

Indagine sperimentale su anomalie di scarica in dispositivi a elettrete per misure passive di radon in aria

Simone Santarelli¹, Luca Cremonese¹, Andrea Mainardi¹, Serena Mancini¹, Francesco Fumagalli², Luisella Garlati³, Enrico Chiaberto⁴, Massimo Faure Ragani⁵, Giulia Liosi², Gianfranco Minchillo²

1 ONET Technologies ND, Stab. Italia | 2 European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra (VA), Italia | 3 Politecnico di Milano, Dip. di Energia | 4 ARPA Piemonte | 5 ARPA Valle d'Aosta

1 INTRODUZIONE

Il progetto si inserisce nel proseguimento di una serie di studi originati dall'analisi dei risultati del “IV Interconfronto Internazionale Radon in Campo per sistemi di misura attivi e passivi in differenti ambienti indoor (2024)”, per i quali si rimanda al codice QR a fianco. A seguito delle marcate differenze di risposta (sovrastima media di un fattore 4 per esposizione di 6 mesi con LLT) osservate nei dispositivi a elettrete dei vari partecipanti installati presso il sito “Roccolo” (Ispra, VA), è stata avviata una campagna sperimentale preliminare (2025–2026) volta a indagare le possibili cause di scariche anomale. Sono stati effettuati sei mesi di misure con elettreti in configurazione LLT (60 dispositivi), nelle stesse condizioni sperimentali del test A del IV interconfronto in campo. Il test condotto ha consentito di escludere molte delle cause ipotizzate, tuttavia, durante l’analisi sono state individuate anomalie sul disco di alcuni elettreti (Figura 1); si è pertanto proceduto a indagarne le possibili cause e a valutarne l’eventuale influenza sulla misura, ponendo così le basi per il presente lavoro.

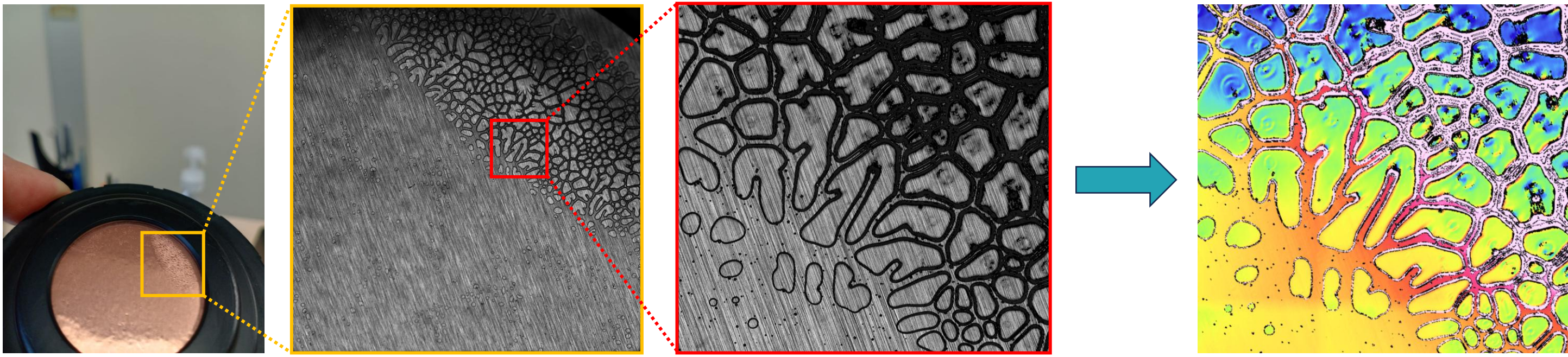


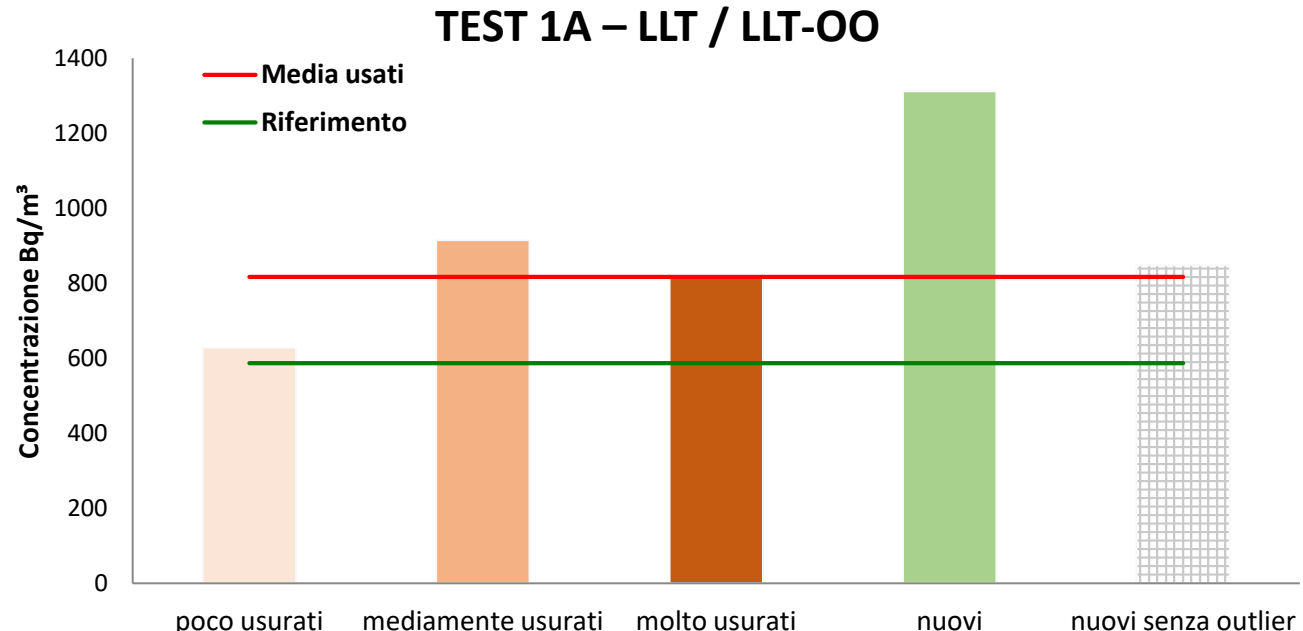
Figura 1 – Serie di immagini ottenute con il profilometro ottico. Le immagini in bianco e nero sono ottenute con un semplice ingrandimento. L’immagine a destra invece è il risultato di una scansione della superficie dello strato metallico attraverso il layer in Teflon trasparente. Le zone con colori freddi sono in depressione rispetto a quelle con colori caldi. Un controllo più approfondito ha evidenziato un probabile cedimento del legante tra lo strato in rame e quello in Teflon.

3 RISULTATI

Test 1 Valutazione della risposta da elettreti nuovi e usati in campo (JRC Ispra)

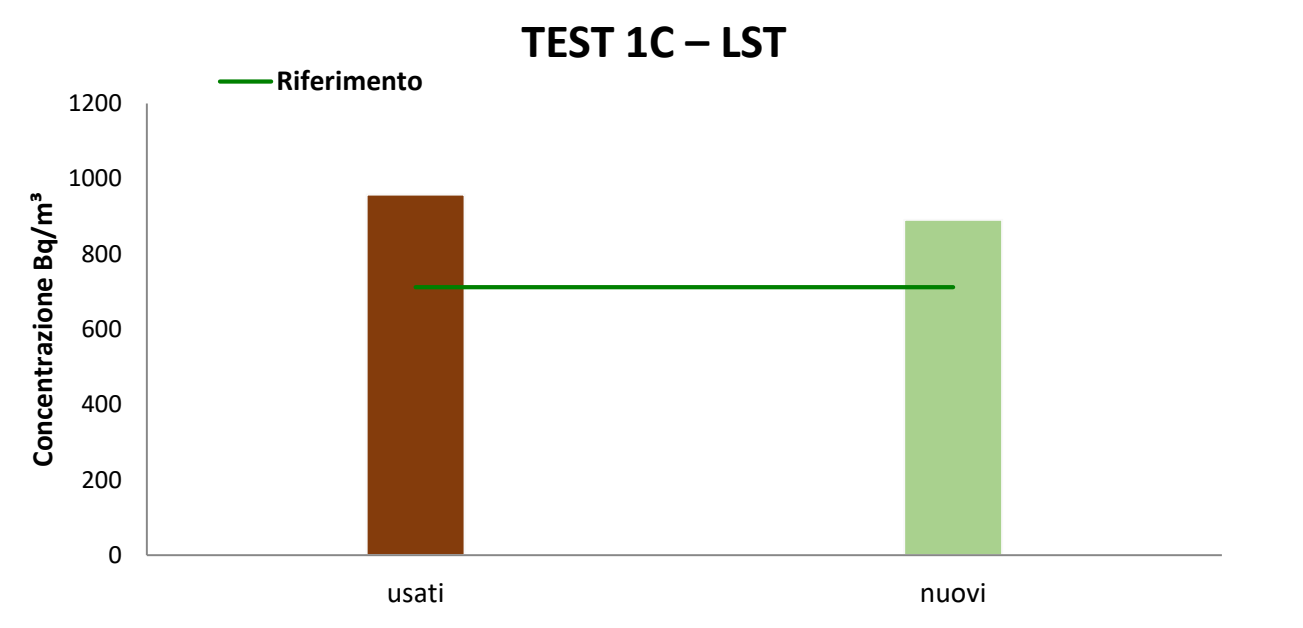
Per fedeltà alle normali condizioni operative e per maggiore chiarezza, i risultati sono presentati in termini di concentrazione.

TEST 1A – LLT / LLT-OO



Categoria	Media usati (Bq/m³)	Riferimento (Bq/m³)
poco usati	~600	~600
mediamente usati	~900	~600
molto usati	~800	~600
nuovi	~1300	~600
nuovi senza outlier	~850	~600

TEST 1C – LST



Categoria	Media usati (Bq/m³)	Riferimento (Bq/m³)
usati	~900	~712
nuovi	~850	~712

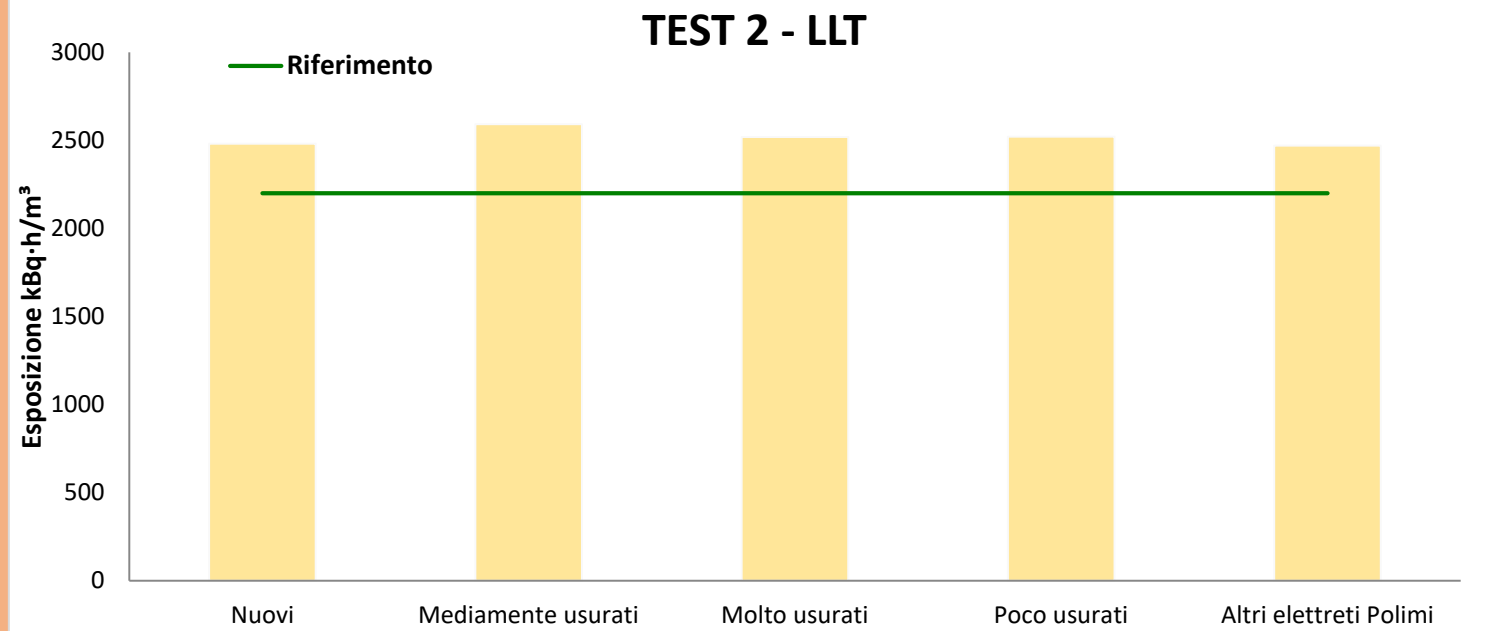
Il valore medio di riferimento è 587 Bq/m³. I dispositivi già usati hanno sovrastimato del 37% (media: 817 Bq/m³), mentre gli elettreti nuovi hanno sovrastimato del 123% (media: 1312 Bq/m³), scostamento attribuibile a 3 strumenti outlier con valori anomali. Escludendoli, la media dei dispositivi nuovi (848 Bq/m³) risulta confrontabile con quella dei dispositivi usati. Considerando invece tutti gli elettreti, la sovrastima media rispetto al riferimento è del 45%.

Il Test 1C non evidenzia differenze sostanziali tra elettreti nuovi e usati. La concentrazione media di riferimento nel periodo di interesse risulta 712 Bq/m³. Si nota una sovrastima del 25% per gli elettreti nuovi e del 35% per gli elettreti usati.

Test 2 Valutazione della risposta di elettreti nuovi e usati esposti in camera radon (Polimi)

Poiché gli elettreti sono stati irraggiati in camera radon e non in normali condizioni operative, i risultati sono espressi in termini di esposizione.

TEST 2 - LLT



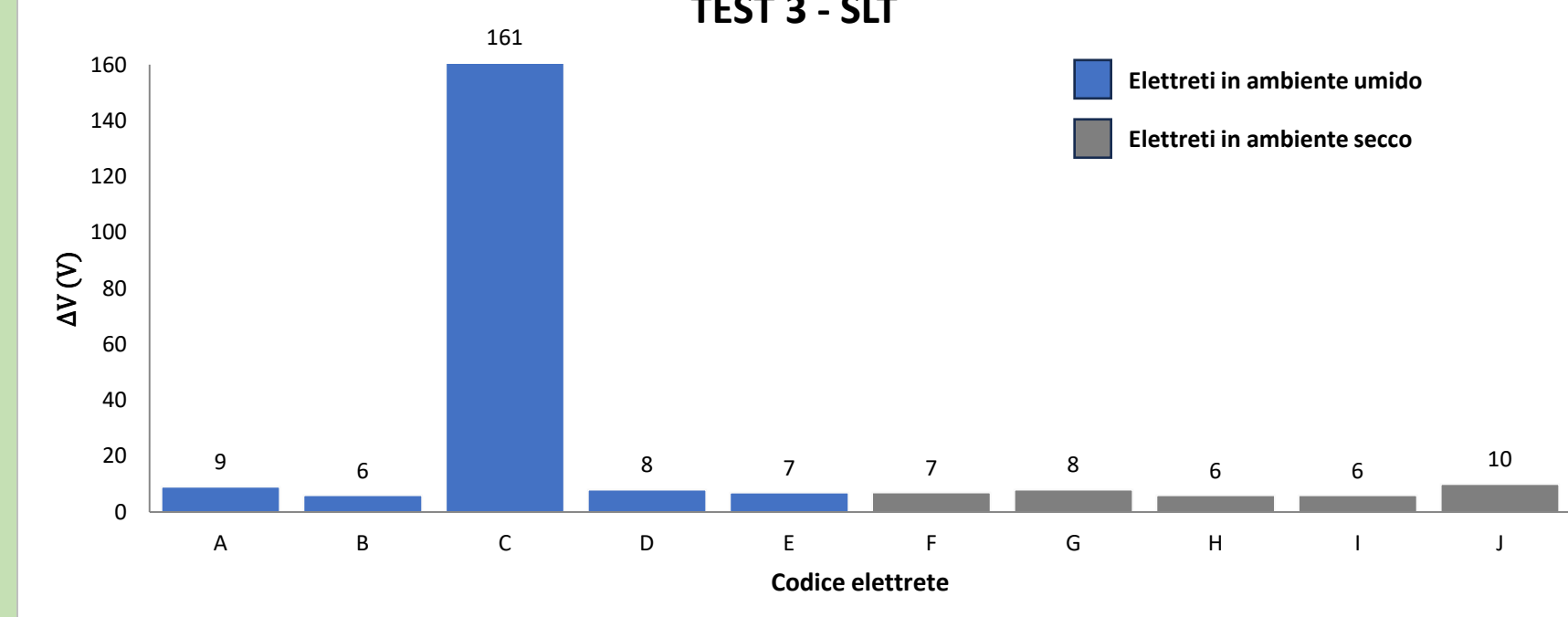
Categoria	Media usati (kBq·h/m³)	Riferimento (kBq·h/m³)
Nuovi	~2500	~2165
Mediamente usati	~2500	~2165
Molto usati	~2500	~2165
Poco usati	~2500	~2165
Altri elettreti Polimi	~2500	~2165

Il Test 2 non evidenzia differenze significative tra elettreti nuovi e usati. I valori misurati dagli elettreti si scostano, mediamente, del 14% rispetto all’esposizione di riferimento (2165 kBq·h/m³).

Test 3 Stress test: elettreti in ambiente umido (JRC Ispra)

Trattandosi di un esperimento per verificare l’eventuale scarica anomala indotta dalla presenza di umidità, i risultati sono presentati in termini di variazione di potenziale (V).

TEST 3 - SLT



Categoria	Elettreti in ambiente umido (ΔV)	Elettreti in ambiente secco (ΔV)
A	9	~10
B	6	~10
C	161	~10
D	8	~10
E	7	~10
F	7	~10
G	8	~10
H	6	~10
I	6	~10
J	10	~10



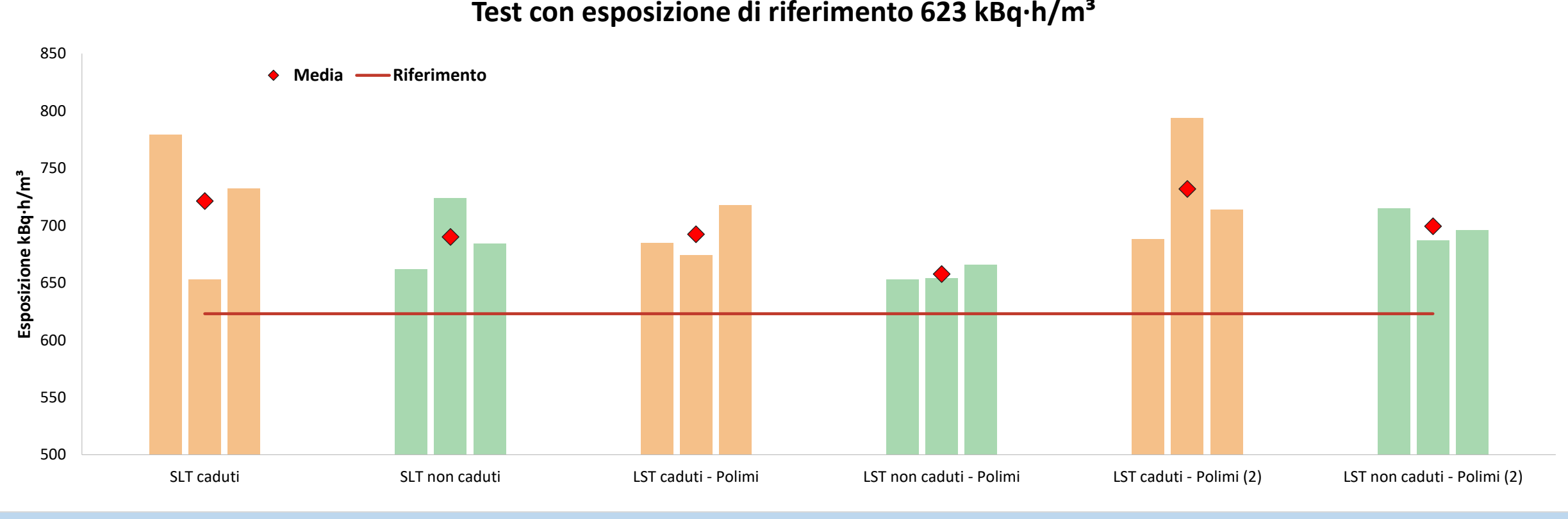
Figura 2 – Setup del Test 3

Nei risultati, l’elettrete C in ambiente umido ha registrato una scarica anomala di 161 V contro una media di 7 V, senza però deformazioni superficiali visibili. Gli elettreti SLT nuovi, esposti a condizioni di umidità estrema con gocciolamento, non presentavano acqua all'interno all'apertura, confermando l'efficacia del filtro della camera (Figura 2).

Test 4 Stress test: elettreti esposti in seguito a urto violento (Polimi)

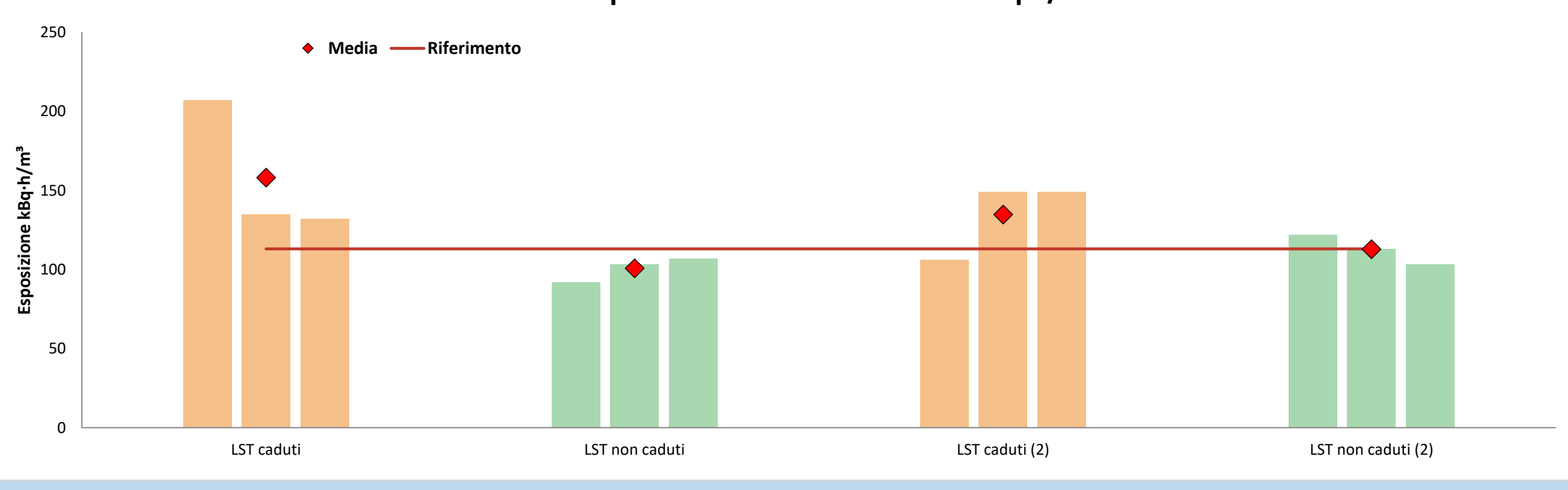
I risultati sono espressi in termini di esposizione, poiché i dispositivi sono stati irraggiati in camera radon.

Test con esposizione di riferimento 623 kBq·h/m³



Categoria	Media usati (kBq·h/m³)	Riferimento (kBq·h/m³)
SLT caduti	~750	~623
SLT non caduti	~680	~623
LST caduti - Polimi	~700	~623
LST non caduti - Polimi	~650	~623
LST caduti - Polimi (2)	~750	~623
LST non caduti - Polimi (2)	~700	~623

Test con esposizione di riferimento 113 kBq·h/m³



Categoria	Media usati (kBq·h/m³)	Riferimento (kBq·h/m³)
LST caduti	~210	~113
LST non caduti	~100	~113
LST caduti (2)	~140	~113
LST non caduti (2)	~100	~113

Nel Test 4, diversi set di elettreti in configurazione LST e SLT sono stati fatti cadere, irraggiati e successivamente letti. In tutti i casi, i dispositivi sottoposti a caduta mostrano una scarica maggiore rispetto a quelli non stressati, con valori di esposizione mediamente superiori del 20% rispetto ai dispositivi non caduti.

4 CONCLUSIONI

L’indagine sperimentale condotta ha consentito di determinare il comportamento dei dispositivi ad elettrete in diverse condizioni operative e di sollecitazione, fornendo indicazioni rilevanti su fattori che potrebbero influenzare le misure in campo. L’analisi delle deformazioni riscontrate sulla superficie degli elettreti non ha fornito evidenza di correlazione diretta con fenomeni di scarica anomala, registrati in determinati campioni. Inoltre, i test non hanno portato alla luce differenze sostanziali nelle prestazioni tra strumenti nuovi e usati, sebbene questi ultimi mostrino più deformazioni superficiali (Figura 3). I dati evidenziano una generale propensione degli elettreti alla sovrastima della misura in tutte le configurazioni testate. Tale tendenza risulta particolarmente accentuata per i dispositivi di tipo LT, specialmente quando impiegati per misure di lunga durata (maggiori di 60 giorni); al contrario, gli stessi dispositivi mostrano prestazioni migliori quando esposti per periodi brevi, come nel caso delle prove condotte in camera radon. È stato inoltre osservato un comportamento più stabile per tutte le configurazioni in condizioni ambientali controllate rispetto ai rilievi condotti sul campo. In ambiente ad elevata umidità, il comportamento generale degli elettreti LT è risultato paragonabile a quello osservato in ambiente secco. Tuttavia, la marcata scarica anomala rilevata su un singolo dispositivo (Test 3, elettrete C) suggerisce che livelli di umidità estremi possano costituire un fattore di rischio determinante per il corretto svolgimento e determinazione della misura. L’assenza di umidità elevata e gocciolamento all’interno della camera (di tipo S) indica che il filtro è sufficiente a mantenere asciutto il disco in Teflon.

Figura 3 – Due immagini al microscopio della superficie di un dispositivo di tipo LT nuovo (sinistra) e usato (destra). Le righe parallele sono probabilmente il risultato della lavorazione del metallo. Si nota come un elettrete, durante il periodo di esposizione, sviluppi deformazioni “a bolle”. Ragionevolmente, le anomalie sono riconducibili a un parziale collasso del materiale legante tra lo strato in Teflon e quello metallico.

 jrc-laboratorio-dosimetria@ec.europa.eu