

**TITOLO DOCUMENTO TECNICO PER LA TARATURA
SEMPLIFICATA DI CAMPIONI DI MASSA E PESI DI
CLASSE M1 E INFERIORI SECONDO OIML R111-1.**

SIGLA DT-04-DC

REVISIONE 00

DATA 20-12-2024

REDAZIONE

IL RESPONSABILE DEL SISTEMA DI GESTIONE DEL DIPARTIMENTO

APPROVAZIONE

IL DIRETTORE DI DIPARTIMENTO

AUTORIZZAZIONE ALL'EMISSIONE

IL DIRETTORE DI DIPARTIMENTO

ENTRATA IN VIGORE

01-01-2025

INDICE

1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3.	CONDIZIONI GENERALI	4
4.	RIFERIBILITÀ E ADEGUATEZZA ALL'USO.....	5
4.1.	CAMPIONI DI MASSA DI RIFERIMENTO	5
4.2.	CAMPIONI DI MASSA DI LAVORO	6
4.3.	COMPARATORI	7
4.4.	CATENA DI RIFERIBILITÀ	9
5.	TARATURA	10
5.1.	CONDIZIONI AMBIENTALI	10
5.2.	OPERAZIONI PRELIMINARI	10
5.3.	MISURE E REGISTRAZIONE DEI DATI	12
5.4.	ELABORAZIONE DEI DATI DI MISURA.....	12
6.	STIMA DELL'INCERTEZZA	19
6.1.	CONTRIBUTO D'INCERTEZZA DOVUTO AL PROCESSO DI PESATA $uw(\Delta mc)$	20
6.2.	CONTRIBUTO D'INCERTEZZA DOVUTO AI CAMPIONI DI MASSA DI RIFERIMENTO $umcr$	23
6.3.	CONTRIBUTO D'INCERTEZZA DOVUTO AL COMPARATORE (BILANCIA) uba	23
7.	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DI MISURA	25
	ALLEGATO I: ESEMPI DI CALCOLO	27
	ALLEGATO II: SCHEDA DI CARATTERIZZAZIONE DEL COMPARATORE	36

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente documento ha lo scopo di fornire una linea guida generale per gli Organismi di Ispezione e di Certificazione accreditati o in accreditamento in conformità alla ISO/IEC 17020 o ISO/IEC 17065 per le attività di verifica periodica di strumenti per pesare a funzionamento non automatico (NAWI) ai sensi del Decreto Ministeriale 21 aprile 2017, n. 93 con lo scopo di uniformarne le procedure e la presentazione dei risultati di taratura.

La linea guida è destinata anche ai valutatori ed agli esperti tecnici di Accredia del settore "Verifica periodica ai sensi del Decreto Ministeriale 21 aprile 2017, n. 93", per i quali costituisce una base comune per l'armonizzazione delle valutazioni.

Applicando il presente documento l'Organismo determina l'idoneità della procedura ai fini dell'applicazione dei disposti di cui al Decreto 21 aprile 2017, n.93 allegato III scheda "A" punto 1.

Con riferimento a quanto previsto dalla scheda "A" dell'allegato III al DM 93/2017 in deroga al punto 1.3 dell'allegato II del decreto stesso, i pesi utilizzati per la verifica degli strumenti di classe III e IIII con divisione di verifica (e) ≥ 1 g, possono essere tarati dall'organismo che svolge la verifica, purché disponga di sistemi di trasferimento (comparatori di massa) e di procedure idonee al fine di garantire che:

- l'errore massimo tollerato della massa non deve superare 1/3 del massimo errore tollerato dello strumento sottoposto a verifica periodica per il carico di prova;
- l'incertezza di misura connessa alle operazioni di taratura non deve essere superiore a 1/3 dell'errore massimo tollerato per la classe di precisione degli strumenti considerata (punto 3.7.1 EN45501:2015).

Il presente documento non stabilisce requisiti aggiuntivi rispetto alle norme internazionali e nazionali, ma fornisce indicazioni pratiche per l'applicazione e interpretazione di quanto già previsto nelle norme tecniche di riferimento.

Qualora il laboratorio decidesse di non applicare le modalità indicate nella presente guida o di applicarle in modo parziale, dovrà dimostrare la validità e l'adeguatezza delle proprie procedure di taratura, salvo non possa fornire evidenza che le stesse siano redatte in piena conformità alla Raccomandazione OIML R111 (Annex C).

La guida interessa la valutazione dell'adeguatezza all'uso per la verifica periodica di strumenti NAWI e la taratura dei campioni di massa con classe OIML M1 o inferiori aventi un valore nominale da 100 mg a 5000 kg per confronto con masse campione di riferimento per mezzo di comparatori (bilance) ed eseguita in modo controllato all'interno della sede operativa dell'Organismo.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente documento fa riferimento a quanto prescritto dai seguenti documenti, nella revisione/edizione in corso di validità.

- OIML R111-1 "Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 and M3" revisione 2004;

- Calibration Guide n. 18 "Guidelines on the calibration of Non-Automatic Weighing Instruments" version 04 del 2015;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura" revisione 2018;
- [UNI CEI 70098-3 "Incertezza di misura - Parte 3: Guida all'espressione dell'incertezza di misura" revisione 2016;
- EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration in rev.2 del 2022;
- UNI CEI 70099 "Vocabolario Internazionale di Metrologia - Concetti fondamentali e generali e termini correlati (VIM)" in revisione 2008;
- Regolamento Accredia RG-09 in revisione 11 del 05-10-2022;
- ILAC P10 ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results in revisione 2021.

3. CONDIZIONI GENERALI

Il laboratorio ove si svolge l'attività di taratura deve possedere requisiti idonei per ridurre i parametri d'influenza e mantenerli sotto controllo. Nelle tarature di campioni di massa di classe M è monitorata la temperatura e, solo in casi più particolari, umidità relativa dell'ambiente e pressione atmosferica.

Inoltre, all'interno del laboratorio, si deve disporre di spazi di movimentazione e dispositivi di sollevamento adeguati alla dimensione e al valore nominale delle masse da tarare, buona illuminazione e ove necessario l'impiego di sistemi di protezione dalle vibrazioni, dalle correnti d'aria e dall'irraggiamento diretto sulla strumentazione.

L'Organismo deve avere adeguata documentazione tecnica, che deve contenere, almeno quanto segue:

- 3.1 scopo e campo di applicazione;
- 3.2 informazioni sui locali e condizioni del luogo ove si svolge l'attività di taratura, registrazioni delle condizioni ambientali ecc..
- 3.3 descrizione delle attrezzature e dei campioni utilizzati, attività di manutenzione e conferma metrologica;
- 3.4 una descrizione delle modalità e delle cautele adottate per la conservazione, la movimentazione, sollevamento, spostamento e posizionamento dei campioni, con specifico dettaglio in relazione delle masse di grande valore nominale;
- 3.5 una descrizione dettagliata del metodo di taratura;
- 3.6 riferimento alla presente linea-guida;
- 3.7 valutazione delle incertezze di misura, con la descrizione dettagliata dei modelli di calcolo utilizzati, tenendo conto di tutte le componenti per stimare l'incertezza di taratura;
- 3.8 modelli dei rapporti di taratura che saranno emessi;

4. RIFERIBILITÀ E ADEGUATEZZA ALL'USO

La strumentazione di misura deve essere generalmente mantenuta in modo da non pregiudicarne lo stato di conferma metrologica e in un ambiente adeguato e quando possibile in apposti contenitori al fine di evitare eventuali contaminazioni.

4.1. CAMPIONI DI MASSA DI RIFERIMENTO

I campioni di massa di riferimento devono essere muniti di certificato di taratura che garantisca la riferibilità dei campioni secondo la ILAC P-10. Adeguati a tale scopo sono, oltre ai laboratori accreditati da enti designati ai sensi del regolamento (CE) n.765/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio, anche i laboratori accreditati in paesi aderenti all'accordo multilaterale dell'ILAC (marchio ILAC MLA di cui al Regolamento Accredia RG-09).

I campioni di riferimento devono essere in fusione e con densità prossima a 8000 kg/m³; il loro intervallo di taratura è di 24 mesi.

L'adeguatezza all'uso per i campioni di riferimento dipende dalla tipologia dei campioni di lavoro che l'Organismo intende generare, dalle caratteristiche di ripetibilità e di sensibilità del comparatore utilizzato e dalla procedura di taratura adottata (ABBA, ABA, AB₁..B_nA).

Se l'Organismo utilizza la procedura di taratura tipo ABBA oppure ABA e i comparatori rispettano le caratteristiche minime previste nel paragrafo 4.3, la tabella 1 fornisce le indicazioni per le classi OIML e la modalità di utilizzo delle masse di riferimento in funzione delle caratteristiche delle masse di lavoro da tarare; il loro rispetto assicura l'adeguatezza all'uso entro i limiti previsti.

Qualora invece l'Organismo utilizzi una procedura di taratura del tipo AB₁..B_nA, per determinare l'adeguatezza dei campioni di riferimento occorre la valutazione della componente di incertezza correlata alla deriva delle indicazioni del comparatore durante l'applicazione della procedura di taratura. Tale componente, da inserire nel bilancio dell'incertezza, può determinare scelte più stringenti in relazione ai campioni.

Tabella 1: Campioni da tarare e relativi campioni di riferimento e modalità

Campioni da tarare		Campioni di riferimento e parametri utilizzabili	
1	Classe M1	Classe F1	Utilizzando il valore effettivo del campione e la sua incertezza: <ul style="list-style-type: none"> • valore effettivo del campione • l'incertezza tipo u_{EFF} ricavata dal certificato di taratura
2		Classe F1	Utilizzando la dichiarazione di conformità a specifica F1-OIML R111-1: <ul style="list-style-type: none"> • valore nominale del campione • incertezza tipo max pari a $u = \frac{MPE_{classeF1}}{\sqrt{3}}$
3		Classe F2	Utilizzando il valore effettivo del campione e la sua incertezza: <ul style="list-style-type: none"> • valore effettivo del campione • l'incertezza tipo u_{EFF} ricavati dal certificato di taratura
4		Classe F2	Utilizzando il valore effettivo del campione e la dichiarazione di conformità a specifica F2 - OIML R111-1: <ul style="list-style-type: none"> • valore effettivo del campione • incertezza tipo max pari a $u_{MAX-F2} = \frac{1}{2} \frac{MPE_{classeF2}}{3}$ (U_{max} per la classificazione in F2)
5	Classe M1-2 (vedi nota 1)	Classe M1	Utilizzando il valore effettivo del campione e la sua incertezza: <ul style="list-style-type: none"> • valore effettivo del campione • incertezza tipo u_{EFF} ricavata dal certificato di taratura del campione⁽¹⁾
6	Classe M1-2 (vedi nota 2)	Classe M1	Utilizzando il valore effettivo del campione e la dichiarazione di conformità a specifica M1 - OIML R111-1 ⁽²⁾ : <ul style="list-style-type: none"> • valore effettivo del campione • incertezza tipo max pari a $u_{MAX-M1} = \frac{1}{2} \frac{MPE_{classeM1}}{3}$ (U_{max} per classificazione M1)
7	Classe M2 e inferiori	Classe M1	Utilizzando il valore effettivo del campione e la sua incertezza: <ul style="list-style-type: none"> • valore effettivo del campione • incertezza tipo u_{EFF} ricavata dal certificato di taratura del campione

Eventuali casi specifici o applicazioni diverse da parte degli Organismi andranno adeguatamente documentati con argomentazioni provviste di dettaglio analitico.

I campioni di riferimento:

- sono tenuti in uno stato di funzionamento adeguato attraverso adeguati criteri di conservazione, stoccaggio, manipolazione, manutenzioni periodiche e/o straordinarie;
- sono tarati con periodicità biennale;
- si adotta un criterio documentato per il controllo della deriva tra due tarature seguenti;
- sono sottoposti a controlli supplementari ogni qual volta si determinino possibili dubbi sul loro stato di adeguatezza.

4.2. CAMPIONI DI MASSA DI LAVORO

I campioni di lavoro devono essere in conformità metrologica; a tale scopo:

- sono tenuti in uno stato di funzionamento adeguato attraverso adeguati criteri di conservazione, stoccaggio, manipolazione, manutenzioni periodiche e/o straordinarie;
- sono tarati con periodicità biennale;

¹ con le caratteristiche minime del comparatore indicate in §4.3, deve verificarsi che $u_{EFF} \leq 70\%$ di U_{max} per classificazione M1

² con comparatore di caratteristiche metrologiche migliori rispetto a quelle indicate in §4.3 (rapporto $d \leq MPE/20$ e scarto tipo $s \leq d$)

- sono sottoposti a verifiche intermedie almeno ogni 12 mesi, Devono essere valutate verifiche intermedie più frequenti nel caso di campioni di massa utilizzati in esterno con mezzi di sollevamento (es. campioni di grande valore nominale 500-1000-2000 kg);
- sono sottoposti a controlli supplementari ogni qual volta si determinino possibili dubbi sul loro stato di adeguatezza.

La tabella 2 seguente fornisce alcune sommarie indicazioni per le classi OIML delle masse di lavoro in funzione delle caratteristiche dello strumento NAWI da verificare, il loro rispetto assicura l'adeguatezza all'uso entro i limiti previsti. Eventuali casi specifici o applicazioni al di fuori dei limiti previsti da parte degli Organismi andranno adeguatamente documentati con argomentazioni provviste di dettaglio analitico.

TABELLA 2: Criteri di accettazione per l'adeguatezza all'uso di Campioni di lavoro per la verifica periodica di NAWI di classe III.

Classe NAWI	e (>1) /g	n. max di divisioni	Classe OIML minima	Materiale
III	Tutte	10.000	M ₁ (per val. nominale ≤ 20 kg)	acciaio inox, ottone cromato o ghisa (o altro materiale di adeguata stabilità e con densità minima pari a 4 400 kg/m ³)
			M ₁₋₂ (per val. nominale ≥ 50 kg)	acciaio inox, ottone cromato o ghisa (o altro materiale di adeguata stabilità e con densità minima pari a 3 000 kg/m ³)
	Tutte	6.000	M ₂	acciaio inox, ottone cromato o ghisa (o altro materiale di adeguata stabilità e con densità minima pari a 2 300 kg/m ³)
	Tutte	3000	M ₂ (per val. nominale ≤ 20 kg)	acciaio inox, ottone cromato o ghisa (o altro materiale di adeguata stabilità e con densità minima pari a 2 300 kg/m ³)
M ₂₋₃ (per val. nominale ≥ 50 kg)			acciaio inox, ottone cromato o ghisa (o altro materiale di adeguata stabilità e con densità minima pari a 1 500 kg/m ³)	

4.3. COMPARATORI

Per l'utilizzo nelle tarature di campioni di massa nella classe M si ritengono di norma adeguati i comparatori con le seguenti caratteristiche:

divisione "d" del comparatore	$d \leq \frac{1}{10} EMT \text{ massa da tarare}$
Scarto tipo "s" del comparatore	$s \leq 0,12 \cdot EMT$
Massimo effetto nella prova di decentramento ⁽³⁾ $D = I_{max} - I_{min}$	$D \leq 6 \cdot d$
Sensibilità "σ" del comparatore	$0,985 \leq \sigma \leq 1,015$

³ Rilevante in particolare se l'Organismo intende eseguire tarature con un solo ciclo di misura

I comparatori impiegati per le tarature devono essere preventivamente caratterizzati, nel luogo del loro normale utilizzo, al fine di determinare:

- il loro ordinario tempo di stabilizzazione e la conseguente determinazione dell'intervallo di lettura;
- le caratteristiche di ripetibilità;
- risposta all'eccentricità dei carichi;
- la sensibilità.

Per la registrazione delle evidenze della caratterizzazione si utilizzerà la scheda di cui all'allegato II.

Le caratteristiche di ripetibilità si proveranno per i soli livelli di carico utilizzati per la taratura di campioni di massa; in particolare, per ciascuno dei livelli di carico ai quali si eseguono tarature di campioni, l'operazione consiste nel posizionamento ripetuto di un campione di massa (anche non preventivamente tarato) al centro del recettore di carico.

Il numero minimo di ripetizioni è 11 e il posizionamento del campione deve avvenire con l'ausilio di sagome di centratura e/o distanziali in modo da rendere il processo ripetibile.

Le condizioni iniziali di ripetibilità del comparatore saranno pertanto:

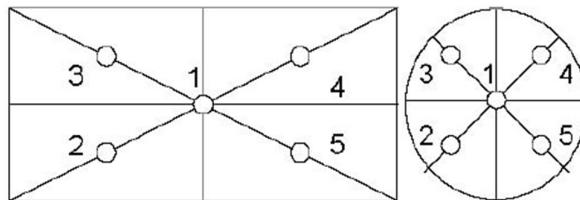
Scarto tipo iniziale calcolato	Gradi di libertà corrispondenti
s_p	$v_p = 11 - 1 = 10.$

Durante l'ultima ripetizione si misura anche la sensibilità del comparatore aggiungendo al carico una massa di sensibilità m_s pari a 200 volte il valore nominale della divisione e registrando la nuova indicazione dello strumento.

La sensibilità sarà quindi $\sigma = \frac{l_{FIN} - l_{ini}}{m_s}$

La valutazione della eccentricità si eseguirà di norma con un carico pari a MAX/3. Alternativamente il carico per la prova di decentramento può essere limitato a quello pari ad 1/3 della massa di maggior valore nominale che può essere tarata sullo specifico comparatore.

Le posizioni di prova sono schematizzate nella figura seguente:



Prima del test l'indicazione del comparatore viene azzerata. Il carico è posto inizialmente nella posizione 1, in seguito viene rimosso e riposizionato sulla posizione successiva e via facendo fino all'ultima posizione.

Dopo ciascuna rimozione si verifica il ritorno a zero e, se non viene indicato lo zero, si può procedere ad azzerare nuovamente lo strumento. Sono registrate le indicazioni dello strumento in ciascuna delle posizioni e determinata la massima differenza riscontrata tra tali indicazioni:

$$D = \text{MAX}(I_1, I_2, I_3, I_4, I_5) - \text{min}(I_1, I_2, I_3, I_4, I_5)$$

L'eventuale spostamento e ricollocazione del comparatore comporta una sua nuova caratterizzazione.

4.4. CATENA DI RIFERIBILITÀ

Per stabilire la riferibilità metrologica delle misure effettuate, è necessario identificare la catena di riferibilità metrologica impiegata. La catena di riferibilità metrologica è rappresentata nel seguente schema

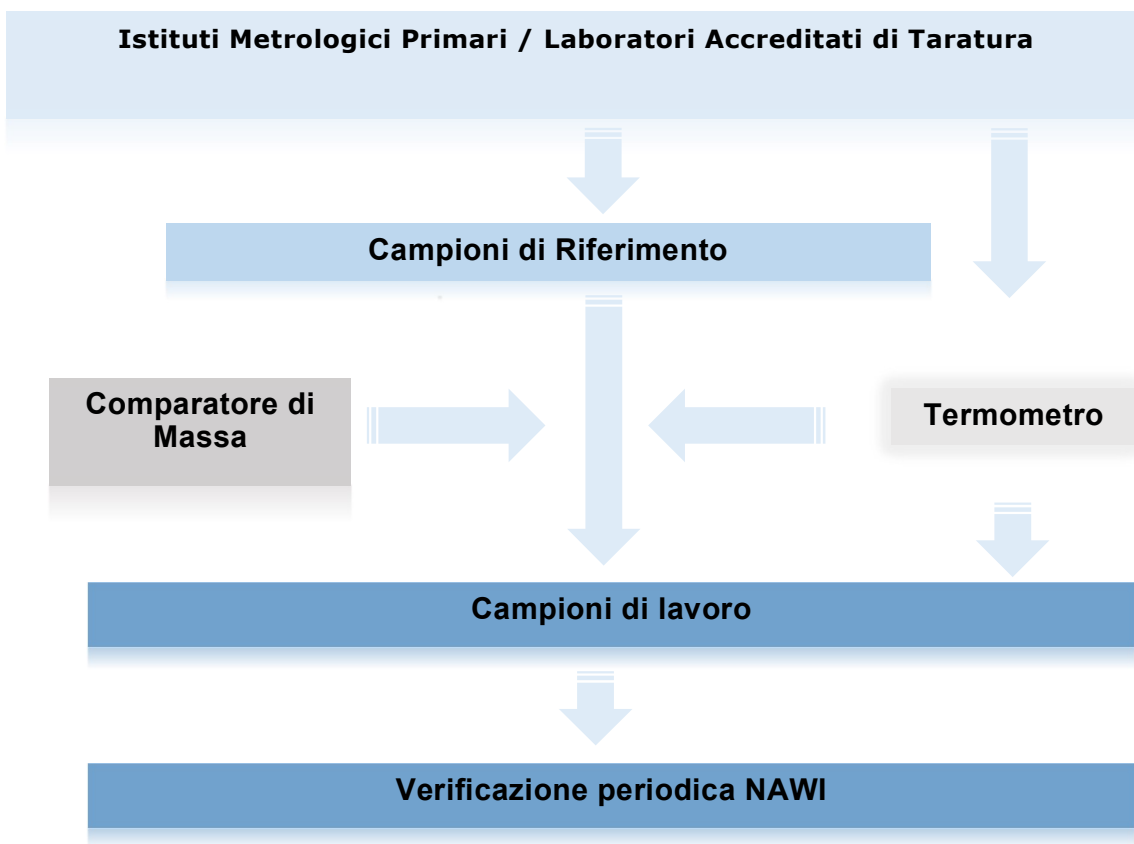


Figura 1: Esempio di schema di catena di riferibilità per la taratura di un campione di massa.

5. TARATURA

5.1. CONDIZIONI AMBIENTALI

Le condizioni ambientali di temperatura del locale utilizzato per le tarature devono essere monitorate dal giorno antecedente a quello nelle quali si eseguiranno le tarature, al fine di garantire i limiti riportati nella tabella sottostante; le evidenze delle registrazioni per l'intero periodo di esecuzione delle tarature devono essere conservate insieme ai rapporti di taratura dei campioni. I campioni da tarare devono essere posti nelle immediate prossimità del comparatore da utilizzare (o in ambiente di comparabile condizione ambientale) almeno 1 ora prima della taratura per ridurre la differenza di temperatura tra i campioni di massa e la bilancia.

Per acquisire le misure necessarie al monitoraggio della temperatura è richiesto l'utilizzo di termometri provvisti di adeguata certificazione di taratura e di risoluzione almeno pari a $d=0,1^{\circ}\text{C}$.

Tabella 3: Variazioni di temperatura durante la taratura

Classe	Variazione della temperatura durante la taratura/°C	
	In 1 ora	In 12 ore
M1	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$
Inferiori a M1	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione

- 1) Nel caso di campioni consistenti in blocchi metallici ottenuti per fusione di ottone o materiali ferrosi la correzione dovuta alla spinta idrostatica è trascurabile.
- 2) Nel caso di campioni scatolati (es. cassoni riempiti di materiale metallico di risulta), con densità apparenti (valore nominale/volume di occupazione stimato) uguali o superiori alle minime previste in tabella 2, la correzione dovuta alla spinta idrostatica può essere ritenuta trascurabile se
 - le tarature avvengono al coperto
 - con temperatura ambientale compresa tra 10 e 30 °C
 - in una località con altezza sul mare massima pari a 100m

Nel caso in cui le condizioni indicate non siano riscontrate occorrerà inserire nella elaborazione il fattore di correzione della spinta idrostatica introducendolo nel calcolo del valore convenzionale di massa o trattandolo come componente aggiuntiva all'incertezza⁴ o verificare, nel caso specifico, la trascurabilità di tale correzione⁵. Le elaborazioni relative sono riportate al paragrafo 5.4.

5.2. OPERAZIONI PRELIMINARI

Prima di dare inizio alle operazioni di taratura l'operatore deve provvedere alle seguenti operazioni preliminari:

⁴ OIML R111-1 Annex C equazioni C.5.1-1 e C.5.1-2

⁵ OIML R111-1 Annex C equazioni C.5.1-5

- predisporre appoggi puliti, preferibilmente non metallici, e che consentano una facile e sicura movimentazione;
- predisporre i campioni e la strumentazione ausiliaria da utilizzare, effettuando una ispezione visiva degli stessi assicurandosi che tutti siano conformi, ai requisiti richiesti per l'utilizzazione prevista, ad esempio lo stato di conservazione (graffi, corrosione ecc.) e pulizia.
- verificare che il comparatore sia acceso da almeno 12 ore prima delle misure o seguire quanto indicato dal costruttore;
- annotare tutte le caratteristiche dei campioni utilizzati durante la taratura;
- verificare la corretta installazione della bilancia con la relativa messa in bolla;
- verificare la sensibilità del supporto alle vibrazioni, la stabilità termica della stanza e la adeguata distanza da possibili fonti di turbolenza dell'aria e di disturbi elettromagnetici.
- eseguire alcune pesate, con un carico superiore al 50% della portata della bilancia e per un tempo di almeno 10 minuti, in modo da garantire l'equilibrio termico con l'operatore.

Movimentazione dei campioni

La movimentazione dei campioni di valore nominale minore o uguale a 20kg deve avvenire con apposite pinze gommate o altrimenti con guanti in cotone in modo da alterare il meno possibile la loro temperatura ed evitare contaminazioni superficiali.

La movimentazione dei campioni di valore nominale superiore a 20kg può avvenire con l'utilizzo di appositi mezzi di sollevamento e posizionamento.

L'Organismo deve predisporre istruzioni documentate relativa alle modalità adottate per la movimentazione dei campioni, con specifico dettaglio in relazione all'utilizzo dei mezzi di sollevamento, spostamento e posizionamento delle masse di grande valore nominale.

Al fine di evitare che le masse vengano accidentalmente scambiate durante le operazioni di taratura, i campioni devono essere collocati in modo idoneo, ad esempio utilizzando supporti chiaramente distinguibili (es. di colore diversi).

Pulizia dei campioni

In presenza di campioni per i quali si riscontra un buon grado di pulizia, l'operatore procederà solo rimuovendo la polvere con un pennello di setole morbide e/o con un flusso di gas pulito.

Le operazioni di pulizia devono essere eseguite, se necessario, secondo le modalità descritte di seguito:

utilizzare preferibilmente acqua distillata o alcol pulito, non immergere le masse con cavità interne al fine di evitare che il liquido penetri al loro interno, evitare assolutamente la rimozione di parti significative del materiale costituente la massa.

Dopo l'operazione di pulizia straordinaria con liquidi, prima di procedere con la taratura, l'operatore deve attendere il tempo minimo di stabilizzazione di un ora

In caso di pulizia straordinaria, l'operatore effettuerà le tarature prima e dopo tale operazione e riporterà entrambe nel Rapporto di Taratura.

5.3. MISURE E REGISTRAZIONE DEI DATI

La taratura può essere eseguita solo con metodi di comparazione diretta.⁶

I metodi utilizzati per la taratura dei campioni di massa sono i seguenti:

ABA; ABBA; AB₁...B_nA;

Nei cicli di pesatura sopracitati, "A" rappresenta la pesatura del peso di riferimento e "B" rappresenta la pesatura del peso di prova.

Se si utilizza il ciclo AB₁...B_nA il numero massimo di campioni in taratura simultanea non deve essere superiore a 5.

L'utilizzo del metodo ABA o ABBA consente di minimizzare gli effetti dell'eventuale deriva del comparatore durante le misure.

Il metodo AB₁...B_nA non dovrebbe essere utilizzato se la deriva nell'indicazione di pesatura fornita dal comparatore è superiore a un terzo dell'incertezza estesa massima ammissibile per la taratura richiesta.

Per i campioni di classe M il numero minimo di cicli di misurazione è pari a uno; tuttavia, in base alla dotazione di campioni di riferimento e alle caratteristiche dal comparatore utilizzato, possono essere utilizzati più cicli di misure (3, 5 o più) ai fini di migliorare le incertezze di taratura.

Per ogni pesata procedere nel modo seguente:

- a. porre il campione A (costituito da uno o più pezzi) al centro del piatto di pesata e chiudere gli sportelli della camera di pesata se presenti.
- b. attendere il tempo di stabilizzazione del comparatore (stimato in fase di caratterizzazione, e registrare il valore letto di A.
- c. rimuovere il carico A e attendere il tempo di stabilizzazione prima di posizionare il carico successivo B
- d. registrare il valore letto di B e togliere il carico B
- e. ripetere le misure secondo il ciclo scelto per la taratura e calcolare le differenze di lettura tra il campione di riferimento e la massa in taratura.

5.4. ELABORAZIONE DEI DATI DI MISURA

Ciclo ABBA:

Indicazioni in n cicli (4 indicazioni per ogni ciclo):

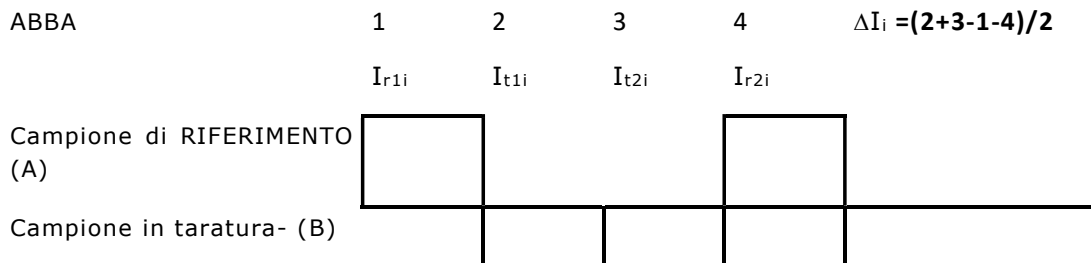
I_{r11}, I_{t11}, I_{t21}, I_{r21}... I_{r1n}, I_{t1n}, I_{t2n}, I_{r2n}

⁶ OIML R111-1 Annex C - C.3.1

Differenze in ogni ciclo

$$\Delta I_i = (I_{t1i} - I_{r1i} - I_{r2i} + I_{t2i}) / 2$$

Schema di elaborazione (per ogni ciclo i):



Ciclo ABA:

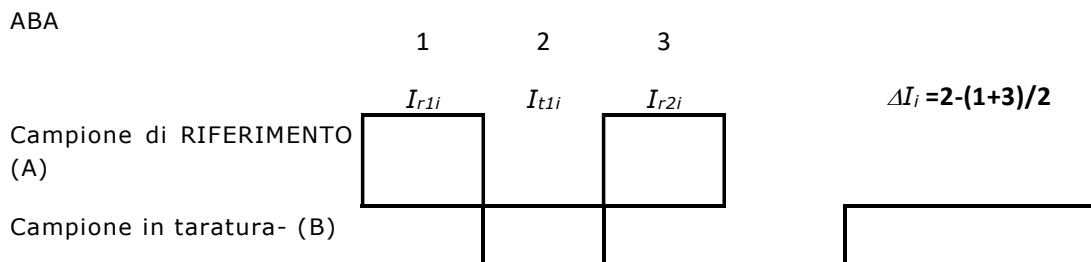
Indicazioni in n cicli (3 indicazioni per ogni ciclo):

$$I_{r11}, I_{t11}, I_{r21} \dots I_{r1n}, I_{t1n}, I_{r2n}$$

Differenze in ogni ciclo

$$\Delta I_i = I_{t1i} - (I_{r1i} + I_{r2i}) / 2 \tag{5.4.1}$$

Schema di elaborazione (per ogni ciclo i):



Ciclo AB₁...B_mA:

il modello viene utilizzato con ciclo unico

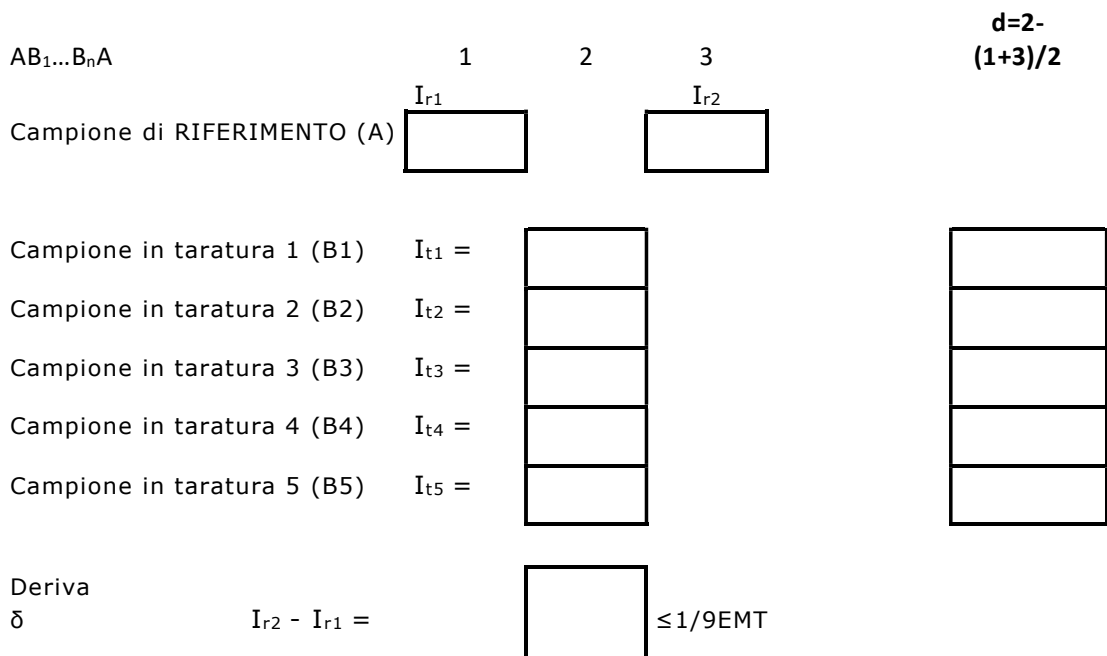
$$I_{r1}, I_{t1}, I_{t2}, \dots I_{t(m-1)}, I_{tm}, I_{r2}$$

Differenze per ogni campione in taratura

$$\Delta I_j = I_{tj} - (I_{r1} + I_{r2}) / 2 \tag{5.4.2}$$

Dove $j=1 \dots m$ (con $m \leq 5$)

Schema di elaborazione:



Modello di misura in caso si possa ritenere trascurabile la correzione idrostatica

Nel caso siano riscontrate tutte le condizioni previste in §5.1 e quindi si può ritenere trascurabile la correzione idrostatica, il valore convenzionale di massa sottoposta a taratura, che corrisponde al misurando, viene stimato mediante la seguente relazione generale:

$$m_{ct} = m_{cr} + \overline{\Delta m_c}$$

dove:

m_{ct} è la massa convenzionale della massa da tarare

m_{cr} è la massa convenzionale della massa campione utilizzata come riferimento

$\overline{\Delta m_c}$ è la media delle differenze delle masse convenzionali

- Nel caso di un solo ciclo di misura

$$\overline{\Delta m_c} = \Delta m_c = \Delta I$$

Dove ΔI è la differenza tra le indicazioni del comparatore.

- Nel caso di n cicli di misura si utilizzerà la media delle indicazioni nei vari cicli

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta I_i$$

Δm_{ci} . sono le differenze di massa convenzionale riscontrate nel ciclo di misura i tra il campione di riferimento e la massa in taratura.

ΔI_i sono le differenze di lettura ottenute nel ciclo di misura i tra il campione di riferimento e la massa in taratura.

Modello di misura utilizzando la correzione idrostatica per il solo effetto dovuto all'altezza

Nel caso siano riscontrate le condizioni previste in §5.1 a meno di quella relativa all'altezza sul livello del mare, Il valore convenzionale di massa sottoposta a taratura, che corrisponde al misurando, viene stimato mediante la stessa relazione generale:

- Nel caso di un solo ciclo di misura

$$\overline{\Delta m}_c = \Delta m_c = \Delta I + m_{cr}C$$

Dove ΔI è la differenza tra le indicazioni del comparatore.

C è il fattore di correzione dovuto al galleggiamento,

ricavabile utilizzando la formula approssimata che tiene conto della sola altezza sul livello del mare del sito nel quale si eseguono le tarature, supponendo che la densità dell'aria al livello del mare sia sempre pari a quella standard di $1,2 \text{ kgm}^{-3}$.⁷

- Nel caso di n cicli di misura si utilizzerà la media delle indicazioni nei vari cicli

$$m_{ct} = m_{cr} + \overline{\Delta m}_c$$

con

$$\overline{\Delta m}_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}$$

Dove stavolta però:

$$\Delta m_{ci} = \Delta I_i + m_{cr}C$$

Δm_{ci} . sono le differenze di massa convenzionale riscontrate nel ciclo di misura i tra il campione di riferimento e la massa in taratura.

ΔI_i sono le differenze di lettura ottenute nel ciclo di misura i tra il campione di riferimento e la massa in taratura.

C è sempre il fattore di correzione dovuto al galleggiamento che si può ricavare come segue:

$$C = (\rho_a - \rho_0) \cdot \left(\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right)$$

Con

$$\rho_a = \rho_0 \cdot e^{-\left(\frac{\rho_0 g h}{P_0}\right)}$$

$$P_0 = 101325 \text{ Pa}$$

$$\rho_0 = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

h = altezza del laboratorio sul livello del mare (in m)

⁷ Annex E.3 OIML R111-1 eq. E.3-2

$$\rho_r = 8000 \frac{kg}{m^3}$$

$\rho_t =$ densità del materiale costruttivo della massa (in $\frac{kg}{m^3}$)

Anziché applicare le formule si può, per praticità, utilizzare la seguente tabella 4 che riporta, i valori del fattore di correzione C dovuto al galleggiamento, per alcuni dei valori di densità del materiale e di altezza del laboratorio.

Tabella 4: Fattore di correzione dovuto al galleggiamento
Densità del materiale costruttivo della massa/kg·m⁻³

Altezza /m	1500	2000	2300	3000	4000	4400	5000	6000	7000
100	-7,5 10 ⁻⁶	-5,2E-06	-4,3E-06	-2,9 10 ⁻⁶	-1,7 10 ⁻⁶	-1,4 10 ⁻⁶	-1,0 10 ⁻⁶	-5,8 10 ⁻⁷	-2,5 10 ⁻⁷
200	-1,5 10 ⁻⁵	-1,0 10 ⁻⁵	-8,5E-06	-5,7 10 ⁻⁶	-3,4 10 ⁻⁶	-2,8 10 ⁻⁶	-2,1 10 ⁻⁶	-1,1 10 ⁻⁶	-4,9 10 ⁻⁷
300	-2,2 10 ⁻⁵	-1,5 10 ⁻⁵	-1,3 10 ⁻⁵	-8,6 10 ⁻⁶	-5,1 10 ⁻⁶	-4,2 10 ⁻⁶	-3,1 10 ⁻⁶	-1,7 10 ⁻⁶	-7,3 10 ⁻⁷
400	-3,0 10 ⁻⁵	-2,0 10 ⁻⁵	-1,7 10 ⁻⁵	-1,1 10 ⁻⁵	-6,8 10 ⁻⁶	-5,6 10 ⁻⁶	-4,1 10 ⁻⁶	-2,3 10 ⁻⁶	-9,7 10 ⁻⁷
500	-3,7 10 ⁻⁵	-2,5 10 ⁻⁵	-2,1 10 ⁻⁵	-1,4 10 ⁻⁵	-8,5 10 ⁻⁶	-6,9 10 ⁻⁶	-5,1 10 ⁻⁶	-2,8 10 ⁻⁶	-1,2 10 ⁻⁶
600	-4,4 10 ⁻⁵	-3,0 10 ⁻⁵	-2,5 10 ⁻⁵	-1,7 10 ⁻⁵	-1,0 10 ⁻⁵	-8,3 10 ⁻⁶	-6,1 10 ⁻⁶	-3,4 10 ⁻⁶	-1,4 10 ⁻⁶
700	-5,1 10 ⁻⁵	-3,5 10 ⁻⁵	-2,9 10 ⁻⁵	-2,0 10 ⁻⁵	-1,2 10 ⁻⁵	-9,6 10 ⁻⁶	-7,0 10 ⁻⁶	-3,9 10 ⁻⁶	-1,7 10 ⁻⁶
800	-5,8 10 ⁻⁵	-4,0 10 ⁻⁵	-3,3 10 ⁻⁵	-2,2 10 ⁻⁵	-1,3 10 ⁻⁵	-1,1 10 ⁻⁵	-8,0 10 ⁻⁶	-4,4 10 ⁻⁶	-1,9 10 ⁻⁶
900	-6,5 10 ⁻⁵	-4,5 10 ⁻⁵	-3,7 10 ⁻⁵	-2,5 10 ⁻⁵	-1,5 10 ⁻⁵	-1,2 10 ⁻⁵	-8,9 10 ⁻⁶	-5,0 10 ⁻⁶	-2,1 10 ⁻⁶
1000	-7,1 10 ⁻⁵	-4,9 10 ⁻⁵	-4,1 10 ⁻⁵	-2,7 10 ⁻⁵	-1,6 10 ⁻⁵	-1,3 10 ⁻⁵	-9,9 10 ⁻⁶	-5,5 10 ⁻⁶	-2,4 10 ⁻⁶
1500	-1,0 10 ⁻⁴	-7,2 10 ⁻⁵	-5,9 10 ⁻⁵	-4,0 10 ⁻⁵	-2,4 10 ⁻⁵	-2,0 10 ⁻⁵	-1,4 10 ⁻⁵	-8,0 10 ⁻⁶	-3,4 10 ⁻⁶
1600	-1,1 10 ⁻⁴	-7,6 10 ⁻⁵	-6,3 10 ⁻⁵	-4,2 10 ⁻⁵	-2,5 10 ⁻⁵	-2,1 10 ⁻⁵	-1,5 10 ⁻⁵	-8,5 10 ⁻⁶	-3,6 10 ⁻⁶
1700	-1,2 10 ⁻⁴	-8,1 10 ⁻⁵	-6,7 10 ⁻⁵	-4,5 10 ⁻⁵	-2,7 10 ⁻⁵	-2,2 10 ⁻⁵	-1,6 10 ⁻⁵	-9,0 10 ⁻⁶	-3,8 10 ⁻⁶
1800	-1,2 10 ⁻⁴	-8,5 10 ⁻⁵	-7,0 10 ⁻⁵	-4,7 10 ⁻⁵	-2,8 10 ⁻⁵	-2,3 10 ⁻⁵	-1,7 10 ⁻⁵	-9,4 10 ⁻⁶	-4,0 10 ⁻⁶
1900	-1,3 10 ⁻⁴	-8,9 10 ⁻⁵	-7,4 10 ⁻⁵	-5,0 10 ⁻⁵	-3,0 10 ⁻⁵	-2,4 10 ⁻⁵	-1,8 10 ⁻⁵	-9,9 10 ⁻⁶	-4,2 10 ⁻⁶
2000	-1,3 10 ⁻⁴	-9,3 10 ⁻⁵	-7,7 10 ⁻⁵	-5,2 10 ⁻⁵	-3,1 10 ⁻⁵	-2,5 10 ⁻⁵	-1,9 10 ⁻⁵	-1,0 10 ⁻⁵	-4,4 10 ⁻⁶

La correzione dovuta al galleggiamento può essere trascurata se $|C| \leq \frac{1}{3} \frac{U}{m_0}$

Dove

m_0 = valore nominale della massa da tarare

U = massima incertezza estesa accettabile per la classe del campione

Esempio 1: massa di valore nominale $m_0 = 1000\text{kg}$ da tarare in classe M1. La massima incertezza accettabile sarà data da 1/3 dell'errore OIML per la classe M1 quindi:

$$\frac{1}{3} \frac{U}{m_0} = \frac{1}{3} \frac{\left(\frac{1}{3} \cdot MPE_{\text{classe M1}}\right)}{m_0} = \frac{1}{9} \cdot \frac{50}{1000000} \cong 5,5 \cdot 10^{-6}$$

Se la densità dei campioni da tarare ρ_t non è nota si presentano i seguenti casi:

- la tipologia di materiale è nota. In questo caso si possono utilizzare i valori riportati nella tabella 5 seguente;
- l'unica informazione nota è che la densità del campione rientra nei limiti consentiti. In questo caso è necessario utilizzare il valore di riferimento 8000 kg/m³;
- i campioni sono del tipo scatolato (senza accessibilità all'interno della cavità principale). In questo caso può essere usata la densità apparente (valore nominale della massa/volume della cavità principale stimato geometricamente).

Tabella 5: densità dei materiali comunemente usati per i campioni di massa⁽⁸⁾

Lega o materiale	Densità /kgm⁻³	Incertezza (k=2) /kgm⁻³
Alpacca	8 600	150
Ottone	8 400	170
Acciaio inox	7 950	140
Acciaio al carbonio	7 700	200
Ferro	7 800	200
Ghisa bianca	7 700	400
Ghisa grigia	7 100	600
Alluminio	2 700	130

Modello di misura utilizzando la correzione idrostatica generale

Nel caso non siano riscontrate le condizioni previste in §5.1, Il valore convenzionale di massa sottoposta a taratura, che corrisponde al misurando, viene stimato mediante le solite relazioni:

- Nel caso di un solo ciclo di misura

$$\overline{\Delta m_c} = \Delta m_c = \Delta I + m_{cr} C$$

- Nel caso di n cicli di misura si utilizzerà la media delle indicazioni nei vari cicli

$$m_{ct} = m_{cr} + \overline{\Delta m_c}$$

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci}$$

con

$$\Delta m_{ci} = \Delta I_i + m_{cr} C_i$$

Δm_{ci} differenze di massa convenzionale

ΔI_i differenze di lettura ottenute dai cicli di misura tra il campione di riferimento e la massa in taratura.

C_i fattore di correzione per galleggiamento in ciascuno dei cicli di misura

$$C_i = (\rho_{ai} - \rho_0) \cdot \left(\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right)$$

dove

ρ_0 è la densità al valore di riferimento 1,2 kg/m³

ρ_{ai} è la densità dell'aria durante il ciclo "i" della taratura

ρ_t è la densità del campione da tarare

ρ_r è la densità del campione di riferimento

m_0 è il valore nominale del campione

Normalmente, in un allestimento sperimentale minimamente curato e in un determinato sito di taratura, nei tempi relativamente brevi delle tarature in classe M non si presentano variazioni

⁸ tabella B.7 OIML R111-1

sostanziali della densità dell'aria tra i vari cicli di misura; pertanto, si considererà una densità dell'aria costante e quindi un fattore di correzione costante per tutti i 2, 3 o 5 cicli di misura, quindi:

$$\rho_{ai} = \rho_a \text{ qualunque sia } i, \text{ conseguentemente: } C = (\rho_a - \rho_0) \cdot \left(\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right)$$

$$\overline{\Delta m_c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta I_i + m_{cr} C) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta I_i + m_{cr} C$$

L'elaborazione comporta le valutazioni relative alla densità dei campioni in taratura ρ_t e del campione di riferimento ρ_r , per le quali si può procedere come indicato al precedente paragrafo, e la valutazione della densità dell'aria ρ_a per la quale può essere utilizzata la seguente formula approssimata⁹

$$\rho_a = \frac{0,34848 p - 0,009(hr) \exp(0,061 t)}{273,15 + t}$$

Per acquisire le misure necessarie è richiesto quindi l'utilizzo di barometri, igrometri e termometri provvisti di adeguata certificazione di taratura.

6. STIMA DELL'INCERTEZZA

La stima dell'incertezza di taratura riportata di seguito è effettuata applicando il documento EA-4/02, supponendo i vari contributi tra loro statisticamente non correlati.

La stima dell'incertezza di taratura deve essere rivista periodicamente (es: durante l'audit interno) e in ogni caso quando vi è un dubbio sulla valutazione effettuata (taratura dei campioni, verifiche sperimentali, confronti inter-laboratorio ecc.)

L'incertezza tipo composta è in generale data dalla seguente relazione¹⁰:

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_{cr}) + u_b^2 + u_{ba}^2}$$

Dove $u_w(\overline{\Delta m_c})$ = incertezza tipo del processo di pesatura

$u(m_{cr})$ = incertezza tipo del campione di riferimento

u_b = incertezza tipo relativa all'effetto di galleggiamento

u_{ba} = incertezza tipo complessiva dello strumento NAWI usato come comparatore

Per la taratura di masse in classe M nella relazione viene ommesso il termine u_b^2 , relativo all'incertezza connessa alla stima della correzione della spinta aerostatica, in quanto per la classe M tale incertezza è comunque trascurabile. ¹¹

⁹ OIML R111-1 Annex E.3: la pressione, p, espressa in hPa o mbar, l'umidità relativa, hr, espressa in % e la temperatura, t, in °C. La formula ha un'incertezza relativa di $2 \cdot 10^{-4}$ nel range di 900 hPa < p < 1100 hPa, 10°C < t < 30 °C e hr < 80%

¹⁰ OIML R111-1 Annex C.6

¹¹ OIML R111-1 Annex C - C.6.3.2

Pertanto:

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_{cr}) + u_{ba}^2}$$

Consideriamo i due casi che possono evidenziarsi:

- Caso1: viene considerata la correzione per la spinta di galleggiamento

Se nella valutazione del valore convenzionale di massa viene considerata la spinta di galleggiamento, l'incertezza composta del valore convenzionale di massa è data dalla relazione appena introdotta:

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_{cr}) + u_{ba}^2}$$

- Caso2: Non viene considerata la correzione per la spinta di galleggiamento

Se nella valutazione del valore convenzionale di massa non viene considerata la spinta di galleggiamento, deve essere considerato un contributo aggiuntivo di incertezza dovuto alla non applicazione della correzione:

$$u_{non\ correzzC} = m_{cr}C$$

Pertanto, in questo caso, la relazione per l'incertezza è integrata come segue:

$$u_c(m_{ct}) = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m_c}) + u^2(m_{cr}) + u_{ba}^2 + (m_{cr}C)^2}$$

L'incertezza estesa del valore convenzionale di massa è data dalla seguente relazione:

$$U_c(m_{ct}) = k u_c(m_{ct}) = 2 \cdot u_c(m_{ct})$$

Viene utilizzato il fattore di copertura, $k = 2$ anche quando il numero di misurazioni eseguite durante la taratura non può essere ragionevolmente aumentato fino a 10 (es: per masse di grande valore nominale e lunghe procedure di pesatura) o addirittura viene eseguito un singolo ciclo di pesatura.

A questo scopo si tiene quindi conto delle precedenti misurazioni, realizzate durante le caratterizzazioni in termini di ripetibilità del comparatore, utilizzandone il loro scarto tipo s_p .

6.1. CONTRIBUTO D'INCERTEZZA DOVUTO AL PROCESSO DI PESATA $u_w(\overline{\Delta m_c})$

Il contributo di incertezza $u_w(\overline{\Delta m_c})$, è la deviazione standard della differenza media di massa per gli n cicli di misure eseguiti:

$$u_w(\overline{\Delta m_c}) = \frac{s(\Delta m_{ci})}{\sqrt{n}}$$

Quando vengono effettuate solo poche misurazioni, la stima di $s(\Delta m_{ci})$ può essere inaffidabile e questo vale, a maggior ragione, se viene eseguito un solo ciclo di misura, situazione in cui non è possibile ottenere alcuna informazione sulla ripetibilità del processo.

Si utilizzano quindi le considerazioni in relazione all'utilizzo dei dati storici sulle performance di misura del comparatore; pertanto, sia per monitorare con continuità che la precisione del comparatore non risulti degradata e sia garantire che il processo di misura abbia un sufficiente numero di gradi di libertà, si provvederà secondo una delle seguenti 3 alternative:

Per ciascun livello di carico al quale sarà utilizzato il comparatore:

- 1) Alternativa 1: (alternativa valida per una stima sommaria sia per le tarature con cicli che per le tarature ad un solo ciclo).

Si effettua, immediatamente prima di effettuare la serie di taratura, una nuova caratterizzazione per la ripetibilità del comparatore (11 ripetizioni), ottenendo lo scarto tipo s_{pf} .

In questo caso si ometterà un riscontro continuo delle caratteristiche di ripetibilità del comparatore durante ciascuna singola taratura e si adotterà, sia per le tarature con cicli che per le tarature ad un solo ciclo, un'incertezza tipo del processo di taratura pari a

$$u_W(\overline{\Delta m_c}) = u_W(\Delta m_c) = u_W = s_{pf}$$

- 2) Alternativa 2: (alternativa valida per una stima più accurata e controllo puntuale per le tarature con numero di cicli di misura pari a $n = 3, 5$ o più).

La conferma del comparatore avviene attraverso il continuo confronto del suo attuale scarto tipo s_{ip} , (che può essere quello determinato in fase di caratterizzazione iniziale del comparatore o, se sono già state eseguite tarature, quello già cumulato) con lo scarto tipo riscontrato durante la taratura in ciascun ciclo di misura:

esempio: taratura ABBA con un numero di cicli $n = 3, 5$ o più:

		1	2	3	4		
Campione di RIFERIMENTO (A)						$d=(2+3-1-4)/2$	
Campione in taratura- (B)							
ciclo 2	A						
	B						
ciclo 3	A						
	B						
ciclo 4	A						
	B						
ciclo 5	A						
	B						
		Scarto tipo delle differenze "d"				S_{new}	

Viene elaborato lo scarto tipo s_{new} ed effettuato il confronto con s_p

$$s_{new} \leq 2 \cdot s_{pi} \quad (12)$$

Nel caso in cui $s_{pi} = 0$ anziché il confronto precedente si effettuerà il test:

$$s_{new} \leq 2 \cdot \frac{d}{\sqrt{12}}$$

In caso di esito negativo si può ripetere per una sola volta le attività di taratura. Se l'esito permane negativo anche al secondo tentativo è necessario interrompere le attività di taratura e provvedere alla manutenzione del comparatore e ad una nuova caratterizzazione iniziale.

In caso di esito positivo si calcherà il nuovo valore di scarto tipo finale s_{pf} da assegnare al comparatore ai fini della valutazione delle incertezze:

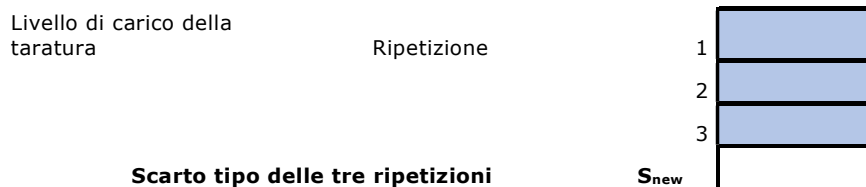
$$v_{pf} = v_{pi} + (n_{CICLI} - 1) \quad \text{e} \quad s_{pf} = \sqrt{\frac{s_{pi}^2 \cdot v_{pi} + s_{new}^2 \cdot (n_{CICLI} - 1)}{v_{pf}}}$$

In questo caso si adotterà un'incertezza tipo del processo di taratura pari a

$$u_W(\Delta m_c) = \frac{s_{pf}}{\sqrt{n}}$$

3) Alternativa 3: (alternativa valida per una stima con unico controllo preliminare per le tarature con un solo ciclo di misura):

In questo caso la conferma dello scarto tipo iniziale s_{pi} non può avvenire direttamente durante le tarature. Occorre eseguire una prova preliminare di ripetibilità con sole tre ripetizioni, sullo stesso carico al quale si devono eseguire le tarature:



Viene elaborato lo scarto tipo s_{new} ed effettuato il confronto con s_{pi}

$$s_{new} \leq 2 \cdot s_{pi}$$

In caso di esito negativo si può ripetere per una sola volta la prova di ripetibilità. Se l'esito permane negativo anche al secondo tentativo è necessario interrompere le attività di taratura e provvedere alla manutenzione del comparatore e ad una nuova caratterizzazione iniziale.

In caso di esito positivo si calcherà il nuovo valore di scarto tipo finale s_{pf} da assegnare al comparatore ai fini della valutazione delle incertezze:

$$v_{pf} = v_p + 2 \quad \text{e} \quad s_{pf} = \sqrt{\frac{s_p^2 \cdot v_p + s_{new}^2 \cdot (n_{CICLI} - 1)}{v_{pf}}}$$

In questo caso si adotterà un'incertezza tipo del processo di taratura pari a

$$u_W(\Delta m_c) = s_{pf}$$

¹² Approssimazione semplificativa delle elaborazioni del test statistico di Fisher previste in OIML R111-1:2004 annex D.

6.2 CONTRIBUTO D'INCERTEZZA DOVUTO AI CAMPIONI DI MASSA DI RIFERIMENTO

$u(m_{cr})$

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$$

(Da utilizzare nei casi di cui ai numeri 1, 3, 5 e 7 della Tabella 1).

Dove U è l'incertezza estesa riportata nel certificato di taratura del campione utilizzato. Se per eseguire il confronto con la massa da tarare si utilizzano più campioni di massa di riferimento contemporaneamente, bisognerà sommare linearmente le singole incertezze dei singoli campioni utilizzati.

Per i campioni di massa di cui si disponga di una dichiarazione di conformità alla OIML R111, ma non del valore di massa e della relativa incertezza (caso 2 della Tabella 1), essa può essere stimata utilizzando il suo massimo errore ammesso per la classe dichiarata:

$$u(m_{cr}) = \sqrt{\frac{MPE^2}{3} + u_{inst}^2(m_{cr})}$$

Qualora si disponga del valore del campione e di una dichiarazione di conformità alla OIML R111 (casi 4 e 6 della Tabella 1) si può anche usare la relazione seguente:

$$u(m_{cr}) = \sqrt{u_{MAX-classe}^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$$

L'incertezza dovuta all'instabilità (deriva) dei campioni di riferimento può essere ricavata dai dati riportati nei certificati di taratura.

$$u_{inst} = \frac{|m_{cr1} - m_{cr}|}{\sqrt{12}}$$

ove: m_{cr1} valore indicato nell'ultimo certificato di taratura e m_{cr2} valore indicato nel certificato di taratura precedente.

Se tali dati non sono ancora disponibili, la stima di questo contributo può essere basata sull'esperienza o utilizzando un coefficiente di sicurezza fino a quanto non si hanno sufficienti informazioni per una migliore stima es:

$$u_{inst} = \frac{U}{3}$$

6.3 CONTRIBUTO D'INCERTEZZA DOVUTO AL COMPARATORE (BILANCIA) u_{ba}

L'approccio raccomandato per determinare questo contributo è quello di eseguire delle misure ad intervalli regolari ed utilizzare i risultati ottenuti per il calcolo dell'incertezza dei campioni di massa.

$$u_{ba} = \sqrt{u_s^2 + u_d^2 + u_E^2 + u_{ma}^2 + u_\delta^2}$$

Dove u_s è l'incertezza correlata alla sensibilità del comparatore

u_d è l'incertezza correlata alla risoluzione di lettura del comparatore

u_E è l'incertezza correlata all'eventuale eccentricità del carico

u_{ma} è l'incertezza correlata all'eventuale effetto magnetico

u_δ è l'incertezza correlata all'eventuale deriva del comparatore (solo nel caso di utilizzo del ciclo $AB_1..B_nA$)

- **u_s viene considerato trascurabile** se il comparatore rispetta i requisiti per la sensibilità indicati in paragrafo 4.3¹³
- **u_d Il contributo d'incertezza dovuto alla risoluzione** della bilancia può essere stimato nel seguente modo:

$$u_d = \left(\frac{d/2}{\sqrt{3}} \right) \sqrt{2}$$

Dove d rappresenta la risoluzione del comparatore

- **u_E Il contributo d'incertezza dovuto all'eccentricità** del carico dipende essenzialmente dall'eventuale diverso posizionamento sul recettore del carico del campione di riferimento (durante le pesate A) e del campione in taratura (durante le pesate B); ossia della distanza risultante dal diverso posizionamento, sul piano del recettore, tra i centri di massa dei due diversi campioni.

In generale è raccomandato l'utilizzo di sagome e/o distanziali per migliorare la centratura dei carichi e ridurre al minimo questo contributo.

1. Realizzazione di tarature con più cicli:

In questi casi (soprattutto $n \geq 3$) il contributo può essere assunto come trascurabile. Il decentramento contribuisce infatti direttamente alla variabilità del processo di pesatura; pertanto, il contributo u_E è già incluso nel contributo u_w , relativo al processo di pesatura.

2. Realizzazione di tarature con un solo ciclo:

Con una normale capacità operativa, migliorata eventualmente dall'utilizzo di sagome e/o distanziali, si può ragionevolmente stimare che la distanza tra i centri di massa dei due campioni che non superi $\frac{1}{4}$ della lunghezza della diagonale (o del diametro nel caso di un recettore di forma circolare); pertanto ¹⁴

$$u_E = \frac{D}{4 \cdot \sqrt{3}}$$

Dove D è il parametro stimato in paragrafo 4.3 per il decentramento del comparatore.

¹³ Se i requisiti per la sensibilità "s" non sono soddisfatti, nelle elaborazioni di §5.4 occorre utilizzare al posto di ΔI il rapporto $\Delta I/s$ e si deve valutare l'incertezza con OIML R111-1:2004 annex C - C.6.4.2

¹⁴ OIML R111-1:2004 annex C - C.6.4.4.1

- **u_{ma} Il contributo d'incertezza dovuto al magnetismo** può essere assunto pari a zero se i campioni di massa sono dichiarati conformi alla OIML R111-1.

Nel caso di masse non conformi agli standard OIML R111-1, in particolare quelle di grande valore nominale, potrebbero essere presenti effetti di suscettibilità magnetica o di magnetizzazione che, con l'interazione con il recettore di carico, possono influenzare la misura. In questi casi è necessario l'utilizzo di distanziatori non magnetici tra ricettore di carico e campioni di massa durante le misure.

Nei casi in cui non è possibile adottare tale cautela si può assumere

$$u_{ma} = m_{ct} 10^{-5}$$

- **u_{δ} Contributo d'incertezza aggiuntivo per il ciclo $AB_1..B_nA$** dovuto alla eventuale deriva del comparatore

La deriva del comparatore è indicata con δ . L'incertezza correlata può essere stimata come:

$$u_{\delta} = \frac{|\delta|}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

7. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DI MISURA

La presentazione dei risultati della taratura deve essere conforme alle regole di scrittura (es: IO-09-DT) al fine di migliorare la comprensione ed evitare ambiguità o errate interpretazioni.

In particolare, devono essere riportati almeno i seguenti elementi:

- i campioni di misura, completi delle informazioni relative ai certificati, che nella taratura in oggetto garantiscono la catena di riferibilità;
- le procedure di taratura impiegate, complete dell'indice di revisione;
- le condizioni di funzionamento dello strumento in taratura (es: impostazioni software);
- le condizioni ambientali;
- comparatore utilizzato;
- la tabella dei risultati della taratura e delle incertezze ai punti di misura come riportato di seguito;
- operatore che ha eseguito le misure e la data delle misure.

In tabella 6 si riporta un esempio di presentazione dei risultati della taratura.

Tabella 6: Esempio di presentazione dei risultati di taratura di una massa

Valore nominale	Matricola	Valore di massa convenzionale / g [numero di cifre decimali pari a quelle dell'incertezza estesa]	Incertezza di misura U / g [max 2 cifre significative]	Classe	Conformità (C/NC)

ALLEGATO I: ESEMPI DI CALCOLO

Taratura massa in M1 con ABBA o ABA

LOCALE TARATURA	
Azienda:	
Località:	
Altezza S.L.M.:	273 m

DATI AMBIENTALI	
Temperatura:	20,6 °C
Pressione:	984,55 hPa
Umidità:	50,8 %

DATI COMPARATORE:	
COSTRUTTORE	METTLER
MODELLO	XPR26001C
MATRICOLA	C105109648
MAX	26001 g
d	0,001 g
Scarto tipo	0,00047 g
Gradi libertà iniziali	27
Max errore eccentricità	0,003 g

DATI MASSA DI RIFERIMENTO	
campione:	massa_001 (campione A)
Massa Nominale	1000 g
Classe Dichiarata	E2
m_{cr}	1000,0087 g
ρ_r	7950 kg m ⁻³
U	0,00016 g
Deriva stimata tra una taratura e la seguente	0,00005 g

Dati Massa da tarare	
Campione:	Campione B (o B1)
Valore nominale	1000 g
ρ_t	8400 kg m ⁻³

Conformità alla Classe OIML	
Classe Attesa	M1
M.P.E.	50 mg

ESEMPIO CON 3 CICLI ABBA:

	I_1 / g	I_2 / g	I_3 / g	I_4 / g	ΔI_i / g
1	1000,012	999,985	999,985	1000,014	-0,0280
2	1000,013	999,986	999,985	1000,013	-0,0275
3	1000,014	999,986	999,986	1000,015	-0,0285
				ΔI_{medio}	-0,0280

Elaborazioni massa Convenzionale

1. massa convenzionale

$$m_{ct} - m_{cr} = \overline{\Delta m_c} = \sum_{i=1}^n \Delta m_{ci} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta I_i + m_{cr} C) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta I_i + m_{cr} C = \overline{\Delta I} + m_{cr} C$$

	Senza correzione spinta idrostatica C	Correzione C solo per l'altezza	Correzione C utilizzando i dati ambientali
$\overline{\Delta m_c}$	-0,0280 g	-0,0277476 g	-0,0277474 g
m_{ct}	999,97287 g	999,973122 g	999,973123 g
s_{new}	0,0005 g	0,0005 g	0,0005 g

2. Conferma comparatore

$$s_{new} \leq 2 \cdot s_{pi} \rightarrow 0,0005 \leq 2 * 0,00047$$

3. Calcolo gradi di libertà cumulati

$$v_{pf} = v_p + 2 \rightarrow 27 + 2 = 29$$

4. Calcolo scarto tipo cumulato

$$s_{pf} = \sqrt{\frac{s_p^2 \cdot v_p + s_{new}^2 \cdot (n_{CICLI} - 1)}{v_{pf}}} = 0,00047213$$

Elaborazioni Incertezza

1. la spinta di galleggiamento NON viene considerata nelle elaborazioni dell'errore:

- viene considerata la componente aggiuntiva all'incertezza dovuta alla mancata correzione: in nero il calcolo di C con i dati ambientali (in rosso il caso in cui la C viene calcolata solo per l'altezza del laboratorio)
- sfondo verde le componenti principali, sfondo bianco le sotto-componenti
- vengono considerati i tre diversi casi di calcolo dell'incertezza del campione di riferimento
- l'incertezza della sensibilità del comparatore è nulla perché la sensibilità del comparatore è nei limiti previsti
- l'incertezza relativa all'eccentricità è assunta come nulla in quanto, essendo effettuati più cicli, tale variabilità finisce nella variabilità totale del processo di misura
- per completezza Viene considerato il caso che il comparatore risulti sensibile a carichi magnetici
- l'incertezza relativa alla deriva del comparatore è assunta come nulla essendo stato utilizzato il metodo ABBA.

	$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{\frac{MPE^2}{3} + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{u_{MAX-classe}^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$
$u = m_{cr}C$	0,0002525750 (0,0002524497)	0,0002525750 (0,0002524497)	0,0002525750 (0,0002524497)
$u_w(\Delta m_c)$	0,0002725845	0,0002725845	0,0002725845
$u(m_{cr})$	0,0000812917	0,0005335286	0,0001783628
u_{ba}	0,0100083299	0,0100083299	0,0100083299
u_s	[0]	[0]	[0]
u_d	0,0004082483	0,0004082483	0,0004082483
u_E	[0]	[0]	[0]
u_{ma}	0,01	0,01	0,01
u_δ	[0]	[0]	[0]
$\sum_i u_i^2$	0,0001003114 (0,0001003113)	0,00010058941 (0,00010058935)	0,00010033658 (0,00010033651)
$u_c = \sqrt{\sum_i u_i^2}$	0,0100155565 (0,0100155533)	0,0100294275 (0,0100294243)	0,0100168147 (0,0100168115)
$U = 2 \cdot u_c$	0,0200311129 (0,0200311066)	0,0200588550 (0,0200588487)	0,0200336294 (0,0200336230)

2. La spinta di galleggiamento viene considerata nelle elaborazioni dell'errore:

- Sfondo verde le componenti principali, sfondo bianco le sotto-componenti
- Vengono considerati i tre diversi casi di calcolo dell'incertezza del campione di riferimento
- L'incertezza della sensibilità del comparatore è nulla perché la sensibilità del comparatore è nei limiti previsti
- L'incertezza relativa all'eccentricità è assunta come nulla in quanto, essendo effettuati più cicli, tale variabilità finisce nella variabilità totale del processo di misura
- Per completezza viene considerato il caso che il comparatore risulti sensibile a carichi magnetici
- L'incertezza relativa alla deriva del comparatore è assunta come nulla essendo stato utilizzato il metodo ABBA.

	$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{\frac{MPE^2}{3} + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{u_{MAX-classe}^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$
$u = m_{cr}C$	-----	-----	-----
$u_w(\Delta m_c)$	0,0002725845	0,0002725845	0,0002725845
$u(m_{cr})$	0,0000812917	0,0005335286	0,0001783628
u_{ba}	0,0100083299	0,0100083299	0,0100083299
u_s	[0]	[0]	[0]
u_d	0,0004082483	0,0004082483	0,0004082483
u_E	[0]	[0]	[0]
u_{ma}	0,01	0,01	0,01
u_δ	[0]	[0]	[0]
$\sum_i u_i^2$	0,00010024758	0,00010052562	0,00010027278
$u_c = \sqrt{\sum_i u_i^2}$	0,0100123712	0,0100262466	0,0100136298
$U = 2 \cdot u_c$	0,0200247424	0,0200524933	0,0200272596

ESEMPIO CON 3 CICLI ABA:

	l_1 / g	l_2 / g	l_3 / g	$\Delta I_i / g$
1	1000,012	999,985	1000,014	-0,0280
2	1000,013	999,9855	1000,013	-0,0275
3	1000,014	999,986	1000,015	-0,0285
			ΔI_{medio}	-0,0280

Tutte le altre elaborazioni sono del tutto identiche al caso ABBA

ESEMPIO CON 1 CICLO ABA:

	l_1 / g	l_2 / g	l_3 / g	$\Delta I_i / g$
1	1000,012	999,985	1000,014	-0,0280

1. Prova preliminare per tarature con singolo ciclo

carico	prova 1	prova 2	prova 3
1000	1000,0005	1000	999,9995
deviazione standard s_{new}	0,0005		
gradi di libertà ripetizione	2		

2. Conferma comparatore

$$s_{new} \leq 2 \cdot s_{pi} \rightarrow 0,0005 \leq 2 * 0,00047$$

3. Calcolo gradi di libertà cumulati

$$v_{pf} = v_p + 2 \rightarrow 27 + 2 = 29$$

4. Calcolo scarto tipo cumulato

$$s_{pf} = \sqrt{\frac{s_{pi}^2 \cdot v_p + s_{new}^2 \cdot 2}{v_{pf}}} = 0,00047213$$

5. massa convenzionale

$$\Delta m_c = m_{ct} - m_{cr} = \Delta I + m_{cr} C$$

	Senza correzione spinta idrostatica C	Correzione C solo per l'altezza	Correzione C utilizzando i dati ambientali
Δm_c	-0,0280 g	-0,0277476 g	-0,0277474 g
m_{ct}	999,97287 g	999,973122 g	999,973123 g
s_{new}	0,0005 g	0,0005 g	0,0005 g

Elaborazioni Incertezza

1. Se la spinta di galleggiamento NON viene considerata nelle elaborazioni dell'errore:

- viene considerata la componente aggiuntiva all'incertezza dovuta alla mancata correzione: in nero il calcolo di C con i dati ambientali (in rosso il caso in cui la C viene calcolata solo per l'altezza del laboratorio)
- sfondo verde le componenti principali, sfondo bianco le sotto-componenti
- vengono considerati i tre diversi casi di calcolo dell'incertezza del campione di riferimento
- l'incertezza della sensibilità del comparatore è nulla perché la sensibilità del comparatore è nei limiti previsti

- viene considerata la componente di incertezza relativa all'eccentricità in quanto è stato eseguito un solo processo di misura
- per completezza Viene considerato il caso che il comparatore risulti sensibile a carichi magnetici
- l'incertezza relativa alla deriva del comparatore è assunta come nulla essendo stato utilizzato il metodo ABBA.

	$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{\frac{MPE^2}{3} + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{u_{MAX-classe}^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$
$u = m_{cr}C$	0,0002525750 (0,0002524497)	0,0002525750 (0,0002524497)	0,0002525750 (0,0002524497)
$u_w(\Delta m_{cr})$	0,0004721302	0,0004721302	0,0004721302
$u(m_{cr})$	0,0000812917	0,0005335286	0,0001783628
u_{ha}	0,0100176927	0,0100176927	0,0100176927
u_ε	[0]	[0]	[0]
u_d	0,0004082483	0,0004082483	0,0004082483
u_E	0,0004330127	0,0004330127	0,0004330127
u_{ma}	0,01	0,01	0,01
u_δ	[0]	[0]	[0]
$\sum_i u_i^2$	0,0001006475 0,0001006474	0,00010092552 0,00010092546	0,00010067268 0,00010067262
$u_c = \sqrt{\sum_i u_i^2}$	0,0100323216 0,0100323184	0,0100461694 0,0100461663	0,0100335777 0,0100335745
$U = 2 \cdot u_c$	0,0200646431 0,0200646368	0,0200923389 0,0200923326	0,0200671554 0,0200671490

2. Se la spinta di galleggiamento viene considerata nelle elaborazioni dell'errore:

- sfondo verde le componenti principali, sfondo bianco le sotto-componenti
- vengono considerati i tre diversi casi di calcolo dell'incertezza del campione di riferimento
- l'incertezza della sensibilità del comparatore è nulla perché la sensibilità del comparatore è nei limiti previsti
- l'incertezza relativa all'eccentricità è assunta come nulla in quanto, essendo effettuati più cicli, tale variabilità finisce nella variabilità totale del processo di misura
- per completezza Viene considerato il caso che il comparatore risulti sensibile a carichi magnetici
- l'incertezza relativa alla deriva del comparatore è assunta come nulla essendo stato utilizzato il metodo ABBA

	$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{\frac{MPE^2}{3} + u_{inst}^2(m_{cr})}$	$u(m_{cr}) = \sqrt{u_{MAX-classe}^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$
$u = m_{cr}C$	-----	-----	-----
$u_w(\Delta m_{cr})$	0,0004721302	0,0004721302	0,0004721302
$u(m_{cr})$	0,0000812917	0,0005335286	0,0001783628
u_{ba}	0,0100176927	0,0100176927	0,0100176927
u_κ	[0]	[0]	[0]
u_d	0,0004082483	0,0004082483	0,0004082483
u_E	0,0004330127	0,0004330127	0,0004330127
u_{ma}	0,01	0,01	0,01
u_δ	[0]	[0]	[0]
$\sum_i u_i^2$	0,00010058368	0,00010086173	0,00010060889
$u_c = \sqrt{\sum_i u_i^2}$	0,0100291416	0,0100429939	0,0100303981
$U = 2 \cdot u_c$	0,0200582833	0,0200859878	0,0200607963

ESEMPIO CON 1 CICLO ABA:

	l_1 / g	l_2 / g	l_3 / g	$\Delta I_i / g$
1	1000,012	999,985	1000,014	-0,0280

Tutte le elaborazioni risultano del tutto identiche al caso di un solo ciclo ABBA

ESEMPIO CON 1 CICLO AB₁...B₅A:

	l_1 / g	l_2 / g	l_3 / g	l_4 / g	l_5 / g	l_6 / g	l_7 / g
1	1000,012	999,985	999,985	999,985	999,985	999,985	1000,014
$\Delta I_i / g$		-0,0280	-0,0280	-0,0280	-0,0280	-0,0280	

Quasi tutte le elaborazioni risultano del tutto identiche al caso di un solo ciclo ABBA – ABA, l'aggiunta riguarda la valutazione della componente di incertezza dovuta alla deriva del comparatore.

Sviluppando i calcoli per il solo campione B1 (identico al campione B degli esempi precedenti) le modifiche riguardano l'introduzione di:

u_δ	0,0005773503
------------	--------------

Per cui l'incertezza del comparatore da considerare diventa:

u_{ba}	0,0100343161
----------	--------------

Che va a sommarsi quadraticamente alle incertezze tipo elaborate per i vari casi per il singolo ciclo ABBA. A titolo di esempio consideriamo il seguente caso:

- Elaborazione dell'errore SENZA CONSIDERARE LA SPINTA IDROSTATICA
- Contributo di incertezza per il campione di riferimento come da caso 1:
$$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$$
- viene considerata la componente aggiuntiva all'incertezza dovuta alla mancata correzione: in nero il calcolo di C con i dati ambientali (in rosso il caso in cui la C viene calcolata solo per l'altezza del laboratorio)

Il risultato ottenuto è

	$u(m_{cr}) = \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + u_{inst}^2(m_{cr})}$
$u = m_{cr}C$	0,0002525750 (0,0002524497)
$u_w(\Delta m_{c_c})$	0,0004721302
$u(m_{cr})$	0,0000812917
u_{ba}	0,0100343161
u_s	[0]
u_d	0,0004082483
u_E	0,0004330127
u_{ma}	0,01
u_δ	0,0005773503
$\sum_i u_i^2$	0,0001009808 0,0001009807
$u_c = \sqrt{\sum_i u_i^2}$	0,0100489208 0,0100489177
$U = 2 \cdot u_c$	0,0200978416 0,0200978353

ALLEGATO II: SCHEDA DI CARATTERIZZAZIONE DEL COMPARATORE

Comparatore:

marca	Modello	Matricola	MAX	Min	d
Campo di misura 1					
Campo di misura 2					
Campo di misura 3					

tempo di stabilizzazione:

La verifica si effettua di norma, salvo casi di manutenzioni straordinarie, solo alla prima caratterizzazione del comparatore.

Il tempo di stabilizzazione si valuta con 5 prove per ciascun carico, annotando le letture ad intervalli di qualche secondo e continuando i rilevamenti per un periodo almeno doppio rispetto a quello di apparente stabilizzazione:

- al carico massimo (o al carico corrispondente al valore nominale della massa più grande che si intende tarare sul comparatore)
- al carico minimo (o al carico corrispondente al valore nominale della massa più piccola che si intende tarare sul comparatore)

	Carico (/g o /kg)	tempo minimo di stabilizzazione /s	Valori max/s	tempo di stabilizzazione t/s	Intervallo scelto tra le letture T/s
Pmax					
Pmin					

Ripetibilità:

Le prove di ripetibilità per determinare lo scarto tipo ai vari carichi sono ripetute per tutti i carichi, indicati in seguito, ai quali il comparatore viene utilizzato per la taratura di masse campione.

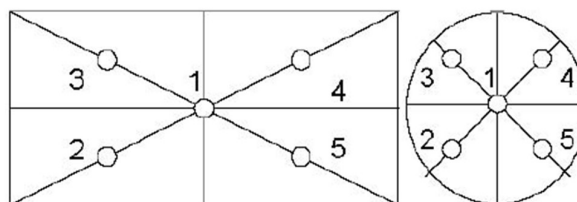
Pertanto, per ogni livello di carico previsto:

Livello di carico/[kg o g]	Indicazioni /[kg o g]	Massa di sensibilità m_s /[kg o g]	Indicazione con m_s /[kg o g]	Sensibilità al carico
1				
2				
3				
4				

5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
Scarto tipo s_{pi}	
Gradi di libertà $v_{pi} =$	10

	Valori iniziali		Valori di conferma, N.B. verificare che $s_{new} \leq 2 \cdot s_{pi}$ Oppure se $s_{pi} = 0$ $s_{new} \leq 2 \cdot \frac{d}{\sqrt{12}}$		Valori finali (da riportare come valori iniziali alla riga seguente)	
Data	s_{pi}/g	v_{pi}	s_{new}	v_{new}	v_{pf}	s_{pf}
				$n_{CICLI} - 1$	$v_{pi} + (n_{CICLI} - 1)$	$s_{pf} = \sqrt{\frac{s_p^2 \cdot v_p + s_{new}^2 \cdot (n_{CICLI} - 1)}{v_{pf}}}$
7/2/2024	22,7g	10				

Eccentricità dei carichi:



Livello di carico /[kg o g]	Generalmente MAX/3 o almeno 1/3 massa maggiore per la quale il comparatore è utilizzato	
	Indicazioni /[kg o g]	Differenza max D/[kg o g]
1		
2		
3		
4		
5		

Un valore di D superiore a 3 volte la divisione richiede attenzione nel posizionamento dei campioni nelle prove di taratura delle masse (es. predisposizione di apposite sagome di centratura o utilizzo di distanziali amagnetici, utili anche per prevenire effetti magnetici indesiderati tra campione e comparatore, sagomati in modo che il carico sovrastante insista esattamente nella parte centrale del recettore del carico).

Adeguate alla taratura delle seguenti masse:

Classe	Valore nominale/g	EMT/g	$d \leq EMT/10$	$s \leq 0,12 \text{ EMT}$	$D \leq 6d$	valutazione

Esempio**Comparatore**

marca	Modello	Matricola	Pmax	Pmin	d
Estern	Europe	1111111			
Campo di misura 1			2 100 kg		20 g
Campo di misura 2					
Campo di misura 3					

Tempo di stabilizzazione e intervallo di tempo scelto per le letture

	Carico (/g o /kg)	tempo minimo di stabilizzazione /s	Valori max/s	tempo di stabilizzazione t/s	Intervallo scelto tra le letture T/s
MAX	2000	86	92	92	160
		84			
		86			
		90			
		92			
Min	1000	78	82		
		80			
		82			
		80			
		82			

Ripetibilità:

Per il comparatore dell'esempio le prove di ripetibilità si eseguiranno per il livello di carico da 1000 e da 2.000kg.

Livello di carico/kg		1000		
	Indicazioni/kg	Massa di sensibilità m_s /kg	Indicazione con $m_s [I_s]$ /kg	Sensibilità ($I_s - I$) / m_s
1	1000,06			
2	1000,05			
3	1000,06			
4	1000,07			
5	1000,06			
6	1000,05			
7	1000,05			
8	1000,03			
9	1000,05			
10	1000,04			
11	1000,03	2,000	1002,01	0,99
Scarto tipo/kg	0,0126			
Scarto tipo/g	12,6			
Gradi libertà	10			

Livello di carico/kg		2000		
	Indicazioni/kg	Massa di sensibilità m_s /kg	Indicazione con $m_s [I_s]$ /kg	Sensibilità ($I_s - I$) / m_s
1	2001,02			
2	2000,98			
3	2001,00			
4	2000,96			
5	2000,98			
6	2000,94			
7	2000,98			
8	2001,00			
9	2001,00			
10	2000,98			
11	2000,96	2,000	2002,94	0,99
Scarto tipo/kg	0,0227			
Scarto tipo/g	22,7			
Gradi libertà	10			

	Valori iniziali		Valori di conferma, N.B. verificare che $s_{new} \leq 2 \cdot s_{pi}$ Oppure se $s_{pi} = 0$ $s_{new} \leq 2 \cdot \frac{d}{\sqrt{12}}$		Valori finali (da riportare come valori iniziali alla riga seguente)	
Data	s_{pi}/g	v_{pi}	s_{new}	v_{new}	$v_{pf} = v_{pi} + v_{new}$	s_{pf}
				$n_{CICLI} - 1$	$v_{pi} + (n_{CICLI} - 1) \cdot v_{new}$	$s_{pf} = \sqrt{\frac{s_{pi}^2 \cdot v_{pi} + s_{new}^2 \cdot (n_{CICLI} - 1)}{v_{pf}}}$
01/01/2024	22,7	10				
7/2/2024 -1 taratura	22,7	10	33	2	12	24,7
7/2/2024 -1 taratura	24,7	12				

Eccentricità dei carichi:

Il carico per la prova di eccentricità deve essere almeno 1/3 di 2.000kg \approx 667 kg. Viene scelto il carico di 700 kg.

Livello di carico /kg	1/3 di 2.000 \approx 667 kg scelti 700 kg	
	Indicazioni /kg	Differenza max D/kg
1	700,00	
2	700,02	
3	700,04	
4	700,02	
5	700,00	0,040

Adeguate alla taratura delle seguenti masse:

Classe	Valore nominale/g	EMT/g	$d \leq EMT/10$	$s \leq 0,12 EMT$	$D \leq 6d$	Valutazione finale (OK se tutti i test OK, altrimenti NO)
M1	2.000.000	100	NO			NO
M1-2	2.000.000	200	SI	SI	SI	OK
M1-2	1.000.000	100	NO			NO
M2	1.000.000	160	NO			NO
M2-3	1.000.000	300	SI	SI	SI	OK