

Implementazione dell'algoritmo di calcolo per una migliore stima della dose ambientale $H^*(10)$ da radiazione X per dosimetri a OSL

Luisella Garlati¹, Pietro Negri², Ornella Tambussi¹

¹ Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia, via La Masa 34 – 20156 Milano

² CERAP SA, Parc d'activités des Fourches, 50 rue des Vindits – 50130 Cherbourg Octeville

luisella.garlati@polimi.it

Il sistema dosimetrico InLight (Landauer Inc., USA) si basa sul processo di stimolazione, mediante l'assorbimento di energia ottica, della luminescenza di particolari materiali in seguito alla loro esposizione a radiazioni ionizzanti. Esso è costituito da un badge contenente quattro elementi OSL, da un lettore che permette di rivelare il segnale e da un software, che permette di ottenere dal segnale registrato la dose espressa in $H_p(10)$ e in $H_p(0.07)$. Un apposito algoritmo è stato sviluppato per determinare la dose ambientale $H^(10)$, partendo da una serie di irraggiamenti condotti tramite i fasci S-Cs e i fasci H-60, W-60, W-80, W-110, W-150, W-200, W-250 e W-300.*

Alcuni test sono stati condotti per studiare la linearità della risposta dosimetrica e la dipendenza energetica dei dati dosimetrici.

Per lo studio della dipendenza angolare, una prima fase di test è stata condotta solo con i fasci H-60, W-60, W-80, mostrando forti criticità per la determinazione della dose ad angoli superiori a 60°. Questa nuova serie di test vuole indagare anche altri fasci energetici, aumentando il numero d'irraggiamenti a differenti valori di dose per ogni angolo. In tal modo si hanno dati sufficienti per determinare una procedura correttiva da applicare nel caso di irraggiamenti a fasci X di bassa energia (inferiore a 80 keV) e ad angoli superiori a 60°, così da migliorare le performance del dosimetro.

All'interno del progetto europeo Preparedness sono invece stati condotti differenti irraggiamenti con i fasci S-Cs e S-Co a differenti angoli, mostrando l'indipendenza della risposta angolare del dosimetro e l'efficacia dell'algoritmo per la valutazione della dose ambientale $H^(10)$.*

INTRODUZIONE

La dosimetria ambientale in genere ha due tipi di applicazioni: il monitoraggio dei luoghi dove si ha la presenza di sorgenti di radiazione (interno ed esterno delle stanze di detenzione) e il monitoraggio in luoghi esterni, in cui non si presume la presenza di sorgenti di radiazione, fatta eccezione per la radiazione da fondo naturale (radiazione terrestre e radiazione cosmica).

La mappatura nei luoghi in cui si ha la presenza di sorgenti di radiazione è in genere utilizzata ai fini radioprotezionistici dei lavoratori e per la verifica del rispetto dei limiti di dose per il pubblico. Il termine corretto per questo tipo di indagine è mappatura d'area. Essa può essere fatta con un classico dosimetro per corpo intero, opportunamente caratterizzato in termini di equivalente di dose ambientale e tarato in aria libera. Il campo di radiazione da indagare può essere monoenergetico o un campo misto, di radiazione gamma, beta, X o neutroni.

Il monitoraggio ambientale invece ha come scopo quello di mettere in evidenza minime variazioni di dose, rispetto a quello che è il valore di dose dovuto alla radiazione di fondo ambientale (componente terrestre e componente cosmica). Queste minime variazioni potrebbero essere dovute anche a incidenti di tipo nucleare di piccola portata, con rilascio di piccolo quantitativi di radionuclidi in ambiente, oppure essere dovute alla presenza di sorgenti naturali di radiazione accumulate in un punto ben preciso (per esempio del materiale da costruzione particolare o la presenza di una roccia ricca di uranio, radio o torio).

Per questo tipo di misure si necessita di un dosimetro affidabile a basse dosi (in genere al di sotto di 1 mSv). Inoltre sarebbe opportuno che la risposta dosimetrica fosse più indipendente possibile dall'energia della radiazione incidente e dall'angolo di incidenza (risposta più isotropa possibile). Nel panorama di quanto disponibile commercialmente, i cristalli a TL oppure gli elementi OSL risultano essere i rivelatori rispondenti a queste caratteristiche.

Tra i dosimetri disponibili in commercio, il dosimetro InLight (Landauer Inc., USA), sfrutta la tecnica OSL (Optically Stimulated Luminescence) per la misurazione della dose: si stimola la luminescenza di particolari materiali in seguito alla loro esposizione a radiazioni ionizzanti.

Il sistema dosimetrico è costituito da un badge contenente quattro elementi OSL, da un lettore e da un PC con software dedicato, oltre al sistema per effettuare l'azzeramento delle card. In questo modo i dosimetri InLight possono essere utilizzati come dosimetri personali per valutare l'equivalente di dose personale profonda, quella superficiale e la dose al cristallino.

Un apposito algoritmo è stato sviluppato per poter utilizzare il dosimetro anche per la valutazione dell'equivalente di dose ambientale. Inoltre si è verificato che tale sistema dosimetrico fosse conforme a quanto richiesto dalla normativa IEC 62387 [IEC 62387, 2012] per essere utilizzato per la dosimetria ambientale passiva. I risultati di questa prima caratterizzazione sono stati presentati al XXXVII Congresso Nazionale AIRP di Bergamo [Garlati, 2018].

Questa prima serie di test ha messo in luce delle criticità per irraggiamenti ad angoli superiori a 45° per i fasci per cui erano stati condotti gli irraggiamenti (H-60, W-60 e W-80), secondo quanto prescritto dalla norma IEC. Si è resa quindi necessaria una seconda serie di irraggiamenti a diversi fasci di radiazione X e a diversi angoli, così da avere un numero sufficiente di dati per poter determinare una procedura correttiva per migliorare le performance del dosimetro.

Per testare la bontà dell'algoritmo sviluppato, con questo dosimetro si è partecipato all'interconfronto europeo "Preparedness Intercomparison 2017/2018 of Passive H*(10) Area Photon Dosimeters", aperto a tutti i laboratori.

Successivamente è stata offerta ad alcuni laboratori la possibilità di partecipare come stakeholder agli esperimenti all'interno del task 4.2 (WP4) del progetto europeo Preparedness (<http://www.preparedness-empir.eu/>): a questi test si è partecipato con il dosimetro a OSL e con il dosimetro a TL. Dai primi risultati a disposizione è possibile trarre alcune considerazioni iniziali.

MATERIALI E METODI

In questo lavoro si è utilizzato il sistema MicroStar® coi dosimetri InLight® della Landauer [Landauer, 2019], venduto per la dosimetria personale. Lo stesso tipo di card può essere impiegata per la dosimetria ambientale, senza utilizzare un apposito contenitore, ma solo una busta protettiva in policarbonato, con doppia sigillatura ed eventuale clip di aggancio.

Le card sono state lette con l'apposito lettore e il software in dotazione, ma la dose è stata determinata a partire dai dati di conteggio e poi elaborati con l'algoritmo appositamente sviluppato.

IRRAGGIAMENTI CON FASCI X

Nella prima fase di caratterizzazione sono stati condotti con tutti i fasci X solo gli irraggiamenti a 0°. Secondo quanto prescritto dalla IEC 62387, per i test ad angoli diversi dallo zero, si devono condurre irraggiamenti con i tre fasci con energia minore e nell'intervallo di dose da 1 a 10 mSv, assumendo come dose di riferimento 3 mSv. Dal momento che l'analisi della risposta energetica ha messo in luce un'indipendenza dall'energia del fascio incidente a partire da 100 keV, per una completa caratterizzazione è necessario verificare la risposta anche per altri fasci X e a differenti valori di dose nell'intervallo indicato dalla IEC.

Pertanto sono stati condotti, presso il Centro di Taratura LAT n. 104 – Settore Radiazioni Ionizzanti del Politecnico di Milano, una serie di irraggiamenti coi fasci H-60, W-60, W-80, W-110, W-200 e W-300. Gli angoli considerati per gli irraggiamenti sono stati: 0°, ±60°, ±75° e ±90°. Per tutti i fasci e per tutti gli angoli si è effettuato almeno un irraggiamento a 3 mSv; per i fasci meno energetici (H-60, W-60 e W-80) a 60° e 75° si sono condotti irraggiamenti a cinque livelli differenti di dose per evidenziare eventuali effetti dovuti al valore di dose oltre che all'angolo, così come consigliato dalla norma IEC 62387. Un quadro riassuntivo degli irraggiamenti condotti è riportato in tab. 1.

Il numero massimo di dosimetri irraggiati per sessione è pari a due, dovendo disporli lungo l'asse di rotazione del supporto e nella zona di omogeneità del fascio (fig. 1).

Questo set up d'irraggiamento è utilizzabile per irraggiamenti ad angoli inferiori a 90°, a causa della struttura di supporto.

Tabella 1 – Schema degli irraggiamenti condotti per lo studio della dipendenza angolare

Fascio	Angolo	Dose di riferimento H*(10) (mSv)
H-60, W-60, W-80	0°	3
H-60, W-60, W-80	±60°	1 – 3 – 5 – 7 - 10
H-60, W-60, W-80	±75°	1 – 3 – 5 – 7 - 10
H-60, W-60, W-80	±90°	3
W-110, W-200, W-300	0°	3
W-110, W-200, W-300	±60°	1 – 3 - 10
W-110, W-200, W-300	±75°	1 – 3 - 10
W-110, W-200, W-300	±90°	3

Figura 1 – Set up di irraggiamento



Card OSL montate sul supporto per irraggiamenti in aria libera e posizionate sul disco rotante

PROGETTO PREPAREDNESS

Il progetto europeo EMIPR- 16ENV04 Preparedness ha per titolo “*Metrology for mobile detection of ionising radiation following a nuclear or radiological incident*” e coinvolge 17 istituti provenienti da 12 differenti paesi europei e il Joint Research Centre della Commissione Europea.

Questo progetto nasce dalla consapevolezza che, durante un'emergenza radiologica (incidente nucleare, attacco terroristico, sversamento di radionuclidi in falda), il livello dell'equivalente di dose ambientale H*(10) e della concentrazione di attività dei radionuclidi dispersi in aria o in acqua forniscono informazioni fondamentali per coloro che devono gestire l'emergenza e prendere decisioni, con l'obiettivo di garantire azioni tempestive per la protezione della popolazione. In questo ambito la possibilità di reperire misure radiometriche in numero elevato e con una certa garanzia di affidabilità è un strumento che merita di essere analizzato, poiché potrebbe essere una utile integrazione di informazioni in situazioni che richiedano l'adozione, anche tempestive, di misure protettive.

Questo progetto ha lo scopo di sviluppare strumenti affidabili e metodi necessari per questo tipo di eventualità (situazione d'emergenza), ma anche di migliorare i metodi per il monitoraggio su tempi lunghi. In particolare, si vuole indagare la possibilità di utilizzare la dosimetria ambientale come metodo da utilizzare per questo monitoraggio su tempi lunghi. Infatti i rilevatori passivi sono piccoli, economici e robusti e non necessitano di alimentazione elettrica, permettendo così di collocarli ovunque. Tuttavia la correttezza metrologica dei dati di dose ottenuti da questi rivelatori è un presupposto fondamentale per l'applicazione di tali dispositivi nelle misurazioni ufficiali.

Lo scopo del Work Package 4 è quello di stabilire procedure stabili e riproducibili per misure di dose ambientale utilizzando la dosimetria passiva. Esso è suddiviso in quattro task, tra cui uno per organizzare un interconfronto tra servizi di dosimetria operanti in Europa e uno per condurre studi e test per indagare le proprietà e i limiti di rivelazione dei dosimetri passivi attualmente utilizzati dai servizi di dosimetria (task 4.2).

L'interconfronto ha avuto luogo da ottobre 2017 ad aprile 2018: ogni laboratorio è stato invitato a inviare 20 dosimetri, suddivisi in 5 gruppi di 4 dosimetri. Un gruppo è rimasto stoccato per tutto il tempo in un laboratorio a basso fondo, un gruppo è stato esposto in un campo (quindi soggetto alla radiazione terrestre e a quella cosmica), un gruppo è stato esposto su un isolotto artificiale nel mezzo di un laghetto (quindi soggetto alla sola radiazione cosmica), un gruppo è stato irraggiato a dose nota con un fascio di Cs-137 a 0° e uno nelle stesse condizioni ma a 90°.

La partecipazione invece al task 4.2 è limitata ad alcuni laboratori scelti all'interno della rete degli stakeholder del progetto. L'obiettivo è quello di indagare quattro caratteristiche dei dosimetri dei vari laboratori: la dipendenza dalla dose, la dipendenza angolare, la risposta alla radiazione naturale, la risposta energetica.

Al task 4.2 si è partecipato con due differenti dosimetri: quello a OSL, caratterizzato come descritto in questo lavoro, e il dosimetro ambientale a TLD, utilizzato presso il Laboratorio di Radioprotezione per mappatura ambientale o abbinato a elettretetri per il monitoraggio del gas radon (fig. 2). I primi tre test sono già stati condotti, mentre in quarto è in fase di realizzazione.

Figura 2 – Dosimetri ambientali usati nel progetto Preparedness



Dosimetri ambientali utilizzati per le prove del progetto Preparedness: a sinistra dosimetro a OSL, a destra dosimetro a TL. Con il punto rosso si indica il centro d'irraggiamento.

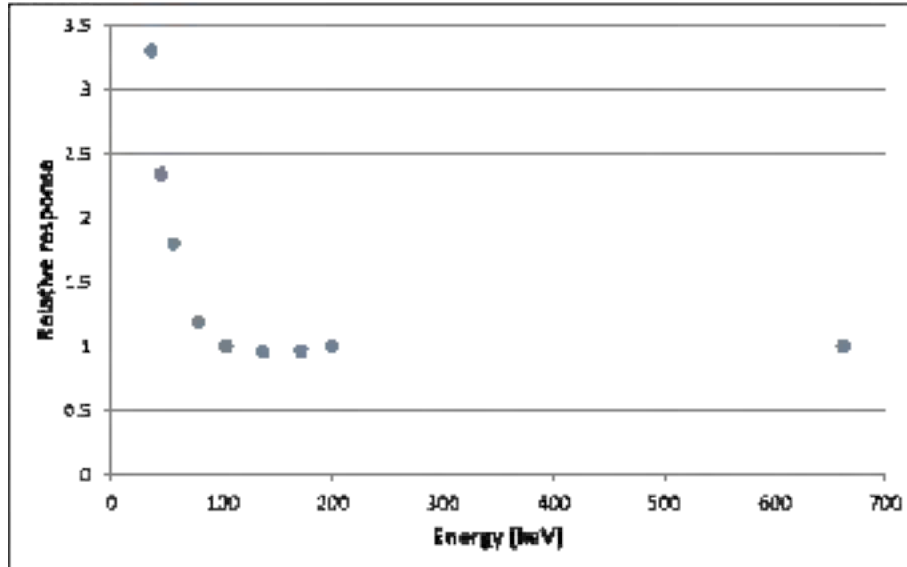
RISULTATI

Il lavoro di caratterizzazione fatto in precedenza ha permesso di determinare un algoritmo in grado di calcolare in maniera affidabile un valore di dose per tutti i fasci energetici dai 36 ai 1250 keV.

La risposta degli OSL, relativa al fascio di riferimento del Cs-137, in funzione dell'energia è presentata in fig. 3: al di sotto di 80 keV la dipendenza dall'energia del fascio incidente ha una

certa importanza. L'algoritmo sviluppato per determinare la dose ambientale ha come primo step la determinazione dell'energia del fascio incidente, basandosi sul calcolo del rapporto tra le letture sotto i vari filtri del dosimetro (finestra, spessore di plastica per il riconoscimento della radiazione beta, filtri di alluminio e di rame).

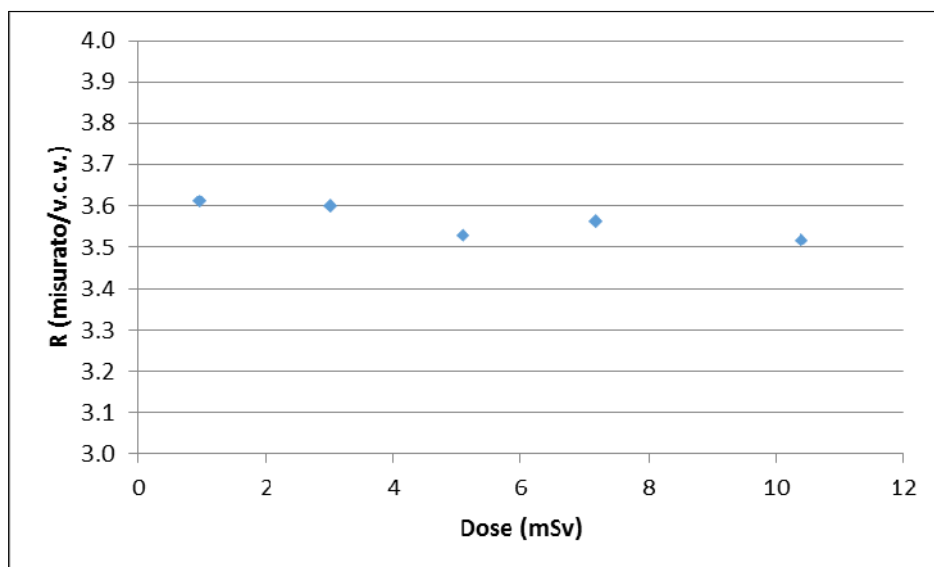
Figura 3 – Dipendenza energetica dei dosimetri a OSL InLight



Risposta relativa dei OSL in funzione dell'energia del fascio incidente, rispetto al fascio di riferimento S-Cs

Per i dosimetri irraggiati ad angoli diversi si è calcolata la dose partendo dall'algoritmo sviluppato per gli irraggiamenti a 0°. Per ogni fascio e per ogni angolo d'irraggiamento, si sono calcolati i valori medi del rapporto R tra dose misurata e valore convenzionalmente vero (v.c.v.). Per un dato angolo e un determinato fascio di radiazione, si è verificata anche l'indipendenza dal valore di dose di irraggiamento (fig. 4).

Figura 4 – Irraggiamenti con fascio H-60 e angolo +75° a differenti dosi



Risposta relativa per irraggiamenti effettuati con il fascio H-60 a +75° a differenti dosi:
il rapporto R è indipendente dalla dose impartita.

In tab. 2 si presentano i valori del rapporto relativo medio per tutti i dosimetri irraggiati a un dato fascio e a un determinato angolo d'irraggiamento, ma con diversi valori di dose. Come si può visualizzare anche dal grafico di fig. 4, tra $\pm 75^\circ$ i risultati sono simmetrici rispetto agli irraggiamenti frontali. Inoltre, per fasci con energia media superiore a 100 keV la risposta relativa è prossima a 1.

Tabella 2 – Valore del rapporto R tra la dose misurata e il valore convenzionalmente vero per ogni fascio energetico utilizzato in funzione dell'angolo di irraggiamento

Angolo	H-60	W-60	W-80	W-110	W-200	W-300
-90	0.09	0.14	0.29	0.36	0.44	0.54
-75	3.56	2.58	1.89	1.27	0.98	0.98
-60	1.37	1.19	1.04	0.93	0.93	0.95
0	1.02	0.97	1.03	1.03	0.94	0.96
60	1.15	0.98	0.90	1.08	0.88	0.92
75	3.30	2.49	1.83	1.29	0.97	0.93
90	2.83	2.16	1.71	0.55	0.55	0.58

I criteri di accettabilità per la IEC, ripresi anche nella norma ISO 14146 [ISO 14146, 2018], sono: da 0° a $\pm 75^\circ$ $0.71 < R < 1.67$; da $\pm 75^\circ$ a $\pm 105^\circ$ $0.67 < R < 2.00$. Nella norma IEC si indica anche che questi criteri sono validi per energie comprese tra 80 e 1250 keV, cioè per i fasci a partire da W-110 (energia media 79 keV).

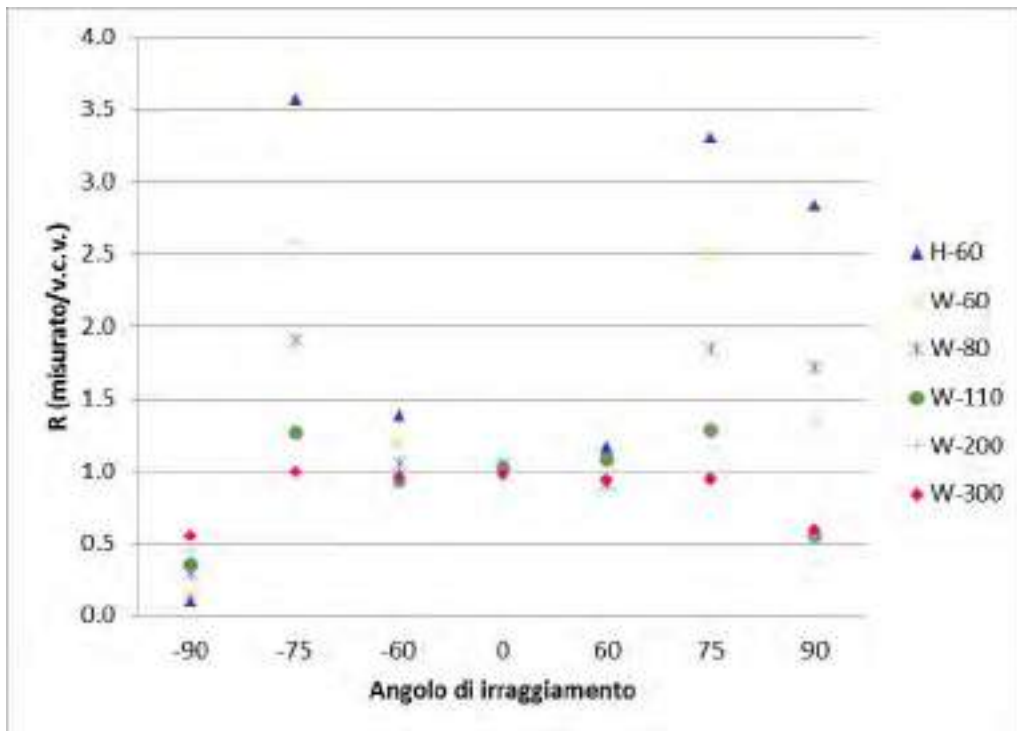
Quindi per angoli compresi tra $\pm 75^\circ$ e fasci con energia media superiore a quella del fascio W-110 il criterio è soddisfatto.

Per gli irraggiamenti a $\pm 90^\circ$, i risultati sono anomali, oltre a non essere simmetrici, anche alla luce di quanto ottenuto con il fascio S-Cs durante gli irraggiamenti del progetto Preparedness (si veda fig. 7). Questo ha messo in luce difficoltà d'irraggiamento presso il centro LAT: è stato utilizzato un errato set up e non si ha avuto il tempo per rimediare all'errore. Pertanto questi dati non possono essere utilizzati.

Per i fasci con energia media inferiore a 80 keV, se si osservano le letture dei conteggi nei quattro campi in corrispondenza della finestra e dei tre filtri, i valori sono molto simili tra loro e non mostrano la tipica attenuazione dei vari filtri in funzione dell'energia incidente. In questi casi l'algoritmo elabora i dati come se si trattasse di radiazione di tipo gamma. In effetti, osservando i dati relativi agli irraggiamenti a $\pm 75^\circ$, si nota che il valore di R ricalca quello ottenuto nello studio della risposta in funzione dell'energia. Nel caso in cui il dosimetro venisse utilizzato come dosimetro d'area e quindi conoscendo almeno in parte il campo di radiazione, per determinare la dose è meglio applicare un fattore correttivo medio (ottenuto come media dei valori di R per i tre fasci meno energetici a 0° e pari a 2.3) alla lettura avvenuta sotto il filtro di plastica.

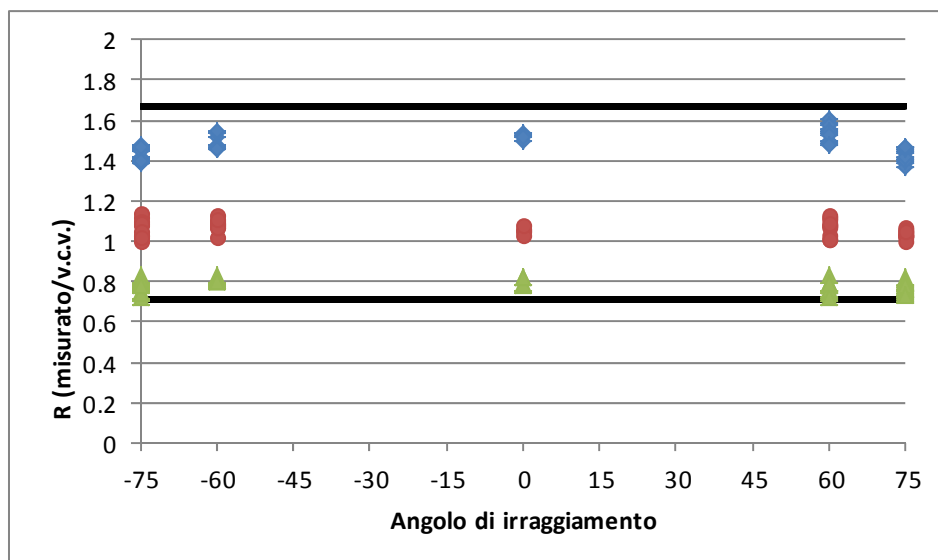
In fig. 6 si possono osservare i risultati ottenuti moltiplicando le letture direttamente per il fattore correttivo, senza l'elaborazione dell'algoritmo.

Figura 5 – Risposta relativa del dosimetro ambientale in funzione di fascio e di angolo d'irraggiamento



Risposta relativa tra quanto misurato e il valore convenzionalmente vero per ogni fascio utilizzato per gli irraggiamenti e in funzione dell'angolo di irraggiamento. I dati a -90 e +90 non sono accettabili, causa errore in fase d'irraggiamento.

Figura 6 – Risposta relativa per valori di dose calcolati senza applicare l'algoritmo



Risposta relativa dei fasci meno energetici per valori di dose ottenuti non applicando l'algoritmo, ma un fattore moltiplicativo medio per i fasci H-60, W-60 e W-80 (blu: H-60; rosso: W-60; verde: W-80). Le due linee continue indicano gli estremi del criterio di accettabilità ($0.71 < R < 1.67$).

PROGETTO PREPAREDNESS

I risultati relativi all'interconfronto in campo sono presentati in tab. 3. La componente terrestre è stata calcolata per differenza tra le altre due misure. I risultati sono soddisfacenti, considerando anche i valori di dose così bassi seppur su sei mesi di misura. Anomala risulta la sottostima dei dosimetri irraggiati col fascio S-Cs a 0°, dal momento che questo è il fascio di riferimento e l'algoritmo è stato costruito partendo proprio da questo fascio.

Tabella 3 – Risultati ottenuto nell’interconfronto europeo “*Preparedness Intercomparison 2017/2018 of Passive H*(10) Area Photon Dosimeters*”

Campo di radiazione	H*(10) v.c.v. (mSv)	H*(10) misurato (mSv)	R (misurato/v.c.v.)	U(R) (%)
Cs-137 a 0°	30.0	24.4	0.81	4.4
Cs-137 a 90°	30.0	29.6	0.99	3.6
Componente terrestre + radiazione cosmica secondaria	0.294	0.257	0.87	16.1
Radiazione cosmica secondaria	0.137	0.146	1.06	28
Componente terrestre	0.157	0.111	0.71	49

Per quanto riguarda la dipendenza della risposta dalla dose, sono stati effettuati 10 irraggiamenti a differenti dosi con il fascio S-Co (5 dosimetri per ogni livello di dose). In tab. 4 si riportano i dati ottenuti sia per i dosimetri a TL, sia per i dosimetri a OSL, come valore medio e deviazione standard. Si può notare che i TLD presentano dati meno dispersi (deviazione standard minore), ma entrambi i dosimetri presentano un’ottima risposta a dosi basse, mentre presentano uno scostamento maggiore per alte dosi, soprattutto per gli OSL.

In tab. 5 si riportano invece i risultati ottenuti utilizzando il fascio S-Cs a differenti angoli, sia per i TLD, sia per gli OSL; in questo caso la dose impartita è sempre stata di 2 mSv.

Tabella 4 – Irraggiamenti a diverse dosi con fascio di S-Co (Co-60) per i dosimetri ambientali a TL e per i dosimetri a OSL

S-Co H*(10) (mSv)	Media	D. Std.	Media	D. Std.	Media	D. Std.	Media	D. Std.	Media	D. Std.
	0.18 mSv		0.36 mSv		0.6 mSv		1.2 mSv		6 mSv	
TLD	0.177	0.000	0.365	0.001	0.594	0.000	1.167	0.001	5.84	0.01
OSL	0.187	0.028	0.375	0.033	0.579	0.022	1.242	0.035	5.87	0.09
	24 mSv		60 mSv		120 mSv		600 mSv		1200 mSv	
TLD	22.9	0.0	57.8	0.1	114.5	0.1	586.5	0.4	1166.9	1.0
OSL	19.8	0.3	51.7	0.7	114.5	2.4	511.1	3.7	1012.9	23.8

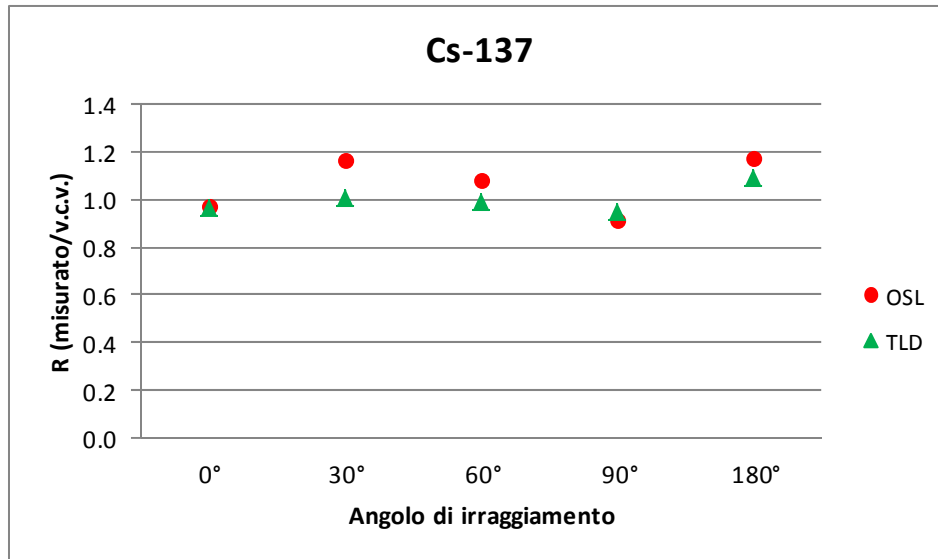
Tabella 5 – Irraggiamenti alla dose di 2 mSv con fascio di S-Cs (Cs-137) a diversi angoli

S-Cs H*(10) (mSv)	Angolo 0°		Angolo 30°		Angolo 60°		Angolo 90°		Angolo 180°	
	Media	D. Std.	Media	D. Std.	Media	D. Std.	Media	D. Std.	Media	D. Std.
TLD	1.93	0.02	2.02	0.09	1.99	0.18	1.91	0.16	2.18	0.06
OSL	1.95	0.28	2.34	0.26	2.16	0.31	1.83	0.22	2.34	0.30

In fig. 7 si riportano invece i valori di R a diverso angolo di irraggiamento per i due tipi di dosimetri. Si ricorda che un dosimetro ambientale è soggetto a campi di radiazione di energia medio-alta e non a radiazione X, come invece avviene per i dosimetri d’area.

I risultati ottenuti in questi test effettuati all’interno del progetto Preparedness sono soddisfacenti, per quanto potuto verificare dal nostro laboratorio, in attesa di avere l’elaborazione globale da parte degli organizzatori del progetto. Certo è che il dosimetro a OSL ha delle performance inferiori a quello dotato di cristalli a TL, compensate però dalla facilità di lettura e preparazione dei dosimetri.

Figura 7 – Rapporto relativo per lo studio della risposta angolare nel progetto Preparedness



Valore del rapporto relativo ottenuto per i dosimetri a TL e quelli a OSL nelle prove per lo studio della dipendenza angolare dei dosimetri, utilizzando il fascio S-Cs per gli irraggiamenti.

I risultati ottenuti in questi test effettuati all'interno del progetto Preparedness sono soddisfacenti, per quanto potuto verificare dal nostro laboratorio, in attesa di avere l'elaborazione globale da parte degli organizzatori del progetto. Certo è che il dosimetro a OSL ha delle performance inferiori a quello dotato di cristalli a TL, compensate però dalla facilità di lettura e preparazione dei dosimetri.

CONCLUSIONI

Il dosimetro ambientale a OSL presenta performance accettabili, per quelli che sono i criteri della norma IEC 62387. Questi risultati sono molto simili a quelli ottenuti per sistemi dosimetrici basati sulle pellicole fotografiche, anche per irraggiamenti ad angoli superiori a 60°, con lo svantaggio dell'assenza dell'immagine, che permette di visualizzare l'irraggiamento angolato. Dai precedenti test era noto il problema della dipendenza angolare per fasci a bassa energia, ma non era stato sufficientemente indagato. Questa lacuna poteva costituire un limite all'impiego del rivelatore come dosimetro d'area. Le indagini condotte con questo lavoro hanno permesso di determinare una procedura per evitare di sovrastimare la dose anche di un fattore di circa 4. L'algoritmo funziona bene per qualsiasi energia incidente e fino a un angolo d'irraggiamento di 60°; oltre questo angolo, i filtri diventano "trasparenti" e quindi non è più possibile utilizzare il rapporto tra filtri per applicare correttamente l'algoritmo. In questo caso, se si ha la certezza che si tratta di un campo di radiazione con energia bassa, è meglio stimare la dose tramite un fattore moltiplicativo della lettura sotto il filtro di plastica.

La partecipazione al progetto europeo Preparedness come stakeholder è una grande opportunità per confrontarsi con altri laboratori, ma anche per capire quali caratteristiche sono necessarie per ritenere un dosimetro ambientale affidabile. Attualmente sono in corso ancora delle misure; quindi i risultati ufficiali dell'analisi non sono noti e tantomeno le conclusioni. Considerando i dati ottenuti dal laboratorio, i TLD si confermano essere più accurati e affidabili, mentre i dosimetri a OSL hanno buone performance, ma non sono così accurati.

Sarebbe opportuno poter organizzare un confronto tra dosimetri per campi di radiazione che coprano tutto il range di energie per cui è stato sviluppato l'algoritmo.



Bibliografia

IEC 62387, *Radiation protection instrumentation - Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation* (2012);

Garlati Luisella, Negri Pietro, Tambussi Ornella, *Caratterizzazione di un sistema dosimetrico a OSL finalizzato alla dosimetria ambientale*, XXXVII Congresso Nazionale AIRP di radioprotezione, Bergamo 17 - 18 - 19 Ottobre 2018 - ISBN 9788888648460

Landauer, <https://www.landauer.com/dosimetry-solutions> (2019);

ISO 14146, *Radiological protection — Criteria and performance limits for the periodic evaluation of dosimetry services* (2018).