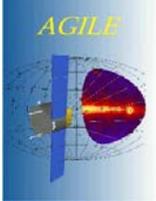
 <p><i>AGILE</i></p> <p><i>TESRE</i></p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 1/38</i></p>
--	--	--

**MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE  
TEST BEAM MAY 2000**

**Rapporto Interno n. 304  
Febbraio 2001**

**N. Auricchio, G. Di Cocco, C. Labanti, A. Mauri<sup>\*</sup>, E. Rossi, S. Traci**  
TESRE - CNR  
<sup>\*</sup>ENEA - Bologna

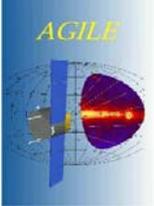
 <p><b>AGILE</b> <b>TESRE</b></p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 2/38</i></p>
---	---	--

## **INDICE**

1. Introduzione
  2. Calibrazioni delle barre di CsI(Tl) effettuate prima del test beam di Ginevra di Maggio 2000
    - 2.1 Offset e gain
    - 2.2 Rumore equivalente di ingresso al preamplificatore di carica
    - 2.3 Risultati
    - 2.4 Carica raccolta e Attenuazione del segnale lungo le barre
      - 2.4.1 Risultati
  3. Test beam al CERN
    - 3.1 Preamplificatori di carica
    - 3.2 Risultati delle calibrazioni al Cern
      - 3.2.1 Calibrazione con il sistema d'acquisizione ADC 7420G-MCA/PC
        - 3.2.1.1 Gain
        - 3.2.1.2 Noise
        - 3.2.1.3 Uscita Luce
        - 3.2.1.4 Attenuazione della luce
      - 3.2.2 Calibrazione con acquisizione Tracker
        - 3.2.2.1. Attenuazione della luce
  4. Calibrazione in energia a 1 cm dal PD
  5. Ricostruzione in posizione ed energia lungo la barra
    - 5.1 Ricostruzione in posizione
    - 5.2 Ricostruzione in energia
  6. Misure di stabilità della barra 1
- Appendice A

## **ACRONIMI**

ADC	Analog-to-Digital Converter
AGILE	Astrorivelatore Gamma a Immagini LEggero
CsI(Tl)	Ioduro di Cesio attivato con Tallio
CSP	Charge Sensitive Preamplifier
PD	PhotoDiode
GRID	Gamma Ray Imaging Detector
GRBs	Gamma Ray Bursts
MCA	MultiChannel Analyzer
PC	Personal Computer
Sh-amp	Shaping amplifier
MCAL	MiniCALorimetro

 <p><b>AGILE</b> <b>TESRE</b></p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 3/38</i></p>
---	---	--

## 1. INTRODUZIONE

Il mini-calorimetro di Agile è composto da due piani ortogonali costituiti ciascuno da 16 barre di CsI(Tl) di dimensioni 1.5x2.3x40.0 cm. La luce di scintillazione generata da particelle cariche o da gamma di alta energia è raccolta da due fotodiodi (PD) accoppiati otticamente alle estremità delle barre. Gli obiettivi che si vogliono raggiungere con tale strumento sono:

1. misurare l'energia e la posizione d'interazione all'interno delle barre di CsI(Tl), a partire da 1 MeV, delle coppie di particelle prodotte nel Tracker a W e Si sovrastante e contribuire così alla determinazione della direzione e dell'energia totale dei fotoni incidenti nel così detto modo di operazione di Gamma-Ray Imaging Detector (GRID).
2. rivelare eventi impulsivi, quali GRBs. Nel campo di energia 0.25 - 1 MeV sono utilizzati come rivelatori indipendenti i 64 lati delle barre senza ricostruzione della posizione di interazione e dell'energia persa. Per energie superiori ad 1 MeV, le uscite di entrambi i lati di ciascuna sbarra vengono utilizzate per la ricostruzione in energia e posizione della radiazione incidente anche per questo modo di operazione.

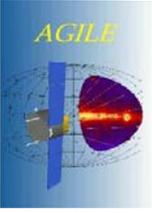
In questo documento vengono presentati i risultati ottenuti dall'analisi delle misure effettuate durante il test beam che ha avuto luogo al CERN nel Maggio 2000.

Nel periodo immediatamente precedente al test beam, sono state effettuate delle misure sperimentali sulle due barre prototipo di CsI(Tl) di dimensioni 1.5 x 2.6 x 40.0 cm con i seguenti obiettivi:

- caratterizzare la catena elettronica in termini di rumore;
- caratterizzare le barre in termini di uscita di carica a 1 cm da ogni PD e determinare il coefficiente d'attenuazione della luce lungo le barre con le sorgenti radioattive di  $^{22}\text{Na}$  (511 – 1275 keV) e  $^{88}\text{Y}$  (898 – 1836 keV).

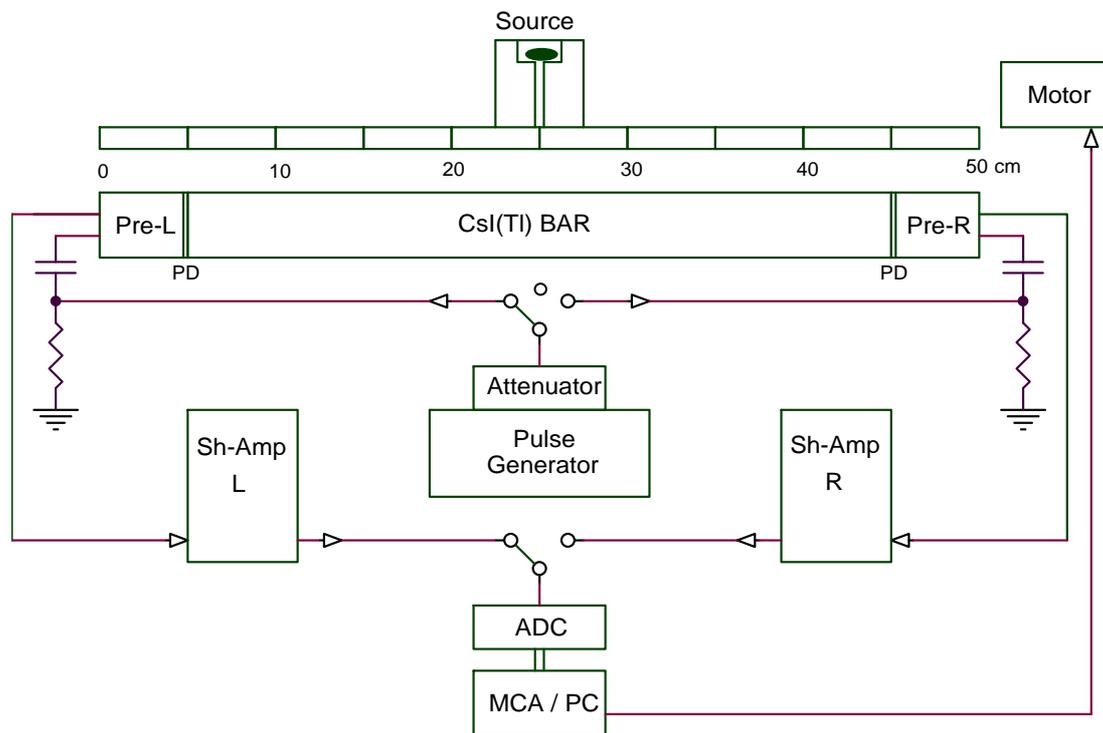
Gli obiettivi della campagna di test compiuta a Ginevra, erano di:

- ✓ effettuare test su tre differenti modelli di preamplificatori collegati con le barre di CsI per valutarne il comportamento;
- ✓ testare l'interfaccia con il sistema d'acquisizione del Tracker nel modo GRID;
- ✓ eseguire una scansione sui rivelatori con un fascio collimato di particelle di impulso sino a 2 GeV/c in diverse posizioni rispetto al centro della barra, al fine di:
  - determinare il coefficiente d'attenuazione della luce nelle due direzioni della barra e confrontarlo con l'analoga valutazione eseguita con i fotoni;
  - valutare la risoluzione in posizione lungo la barra dal confronto tra i dati del GRID e quelli delle barre;
  - valutare la risoluzione in energia.

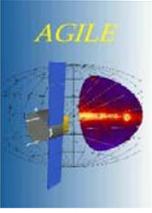
 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 4/38</i>
---	---	---

## 2. CALIBRAZIONI DELLE BARRE DI CsI(Tl) EFFETTUATE PRIMA DEL TEST BEAM DI GINEVRA DEL MAGGIO 2000

Nella figura 1 viene riportato lo schema del sistema di calibrazione e lo schema a blocchi della catena elettronica impiegata. La luce di scintillazione prodotta dai fotoni che interagiscono con il cristallo viene raccolta e convertita in segnale elettrico da due fotodiodi (PD) di Silicio, di area attiva totale di 2 cm<sup>2</sup>, accoppiati otticamente ad ogni lato della barra. I due PD sono collegati in parallelo e polarizzati inversamente a + 28 Volt. La catena elettronica d'acquisizione è costituita da un preamplificatore di carica (CSP) "Amptek 250" con JFET esterno, da un amplificatore formatore (Sh-amp) Silena Mod. 7611, da un analizzatore multicanale (MCA) Silena, con ADC 4k Mod. 7411/N (2 mV/canale), collegato ad un PC. Il CSP è collegato direttamente sull'uscita dei PD per minimizzare il carico capacitivo dovuto alle connessioni, poiché questo influenza il rapporto segnale/rumore. L'ingresso dell'amplificatore formatore è collegato al CSP da un cavo di 15 metri terminato su 50 Ω, come saranno le condizioni sperimentali di Ginevra. Per le misure con la sorgente radioattiva di <sup>88</sup>Y è stato utilizzato un cavo di 2 metri terminato su 50 Ω, al fine di poter valutare, nelle migliori condizioni sperimentali possibili, il coefficiente d'attenuazione della luce lungo le barre. Il tempo di formazione dello Sh-amp è stato fissato a 3 μs per tutte le misure.



**Figura 1.** Sistema di calibrazione delle barre e catena elettronica impiegata per l'acquisizione delle misure sperimentali.

 <p>AGILE TESRE</p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 5/38</i></p>
---	---	--

## 2.1. OFFSET E GAIN

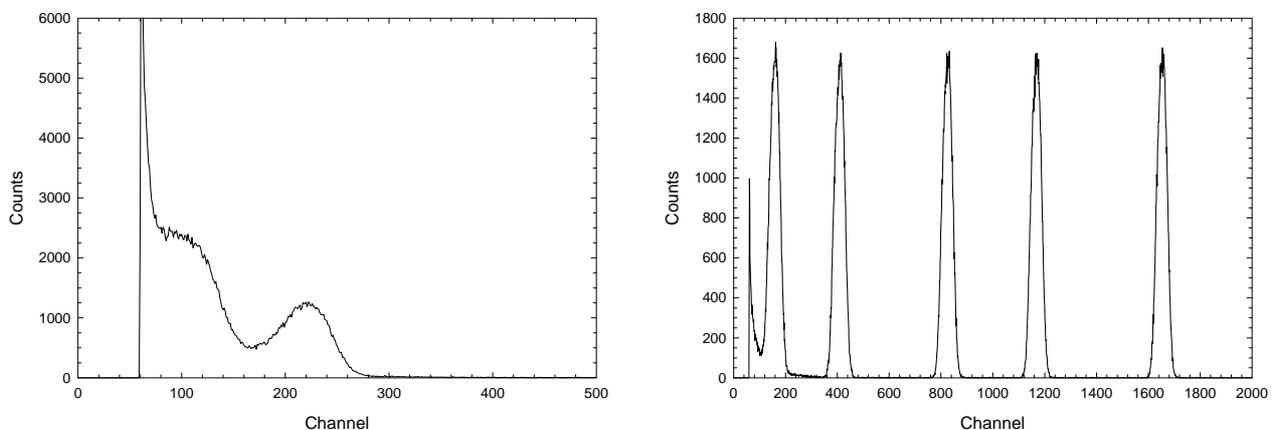
È stata verificata la linearità della catena elettronica di misura e sono stati calcolati l'offset e il gain del sistema iniettando all'ingresso del CSP cariche di valore noto generando con un Precision Pulse Generator impulsi di ampiezza differente applicati al CSP via un condensatore di 2.35 pF. Il segnale dell'impulsore è stato attenuato con 5 valori d'attenuazione e i picchi corrispondenti sono stati fittati con una funzione gaussiana. Riportando in un grafico i valori dei centroidi dei 5 picchi in funzione del segnale d'ingresso ed eseguendo un fit lineare con la funzione  $y = a + b x$  otteniamo sia l'offset (a) sia il gain (b).

## 2.2. RUMORE EQUIVALENTE DI INGRESSO AL PREAMPLIFICATORE DI CARICA

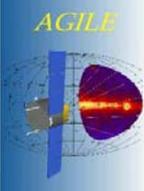
Per la valutazione del rumore elettronico i rivelatori sono stati irraggiati con una sorgente X di  $^{241}\text{Am}$ , non collimata, posta in corrispondenza di ogni PD in modo tale da utilizzare il PD stesso come rivelatore diretto della radiazione X. Il numero di elettroni generati da un fotone gamma di 59,5 keV nel Silicio, poichè l'energia necessaria per produrre una coppia elettrone/lacuna nel Si è di 3.62 eV a 300 K, risulta essere 16436 e<sup>-</sup> (il valore utilizzato in tutti i calcoli seguenti è di 16400 e<sup>-</sup>). Negli spettri il fotopicco a 59.5 keV è ben risolto e si può quindi determinarne i parametri caratteristici con buona precisione. La radiazione di più bassa energia prodotta dall'  $^{241}\text{Am}$  (20.8 e 26.4 keV), pur essendo discriminabile dal rumore, non è risolta con sufficiente accuratezza. Il fit del picco a 59.5 keV viene effettuato, tramite il programma "Peak Fit", con una funzione gaussiana sovrapposta ad una linea di base quadratica. Il centroide così calcolato ci permette di calibrare, *dopo la correzione del valore di offset*, il sistema di acquisizione in e<sup>-</sup>/canale. Moltiplicando il FWHM del fotopicco dell'  $^{241}\text{Am}$  per il numero di e<sup>-</sup>/canale e dividendo per 2.35 si ottiene il rumore equivalente di ingresso del sistema direttamente in e<sup>-</sup><sub>rms</sub>.

## 2.3. RISULTATI

Nella figura seguente sono riportati gli spettri ottenuti con la sorgente di  $^{241}\text{Am}$  e con l'impulsore acquisiti con la barra 1 (PD 4).



**Figura 2.** A sinistra spettro ottenuto con la sorgente di  $^{241}\text{Am}$  in cui è ben risolto il picco a 59.5 keV; a destra spettro ottenuto con il generatore d'impulsi per 5 segnali di ingresso.

 <p><b>AGILE</b> <b>TESRE</b></p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 6/38</i>
---	---	---

Nella seguente tabella sono riportati, per ogni lato delle barre, i valori dell'offset, del gain, la calibrazione in elettroni/canale ottenuta dalla misura con la sorgente di  $^{241}\text{Am}$  non collimata posta sul fotodiode e il rumore elettronico<sup>1</sup>:

	Bar 1		Bar 2	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
<b>Misure effettuate prima dei test CERN / Maggio 2000</b>				
<b>Misure con Pulse Generator</b>				
Gain (ch / mV)	224.84 ± 0.01	221.41 ± 0.02	217.06 ± 0.01	217.54 ± 0.01
Offset (ch)	-6.40 ± 0.05	-6.56 ± 0.07	-8.75 ± 0.05	-5.73 ± 0.04
FWHM peak (ch)	40.81 ± 0.14	44.60 ± 0.21	37.13 ± 0.14	37.74 ± 0.1
<b>Misure con <math>^{241}\text{Am}</math></b>				
59.5 keV peak position (ch)	234.21 ± 0.23	229.18 ± 0.26	230.78 ± 0.32	227.43 ± 0.29
59.5 keV peak width FWHM (ch)	46.93 ± 0.52	49.17 ± 0.56	35.86 ± 0.35	43.16 ± 0.75
Calibrazione ADC (e <sup>-</sup> /ch)	70.02 ± 0.07	71.56 ± 0.08	71.06 ± 0.1	72.11 ± 0.09
<b>NOISE</b>				
Pulse generator (e <sup>-</sup> <sub>rms</sub> )	1216 ± 5	1358 ± 8	1123 ± 6	1158 ± 5
$^{241}\text{Am}$ (e <sup>-</sup> <sub>rms</sub> )	1398 ± 17	1497 ± 19	1084 ± 12	1324 ± 25

**Tabella 1.** Offset, gain e noise calcolati per le due barre. Il centroide del fotopicco del  $^{241}\text{Am}$  è già corretto per l'offset.

Si può notare che il rumore elettronico è elevato per tutti i canali delle barre, poiché le condizioni sperimentali non erano ottimali a causa dell'utilizzo del cavo da 15 metri per il collegamento tra il CSP ed il Sh-amp.

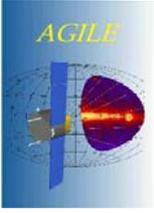
#### **2.4. CARICA RACCOLTA E ATTENUAZIONE DELLA LUCE LUNGO LE BARRE**

Sono state effettuate due scansioni in posizione, irradiando le barre:

- con la sorgente collimata di  $^{22}\text{Na}$  da 0.5 cm a 12 cm da ogni PD;
- con la sorgente collimata di  $^{88}\text{Y}$  da 0.5 cm a 20 cm da ogni PD.

La proiezione della fenditura del collimatore di piombo sul rivelatore è di 3.5 x 42 mm. Il fotopicco, corrispondente al totale trasferimento di energia di un fotone gamma, viene fittato con una distribuzione gaussiana sovrapposta ad una linea di base quadratica per calcolare la posizione in canali del centroide. Moltiplicando il centroide, corretto per l'offset, con la calibrazione assoluta che dà la relazione tra elettroni e canali, si calcola il valore della carica che esce dai PD per unità di energia incidente sul cristallo nelle varie posizioni di misura (uscita luce in e<sup>-</sup>/keV).

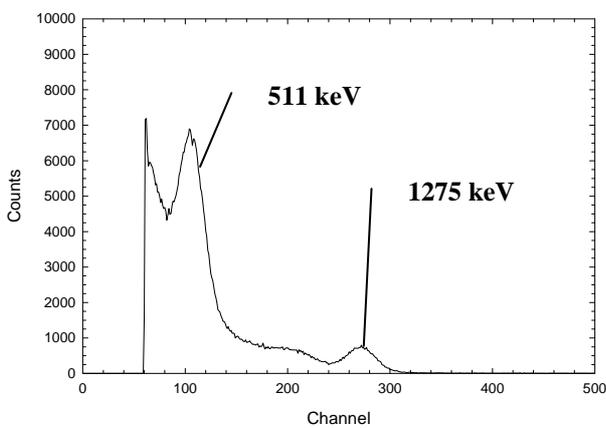
<sup>1</sup> Per il calcolo degli errori da associare alle diverse grandezze vedi Appendice A.

 <p><b>AGILE</b> <b>TESRE</b></p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 7/38</i></p>
---	---	--

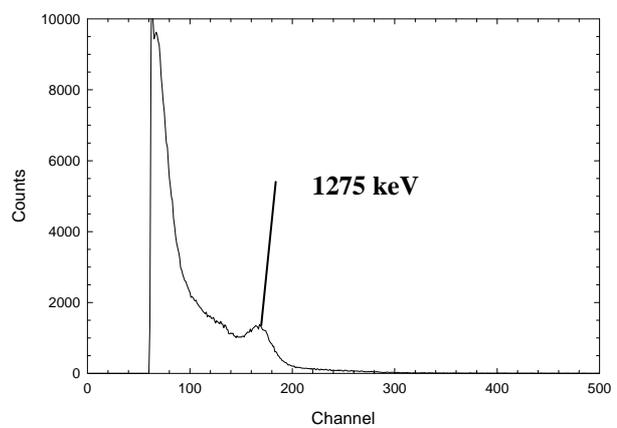
Il coefficiente di attenuazione della luce è stato determinato graficando il valore della posizione del centroide corretto per l'offset, corrispondente al fotopicco di 1275 keV della sorgente di  $^{22}\text{Na}$  e al fotopicco di 1836 keV della sorgente di  $^{88}\text{Y}$ , in funzione della distanza dal fotodiodo e valutandone il best fit con la funzione esponenziale  $y = a \exp(-x / b)$  dove il coefficiente d'attenuazione è:  $\alpha = -1/b \text{ cm}^{-1}$ .

Nella figura seguente sono riportati gli spettri relativi alla barra 1 (PD 4) del  $^{22}\text{Na}$  e del  $^{88}\text{Y}$  :

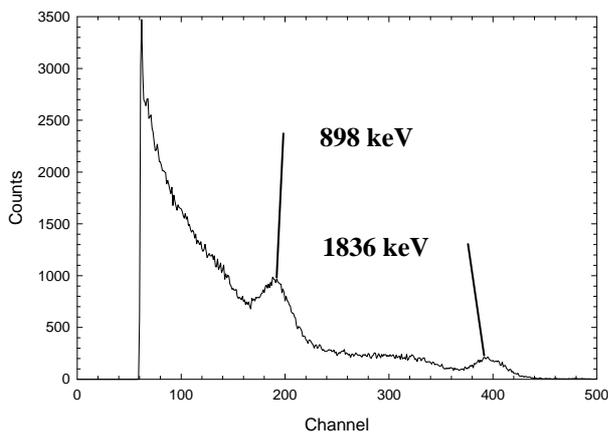
Spettro del  $^{22}\text{Na}$  a 1 cm da PD



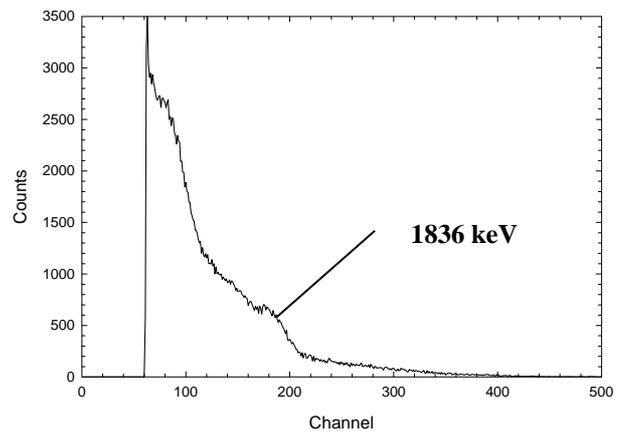
Spettro del  $^{22}\text{Na}$  a 12 cm da PD



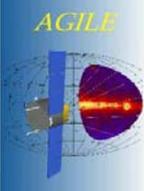
Spettro del  $^{88}\text{Y}$  a 1 cm da PD



Spettro del  $^{88}\text{Y}$  a 20 cm da PD



**Figura 3.** Spettri acquisiti irraggiando la barra 1 (PD 4) con le sorgenti di  $^{22}\text{Na}$  e  $^{88}\text{Y}$  a diverse distanze dal fotodiodo. Si può notare che con la sorgente di  $^{88}\text{Y}$  è possibile irraggiare la barra fino a 20 cm dal fotodiodo.

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 8/38</i>
---	---	---

### 2.4.1. RISULTATI

Nella seguente tabella è riportato, per ogni lato delle barre, il valore dell'uscita luce calcolata a 1 cm da ogni PD illuminando le barre con la sorgente di  $^{22}\text{Na}$ :

	Bar 1		Bar 2	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
Uscita luce con $^{22}\text{Na}$ a 1 cm dai PD	$15.61 \pm 0.02$	$15.69 \pm 0.03$	$17.15 \pm 0.03$	$13.46 \pm 0.04$

**Tabella 2.** Uscita Luce ( $e^-/\text{keV}$ ) a 1 cm dai PD.

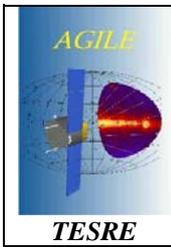
L'uscita luce nella barra 1 è uniforme a 1 cm dai PD, mentre nella barra 2 il canale 1 "vede più luce" del canale 2; questo andamento è stato riscontrato anche nelle precedenti misure acquisite dopo il test beam di Ginevra effettuato nel Settembre 99. Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori dell'uscita luce calcolati per ogni distanza dal PD irraggiando con le sorgenti di  $^{22}\text{Na}$  e  $^{88}\text{Y}$  ogni lato delle due barre:

$^{22}\text{Na}$	Light Output ( $e^-/\text{keV}$ )			
	Bar 1		Bar 2	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
Distance source - PD (cm)				
0.5	$16.18 \pm 0.03$	$16.23 \pm 0.04$	$17.65 \pm 0.05$	$13.63 \pm 0.05$
1	$15.61 \pm 0.02$	$15.69 \pm 0.03$	$17.15 \pm 0.03$	$13.46 \pm 0.04$
2	$14.69 \pm 0.02$	$14.81 \pm 0.03$	$16.15 \pm 0.03$	$12.67 \pm 0.05$
4	$13.17 \pm 0.02$	$13.29 \pm 0.03$	$13.98 \pm 0.03$	$11.38 \pm 0.03$
5	$12.48 \pm 0.03$	$12.60 \pm 0.03$	$13.01 \pm 0.03$	$10.90 \pm 0.04$
6	$11.91 \pm 0.02$	$12.09 \pm 0.03$	$12.15 \pm 0.03$	$10.49 \pm 0.03$
8	$10.84 \pm 0.02$	$11.39 \pm 0.03$	$10.71 \pm 0.03$	$9.67 \pm 0.04$
12	$9.22 \pm 0.02$	$9.77 \pm 0.03$	$8.37 \pm 0.03$	$8.41 \pm 0.05$

**Tabella 3.** Uscita Luce prodotta dai fotoni  $\gamma$  di 1275 keV del  $^{22}\text{Na}$  a diverse distanze dal PD.

$^{88}\text{Y}$	Light Output ( $e^-/\text{keV}$ )			
	Bar 1		Bar 2	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
Distance source - PD (cm)				
0.5	$16.05 \pm 0.05$	$16.24 \pm 0.06$	$17.62 \pm 0.04$	$13.62 \pm 0.06$
1	$15.58 \pm 0.03$	$15.77 \pm 0.03$	$17.07 \pm 0.04$	$13.45 \pm 0.04$
2	$14.74 \pm 0.03$	$14.86 \pm 0.03$		
4	$13.16 \pm 0.02$	$13.33 \pm 0.03$	$13.92 \pm 0.03$	$11.31 \pm 0.04$
5	$12.49 \pm 0.02$	$12.61 \pm 0.03$	$12.96 \pm 0.03$	$10.81 \pm 0.03$
8	$10.83 \pm 0.02$	$11.42 \pm 0.02$	$10.51 \pm 0.03$	$9.59 \pm 0.03$
12	$9.19 \pm 0.02$	$9.75 \pm 0.03$	$8.21 \pm 0.03$	$8.38 \pm 0.03$
16	$7.96 \pm 0.02$	$8.51 \pm 0.03$	$7.01 \pm 0.03$	$7.12 \pm 0.04$
20	$6.95 \pm 0.03$	$7.36 \pm 0.04$	$6.06 \pm 0.04$	$6.13 \pm 0.04$

**Tabella 4.** Uscita Luce prodotta dai fotoni  $\gamma$  di 1836 keV del  $^{88}\text{Y}$  a diverse distanze dal PD.



MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE  
TEST BEAM MAY 2000

Ref:Ref#

Issue:

Date:

page: 9/38

Nella figura 4a e 4b sono riportati i relativi grafici dell'uscita luce in funzione della distanza dal PD per le due sorgenti utilizzate:

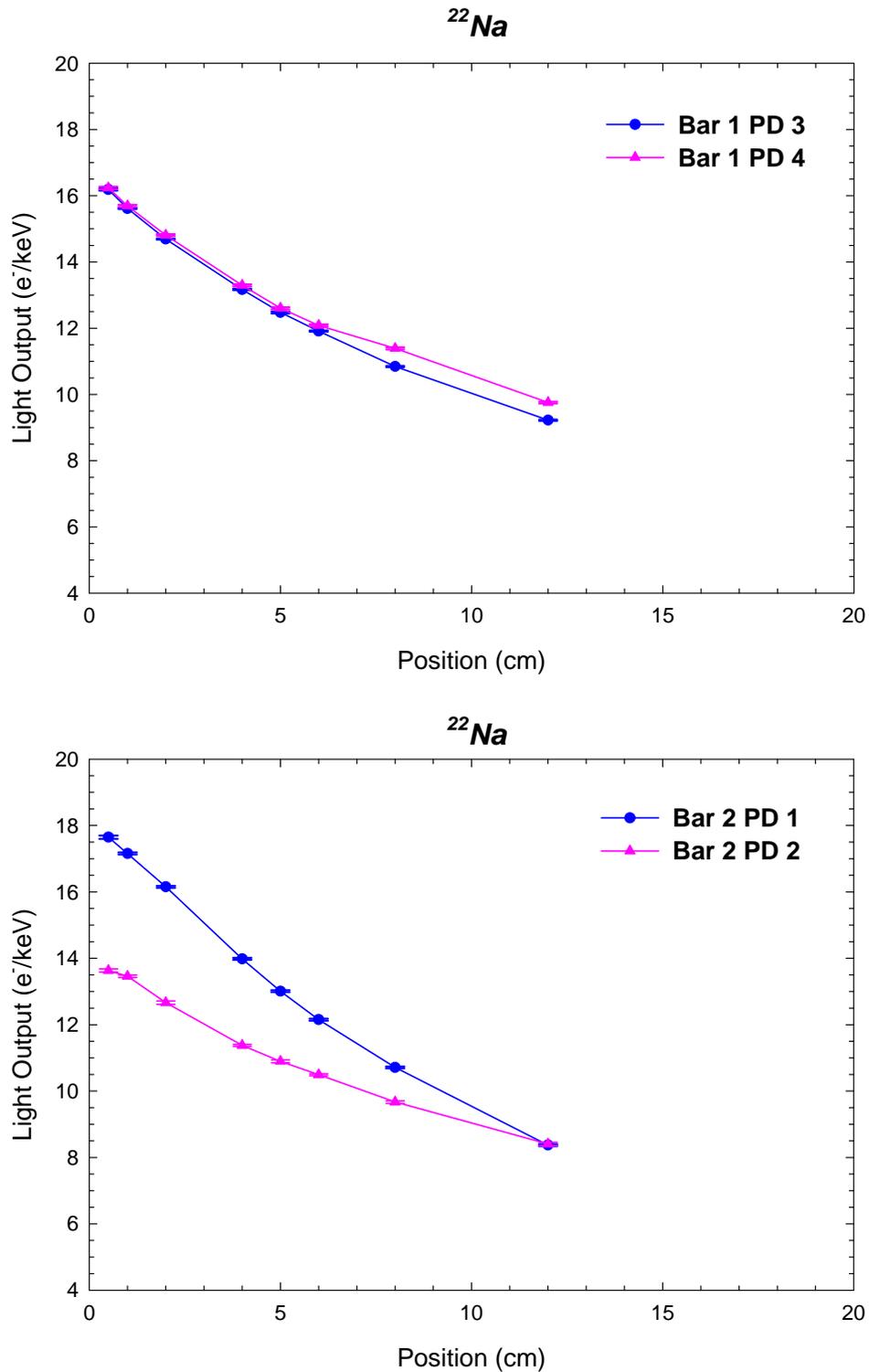
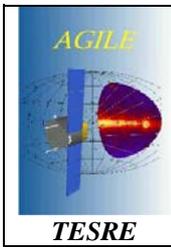


Figura 4a. Uscita luce ottenuta irradiando le barre con la sorgente di  $^{22}\text{Na}$ .



MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE  
TEST BEAM MAY 2000

Ref:Ref#

Issue:

Date:

page: 10/38

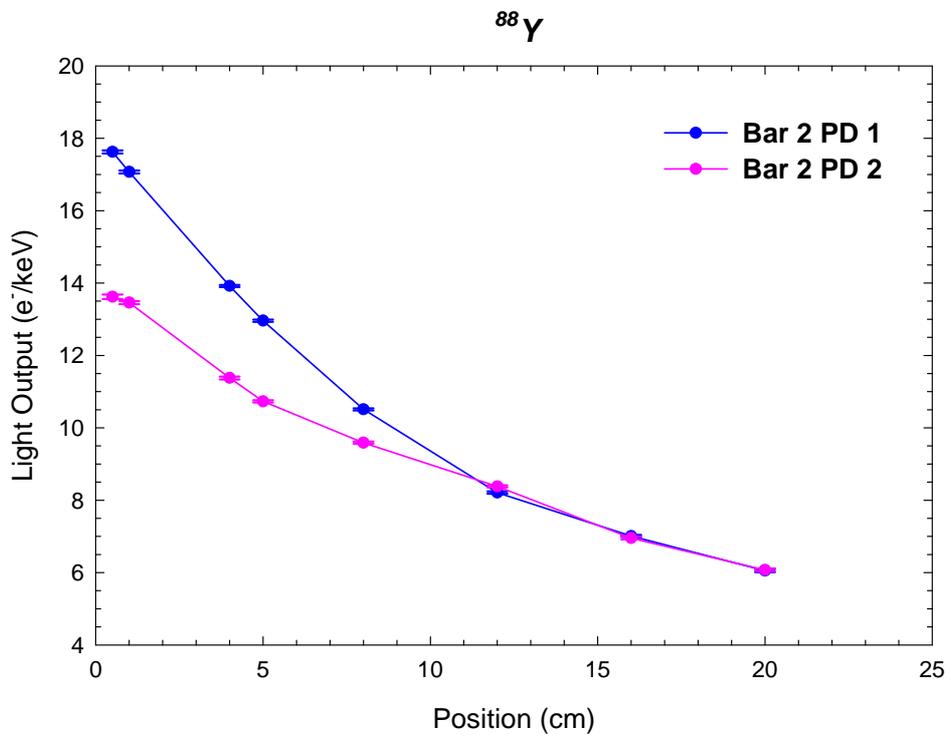
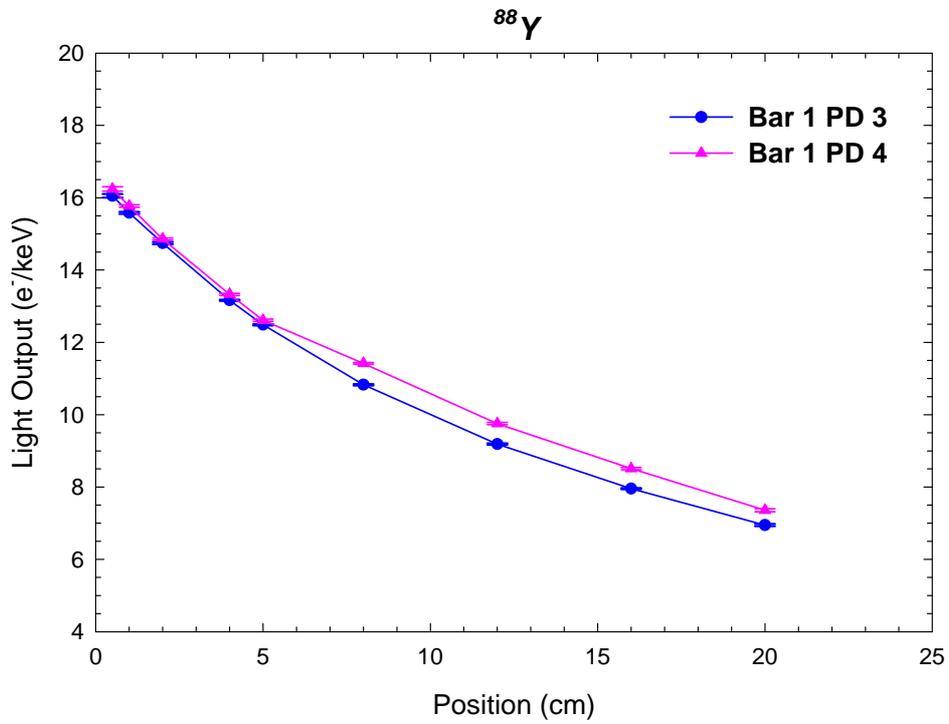
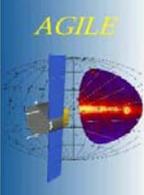


Figura 4b. Uscita luce ottenuta irradiando la barra con la sorgente di <sup>88</sup>Y.

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 11/38</i>
---	---	--

In conclusione sono riportati nella tabella seguente i valori dei coefficienti d'attenuazione calcolati con le sorgenti radioattive di  $^{22}\text{Na}$  e  $^{88}\text{Y}$ , il best fit è stato ottenuto dividendo le posizioni in due range: 0.5 - 5 cm per investigare la zona vicino al fotodiodo, 5 - 12 cm nel caso della sorgente di  $^{22}\text{Na}$  e 5 - 20 cm per quella di  $^{88}\text{Y}$  (vedi rapporto interno n. 278):

	Light Attenuation Coefficient ( $\text{cm}^{-1}$ )			
	Bar 1		Bar 2	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
<b>Misure con <math>\gamma</math> (<math>^{22}\text{Na}</math>)</b>				
$\alpha^A$ (0.5-5 cm)	0.057 $\pm$ 0.004	0.056 $\pm$ 0.003	0.068 $\pm$ 0.005	0.052 $\pm$ 0.005
$\alpha^B$ (5-12 cm)	0.043 $\pm$ 0.004	0.036 $\pm$ 0.004	0.063 $\pm$ 0.002	0.037 $\pm$ 0.003
<b>Misure con <math>\gamma</math> (<math>^{88}\text{Y}</math>)</b>				
$\alpha^A$ (0.5-5 cm)	0.056 $\pm$ 0.001	0.056 $\pm$ 0.002	0.068 $\pm$ 0.002	0.056 $\pm$ 0.004
$\alpha^B$ (5-20 cm)	0.040 $\pm$ 0.005	0.036 $\pm$ 0.002	0.054 $\pm$ 0.013	0.038 $\pm$ 0.002

**Tabella 5.** Coefficienti d'attenuazione della luce calcolati illuminando le barre 1 e 2 con  $^{22}\text{Na}$  e  $^{88}\text{Y}$  dove  $\alpha^A$  è stato ottenuto fittando i centroidi corrispondenti alle distanze dai PD comprese tra 0.5 e 5 cm e  $\alpha^B$  è stato ottenuto fittando i centroidi corrispondenti alle posizioni maggiori di 5 cm dai PD.

Si può evincere che i coefficienti d'attenuazione della luce per ogni canale sono in accordo entro gli errori sperimentali per le due valutazioni. Si deve, infine, notare che il coefficiente d'attenuazione del canale PD 1 è molto diverso da quello del canale PD 2.

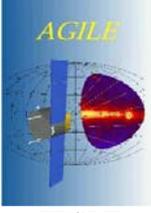
Viene, inoltre, riportata una tabella riassuntiva dei valori dei coefficienti d'attenuazione lungo le barre calcolati nel mese di settembre 99 (vedi rapporto interno n. 278):

	Light Attenuation Coefficient ( $\text{cm}^{-1}$ )			
	Bar 1		Bar 2	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
<b>Misure con <math>\gamma</math> (<math>^{22}\text{Na}</math>)</b>				
$\alpha^A$ (0.5-5 cm)	0.054 $\pm$ 0.005	0.053 $\pm$ 0.004	0.065 $\pm$ 0.005	0.055 $\pm$ 0.005
$\alpha^B$ (5-16 cm)	0.039 $\pm$ 0.003	0.034 $\pm$ 0.002	0.057 $\pm$ 0.003	0.036 $\pm$ 0.002

**Tabella 6.** Coefficienti d'attenuazione calcolati irraggiando le barre con  $^{22}\text{Na}$  nel Settembre 1999.

Si può concludere, che i coefficienti d'attenuazione calcolati a Settembre 99 sono in accordo con quelli calcolati ad Aprile 00 entro gli errori sperimentali.

Gli errori sono calcolati a  $3\sigma$ .

 <p>AGILE TESRE</p>	<p style="text-align: center;"><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p>Ref:Ref# Issue: Date: page: 12/38</p>
---	--	--

### 3. TEST BEAM AL CERN

Descrizione dell'elettronica utilizzata per il test beam di Maggio 2000 su due barre di CsI(Tl).

A ciascuna delle estremità delle barre di CsI(Tl) sono incollati due fotodiodi Hamamtsu tipo S3590-08 per una superficie utile totale di 2 cm<sup>2</sup> in grado di coprire quindi il 51% della superficie utile. I due PD ( aventi complessivamente una capacità ed una corrente di fuga rispettivamente di circa 140 pF e 2 nA ) sono collegati in parallelo all'ingresso di un CSP "Amptek 250" la cui uscita è in grado di pilotare un carico di 50 Ω con circa 15 metri di cavo.

Il progetto del circuito è stato guidato dalla necessità di acquisire i dati durante i beam tests contemporaneamente sia sul sistema di acquisizione dati del Tracker che su di un PC autonomo in grado di operare anche in assenza del Tracker.

Con riferimento allo schema a blocchi di fig. 5 possiamo suddividere l'elettronica in tre parti principali:

#### Formazione e allungamento dei segnali in ingresso

E' costituita da 4 catene uguali (una per ciascun lato delle barre) contenenti ciascuna un sh-amp, un discriminatore d'ampiezza e un circuito di peak & hold. Quest'ultimo è controllato dal circuito di selezione dei trigger che permette di operare sia sul lato di ogni singola barra (utile in fase di controllo e calibrazione) che sulla somma dei segnali provenienti da entrambi i lati (utile nel modo operativo normale in quanto migliora il rapporto segnale/rumore).

In presenza di un evento che supera la soglia di trigger, il segnale di Rise Time Protection (RTP), avente una durata leggermente maggiore del tempo di salita degli impulsi formati, permette la carica della capacità di hold al valore di picco che verrà mantenuto finchè non riceve il segnale di Reset che ripristina le condizioni iniziali alla fine dell'acquisizione del dato.

#### Acquisizione tramite MCA

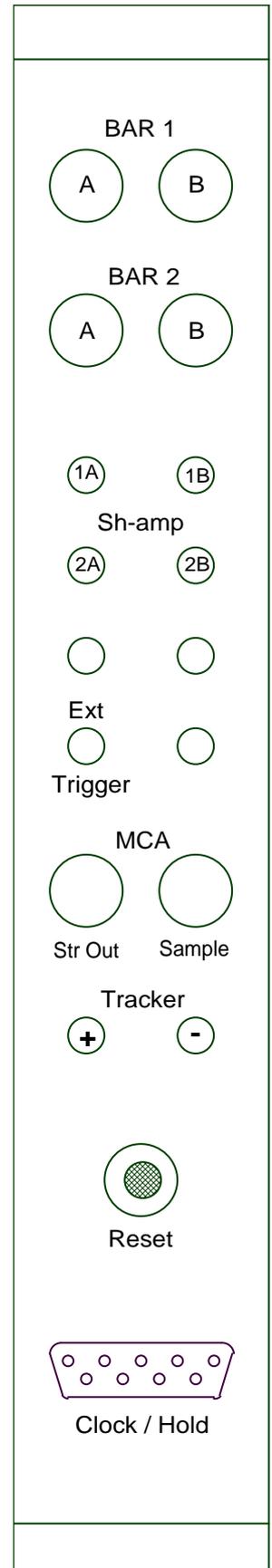
Utilizzando il MCA - Silena dotato di un ADC veloce a 12 bit (4096 canali) operato in SAMPLE-MODE è possibile acquisire contemporaneamente, via le due linee di indirizzo, i 4 segnali allungati 1A -1B - 2A - 2B rispettivamente nei canali 0-1023, 1024-2047, 2048-3071 e 3072-4095 (corrispondenti ai canali PD 2, PD 4, PD 3, PD 1) con un tempo di conversione di circa 140 µs totali durante il quale il sistema è inattivo. Al fine di acquisire solo le particelle cariche durante i test al beam si utilizza un circuito di coincidenza comandato da un trigger esterno proveniente da scintillatori plastici posti sul fascio. In fig. 6 sono mostrati 4 spettri acquisiti al fascio dove si notano impulsi di rumore dovuti alla logica di acquisizione.

#### Acquisizione tramite Tracker

Il circuito utilizzato è alquanto simile a quello impiegato per il MCA in quanto entrambi portano i segnali dei peak & hold in uscita tramite un MUX a quattro vie con un buffer di uscita unipolare per il MCA (8 Volt fondo scala) e bipolare per il Tracker (+/- 0.5 Volt fondo scala). Dal Tracker arrivano in forma bipolare:

- 256 colpi di clock di cui si utilizzano solo i primi 5 per gestire il MUX
- un segnale di hold, avente una durata di circa 500 µs, che rappresenta il tempo di acquisizione di un evento utile da parte del Tracker.

I due sistemi operano indipendentemente uno dall'altro, ma tramite il segnale di hold, inviato ad inibire la trigger selection, si può fare in modo di acquisire gli stessi eventi acquisiti dal Tracker, per un reciproco controllo di funzionalità.



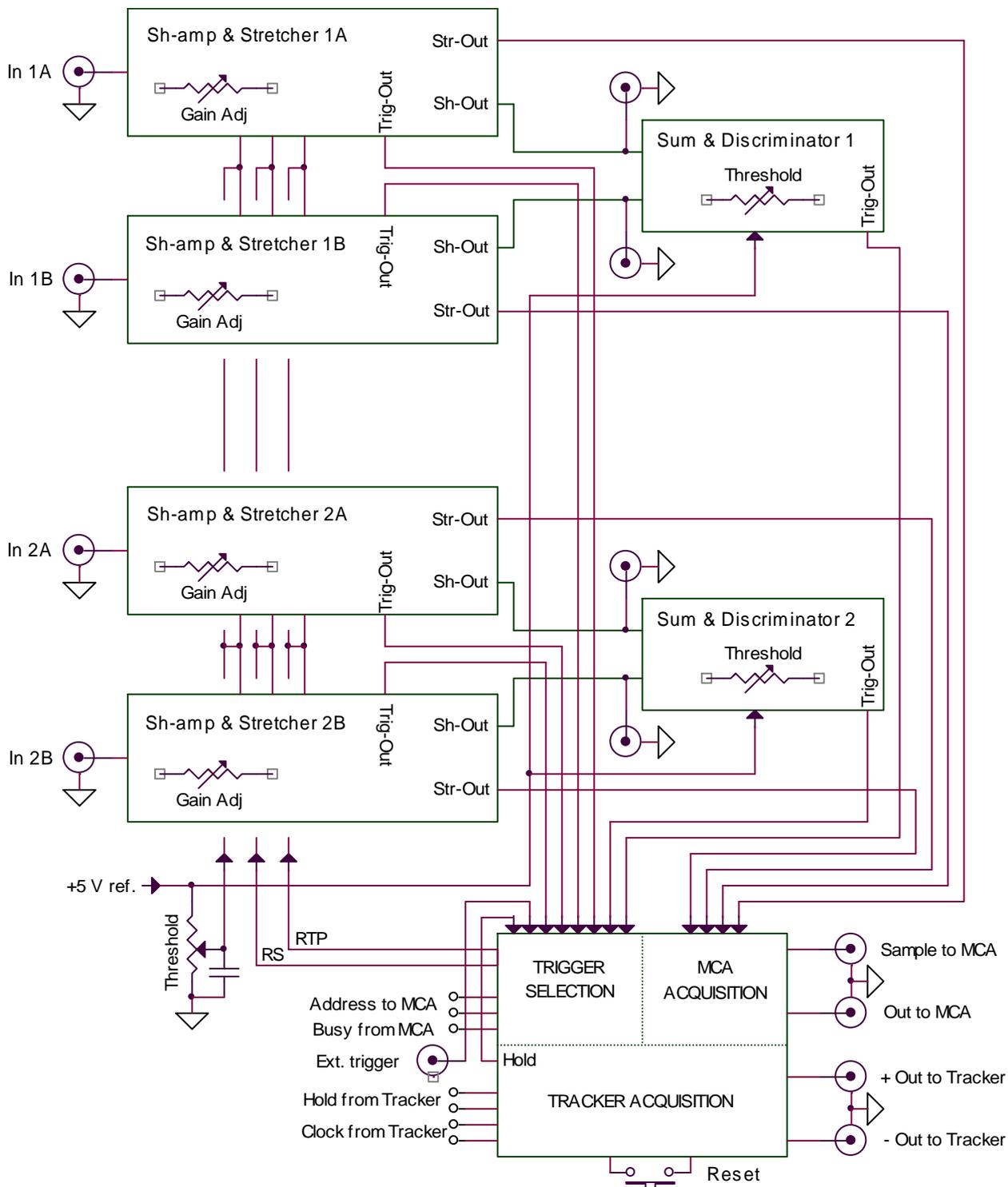
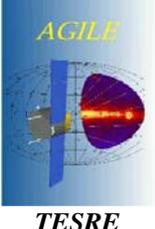
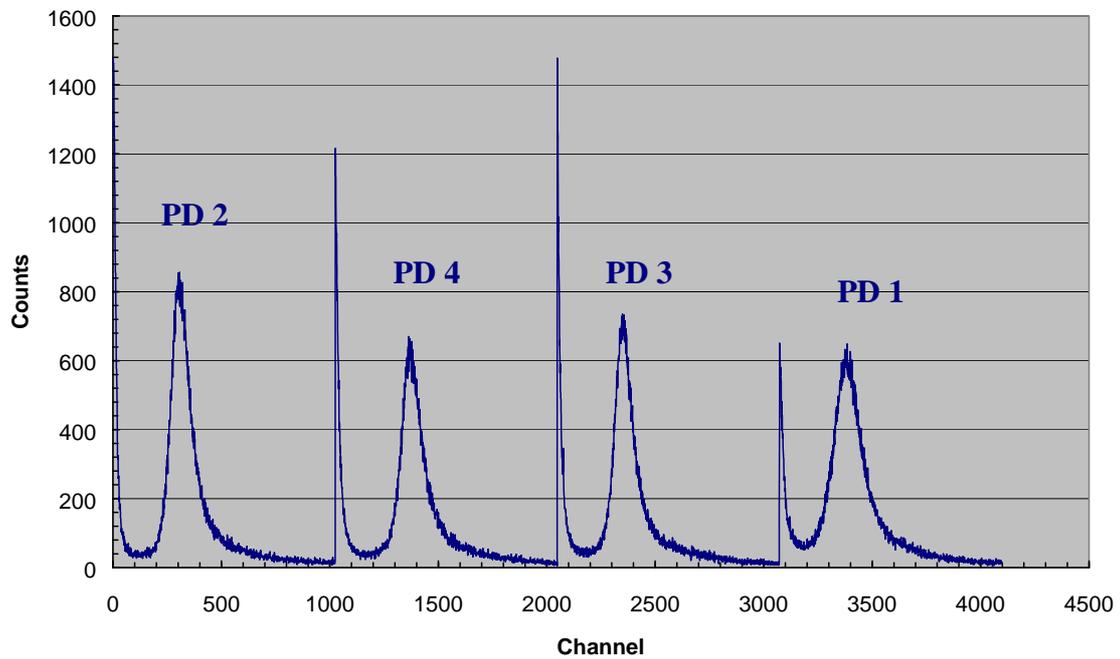


Figura 5. Schema a blocchi dell'elettronica di beam tests.

	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 14/38</i>
--	---	--

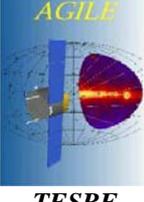


**Figura 6.** Spettro acquisito con l'amplificatore "home made" e il MCA Silena irradiando con particelle.

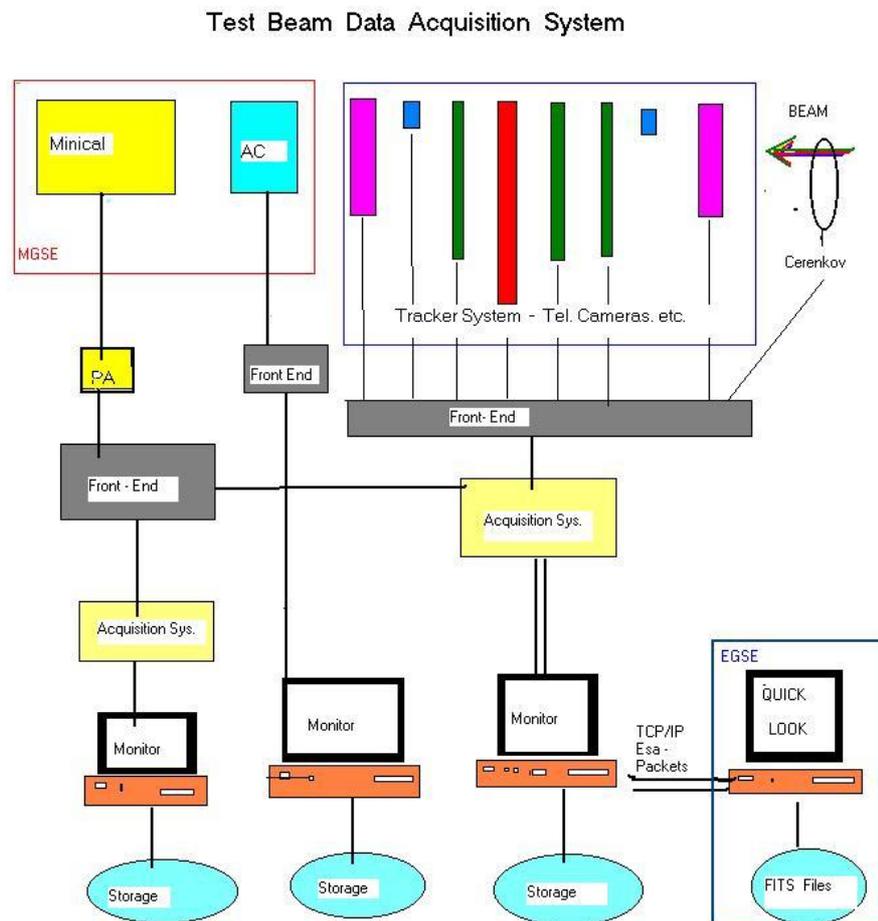
Nella seguente fotografia è rappresentato il setup sperimentale utilizzato per il test beam di Ginevra:



**Figura 7.** Setup sperimentale utilizzato al CERN.

 <p>AGILE TESRE</p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 15/38</i></p>
--	---	---

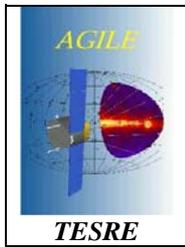
Il sistema d'acquisizione dei dati è descritto nella figura seguente:



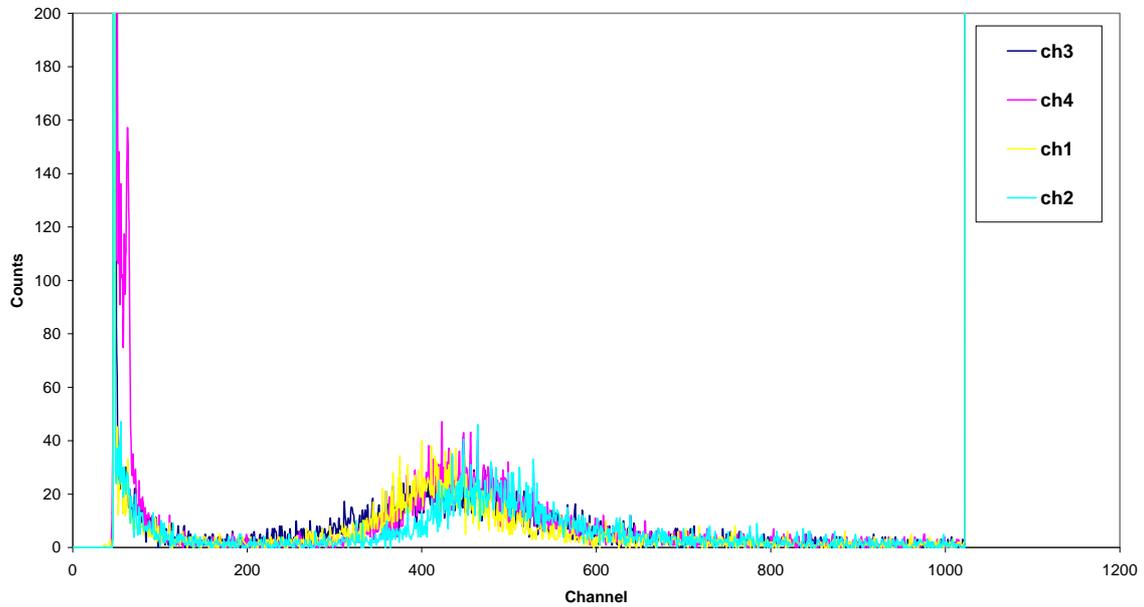
**Figura 8.** Sistema utilizzato a Ginevra per l'acquisizione dei dati. Il dispositivo che genera i trigger è costituito da un sistema di due scintillatori plastici.

I dati provenienti dal Tracker, dall'Anticoincidenza e dal Minicalorimetro sono acquisiti dal sistema d'acquisizione CAMAC di Trieste, i dati provenienti dalle barre sono inviati in parallelo anche ad un monitor dedicato. Il monitor principale è connesso via TCP/IP link al Quick Look System, che riceve dei pacchetti di telemetria standard ESA. Il Quick Look System è il prototipo di una parte dell'EGSE che sarà utilizzato per test e calibrazioni. Il sistema compie un'analisi veloce di una porzione dei segnali provenienti dalle due barre e gestisce un archivio, in cui i dati sono immagazzinati in formato ROW e tabelle FITS per una seguente analisi dettagliata riportata in questo rapporto interno. Il sistema di Trieste, acquisendo i dati da tutti gli strumenti (Tracker e MCAL), costituisce un primo prototipo del sistema GRID di AGILE.

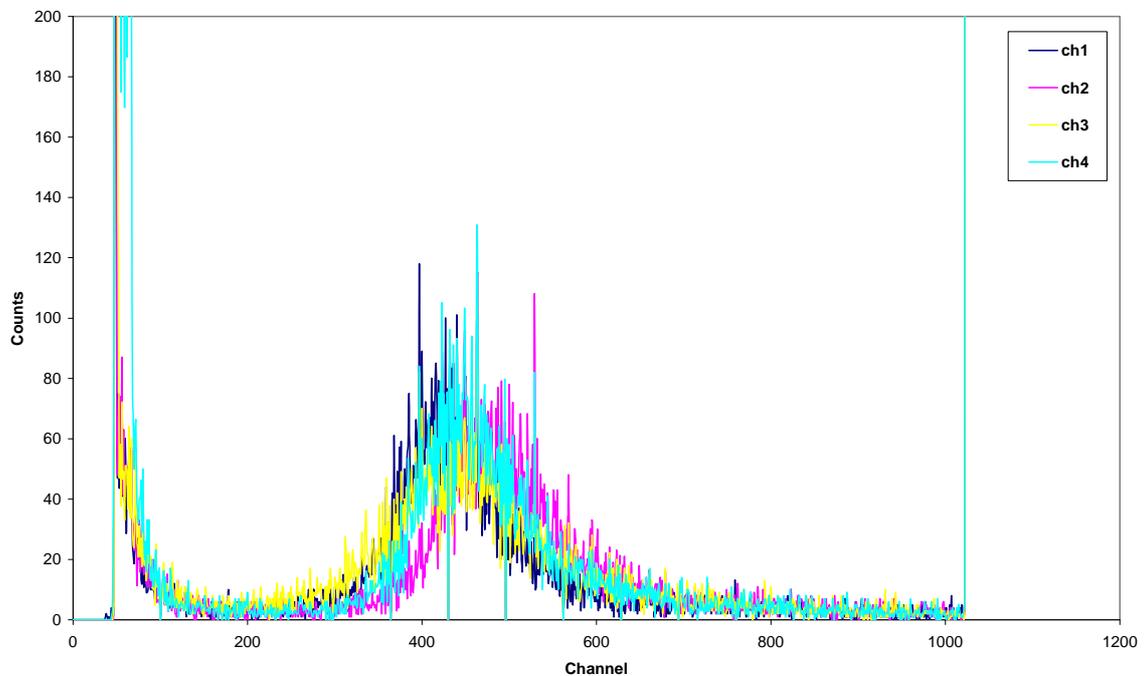
Nella figura 9 è riportato il confronto tra una misura archiviata in fits dall'EGSE di Bologna e la medesima archiviata dal sistema di Trieste.



3014

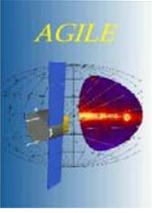


**Figura 9a.** Spettro con particelle che incidono al centro delle barre acquisito dall'EGSE. La statistica dei conteggi è bassa perché viene acquisita solo una percentuale dei segnali.



**Figura 9b.** Spettro con particelle che incidono al centro delle barre acquisito da Trieste.

Si può notare che la posizione dei picchi di ogni canale è consistente nei due sistemi d'archiviazione.

	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 17/38</i>
--	---	--

### 3.1 PREAMPLIFICATORI DI CARICA (CSP)

I CSP testati a Ginevra sono: "Amptek 250", "DB2" e "Laben".

L'obiettivo delle misure effettuate è di determinare le loro prestazioni in termini di rumore.

Il rumore elettronico in unità di carica è definito da:

$$\text{Noise} = (V_{p1} - V_{p2}) / (N_1 - N_2) * C * \sigma * N \quad (1)$$

dove:

$V_{p1}$  e  $V_{p2}$  sono i segnali in tensione forniti in ingresso al CSP dall'impulsatore,

$N_1$  e  $N_2$  i canali dei centroidi dei picchi corrispondenti ai due livelli di tensione,

$C$  è la capacità di iniezione della carica = 2.35 pF,

$\sigma$  è la deviazione standard della distribuzione dell'ampiezza dell'impulso in canali,

$N$  è il numero di elettroni per unità di carica ( $6.24 \cdot 10^{18}$  elettroni, nei calcoli seguenti è stato utilizzato  $6.2 \cdot 10^{18}$  elettroni).

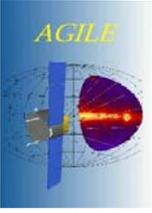
Le uscite dei CSP "Amptek 250" sono state collegate inizialmente ad un Sh-amp da 3  $\mu$ s (Silena Mod. 7611) con un cavo coax lungo 2 m e si sono acquisiti gli spettri tramite il MCA portatile "Amptek 8000". Nell'ultima riga della seguente tabella sono riportati i valori di rumore calcolati secondo la formula (1).

	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4
$V_1$ (mV)	6.6	6.6	6.6	6.6
$V_2$ (mV)	13.2	13.2	13.2	13.2
Peak Centroid <sub>1</sub> (ch)	390.73	430.84	426.77	399.11
FWHM <sub>1</sub> (ch)	9.30	10.78	10.5	9.62
Peak Centroid <sub>2</sub> (ch)	784.02	863.66	855.3	801.9
FWHM <sub>2</sub> (ch)	9.27	10.99	210.64	9.12
<b>NOISE <math>e_{rms}</math></b>	<b>966</b>	<b>1029</b>	<b>1009</b>	<b>952</b>

Sono state eseguite quindi le stesse misure sostituendo al Sh-amp Silena un sh-amp "home made" collegato con un cavo da 15 m e si può osservare che il sistema presenta un rumore maggiore:

	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4
$V_1$ (mV)	6.6	6.6	6.6	6.6
$V_2$ (mV)	13.2	13.2	13.2	13.2
Peak Centroid <sub>1</sub> (ch)	447.25	484.16	477.2	456.64
FWHM <sub>1</sub> (ch)	14.68	17.39	20.56	17.17
Peak Centroid <sub>2</sub> (ch)	903.83	973.75	962.39	920.34
FWHM <sub>2</sub> (ch)	15.21	18.49	21.32	17.54
<b>NOISE <math>e_{rms}</math></b>	<b>1339</b>	<b>1499</b>	<b>1766</b>	<b>1532</b>

I CSP Laben sono stati provati, sempre con 15 m di cavo e con la barra 2, utilizzando l'amplificatore "home made" e l'analizzatore MCA SILENA ottenendo:

 <p><b>AGILE</b> <b>TESRE</b></p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 18/38</i>
---	---	--

	Ch 1	Ch 2
V <sub>1</sub> (mV)	1.5	1.5
V <sub>2</sub> (mV)	3.0	3.0
Peak Centroid <sub>1</sub> (ch)	189.57	177.29
FWHM <sub>1</sub> (ch)	27.96	28.04
Peak Centroid <sub>2</sub> (ch)	380.18	355.05
FWHM <sub>2</sub> (ch)	28.03	28.41
<b>NOISE e<sup>-</sup><sub>rms</sub></b>	1366	1477

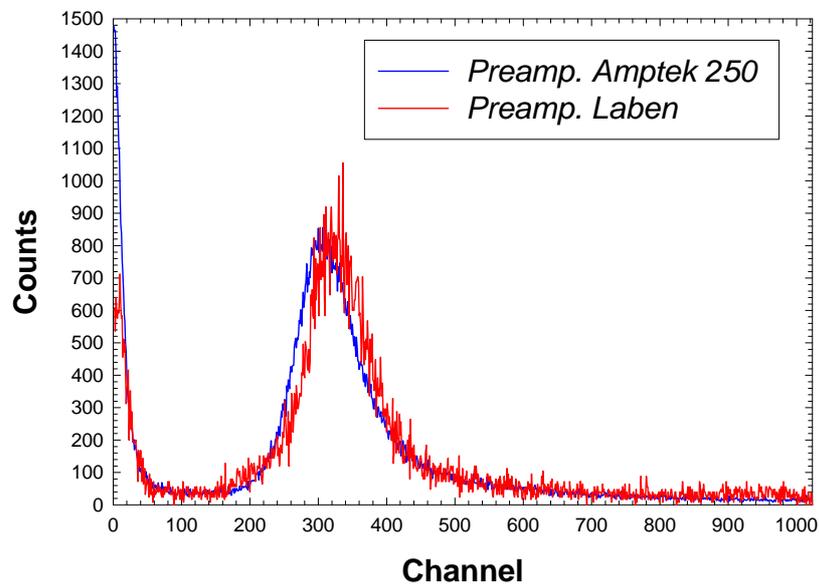
**Noise Ch 1** =  $(3.0 - 1.5)/(380.18 \text{ ch} - 189.57 \text{ ch}) * (28.03 + 27.96)/2 * 6.2 \cdot 10^3 = \mathbf{1366 e^-_{rms}}$

**Noise Ch 2** =  $(3.0 - 1.5)/(355.05 \text{ ch} - 177.29 \text{ ch}) * (28.41 + 28.04)/2 * 6.2 \cdot 10^3 = \mathbf{1477 e^-_{rms}}$

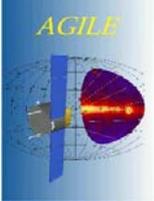
Non è stato possibile testare i CSP "DB2" a causa di oscillazioni introdotte collegando il preamplificatore all'amplificatore tramite un cavo di lunghezza 15 m (chiuso su 50 Ohm).

Nella figura 8 è riportato il confronto tra due spettri ottenuti irraggiando la barra 2 con un fascio collimato di particelle di impulso di 2 GeV/c, acquisendo il segnale con i CSP "Amptek 250" e "Laben":

### Bar 2 Channel 2



**Figura 10.** Spettri ottenuti irraggiando la barra 2 con particelle e utilizzando CSP "Amptek 250" e "Laben".

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 19/38</i>
---	---	--

### 3.2 RISULTATI DELLE CALIBRAZIONI AL CERN

Le misure di calibrazione avevano l'obiettivo di:

- caratterizzare la catena elettronica in termini di offset, guadagno e rumore;
- caratterizzare le barre in termini di uscita luce a circa 1 cm da ogni PD;
- determinare il coefficiente d'attenuazione della luce irraggiando le barre con un fascio collimato di particelle di impulso 2 GeV/c in diverse posizioni rispetto al centro.

Le uscite della catena elettronica di fig. 5 erano contemporaneamente inviate ai due sistemi di acquisizione e memorizzazione dei dati costituiti rispettivamente da:

- un MCA collegato ad un PC attrezzati dall'ITESRE di Bologna per i dati del solo minicalorimetro;
- un CAMAC collegato ad un PC messo a punto dall'INFN di Trieste che è in grado di acquisire i dati del Tracker assieme a quelli del minicalorimetro.

#### 3.2.1 CALIBRAZIONE CON IL SISTEMA D'ACQUISIZIONE DELL'ITESRE

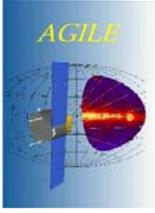
- 1) al **CERN**, con un Precision Pulse Generator all'ingresso del CSP, via una capacità di 2.35 pF, sono stati iniettati tre valori noti di carica che hanno permesso di determinare sia l'offset sia il gain del sistema;
- 2) dopo i test al **CERN**, sono state ripetute nei laboratori del TESRE le misure con l'impulsatore nelle stesse condizioni sperimentali di cui al punto 1 per valutare la stabilità del sistema di misura, inoltre è stata acquisita la misura con la sorgente (non disponibile al CERN) di  $^{241}\text{Am}$  non collimata in corrispondenza dei fotodiodi per la calibrazione in elettroni/canale.

##### 3.2.1.1 GAIN

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati delle misure:

<b>Misure test CERN / Maggio 2000</b>				
	<b>Bar 1</b>		<b>Bar 2</b>	
<b>Misure con Pulser Generator CERN</b>	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
Gain (ch / mV)	$97.15 \pm 0.03$	$97.08 \pm 0.02$	$97.27 \pm 0.03$	$96.85 \pm 0.02$
Offset (ch)	$-4.08 \pm 0.13$	$-3.57 \pm 0.10$	$-4.79 \pm 0.12$	$-3.30 \pm 0.08$
FWHM peak (ch)	$25.58 \pm 0.32$	$21.32 \pm 0.20$	$23.12 \pm 0.20$	$22.16 \pm 0.15$
<b>Misure con Pulser Generator ITESRE</b>				
Gain (ch / mV)	$97.63 \pm 0.01$	$97.09 \pm 0.01$	$96.87 \pm 0.01$	$96.67 \pm 0.01$
Offset (ch)	$-2.98 \pm 0.06$	$-3.45 \pm 0.05$	$-0.79 \pm 0.06$	$-1.46 \pm 0.07$
FWHM peak (ch)	$17.77 \pm 0.13$	$17.19 \pm 0.09$	$18.84 \pm 0.16$	$19.84 \pm 0.16$
<b>Misure con <math>^{241}\text{Am}</math> ITESRE</b>				
59.5 keV peak position – offset (ch)	$138.30 \pm 0.25$	$138.27 \pm 0.34$	$138.59 \pm 0.49$	$137.34 \pm 0.47$
59.5 keV peak width FWHM (ch)	$21.04 \pm 0.78$	$19.90 \pm 1.13$	$22.09 \pm 0.66$	$22.42 \pm 0.85$
Calibrazione ADC (e <sup>-</sup> /ch)	$118.58 \pm 0.21$	$118.61 \pm 0.29$	$118.33 \pm 0.42$	$119.41 \pm 0.41$

**Tabella 7.** Offset, gain e calibrazione in e<sup>-</sup>/ch per le due barre. È riportato il centroide del fotopicco del  $^{241}\text{Am}$  corretto per l'offset.

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 20/38</i>
---	---	--

### 3.2.1.2 NOISE

Viene di seguito riportato il valore del rumore elettronico:

<b>Misure test CERN / Maggio 2000</b>				
	<b>Bar 1</b>		<b>Bar 2</b>	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
<i>Pulse Generator CERN( e<sup>-</sup> rms)</i>	1291 ± 18	1076 ± 13	1164 ± 14	1126 ± 12
<i>Pulse Generator after CERN ( e<sup>-</sup> rms)</i>	897 ± 8	868 ± 7	949 ± 11	1008 ± 12
<i><sup>241</sup>Am after CERN ( e<sup>-</sup> rms)</i>	1062 ± 41	1004 ± 59	1112 ± 37	1139 ± 47

**Tabella 8.** Noise calcolato sia con i picchi dell'impulsatore sia con il picco a 59.5 keV del <sup>241</sup>Am.

Dal confronto tra le misure acquisite al CERN e quelle effettuate successivamente nel laboratorio del TESRE, si può concludere che il sistema si è mantenuto stabile nonostante il trasporto, ma al CERN è risultato più rumoroso.

### 3.2.1.3 USCITA LUCE

Per calcolare l'uscita luce a 1 cm da ogni fotodiodo le barre sono state irraggiate al CERN con una sorgente collimata (spot = 2 mm) di <sup>137</sup>Cs che emette fotoni di 662 keV.

Nella tabella 9 è riportato il canale del centroide e il FWHM del fotopicco:

<b>Misure test CERN / Maggio 2000</b>				
	<b>Bar 1</b>		<b>Bar 2</b>	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
<sup>137</sup> Cs Peak Centroid	83.87 ± 0.50	83.00±0.48	94.18±0.18	71.35±0.14
<sup>137</sup> Cs Peak Centroid - offset	87.95 ± 0.63	86.57±0.58	98.97±0.30	74.65±0.22
<sup>137</sup> Cs Peak FWHM	26.01 ± 1.69	23.68±1.97	25.89±0.49	22.83±0.59

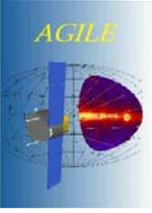
**Tabella 9.** Parametri del fotopicco a 662 keV del <sup>137</sup>Cs.

Utilizzando la calibrazione in e<sup>-</sup>/canali precedentemente calcolata, l'uscita luce a 1 cm da ogni PD è:

<b>Misure test CERN / Maggio 2000</b>				
	<b>Bar 1</b>		<b>Bar 2</b>	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
Uscita luce a 1 cm dal PD in e <sup>-</sup> /keV	15.75±0.14	15.51±0.14	17.69±0.12	13.47±0.09

**Tabella 10.** Uscita Luce in e<sup>-</sup>/keV.

I valori di uscita luce riportati nella tabella 10 sono in buon accordo con quelli misurati precedentemente all'ITESTRE e riportati nella tabella 2 del paragrafo 2.4.1, mentre dal confronto

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 21/38</i>
---	---	--

con le misure effettuate sulle due barre nel settembre 1999, che riportiamo nella tabella seguente, notiamo una piccola discordanza fra i valori calcolati.

<b>Misure test Tesre / Settembre 1999</b>				
	Bar 1		Bar 2	
	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
Uscita luce con $^{22}\text{Na}$ a 1 cm dal PD	$14.95 \pm 0.31$	$14.97 \pm 0.23$	$16.86 \pm 0.30$	$15.67 \pm 0.30$

**Tabella 11.** Uscita luce vista dai vari PD in e<sup>-</sup>/keV.

### 3.2.1.4 ATTENUAZIONE DELLA LUCE

È stata eseguita una scansione con il fascio collimato (4x4 cm) di particelle (p,  $\pi^{+/-}$ ,  $e^{+/-}$ ) di impulso 2 GeV/c solo sulla barra 1 poiché era quella che presentava le migliori prestazioni. La barra è stata irraggiata a diverse distanze dal suo centro mediante successivi spostamenti per mezzo di un sistema remoto di movimentazione dotato di una precisione di 200 micron. Lo spettro delle particelle è stato fittato con una distribuzione asimmetrica Pearson IV utilizzando il programma TableCurve 2D. Nella seguente tabella sono riportati i centroidi, corretti per l'offset, dei picchi corrispondenti alle varie posizioni:

Distance source - PD (cm)	Bar 1	
	Peak Centroid (channel)	
	PD 3	PD 4
19	$544.78 \pm 1.07$	$214.56 \pm 0.57$
17	$519.02 \pm 0.90$	$225.47 \pm 0.52$
15	$482.14 \pm 1.40$	$234.09 \pm 0.73$
12	$427.84 \pm 0.97$	$252.90 \pm 0.67$
8	$380.47 \pm 0.40$	$279.95 \pm 0.29$
4	$339.45 \pm 0.90$	$319.68 \pm 0.88$
0	$315.09 \pm 0.33$	$349.49 \pm 0.34$
-8	$254.78 \pm 0.59$	$441.16 \pm 0.7$
-10	$240.88 \pm 0.70$	$469.36 \pm 1.06$
-12	$225.60 \pm 0.32$	$494.28 \pm 0.39$

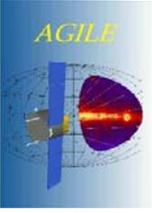
**Tabella 12.** Centroide del picco in funzione della distanza dal centro della barra 1. (dati ottenuti con il sistema di acquisizione ITESRE)

Il coefficiente d'attenuazione  $\alpha$  della luce è stato calcolato fittando con una semplice funzione esponenziale  $y = a \exp(-x/b)$  i centroidi della tabella 12 in funzione della posizione, dove  $\alpha = 1/b$ :

<b>Misure con particelle cariche</b>		
	Bar 1	
	PD 3	PD 4
<b>Coeff. di attenuazione <math>\alpha</math> (cm<sup>-1</sup>)</b>	$0.029 \pm 0.003^*$	$0.028 \pm 0.001^*$

**Tabella 13.** Coefficienti d'attenuazione della barra 1.

\*  $3\sigma$

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 22/38</i>
---	---	--

### 3.2.2 CALIBRAZIONI CON ACQUISIZIONE TRACKER

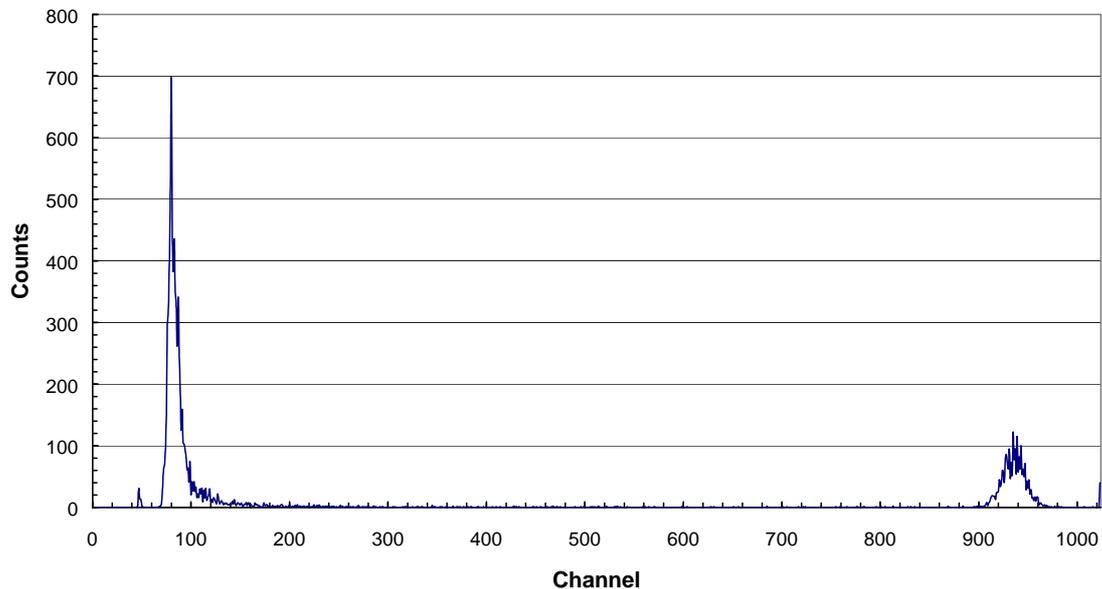
Per calibrare l'ADC del sistema d'acquisizione del Tracker con un Precision Pulse Generator all'ingresso del CSP, via una capacità di 2.35 pF, sono stati iniettati tre valori noti di carica per determinare l'offset e il gain.

Le barre sono state illuminate con la sorgente di  $^{137}\text{Cs}$  a 1 cm da ogni PD, i fotopicchi sono fittati con una distribuzione gaussiana su una linea di base quadratica e il centroide corretto per l'offset.

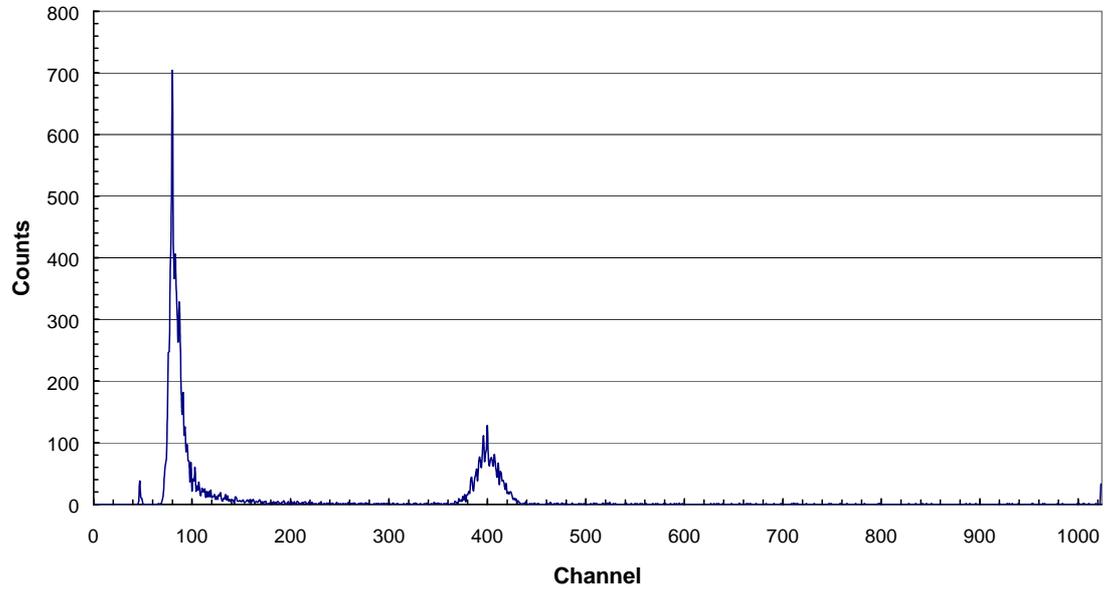
<b>Misure test CERN / Maggio 2000</b>				
<i>Misure con Pulse Generator CERN</i>	PD 3	PD 4	PD 1	PD 2
Gain (ch / mV)	118.91±0.13	118.77±0.1	119.23±0.12	118.49±0.11
Offset (ch)	44.06± 0.65	44.85±0.44	45.28± 0.58	45.42±0.5
FWHM peak (ch)	29.73± 1.46	26.89± 1.15	29.20± 1.23	26± 0.97
<i>Misure con <math>^{137}\text{Cs}</math> – offset CERN</i>	103.91±2.42	107.39±1.74	116.10±1.84	86.37±6.17

**Tabella 14.** Offset, gain e centroide del fotopicco a 662 keV corretto per l'offset delle due barre prototipo con il sistema d'acquisizione del tracker.

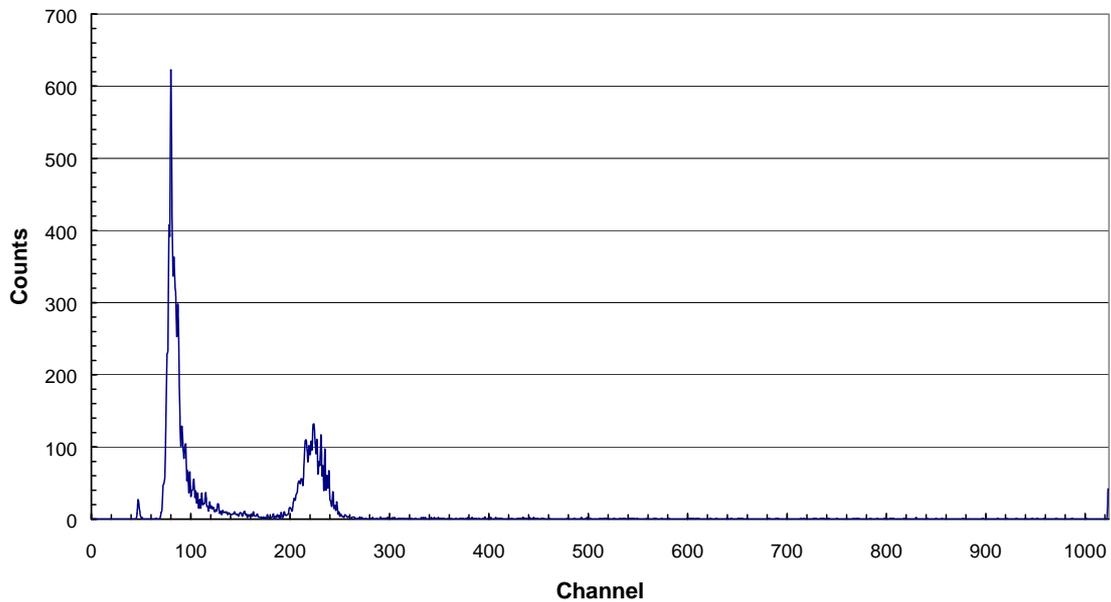
Nelle figure seguenti sono riportati gli spettri dell'impulsatore e del  $^{137}\text{Cs}$  relativi alla barra 1 canale 4:



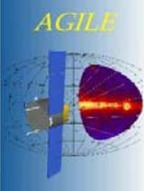
**Figura 11.** Attenuazione 20.

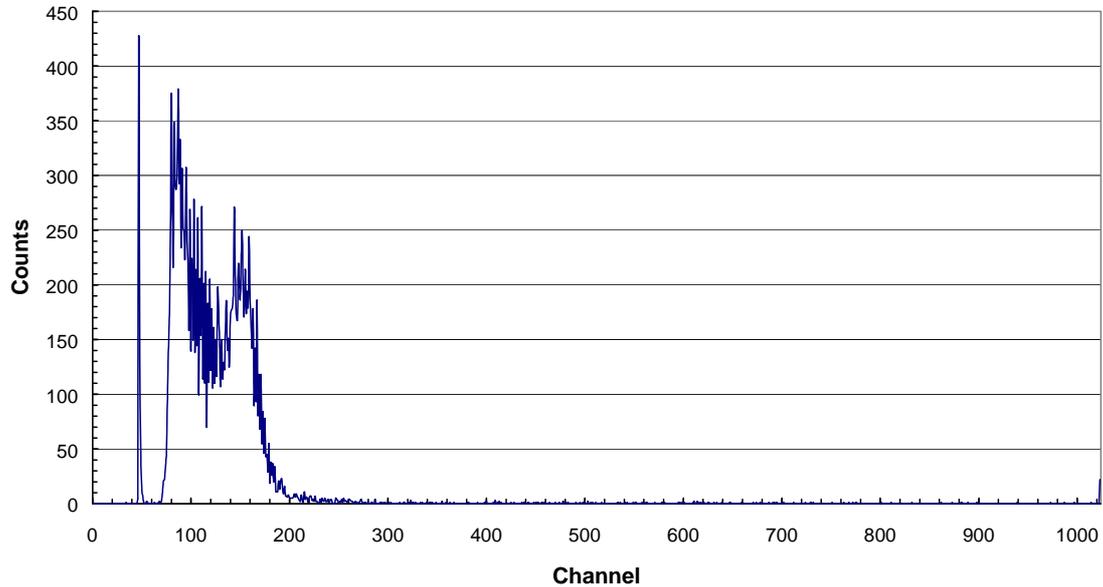


**Figura 12.** Attenuazione 50.



**Figura 13.** Attenuazione 100.

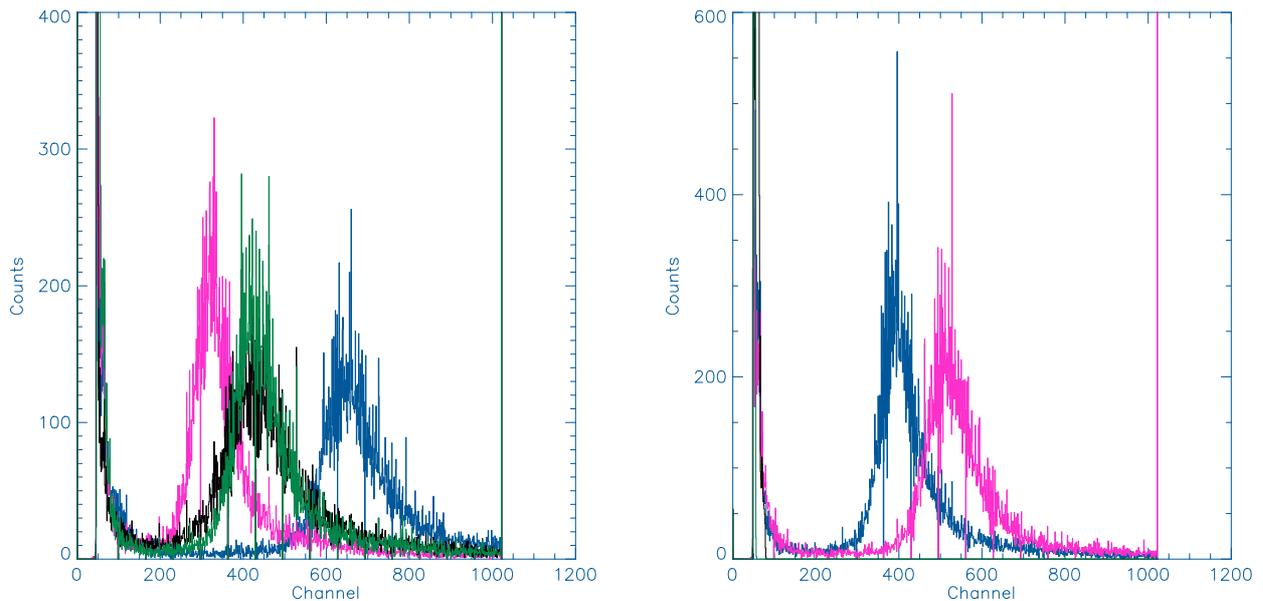
 <p><b>AGILE</b> <b>TESRE</b></p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 24/38</i></p>
---	---	---



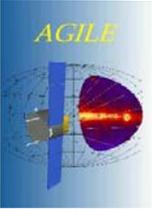
**Figura 14.** Spettro di  $^{137}\text{Cs}$ .

### 3.2.2.1. ATTENUAZIONE DELLA LUCE

Le misure della scansione descritta nel paragrafo 3.2.1.4 sono state acquisite in parallelo con il sistema del tracker. Nella figura 15 sono riportati gli spettri delle particelle ottenuti irraggiando la barra 1 in due diverse posizioni rispetto al suo centro: a sinistra è riportato lo spettro a  $-12\text{ cm}$ , gli spettri in verde e nero sono quelli della barra 2 illuminata nel suo centro, e a destra è riportato lo spettro della barra 1 acquisito irraggiando il cristallo a  $+8\text{ cm}$  dal centro della barra.



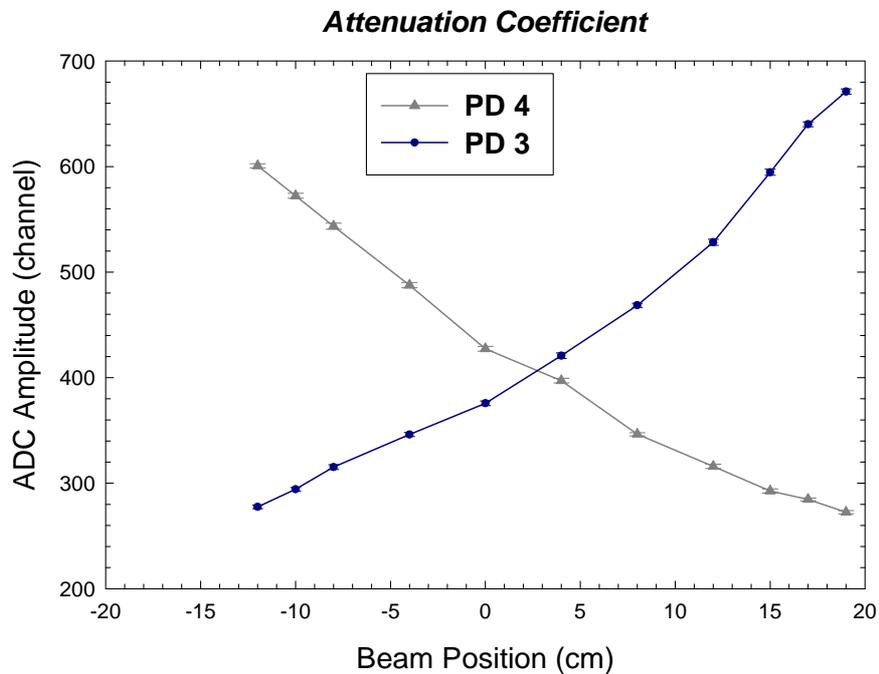
**Figura 15.** Spettro delle particelle: in blu è plottato il segnale raccolto dal PD 4 e in fucsia dal PD 3 della barra 1, in verde e nero sono riportati i segnali raccolti dai singoli PD della barra 2.

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 25/38</i>
---	---	--

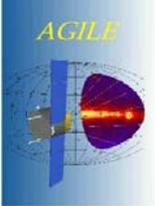
Nella tabella sono riportati i centroidi, corretti per l'offset, dei picchi corrispondenti alle varie posizioni e nella figura 16 è riportato il relativo grafico:

ADC Tracker	Bar 1	
	Peak Centroid (channel)	
	PD 3	PD 4
Distance source - PD (cm)		
19	670.99±2.48	272.48±1.50
17	640.03±2.32	284.58±1.34
15	594.54±2.94	292.59±1.96
12	528.20±2.87	315.98±2.02
8	468.48±2.03	346.30±1.51
4	420.77±2.63	397.11±2.24
0	375.71±2.16	427.33±2.27
-4	346.14±1.92	487.56±2.54
-8	315.28±2.28	543.52±2.83
-10	294.19±1.72	572.28±2.39
-12	277.50±1.65	600.62±1.99

**Tabella 15.** Canale del centroide del picco calcolato per diverse distanze dal centro della barra 1.



**Figura 16.** Attenuazione della luce.

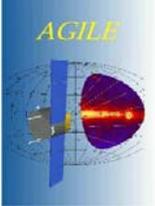
 <p><b>AGILE</b> <b>TESRE</b></p>	<p><b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b></p>	<p><i>Ref:Ref#</i></p> <p><i>Issue:</i></p> <p><i>Date:</i></p> <p><i>page: 26/38</i></p>
---	---	---

Il coefficiente d'attenuazione  $\alpha$  ha i seguenti valori:

	Light Attenuation Coefficient (cm <sup>-1</sup> )	
<b>Misure con particelle</b>	<b>Bar 1</b>	
fit con $y = a \exp(-x / b)$	PD 3	PD 4
$\alpha = 1/b:$	0.029±0.002*	0.026±0.001*

**Tabella 16.** Coefficienti d'attenuazione della barra 1 determinati con particelle acquisendo con il sistema del tracker. Si noti il confronto con la tabella 13.

\* 3  $\sigma$

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 27/38</i>
---	---	--

#### 4. CALIBRAZIONE IN ENERGIA A 1 cm DAL PD

La calibrazione a 1 cm che permette di convertire i canali corrispondenti al segnale di un PD in energia è stata eseguita determinando la seguente retta di calibrazione:

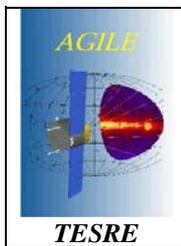
$$\text{Energia} = a + b \cdot \text{canali}$$

Che passa per i punti: (offset, 0 keV)  
(centroide, 662 keV)

dove si è considerato il centroide del  $^{137}\text{Cs}$  a 1 cm da ogni fotodiode. I risultati della calibrazione sono riportati nella seguente tabella per la barra 1, mentre non è stata considerata la barra 2 poiché è stato verificato che un contatto ottico è degradato e, quindi, è necessario rincollare i fotodiode:

Barra	keV/channel
Canale 3	6.4
Canale 4	6.2

**Tabella 17.** Calibrazione in energia della barra 1.



## MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE TEST BEAM MAY 2000

Ref:Ref#

Issue:

Date:

page: 28/38

### 5. RICOSTRUZIONE IN POSIZIONE ED ENERGIA LUNGO LA BARRA

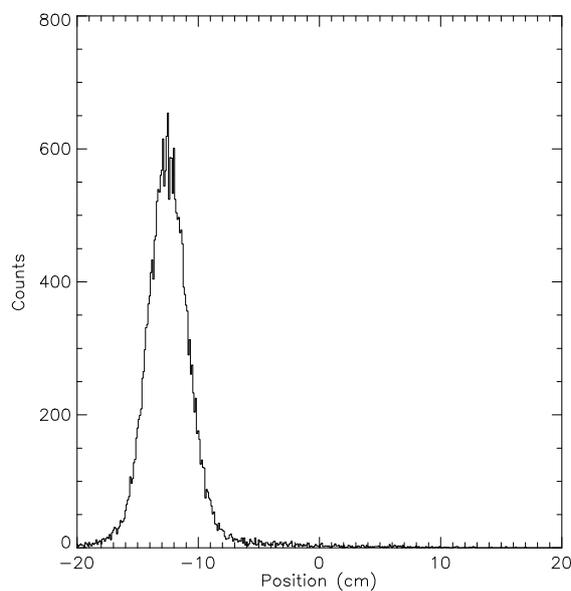
#### 5.1 RICOSTRUZIONE IN POSIZIONE

Di seguito vengono riportati alcuni risultati della ricostruzione in posizione per la sbarra 1 ottenuti utilizzando il seguente algoritmo:

$$x = \frac{1}{2\alpha} \ln \frac{n_1}{n_2} \quad \alpha = 0.028 \text{ cm}^{-1}, n_1 \text{ e } n_2 = \text{segnali rivelati da ciascun fotodiode}$$

Posizione motore dal centro: -12 cm

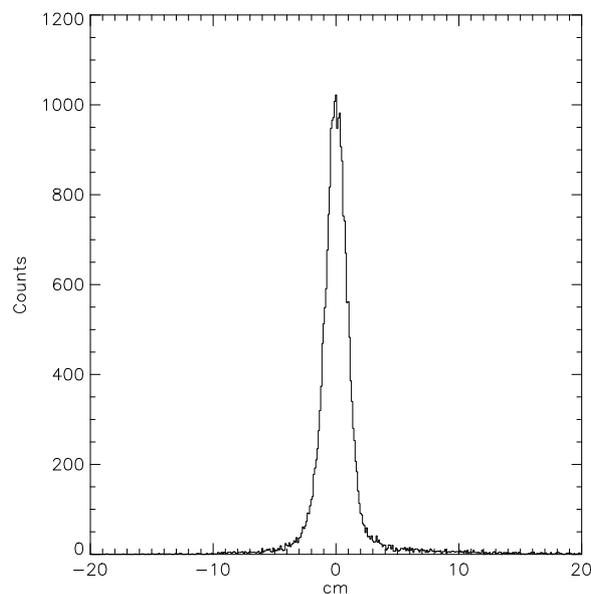
Posizione ricostruita: -12.24 cm

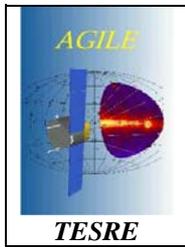


Scarto tra la posizione ricostruita e quella estrapolata (vedi rapporto interno n.278)

Centroide = 0.00 cm

Sigma = 0.82 cm





**MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE  
TEST BEAM MAY 2000**

*Ref:Ref#*

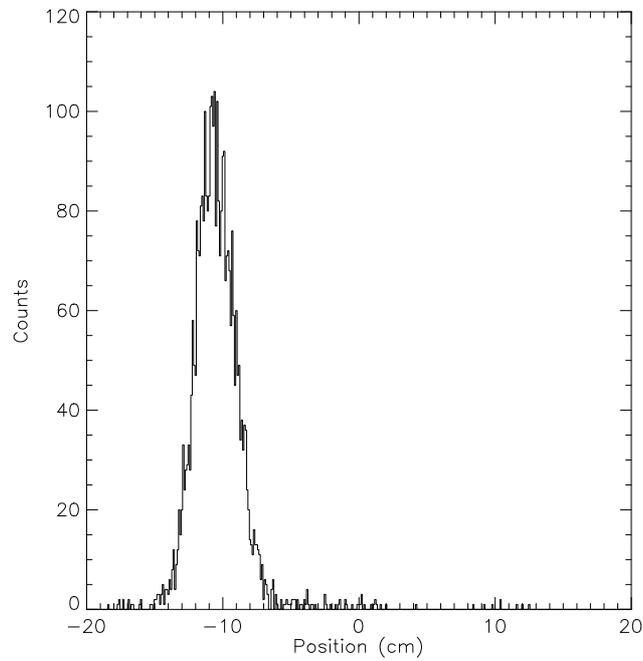
*Issue:*

*Date:*

*page: 29/38*

Posizione motore: -10 cm

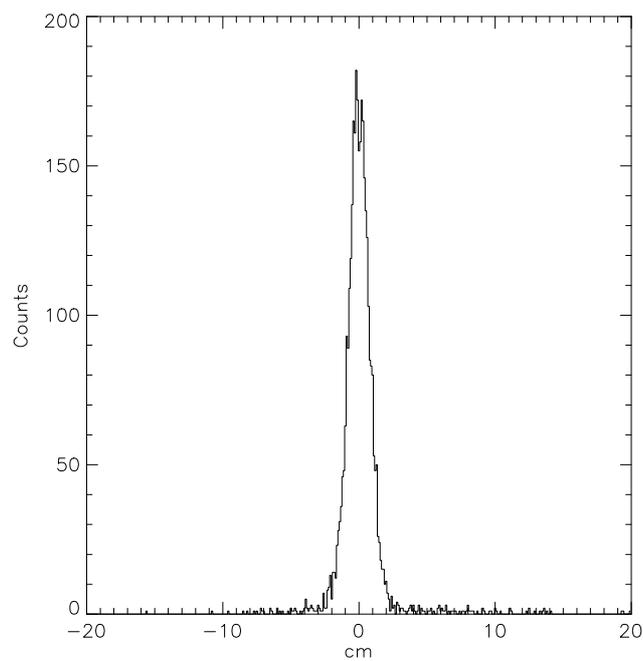
Posizione ricostruita: -10.38 cm

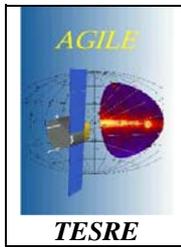


Scarto tra la posizione ricostruita e quella estrapolata

Centroide = 0.00 cm

Sigma = 0.72 cm





**MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE  
TEST BEAM MAY 2000**

*Ref:Ref#*

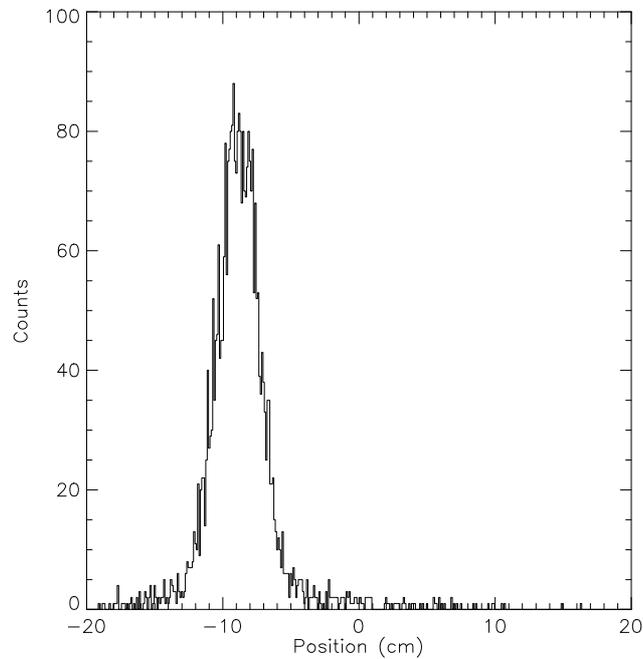
*Issue:*

*Date:*

*page: 30/38*

Posizione motore: -8 cm

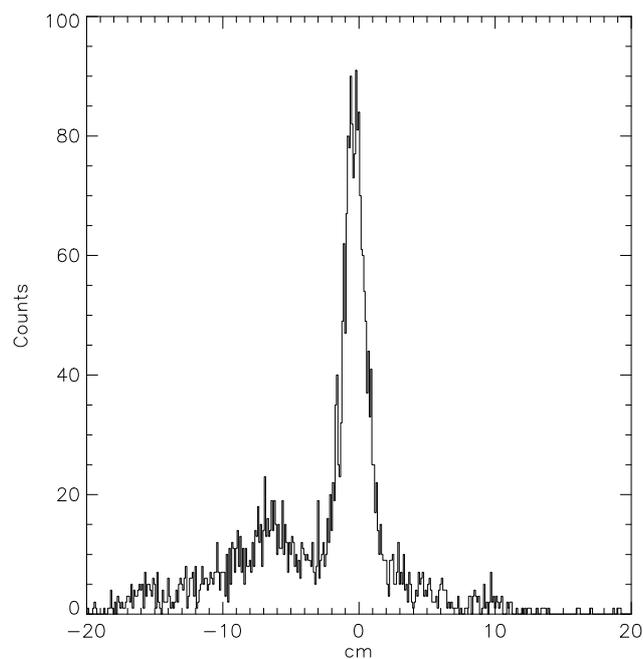
Posizione ricostruita: -8.62

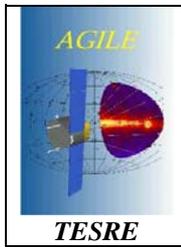


Scarto tra la posizione ricostruita e quella estrapolata

Centroide = - 0.36 cm

Sigma = 0.71 cm





**MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE  
TEST BEAM MAY 2000**

*Ref:Ref#*

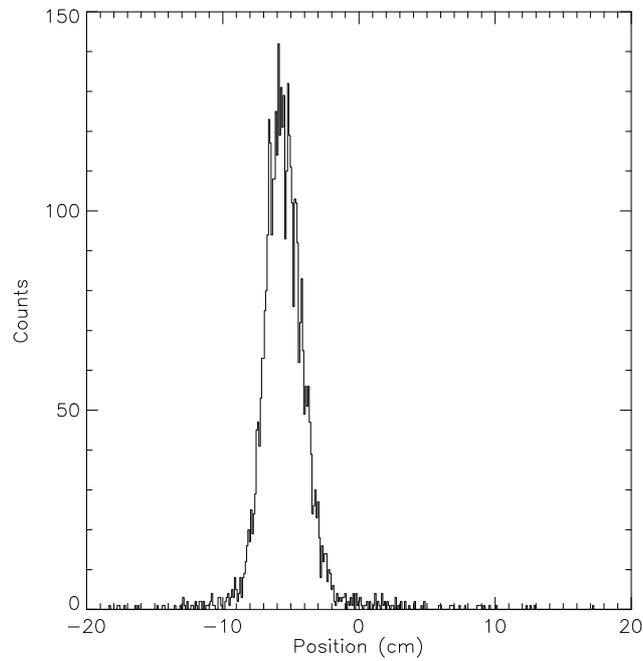
*Issue:*

*Date:*

*page: 31/38*

Posizione motore: -5 cm

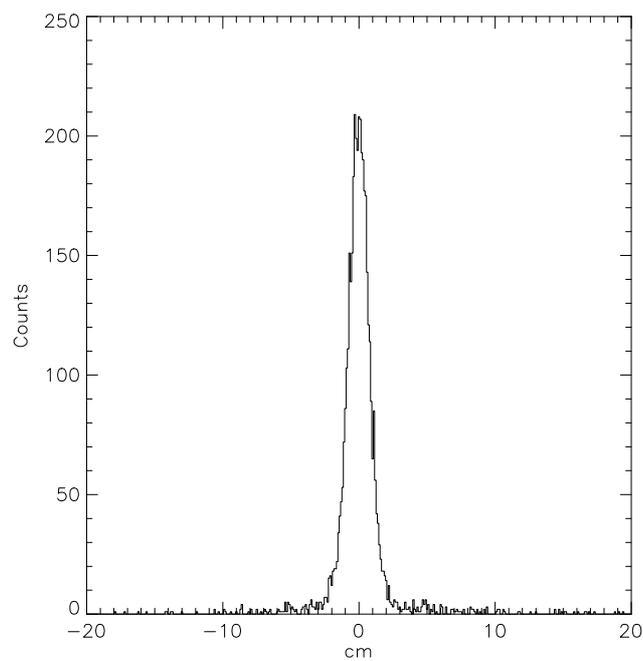
Posizione ricostruita: -5.43 cm

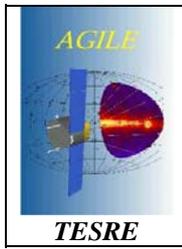


Scarto tra la posizione ricostruita e quella estrapolata

Centroide = 0.00 cm

Sigma = 0.73 cm





**MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE  
TEST BEAM MAY 2000**

*Ref:Ref#*

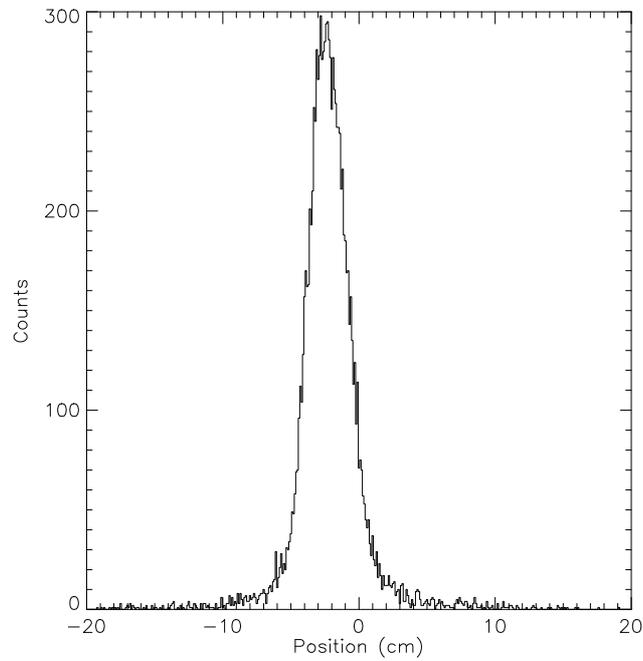
*Issue:*

*Date:*

*page: 32/38*

Posizione motore: 0.00 cm

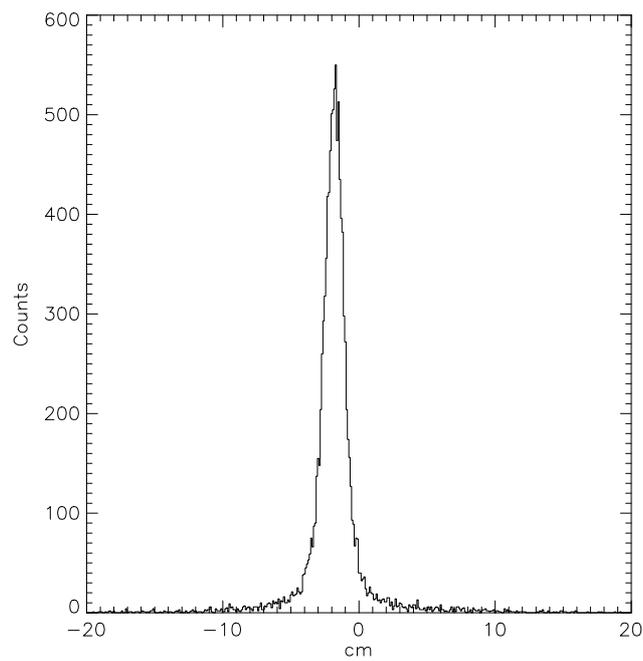
Posizione ricostruita: -2.18 cm

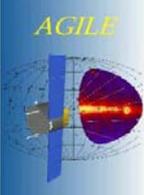


Scarto tra la posizione ricostruita e quella estrapolata

Centroide = -1.76 cm

Sigma = 0.72 cm



 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 33/38</i>
---	---	--

<b>Barra 1 POSIZIONE RICOSTRUITA</b>	
<i>Algoritmo con alfa uguali (2 GeV/c)</i>	
Posizione motore (cm)	x medio (cm)
-12	-12.24
-10	-10.38
-8	-8.62
-5	-5.43
0	-2.18

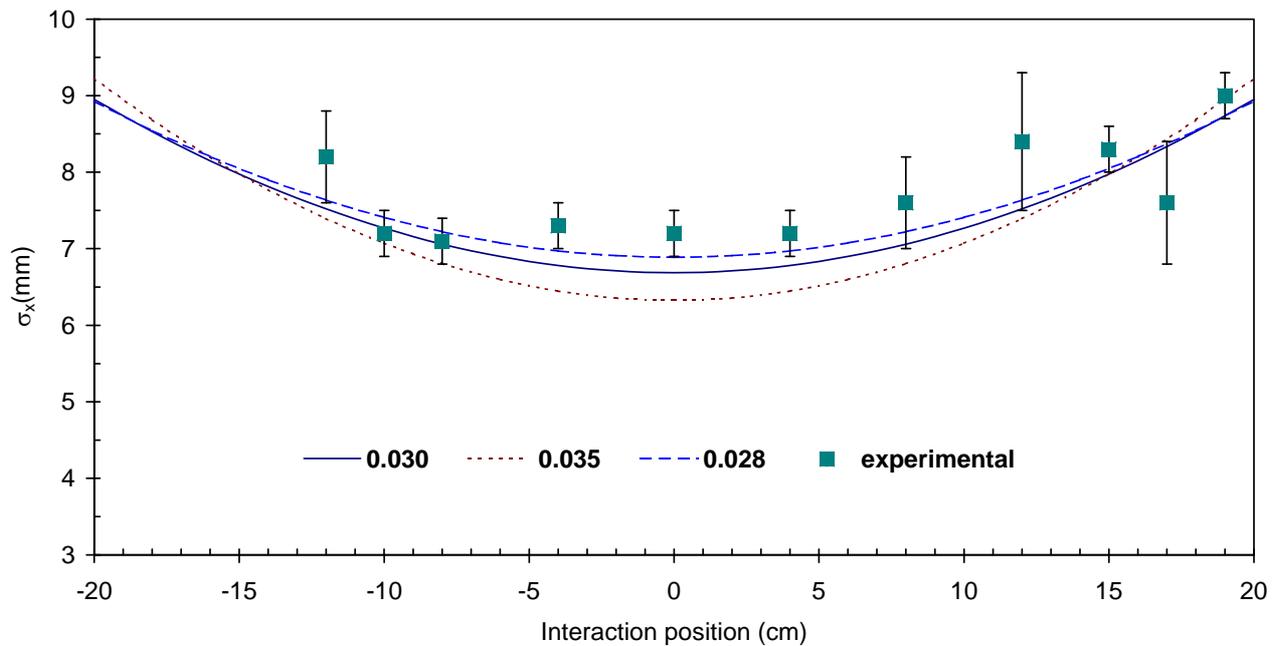
**Tabella 18.** Nella prima colonna è riportata la posizione del fascio e nella seconda la posizione media della distribuzione ottenuta dalla ricostruzione della posizione del fascio di particelle di 2 GeV/c interagente con la barra 1.

<b>Barra 1 SCARTO TRA POSIZIONE BO E TS</b>	
<i>Algoritmo con alfa uguali (2 GeV/c)</i>	
Centroide (cm)	$\sigma$ (cm)
0.00	0.82
0.00	0.72
- 0.36	0.71
0.00	0.73
-1.76	0.72
0.61	0.72
0.37	0.76
0.49	0.84
0.00	0.83
0.22	0.76
0.92	0.90

**Tabella 19.** Centroide e sigma della distribuzione ottenuta calcolando lo scarto tra la posizione ricostruita e quella estrapolata con il metodo descritto nel rapporto interno n. 278 per tutta la scansione.

Nella figura seguente è riportato il confronto tra la risoluzione spaziale teorica e quella sperimentale per un deposito d'energia nella barra di 5 MeV. La risoluzione spaziale attesa è stata calcolata per tre valori d'attenuazione, assumendo un'uscita luce di 15 e<sup>-</sup>/keV ed un rumore elettronico di 1150 e<sup>-</sup><sub>rms</sub>, mentre quella sperimentale è determinata assumendo  $\alpha=0.028 \text{ cm}^{-1}$ .

$\sigma_x$  @ 5 MeV for different light attenuation coefficients  
and electronic noise of 1150 e<sup>-</sup><sub>rms</sub>



**Figura 17.** Confronto tra la risoluzione spaziale sperimentale ed attesa per un'energia depositata di 5 MeV. Gli errori sono calcolati a 3  $\sigma$ .

Si può concludere che la risoluzione spaziale ( $\sigma_x$ ) ricavata dai dati sperimentali è in accordo con quella teorica.

## 5.2 RICOSTRUZIONE IN ENERGIA

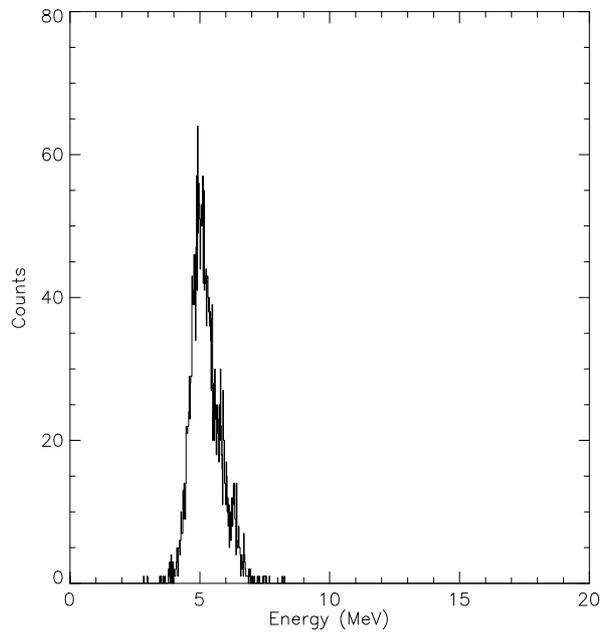
Viene riportato un esempio della ricostruzione in energia ottenuta utilizzando il seguente algoritmo:

$$E = \frac{2e^{\frac{\alpha L}{2}}}{g} \sqrt{n_1 n_2}$$

dove:

$\alpha$  = coefficiente d'attenuazione: 0.028 cm<sup>-1</sup>

$g$  = uscita luce: 15 e<sup>-</sup>/keV

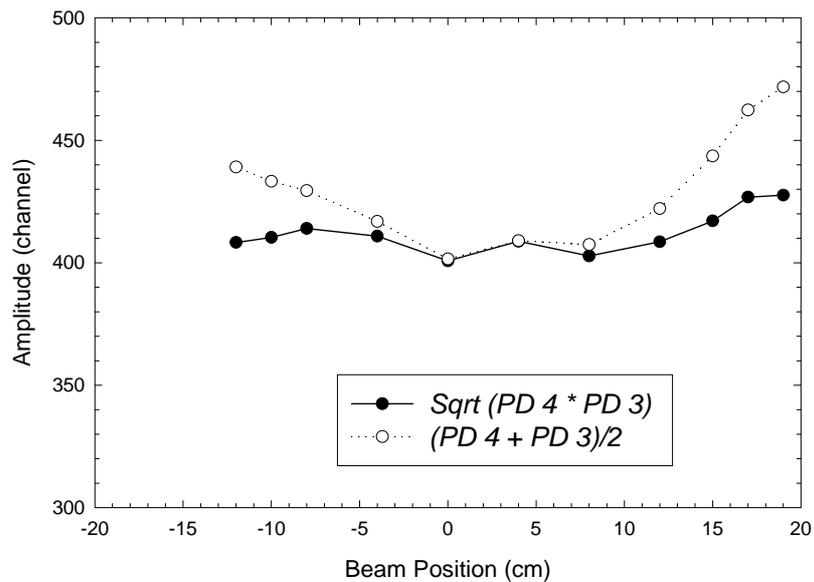


**Figura 18.** L'energia ricostruita è di circa 5 MeV.

Nella seguente figura è riportata l'energia (in canali) calcolata con due metodi approssimati:

- la radice quadrata del prodotto dei segnali;
- la media dei segnali.

Sum of Ends of Csl bar



**Figura 19.** Calcolo dell'energia in canali.

Si può notare un migliore accordo della valutazione dell'energia eseguita con la radice quadrata del prodotto dei segnali.

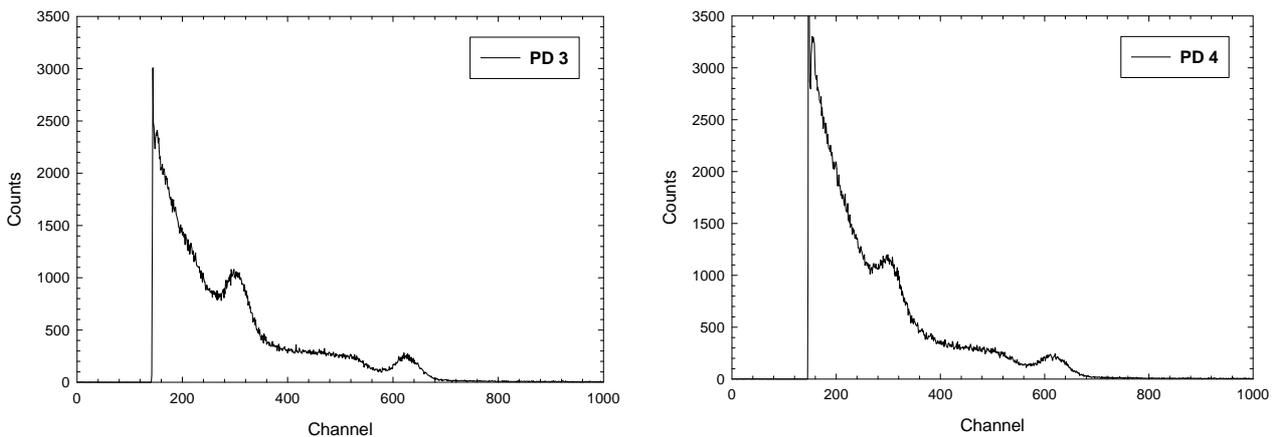
## 6. MISURE DI STABILITÀ DELLA BARRA 1

Nel Settembre 2000 la barra 1 è stata caratterizzata impiegando una sorgente di  $^{88}\text{Y}$  per verificare la stabilità delle performances nel tempo.

Nella figura seguente sono riportati gli spettri relativi al canale 3 e 4:

Spettro del  $^{88}\text{Y}$  a 1 cm da PD 3

Spettro del  $^{88}\text{Y}$  a 1 cm da PD 4

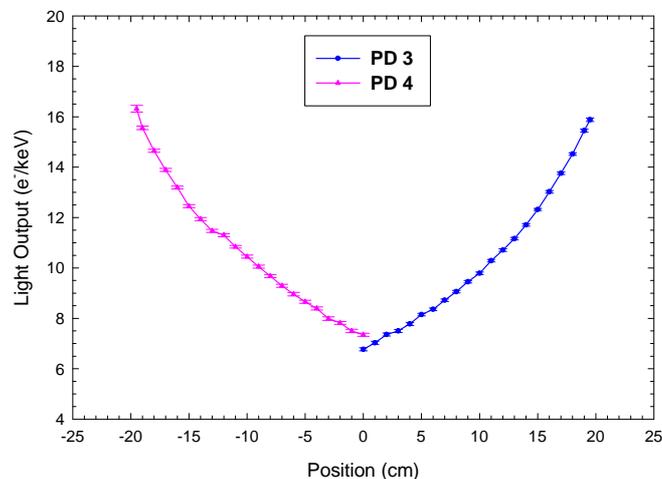


**Figura 20.** Spettri acquisiti irraggiando la barra 1 con una sorgente di  $^{88}\text{Y}$  a 1 cm da ogni fotodiode.

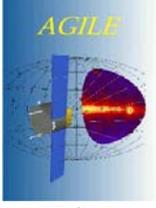
E' stata eseguita una scansione in posizione irraggiando la barra 1 da 0.5 cm a 20 cm da ogni fotodiode al fine di:

- verificare la stabilità nel tempo delle prestazioni della barra in termini di uscita luce a 1 cm dal PD e coefficiente d'attenuazione;
- indagare il comportamento della raccolta di luce lungo tutta la barra, in particolare nei primi 5 cm dal PD.

Nella figura 21 è riportato il grafico dell'uscita luce in funzione della distanza dal PD per i due lati della barra. Il centro della barra è stato considerato come l'origine del sistema di riferimento:



**Figura 21.** Uscita luce ottenuta irraggiando la barra con la sorgente di  $^{88}\text{Y}$ .

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 37/38</i>
---	---	--

Nelle due tabelle seguenti vengono riportati i valori di uscita luce con i relativi errori per ogni distanza dal PD e i valori dei coefficienti d'attenuazione:

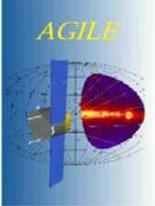
Distance source - PD (cm)	Light Output (e <sup>-</sup> /keV)	
	Bar 1	
	PD 3	PD 4
0.5	15.88±0.07	16.32±0.13
1	15.45±0.06	15.56±0.07
2	14.52±0.05	14.65±0.06
3	13.76±0.05	13.89±0.06
4	13.02±0.05	13.19±0.06
5	12.32±0.04	12.45±0.06
6	11.71±0.05	11.94±0.06
7	11.16±0.05	11.47±0.06
8	10.71±0.05	11.30±0.06
9	10.29±0.05	10.84±0.05
10	9.79±0.05	10.45±0.06
11	9.45±0.05	10.05±0.06
12	9.06±0.05	9.68±0.06
13	8.72±0.05	9.29±0.06
14	8.36±0.05	8.96±0.07
15	8.15±0.05	8.66±0.06
16	7.78±0.06	8.39±0.06
17	7.50±0.06	7.99±0.07
18	7.36±0.06	7.82±0.06
19	7.03±0.06	7.50±0.07
20	6.77±0.06	7.35±0.06

**Tabella 20.** Uscita Luce prodotta dai fotoni  $\gamma$  di 1836 keV del  $^{88}\text{Y}$  a diverse distanze dal PD.

	Light Attenuation Coefficient (cm <sup>-1</sup> )	
	Bar 1	
	PD 3	PD 4
<b>Misure con <math>\gamma</math> (<math>^{88}\text{Y}</math>)</b>		
<b><math>\alpha</math> (5-20 cm)</b>	0.040 ± 0.002	0.036 ± 0.001

**Tabella 21.** Coefficienti d'attenuazione della luce. Il best fit è stato eseguito considerando tutte le posizioni comprese tra 5 cm e 20 cm dal fotodiodo. Gli errori sono calcolati a  $3\sigma$ .

Si può notare il perfetto accordo con i valori della tabella 5.

 <p>AGILE TESRE</p>	<b>MINICALORIMETRO PER LA MISSIONE AGILE</b> <b>TEST BEAM MAY 2000</b>	<i>Ref:Ref#</i>  <i>Issue:</i> <i>Date:</i> <i>page: 38/38</i>
---	---	--

## Appendice A

Per il calcolo dell'errore sul gain e sull'offset si veda il rapporto interno n. 278.

L'errore assoluto da associare alla calibrazione  $CAL=e^-/ch$  è stato calcolato mediante la seguente formula:

$$\delta_{CAL} = \frac{16400}{(Centr.^{241}Am)^2} \delta_{Centr.}$$

L'errore relativo da associare al rumore elettronico N è stato calcolato mediante la seguente formula:

$$\frac{\delta N}{N} = \left( \frac{\delta FWHM}{FWHM} + \frac{\delta_{CAL}}{CAL} \right)$$

L'errore relativo da associare all'uscita luce UL è stato calcolato mediante la seguente formula:

$$\frac{\delta_{UL}}{UL} = \left( \frac{\delta_{centr.^{132}Cs}}{Centr.^{137}Cs} + \frac{\delta_{CAL}}{CAL} \right)$$

L'errore associato al coefficiente di attenuazione alfa è una stima di quanto i dati sperimentali si adattano alla funzione esponenziale considerata.