

INTRODUZIONE

Nella spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatori al Germanio Iperpuro una delle correzioni di cui tener conto in fase di analisi spettrale è dovuta all'effetto di somma in coincidenza (ES). Questo effetto si verifica, per un dato radionuclide, quando due o più fotoni prodotti da un singolo evento di disintegrazione sono rivelati contemporaneamente. Ne risulta la comparsa di picchi somma nello spettro di acquisizione e una perdita di conteggi nel picco fotoelettrico con conseguente errore nel calcolo quantitativo dell'attività.

L'effetto dipende dal radionuclide ed è tanto più significativo quanto più la geometria di misura è prossima al rivelatore e quanto maggiore è l'efficienza del rivelatore impiegato. Filtri e smear test sono tra i campioni più critici, almeno che non si utilizzino opportuni distanziatori durante il conteggio.

Molti dei moderni software di acquisizione gamma consentono di applicare correzioni sfruttando metodi spettrometrici avanzati. In alternativa, opportuni fattori correttivi possono essere stimati attraverso misure sperimentali, come suggerito dalla norma UNI 11665:2017 "Determinazione di radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione".

OBIETTIVO

Lo scopo di questo lavoro è quello di presentare i risultati ottenuti nel Laboratorio della Centrale Nucleare di Latina applicando entrambe le procedure. In un caso è stato utilizzato il metodo di correzione TCC (True Coincidence Correction) implementato da ORTEC nel software GammaVision, nell'altro caso i fattori correttivi sono stati determinati sperimentalmente.

La verifica dei metodi è stata effettuata con l'ausilio di sorgenti multigamma certificate e di campioni di interconfronti IAEA-TEL (Terrestrial Environment Laboratory).

DATI SPERIMENTALI

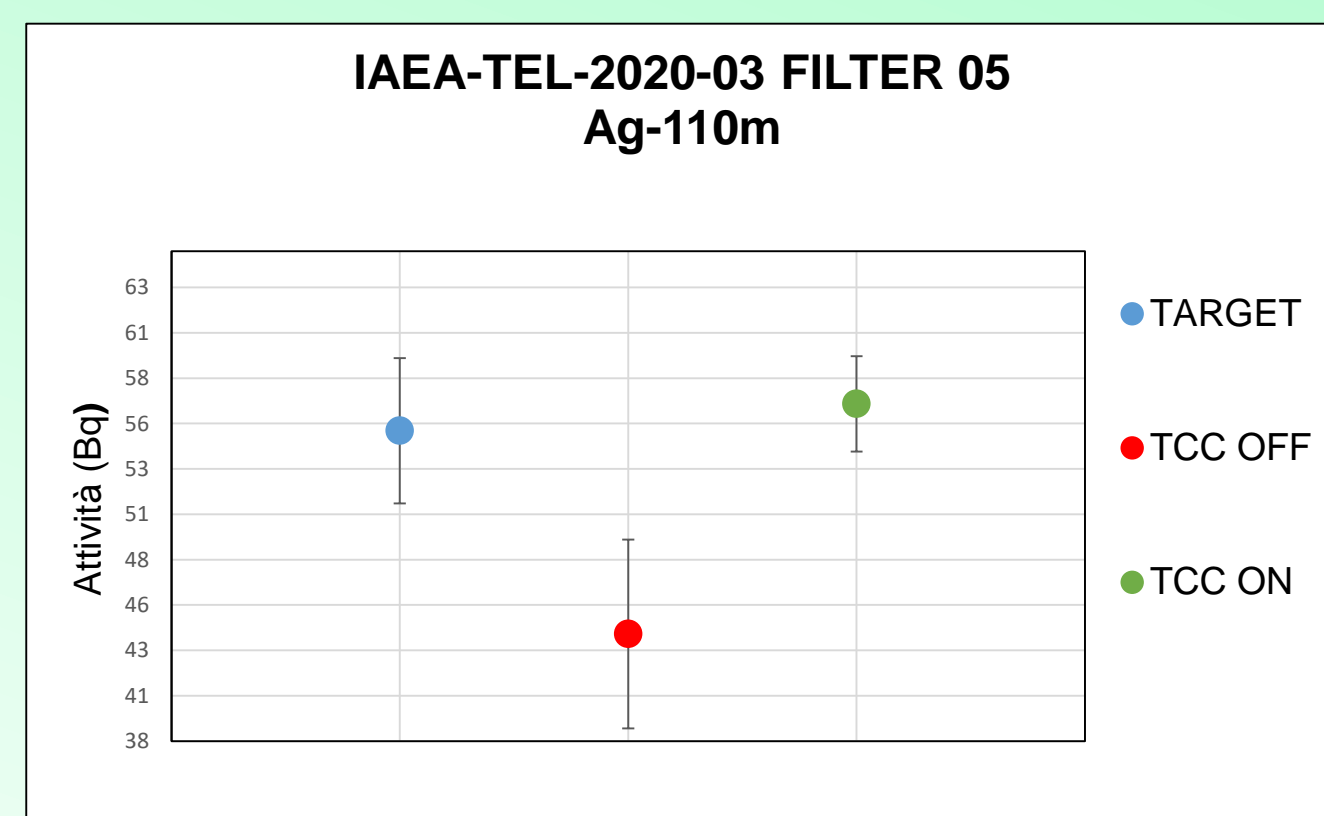
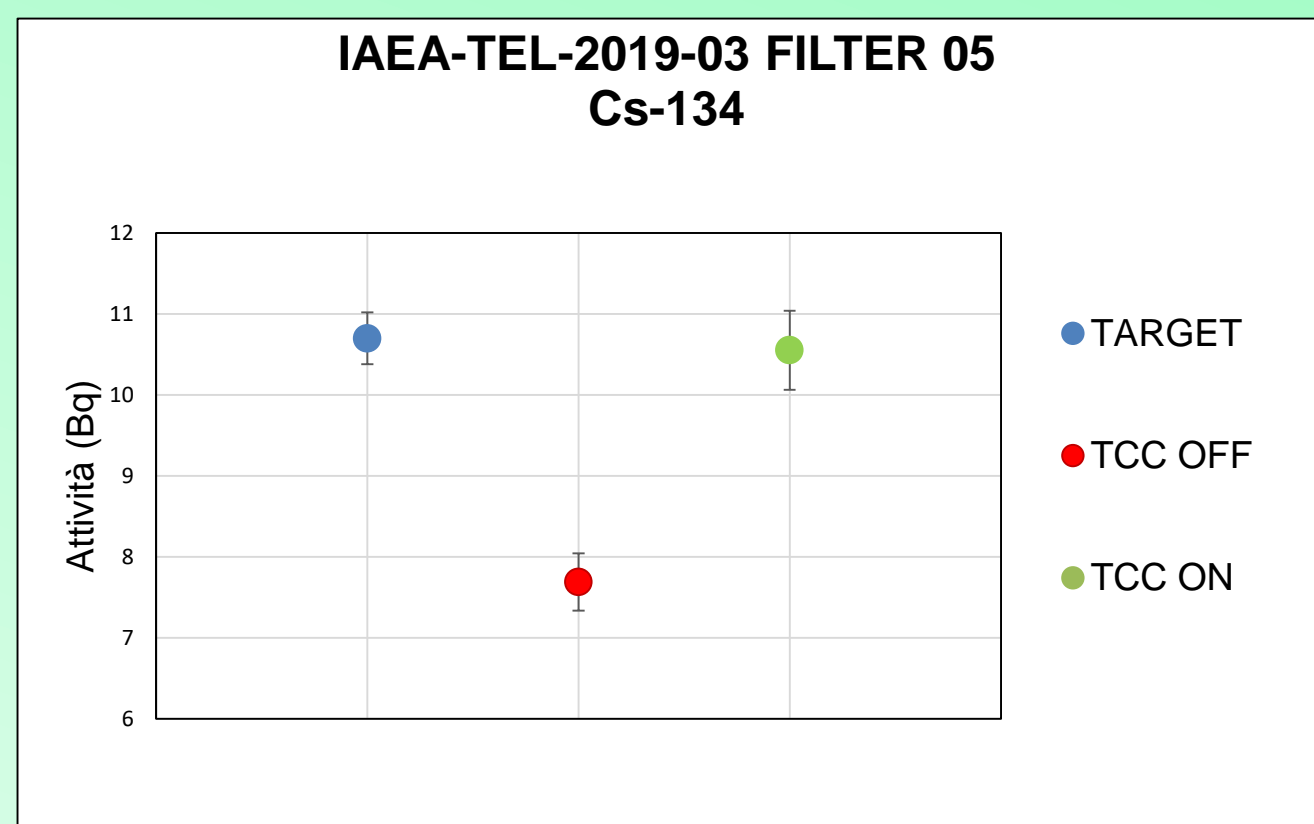
Correzione dell'effetto somma mediante impiego del software GammaVision TCC (True Coincidence Correction).

Operativamente il metodo di correzione TCC integrato in GammaVision richiede l'impiego di una sorgente di taratura multigamma costituita sia da radionuclidi affetti da somma in coincidenza sia da radionuclidi che non danno tale effetto. Per la taratura dei rivelatori al Germanio iperpuro in uso presso il Laboratorio della centrale di Latina, è stato utilizzato un filtro certificato contenente la seguente miscela radionuclidica (mix TCC):

Am-241, Cd-109, Co-57, Ce-139, Hg-203, Sn-113, Cs-134, Cs-137, Mn-54, Y-88, Zn-65.

È importante che il Co-60 non sia presente nella miscela a causa dell'interferenza con il picco somma del Cs-134 a 1173 keV.

Nei grafici seguenti si riportano le misure effettuate nell'ambito degli interconfronti IAEA-TEL 2019 e 2020 su filtri tracciati con Cs-134 e Ag-110m, entrambi affetti da somma in coincidenza.



Correzione dell'effetto somma mediante determinazione di fattori sperimentali.

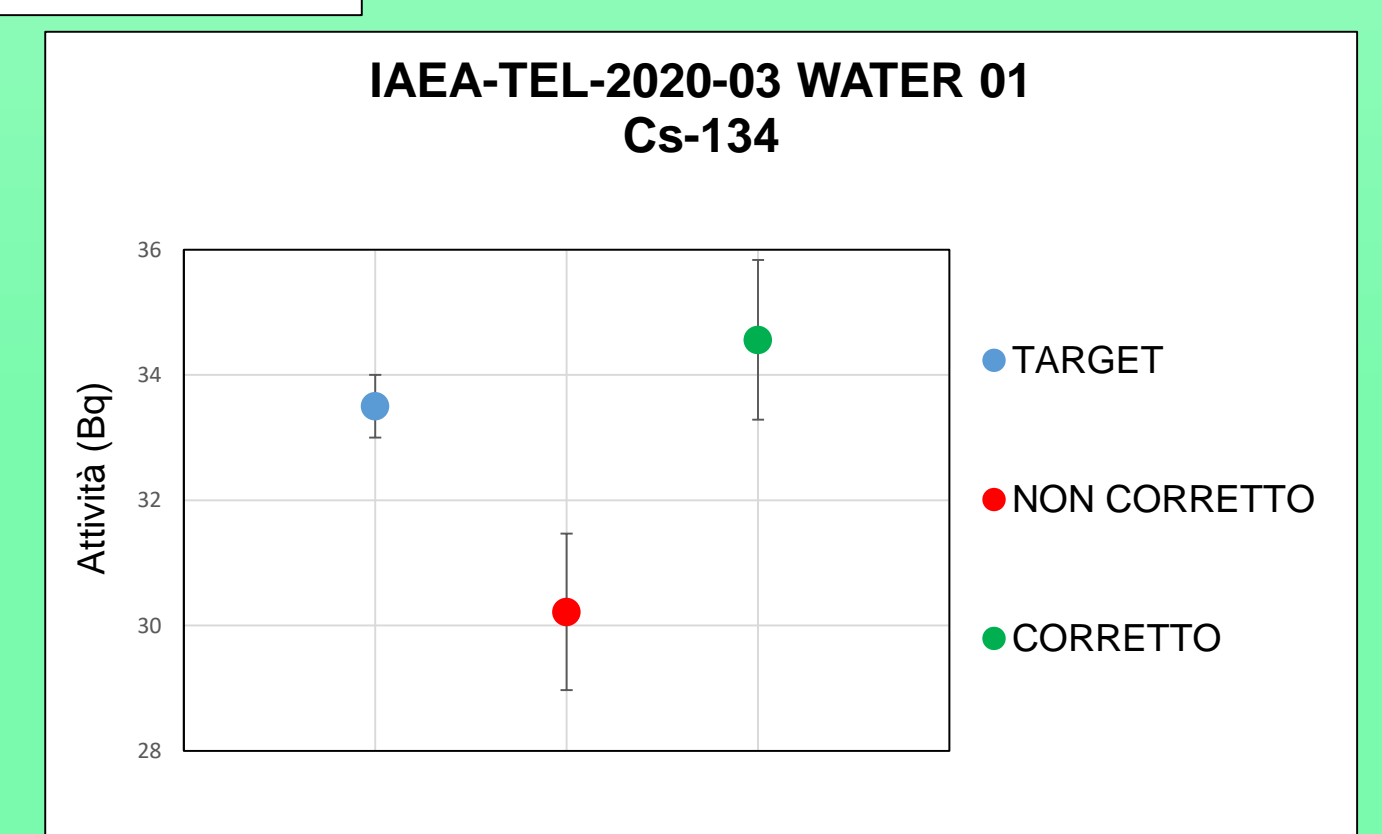
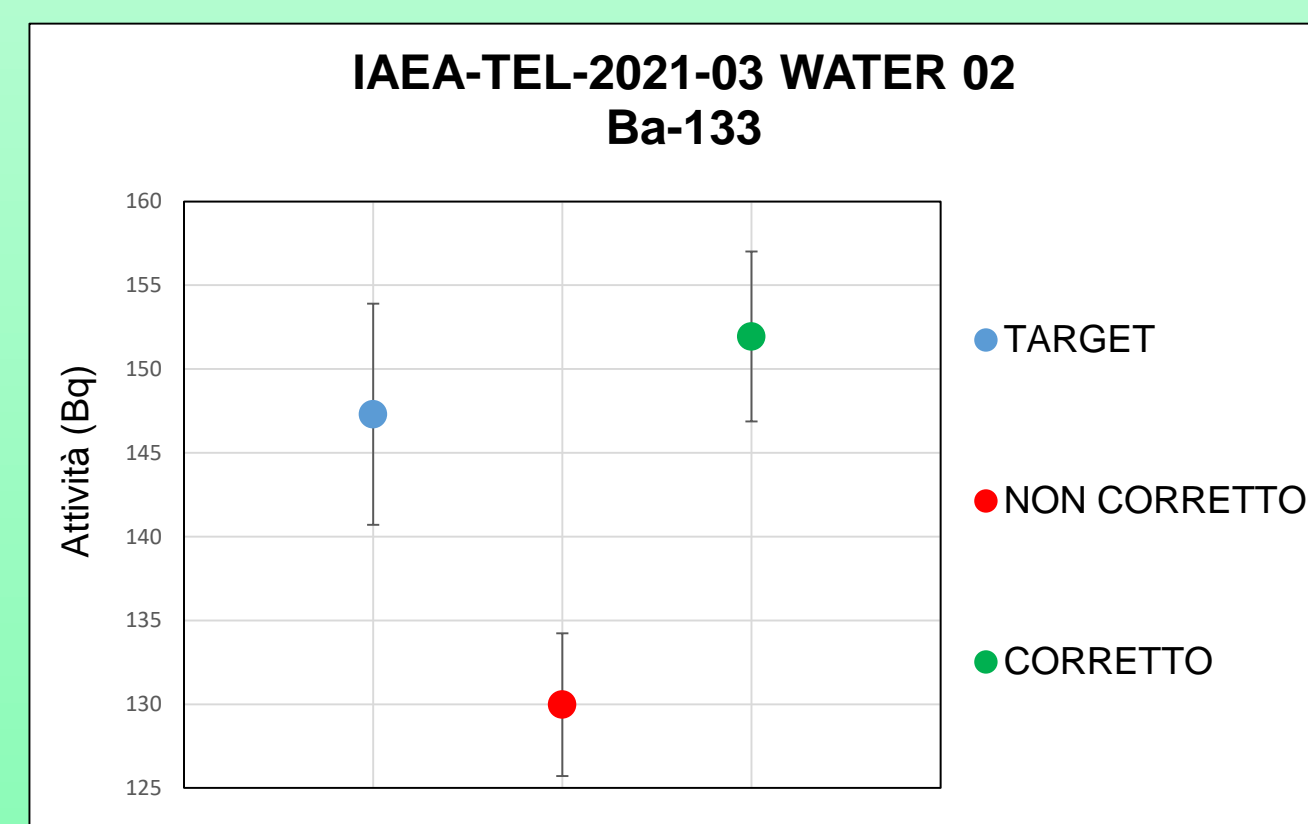
Questo metodo è stato applicato per la determinazione del Ba-133 e del Cs-134 contenuti in campioni liquidi conteggiati in geometria "bottiglia da 1 litro riempita con 0,5 litri a diretto contatto con il rivelatore". Per la determinazione sperimentale dei fattori correttivi sono stati utilizzati i campioni di controllo forniti nell'ambito degli interconfronti IAEA-TEL 2020 e 2021. I fattori di correzione Fc sono stati calcolati come rapporto tra i valori certificati di attività dei campioni di controllo e le attività sperimentali. Le incertezze sono state stimate come deviazione standard di Fc ricavati da ripetute misure.

$$F_c \text{ Ba-133} = 1,15 \pm 0,01$$

$$F_c \text{ Cs-134} = 1,15 \pm 0,02$$

I fattori correttivi sono stati poi applicati per la correzione delle attività di campioni incogniti analizzati sempre nell'ambito di interconfronti. L'incertezza degli Fc è stata considerata nel computo dell'incertezza totale associata all'attività. I campioni di controllo utilizzati per la determinazione degli Fc sono stati conteggiati nella stessa geometria di misura dei campioni incogniti.

Di seguito si riportano due grafici esemplificativi, uno per il Ba-133 e l'altro per il Cs-134.

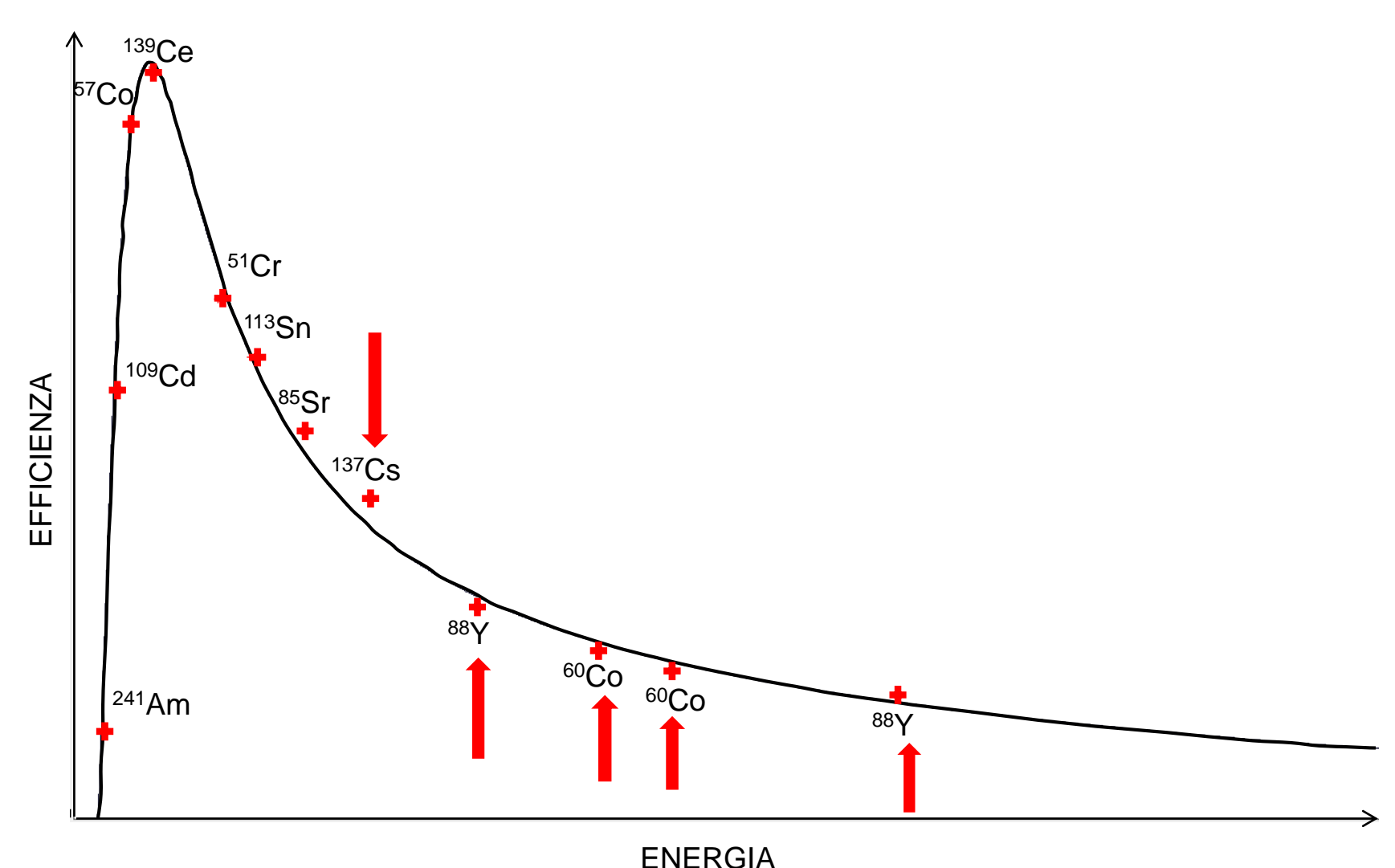


OSSERVAZIONI

Applicazione del metodo di correzione TCC e considerazioni per i radionuclidi Am-241, Cs-137 e Co-60 (RADIONUCLIDI DI INTERESSE PER LA C.L.E NUCLEARE DI LATINA)

Un'ulteriore prova è stata effettuata sottoponendo ad analisi gamma un filtro certificato contenente Am-241, Cs-137 e Co-60. Tra questi radionuclidi solamente il Co-60 dà effetto di somma in coincidenza. Applicando il metodo di correzione TCC si sono ottenuti risultati consistenti con i valori di attività certificati per tutti e tre i radionuclidi. In questo modo è stato verificato che il metodo TCC integrato in GammaVision può essere impiegato non solo per l'analisi di radionuclidi affetti da somma in coincidenza, ma anche per radionuclidi che non danno tale effetto, con un considerevole risparmio di tempo qualora si debbano analizzare campioni contenenti miscele di diversi radionuclidi.

Inoltre, si è osservato che per la geometria "filtro a contatto con il rivelatore" l'attività del Cs-137 risulta sistematicamente sovrastimata di circa un 10% quando non si applica il metodo TCC e l'analisi viene effettuata utilizzando una curva di efficienza costruita con sorgente QCY. Viceversa, se si applica il metodo di correzione TCC e come sorgente di taratura si utilizza il mix TCC, l'errore si riduce sotto al 2%. L'effetto di sovrastima è ragionevolmente dovuto alla presenza nella sorgente QCY dell'Y-88 e del Co-60. Essendo entrambi affetti da somma in coincidenza, se non si applicano correzioni, si ha un'apparente diminuzione dell'efficienza fotoelettrica, con conseguente "abbassamento" della curva di taratura che poi si traduce in una sovrastima dell'attività del Cs-137 in fase di analisi.



CONCLUSIONI

Dai grafici sopra riportati è evidente che non effettuando alcuna correzione si ha una significativa sottostima delle attività (fino al 28% per il Cs-134 in geometria filtro), viceversa, le correzioni applicate con entrambi i metodi consentono di ottenere risultati consistenti con i valori target entro le incertezze sperimentali.