

DOCUMENT TYPE: TECHNICAL REPORT

TITLE: CARATTERIZZAZIONE DELLE BARRE DEL PROTOTIPO DEL MINI-CALORIMETRO DI AGILE

DOCUMENT Ref. No.: AGILE-ITE-TN 003 **N° OF PAGES:** 23
T.e.S.R.E. Report 319

ISSUE No.: 01 **DATE:** May 2001

PREPARED BY: N. Auricchio, C. Labanti, A. Mauri, E. Rossi, A. Traci

CHECKED BY:

SUBSYSTEM MANAGER: C. Labanti

APPROVED BY:

SUBSYSTEM LEADER: G. Di Cocco **DATE:**

PRINCIPAL INVESTIGATOR: M. Tavani **DATE:**

PROGRAM MANAGER: **DATE:**

PAPM: **DATE:**

SOMMARIO

INTRODUZIONE	2
1. OBIETTIVI	2
2. REQUISITI DI MCAL	2
3. METODO DI MISURA	3
3.1. USCITA LUCE	3
3.2. ATTENUAZIONE	3
4. DESCRIZIONE DEI CAMPIONI	4
5. TEST SPERIMENTALI	6
5.1. LOTTO SCIONIX LUGLIO 1999	6
5.2. LOTTO SCIONIX OTTOBRE 2000	8
5.2.1. Barra 2	8
5.2.2. Barra 3	8
5.2.3. Barra 4	10
5.2.4. Barra 1	10
5.3. Lotto Crismatec Ottobre 2000	10
5.3.1. Barra 5	12
5.3.2 Barra 8	12
6. RISULTATI SPERIMENTALI PRIMA DEL RECOVERING	13
7. RISULTATI SPERIMENTALI DOPO IL RECOVERING	15
8. WRAPPING	20
9. CONCLUSIONI	23

INTRODUZIONE

Presso il laboratorio del Tesre nel periodo Febbraio-Marzo 2001 è stata eseguita una serie di test su due lotti, provenienti da due diversi fornitori, di campioni di rivelatori di CsI attivato al TI di dimensioni 1.5x2.6x40 cm, rappresentativi delle barre del MiniCalorimetro di AGILE.

Scopo del presente rapporto è di illustrare i risultati di tali test.

1. OBIETTIVI

I test sono stati eseguiti con lo scopo di

- determinare le performances delle barre per verificare che rientrino nei requisiti attesi;
- verificare la metodologia di misura dei requisiti
- confrontare campioni di diversa provenienza
- confrontare diversi tipi di wrapping

2. REQUISITI DI MCAL

Nella tabella 1 sono riassunte le performances scientifiche del MiniCalorimetro, mentre nelle tabelle 2 e 3 sono riportati i requisiti fisici e quelli relativi alle prestazioni.

SCIENTIFIC PERFORMANCES		
	GRID MODE	BURST MODE
Operating energy loss range	1÷500 MeV	250 keV÷250 MeV
Energy resolution	22±24% FWHM @ 1 MeV 0.7 % @ 100 MeV	
Spatial resolution	15 mm @ 1 MeV 2 mm @ 100 MeV	
Timing resolution	NA	2µsec (3σ)
Processing time/event	~100 µsec	~10 µsec/event/bar side

Tabella 1.

PHYSICAL REQUIREMENTS	
MCAL total volume	440X440X87 mm ³
Bar size	15X23X400 mm ³
Mass	26.9 Kg (CsI 19.9 Kg)
Power	Nominal 4.72 W Maximum 5.10 W
Operative Temperature Range	-20°C + 40°C

Tabella 2.

PERFORMANCE REQUIREMENTS	
Light Output at 1 cm from PD	15 e ⁻ /keV
Light Attenuation Coefficient	0.035 + 0.045 (cm ⁻¹)
Noise Level	600 e ⁻ _{rms} (PD 1 cm ²) 900 e ⁻ _{rms} (PD 2 cm ²)
Linearity	better than 1%

Tabella 3.

3. METODO DI MISURA

3.1. USCITA LUCE

Per poter calcolare l'uscita luce in e⁻/keV quando si illumina un rivelatore con una sorgente è necessario calibrare il MCA d'acquisizione in e⁻/canale. Una sorgente di ²⁴¹Am, che emette fotoni di ~18 keV e 59.5 keV, non collimata viene posta in corrispondenza di ogni fotodiodo di Silicio, in modo tale da utilizzare il PD come rivelatore diretto della radiazione. L'energia necessaria per generare nel Si una coppia di portatori di carica è 3.62 eV a 300 K, quindi il numero di elettroni prodotti da un fotone di 59.4 keV emesso dalla sorgente di ²⁴¹Am nel Si è di 16436; dividendo per il canale del centroide del fotopicco accumulato sull'MCA, corretto per l'offset del sistema, si calibra l'MCA in elettroni/canale. Il calcolo dell'uscita luce in e⁻/keV deriva dalla formula:

$$(\text{Centroide-offset}) * e^- / \text{ch} / 1275$$

L'offset del sistema si valuta iniettando all'ingresso del Charge Sensitive Preamplifier 3 valori noti di cariche con un Precision Pulse Generator. Riportando in grafico i valori dei centroidi dei 3 picchi fittati con una funzione gaussiana in funzione del segnale d'ingresso ed eseguendo il fit lineare con la funzione $y = a + b x$ otteniamo l'offset (a) del sistema.

3.2. ATTENUAZIONE

Le barre sono state irradiate con una sorgente collimata di ²²Na posta sopra ognuna di esse a diverse distanze dai PD di ognuno dei due lati. Lo spot della sorgente che illumina il rivelatore è di 3 mm. Il coefficiente d'attenuazione lungo la barra è stato calcolato eseguendo il fit dei valori di uscita luce in funzione della distanza dai PD con una funzione esponenziale con un solo coefficiente d'attenuazione, utilizzando il picco a 1275 keV:

$$UL = UL_0 \exp(-\alpha x) \tag{1}$$

dove UL= uscita luce in e⁻/keV

UL₀= uscita luce per x = 0 cm

x= distanza dal PD in cm

4. DESCRIZIONE DEI CAMPIONI

I rivelatori testati sono barre di cristalli scintillatori di CsI(Tl) di dimensioni 26x15x400 mm. Ogni lato delle barre di 26x15 mm è otticamente accoppiato con due fotodiodi Hamamatsu (S3590-08) di ~ 1 cm² di area attiva. Ogni barra è ricoperta con una carta diffondente bianca tenuta in posizione o da nastro di Teflon o da uno strato di nastro adesivo in Mylar alluminato.

Ogni barra è identificata con un numero progressivo ed i suoi 2 lati con le lettere a e b. Il canale elettronico è identificato dal numero di barra unito alla lettera 'a' o 'b' a seconda del lato del fotodiode relativo.

Questi rivelatori sono rappresentativi di quelli che verranno impiegati per il MCAL, le cui specifiche sono:

DIMENSIONI DEL CRISTALLO	
lunghezza	400 +/-0.1 mm
larghezza	23 +/- 0.2 mm
spessore	15 +/- 0.2 mm

Tabella 4.

CARATTERISTICHE PD (CUSTOM)	
Dimensioni della ceramica di supporto	22.8+0/-0.5 mm x 14.8+0/-0.5 mm
Area attiva	≥ 256 mm ²

Tabella 5.

I campioni testati al TESRE sono i seguenti:

- rivelatori 6 e 7: forniti nel Luglio 1999 dalla ditta Scionix.
- rivelatori 1, 2, 3, 4: forniti nell'ottobre 2000 dalla ditta Scionix con le stesse modalità dei precedenti.

I rivelatori prodotti dalla Scionix sono stati realizzati con l'obiettivo di ottenere la massima resa di luce ed un coefficiente d'attenuazione del segnale del segnale dipendente dalla posizione di interazione della radiazione lungo la barra secondo la relazione (1). I PD sono stati accoppiati alle barre con cemento ottico Scionix;

- rivelatori 5 e 8: forniti nel Novembre 2000 dalla ditta Crismatec.

I rivelatori prodotti dalla Crismatec sono stati realizzati con l'obiettivo dichiarato di ottenere la massima resa in luce ed un andamento del segnale il più possibile indipendente dalla posizione di interazione della radiazione lungo la barra. I PD, sempre Hamamatsu S3590-08, sono stati otticamente accoppiati alle barre con grasso ottico.

I PDs sono polarizzati a -27 V con batterie.

I pre-amplificatori di carica con buffer finale sono alimentati a ± 6 Volt con alimentatore Grunding modello PN 300 e l'assorbimento tipico di ogni canale è:

+ 6 Volt \Rightarrow 9.56 mA

- 6 Volt \Rightarrow 9.06 mA

Durante i test le barre sono state posizionate su due piani (4 per piano). in una struttura metallica (vedi figura 1) dove a fianco delle barre sono stati alloggiati i pre-amplificatori di carica; la connessione tra PDs e pre-amp nel caso più sfavorevole è di circa 30 cm.

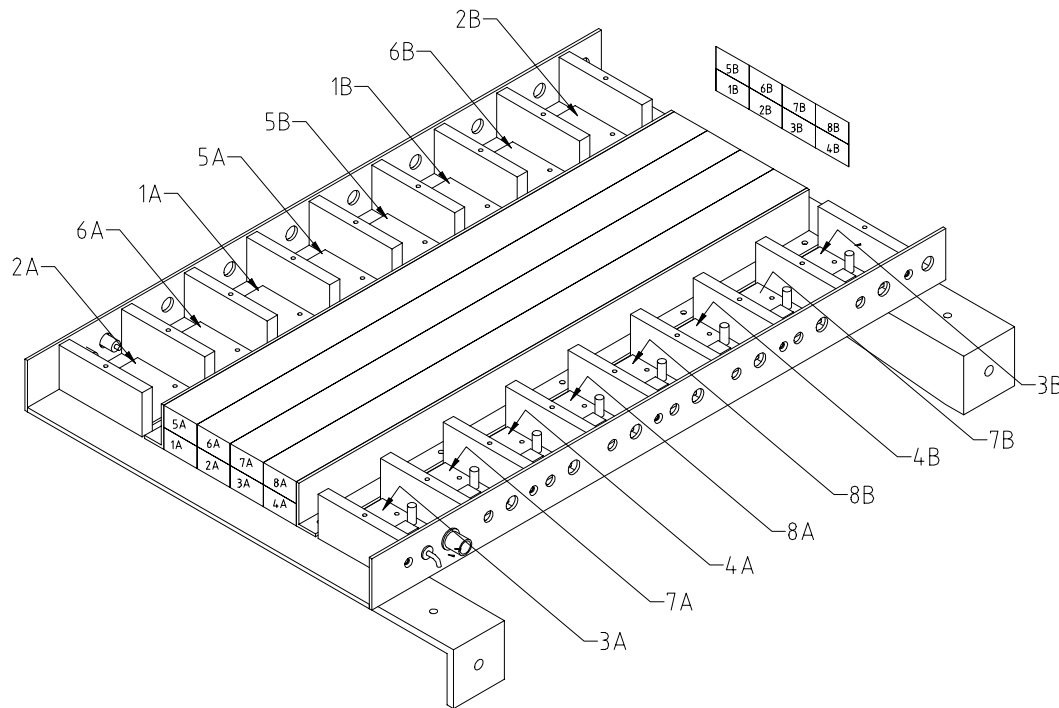


Figura 1. Schema della disposizione delle barre all'interno della struttura metallica di contenimento.

Nei test eseguiti in laboratorio le barre sono state irraggiate con l'unica sorgente a disposizione di ^{22}Na che emette fotoni di 511 e 1275 keV. Utilizzando l'emissione a 1275 keV è possibile raccogliere il segnale solo fino a metà barra, poiché per posizioni maggiori di 20 cm dal PD il segnale viene attenuato drasticamente. È stato testato un canale elettronico alla volta per barra.

Il segnale in uscita da ogni preamplificatore è stato amplificato con uno Shaping Amplifier Silena (shaping time=3 μsec) ed analizzato da un multicanale avente 10 Volt fondo scala.

5. TEST SPERIMENTALI

Di seguito viene riportata, per ogni lotto di campioni, la sequenza dei test effettuati nei laboratori del TESRE.

5.1. LOTTO SCIONIX LUGLIO 1999

Fanno parte di questo lotto le barre 6 e 7, fotografate nella figura 2. Tali barre sono state provate nel luglio 99 al TESRE con ^{22}Na per ottimizzare il sistema d'acquisizione dei dati, nell'Agosto 99 al CERN con un fascio collimato di particelle (e^- , μ^- , π^-) con momento fino a 2 GeV/c e nel Settembre 99 al TESRE con ^{22}Na per il calcolo del coefficiente d'attenuazione della luce lungo le barre (vedi rapporto interno n. 278). Nell'Aprile 2000 in laboratorio, prima della campagna di test al CERN di Maggio 2000 (vedi rapporto interno n. 305) è stata effettuata una scansione in posizione delle barre con sorgenti di ^{22}Na (511-1275 KeV) e ^{88}Y (898- 1836 keV) per valutarne le performances in termini di uscita luce e coefficiente d'attenuazione.

Nel Settembre 2000 la prova è stata ripetuta con la barra 7 per verificare la stabilità delle performances nel tempo. La barra 6, poiché presentava un coefficiente d'attenuazione molto diverso nei due lati di raccolta della luce, è stata ricondizionata al TeSRE nell'ottobre 2000: i fotodiodi del lato "a" sono stati ricolliati con la colla fornita dalla Scionix; il materiale diffondente è stato rimosso e sostituito con carta Millipore tipo HAWP00010, tenuta a contatto della superficie del cristallo con del teflon. Dopo il ricondizionamento le performances della barra 6 sono notevolmente migliorate (vedi par. 6.). Queste barre sono state, quindi, testate di nuovo nel periodo Febbraio-Marzo 2001 insieme ai rivelatori dei due lotti descritti in seguito. Con la barra 6 è stato successivamente effettuato un confronto di uscita luce tra una carta diffusiva fornita dal prof. Barbiellini dell'INFN di Trieste, tenuta in posizione da teflon (vedi par 8.) e la carta Millipore. Nella figura 3 viene riportata la fotografia dei PD utilizzati.

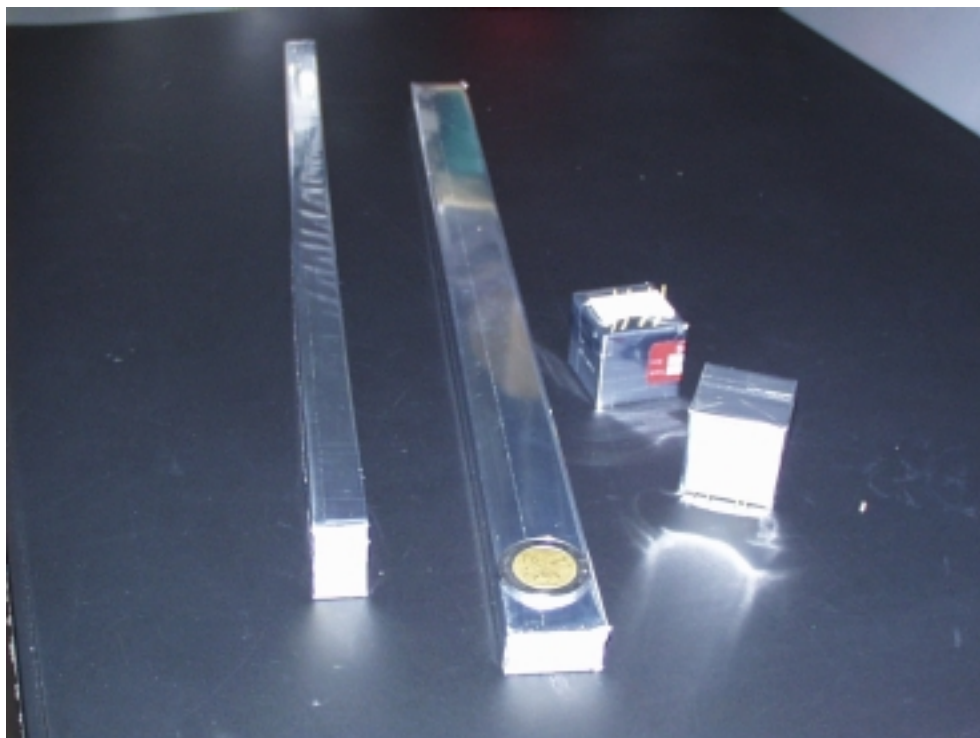


Figura 2. Barre 6 e 7 prima della lavorazione nei laboratori del TESRE.



Figura 3. Fotodiodi modello Hamamatsu S3590-08 accoppiati alle barre del prototipo del MCAL di AGILE.

5.2. LOTTO SCIONIX OTTOBRE 2000

Le quattro barre (1, 2, 3, 4) appartenenti a questo lotto sono state testate in termini di uscita luce a 1 cm da PD e di coefficiente d'attenuazione, per ogni lato del rivelatore. I risultati sperimentali hanno mostrato che l'uscita luce a 1 cm era nettamente inferiore ai 15 e⁻/keV attesi. È stato deciso di ricondizionare le 4 barre: i fotodiodi sono stati ricolati e la wrappatura rifatta con millipore e teflon. Con la barra 1 è stato effettuato un confronto delle performances tra "Millipore +teflon" e solo teflon (vedi par 8.). Di seguito viene descritto lo stato in cui sono state trovate le barre nuove prima del ricondizionamento sopra descritto.

5.2.1. Barra 2

Uno dei PD del lato **a** non era incollato e tenuto in posizione dal collegamento con l'altro PD, (l'uscita luce era di 8 e⁻/keV). Le superfici d'accoppiamento con i PD presentavano delle disuniformità del cristallo di varia grandezza, quindi per ottenere due superfici sufficientemente lucide si è dovuto lavorare alla fresa la barra accorciandola di 1.5 mm dal lato **a** e 1.7 mm dal lato **b**.

5.2.2. Barra 3

La barra 3 è stata accorciata di 1.5 mm per lato. Ambedue le superfici di contatto con i PD sono state lucidate con Ossido di Magnesio ma il lato **a** è rimasto meno lucido del lato **b**. Nella figura 4 sono riportate le foto relative al trattamento di tale barra:

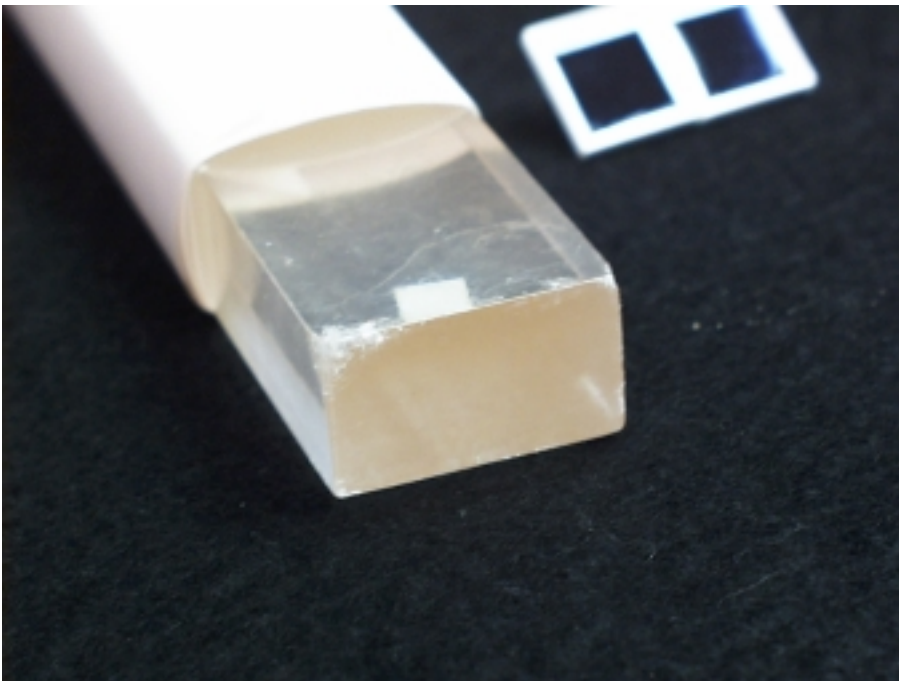


Figura 4a. Barra 3 prima della lavorazione.



Figura 4b. Barra 3 durante la lavorazione alla fresa: sono visibili le disuniformità del cristallo.



Figura 4c. Barra 3 dopo la lavorazione alla fresa.

5.2.3. Barra 4

È stata accorciata di 3 mm. La barra 4 presenta comunque dal lato a uno spigolo sbrecciato (all'inizio dei 400 mm).

5.2.4. Barra 1

È stata accorciata di 3.7 mm in totale. Le superfici a contatto con i PD non sono state pulite con propanolo e non sono state lucidate con l'Ossido di Magnesio. Dal lato 1B si è notata una vistosa sfaldatura del cristallo su uno spigolo. La barra 1 è stata wrappata con 4 giri di teflon. Nel mese di Maggio 2001 la wrappatura in teflon è stata tolta, la barra lucidata in tutta la sua lunghezza con pasta per plexiglass. La barra è stata, quindi ricoperta con millipore + teflon (vedi par 8.). Tale operazione non ha interessato i fotodiodi.

5.3. LOTTO CRISMATEC NOVEMBRE 2000

Le due barre 5 e 8, vedi figura 5, sono state testate in termini di uscita luce a 1 cm da PD e coefficiente d'attenuazione, per ogni lato.



Figura 5. Barra 8 prima della lavorazione.

Dai risultati sperimentali si è riscontrato un basso valore dell'uscita luce a 1 cm e, quindi, come per il lotto della Scionix Ottobre 2000, i fotodiodi sono stati rincollati e le barre sono state wrappate con millipore e teflon.

Si è notato che il cristallo delle barre della Crismatec è più lucido di quello delle barre della Scionix lotto Ottobre 2000, come si può vedere dalle fotografie 6 e 7.



Figura 6. Barre Crismatec prima della lavorazione: si noti la superficie più lucida.



Figura 7. Barra 5 lato a e barra 8 prima della lavorazione.

Di seguito viene descritto l'intervento effettuato sulle singole barre.

5.3.1. Barra 5

Sono stati rimossi solo i PD del lato **a**, in quanto l'uscita luce era particolarmente bassa. La superficie del cristallo a contatto del PD è stata lucidata con Ossido di Magnesio e i PD rincollati.

5.3.2. Barra 8

Sono stati rimossi i PD dei due lati della barra, che è stata accorciata di 0.8 mm alla fresa. Le due superfici a contatto con i PD sono state lucidate con Ossido di Magnesio e i PD rincollati.

Nella seguente tabella sono riportate le lunghezze finali delle barre

<i>Bar code number</i>	Length (mm)
<i>Bar 1</i>	396.3
<i>Bar 2</i>	396.8
<i>Bar 3</i>	397
<i>Bar 4</i>	397
<i>Bar 5</i>	400
<i>Bar 6</i>	400
<i>Bar 7</i>	400
<i>Bar 8</i>	399.2

Tabella 6. Lunghezza finale delle barre.

6. RISULTATI SPERIMENTALI PRIMA DEL RECOVERING

I risultati delle misure effettuate al Tesre in termini di uscita luce a 1 cm da ogni PD e coefficiente d'attenuazione della luce prima del recovering delle barre sono sintetizzati nella tabella e nel grafico seguente:

Le posizioni della sorgente di ^{22}Na in cui sono state effettuate le misure sono a 1, 5, 6, 8, 12, 16 e quando possibile a 20 cm dal PD.

	Light Output (e ⁻ /keV)	Attenuation Coefficient (cm ⁻¹)
<i>Bar 1a (Scionix, new)</i>	10.97±0.05	0.021±0.002 (3σ)
<i>Bar 1b</i>	11.17±0.06	0.023±0.001
<i>Bar 2a (Scionix, new)</i>	8.06±0.13	0.019±0.002
<i>Bar 2b</i>	10.89±0.11	0.019±0.002
<i>Bar 3a (Scionix, new)</i>	10.6±0.07	0.021±0.004
<i>Bar 3b</i>	10.41±0.04	0.021±0.001
<i>Bar 4a (Scionix, new)</i>	12.9±0.06	0.037±0.001
<i>Bar 4b</i>	13.59±0.05	0.040±0.002
<i>Bar 5a (Crismatec)</i>	8.35±0.09	0.018±0.003
<i>Bar 5b</i>	13.75±0.07	0.032±0.004
<i>Bar 6a (Scionix, glued and wrapped at TESRE)</i>	17.36±0.07	0.042±0.003
<i>Bar 6b (Scionix, glued and wrapped at TESRE)</i>	19.48±0.06	0.049±0.006
<i>Bar 7a (Scionix, old)</i>	15.18±0.06	0.032±0.007
<i>Bar 7b</i>	15.22±0.04	0.042±0.006
<i>Bar 8a (Crismatec)</i>	13.87±0.1	0.031±0.004
<i>Bar 8b</i>	9.72±0.05	0.029±0.002

Tabella 7. Uscita luce e coefficiente d'attenuazione delle barre prima del recovering.

Gli errori riportati nei grafici seguenti sono a 3 sigma.

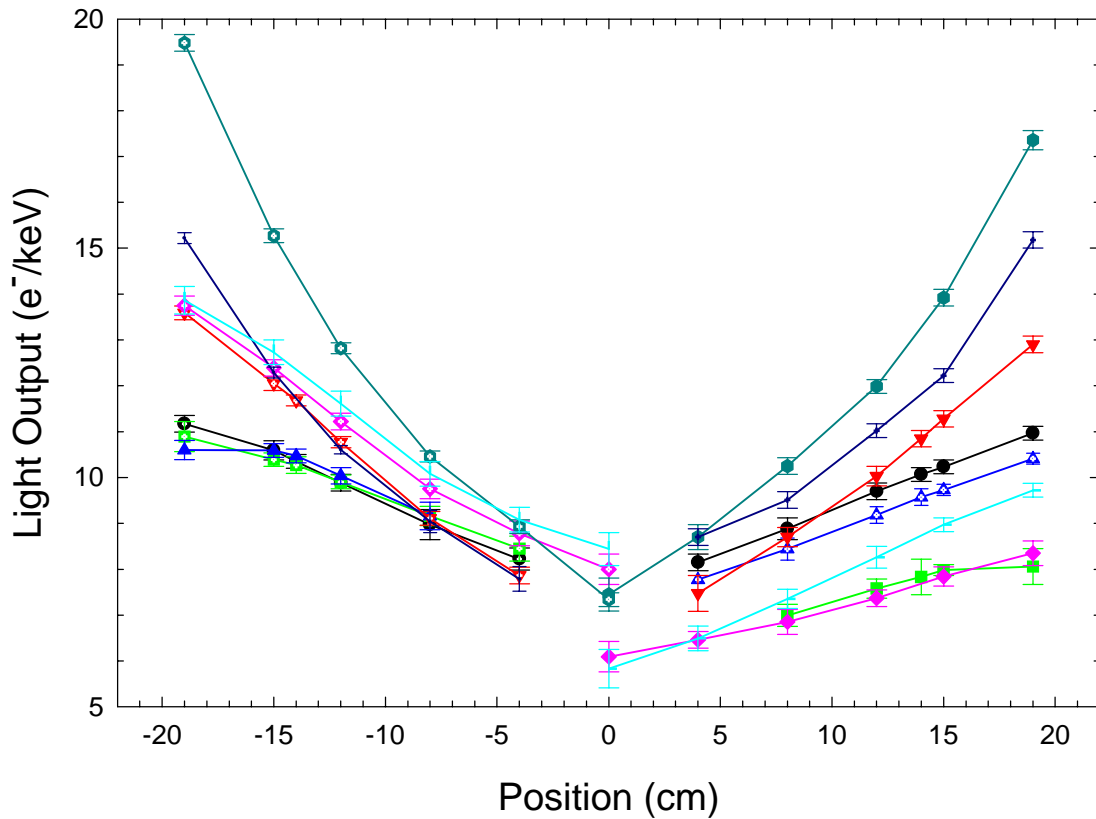


Figura 8. Andamento della luce lungo le barre prima del recovering.

7. RISULTATI SPERIMENTALI DOPO IL RECOVERING

I risultati dei test eseguiti dopo la lavorazione delle barre sono riassunti nella tabella e nel grafico seguente:

	Light Output @ 1 cm by PD (e ⁻ /keV)	Attenuation Coefficient (cm ⁻¹)
<i>Bar 1a</i>	12.49±0.05	0.041
<i>Bar 1b</i>	12.63±0.06	0.046
<i>Bar 2a</i>	12.45±0.04	0.023
<i>Bar 2b</i>	12.79±0.04	0.017
<i>Bar 3a</i>	12.30±0.05	0.026
<i>Bar 3b</i>	13.45±0.04	0.024
<i>Bar 4a</i>	16.31±0.05	0.034
<i>Bar 4b</i>	16.09±0.04	0.039
<i>Bar 5a</i>	13.79±0.04	0.040
<i>Bar 5b</i>	14.90±0.06	0.026
<i>Bar 6a</i>	17.36±0.07	0.042
<i>Bar 6b</i>	19.48±0.06	0.049
<i>Bar 7a</i>	15.18±0.06	0.032
<i>Bar 7b</i>	15.22±0.04	0.042
<i>Bar 8a</i>	15.87±0.05	0.036
<i>Bar 8b</i>	15.98±0.04	0.032

Tabella 8. Uscita luce e coefficiente d'attenuazione delle barre dopo il recovering.

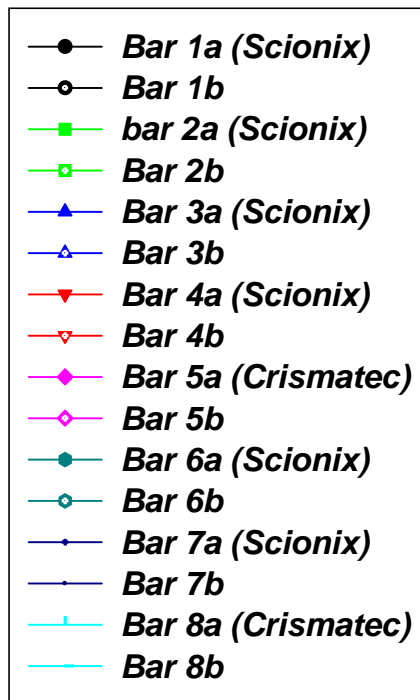
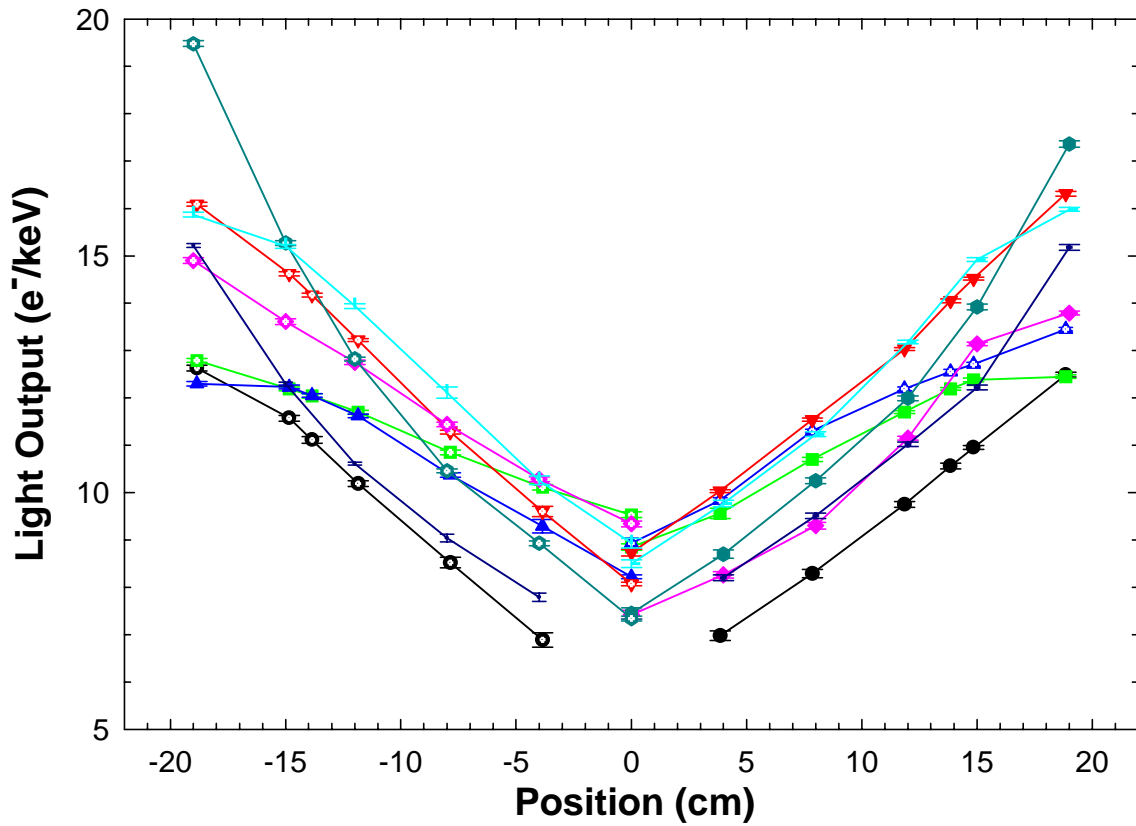


Figura 9. Andamento della luce lungo le barre dopo il recovering.

Nelle figure seguenti vengono riportati i grafici di ogni barra del lotto Scionix Ottobre 2000 e Crismatec Ottobre 2000 prima e dopo il recovering.

Bar 1

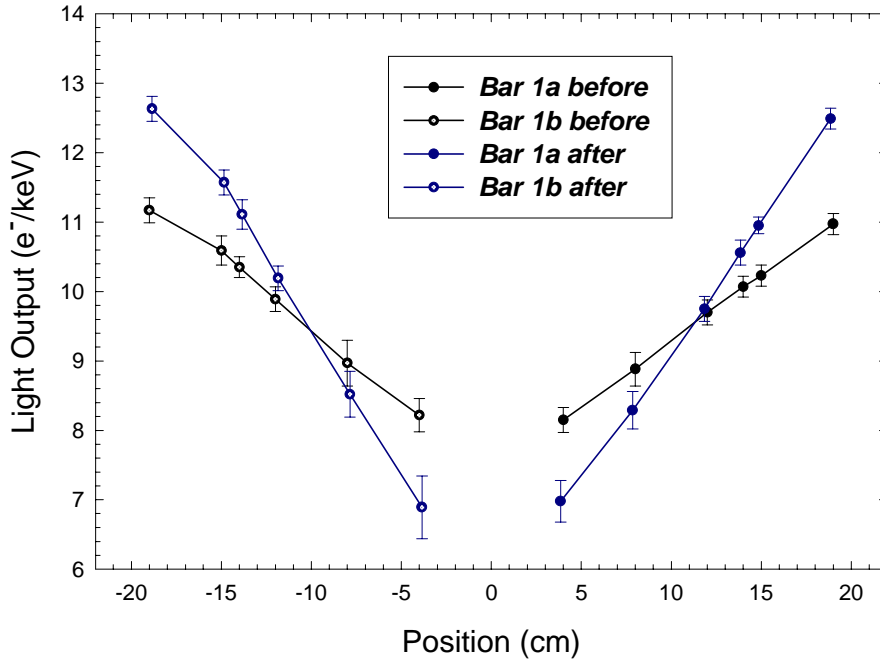


Figura 10.

Bar 2

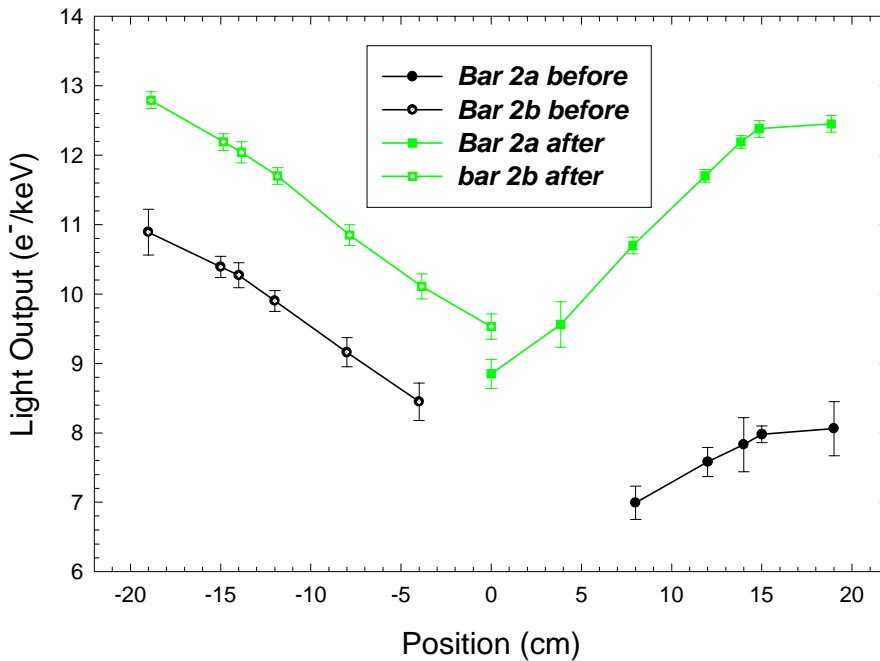


Figura 11.

Bar 3

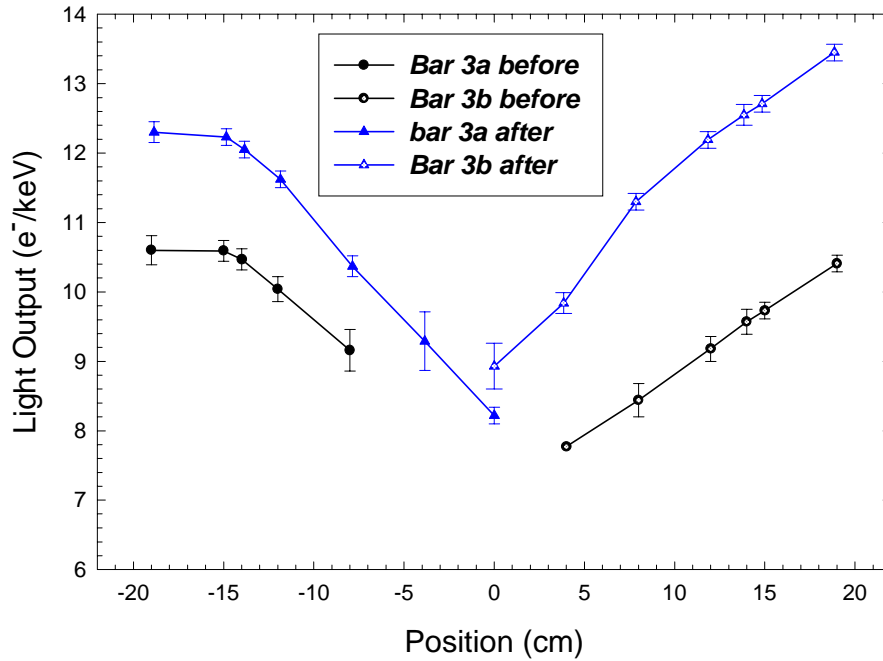


Figura 12.

Bar 4

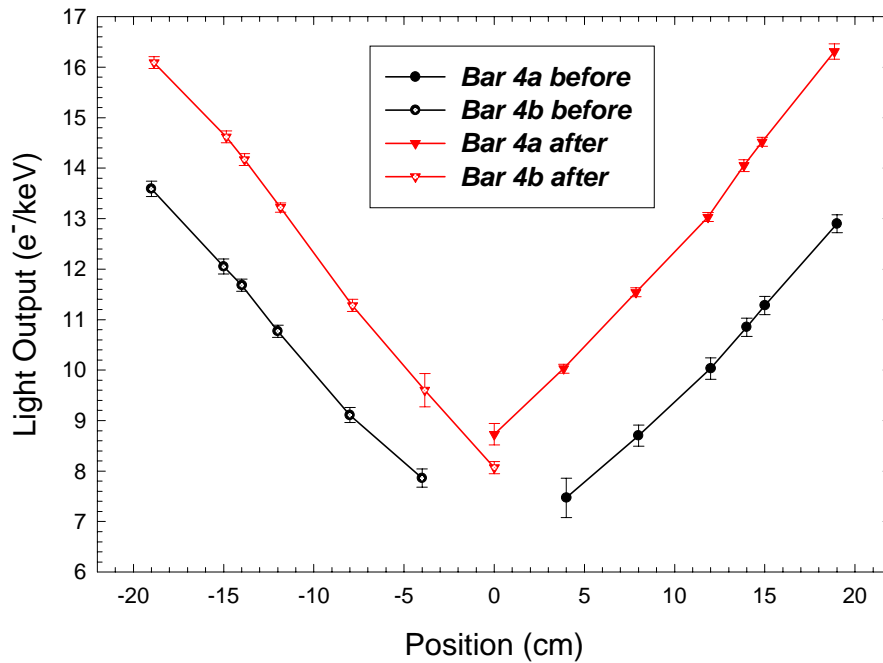


Figura 13.

Bar 5

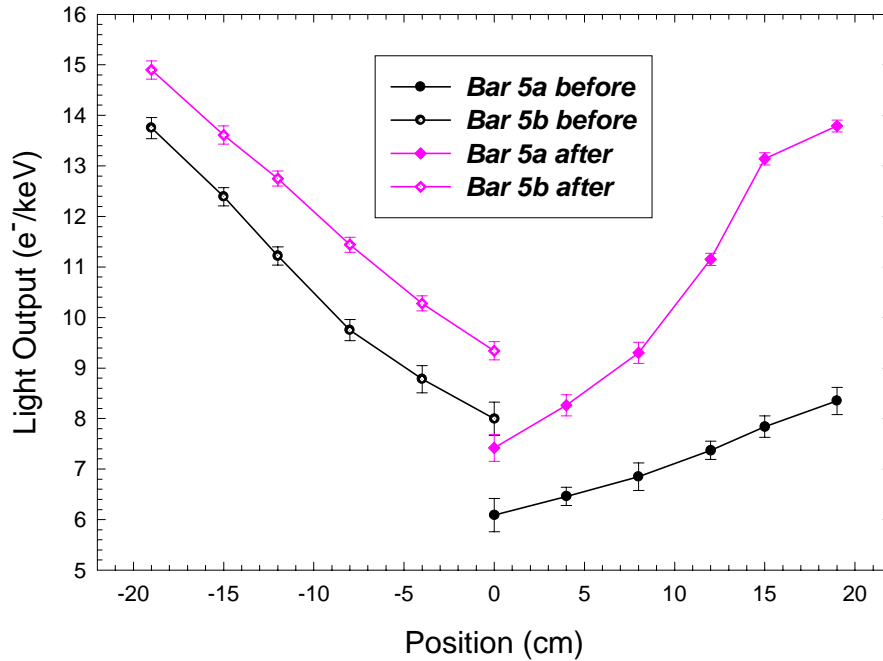


Figura 14.

Bar 8

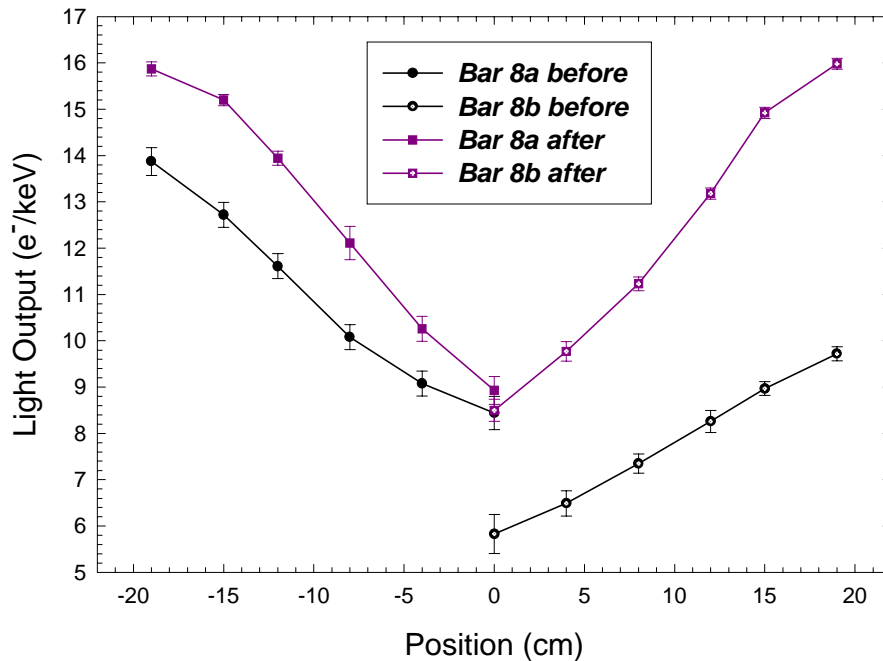


Figura 15.

8. WRAPPING

La luce di scintillazione, generata all'interno del cristallo in seguito all'interazione con la radiazione gamma, è emessa in maniera isotropa e solo una minima frazione di questa raggiunge direttamente le superfici del cristallo accoppiate con i PD, la maggior parte della luce di scintillazione subisce più riflessioni sulle facce laterali prima di raggiungere i PD. Per minimizzare la dispersione della luce, le facce laterali delle barre (opportunamente lucidate) sono avvolte da una carta diffusiva bianca che deriva la luce di scintillazione ai PD.

È stato eseguito un test preliminare di uscita luce avvolgendo un pixel del rivelatore PICsIT schematizzato in figura 16. Tra i vari materiali di diffusione/riflessione della luce è stata testata una carta riflettente fornita al TESRE dal prof. Barbiellini dell'INFN di Trieste.

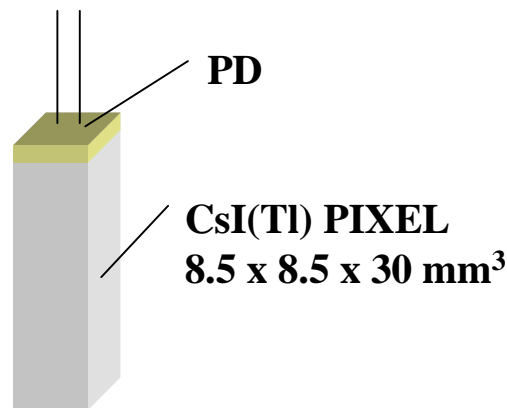


Figura 16. Schema del pixel utilizzato per testare la carta di Barbiellini.

I valori di uscita luce ottenuti sono:

- 31.4 ± 0.1 e⁻/keV avvolgendo con teflon,
- 33.9 ± 0.1 e⁻/keV avvolgendo con carta Barbiellini, tenuta in posizione con teflon.

Nella figura seguente è riportato il confronto tra lo spettro del ¹³⁷Cs ottenuto irraggiando il pixel avvolgato con solo teflon e con la carta Barbiellini + teflon:

^{137}Cs Spectrum

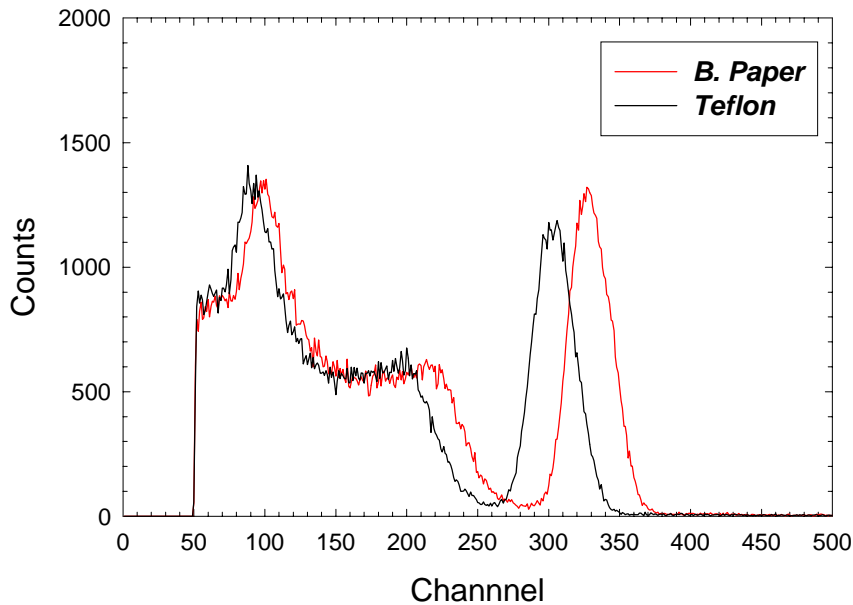


Figura 17. Spettri di ^{137}Cs del pixel ricoperto con due tipi di wrapping.

Poiché l'uscita luce relativa al pixel wrappato con la carta Barbiellini è risultata maggiore di quella ottenuta wrappando con il teflon, è stato deciso di wrappare la barra 6 con la carta Barbiellini. Il grafico seguente riporta l'andamento dell'uscita luce in funzione della posizione d'interazione del fascio di fotoni lungo la barra nei due casi di wrapping: Millipore + **teflon** e carta **Barbiellini**.

Bar 6

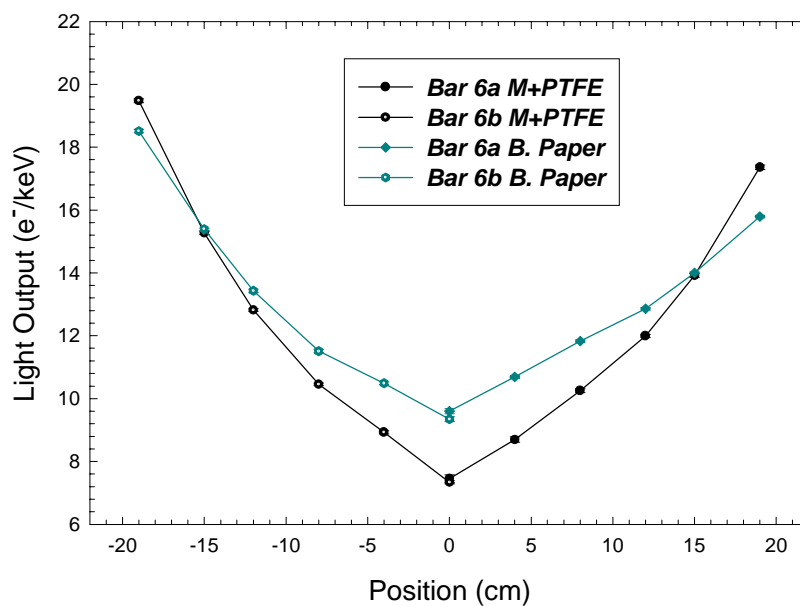


Figura 18. Andamento dell'uscita luce della barra 6 riwrappata.

Si può notare dal grafico che con la carta Barbiellini si raccoglie meno segnale alle estremità della barra ma si ha più uscita luce al centro rispetto al wrapping con la Millipore + teflon (vedi tabella seguente). Per confermare tale risultato è necessario effettuare ulteriori test su un maggior numero di barre.

	Light Output _{M+PTFE} (e ⁻ /keV)	α_{M+PTFE} (cm ⁻¹)	Light Output _{B. PAPER} (e ⁻ /keV)	$\alpha_{B. PAPER}$ (cm ⁻¹)
Bar 6a	17.36	0.042	15.79	0.025
Bar 6b	19.48	0.049	18.51	0.034

Tabella 9. Valori di uscita luce e attenuazione ottenuti con diversi tipi di wrapping della barra 6.

Nella figura 19 è riportato il confronto dell'andamento dell'uscita luce della barra 1 wrappata:

- carta **Scionix**
- con solo **teflon**,
- con **Millipore + teflon** dopo essere stata lucidata in tutta la sua lunghezza.

Nella tabella sono riportati i risultati delle misure effettuate in termini di uscita luce e coefficiente d'attenuazione:

Bar 1

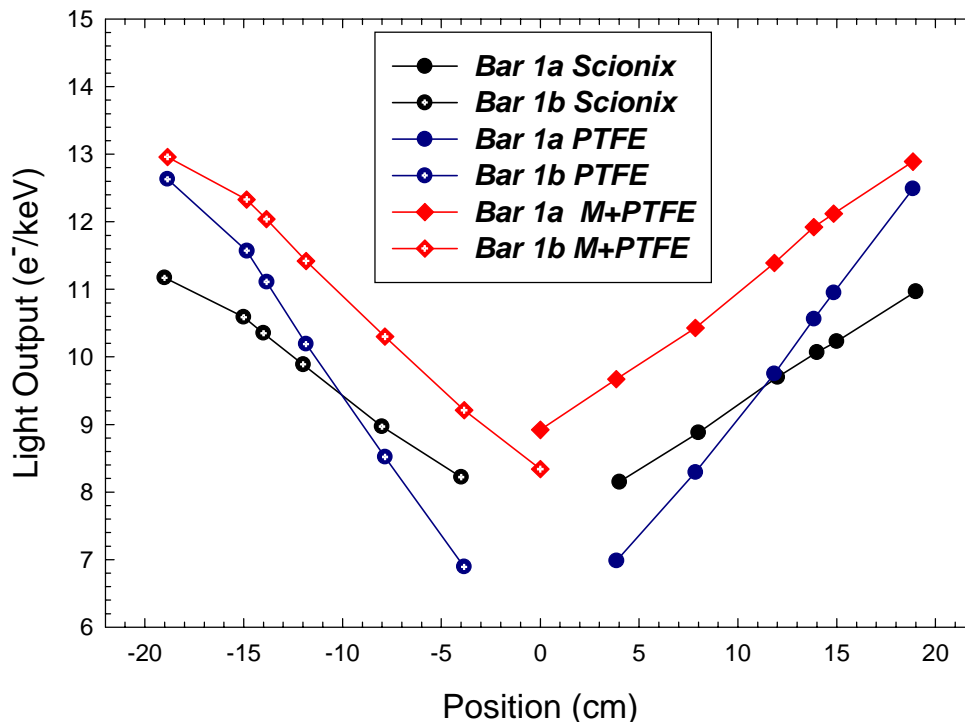


Figura 19. Andamento dell'uscita luce in funzione della posizione.

	Light Output _{SCIONIX} (e ⁻ /keV)	α_{SCIONIX} (cm ⁻¹)	Light Output _{PTFE} (e ⁻ /keV)	α_{PTFE} (cm ⁻¹)	Light Output _{M+PTFE} (e ⁻ /keV)	$\alpha_{\text{M+PTFE}}$ (cm ⁻¹)
<i>Bar 1a</i>	10.97	0.021	12.49	0.041	12.89	0.021
<i>Bar 1b</i>	11.17	0.023	12.63	0.046	12.96	0.026

Tabella 10. Valori di uscita luce e attenuazione ottenuti con diversi tipi di wrapping della barra 1.

9. CONCLUSIONI

L'insufficiente accuratezza nella preparazione delle barre, come si può vedere dalle fotografie, spiega il non raggiungimento dei requisiti richiesti.

È necessaria una selezione dei cristalli, che lucidati ed opportunamente wrappati, possono fornire le performances richieste in termini di uscita luce e coefficiente d'attenuazione.