

PARTECIPAZIONE DEL CENTRO WHOLE BODY COUNTER DI SOGIN-CAORSO ALL' EUROPEAN IN-VIVO COUNTING INTERCOMPARISON EXERCISE 2020-2021

1. INTRODUZIONE

L'European In-vivo Counting Intercomparison Exercise è un interconfronto organizzato da EURADOS nell'anno 2019, su disposizione della Commissione Europea, con lo scopo di valutare le prestazioni degli Stati Membri dell'UE nelle misurazioni in-vivo di contaminazione interna eseguite con sistemi Whole Body Counter (WBC).

Di seguito viene descritto lo svolgimento di tale esercizio da parte del Centro Whole Body Counter della Centrale Nucleare di Caorso, uno dei tre partecipanti presenti sul suolo nazionale italiano oltre ai centri WBC dell'Istituto di Radioprotezione ENEA di Casaccia e del Joint Research Centre di Ispra.

Il Laboratorio Sogin di Caorso esegue il monitoraggio della contaminazione interna per il personale che opera nell'ambito del decommissioning della Centrale stessa, effettuando mediamente 600 misure all'anno. Il Laboratorio dispone di un rivelatore al germanio iperpuro di costruzione ORTEC, con il 65% di efficienza relativa, coassiale in configurazione down-looking e raffreddato elettricamente con il sistema ICS (fig. 1a).

Il sistema è tarato con una soluzione contenente una sorgente multigamma con emissioni comprese nel range da 59 a 2000 keV, suddivisa in 70 bottiglie da 1 litro a sezione quadrata, disposte a formare un fantoccio antropomorfo (fig. 1b). Tale fantoccio è posizionato su un lettino inclinato, simulando la posizione che assume il personale durante la misura. L'intero sistema è collocato in una camera schermata costruita con acciaio risalente all'era preatomica di spessore 150 mm e ulteriori 5 mm di Piombo.

Figura 1 a) Rivelatore HPGe



Figura 1 b) geometria di taratura del sistema WBC di Caorso

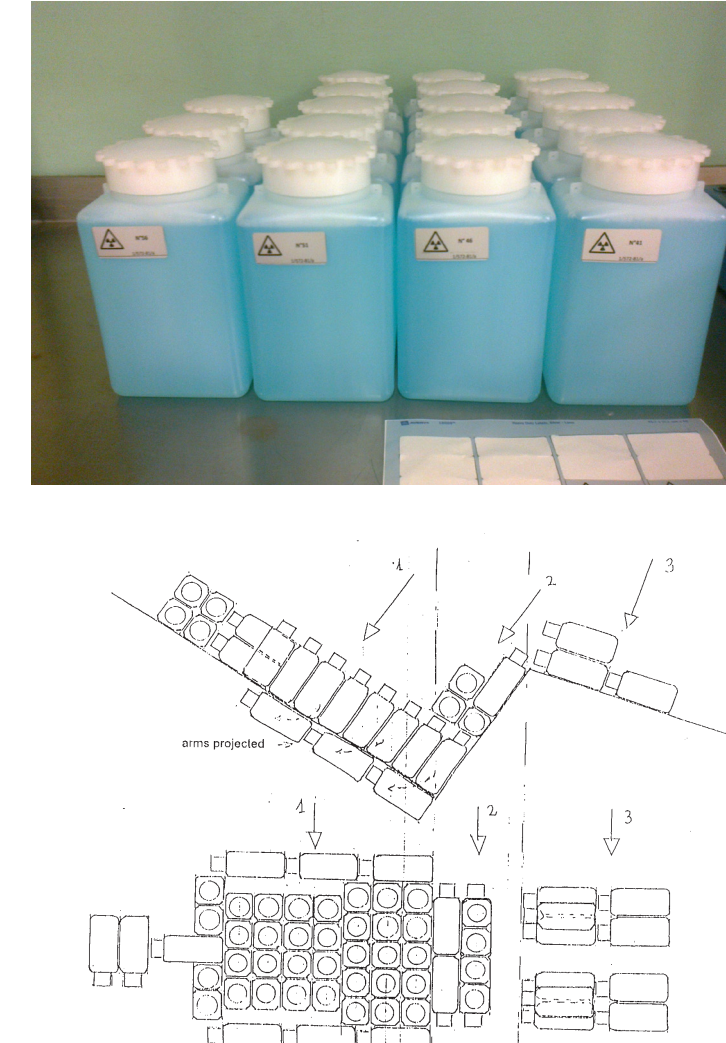


Figura 1 c) fantoccio "brick phantom" realizzato da EURADOS



2. PROFICIENCY TEST EURADOS

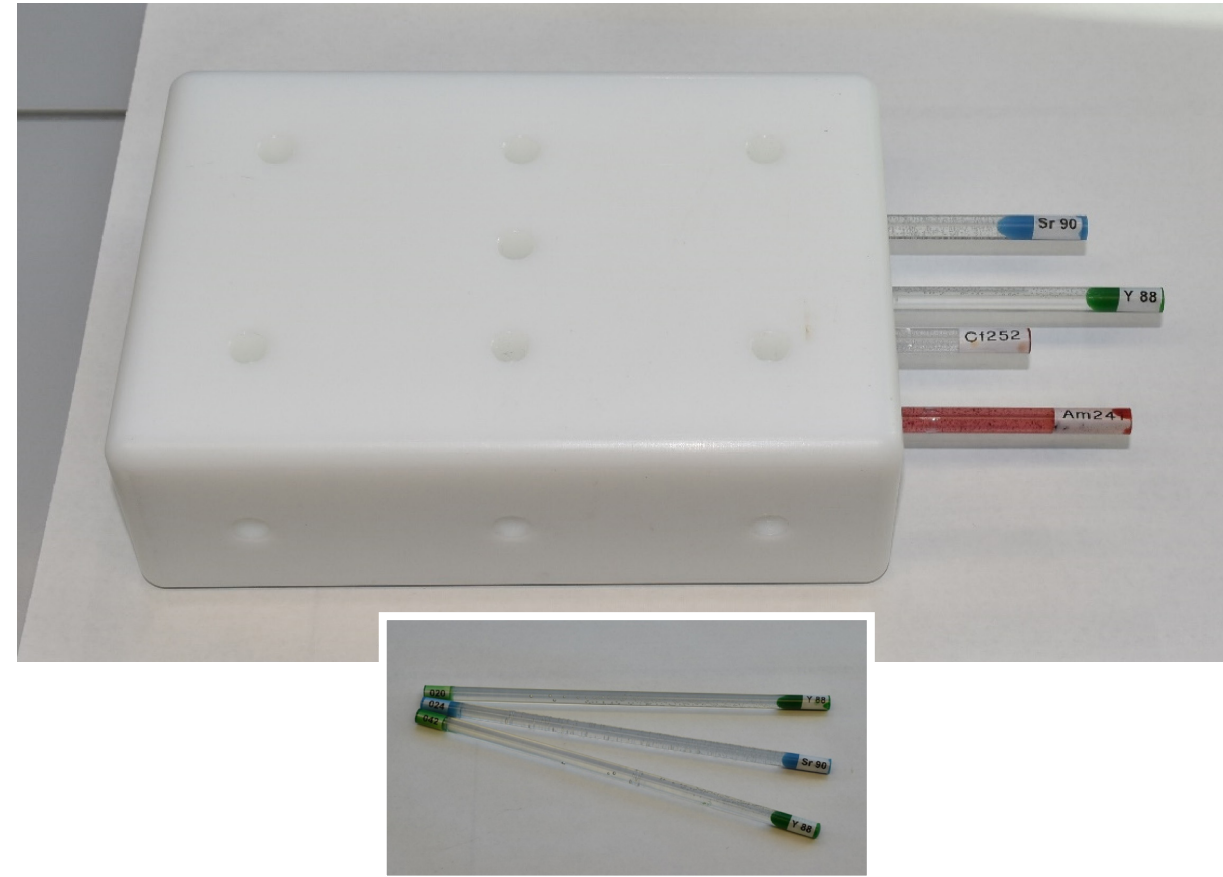
La campagna di misura si è svolta da maggio a novembre 2021, ed ha coinvolto 21 Paesi per un totale di 35 Laboratori. L'esercizio ha richiesto diverse misure di un fantoccio antropomorfo in diverse configurazioni tra massa corporea e costituzione isotopica, per simulare diversi scenari di intake, oltre alla misura di una persona per il calcolo delle minime attività rilevabili di alcuni gamma-emettitori di interesse radioprotezionistico.

Il fantoccio è stato spedito presso alcune installazioni (contrassegnate in blu in fig. 2) mentre in altre è stato trasportato dagli stessi organizzatori (contrassegnate in rosso in fig. 2), come nel caso di Caorso. Il fantoccio utilizzato, detto brick phantom, è costituito da mattoni plastici inerti, ognuno predisposto per l'inserimento di apposite sorgenti radioattive cilindriche (fig. 3). Tale fattura lo rende idoneo ad essere assemblato in diverse posizioni, da sdraiato a seduto, quindi adattato alle differenti configurazioni dei centri WBC partecipanti.

Figura 2) Centri WBC partecipanti



Figura 3) Uno dei brick con il dettaglio delle sorgenti poste al suo interno



L'esercizio prevede lo svolgimento di 5 task, caratterizzati da misure in differenti configurazioni tra massa e miscela isotopica, riassunte in (tab. 1).

TASK	MASSA kg	ISOTOPO	Assigned Value Bq
1	70	Co-60	1183
		Ba-133	2836
		Cs-137	3787
		K-40	3941
2	90	Cs-134	3455
		Cs-137	2996
		K-40	4981
3	70	Ge-68	4219
		Y-88	4283
		K-40	4313
4 a	70	Ba-133	20535
		Eu-152	25730
		K-40	3770
4 b	90	Ba-133	25782
		Eu-152	32668
		K-40	4692

L'organizzatore ha ritenuto di utilizzare come valori assegnati, in conformità a ISO 13528, la media robusta dei valori ottenuti dai partecipanti.

I risultati ottenuti dal Laboratorio sono stati valutati con lo scostamento (Bias) rispetto al valore assegnato, e con lo Z-score.

BIAS %
Lo scostamento rispetto al valore assegnato viene calcolato con la seguente formula:

$$\text{Bias (\%)} = (a-A)/A \cdot 100$$

a: Risultato ottenuto dal partecipante
A: Valore target (assegnato)

In accordo a ISO 28218 Performance criteria for radio bioassay, lo scostamento dal valore assegnato è ritenuto accettabile nell'intervallo [-25% + 50%].

Z-SCORE

Z-score è un indicatore della competenza del Laboratorio rispetto a quella degli altri Laboratori ed è calcolato con la seguente formula:

$$z = (x-X)/\sigma \cdot 100$$

x: Risultato ottenuto dal partecipante
X: Valore target (assegnato)
σ: Deviazione standard robusta

In accordo a ISO 13528 Statistical methods for use in proficiency testing by intercomparison, i criteri di valutazione dello Z-score sono:

- |Z-score| ≤ 2: il risultato è accettabile;
- 2 < |Z-score| ≤ 3: il risultato fornisce un segnale di attenzione;
- |Z-score| > 3: il risultato non è accettabile e fornisce un segnale di azione.

3. RISULTATI OTTENUTI

In tab. 2 sono raccolti i risultati ottenuti dal Laboratorio di Caorso, con le relative valutazioni. In (fig. 4) e (fig. 5) vengono rappresentate graficamente le valutazioni rispettivamente per Bias % e Z-score.

TASK	MASSA kg	ISOTOPO	Risultati ottenuti Bq	Bias %	[Z-score]
1	70	Co-60	1333	12,6%	0,96
		Ba-133	2836	0,0%	0,00
		Cs-137	4002	5,7%	0,52
		K-40	4882	23,9%	1,30
2	90	Cs-134	3688	6,7%	0,74
		Cs-137	3156	5,3%	0,42
		K-40	5903	18,5%	0,90
3	70	Ge-68	-	-	-
		Y-88	5077	18,6%	1,06
		K-40	4552	5,5%	0,30
4 a	70	Ba-133	19446	-5,3%	0,52
		Eu-152	28621	11,2%	0,89
		K-40	4375	16,0%	0,49
4 b	90	Ba-133	24012	-6,9%	0,64
		Eu-152	35246	7,9%	0,69
		K-40	5472	16,6%	0,71

Figura 4) Grafico della valutazione Bias %

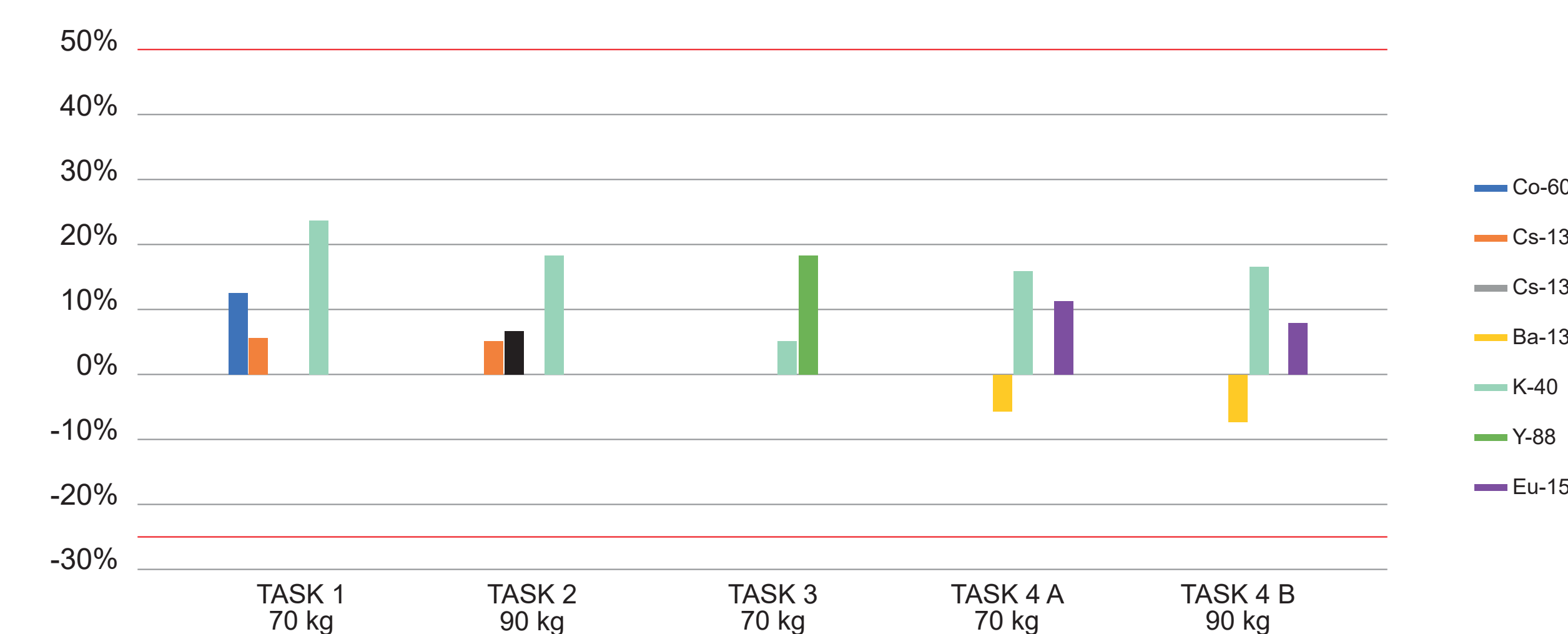
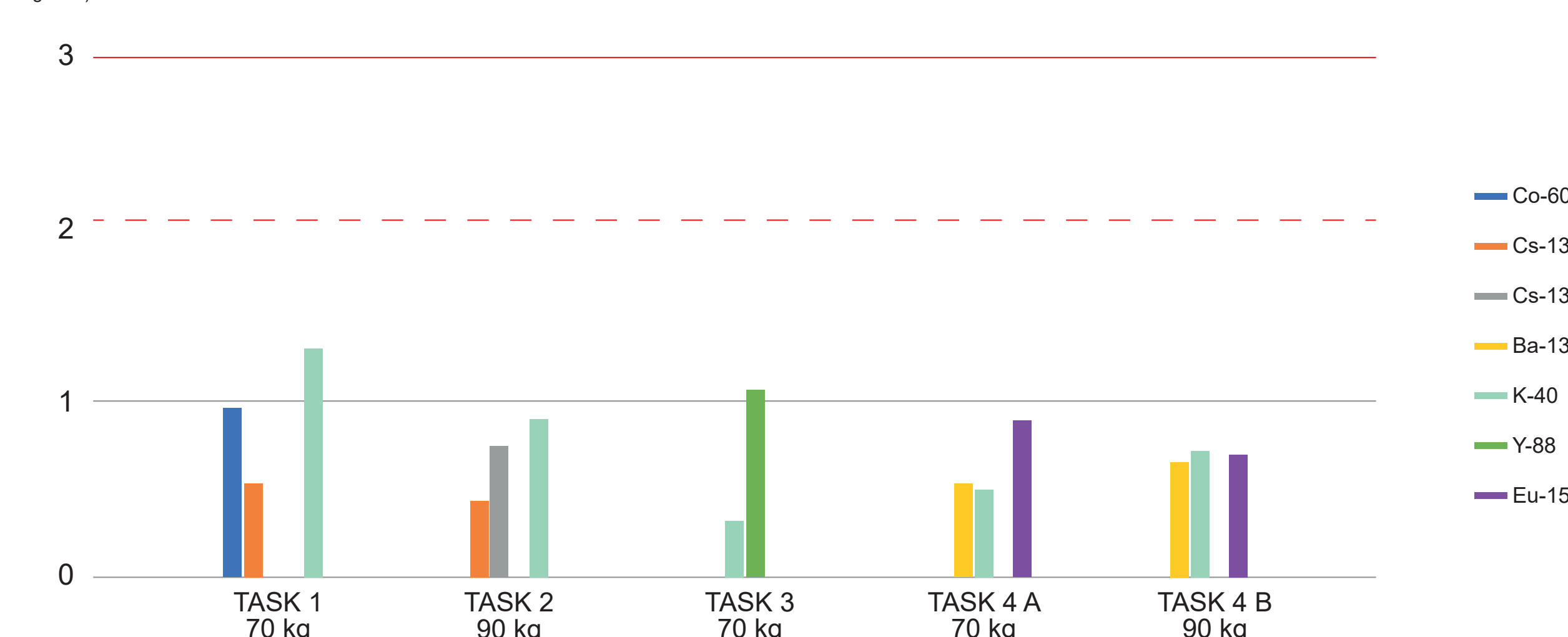


Figura 5) Grafico della valutazione Z-score



4. ANALISI DEI RISULTATI

Nessun Bias % esce dall'intervallo di accettabilità [-25% + 50%] e nessun [Z-score] risulta maggiore di 2. L'isotopo Ge-68 di Task 3 non è stato determinato, in quanto l'unica emissione rilevata è stata quella di energia 511 keV, non vi erano sufficienti elementi per il suo riconoscimento. Meno del 50% dei laboratori lo ha identificato con successo. La presenza di alcuni isotopi uguali in task di differenti masse ha permesso di valutare l'errore commesso per misure effettuate su soggetti con massa diversa da quella utilizzata per la taratura in efficienza. In particolare, il sistema dispone di un'unica geometria di taratura pari a 70 kg, mentre l'esercizio prevedeva fantocci di massa pari a 70 e 90 kg. È interessante notare che questa differenza di massa corporea di 20 kg non abbia influito in modo apprezzabile sull'accettabilità dei risultati. Questo verosimilmente accade perché i 20 kg di brick supplementari del fantoccio più pesante (task 2 e 4b) contengono anch'essi le sorgenti, quindi sebbene esse risultino più vicine al rivelatore nella parte superficiale del fantoccio, effettuano però un effetto schermante su quelle dello strato sottostante, bilanciando i due effetti.

In (fig. 6) vengono messi a confronto i Bias % degli isotopi presenti in entrambe le configurazioni del fantoccio. Si può notare una correlazione tra lo scostamento dal valore assegnato e l'energia di emissione: mentre ad energie basse l'attività viene sottostimata, ad energie più alte viene sovrastimata. Questo potrebbe essere causato dalla miscela isotopica della sorgente di taratura, poiché l'efficienza ad alte energie viene determinata da gamma-emettitori con emissioni in coincidenza (Co-60 e Y-88). La perdita di conteggi causata dall'effetto somma determina un fitting della curva di efficienza più basso rispetto alla reale efficienza strumentale, causando una sovrastima nel calcolo delle attività.

In (fig. 7) vengono rappresentate graficamente le energie medie di emissione dei vari isotopi in relazione allo scostamento dal valore assegnato.

Figura 6) Confronto Bias % di isotopi uguali in fantocci di massa differente

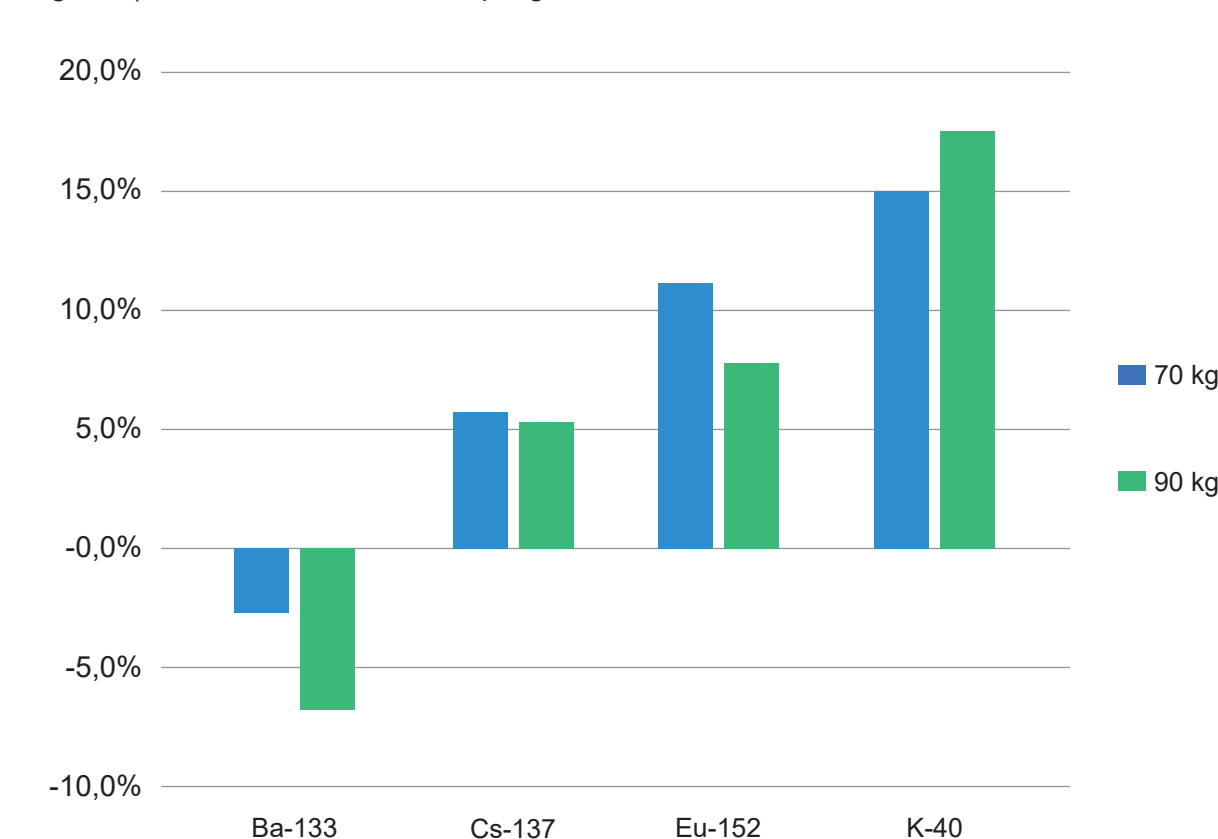
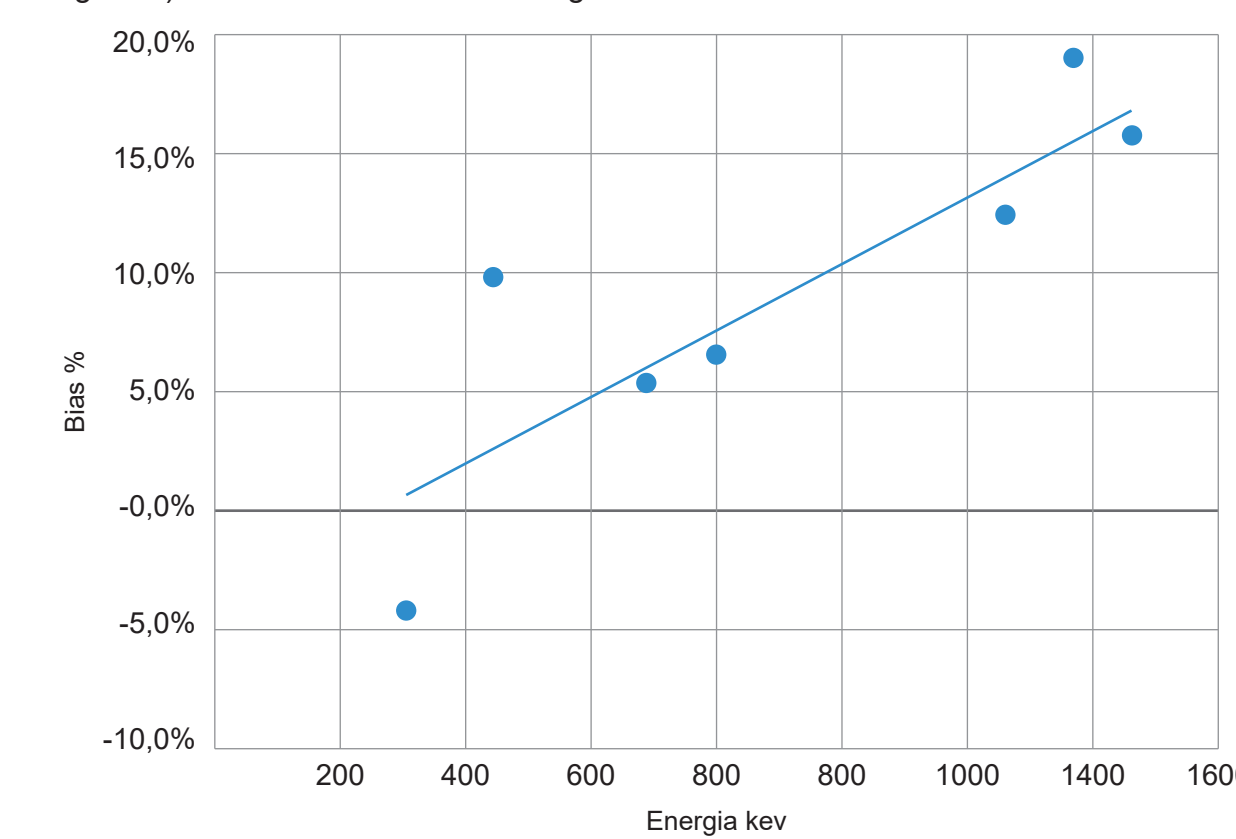


Figura 7) Bias % in relazione all'energia di emissione



5. CONCLUSIONI

Il sistema di misura WBC di Caorso si è dimostrato affidabile in ogni configurazione tra quelle proposte, ottenendo risultati convincenti, ovvero compresi nei range di accettabilità indicati dalle norme ISO di riferimento. Da un punto di vista qualitativo, è possibile notare che il Laboratorio di Caorso ha individuato tutti i radioisotopi presenti, con la sola eccezione del Ge-68, il cui unico picco di emissione gamma coincide con quello di annichilazione, rendendone difficile la determinazione per la maggior parte dei Laboratori partecipanti. Dal punto di vista quantitativo, oltre ad ottenere degli ottimi valori di Bias% (piccoli scostamenti dai valori assegnati), è importante sottolineare che non viene riscontrato uno scostamento significativo di attività rispetto ai valori assegnati al variare della massa del fantoccio di misura, confermando quindi come efficace il metodo di taratura del Laboratorio con un'unica massa di 70 kg, per la misura WBC di soggetti di massa differente.