

**Prime osservazioni col nuovo fascio di neutrini dal  
CERN ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso:  
Borexino**

**Laura Perasso - INFN Milano**

**Milano, 16 ottobre 2006**

**Schema:**

1. Breve descrizione di Borexino :
  - la fisica
  - il rivelatore
2. Calcolo preliminare del tasso di eventi-CNGS rivelati da Borexino
3. I primi eventi-CNGS rivelati da Borexino
4. Conclusioni

## La Collaborazione Borexino

*70 fisici da 14 istituti:*

*Italia :* Milano, Genova, Laboratori del Gran Sasso dell'INFN,  
Perugia e Ferrara (Università e Sezioni INFN)

*Francia:* APC/ College de France

*Germania:* Max-Planck-Institut fuer Kernphysik Heidelberg,  
Technische Universitaet Muenchen

*Polonia:* Jagellonian University, Krakow

*Russia:* J.I.N.R. Dubna  
Kurchatov Institute - Moscow

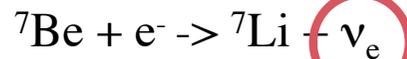
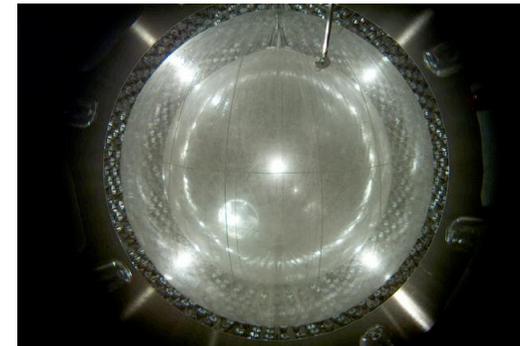
*USA:* Princeton University  
Virginia Polytechnical Institute

Responsabile : *Prof. G.Bellini* (Univ. di Milano/INFN)

a Milano: *S.Bonetti, A.Brigatti, B.Caccianiga, D.D'Angelo, D.Franco,  
M.Giammarchi, P.Lombardi, L.Ludhova, E.Meroni,  
L.Miramonti, S.Parmeggiano, L.Perasso, P.Saggese*

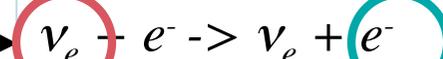
## La fisica di Borexino

*La misura, per la prima volta in tempo reale,  
del flusso dei  $\nu_e$  solari dal  ${}^7\text{Be}$   
variazioni giorno/notte, stagionali, periodiche (ciclo del sole)  
confronto con le previsioni teoriche (il modello LMA-MSW)*



0.861 MeV (90%)

0.383 MeV (10%)



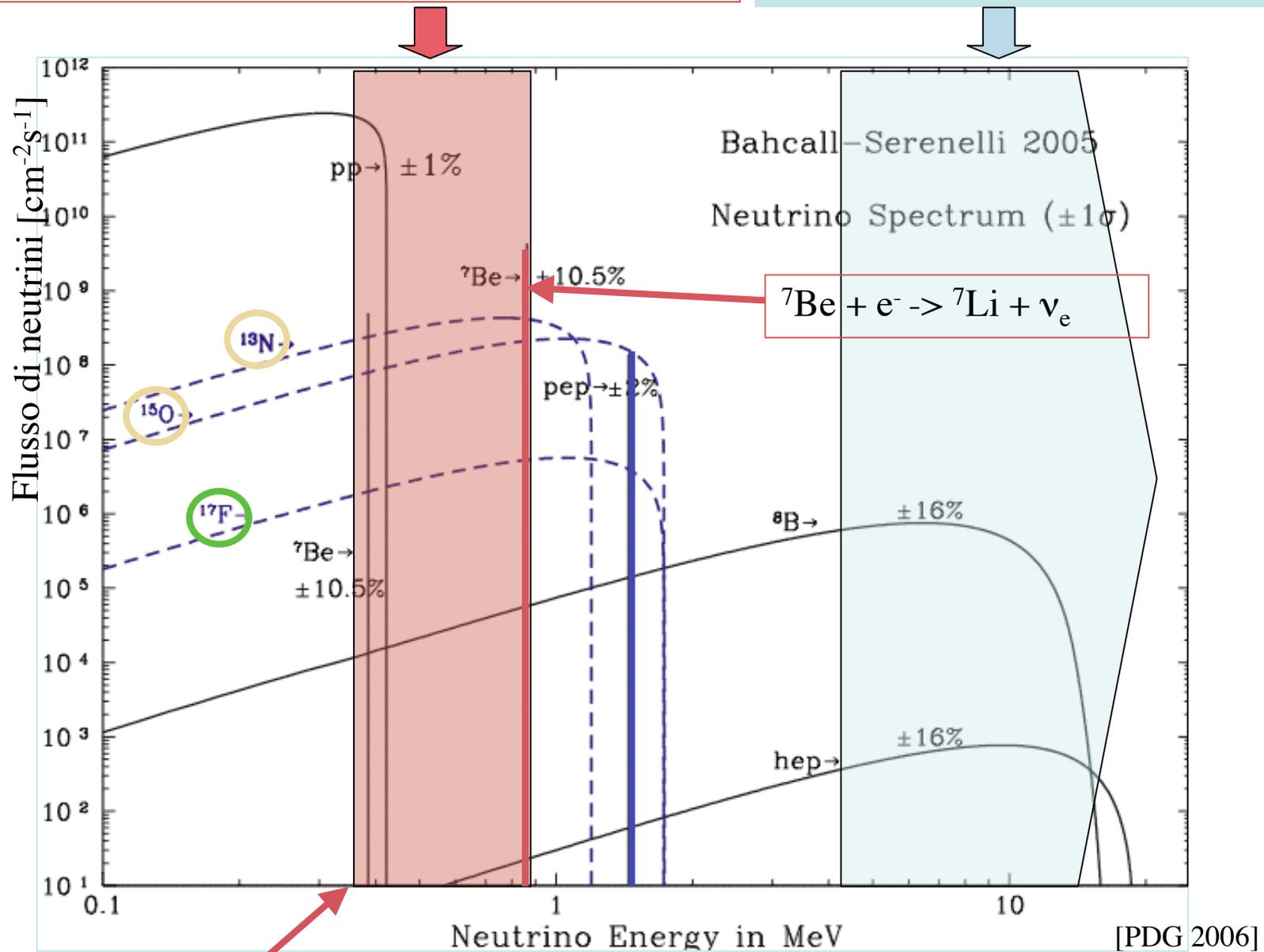
$E_{e,\text{max}} = 0.664 \text{ MeV}$

7% del flusso dei  $\nu$  solari

**nota: i  $\nu$  dal  ${}^8\text{B}$  sono solo  $10^{-4}$  del flusso totale di  $\nu$  dal sole!!**

*"ν window" in Borexino = 0.250 - 0.800 MeV*

measured so far in real time exp.



*Borexino  $e^-$  det. threshold = 0.250 MeV*



- Misurare i flussi dei  $\nu$  solari *pep* e del ciclo *CNO* [0.8 - 1.3 MeV]

- verifica dei modelli teorici delle oscillazioni del  $\nu$
- studio la regione di transizione *vacuum-matter* [2-3 MeV] (prevista nel modello MSW-LMA)
- misura della misura del momento magnetico del  $\nu$



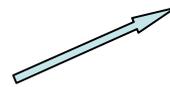
- Rivelare i  $\bar{\nu}$  provenienti dalla terra (*geoneutrini*) ( $\sim 20$  ev/anno)



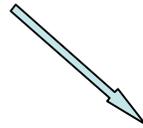
- Rivelare i  $\nu$  da *supernove*

**rivelare i neutrini CNGS !!!**  
**Come ???**

I  $\nu_{\mu}$  - CNGS possono essere misurati rivelando i **muoni** prodotti dalle loro interazioni



nel rivelatore stesso



nelle rocce a monte del rivelatore

*Con un "sistema di identificazione" di muoni*

**La sfida principale di Borexino: ridurrei fondi !!**

i raggi cosmici:

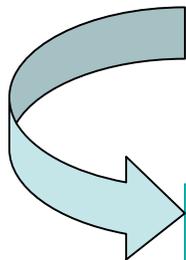


sottoterra

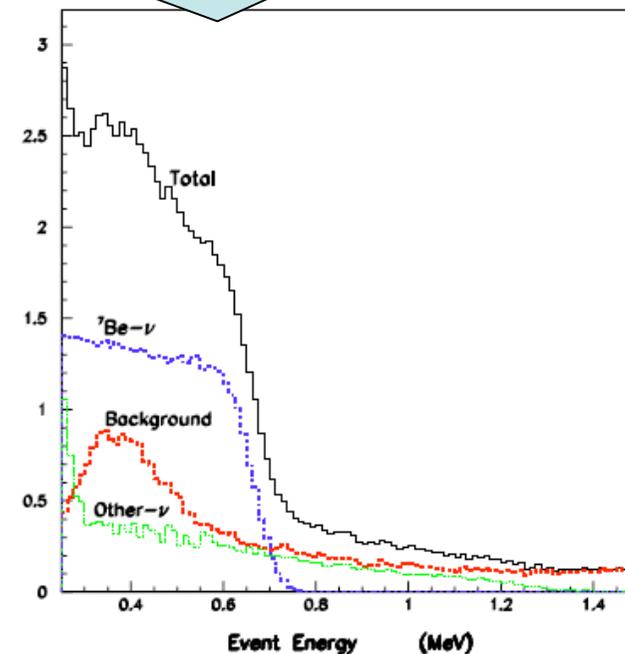
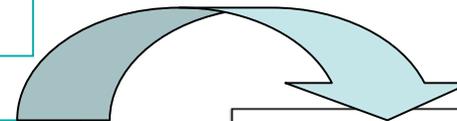


$\mu$  SalaC=10<sup>-6</sup>  $\mu$  superficie

i decadimenti radioattivi delle catene dell'<sup>238</sup>U e del <sup>232</sup>Th e di:  
<sup>14</sup>C, <sup>40</sup>K, <sup>39</sup>Ar, <sup>85</sup>Kr



SI DEVE riuscire ( con sistemi di purificazione) a ridurre il fondo radioattivo *nei materiali del rivelatore stesso* - nella regione al di sotto di 1 MEV- a valori mai raggiunti - finora - da nessun esperimento !!!  
*Inoltre il rivelatore va schermato anche dai  $\gamma$  e neutroni dalla roccia circostante*



# Il rivelatore Borexino

Rivelatore = 300 t (100 fid) di scintillatore liquido: PC+PPO (1.5 g/l)

sospeso in una sfera di nylon  $\varnothing=8.5\text{m}$

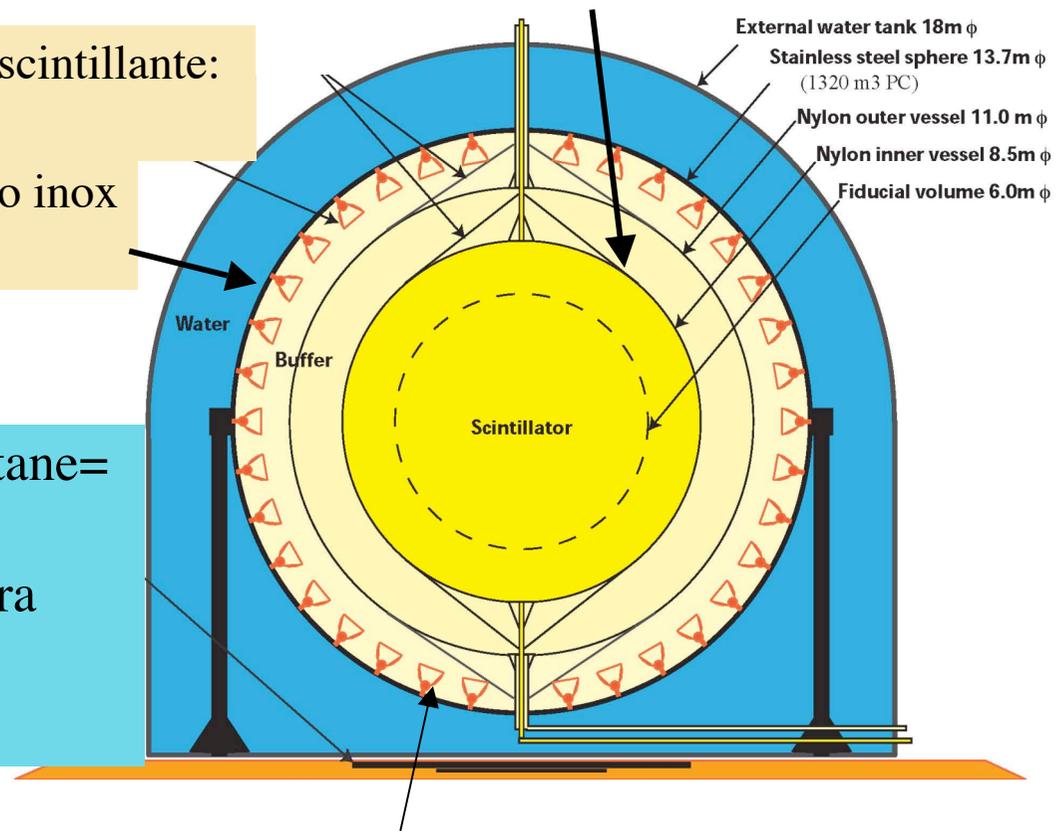
$$\nu_e + e^- \rightarrow \nu_e + e^-$$

Il segnale dell' $e^-$  di rinculo e' visto da 2200 PMT

Zona di buffer = 1040 t di liquido non scintillante:  
PC + DMP

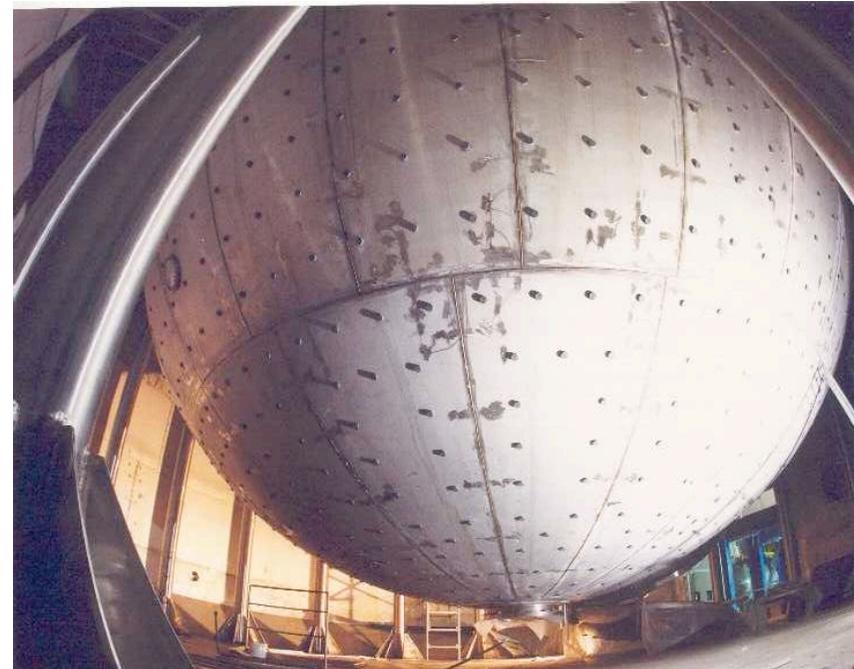
Entro una sfera d'acciaio inox  
 $\varnothing=13.7\text{m}$

Schermo per i  $\gamma$  dalla roccia circostante=  
2m di spessore di acqua ultrapura  
(Water Tank - WT) in una struttura  
d'acciaio inox  $\varnothing=18\text{m}$

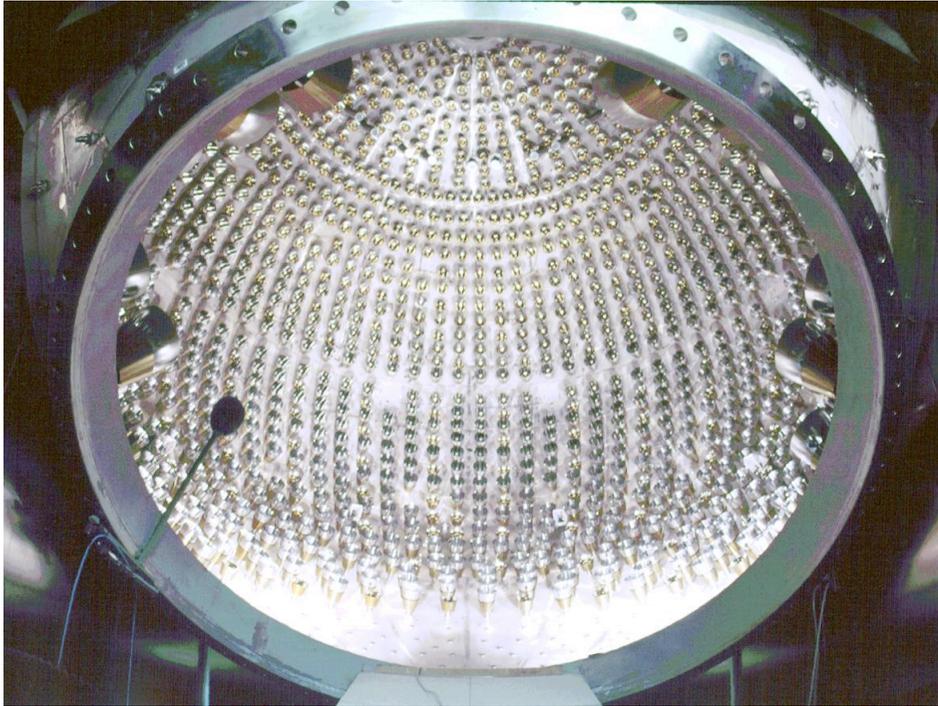




Water Tank (1999)



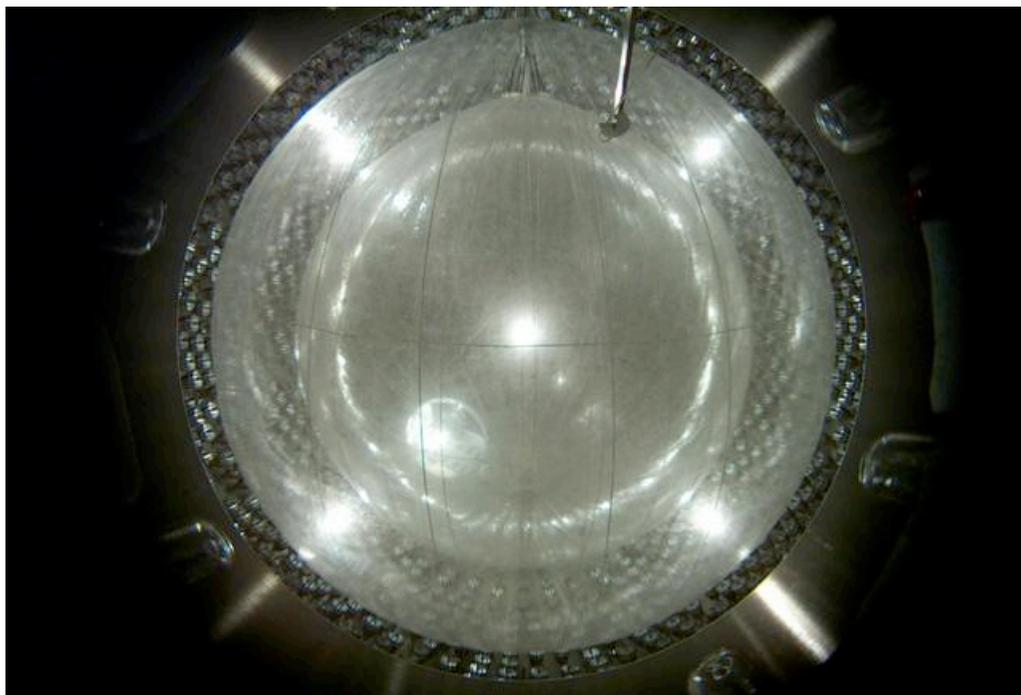
La sfera d'acciaio (2000)...



.. ed il suo interno con i PMT (2001) ...

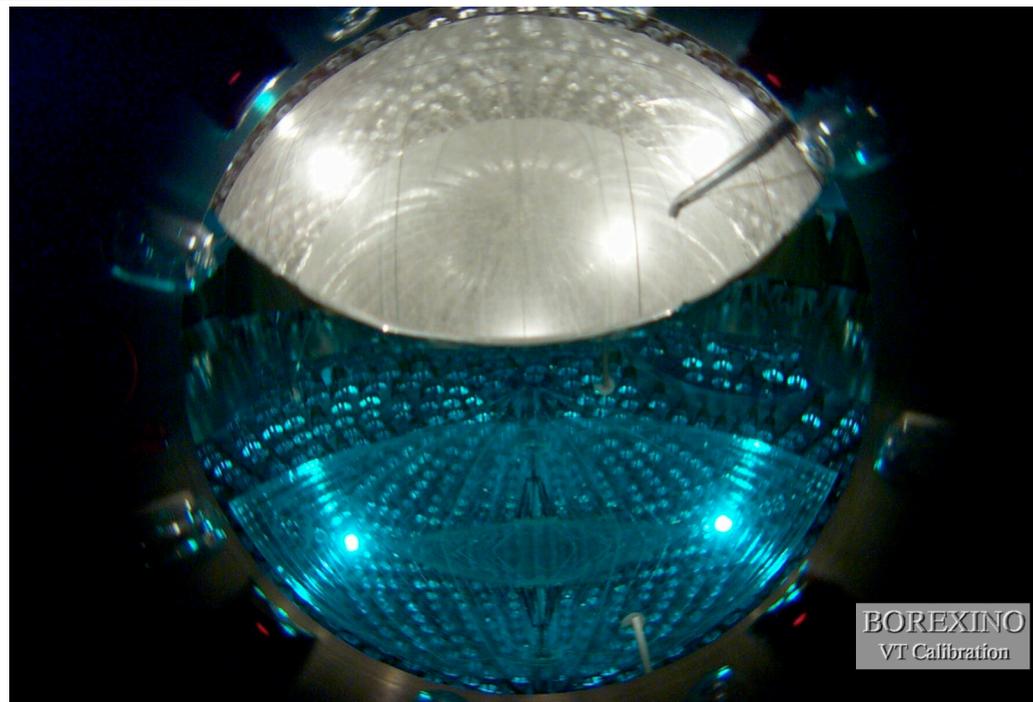
... e con la sfera di nylon prima di essere gonfiata (2004)





La sfera di nylon  
gonfiata d'azoto  
(basso ArK)

La sfera di nylon si sta  
riempiendo d'acqua  
(ultrapura) !!!



*... ma non basta ....*

*~ 10<sup>4</sup> muoni cosmici /giorno attraversano Borexino*

*=> 4500 attraversano lo scintillatore*

che, al loro passaggio nel rivelatore, provocano eventi di fondo:

*=> sciame adronici -> neutroni -> raggi gamma*

*=> cascate nucleari con nuclidi radioattivi*

Per identificare eventi di fondo successivi al passaggio di un muone

*=> **bisogna avere un rivelatore di muoni***

*con  $\epsilon$  migliore del 0.9998 !!!*

# 2 rivelatori di muoni in Borexino ( $\mu$ ID Systems)

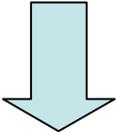
Mostly Cherenkov light

Mostly scintillator light

Only Cherenkov light

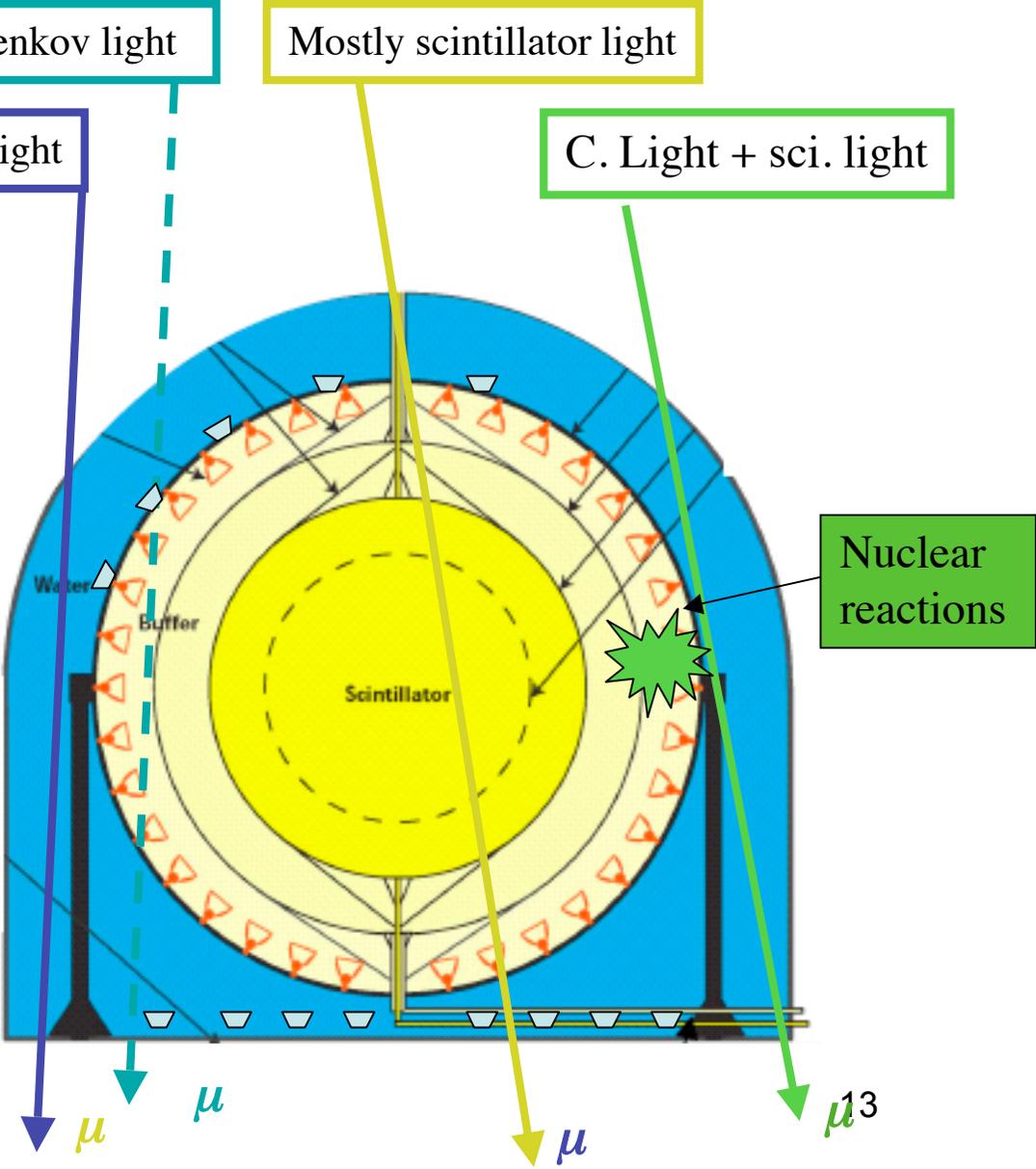
C. Light + sci. light

2 sistemi indipendenti:



Interno: 400 PMT senza concentratori

Esterno: 210 PMT + tyvek diffondente

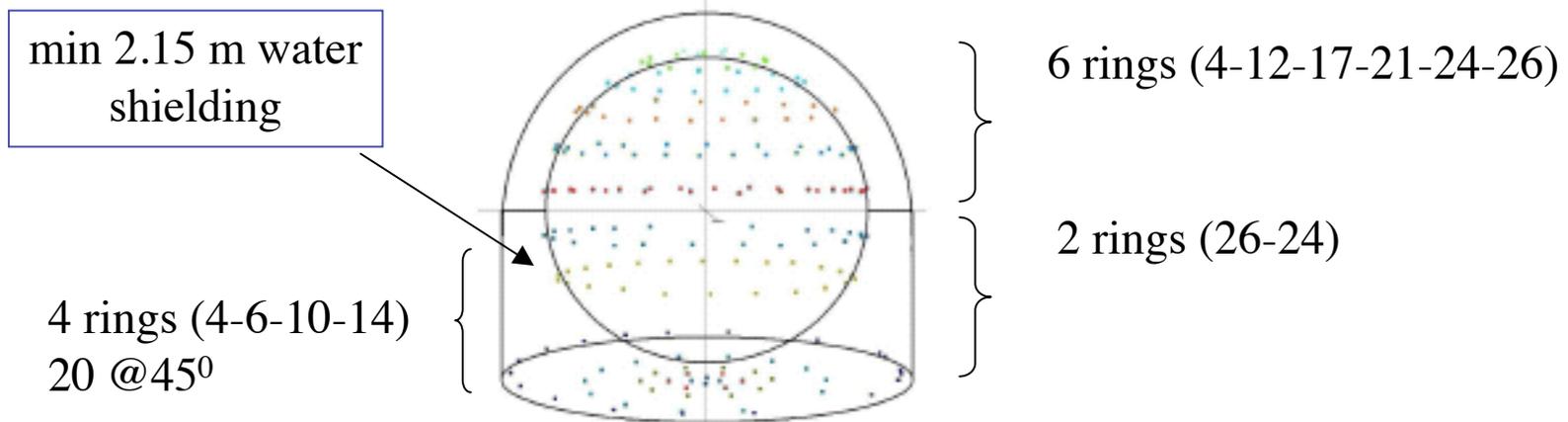


## 1) *The Outer Muon System* :

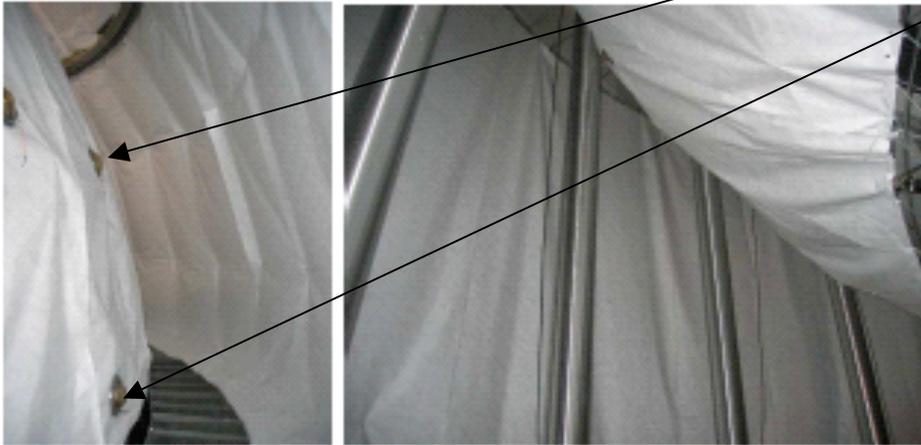
208 PMTs (8" ETL-9351) : 6 rings on the top hemisphere of the SSSphere outside surface  
2 rings on the bottom one,  
34 PMTs on the Water Tank floor and  
20 looking up at 45° around the WT floor.

=> to detect the Cherenkov radiation from muon tracks in the shielding HP water

(geom. optimized for perpendicular tracks ID and reco !)



PMT del rivelatore esterno



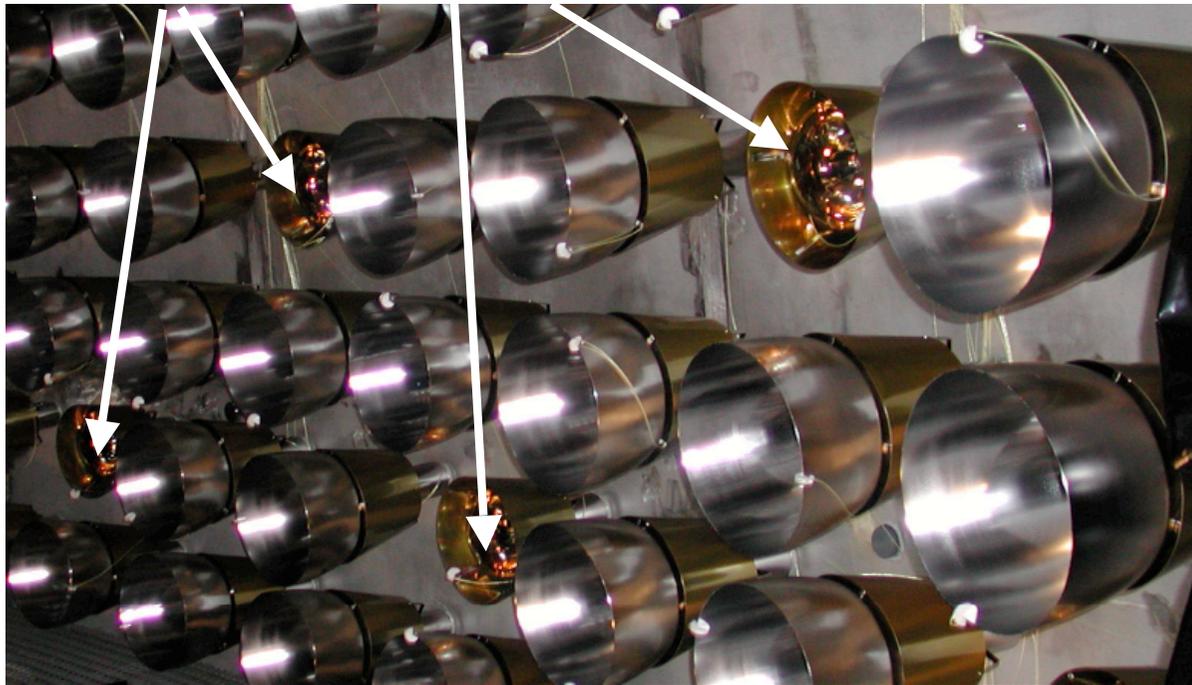
Nel “Water Tank” tutte le superfici sono coperte con Tyvek riflettente

## 2) *The Inner Muon System:*

374 (out of the 2212 total) 8" ETL-9351 PMTs *do not have* the Al light concentrators ( $\varnothing=20\text{cm}$ )

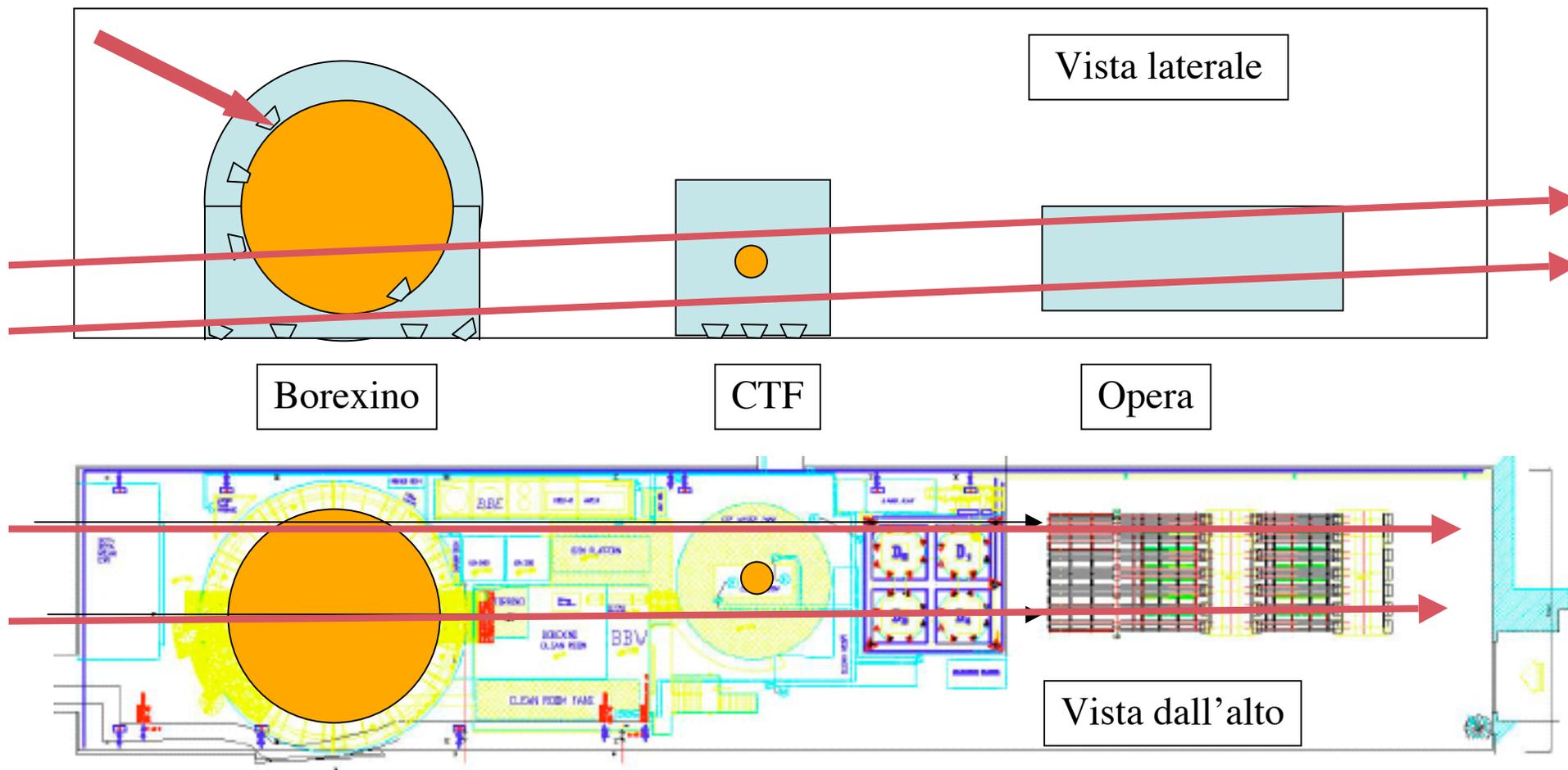
=> their acceptance angle is wider than the other ones optimized to view the Inner Vessel.

These 374 *no-cone PMTs* will more likely detect particle not crossing the IV



- *Borexino ha due rivelatori di muoni - indipendenti -*
  - *e' massivo (  $\approx 3.3$  kt)*
- *e' situato sul fascio CNGS (davanti ad OPERA) !!!*

- *Borexino ha due rivelatori di muoni - indipendenti -*
  - *e' massivo (  $\approx 3.3$  kt)*
- *e' situato sul fascio CNGS (davanti ad OPERA) !!!*

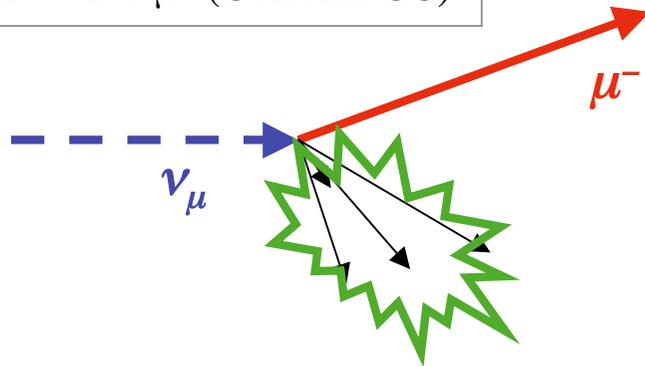


***Borexino può misurare il flusso del fascio ???***

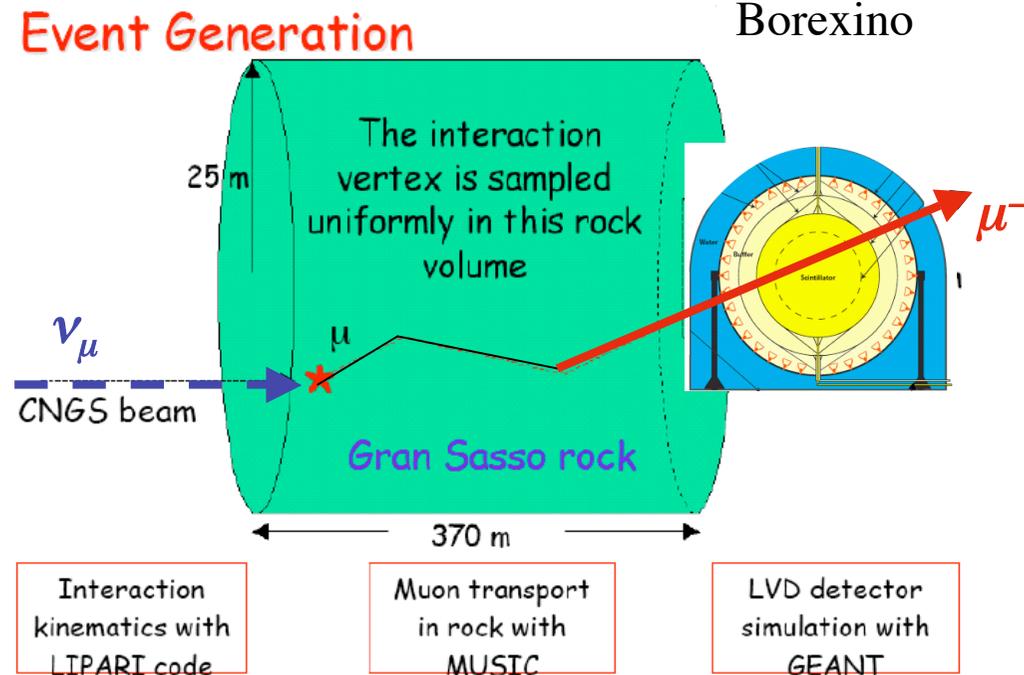
***Calcolo del tasso di eventi con muoni*  
*da  $\nu$ -CNGS*  
*rivelati da Borexino***

## Quanti muoni prodotti dai $\nu_\mu$ nella roccia arrivano su Borexino ??

$\nu + X \rightarrow Y + \mu^-$  (Corrente CC)



Scaling the LVD results  
[M.Aglietta et al., hep-  
ex/0304018 v1 18 april 2003],  
with the usual assumptions



6. Sartorelli, *Waiting for the neutrino beam*. LN65. June 22<sup>nd</sup> 2006

33600  $\mu$  hitting the LVD “mother volume”/year

$$\Rightarrow 33600 / (\text{LVD sup}) \times (\text{Bx sup}) = 33600 / (13.75\text{m} \times 12\text{m}) \times 266 \text{ m}^2 = 54167 \mu/\text{year}$$

$\Rightarrow 271 \mu/\text{giorno in Borexino}$

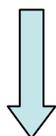
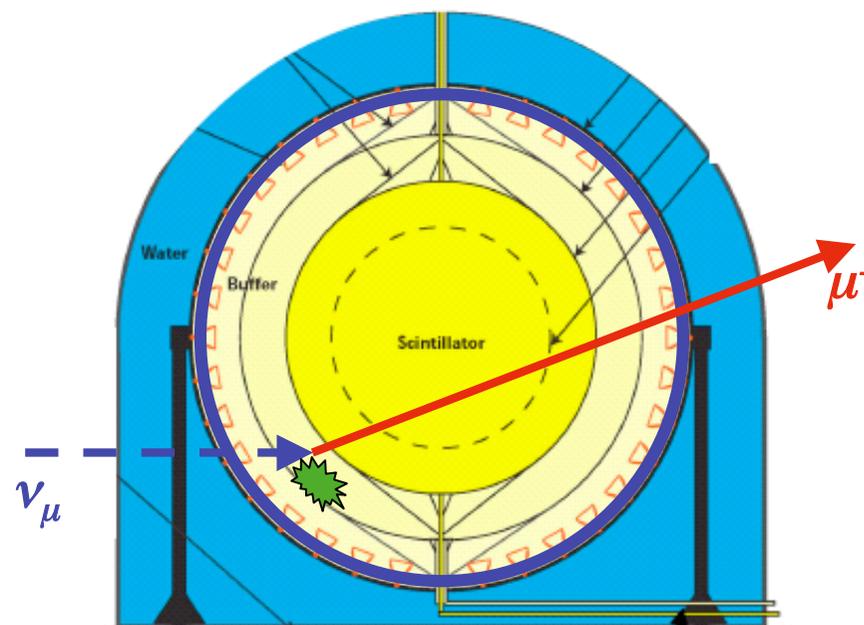
## Quanti eventi da CC + NC abbiamo in Borexino ??

### Assumendo:

- $4.5 \cdot 10^{19}$  pot/anno
- $4.96 \cdot 10^{-17}$  CC/pot/kt mass  
( for  $E_\nu < 30$  GeV)
- un anno = 200 giorni

### Avendo:

massa(Borexino) = 3.327 kt



$\Rightarrow N_{\text{CCint}}(\text{Borexino}) \Rightarrow 37 \text{ CC } \mu/\text{giorno} (+ 11 \text{ NC ev/giorno})$   
 $\sim 48 \text{ ev/giorno in Borexino}$

La somma degli eventi indotti dai  $\nu_{\mu}$ - CNGS che attraversano Borexino e' :

*~ 319 ev/giorno*

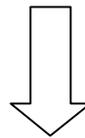
*=> solo il 3% dei muoni cosmici (~ 9900 [ $\mu$ /giorno])*



Questi eventi *NON* sono un fondo pericoloso per la fisica di Borexino



Borexino deve usare l'informazione (via GPS) dell'estrazione del fascio per identificare i  $\mu$  CNGS



Data la durata dell'estrazione ( $10.5 \mu\text{s}$ ), con 3 (X2) estrazioni in un super ciclo di 34.8 s, si ha un fattore di riduzione di  $\sim 10^{-6}$ , che corrisponde ad un tasso di:

*=>  $\sim 2 \cdot 10^{-2} \mu$ /giorno in Borexino in coincidenza con l'estrazione del fascio*

## *Tassi finali considerando l'efficienza geometrica di Borexino:*

Origine del muone		Det eff.	Tasso finale [ $\mu$ /giorno]
Dentro il rivelatore (CC)	48	$\sim 98\%^*$	47
Nella roccia a monte Sala C	271	$\sim 99\%$	268
Tasso totale	319		<b>315 [<math>\mu</math>/giorno]</b>
Fondo dai muoni cosmici			<b><math>2 \cdot 10^{-2}</math> [<math>\mu</math>/giorno]</b>

In  $\sim 4$  giorni si Borexino puo' misurare il flusso del fascio CNGS con 3% di err.stat.

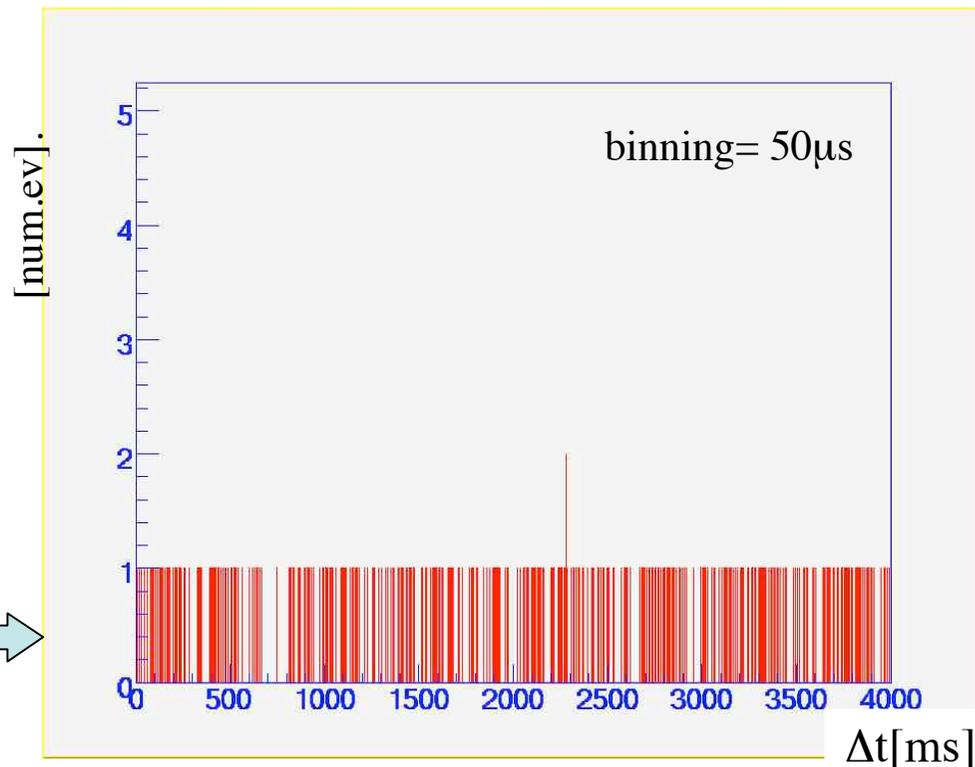
Eventi in coincidenza con OPERA  $\sim 45$ /giorno

*\* dep. on the trigger thresh*



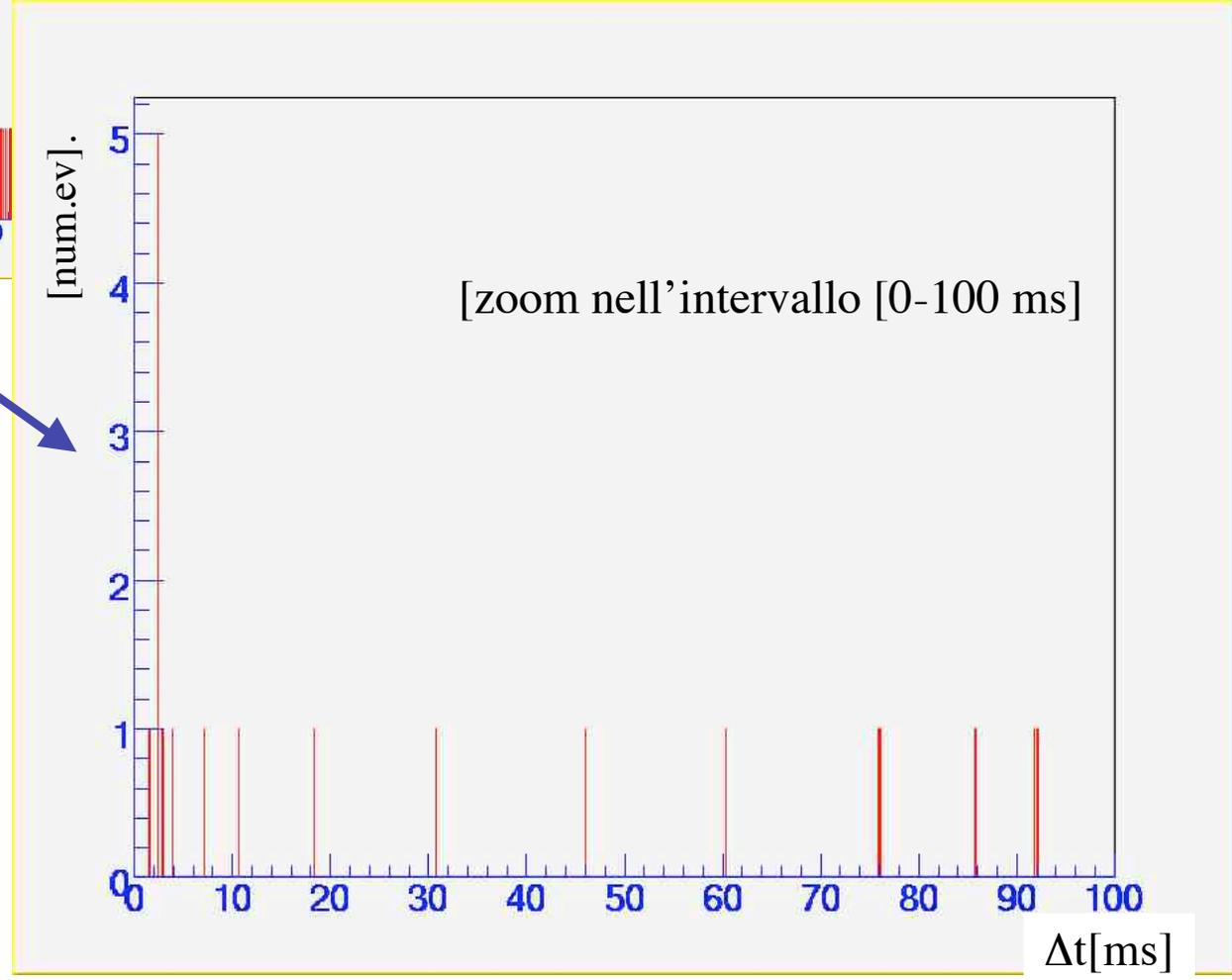
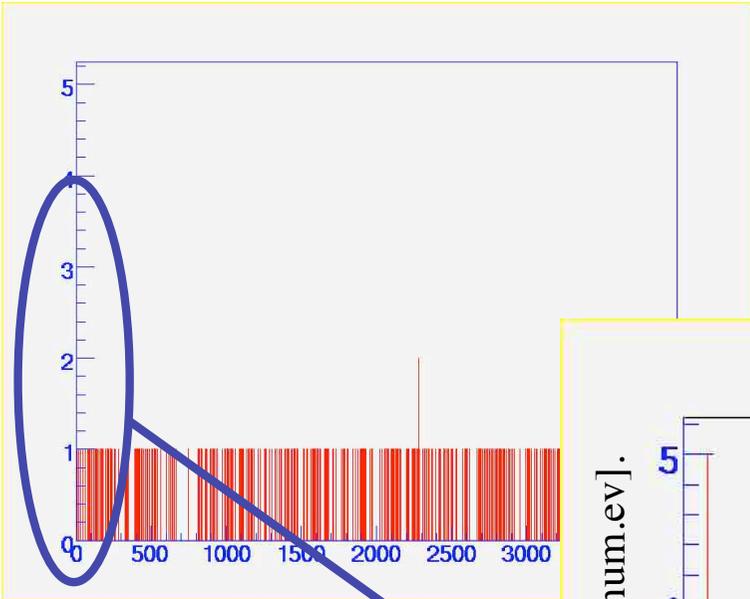
## Analisi:

- nel run di agosto non si e' potuto fare la ricostruzione delle tracce a causa della poca acqua nel rivelatore
- il segnale degli eventi (muoni della roccia) da CNGS e' molto inferiore al fondo dovuto ai raggi cosmici
- eventi in coincidenza con il fascio (usando il GPS di Borexino e del CERN)

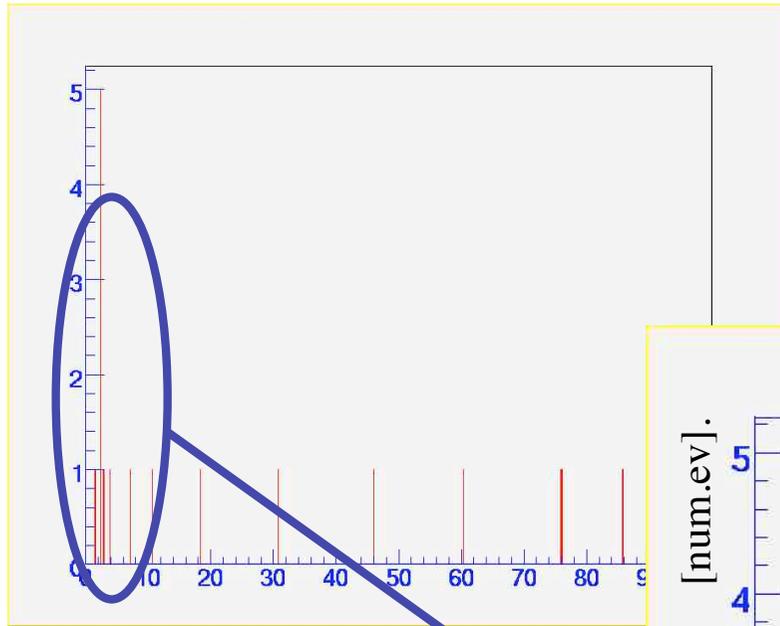


Differenza temporale fra GPS-evento di Borexino e il segnale GPS-CERN antecedente più vicino

binning= 50 $\mu$ s

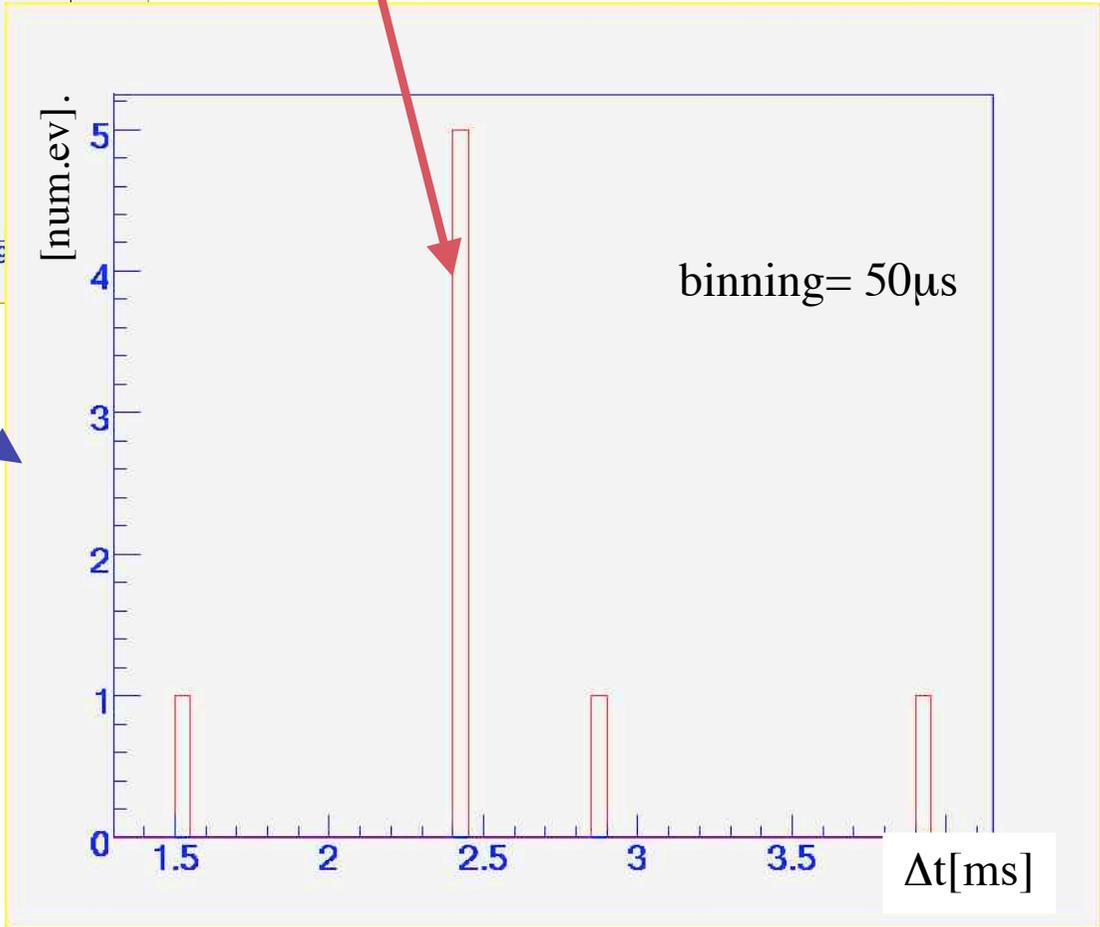


Risultato:



*5 eventi a un  $\Delta t = 2.4$  ms*

*solo un bin ha piu' di un evento su 3200 eventi in 8000 bin*

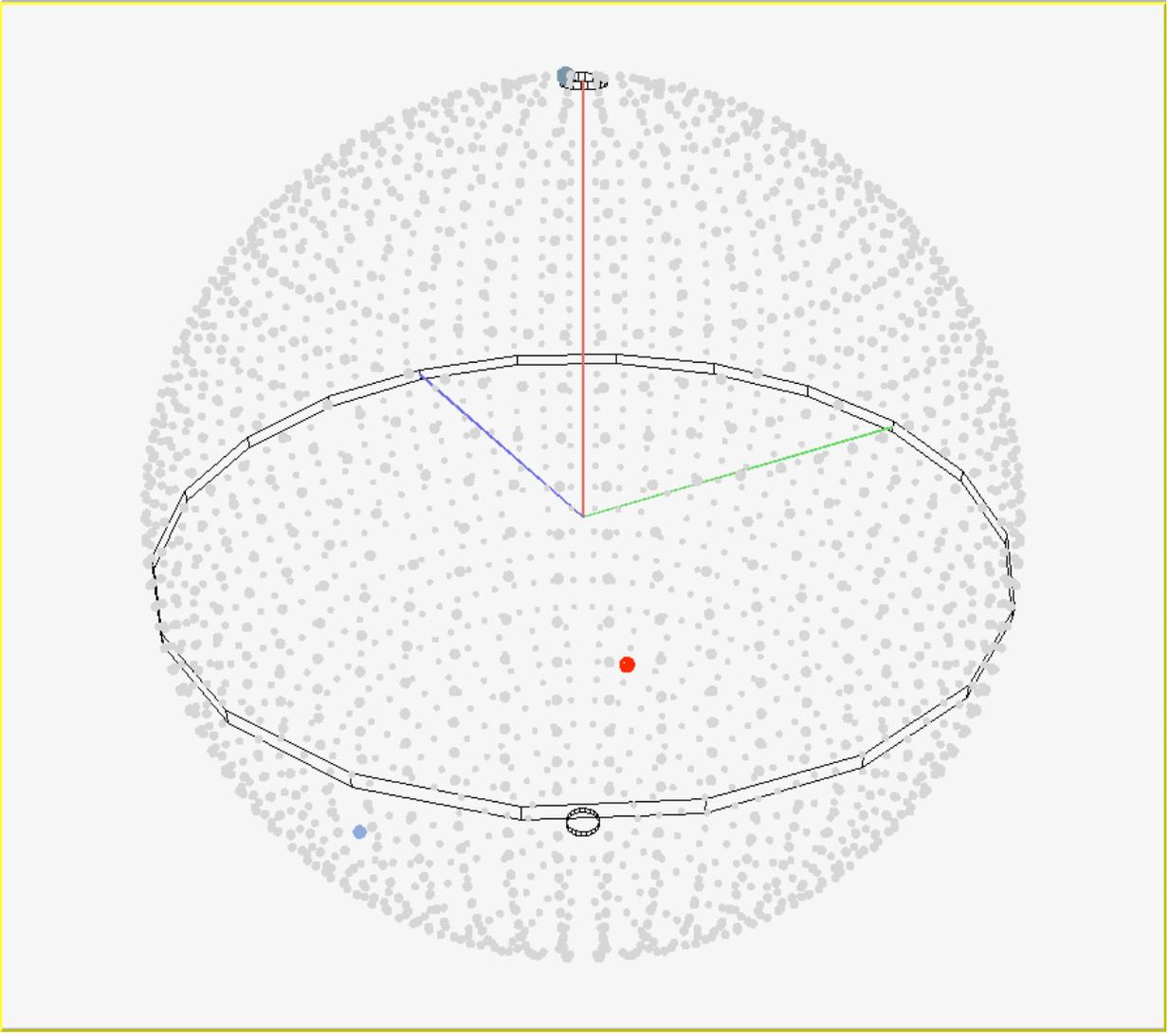


*Previsti :*  
*~ 5 eventi CNGS*

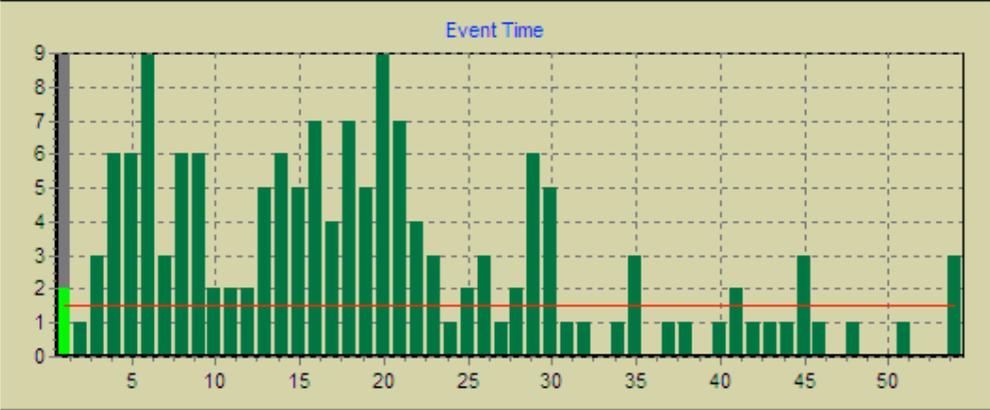
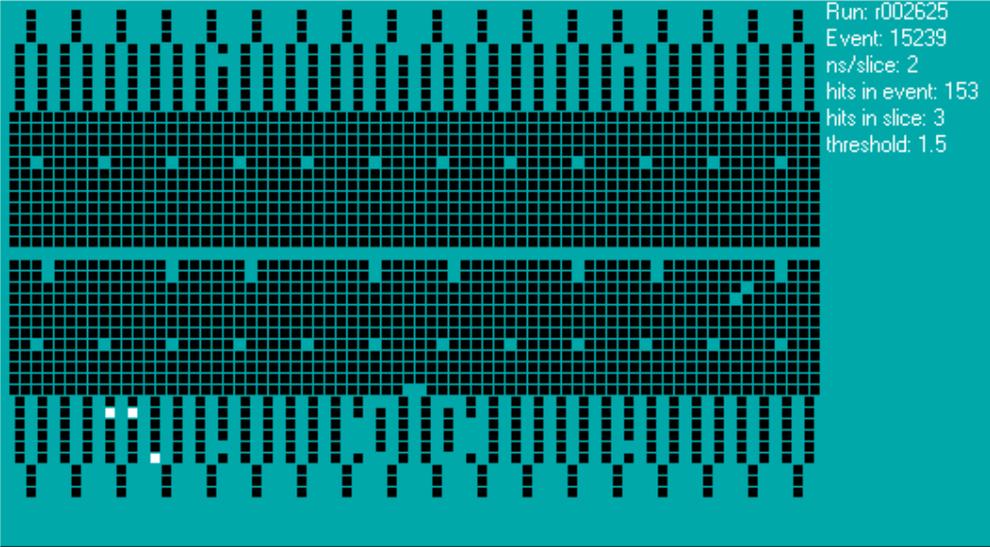
*Prob. flutt.  $< 2 \cdot 10^{-5}$*

Run: 002625	Number of pmt hits: 0157	No hits	< 3.2 pe		
Event: 015239	Total Charge (pe): 196.9	< 1.2 pe	< 5.2 pe	0.0 < Time < 3.0 ns	
Cluster: 1	x Axis	y Axis	z Axis	< 2.2 pe	> 5.2 pe

Run 2625  
Ev 15239

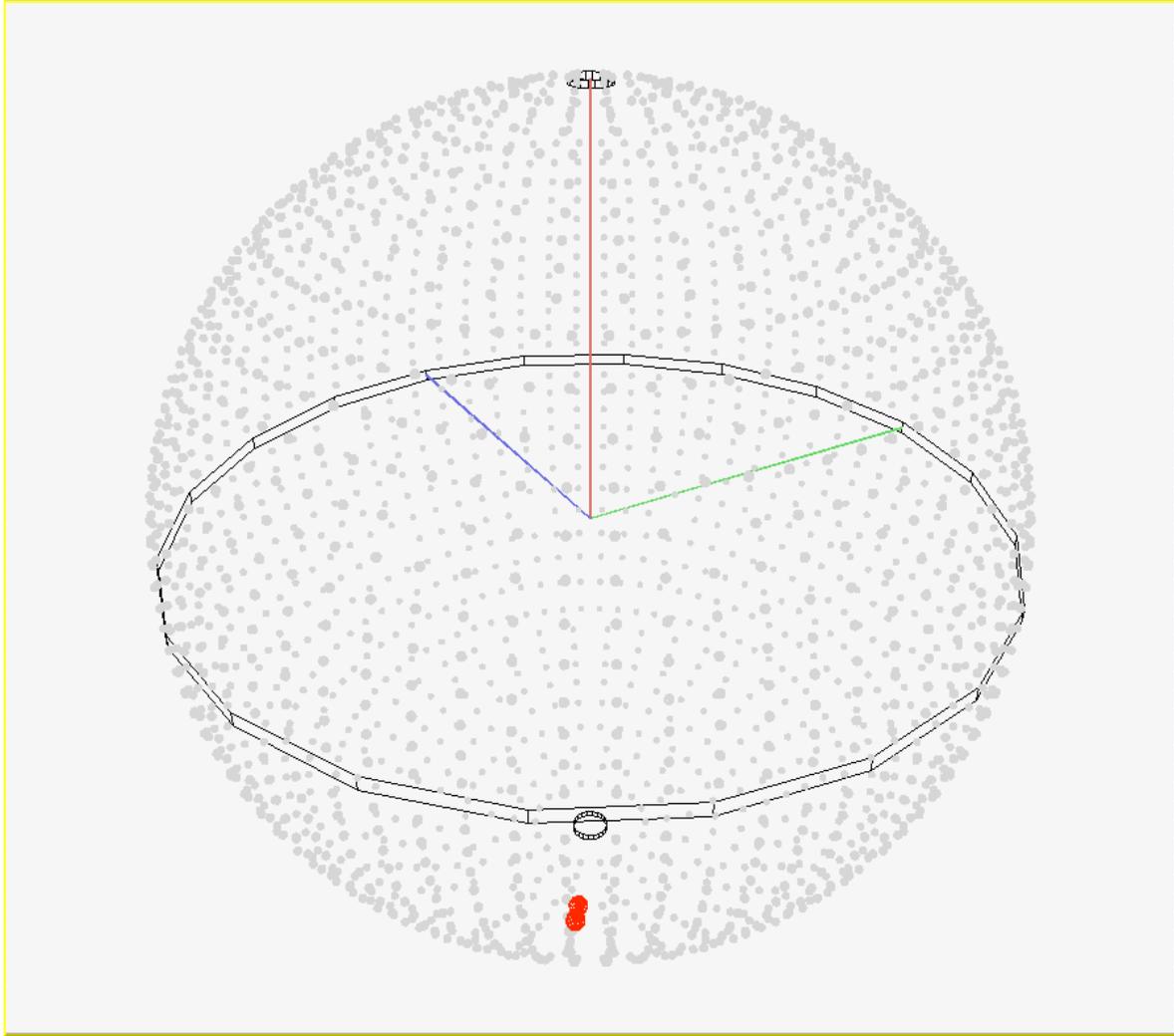


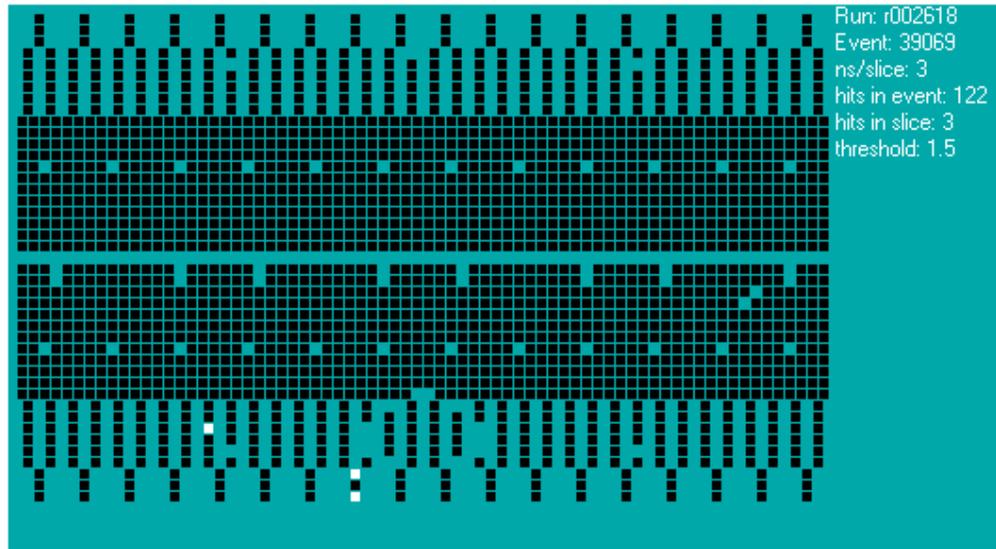
Run 2625  
Ev 15239



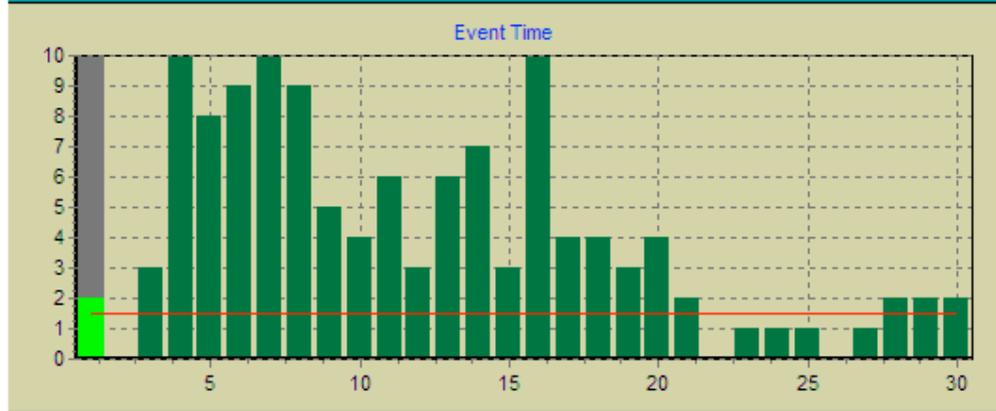
Run: 002618	Number of pmt hits: 0056	No hits	< 3.2 pe		
Event: 046557	Total Charge (pe): 96.0	< 1.2 pe	< 5.2 pe	0.0 < Time < 3.0 ns	
Cluster: 1	x Axis	y Axis	z Axis	< 2.2 pe	> 5.2 pe

Run 2618  
Ev 46557





Run 2618  
 Ev 39069



## Conclusioni

- Borexino:
  - => può rivelare eventi da  $\nu$  - CNGS
  - => può misurare il flusso del fascio (3% err.stat. in 4 gg)
  - => ha rivelato 5 *eventi* nel run di agosto (~100% eff!!)
- Nel prossimo run di ottobre la Sfera (SSS) sarà ~ completamente piena d'acqua: ci aspettiamo (a intensità nominale del fascio) :
  - => muoni prodotti da neutrino dalla roccia ~ 150  $\mu$  /giorno
  - => CC+NC eventi nell'acqua ~19 eventi/giorno

→ ~ 170 eventi /giorno

=>> Sarà quindi già possibile misurare l'intensità del fascio

- ***Nuova fisica per Borexino??***

*Studio delle oscillazioni dei  $\nu_{\mu}$  ??*

*Lavori in corso ... !!!*

