non vincolante, in quanto sarà poi il trattamento statistico successivo a rilevare eventuali dati sospetti (*straggler*) e anomali (*outlier*).

Come già accennato ed alla luce delle novità introdotte dalla UNI EN ISO 16911-1:13 nella sezione A.2.2.2 Pitot tube “The Pitot tube shall be calibrated at flow rates representative of the stack flow conditions, and the calibration points used shall encompass its range of operation” è stato stabilito nella riunione tecnica del 27 giugno 2013 di **considerare due differenti velocità all'interno del condotto**: un primo range tra i 5 ed i 7 m/s (media 6 m/s): tale possibilità è stata posta come facoltativa per il laboratorio con possibilità di regolare le condizioni di flusso al condotto di prova, ed un range tra i 14 e i 16 m/s (media 15 m/s) come valore obbligatorio e testato nella precedente esperienza.

Il protocollo di prova è da considerarsi da doversi ripetere per ognuna delle velocità considerate.

Ulteriore aspetto già ribadito, è stato deciso di non servirsi più di un certificato emesso da un Ente accreditato relativo al Pitot primario per confronto con il valore medio trovato dal Circuito ma di considerare il **Valore assegnato (di consenso)** tra i laboratori quello scaturito dal trattamento statistico.

6. PRESENTAZIONE DEI DATI

L'ordine di esecuzione delle prove da parte dei laboratori è stato stabilito da un calendario costantemente aggiornato da SSC.

Il calendario finale è riportato nella Tabella 3



Innovazione e ricerca

Tabella 3 - Calendario finale delle prove di correlazione 2013-14 con Pitot di riferimento di tipo S (n° serie 0457)

N°	LABORATORIO	PERIODO DI PROVE	NOTE
1	SSC	22 – 26 luglio	
2	INDAM	2 – 6 settembre	
3	ARCHA	9 – 13 settembre	
4	LASER LAB.	16 – 20 settembre	
5	LABANALYSIS	7 – 11 ottobre	
6	GRUPPO CSA	14 – 18 ottobre	
	SSC	28 – 31 ottobre	Controllo integrità Pitot
7	ECOLSTUDIO	4 – 8 novembre	
8	SYNDIAL	18 – 22 novembre	
9	SIGE	25 – 29 novembre	
10	CONSULENZE AMBIENTALI	2 – 6 dicembre	
11	ARPA FVG	09 – 13 dicembre	
12	THEOLAB	16 – 20 dicembre	
13	WATER & LIFE	13 – 17 gennaio	
14	STUDIO ASA	20 – 24 gennaio	
15	SGS ITALIA SpA	27 – 31 gennaio	
16	LASI	03 – 07 febbraio	
17	FENICE SpA	10 – 14 febbraio	
18	SGS ITALIA SpA	17 – 21 febbraio	
19	ARPA UMBRIA	17 – 21 marzo	
20	PROTEZIONE AMBIENTALE	24-28 marzo	
21	LAV	7-11 aprile	
22	HERA SpA	12 – 16 maggio	
23	R&C Lab Srl	19 – 23 maggio	
24	FENICE SpA	26 – 30 maggio	
25	EUROFINS	14-18 luglio	
26	ECORESEARCH Srl	28 luglio – 01 agosto	
27	ENEL Produzione SpA	22 – 26 settembre	
	SSC	06 – 10 ottobre	Controllo integrità Pitot

SSC ha svolto in due occasioni, come laboratorio di riferimento, la funzione di ricontrollo visivo dell'integrità del Pitot ed effettua una prova di controllo.

Essendo il numero dei laboratori partecipanti sufficientemente consistente da garantire robustezza al trattamento statistico i dati delle prove di ricontrollo non hanno partecipato al computo del trattamento dati sperimentali.



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

Innovazione e ricerca

7. TRATTAMENTO DEI DATI SPERIMENTALI

I dati delle prove sono stati predisposti dai laboratori partecipanti su un format excel appositamente preparato da SSC.

Come concordato nella riunione tecnica del 27 giugno 2013 i dati raccolti sono stati elaborati tramite fogli elettronici excel, applicando un primo trattamento statistico di base (1° livello) e successivamente, alla fine del circuito, un trattamento statistico più approfondito (2° livello), secondo la **norma ISO 5725:04 parte 5** "Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of a standard measurement method", un metodo robusto di analisi, per le stime degli scarti tipo della ripetibilità e riproducibilità, che sono meno soggette al giudizio dell'analista, rispetto a quelle fornite dai metodi descritti nella UNI ISO 5725-2.

Essendo questa tipologia di trattazione statistica effettuata per la prima volta rispetto all'attività condotta l'anno precedente, è stato deciso, per confronto di effettuare comunque il trattamento statistico secondo la norma UNI ISO 5725-2 con l'individuazione dei dati sospetti (*straggler*) e anomali (*outlier*).

Si precisa come il Circuito di Interconfronto 2013-14 ritenga come ufficiali i risultati ottenuti dal trattamento secondo la norma ISO 5725:04 parte 5.

I dati sperimentali sono stati raccolti a partire da un file excel fatto girare prima della conduzione delle prove a ciascun laboratorio (001_2013_PT_Pitot_ISSI_SSC_dati.xls).

Il file prevedeva in un primo foglio la raccolta dei dati delle prove. In un secondo foglio veniva fornita in automatico l'elaborazione con il primo livello statistico dei dati.

Ogni laboratorio partecipante, dunque, aveva la possibilità, una volta raccolti ed inseriti i dati sul foglio excel, di avere a disposizione già il proprio trattamento statistico di primo livello.

8. MODALITA' DI ELABORAZIONE DEI DATI SPERIMENTALI

La valutazione statistica dei dati di calcolo del fattore k (calcolo della media, della deviazione standard, del coefficiente di variazione percentuale del circuito di correlazione) è relativa alle tre prove svolte da tutti i laboratori secondo il programma concordato.

Nel trattamento statistico di 1° livello (calcolo delle medie, delle deviazioni standard e del coefficiente di variazione percentuale per ogni parametro misurato) sono stati considerati tutti i dati ricevuti dai laboratori partecipanti e, quindi, non è stata fatta alcuna ricerca di dati anormali (*outliers*).



Innovazione e ricerca

9. ANALISI STATISTICA DEI DATI

L'analisi statistica di 2° livello dei dati di calcolo del fattore k è stata effettuata applicando la norma ISO 5725:04 parte 5, tramite formule appositamente ricavate da questa norma.

Il trattamento prevede di porre i risultati di una prova in ordine crescente e di individuare, tramite il calcolo della mediana e dello scarto tipo della mediana, risultati con comportamento anomalo che non vengono eliminati, ma posti uguali a valori limite.

Per il nuovo set di risultati si calcolano media e scarto tipo e si verifica la presenza di risultati anomali. Il processo è iterativo e si ferma quando lo scarto tipo calcolato all'iterazione $i+1$ è molto simile allo scarto dell'iterazione precedente.

Il metodo previsto dalla parte -5 della norma è sicuramente indicato per quelli che vengono definiti "materiali eterogenei" ovvero campioni che per loro caratteristiche intrinseche variano. Nel tempo (all'istante t_0 un flusso gassoso può essere differente dallo stesso flusso campionato all'istante t_1) e/o nello spazio (il punto di campionamento).

E' chiaro come si presti particolarmente per il campionamento simultaneo all'interno di un condotto di stream gassosi al fine di campionare un determinato analita.

La simultaneità potrebbe non essere garantita per tutti i laboratori coinvolti nel circuito e per questo motivo si introdurrebbe un'altra fonte di eterogeneità determinata dal punto di campionamento (bocchello).

Nel nostro caso è stato scelto di preferire la parte -5, in quanto il metodo tradizionale prevede l'esclusione di valori anormali dal calcolo degli scarti tipo di ripetibilità e riproducibilità.

Escludere valori anormali può avere conseguenze sensibili sulle stime di tali scarti e quindi chi analizza i dati deve fare una valutazione soggettiva decidendo quali escludere.

L'approccio di parte -5 non prevede prove di esclusione: vengono compresi pertanto anche i valori anormali con il risultato di ottenere scarti tipo non più influenzati dal giudizio dell'analista.

Come detto, per confronto è stato effettuato anche un trattamento statistico applicando la norma ISO 5725:04 parte 2 pur non considerandolo ufficiale.

Questo approccio prevede in una prima istanza un trattamento dei dati secondo la statistica di Mendel che esamina gli stessi per valutarne la coerenza: si rilevano in sostanza gli scostamenti rispetto alla varianza e rispetto al valore medio e se ne conclude l'opportunità di un'ulteriore analisi sui dati per identificare valori sospetti (*straggler*) e/o anomali (*outlier*).

Si passa poi al test di Cochran sulle deviazioni standard dei dati riportati da ogni singolo laboratorio (ripetibilità) con l'individuazione dei dati sospetti (limite di confidenza dell'1%) e di quelli anomali (limite di confidenza del 5%).

Tale test viene iterativamente ripetuto qualora vengano trovati dati anomali fino a non trovarne più (eliminando via via ovviamente gli outlier).

Analogamente viene eseguito il test di Grubbs sui valori medi dei dati riportati dai laboratori (riproducibilità).



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

Innovazione e ricerca

In questo caso, conformemente alla parte 2 della norma ISO 5725:04 paragrafo 7.3.4.3 è stato applicato il test di Grubbs per una osservazione anormale sui valori medi dei dati. Nel caso in cui venga trovato un valore anormale con questo test, lo si esclude ed il test viene ripetuto.

Il processo termina quando il test non rileva più valori anormali ed in questo caso non viene più effettuato nessun altro trattamento di dati.

Nel caso in cui dal test di Grubbs non risultino osservazioni anormali sui valori medi, si decide di applicare il test di Grubbs doppio come descritto in 7.3.4.2 della norma.

Successivamente sono stati determinati i valori limite di **ripetibilità (r)** e di **riproducibilità (R)** dopo aver individuato ed eliminato i dati statisticamente anomali.

E' stato determinato infine per ogni laboratorio il punteggio z-score conseguito, relativo a tutti i parametri misurati. Questo parametro statistico indica il grado di bontà dei risultati ottenuti dal laboratorio rispetto a quelli medi del circuito di correlazione.

E' stato considerato soltanto il valore assegnato (di consenso) del circuito all'interno della formula che verrà esplicitata nelle successive definizioni.

il Circuito di Interconfronto 2013-14 ha ritenuto come ufficiali i risultati di z-score ottenuti dal trattamento secondo la norma ISO 5725:04 parte 5.

Sono stati tuttavia confrontati con i risultati di z-score ottenuti dal trattamento secondo la norma ISO 5725:04 parte 2.

DEFINIZIONI:

Il punteggio z-score si calcola come:

$$z\text{-score} = (x-m) / d.s.$$

Dove $(x-m)$ è lo scarto dalla media (x) dei valori di un parametro (fattore k) riportato da un laboratorio rispetto alla media (m) del circuito di correlazione e $d.s.$ è la **deviazione standard** relativa a quel parametro del circuito di correlazione. Generalmente si può dire che il valore x riportato dal laboratorio risulta soddisfacente se il valore assoluto di z-score è inferiore a 2, è ritenuto sospetto se il suo valore è compreso tra 2 e 3, mentre è ritenuto anomalo se è superiore a 3.

Definizione di **ripetibilità** (precisione sotto condizioni di ripetibilità): un laboratorio opera in **ripetibilità** quando la differenza (in valore assoluto) tra i risultati di due prove svolte con lo stesso operatore, con le stesse apparecchiature, in condizioni operative concordate e ritenute standard e con lo stesso Pitot di riferimento, secondo la procedura adottata nella normale routine di controllo qualità, supera il valore limite di ripetibilità soltanto in 1 caso su 20, ossia con una probabilità del 5%.

Definizione di **Riproducibilità** (precisione sotto condizioni di riproducibilità): due laboratori distinti operano in condizioni di **riproducibilità** quando la differenza (in valore assoluto) dei risultati delle prove svolte da ciascuno di essi, con operatori ed apparecchiature



Innovazione e ricerca

differenti, in condizioni operative concordate e ritenute standard e con lo stesso Pitot di riferimento, applicando la procedura adottata nella normale routine di controllo qualità, supera il valore limite di riproducibilità soltanto in 1 caso su 20, ossia con una probabilità del 5%.

RIASSUNTO DEL CIRCUITO DI CORRELAZIONE 2013-14

Il quadro riassuntivo dei risultati del circuito di correlazione svolto nel 2013-14 con il Pitot di riferimento di tipo S (n° serie 0457) è presentato in Tabella 4 ed in Tabella 5 che seguono e commentato in dettaglio nelle pagine successive di questo rapporto.

Tabella 4 – Statistica generale del circuito per velocità media **6 m/s**

Statistica generale Circuito 6 m/s (ISO 5725:04 parte 5):	
Laboratori iscritti	27
Laboratori partecipanti	16
Valore minimo	0,790
Valore massimo	1,243
Valore assegnato	0,832
Media prove laboratori partecipanti	0,857
Riproducibilità della prova (scarto tipo)	0,026
Incertezza della media	0,007

Tabella 5 – Statistica generale del circuito per velocità media **15 m/s**

Statistica generale Circuito 15 m/s (ISO 5725:04 parte 5):	
Laboratori iscritti	27
Laboratori partecipanti	24
Valore minimo	0,817
Valore massimo	1,133
Valore assegnato	0,841
Media prove laboratori partecipanti	0,859
Riproducibilità della prova (scarto tipo)	0,018
Incertezza della media	0,004

Per il livello di 6 m/s la media dei laboratori partecipanti è risultata essere 0,857, ma il valore assegnato 0,832 utilizzato poi per il calcolo dello z-score. Lo scarto tipo di riproducibilità viene espresso come la radice della varianza analoga.

L'incertezza infine viene definita come il rapporto tra lo scarto tipo di riproducibilità e la radice del numero dei laboratori partecipanti al circuito.



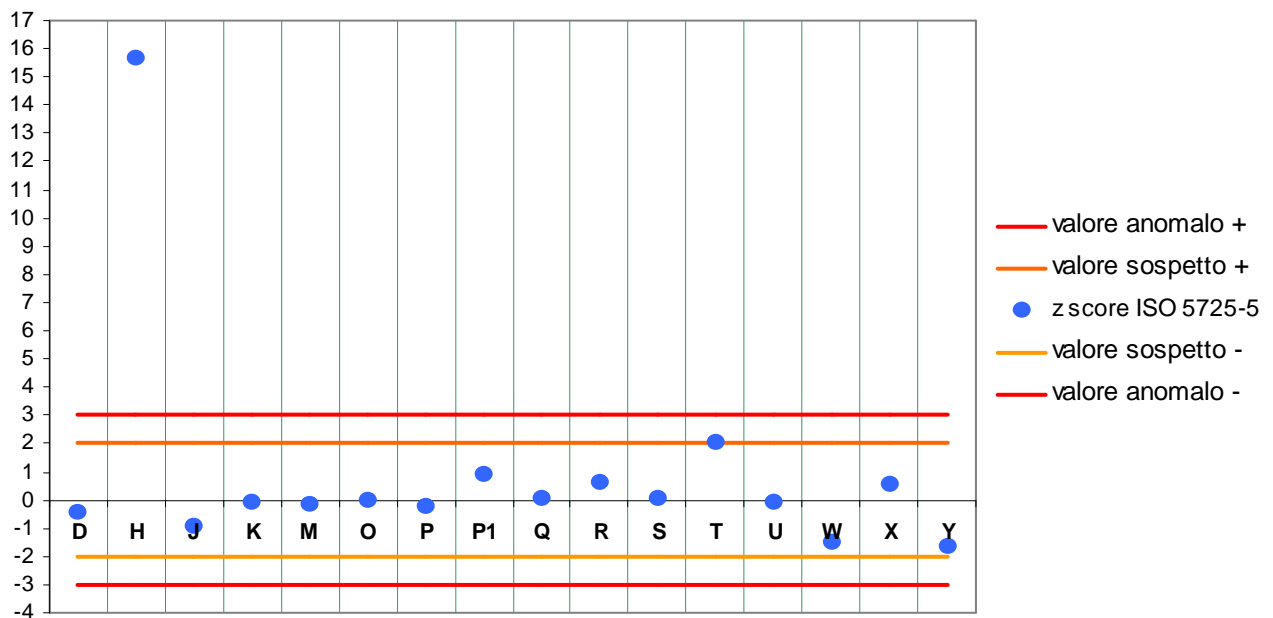
Innovazione e ricerca

Per il livello di 15 m/s il valore assegnato risulta essere di 0,841 a confronto di una media dei laboratori partecipanti di 0,859.

I grafici conclusivi dei 2 livelli comprendenti gli z-score dei laboratori partecipanti è proposto sotto:

Figura 5 – Grafico z-score laboratori partecipanti al circuito 2013-14 (6 m/s ISO 5725:04 parte 5)

Grafico 6 ms z-score laboratori partecipanti



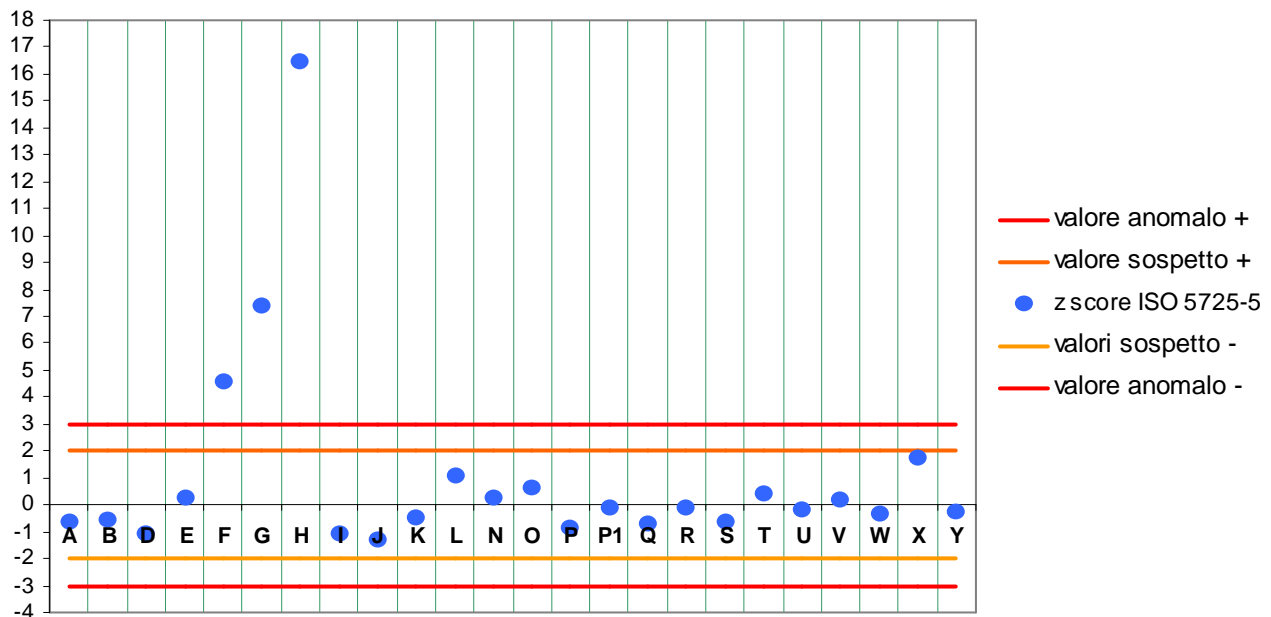
Segnale di intervento	1	Laboratorio H
Segnale di avvertimento	1	Laboratorio T



Innovazione e ricerca

Figura 6 – Grafico z-score laboratori partecipanti al circuito 2013-14 (15 m/s ISO 5725:04 parte 5)

Grafico z-score 15 ms laboratori partecipanti



Segnale di intervento	3	Laboratorio F	Laboratorio G	Laboratorio H
Segnale di avvertimento	0			

TRATTAMENTO DATI secondo ISO 5725:04 parte 2

Come stabilito a seguito di riunione avvenuta in data 27 giugno 2014 il trattamento secondo questa parte di norma è da considerarsi accessorio.

Tuttavia a fini di confronto vengono presentati entrambi i dati.

In figura 7 e 8 sono presentati i grafici h e k di Mandel per quel che concerne il livello di 6 m/s.

Come descritto al paragrafo 7.6.4 della parte 2 della norma ISO 5725:04 sono utili per valutare la coerenza dei dati. Essi possono indicare l'opportunità di un'ulteriore analisi sui dati, per identificare altri valori o laboratori anomali e sono utilizzate come statistiche descrittive (di tutte le determinazioni) più che per individuare outliers o varianze anomale. In questa fase non sono prese decisioni definitive che vengono posticipate al termine della sottoposizione dei dati ai test di Cochran e Grubbs.



Innovazione e ricerca

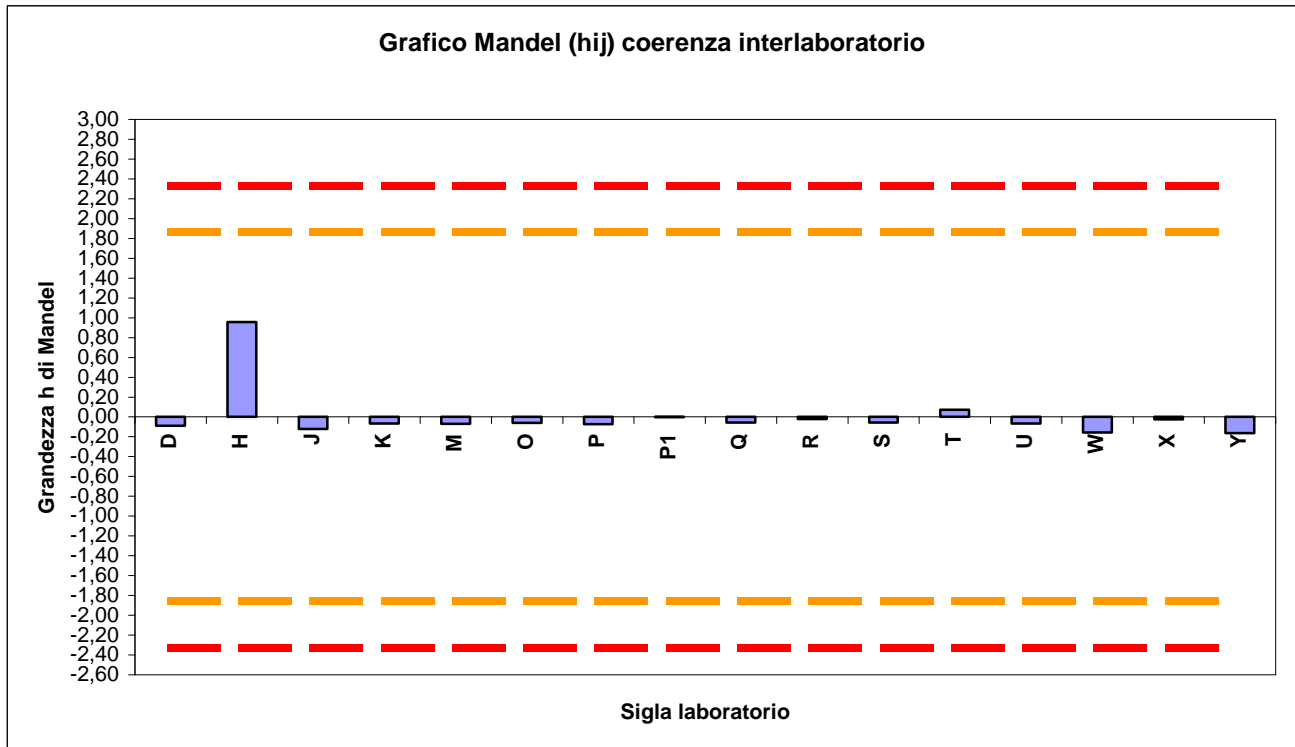


Figura 7 – Grafico h di Mandel sulla coerenza interlaboratorio 6 m/s (ISO 5725:04 parte 2)

E' stata calcolata la statistica h di coerenza interlaboratorio per ciascun laboratorio, dividendo lo scarto di "cella" (la media dei valori del fattore k trovati del livello 3 che equivale al numero di ripetizioni, meno la corrispondente media generale) per lo scarto tipo tra le medie di cella (per lo stesso livello). Tali statistiche rappresentano pertanto **una misura ponderata dello scostamento dei valori medi di un laboratorio dalla media generale.**



Innovazione e ricerca

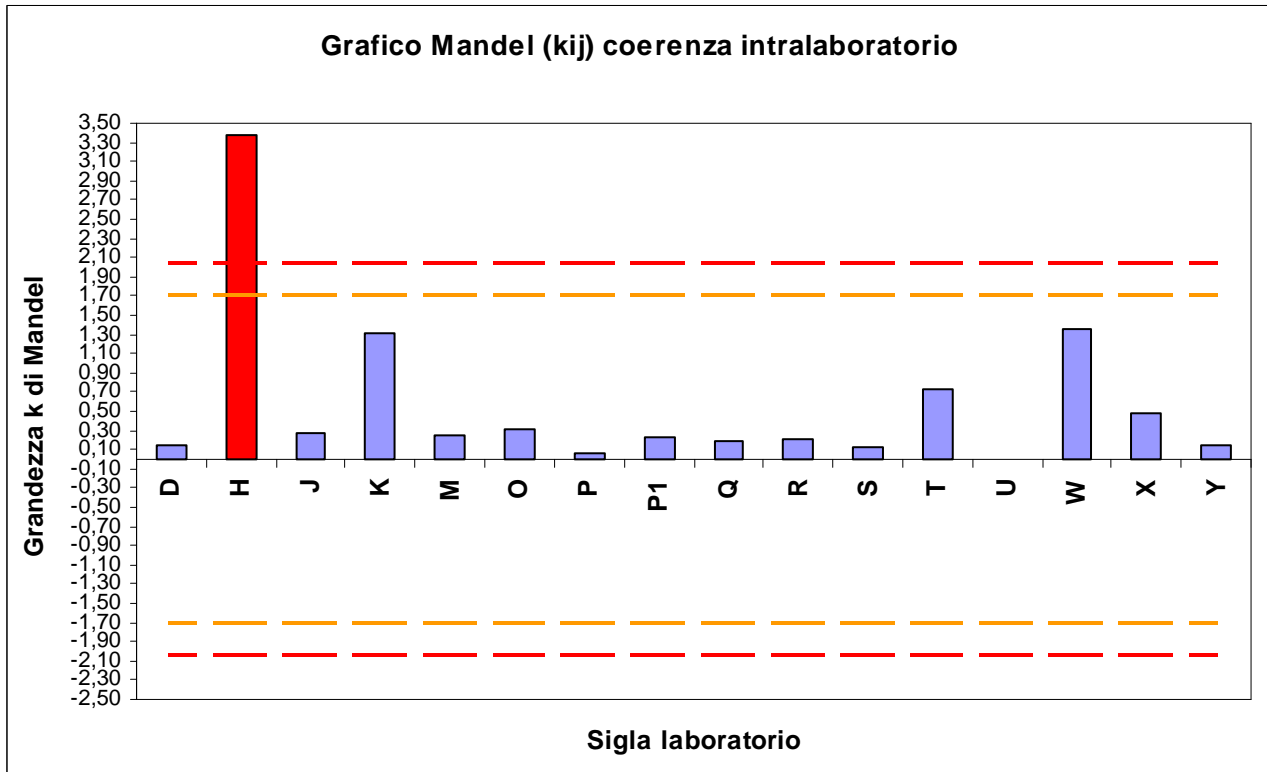


Figura 8 – Grafico k di Mandel sulla coerenza intralaboratorio 6 m/s (ISO 5725:04 parte 2)

I valori della statistica k di Mandel sono simili alla variabile di Cochran, si ottengono come rapporto tra la deviazione standard di cella e la deviazione standard di ripetibilità. **Sono pertanto una misura standardizzata della deviazione standard di “cella”.**

In entrambi i grafici sono stati indicati con la linea tratteggiata arancione (non presente nel caso specifico) e rossa rispettivamente i livelli di fiducia del 95% (arancione) al 99% (rossa) o livelli di significatività del 5% al 1% a partire da prospetti tabellati (prospetto 6 e 7 parte 2 della norma ISO 5725:04 parte 2).

Si nota come il laboratorio H sia da considerarsi all'interno della soglia considerata d'attenzione dall'analisi di Mandel: al di fuori del livello di fiducia del 99% sulla coerenza intralaboratorio.



Innovazione e ricerca

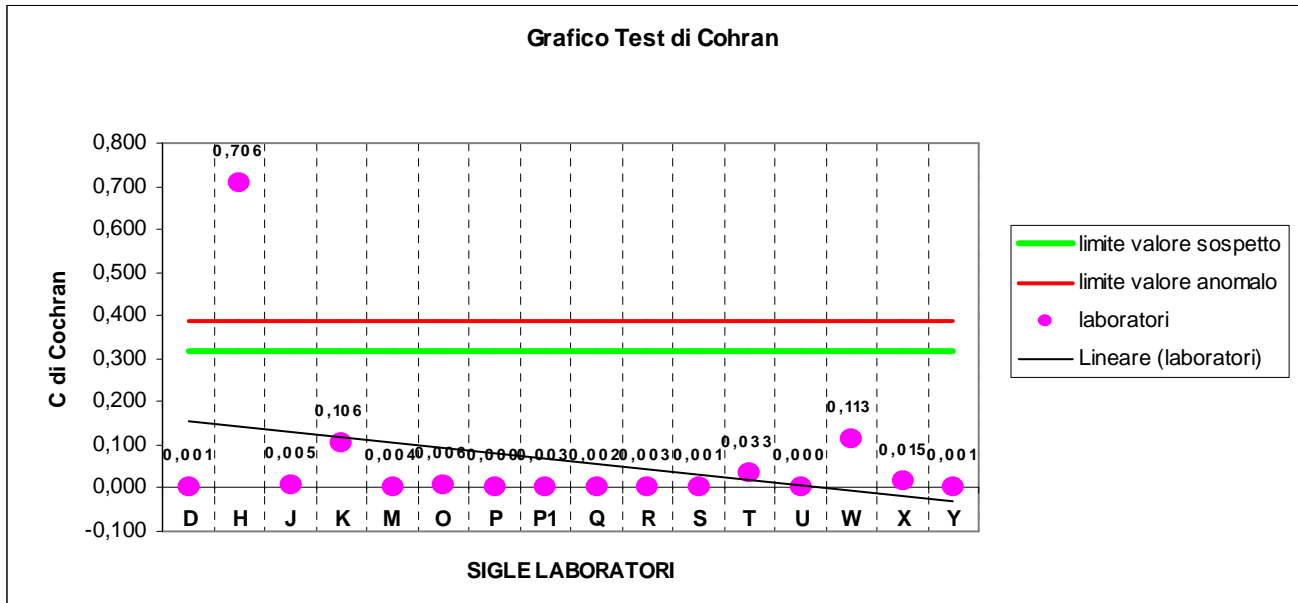


Figura 9 – Grafico Test di Cochran (16 laboratori)

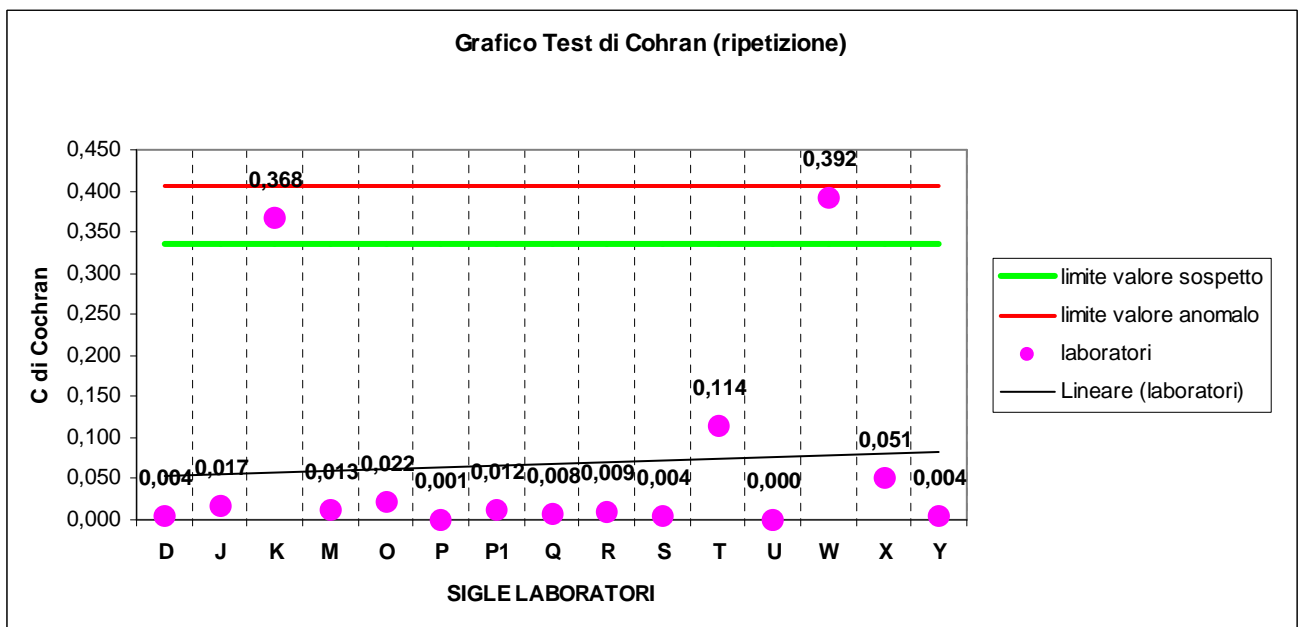


Figura 10 – Grafico Test di Cochran (15 laboratori)

In Figure 9 e 10 si riportano i grafici relativi ai test di Cochran (varianza dei dati interlaboratorio) che iterativamente porta a ripeterlo qualora si trovino dati anomali (outliers).

La Figura 9 mostra il test a 16 laboratori in cui è stato trovato il laboratorio H come anomalo (outlier).



Innovazione e ricerca

Ripetendo il test una seconda volta (7.3.3.6 parte 2 della ISO 5725:04) (Figura 10) (non considerando quello anomalo) si trovano due dati (laboratori) sospetti (stragglers): il laboratorio K e il laboratorio W.

Si è passati successivamente ai test di Grubbs eliminando il laboratorio H come da conferma dai test precedenti (Mandel e Cochran) ma non eliminando i laboratori sospetti.

Tabella 6 – Sintesi applicazione test di Grubbs (unilaterale)

Applicazione del test di Grubbs alle medie di cella

Laboratorio	Identificazione 1 valore (maggiore) anormale	Tipo di test
T	2,308	Grandezze statistiche del test di Grubbs
Valori dispersi (G 5%)	2,549	Valori critici di Grubbs
Valori anomali (G 1%)	2,806	
Laboratorio	Identificazione 1 valore (minore) anormale	Tipo di test
Y	1,712	Grandezze statistiche del test di Grubbs
Valori dispersi (G 5%)	2,549	Valori critici di Grubbs
Valori anomali (G 1%)	2,806	

Dalla Tabella appare come non ci siano laboratori anomali per Grubbs.

Nella prima parte della tabella viene individuato il laboratorio con il valore medio delle tre prove maggiore; ne viene calcolato il fattore G_p di Grubbs e viene confrontato con il valori critici per il livello corrispondente (15 laboratori rimasti in seguito all'eliminazione dell'anomalo per Cochran).

Nella seconda parte viene effettuato lo stesso test scegliendo il laboratorio avente un valore medio sulle tre prove inferiore (laboratorio Y).

In questo ultimo caso il fattore G_p di Grubbs risulta inferiore al primo livello (di dispersione).

Non sono risultate osservazioni anormali sui valori medi applicando anche il test di Grubbs doppio come descritto in 7.3.4.2 della norma.



Innovazione e ricerca

Tabella 7 – Statistica generale del circuito per velocità media 6 m/s

Statistica generale Circuito 6 m/s (ISO 5725:04 parte 2):	
Laboratori iscritti	27
Laboratori partecipanti	16
Valore minimo	0,790
Valore massimo	1,243
Valore assegnato	0,831
Media prove laboratori partecipanti	0,857
Riproducibilità della prova (scarto tipo)	0,025
Incertezza della media (uX)	0,006
Incertezza estesa (UX)	0,012
var. ripet. s_r^2	0,00007
var. riprod. s_R^2	0,0006
var interlab s_L^2	0,0005

La varianza di ripetibilità è calcolata conformemente a (20) in 7.4.5.1 della parte 2 della ISO 5725:04 così come la varianza di riproducibilità e quella interlaboratorio.

Il valore assegnato è risultato essere uguale a 0,831. Si tenga conto che questo valore risulta a **seguito dell'eliminazione dei dati (laboratori) anomali** in base ai test di Cochran (1) e Grubbs (0).

Analogamente per il calcolo dello scarto tipo.

Lo scarto tipo di riproducibilità viene espresso come la radice della varianza analoga.

L'incertezza infine viene definita come il rapporto tra lo scarto tipo di riproducibilità e la radice del numero dei laboratori non eliminati secondo i test descritti in precedenza.

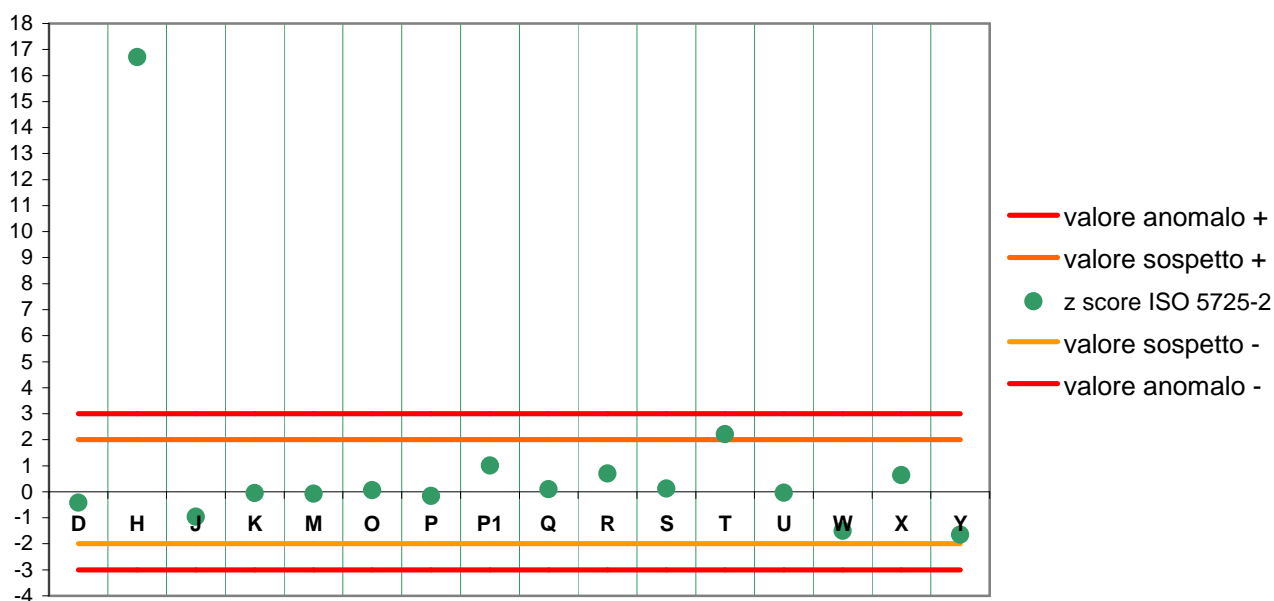
Analogamente l'incertezza estesa (il valore che di fatto viene inserito nell'espressione del risultato) è calcolata come il doppio dell'incertezza standard.

Il grafico conclusivo comprendente gli z-score dei laboratori partecipanti è proposto sotto



Figura 11 – Grafico z-score laboratori partecipanti al circuito 2013-14 (6 m/s ISO 5725:04 parte 2)

Grafico 6 ms z-score laboratori partecipanti



Segnale di intervento	1	Laboratorio H
Segnale di avvertimento	1	Laboratorio T

L'analisi porta a concludere come l'approccio previsto dalla parte 2 della norma abbia dato un risultato fondamentalmente in linea con la parte 5.

Si ribadisce tuttavia che il risultato ufficiale sia quello di Figura 5.

Gli indicatori utilizzati per evidenziare i due approcci (pallino azzurro per parte 5 e verde per parte 2) risultano quasi completamente sovrapposti.

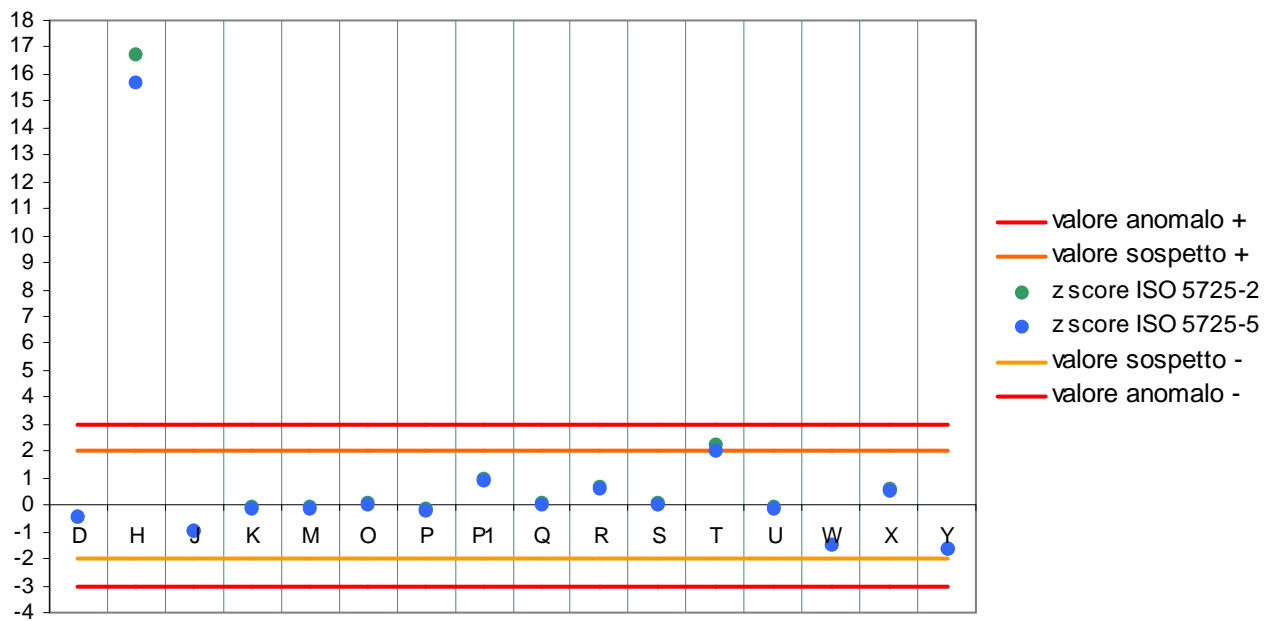
Dal grafico successivo questo aspetto è ben visibile.



Innovazione e ricerca

Figura 12 – Grafico z-score laboratori partecipanti al circuito 2013-14 (6 m/s ISO 5725:04 parte 5 confronto ISO 5725:04 parte 2)

Grafico 6 ms z-score laboratori partecipanti





Innovazione e ricerca

Trattamento del tutto analogo per il livello di 15 m/s

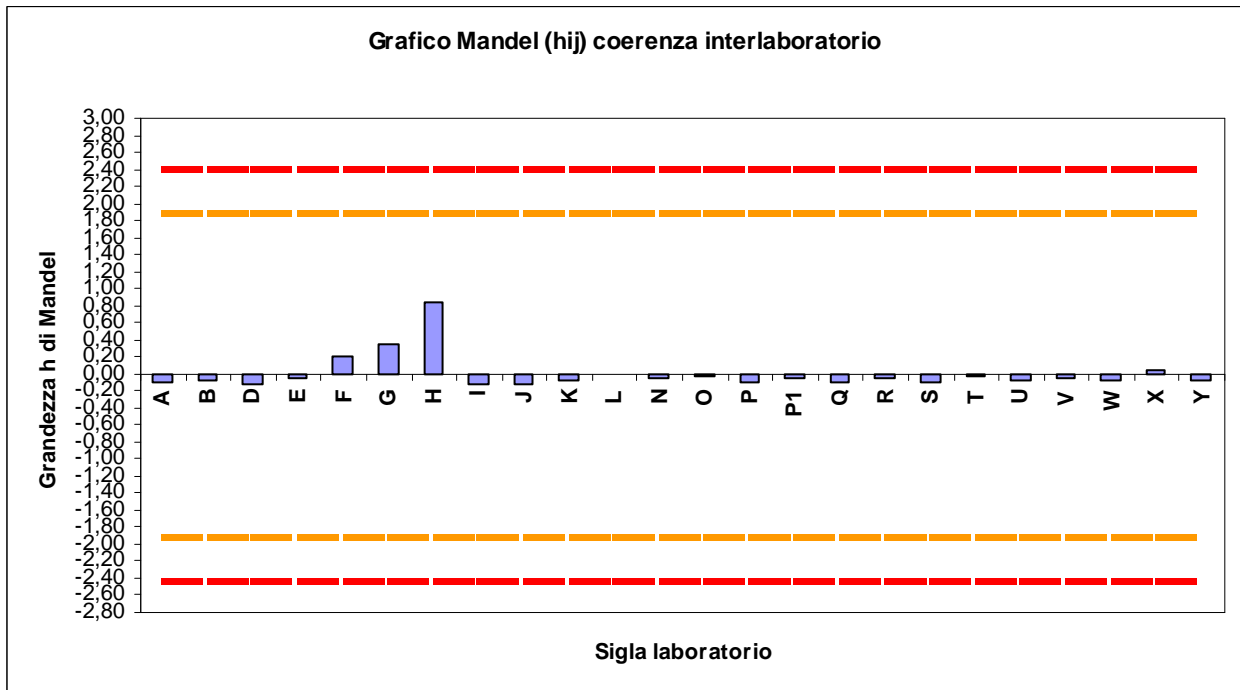


Figura 13 – Grafico *h* di Mandel sulla coerenza interlaboratorio 15 m/s (ISO 5725:04 parte 2)

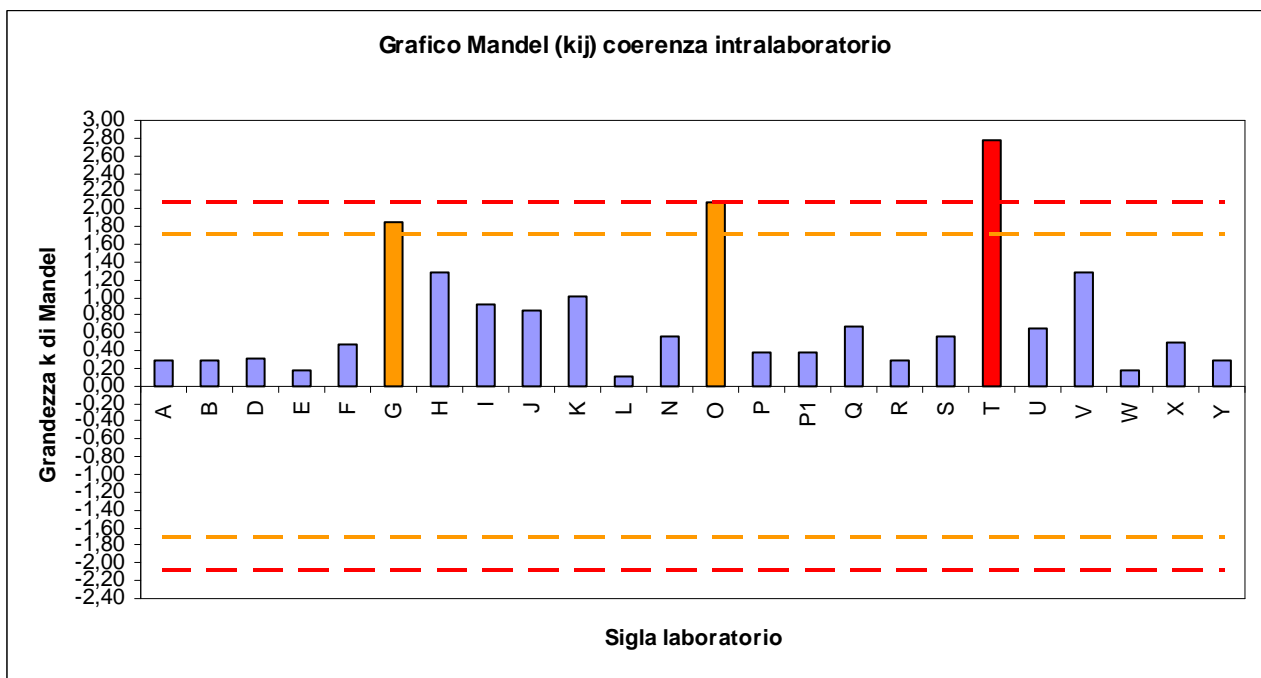


Figura 14 – Grafico *k* di Mandel sulla coerenza intralaboratorio 15 m/s (ISO 5725:04 parte 2)

Fi



Innovazione e ricerca

In entrambi i grafici sono stati indicati con la linea tratteggiata arancione e rossa rispettivamente i livelli di fiducia del 95% (arancione) al 99% (rossa) o livelli di significatività del 5% al 1% a partire da prospetti tabellati (prospetto 6 e 7 parte 2 della norma ISO 5725:04 parte 2).

Si nota come il laboratorio T sia da considerarsi all'interno della soglia considerata d'attenzione dall'analisi di Mandel: al di fuori del livello di fiducia del 99% sulla coerenza intralaboratorio. I laboratori G ed O risultano, ad un livello inferiore di "attenzione" al di fuori del livello di fiducia del 95% sempre sulla medesima tipologia di coerenza.

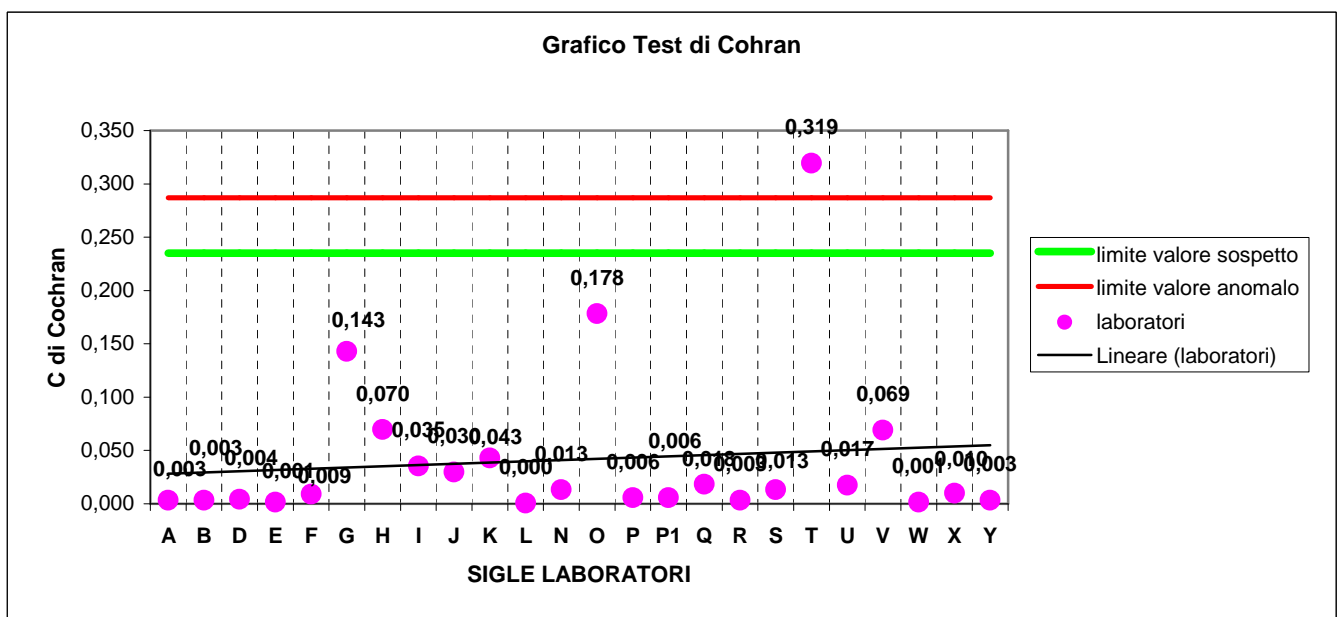


Figura 15 – Grafico Test di Cochran (24 laboratori)



Innovazione e ricerca

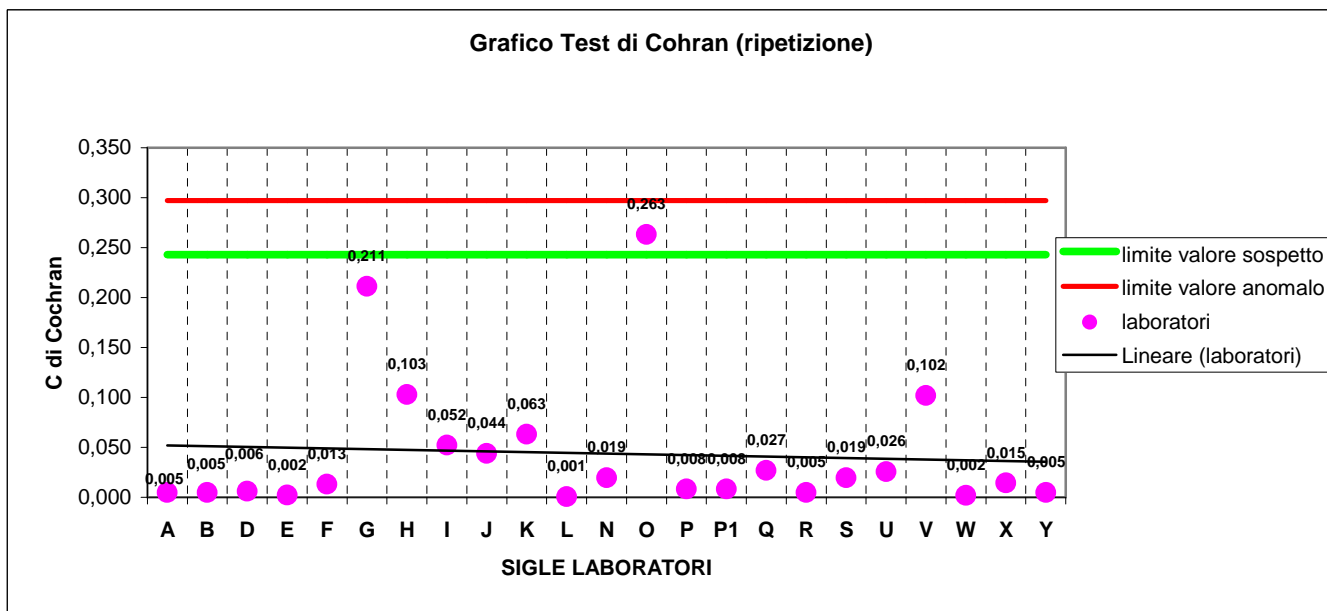


Figura 16 – Grafico Test di Cochran (23 laboratori)

In Figure 15 e 16 si riportano i grafici relativi ai test di Cochran (varianza dei dati interlaboratorio) che iterativamente porta a ripeterlo qualora si trovino dati anomali (outliers).

La Figura 9 mostra il test considerando tutti i 24 laboratori partecipanti in cui è stato trovato il laboratorio T come anomalo (outlier).

Ripetendo il test una seconda volta (7.3.3.6 parte 2 della ISO 5725:04) (Figura 16) (non considerando quello anomalo) si trova il solo laboratorio O come sospetto.

Si è passati successivamente ai test di Grubbs eliminando il laboratorio T come da conferma dai test precedenti (Mandel e Cochran) ma non eliminando il laboratorio sospetto.

Tabella 8 – Sintesi applicazione test di Grubbs (unilaterale)

Applicazione del test di Grubbs alle medie di cella

Laboratorio	Identificazione 1 valore (maggiore) anomale	Tipo di test
H	3,966	Grandezze statistiche del test di Grubbs
Valori dispersi (G 5%)	2,781	Valori critici di Grubbs
Valori anomali (G 1%)	3,087	



Innovazione e ricerca

Laboratorio	Identificazione 1 valore (maggiore) anormale (22 laboratori)	Tipo di test
G	3,520	Grandezze statistiche del test di Grubbs
Valori dispersi (G 5%)	2,758	Valori critici di Grubbs
Valori anomali (G 1%)	3,06	
Laboratorio	Identificazione 1 valore (maggiore) anormale (21 laboratori)	Tipo di test
F	3,582	Grandezze statistiche del test di Grubbs
Valori dispersi (G 5%)	2,733	Valori critici di Grubbs
Valori anomali (G 1%)	3,03	
Laboratorio	Identificazione 1 valore (maggiore) anormale (20 laboratori)	Tipo di test
X	1,520	Grandezze statistiche del test di Grubbs
Valori dispersi (G 5%)	2,709	Valori critici di Grubbs
Valori anomali (G 1%)	3,001	
Laboratorio	Identificazione 1 valore (minore) anormale (20 laboratori)	Tipo di test
J	1,509	Grandezze statistiche del test di Grubbs
Valori dispersi (G 5%)	2,709	Valori critici di Grubbs
Valori anomali (G 1%)	3,001	

Dalla Tabella appare come siano stati individuati 3 laboratori anomali: H – G - F per Grubbs.

Nella prima parte della tabella viene individuato il laboratorio con il valore medio delle tre prove maggiore; ne viene calcolato il fattore G_p di Grubbs e viene confrontato con il valori critici per il livello corrispondente (23 laboratori rimasti in seguito all'eliminazione dell'anomalo per Cochran). Avendo trovato un dato anomalo (al di fuori del livello di fiducia del 99%) il processo viene ripetuto togliendo l'anomalo e lavorando con i laboratori rimasti. Ovviamente cambiano i valori critici di Grubbs per il numero mutato di laboratori.



Innovazione e ricerca

Il processo termina allorquando il dato relativo al laboratorio X è stato ravvisato inferiore al livello di fiducia del 99% e del 95%.

Nell'ultima parte della tabella viene effettuato lo stesso test scegliendo il laboratorio avente un valore medio sulle tre prove inferiore (laboratorio J).

Per questo laboratorio il Gp di Grubbs risulta inferiore al primo livello (di dispersione) e dunque da non eliminare.

Tabella 9 – Statistica generale del circuito per velocità media **15 m/s**

Statistica generale Circuito 15 m/s (ISO 5725:04 parte 2):	
Laboratori iscritti	27
Laboratori partecipanti	24
Valore minimo	0,817
Valore massimo	1,133
Valore assegnato	0,837
Media prove laboratori partecipanti	0,859
Riproducibilità della prova (scarto tipo)	0,014
Incertezza della media (uX)	0,003
Incertezza estesa (UX)	0,006
var. ripet. sr^2	0,000016
var. riprod. sR^2	0,0002
var interlab sL^2	0,00017

La varianza di ripetibilità è calcolata conformemente a (20) in 7.4.5.1 della parte 2 parte 2 della ISO 5725:04 così come la varianza di riproducibilità e quella interlaboratorio.

Il valore assegnato è risultato essere uguale a 0,837. Si tenga conto che questo valore risulta **a seguito dell'eliminazione dei dati (laboratori) anomali** in base ai test di Cochran (1) e Grubbs (3).

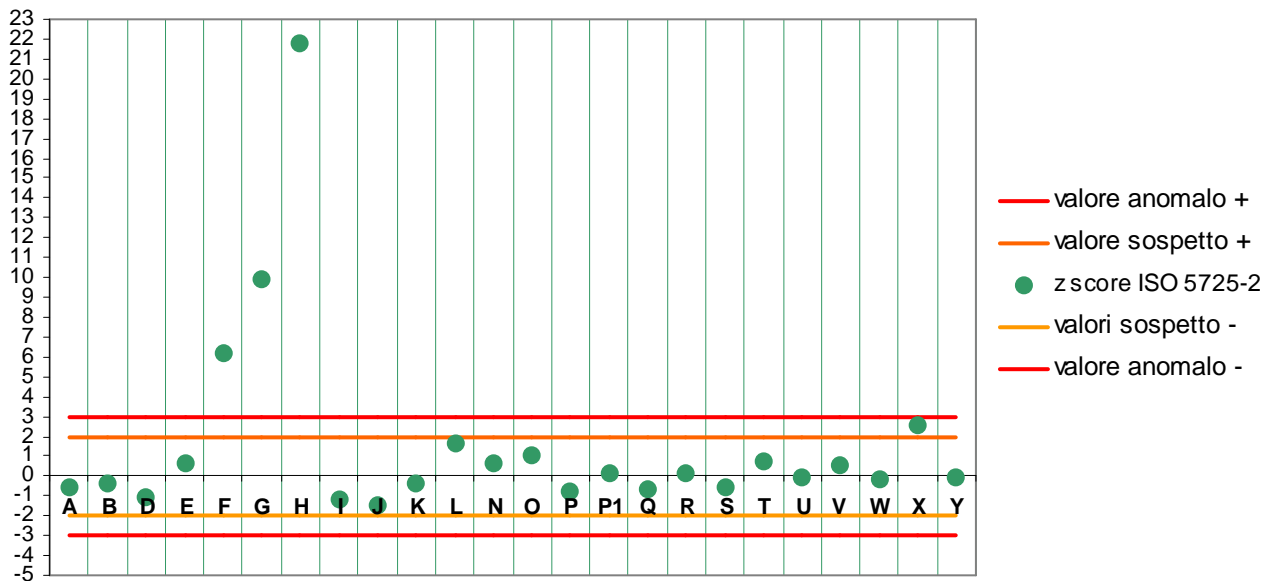
Il grafico conclusivo comprendente gli z-score dei laboratori partecipanti è proposto sotto



Innovazione e ricerca

Figura 17 – Grafico z-score laboratori partecipanti al circuito 2013-14 (15 m/s ISO 5725:04 parte 2)

Grafico z-score 15 ms laboratori partecipanti



Segnale di intervento	3	Laboratorio F	Laboratorio G	Laboratorio H
Segnale di avvertimento	1	Laboratorio X		

L'analisi porta a concludere come l'approccio previsto dalla parte 2 della norma abbia dato un risultato fondamentale in linea con la parte 5 sebbene abbia individuato un laboratorio con z-score sospetto (il laboratorio X).

Si ribadisce tuttavia che il risultato ufficiale sia quello di Figura 6.

Gli indicatori utilizzati per evidenziare i due approcci (pallino azzurro per parte 5 e verde per parte 2) risultano piuttosto sovrapposti sebbene più lo z-score dei laboratori aumenti, lo scostamento tra l'approccio previsto dalle due parti della norma è molto evidente.

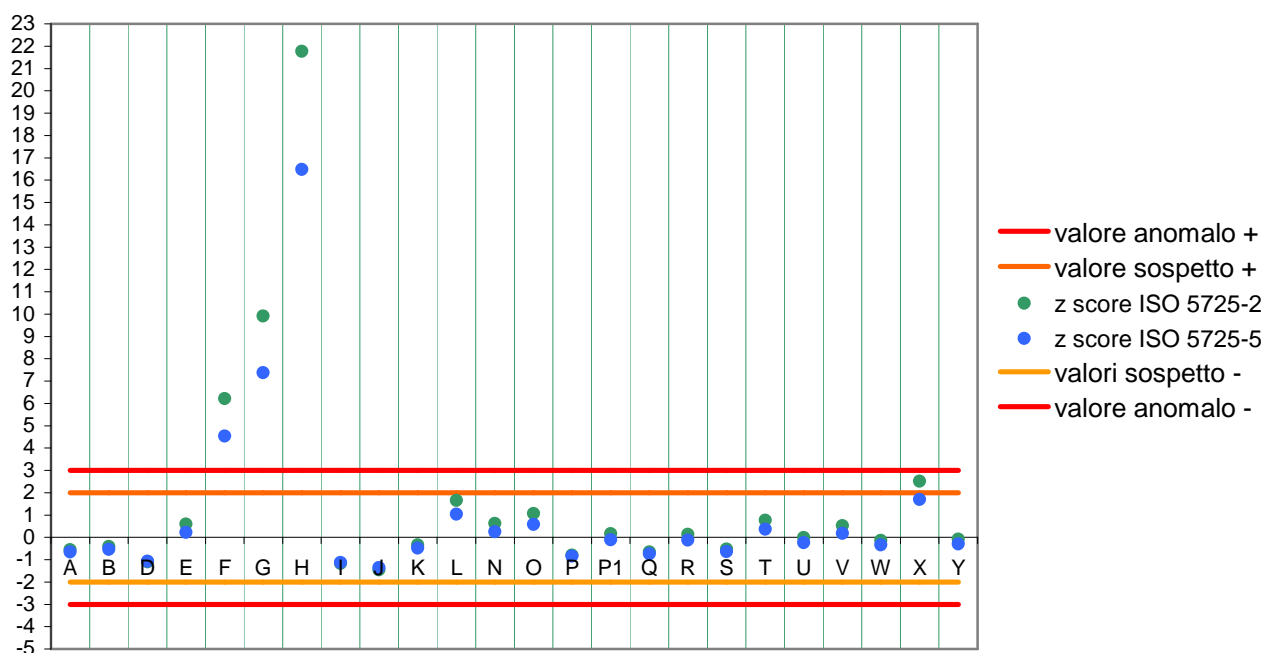
Dal grafico successivo questo aspetto è ben visibile.



Innovazione e ricerca

Figura 18 – Grafico z-score laboratori partecipanti al circuito 2013-14 (15 m/s ISO 5725:04 parte 5 confronto ISO 5725:04 parte 2)

Grafico z-score 15 ms laboratori partecipanti



RAW DATA (DATI GREZZI)

Vengono proposti i dati grezzi che possono permettere al laboratorio di procedere autonomamente alla valutazione della propria performance. Sono forniti a corredo anche alcune statistiche: Media (M) – Deviazione Standard (Ds) e Coefficiente di Variazione percentuale (CV)



Innovazione e ricerca

Tabella 10 – Dati grezzi del circuito di correlazione 2013-14 (6 m/s)

ANALISI DEI DATI DEL CIRCUITO ED INDIVIDUAZIONE DEGLI OUTLIERS					
correlazione 2013-14		Tube di Pitot: S 457			
LABORATORIO	val	Parametri statistici	FATTORE		
			α_x	STAT	
1	A	DATI NON COMUNICATI			
2	B	DATI NON COMUNICATI			
3	C	DATI NON COMUNICATI			
4	D	X ₁	m	0,820	0,821
		X ₂	ds	0,823	0,002
		X ₃	CV	0,819	0,254
5	E	DATI NON COMUNICATI			
6	F	DATI NON COMUNICATI			
7	G	DATI NON COMUNICATI			
8	H	X ₁	m	1,186	1,243
		X ₂	ds	1,279	0,050
		X ₃	CV	1,264	4,017
9	I	DATI NON COMUNICATI			
10	J	X ₁	m	0,812	0,807
		X ₂	ds	0,806	0,004
		X ₃	CV	0,804	0,516
11	K	X ₁	m	0,852	0,830
		X ₂	ds	0,818	0,019
		X ₃	CV	0,819	2,432
12	L	DATI NON COMUNICATI			
13	M	X ₁	m	0,830	0,829
		X ₂	ds	0,832	0,004
		X ₃	CV	0,825	0,435
14	N	DATI NON COMUNICATI			
15	O	X ₁	M	0,834	0,832
		X ₂	Ds	0,827	0,005
		X ₃	CV	0,826	0,568
16	P	X ₁	M	0,826	0,827
		X ₂	Ds	0,828	0,001
		X ₃	CV	0,827	0,121
17	P1	X ₁	M	0,859	0,856
		X ₂	Ds	0,856	0,004
		X ₃	CV	0,852	0,410

(continua) - Tabella 10 – Dati grezzi del circuito di correlazione 2013-14 (6 m/s)



Innovazione e ricerca

18	Q	X ₁	M	0,830	0,833
		X ₂	Ds	0,835	0,003
		X ₃	CV	0,835	0,346
19	R	X ₁	M	0,845	0,848
		X ₂	Ds	0,851	0,003
		X ₃	CV	0,849	0,360
20	S	X ₁	M	0,834	0,834
		X ₂	Ds	0,832	0,002
		X ₃	CV	0,836	0,240
21	T	X ₁	M	0,898	0,886
		X ₂	Ds	0,881	0,011
		X ₃	CV	0,878	1,218
22	U	X ₁	M	0,830	0,830
		X ₂	Ds	0,830	0,000
		X ₃	CV	0,830	0,000
23	V	DATI NON COMUNICATI			
24	W	X ₁	M	0,789	0,794
		X ₂	Ds	0,816	0,020
		X ₃	CV	0,777	2,516
25	X	X ₁	M	0,843	0,847
		X ₂	Ds	0,855	0,007
		X ₃	CV	0,842	0,854
26	Y	X ₁	M	0,792	0,790
		X ₂	Ds	0,791	0,002
		X ₃	CV	0,788	0,263
27	Z	DATI NON COMUNICATI			

(continua) - Tabella 10 – Dati grezzi del circuito di correlazione 2013-14 (6 m/s)



Innovazione e ricerca

Tabella 11 – Dati grezzi del circuito di correlazione 2013-14 (15 m/s)

ANALISI DEI DATI DEL CIRCUITO ED INDIVIDUAZIONE DEGLI OUTLIERS					
correlazione 2013-14		Tubo di Pitot: S 457			
LABORATORIO		val	Parametri statistici	FATTORE	
				α_x	STAT
1	A	x ₁	M	0,829	0,829
		x ₂	Ds	0,828	0,002
		x ₃	CV	0,831	0,184
2	B	x ₁	M	0,831	0,831
		x ₂	ds	0,833	0,002
		x ₃	CV	0,830	0,184
3	C	DATI NON COMUNICATI			
4	D	x ₁	M	0,821	0,822
		x ₂	Ds	0,821	0,002
		x ₃	CV	0,824	0,211
5	E	x ₁	M	0,845	0,845
		x ₂	Ds	0,846	0,001
		x ₃	CV	0,844	0,118
6	F	x ₁	M	0,924	0,921
		x ₂	Ds	0,921	0,003
		x ₃	CV	0,919	0,273
7	G	x ₁	M	0,973	0,972
		x ₂	Ds	0,961	0,010
		x ₃	CV	0,981	1,036
8	H	x ₁	M	1,132	1,133
		x ₂	Ds	1,140	0,007
		x ₃	CV	1,126	0,620
9	I	x ₁	M	0,826	0,821
		x ₂	Ds	0,821	0,005
		x ₃	CV	0,816	0,609
10	J	x ₁	M	0,812	0,817
		x ₂	Ds	0,818	0,005
		x ₃	CV	0,821	0,561
11	K	x ₁	M	0,835	0,832
		x ₂	Ds	0,826	0,006
		x ₃	CV	0,836	2,432
12	L	x ₁	M	0,860	0,859
		x ₂	Ds	0,859	0,001
		x ₃	CV	0,859	0,067



Innovazione e ricerca

13	M	DATI NON COMUNICATI			
14	N	X ₁	M	0,848	0,845
		X ₂	Ds	0,842	0,003
		X ₃	CV	0,846	0,361
15	O	X ₁	M	0,839	0,851
		X ₂	Ds	0,861	0,011
		X ₃	CV	0,854	1,320
16	P	X ₁	M	0,828	0,826
		X ₂	Ds	0,826	0,002
		X ₃	CV	0,824	0,242
17	P1	X ₁	M	0,837	0,839
		X ₂	Ds	0,839	0,002
		X ₃	CV	0,841	0,238
18	Q	X ₁	M	0,829	0,828
		X ₂	Ds	0,824	0,004
		X ₃	CV	0,831	0,435
19	R	X ₁	M	0,840	0,839
		X ₂	Ds	0,837	0,002
		X ₃	CV	0,839	0,182
20	S	X ₁	M	0,829	0,830
		X ₂	Ds	0,833	0,003
		X ₃	CV	0,827	0,368
21	T	X ₁	M	0,863	0,847
		X ₂	ds	0,833	0,015
		X ₃	CV	0,846	1,775
22	U	X ₁	M	0,833	0,837
		X ₂	ds	0,840	0,004
		X ₃	CV	0,837	0,420
23	V	X ₁	M	0,851	0,844
		X ₂	ds	0,837	0,007
		X ₃	CV	0,844	0,829
24	W	X ₁	M	0,836	0,835
		X ₂	Ds	0,834	0,001
		X ₃	CV	0,835	0,120
25	X	X ₁	M	0,873	0,871
		X ₂	Ds	0,868	0,003
		X ₃	CV	0,872	0,304
26	Y	X ₁	M	0,834	0,836
		X ₂	Ds	0,837	0,002
		X ₃	CV	0,836	0,183
27	Z	DATI NON COMUNICATI			

(continua) - Tabella 11 – Dati grezzi del circuito di correlazione 2013-14 (15 m/s)



Innovazione e ricerca

Tabella 12 – z-score finali del circuito di correlazione 2013-14 (6 m/s)

Laboratorio	Risultato	z score 5725-5	z score 5725-2	INTERVENTO / AVVERTIMENTO
1D	0,821	-0,469	-0,416	
2H	1,243	15,687	16,706	I
3J	0,807	-0,980	-0,957	
4K	0,830	-0,112	-0,051	
5M	0,829	-0,151	-0,078	
6O	0,832	-0,023	0,057	
7P	0,827	-0,227	-0,159	
8P1	0,856	0,882	1,003	
9Q	0,833	0,015	0,097	
10R	0,848	0,589	0,705	
11S	0,834	0,041	0,124	
12T	0,886	2,017	2,219	A
13U	0,830	-0,112	-0,038	
14W	0,794	-1,490	-1,497	
15X	0,847	0,538	0,638	
16Y	0,790	-1,630	-1,646	

Tabella 13 – z-score finali del circuito di correlazione 2013-14 (15 m/s)

Laboratorio	Risultato	z score 5725-5	z score 5725-2	INTERVENTO AVVERTIMENTO
1A	0,829	-0,660	-0,554	
2B	0,831	-0,547	-0,407	
3D	0,822	-1,074	-1,094	
4E	0,845	0,225	0,598	
5F	0,921	4,536	6,214	I
6G	0,972	7,379	9,917	I
7H	1,133	16,472	21,761	I
8I	0,821	-1,130	-1,167	
9J	0,817	-1,356	-1,462	
10K	0,832	-0,490	-0,334	
11L	0,859	1,035	1,653	
12N	0,845	0,244	0,623	
13O	0,851	0,583	1,064	
14P	0,826	-0,848	-0,799	
15P1	0,839	-0,114	0,157	
16Q	0,828	-0,735	-0,652	
17R	0,839	-0,132	0,132	
18S	0,830	-0,641	-0,530	
19T	0,847	0,357	0,770	



Innovazione e ricerca

20U	0,837	-0,245	-0,015
21V	0,844	0,169	0,525
22W	0,835	-0,340	-0,137
23X	0,871	1,694	2,511
24Y	0,836	-0,302	-0,088

(segue) Tabella 13 – z-score finali del circuito di correlazione 2013-14 (15 m/s)

2. CRITICITA' RISCONTRATE E CONCLUSIONI

Il Circuito ha visto in questa edizione un numero quasi raddoppiato di laboratori partecipanti. Questo dato, positivo, ha incrementato la solidità statistica dei dati e pertanto dei risultati dell'attività nel suo complesso ma ha inevitabilmente allungato il calendario prove.

Il rispetto delle tempistiche da parte di ogni laboratorio è da considerarsi imprescindibile ai fini della buona riuscita di un'attività come la presente e l'Istituto organizzatore del Circuito continuerà l'opera di sensibilizzazione e garanzia del rispetto delle stesse.

Da un punto di vista tecnico la criticità maggiore è stata ravvisata nell'avere in dotazione di ciascun laboratorio, un condotto che permetta l'esecuzione delle prove a velocità ridotte.

Questo nella prospettiva di garantire test di determinazione del fattore k all'interno di tutto il range di operatività del tubo di Pitot (rif. Capitolo 2: CONDOTTO DI PROVA).

La variazione della velocità può essere effettuata dotandosi di ventilatore a velocità variabile a mezzo di inverter.

Nel caso di ventilatori a velocità fissa, una soluzione approntata da alcuni laboratori è stata realizzata variando il diametro del condotto con "regolazione fine" mediante chiusure ad inserimento all'interno del condotto sagomate centralmente a più settori simmetrici.

Il livello delle prove a velocità ridotta ha portato ad avere un numero minore di laboratori partecipanti. Tuttavia i partecipanti hanno dato luogo ad un Circuito ottenendo performance soddisfacenti in termini di z-score.

Analogo discorso risulta valido per il livello a velocità maggiore, al netto dei laboratori con dati anomali o sospetti il cui numero non è tale tuttavia da inficiare il buon risultato generale della prova.

Un'ultima considerazione sul confronto dei due approcci (parte 2 vs. parte 5 ISO 5725:04).

I risultati hanno mostrato una buona sovrapposizione sia in termini di z-score che relativamente ai parametri ottenuti nelle statistiche dei circuiti.

Ciò che differenzia sostanzialmente i due approcci è considerare tutti i laboratori partecipanti e attuare un processo iterativo per arrivare al valore assegnato basato sulla mediana dei dati piuttosto che approntare test di eliminazione progressiva dei laboratori (Cochran e Grubbs) basati sul valore medio delle prove.



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA



STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

Innovazione e ricerca

La scelta di preferire l'approccio di cui alla parte 5, già motivata in Cap. 9, è dovuta al fatto che questa parte si presta particolarmente a "materiali eterogenei" tipici della matrice atmosferica e per ridurre il più possibile giudizi soggettivi relativi alla scelta o meno di applicare test che potrebbero escludere laboratori nella determinazione del valore assegnato (di consenso).

La condizione di applicazione dell'approccio di cui alla parte 5 è quella di avere un set di dati a distribuzione unimodale (non quindi a più code) e Gaussiana ed il confronto con la parte 2 aveva lo scopo di capire sostanziali differenze.

La sostanziale sovrapposizione dei risultati dimostra, come già era stato ravvisato nell'edizione precedente del Circuito, la distribuzione Gaussiana e unimodale dei dati in gioco, che a questo punto può essere considerata una caratteristica intrinseca di questa tipologia di rilevazione (determinazione del fattore k del tubo di Pitot).

Alla luce di quanto esposto potrebbe essere ininfluente l'utilizzo futuro di una tipologia di approccio piuttosto che di un'altra (parte 2 e/o parte 5) tuttavia per quanto detto in precedenza i risultati di questa esperienza ci permettono di concludere che in futuro utilizzeremo unicamente la ISO 5725:04 parte 5 come modalità di trattamento dati.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Dott. **Claudio Lucchetti** ed **Alessio Baldini** per i preziosi contributi di cui alle soluzioni operative tese a risolvere alcune delle criticità impiantistiche durante la conduzione delle prove.

Si ringrazia il Dott. **Andrea Gallonzelli** per l'aiuto fornito durante l'elaborazione statistica dei dati.