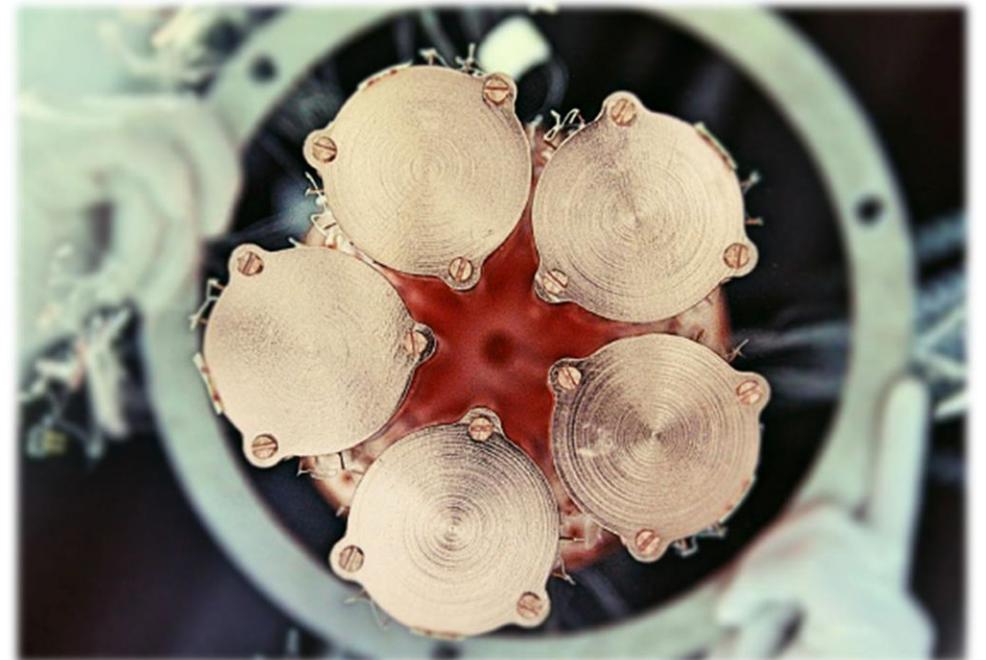


# Primi risultati della ricerca del decadimento doppio beta con CUPID-0

Elisabetta Bossio  
per la Collaborazione CUPID-0

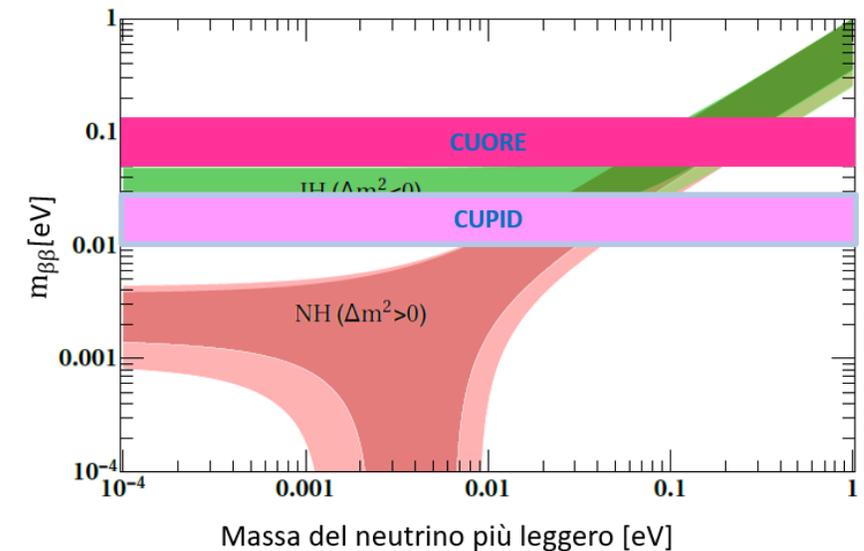


# CUPID-0 per CUPID (Cuore Upgrade with Particle ID)

**Cupid:** esperimento bolometrico per la ricerca del  $0\nu\beta\beta$ . **Obiettivo:** raggiungere una sensibilità su  $m_{\beta\beta}$  di  $\sim 10$  meV.

Sensibilità di un esperimento  $\rightarrow$  Sfide tecniche

- Numero di emettitori  $\beta\beta$   $\rightarrow$  massa del rivelatore dell'ordine di 100kg/1ton
- Livello di fondo al Q-valore  $\rightarrow$  fondo vicino a zero per un'esposizione dell'ordine di ton·anno
- Risoluzione energetica  $\rightarrow$  regione di interesse (ROI) dell'ordine di qualche keV intorno al Q-valore



**L'esperienza di CUORE:** Buona risoluzione e grande massa ottenibili con bolometri.

**Limite:** fondo  $\alpha$

**Cupid-0:** primo dimostratore di CUPID, ma anche esperimento competitivo per la ricerca del decadimento  $0\nu\beta\beta$  del  $^{82}\text{Se}$

# Bolometri scintillanti

- Un **bolometro** è un cristallo usato come calorimetro in condizioni criogeniche ( $T \sim 10mK$ ).

Interazione della  
particella col cristallo



Rilascio di energia E

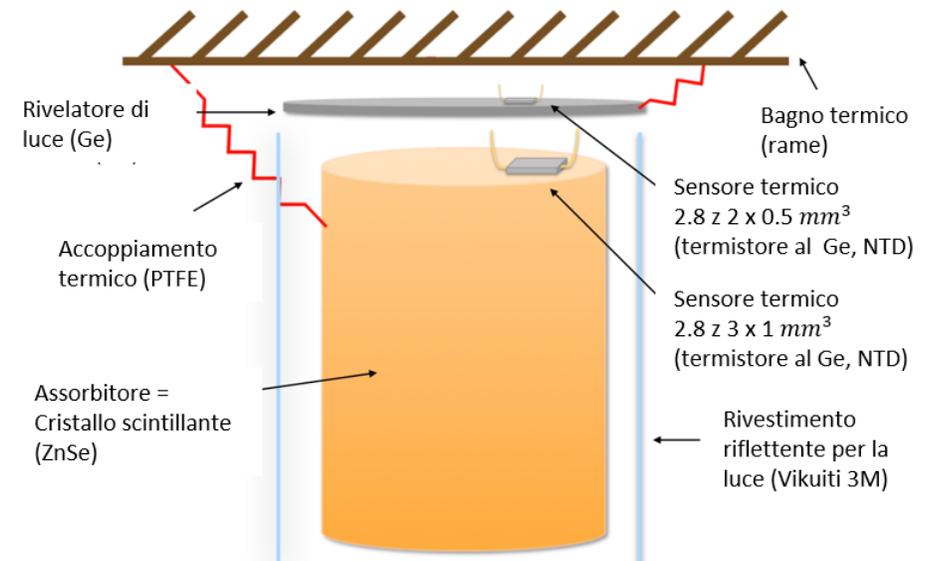


Aumento della temperatura  
T del bolometro

- Se il cristallo è anche un buono **scintillatore** l'energia viene depositata sia come **calore** che, in quantità minore, come **luce**.

## Vantaggi:

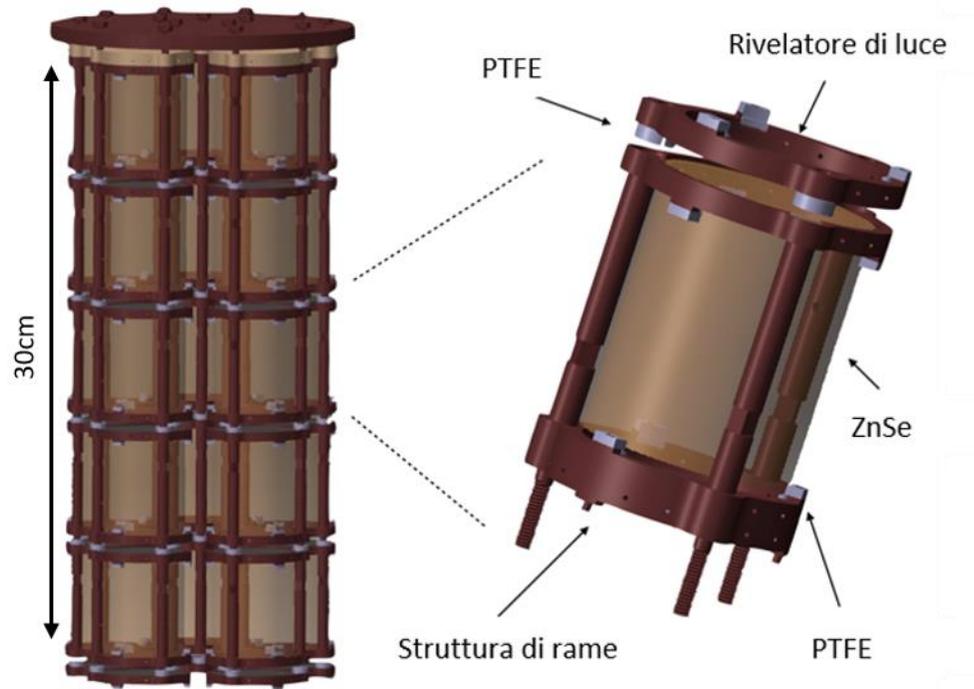
- Ottima risoluzione energetica  $O(1/1000)$
- Alta efficienza di rivelazione grazie all'uso della sorgente stessa come rivelatore ( $\epsilon > 80\%$ )
- Possibilità di costruire rivelatori di grande massa
- Possibilità di scegliere un isotopo con alto Q-valore
- Identificazione delle particelle



Possibilità di un esperimento con fondo nullo:  
discriminare fondo  $\alpha$  & ridurre fondo  $\beta/\gamma$

# CUPID-0: Il rivelatore

CUPID-0 è il primo rivelatore di bolometri scintillanti per la ricerca dello  $0\nu\beta\beta$  del  $^{82}\text{Se}$ , installato nei laboratori sotterranei del Gran Sasso



## Ciascun modulo:

- Struttura di rame
- Supporti in PTFE
- Foglio riflettente (VIKUITI 3M): per massimizzare l'efficienza di raccolta della luce

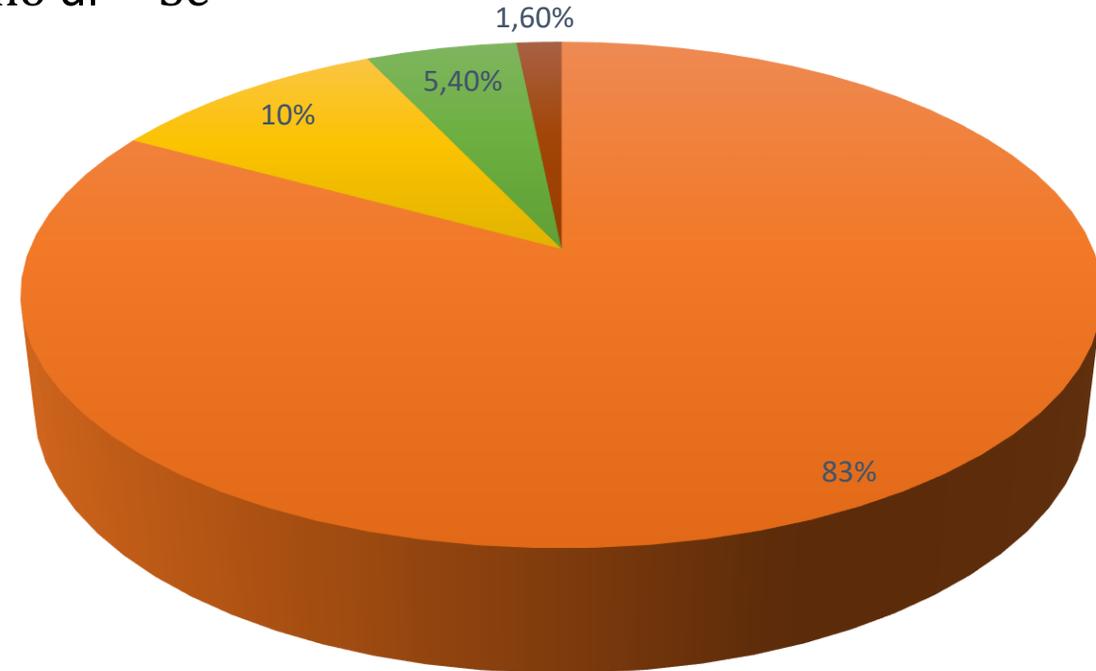
Q-valore del  $^{82}\text{Se}$  =  $(2997.9 \pm 0.3)$  keV

## Composto da 5 torri:

- 26 cristalli di ZnSe (24 arricchiti (95%) + 2 naturali)
- 31 rivelatori di luce (LD)
- 10.5 kg di massa totale, 5.17 kg di  $^{82}\text{Se}$  ( $3.8 \cdot 10^{25}$  emettitori)

# Presca dati

- La raccolta dei primi dati è iniziata a Marzo 2017
- L'analisi che verrà presentata riguarda i dati raccolti tra Giugno e Dicembre 2017
- L'esposizione corrispondente è 1.83 kg · anno di  $^{82}\text{Se}$

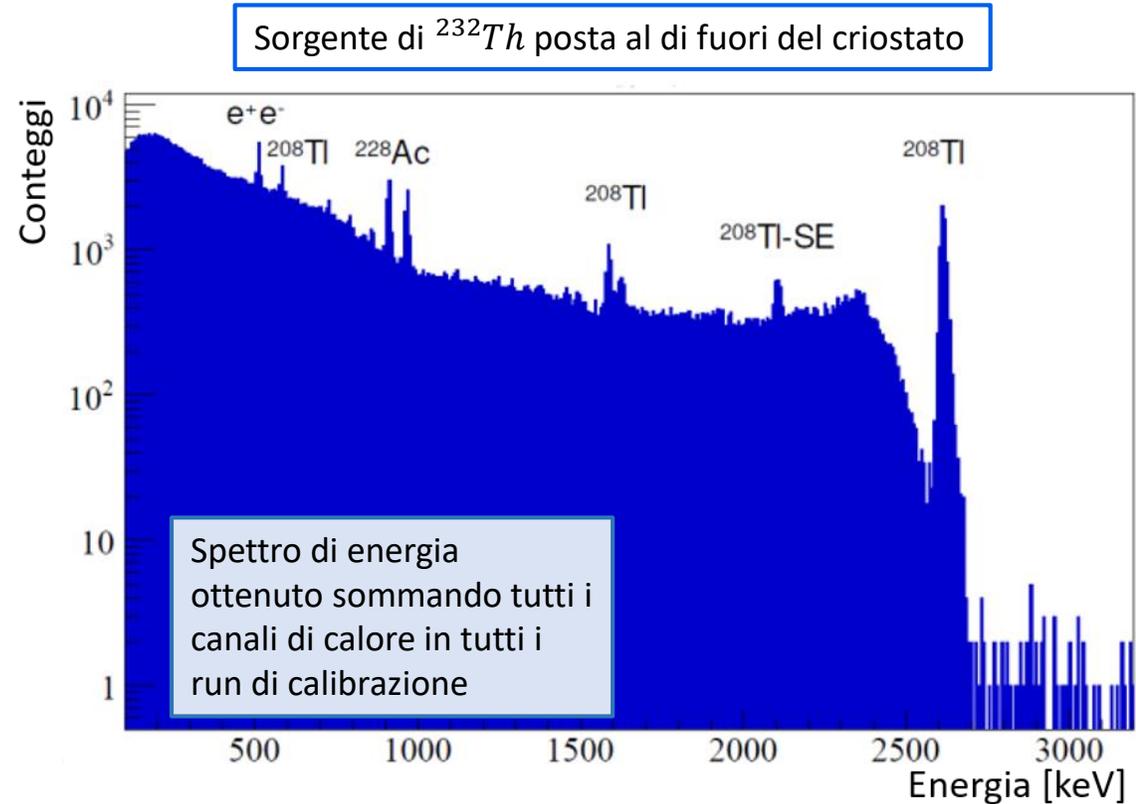


■ Fondo   ■ Calibrazione gamma   ■ Test   ■ Calibrazione con neutroni

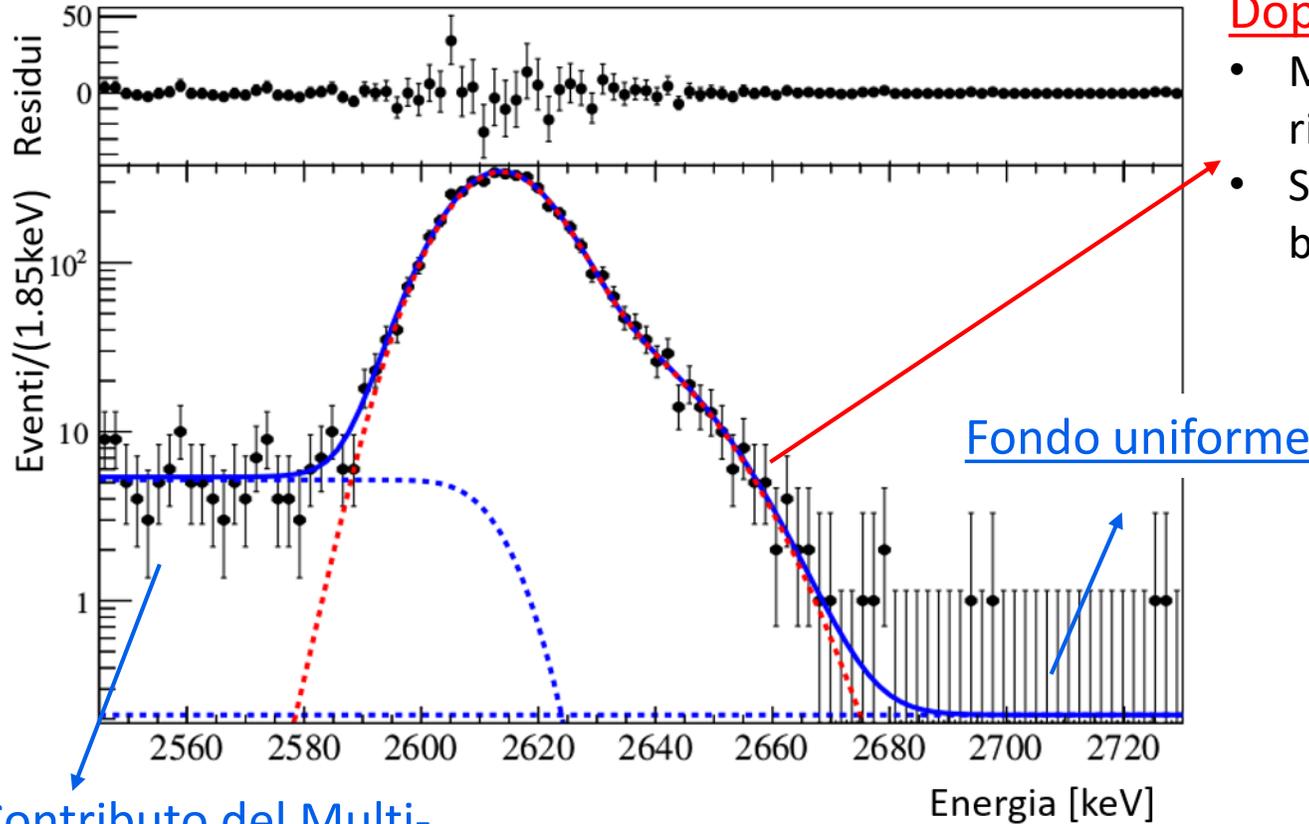
# Analisi dati: calibrazione energetica

## Analisi dati di primo livello:

- **Filtro ottimo** → stima dell'ampiezza e dei parametri di forma degli impulsi
- **Correzione dell'ampiezza del segnale** → il guadagno termico varia con la temperatura
- **Calibrazione energetica** → Con i dati di calibrazione si ricavano il fattore di conversione ampiezza-energia e la funzione di risposta del rivelatore



# Funzione di risposta del rivelatore



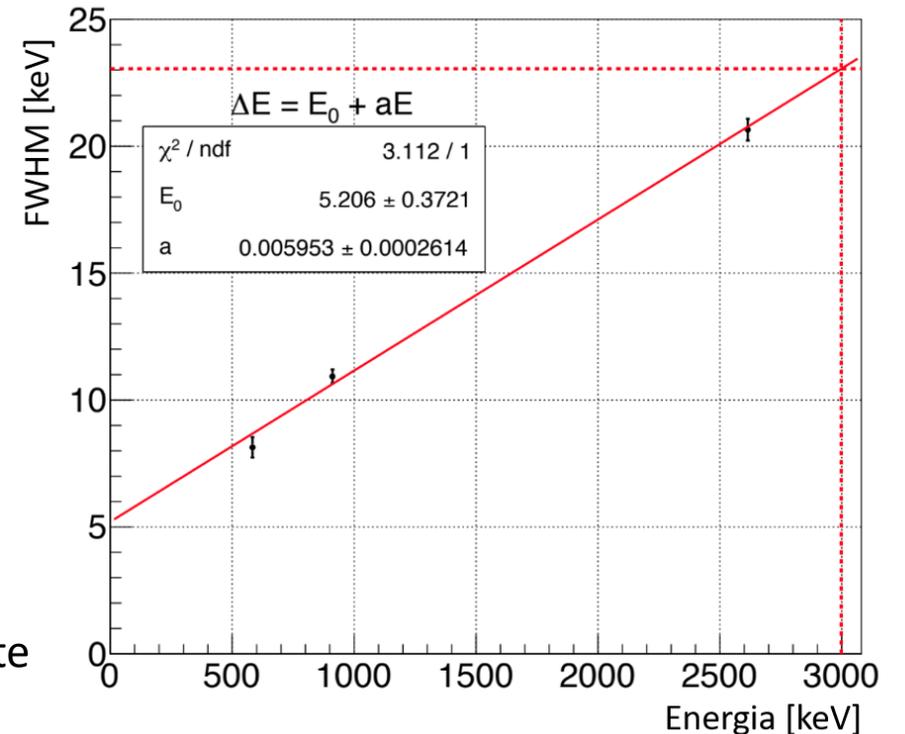
Contributo del Multi-Compton al fondo

La larghezza del picco primario al Q-valore è stata estrapolata linearmente

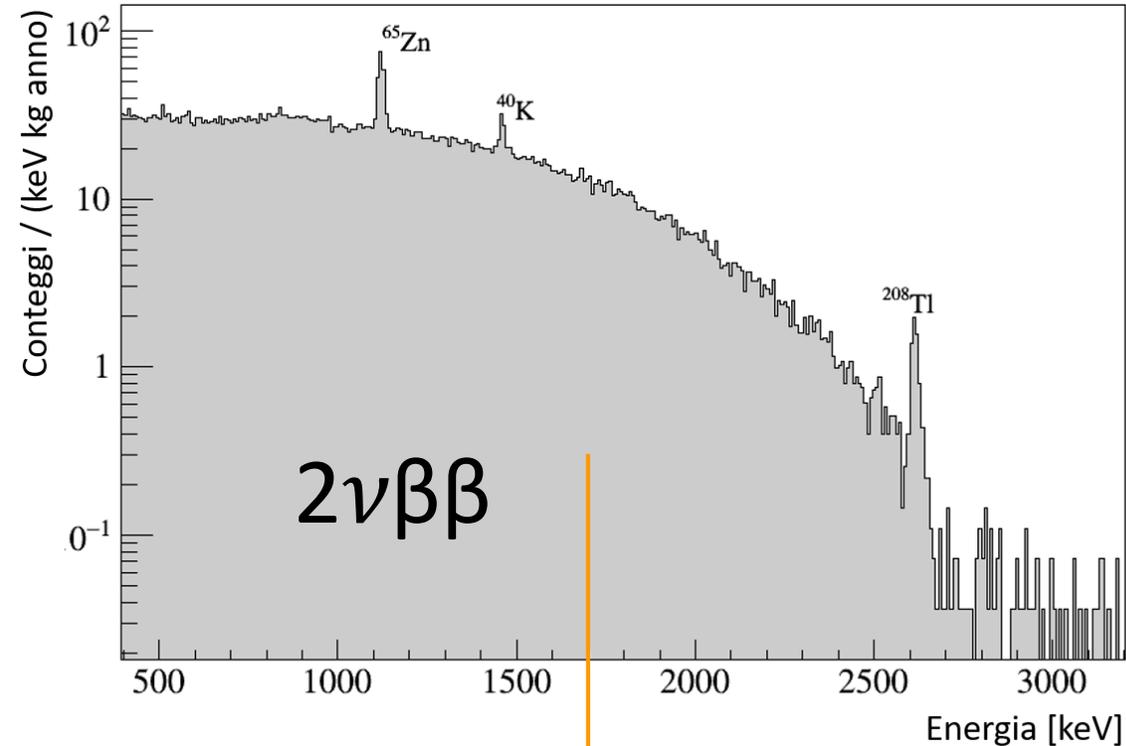
$$\text{FWHM}@Q_{\beta\beta} = (23.0 \pm 0.6) \text{keV}$$

## Doppia Gaussiana

- Modello più semplice che riproduce la funzione di risposta del rivelatore nell'intero spettro di energia
- Simile comportamento osservato in altri esperimenti bolometrici



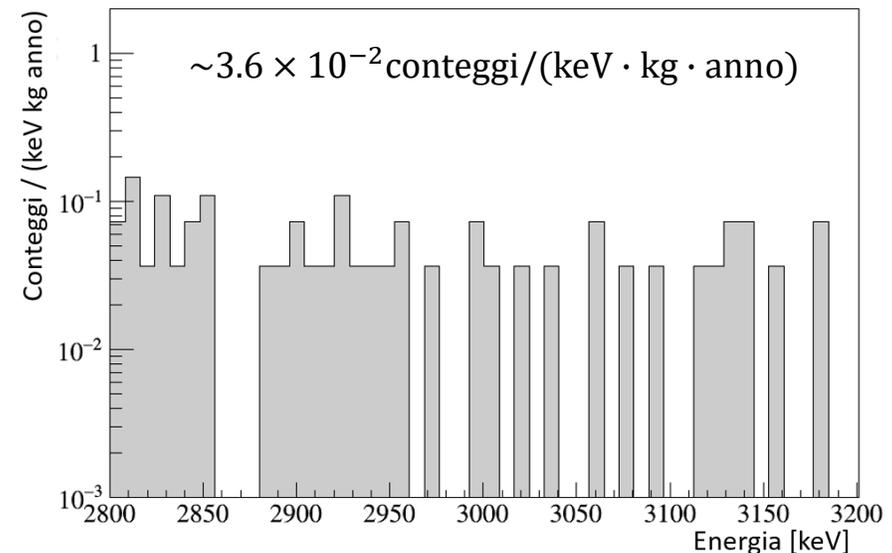
# Fondo: selezione degli eventi



Spettro continuo generato dal decadimento  $2\nu\beta\beta$  del  $^{82}\text{Se}$ .

$$\tau_{1/2}^{2\nu} = (9.6 \pm 0.3 \pm 1.0) \cdot 10^{19} \text{anni (NEMO)}$$

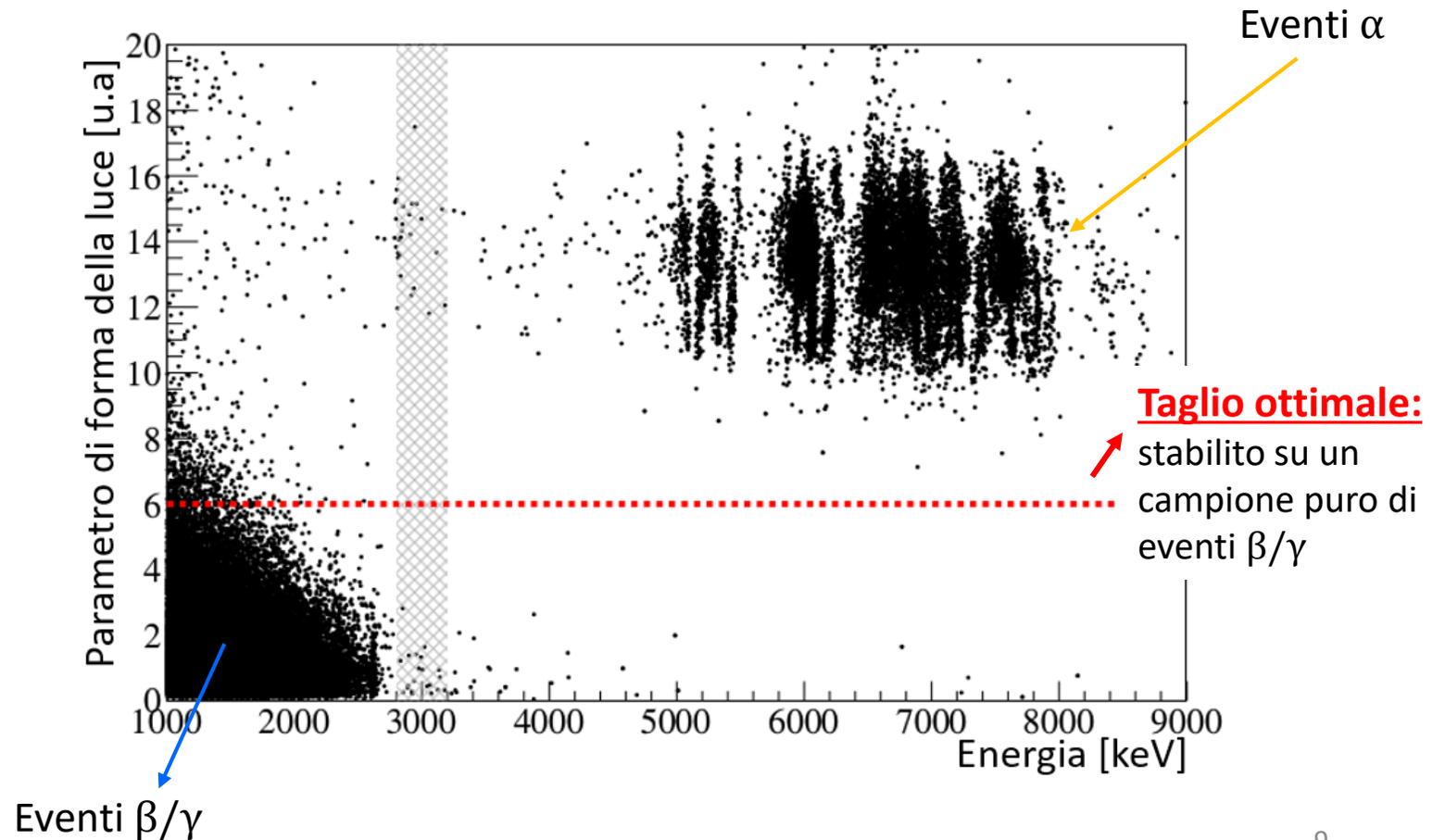
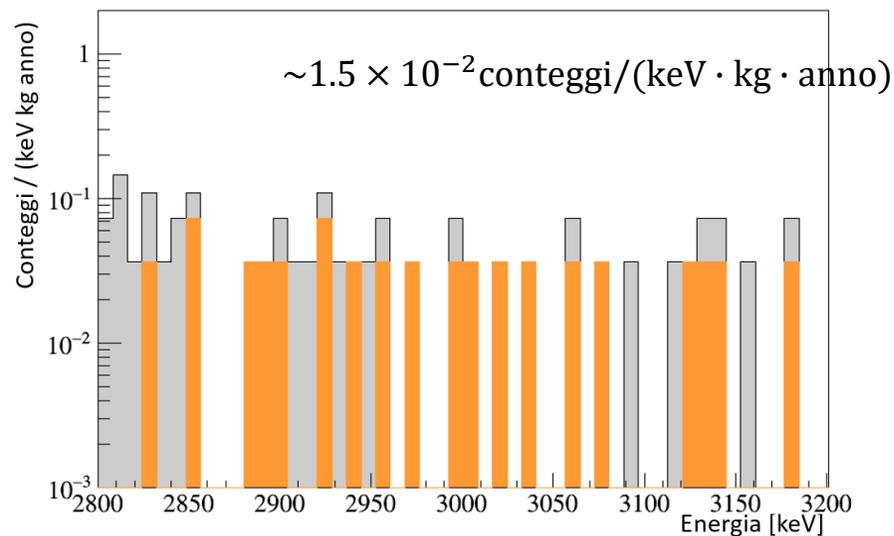
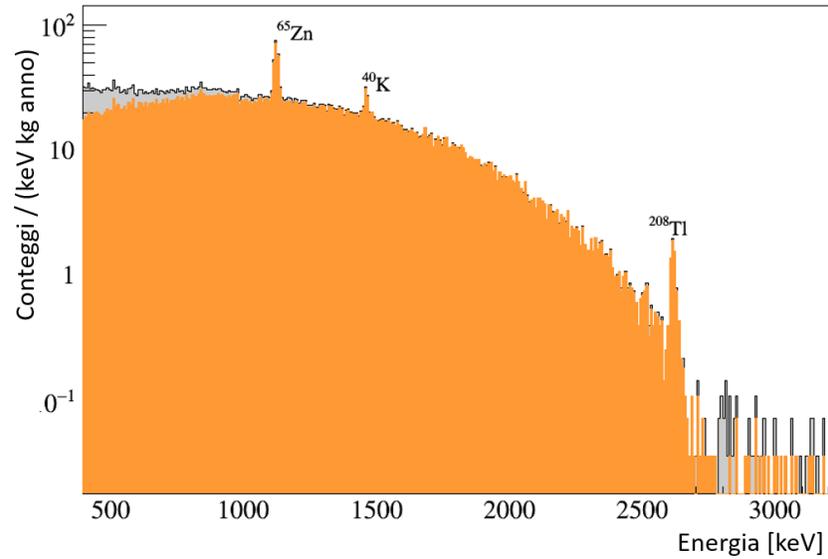
- Presenza di un solo impulso nella finestra del segnale acquisito
- Forma dell'impulso di calore consistente con il segnale atteso
- Anticoincidenze tra i cristalli ( $\Delta t=20\text{ms}$ )



# Fondo: selezione degli eventi

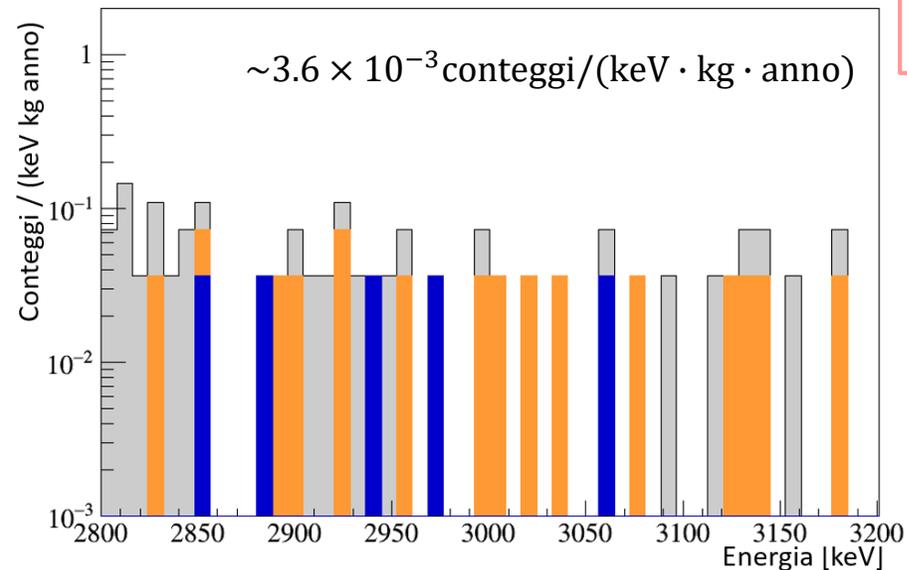
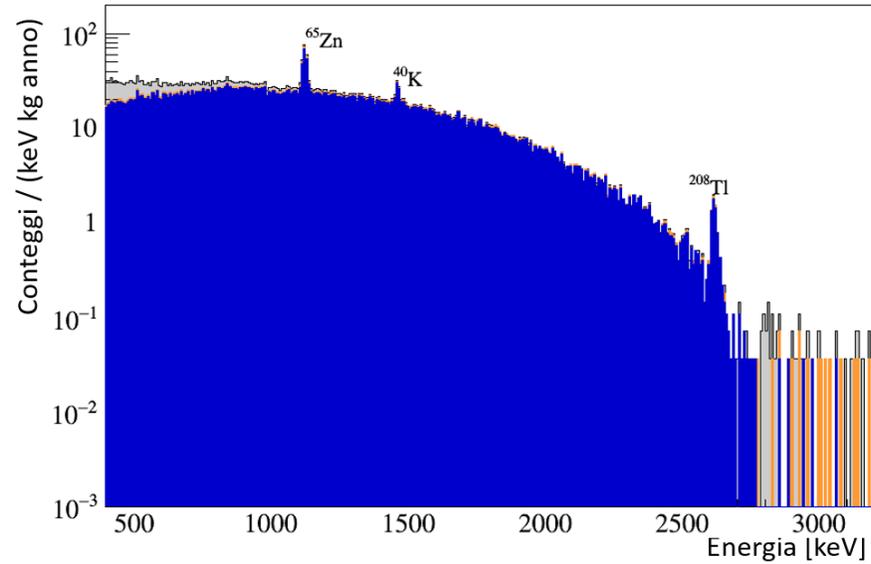
Grazie alla lettura della luce

- Discriminazione eventi  $\alpha$  mediante i parametri di forma degli **impulsi di luce**



# Fondo: selezione degli eventi

Grazie alla lettura della luce

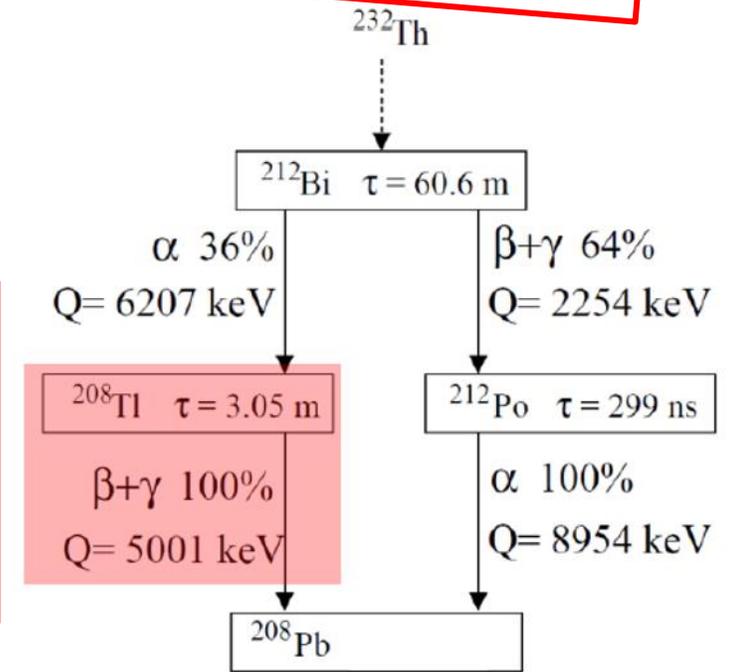


Coincidenze ritardate

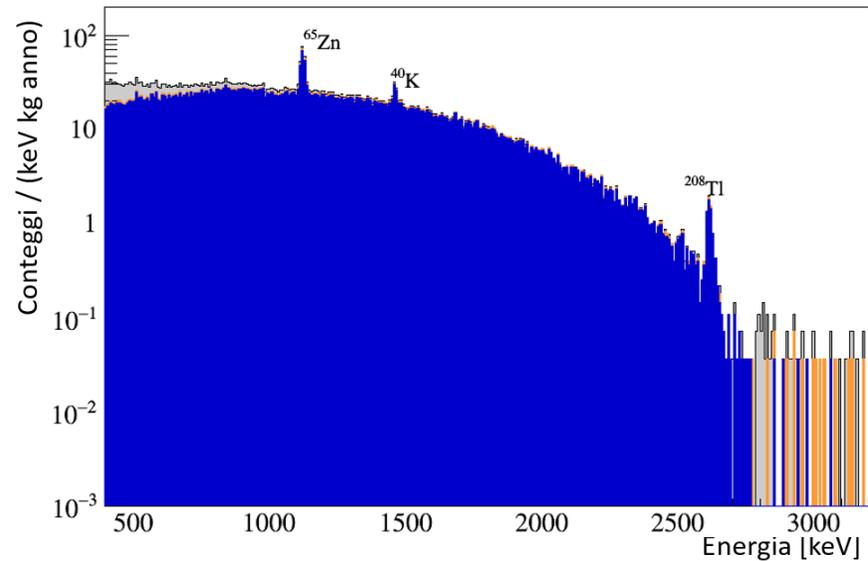
Si rigetta ogni evento successivo ad un evento  $\alpha$  da  $^{212}\text{Bi}$  che avviene in una certa finestra temporale, corrispondente a tre volte la vita media

Se la contaminazione è vicina alla superficie del cristallo la particella  $\alpha$  può sfuggire e solo parte della sua energia viene rivelata

Si richiede che l'evento primario abbia parametri di forma di un  $\alpha$  ed energia tra 2 e 6.5 MeV



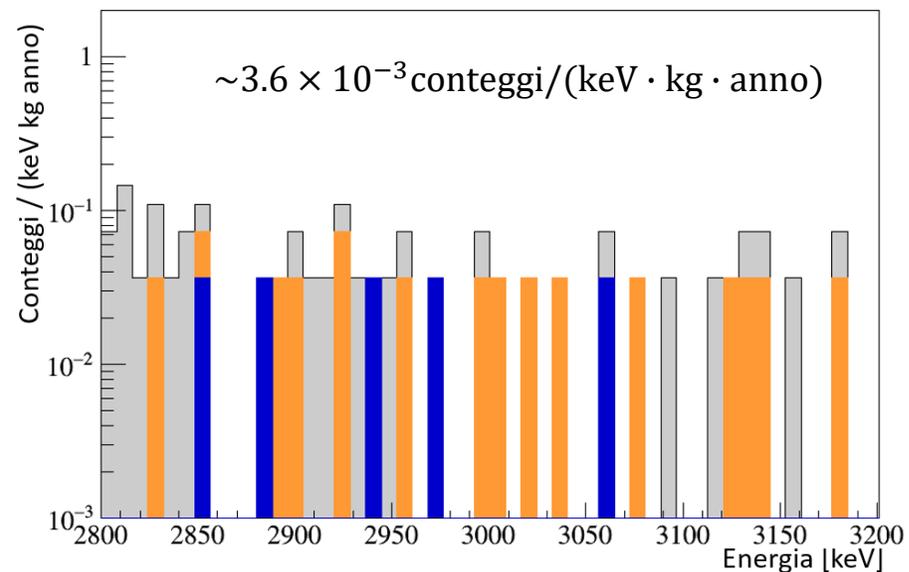
# Fondo: selezione degli eventi



Fondo nella ROI

$$(3.6_{-1.4}^{+1.9}) \cdot 10^{-3} \text{ conteggi}/(\text{keV} \cdot \text{kg} \cdot \text{anno})$$

Grazie alla lettura simultanea di luce e calore è stato possibile raggiungere il più basso livello di fondo per un esperimento bolometrico

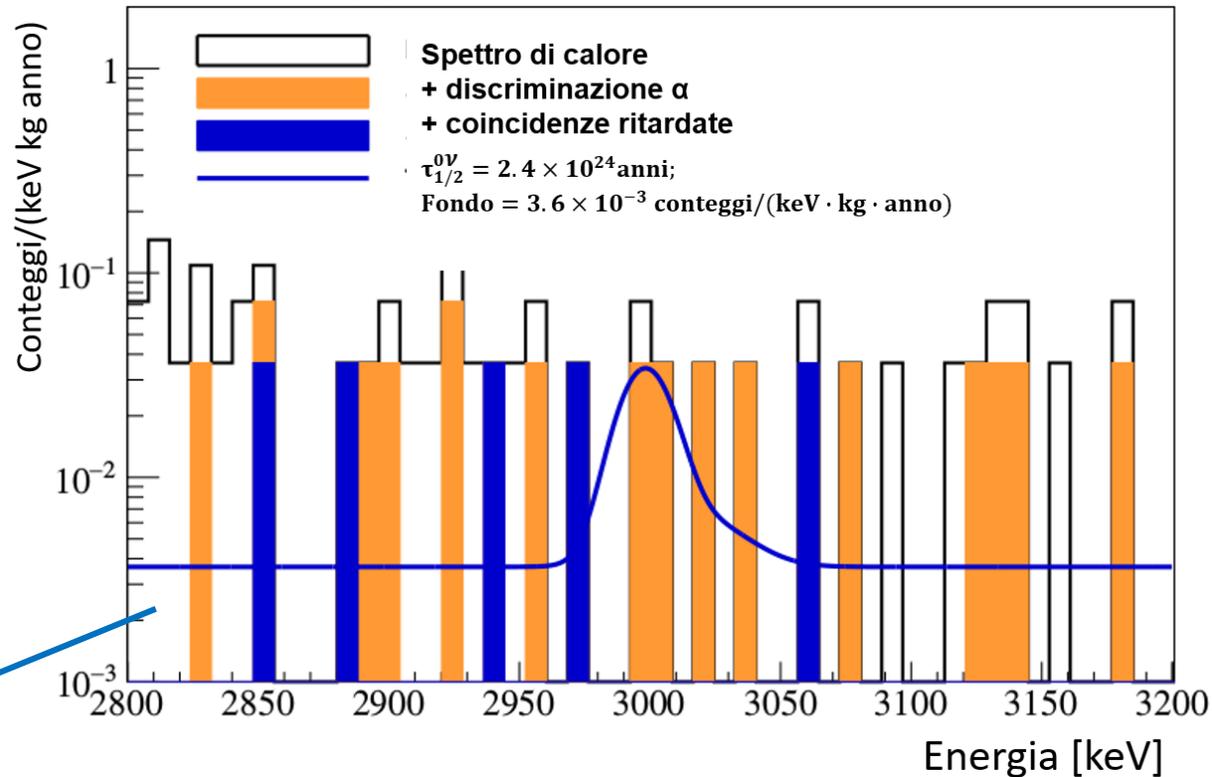


# CUPID-0: Risultati

$$\tau_{1/2}^{0\nu} > 2.4 \cdot 10^{24} \text{anni (90\%C. L.)}$$

$$m_{\beta\beta} < 376 - 770 \text{ meV}$$

Dovuto al calcolo degli elementi della matrice nucleare



Spettro disegnato con un ipotetico segnale corrispondente al limite al 90% di CL

Limite precedente di NEMO:  $\tau_{1/2}^{0\nu}({}^{82}\text{Se}) > 3.6 \cdot 10^{23} \text{anni}$   
(con una esposizione di  $3.5 \text{ kg} \cdot \text{anno}$  di  ${}^{82}\text{Se}$ )

# Conclusioni:

- Cupid-0 è il primo rivelatore di bolometri scintillanti arricchiti
- La presa dati è in corso da Marzo 2017
- È stato raggiunto il più basso livello di fondo mai ottenuto in un esperimento con bolometri

$$(3.6_{-1.4}^{+1.9}) \cdot 10^{-3} \text{ conteggi}/(\text{keV} \cdot \text{kg} \cdot \text{anno})$$

- L'analisi dei dati acquisiti in questa prima fase ha permesso di stabilire il limite più competitivo sulla vita media del decadimento  $0\nu\beta\beta$  del  $^{82}\text{Se}$

$$\tau_{1/2}^{0\nu} > 2.4 \cdot 10^{24} \text{anni (90\%C. L.)}$$

- È in corso uno studio più approfondito sul modello del fondo (necessità di più statistica)
- Obiettivo: raggiungere un'esposizione di 10 kg·anno di ZnSe