



L'osservatorio neutrino LVD

A. Porta
Collaborazione LVD

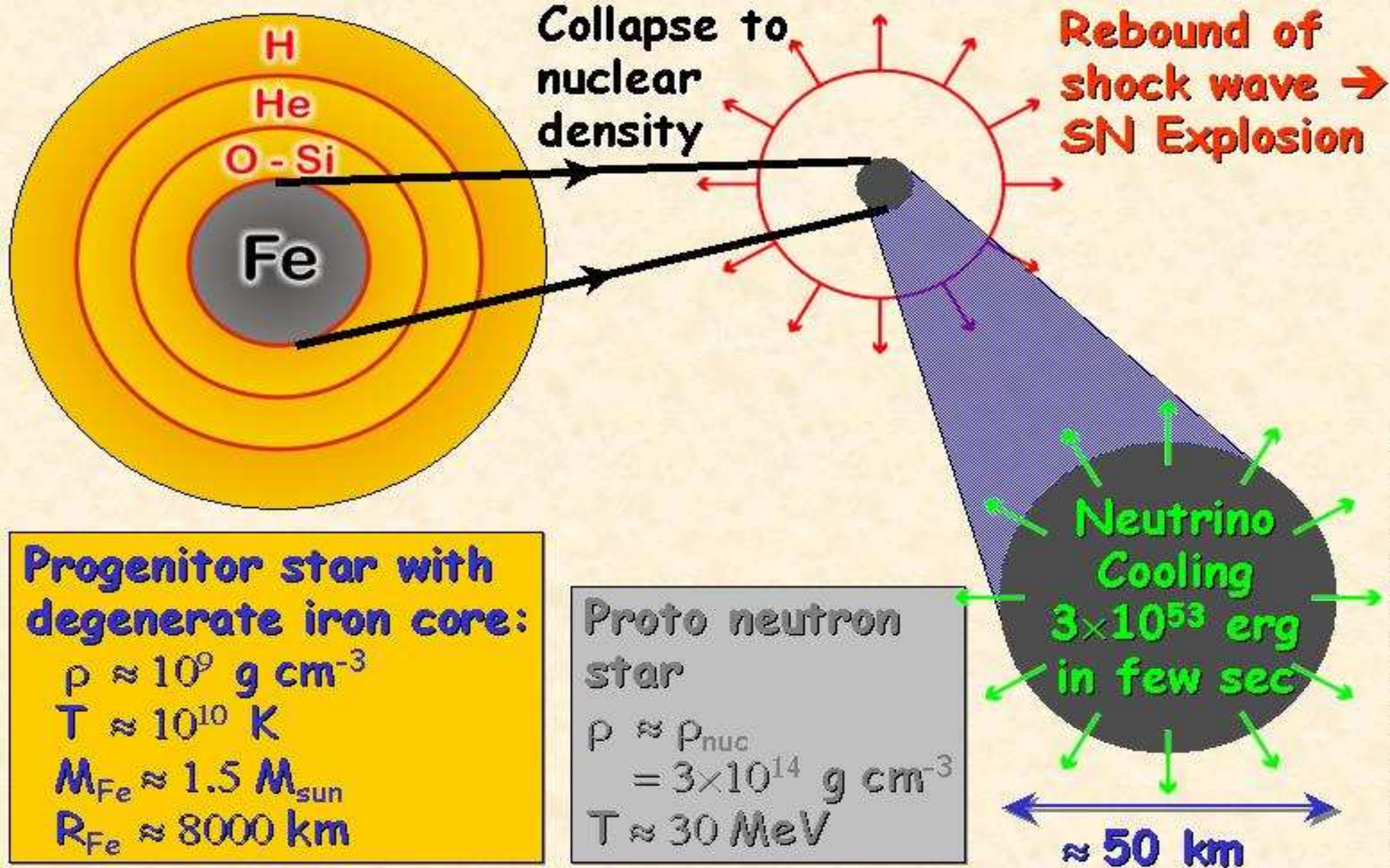
Universita' e INFN Torino

Indice:



- *Collasso gravitazionale stellare*
- *LVD: il rivelatore e la sua elettronica*
- *Calibrazione e risoluzione in energia*
- *Monitoraggio dai dati: off-line ed on-line*
- *Neutrini da supernova e numero di eventi attesi in LVD*
- *Esempio di un lavoro recente*
- *Conclusioni*

Stellar Collapse and Supernova Explosion



LVD: un esperimento per neutrini da SN



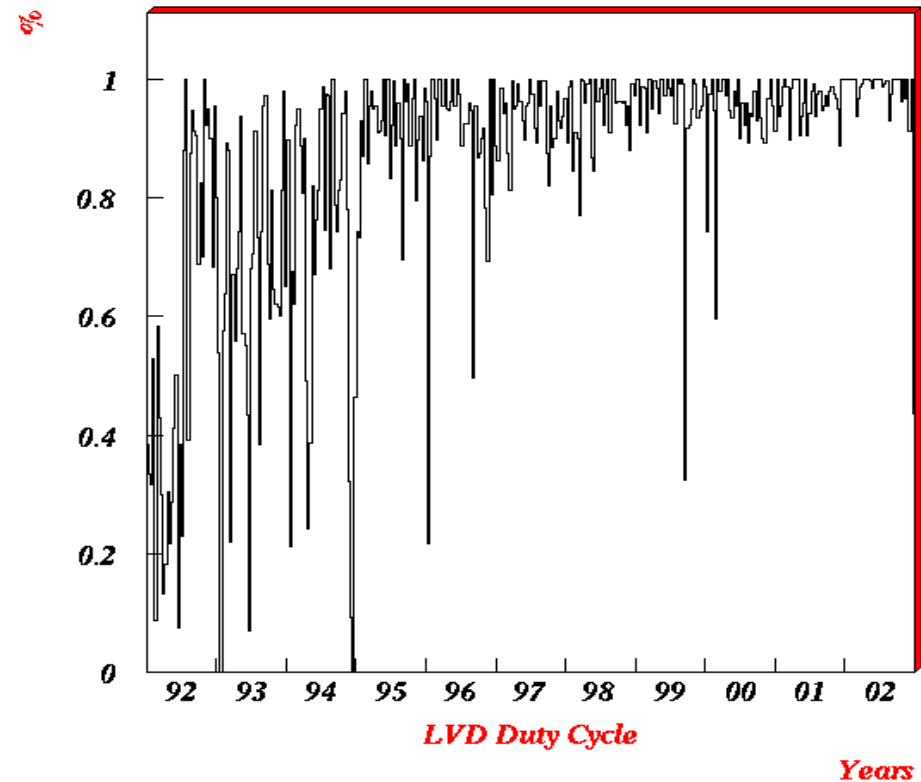
LVD e' situato nella sala A dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, sormontato da 1400 m di roccia calcarea (circa 3800 m w e).

E' attivo dal 1992 ed ha raggiunto la configurazione attuale nel 2001.

Attualmente ha una massa di circa 1000 tonnellate.

Il duty cycle medio di questi 11 anni e' dell'87%, ed e del 98% negli ultimi tre anni.

A. Porta



LVD: il rivelatore (1)



840 contatori (detti tank) di $1 \times 1 \times 1.5 \text{ m}^3$ raggruppati in tre torri formate ciascuna da 35 portatank (gruppo di 8 tank).

Ciascuna tank contiene 1.2 ton di scintillatore liquido ed e' osservata da 3 PM (2520 PM)

Il sistema di tracking:

- contatori ad L contenenti 2 strati di tubi streamer lunghi 6.3 m.
- lettura bidimensionale: strip di 4 cm poste parallele e perpendicolari ai tubi
- risoluzione superiore a 4 mrad.



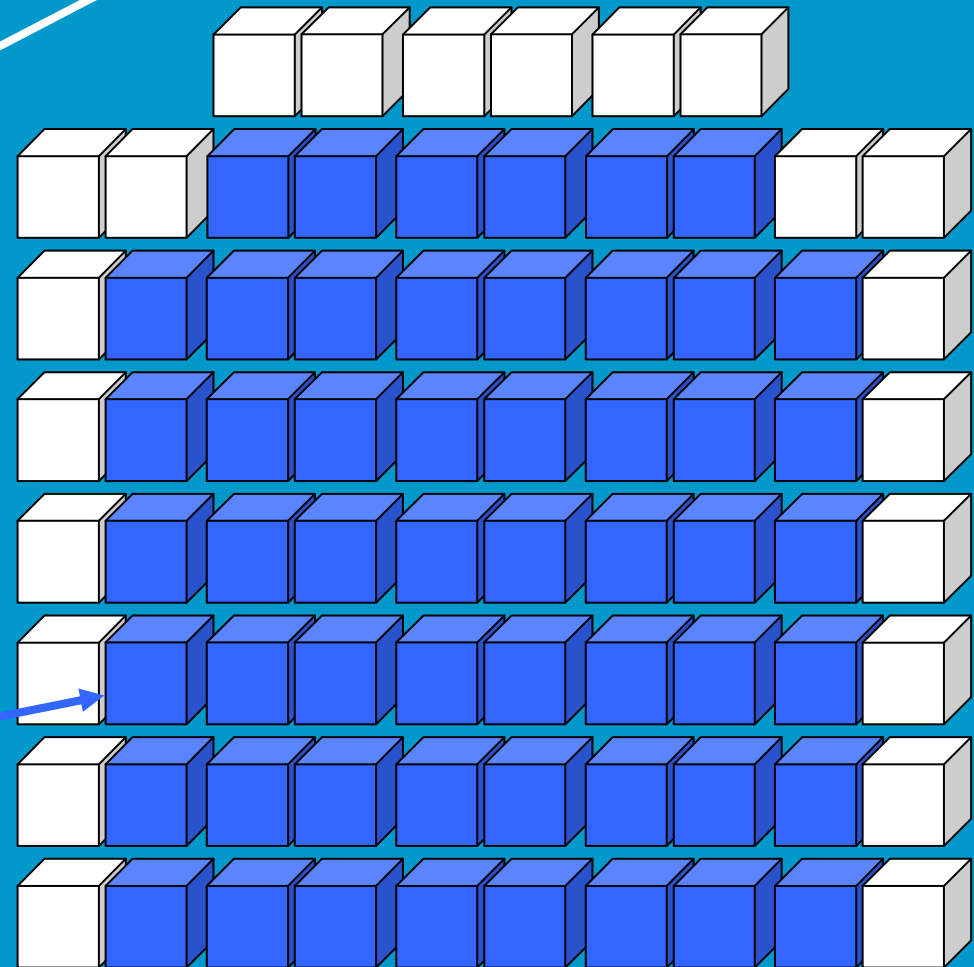
LVD: il rivelatore (2)



Schema numerazione tank del primo piano

1517	1518	1417	1418	1317	1318	1217	1218	1117	1118
1515	1516	1415	1416	1315	1316	1215	1216	1115	1116
1513	1514	1413	1414	1313	1314	1213	1214	1113	1114
1511	1512	1411	1412	1311	1312	1211	1212	1111	1112
2517	2518	2417	2418	2317	2318	2217	2218	2117	2118
2515	2516	2415	2416	2315	2316	2215	2216	2115	2116
2513	2514	2413	2414	2313	2314	2213	2214	2113	2114
2511	2512	2411	2412	2311	2312	2211	2212	2111	2112
3517	3518	3417	3418	3317	3318	3217	3218	3117	3118
3515	3516	3415	3416	3315	3316	3215	3216	3115	3116
3513	3514	3413	3414	3313	3314	3213	3214	3113	3114
3511	3512	3411	3412	3311	3312	3211	3212	3111	3112

Suddiviso in contatori **esterni** (circa 430 tonnellate)...



...ed **interni** (circa 570 tonnellate).

LVD: lo scintillatore liquido



Ciascun contatore contiene 1.2 ton di scintillatore con le seguenti caratteristiche:

- C_nH_{2n+2} con $\langle n \rangle = 9.6$
- 0.03 mg/l di POPOP
- 1 mg/l di PPO
- $\rho = 0.78 \text{ g/cm}^3$
- Lo scintillatore liquido di torre 1 e 2 è stato prodotto dal gruppo russo dalla collaborazione dell'esperimento, mentre il liquido scintillatore di terza torre è stato fatto dal gruppo LVD dell' INFN di Torino.

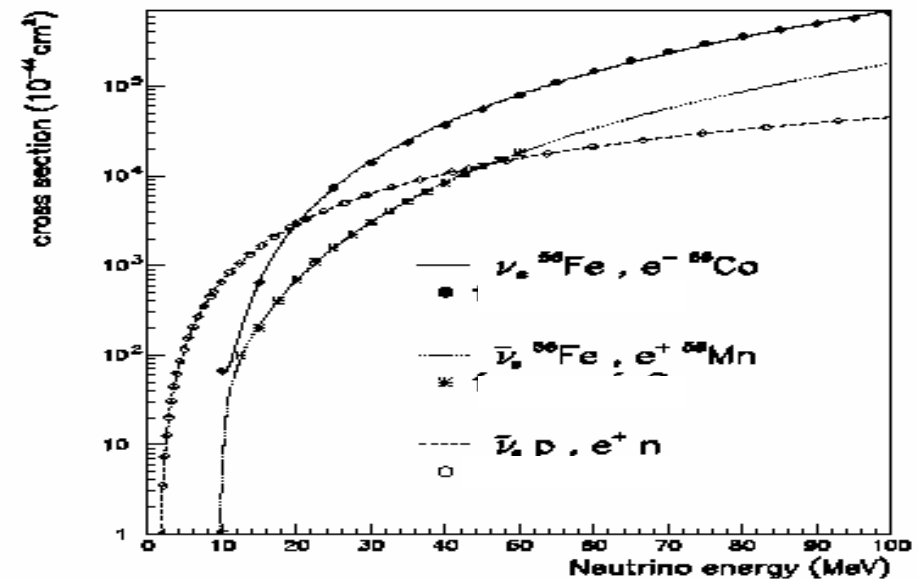
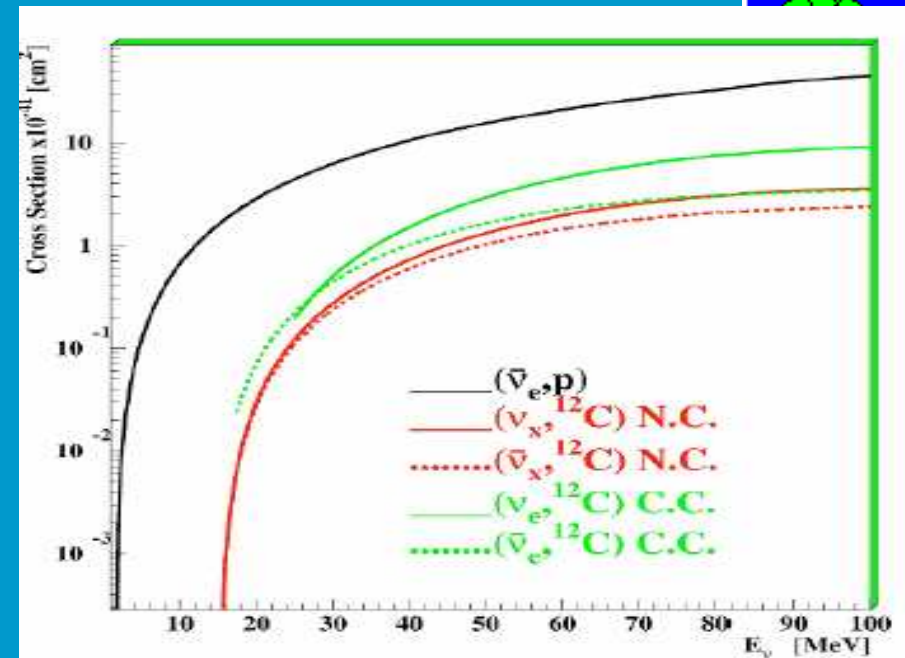
Le reazioni di rivelazione dei neutrini

Reazioni tra neutrini e scintillatore liquido:

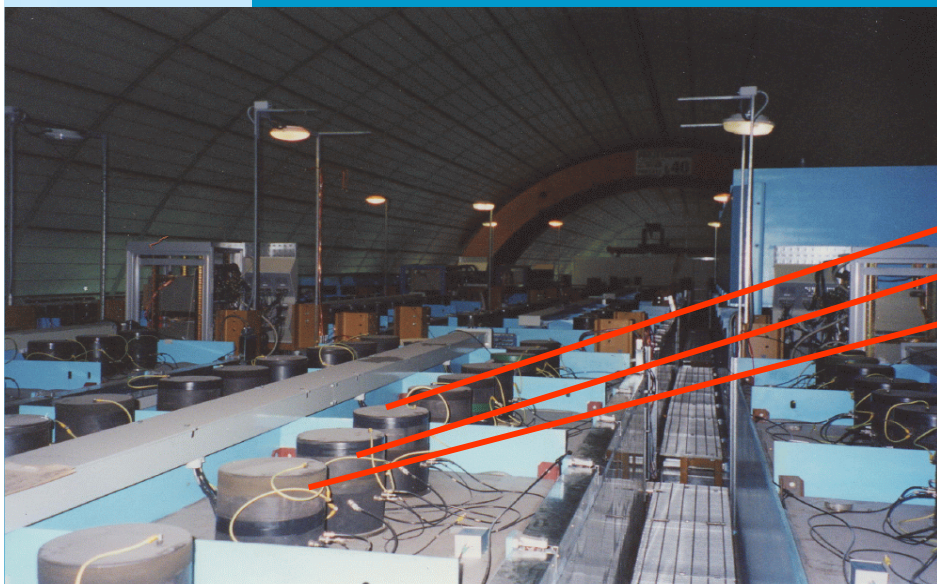
- $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ (c.c.)
 $n + p \rightarrow \gamma + D$
- $\nu_i (\bar{\nu}_i) + e^- \rightarrow \nu_i (\bar{\nu}_i) + e^-$ (c.n., c.c.)
- $\nu_e + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{12}\text{N} + e^-$ (c.c.)
 ${}^{12}\text{N} \rightarrow {}^{12}\text{C} + e^+ + \nu_e$
- $\bar{\nu}_e + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{12}\text{B} + e^+$ (c.c.)
 ${}^{12}\text{B} \rightarrow {}^{12}\text{C} + e^- + \bar{\nu}_e$
- $\nu_i (\bar{\nu}_i) + {}^{12}\text{C} \rightarrow \nu_i (\bar{\nu}_i) + \gamma + {}^{12}\text{C}$ (c.n.)

Reazioni tra neutrini e ferro:

- $\nu_e + {}^{56}\text{Fe} \rightarrow e^- + \gamma + {}^{56}\text{Co}$ (c.c.)
- $\bar{\nu}_e + {}^{56}\text{Fe} \rightarrow e^+ + \gamma + {}^{56}\text{Mn}$ (c.c.)
- $\nu_e + {}^{56}\text{Fe} \rightarrow \nu_e + \gamma + {}^{56}\text{Fe}$ (c.n.)



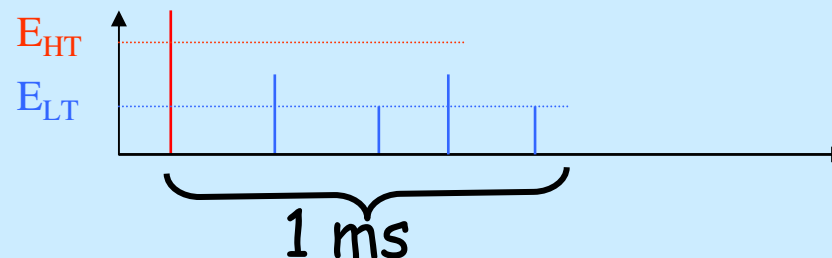
LVD: l'elettronica di acquisizione



Coincidenza tripla (250 ns)

Soglia alta:
7 MeV tk **esterne**,
4 MeV tk **interne**

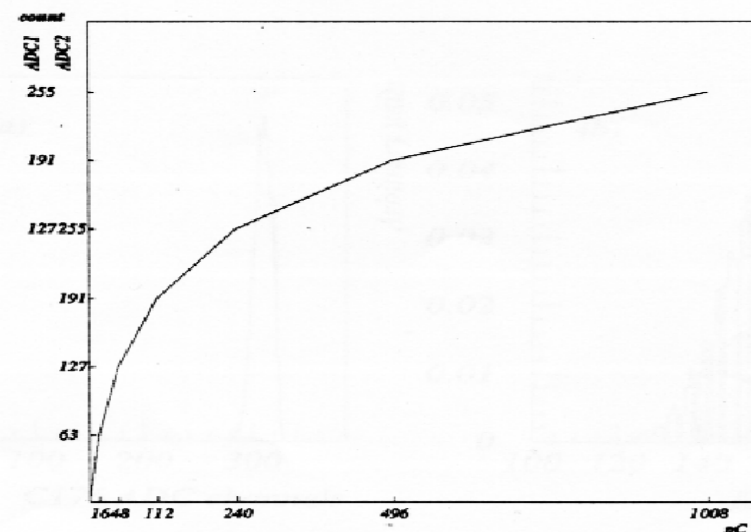
Soglia bassa:
0.8 MeV per 1 ms



La DAQ legge gli eventi dalle FIFO di ciascuna torre.

ADC-TDC
Con FIFO

- Risoluzione TDC: 12.5 ns
- Risoluzione ADC: $\sim 0.25 \times 2^{n-1}$ pC/ch



LVD: la calibrazione in energia (1)

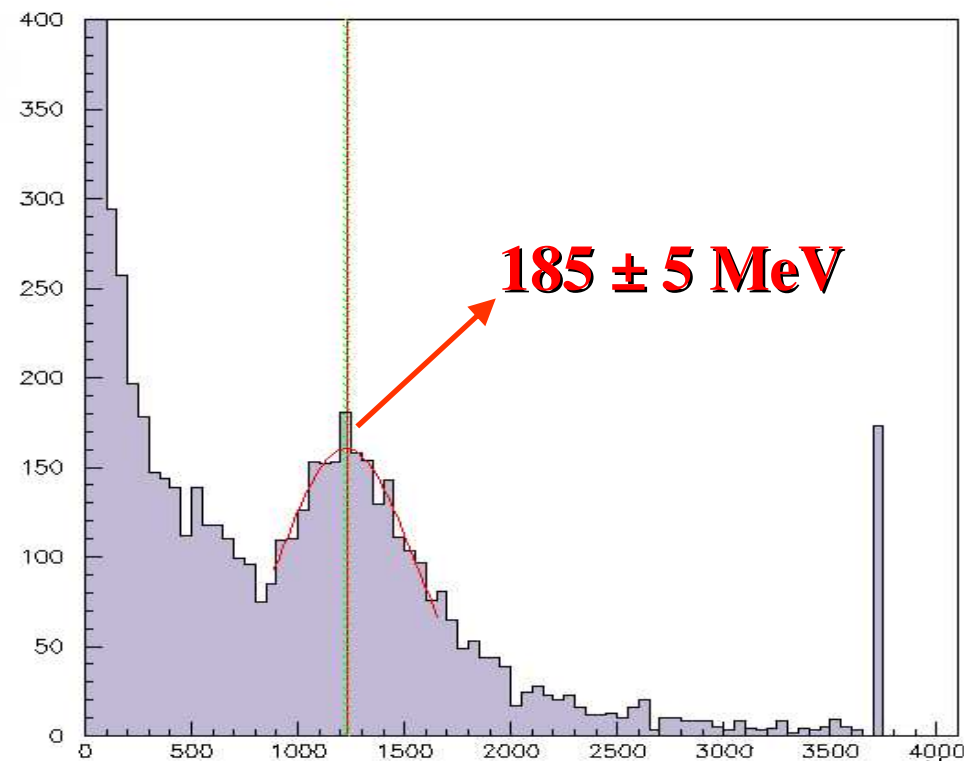


Viene utilizzato il picco dovuto ai muoni cosmici:

- i μ vengono selezionati come eventi presenti in almeno due tank diverse e vicine in coincidenza temporale entro 250 ns.
- conoscendo le distribuzioni angolare ed energetica dei muoni nella Hall A dei L.N.G.S. e l'efficienza geometrica del rivelatore e' stata effettuata una simulazione che ha fissato a 185 MeV il picco dei μ atteso nei dati di LVD.
- La calibrazione viene aggiornata usando i dati di ogni contatore registrati negli ultimi tre mesi.

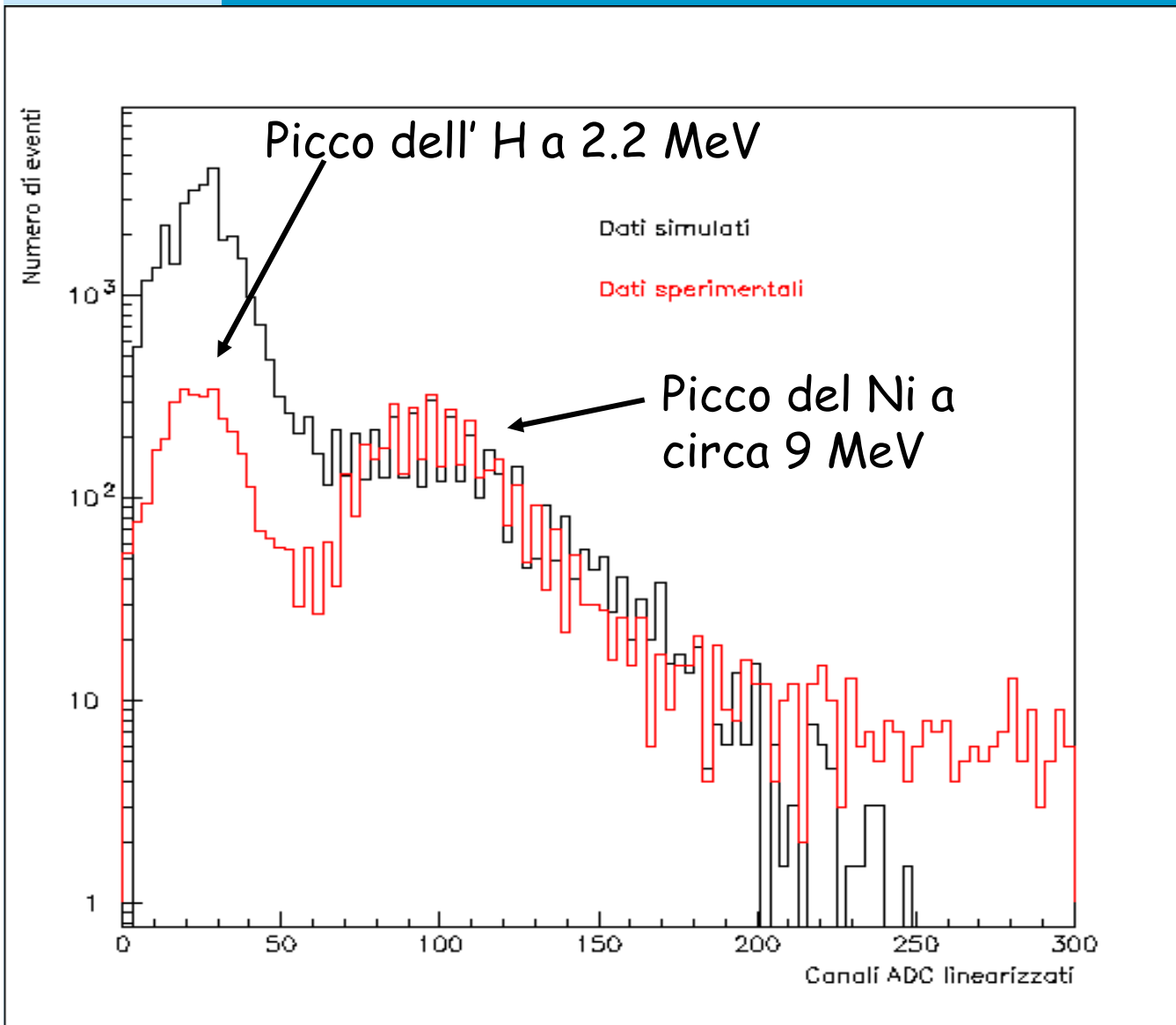
Entries

Contatore 1114



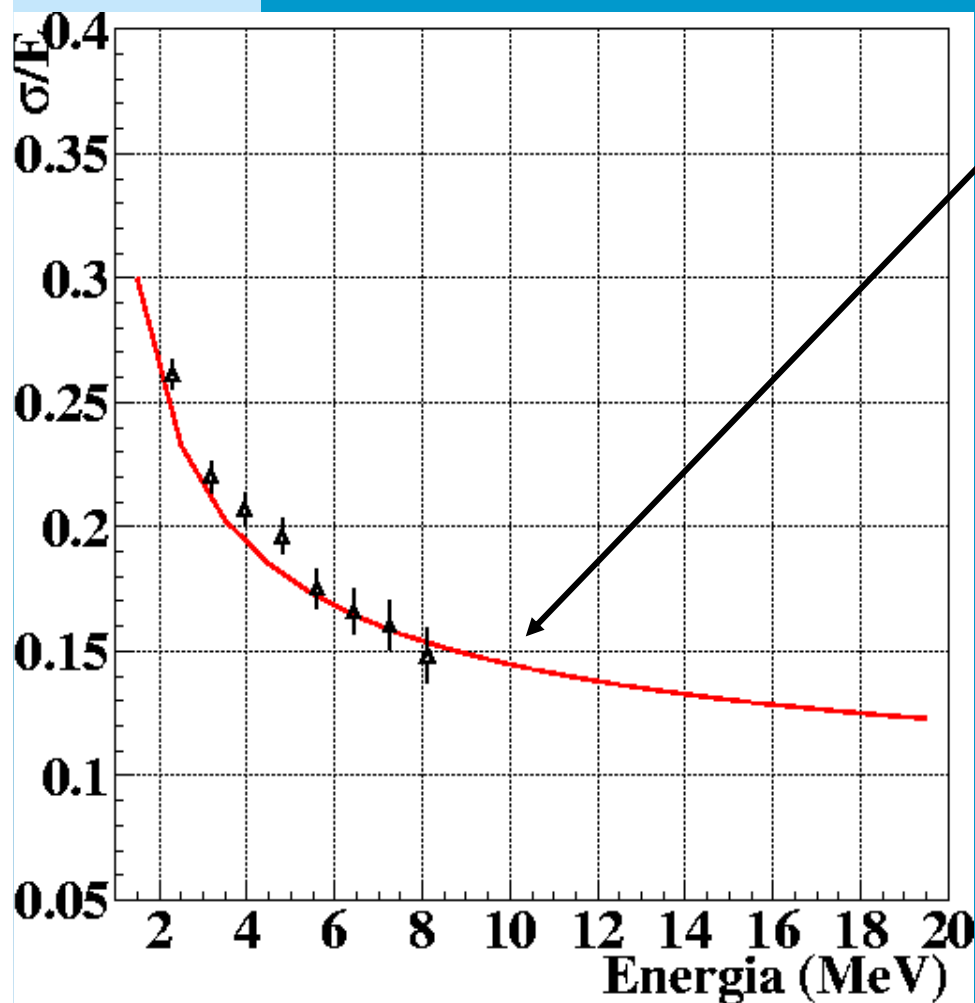
ADC Channel

LVD: la calibrazione in energia (2)



In fase di studio: si intende utilizzare lo spettro derivante da una sorgente di gamma NiCf (sorgente di ^{252}Cf al centro di un cilindretto di Ni e paraffina).

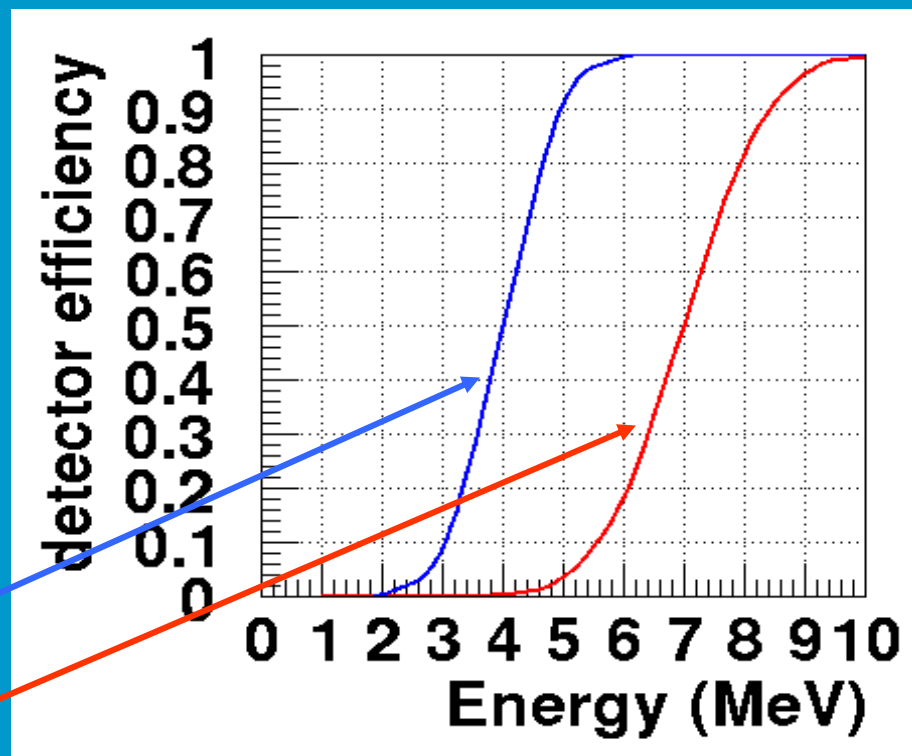
LVD: risoluzione in energia e funzione di soglia



$$\frac{\sigma}{E} = 0.07 + \frac{0.23}{\sqrt{(E/\text{MeV})}}$$

A 10 MeV la risoluzione e' ~15%

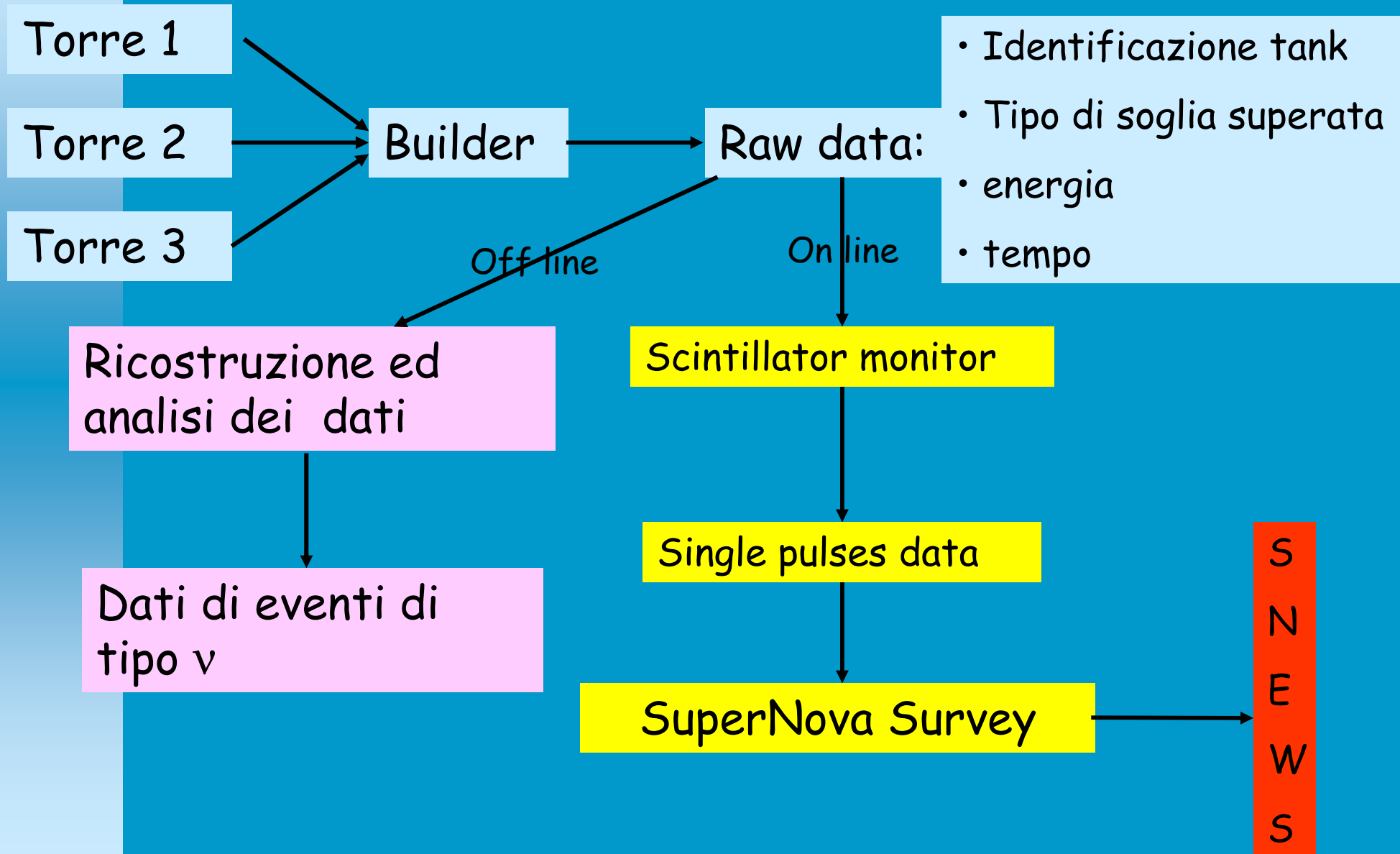
P. Antonioli et al., NIM A 309, (1991), 569



$E_{th} = 4 \text{ MeV}$ per le tank interne

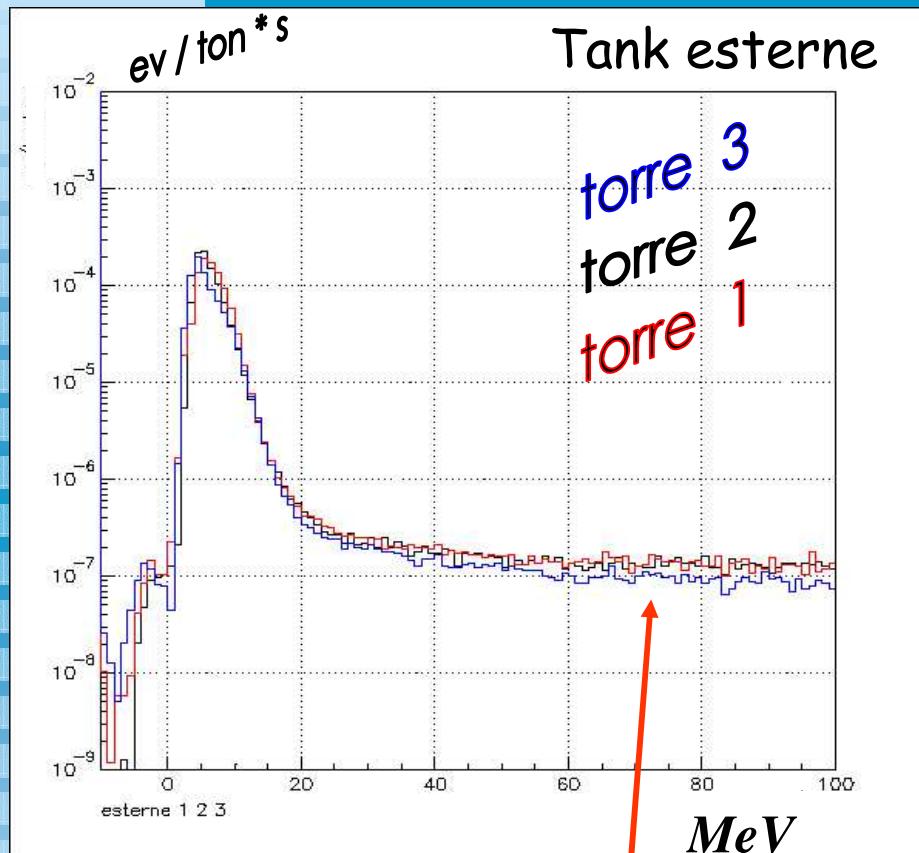
$E_{th} = 7 \text{ MeV}$ per le tank esterne

LVD: l'analisi dei dati

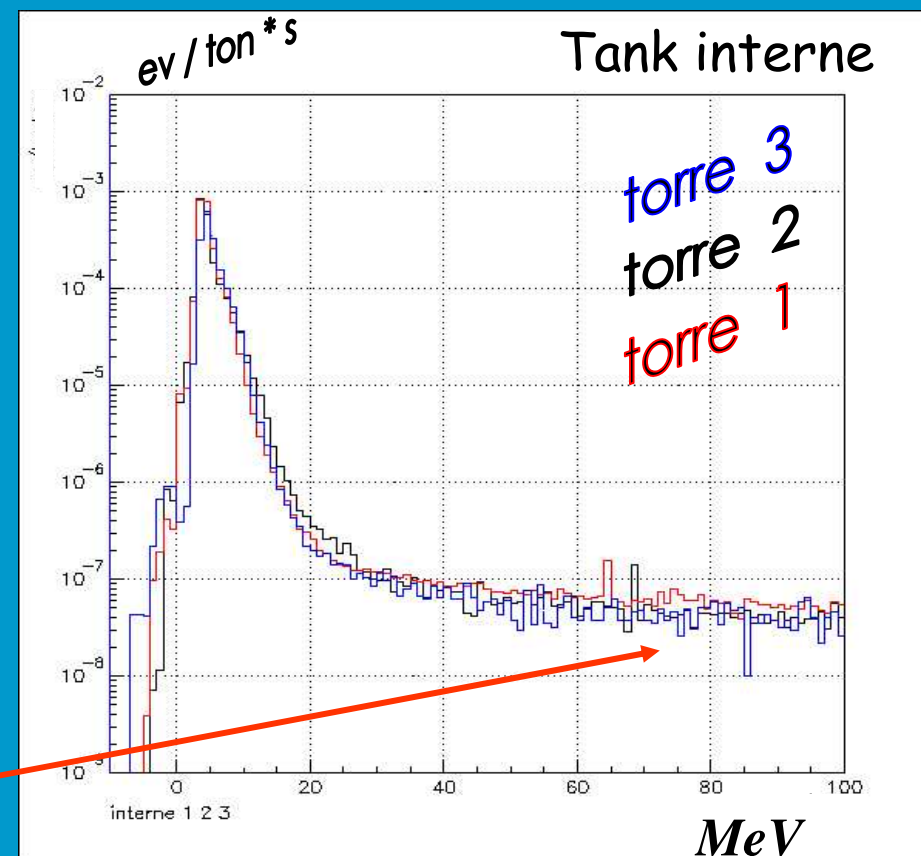


LVD: spettro di eventi di tipo ν

C. Forchione, Tesi di Laurea, Università di Torino, 2001



Analisi effettuata su 1 anno di dati.



Fondo di μ cosmici residui

LVD: il monitor on-line



Lvd Daq Status

at 10/Dec/2003 10:10:16

RUN STATE IS **ACTIVE**

EVENT BUILDER STATE IS **BLDDATA**

LVD DAQ Menu'

- [DAQ Status](#)
 - [DAQ Statistics](#)
 - [DAQ Processes](#)
 - [LVD Active Mass](#)
 - LT Rate [Tower 1](#)
 - LT Rate [Tower 2](#)
 - LT Rate [Tower 3](#)
 - HV Status [Tower 1](#)
 - HV Status [Tower 2](#)
 - HV Status [Tower 3](#)
-
- [Start/Stop Run](#)
 - [Read/Update Logbook](#)
-
- [ReStart](#)
- Monitor Processes
- [ReStart](#)
- Server in Tower
- [Reset\(this is for experts!!\)](#)
- CPU in Tower
-
- [Show/Modify](#)
- Towers Configuration
- [Apply Modifications](#) in Towers Configuration
 - [Show/Modify](#)
- Threshold Settings
- [Apply Modifications](#) in Threshold Settings
-
- [Shifter's Duties](#)
 - [Shifter's Instructions](#)
 - [Expert's Instructions](#)
 - [Expert's List](#)

Tower	Daq State	TOT. RATE (ev/min)	LAST 3 min RATE (ev/min)
1	ACTIVE	11.51	11.33
2	ACTIVE	37.75	45.33
3	ACTIVE	286.11	288.33

CURRENT RUN : 20672 (AT 10/Dec/2003 10:10:16 131283 EVENTS STORED)
 ORIGINAL RUN : 20670 (AT 10/Dec/2003 10:10:16 312743 EVENTS STORED)
 STARTED ON: 09/Dec/2003 18:34:33

AVERAGE RATE (PER MINUTE) SINCE START = 334.23
 AVERAGE RATE (PER MINUTE) SINCE LAST 3 MINUTES = 345.00
 ----> LAST EVENT WRITTEN 4.000000 SECONDS AGO <----
 ----> Mbytes FREE ON DISK: 4919.02 <----

Tower	Readout	Server	Client	Builder	TRK	Q1	Q2	Q3	Q4
1	GETDATA	SNDDATA	RCVDATA	CONNECTED	OFF	ON	ON	ON	ON
2	GETDATA	SNDDATA	RCVDATA	CONNECTED	OFF	ON	ON	ON	ON
3	GETDATA	SNDDATA	RCVDATA	CONNECTED	OFF	ON	ON	ON	ON

Tower	Read	On mem	Sent	On disk	Built	Buff.(%)
1	00002a13	00002a13	00002a13	00002a13	00002a12	0.030298
2	000089ff	000089ff	000089ff	000089ff	000089fc	0.012033
3	000415c3	000415c3	000415c3	000415c3	000415ab	0.105956

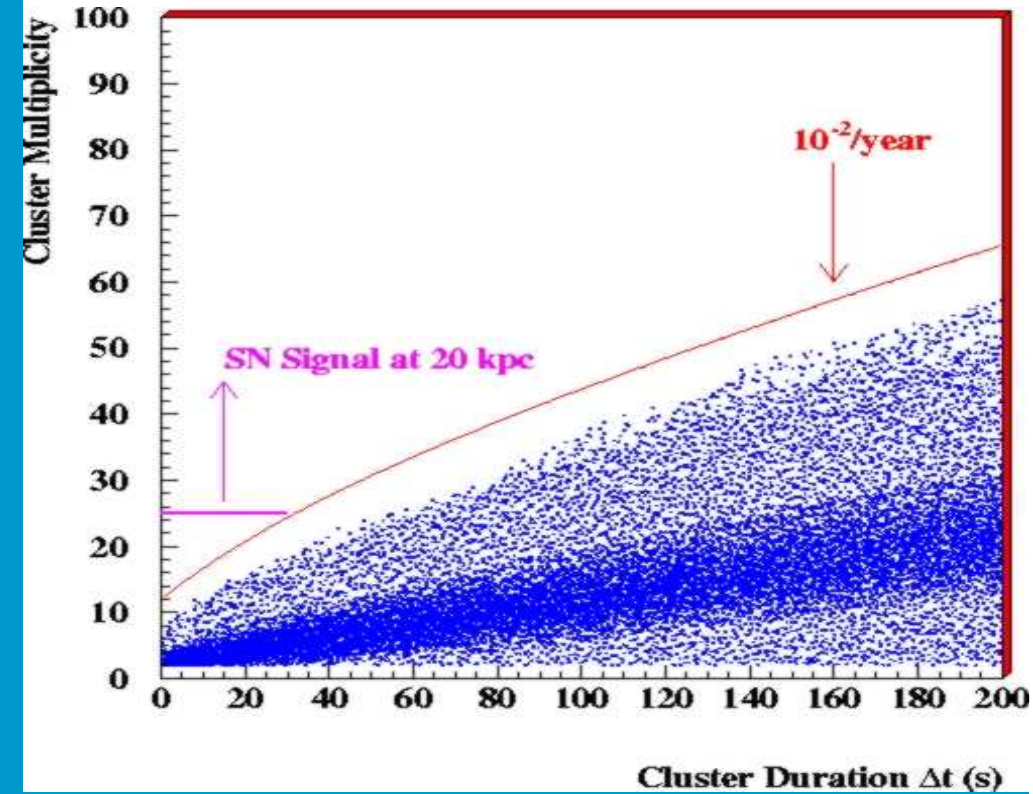


LVD: riconoscimento del burts di SN (1)

Dopo una selezione dei dati atta ad eliminare segnali provenienti da contatori con elevato rumore elettronico ed eventi di μ , si studiano gli eventi di energia compresa tra 7 e 100 MeV attraverso due fasi successive:

1. Si utilizza un algoritmo di selezione che individua gruppi (cluster) di eventi che hanno una frequenza di imitazione minore di una soglia predefinita.
Ciascun cluster ha molteplicita' m data dal numero di eventi contenuti in un intervallo $\Delta t \leq 200$ s ed ha come punto di inizio ciascun evento.
La frequenza di imitazione di un cluster e' funzione di della probabilita' poissoniana di misurare m in Δt , di Δt e del rate medio di eventi di fondo.

Periodo dal 12/12/00 al 24/03/03:
Live time 821 g, duty cycle 98%, Nev 7880592, frequenza 0.111 s^{-1} , massa media 840 ton



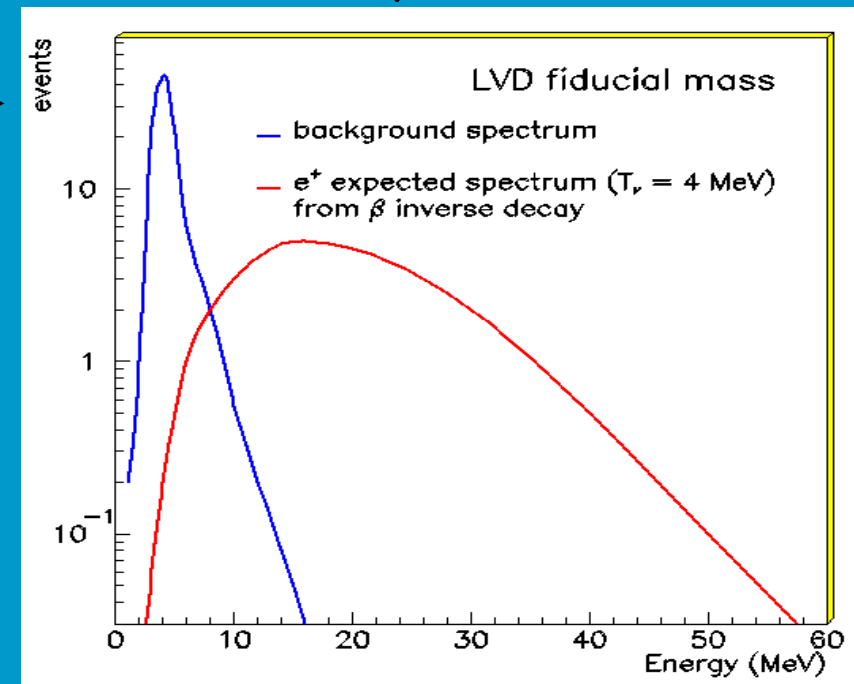
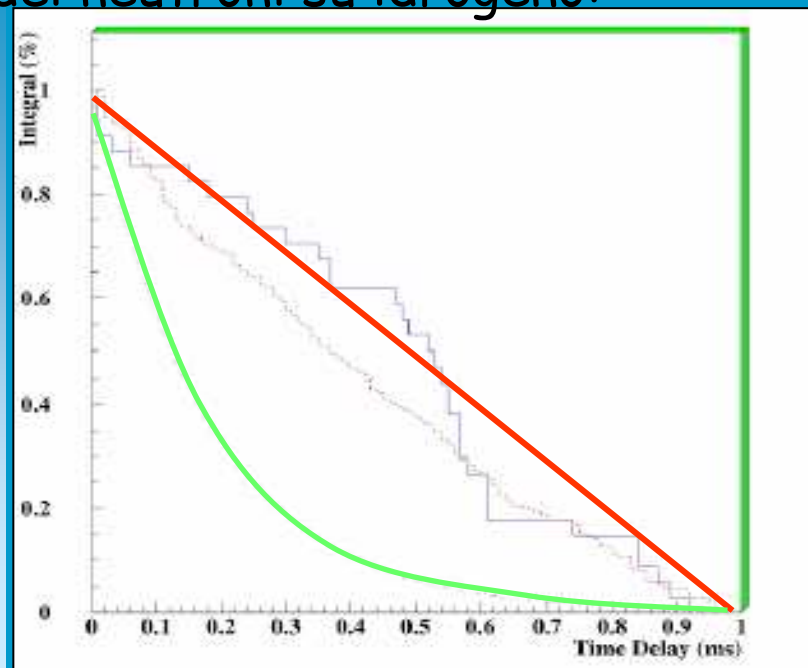
Fulgione, Mengotti & Panaro, NIM A368 (1996) 512

LVD: riconoscimento dei bursts di SN (2)



2. Viene verificata la consistenza dei cluster selezionati con un burst di neutrini analizzando le seguenti caratteristiche:

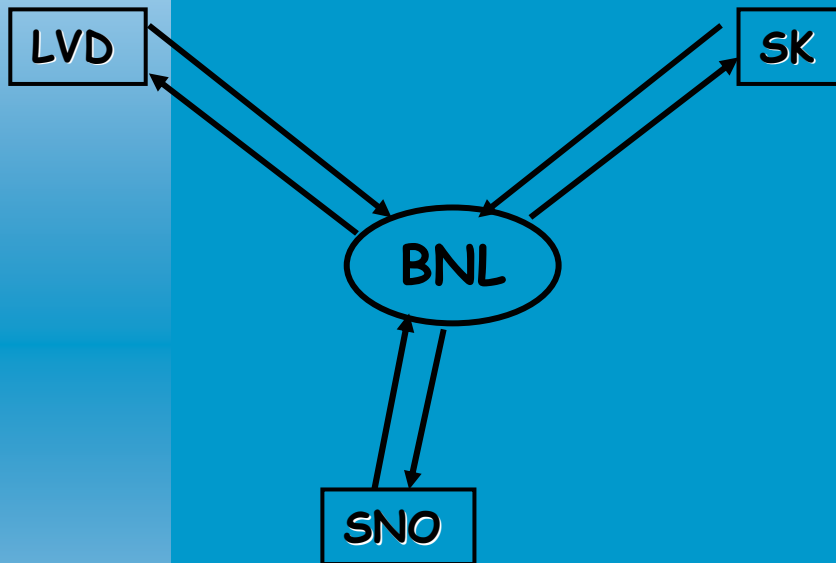
- distribuzione topologica degli eventi: gli eventi di burst sono uniformemente distribuiti all'interno del rivelatore, mentre gli eventi di fondo sono più frequenti nei contatori esterni che in quelli interni.
- distribuzione in energia degli eventi del cluster: →
- distribuzione temporale degli impulsi di soglia bassa dovuti alla cattura dei neutroni su idrogeno:



SNEWS: SuperNova Early Warning System



Gruppo di esperimenti (LVD, SuperKamiokande, SNO) che utilizzano un network per comunicarsi vicendevolmente gli allarmi di burst di SN.



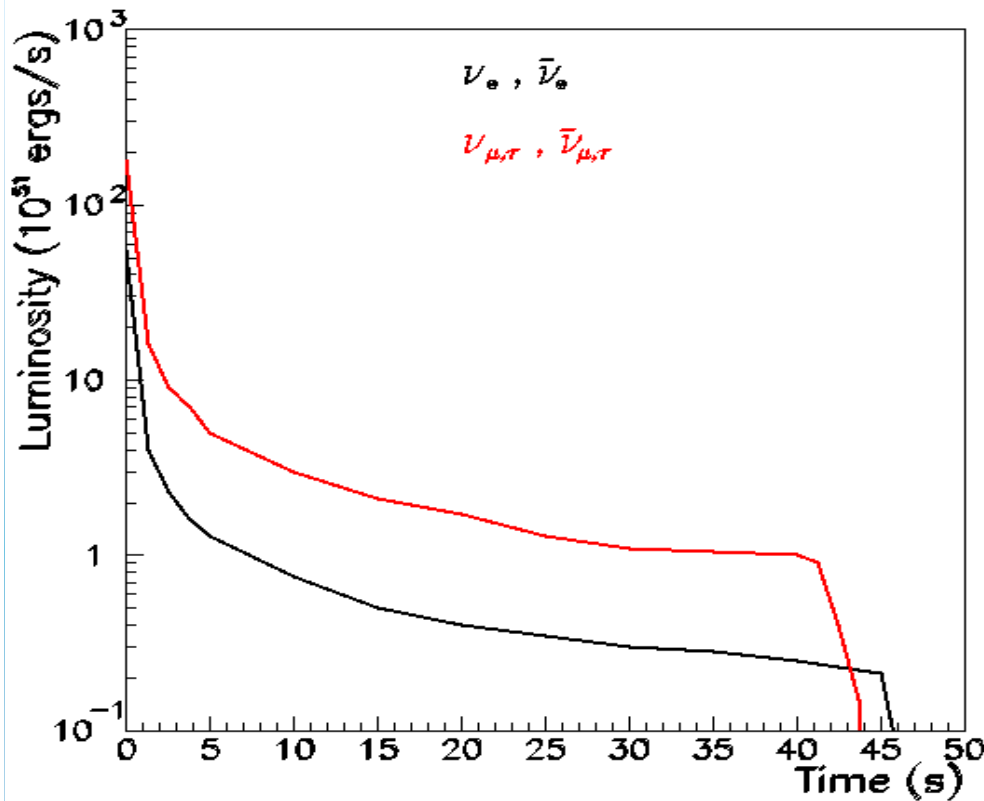
Utilita':

- Avere un riscontro rapido in caso di evento di supernova
- Evitare falsi allarmi facendo coincidenze on-line
- Comunicare rapidamente alla comunita` scientifica l'evento di SN

SNEWS @ <http://hep.bu.edu/~snet/>

Neutrini da collasso gravitazionale stellare :

Burrows et al. Phys. Rev. D45, 3361 (1992)



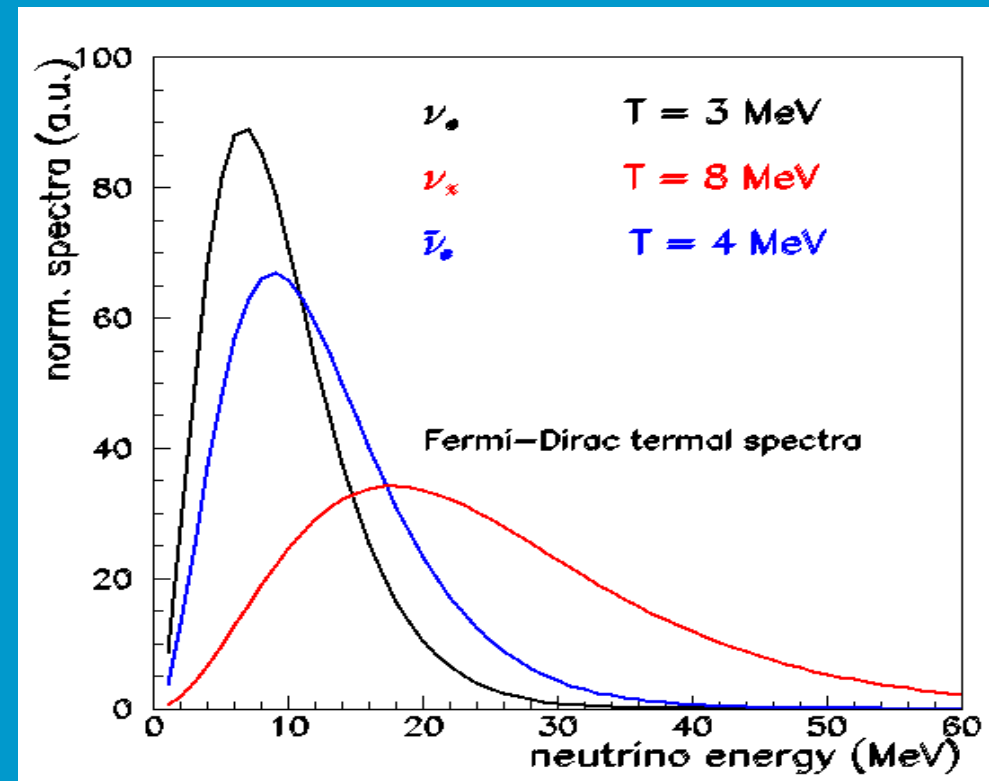
Energia di legame tipica circa 2.5×10^{53} erg di cui:

- ~ 99% in neutrini
- ~ 1% in energia cinetica
- ~ 0.01% in fotoni

Fasi di emissione di ν :

- early neutrino emission (neutronizzazione, shock breakout)
- thermal phase (accrezione di massa, annichilazione di coppie)

A. Porta



Congressino di Sezione I.N.F.N. Torino

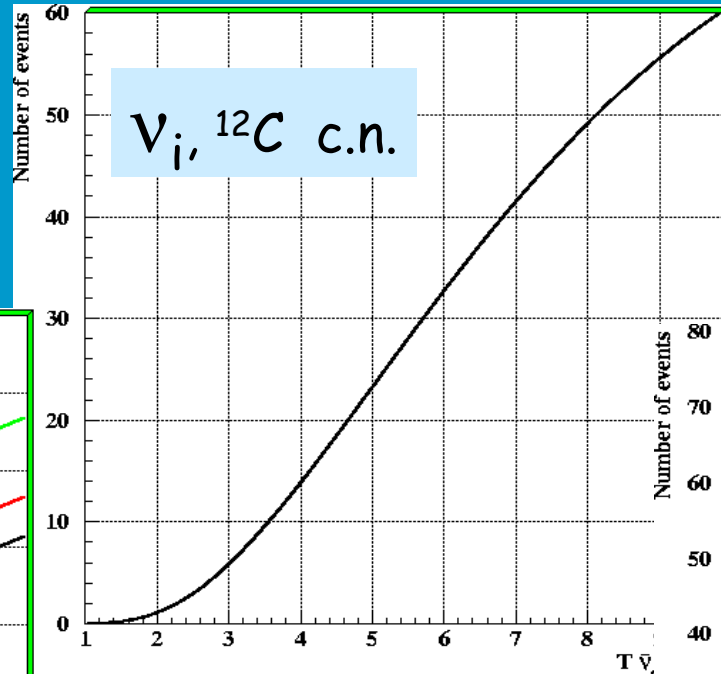
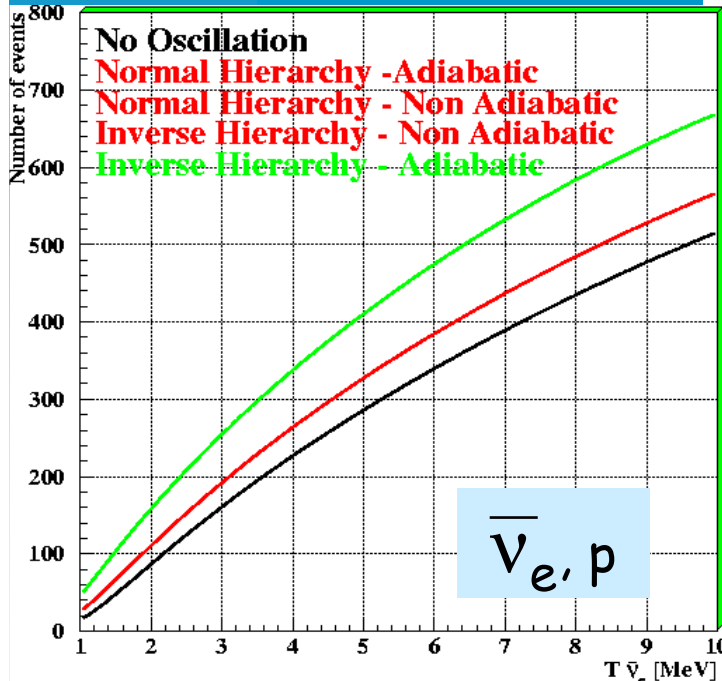
LVD: numero di interazioni di neutrini provenienti da un collasso gravitazionale



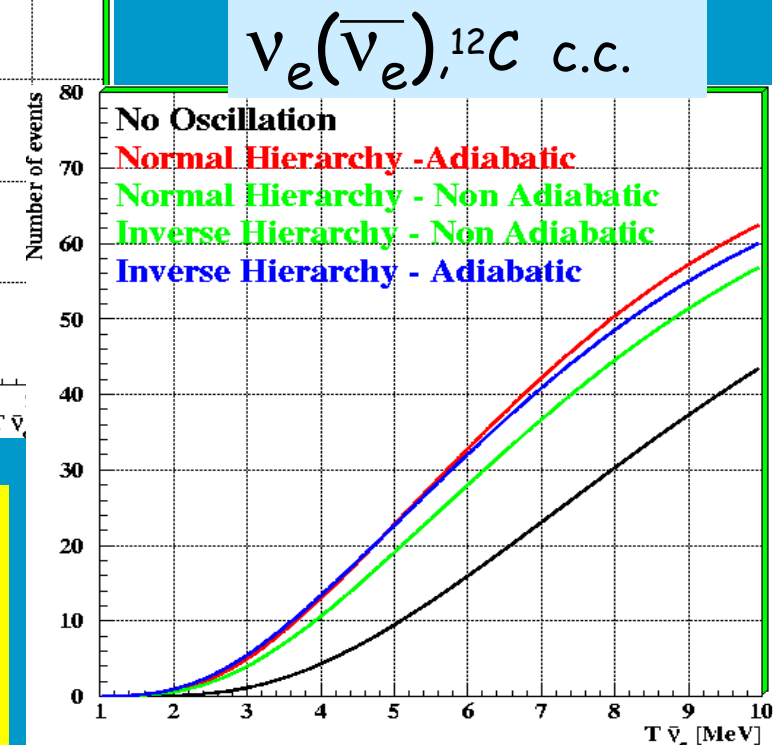
Smirnov & Dighe, hep-ph/9907423
Lunardini @ v 2002, Munich

Parametri utilizzati:

- $\Delta m^2_{sol} = 5 \times 10^{-5} eV^2$ $U_{e2}^2 = 0.33$ (LMA) $\Delta m^2_{atm} = 2.5 \times 10^3 eV^2$
- $|U_{e3}|^2 = 10^{-2}$ nel caso adiabatico, $|U_{e3}|^2 = 10^{-6}$ nel caso non adiabatico
- $M = 1$ Kton
- $d = 10$ Kpc
- $E_b = 2.5 \times 10^{53}$ erg
- $E_{bvi} = 1/6$, $i=e, \mu, \tau$
- $T_{vx} = 1.5 T_{ve}$, $x=\mu, \tau$



M. Aglietta et al., Nucl. Phys. Proc. Suppl. 110 (2002), 410



Per $T = 3.5$ MeV:

- $N_{ev} \sim 250$, $d=10$ Kpc
- $N_{ev} \sim 60$, $d=20$ Kpc

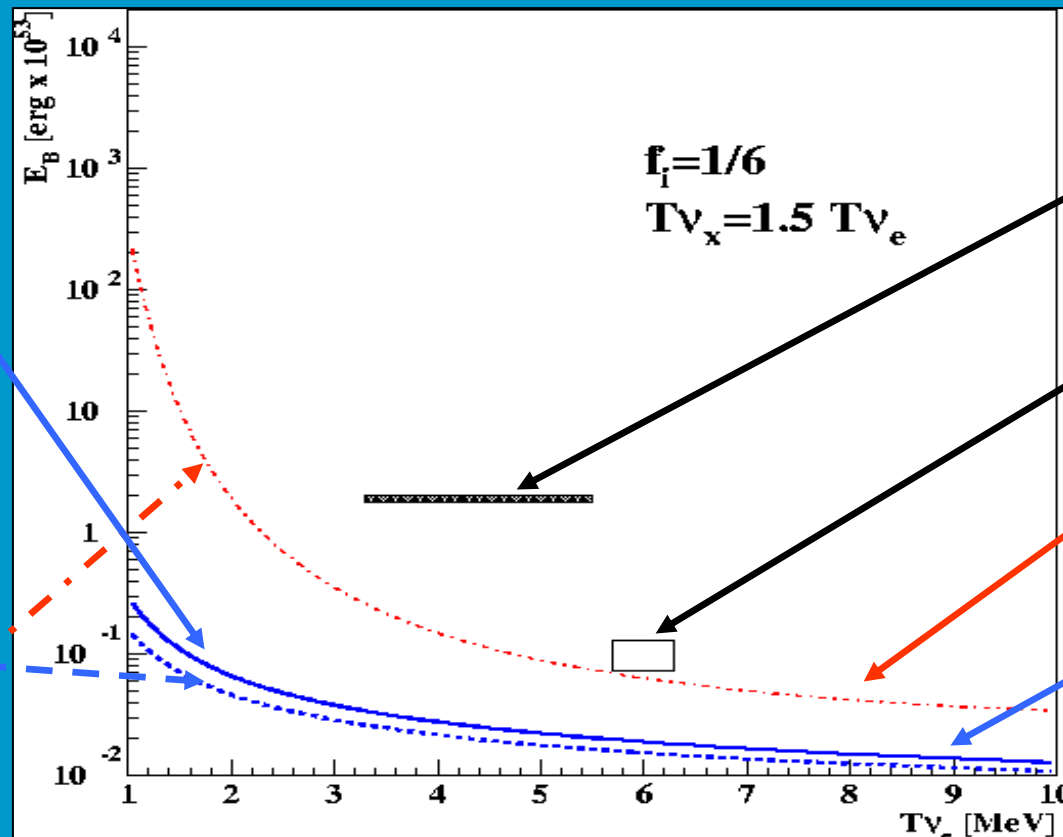
Un lavoro recente:

Astone et al., 2002, Class. Quantum Gravity 19, 5449



La ricerca di eventi in LVD in coincidenza con 8 eventi rivelati dalle antenne gravitazionali Nautilus ed Explorer nel 2001.

Poiche` non sono stati rivelati eventi significativi si e' calcolato il limite superiore al 90% di c.l. all'energia emessa in neutrini da una sorgente che ha generato gli eventi visti dagli esperimenti di onde gravitazionali (nell'ipotesi $d=10$ Kpc).



Ger. massa inv.
Caso adiab.

Ger. massa
norm. caso
adiab. e non,
ger. massa inv.
Caso non adiab.

New born neutron star;
Burrows et al. Phys. Rev.
D45, 3361 (1992)

Colliding neutron
stars; Ruffert Janka,
A&A 380,544, (2001)

Interazioni a c.n.
su ^{12}C

Interazioni su p

Conclusioni:



- Circa 1000 t di scintillatore liquido con un duty cycle del 98% dal 2000 ad oggi
 - Sensibile ad osservare eventi di SN nell'intera galassia
 - 11 anni di monitoraggio di SN galattiche
 - Con SK e SNO realizza la rete mondiale di monitoraggio SNEWS
 - FUTURO:
 - miglioramento dell'efficienza del rivelatore attraverso il drogaggio dello scintillatore con Gd e l'acquisizione dei segnali dei singoli fotomoltiplicatori
- ...nell'attesa di osservare una SN galattica.