

Ricerche di flussi diffusi di neutrini cosmici con il telescopio ANTARES

Luigi Antonio Fusco
Università di Bologna e INFN – Sezione di Bologna

a nome della Collaborazione ANTARES

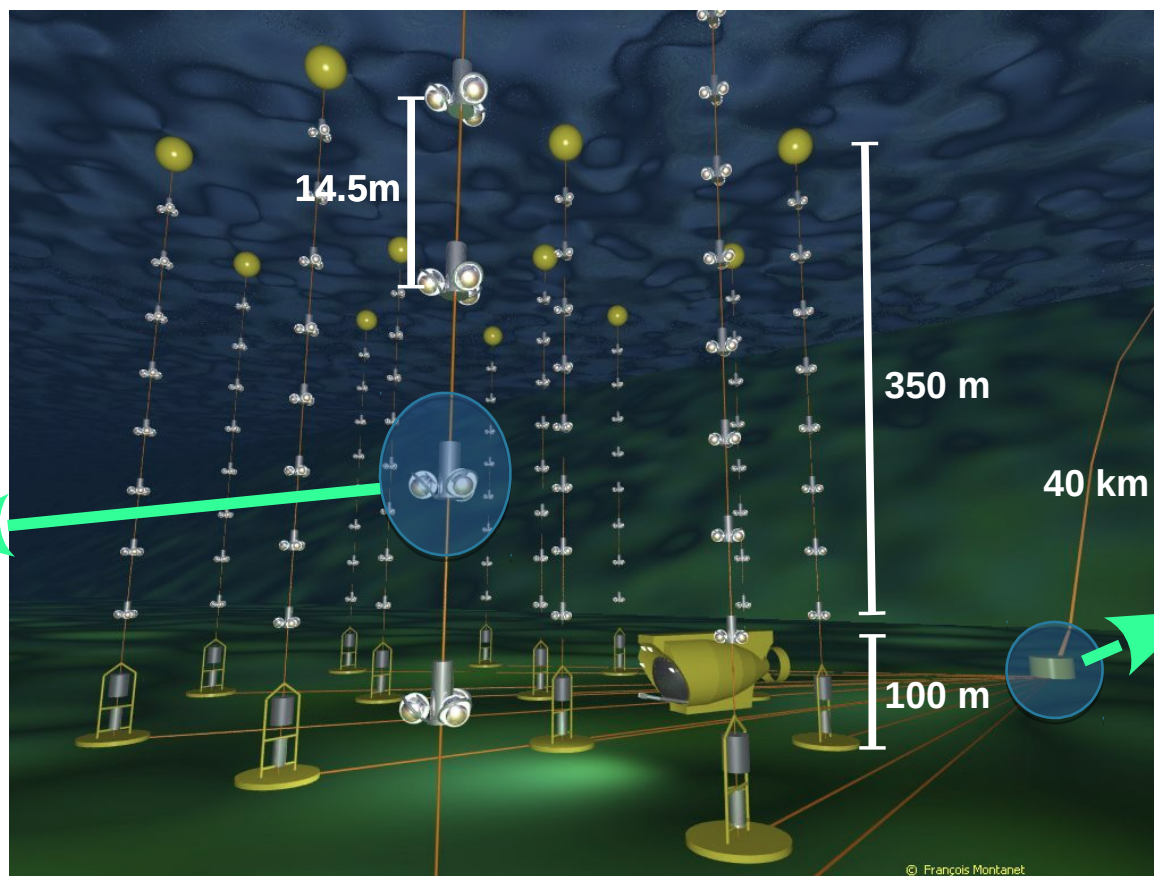


Il rivelatore ANTARES

885 10" PMT
su 12 linee
25 storey/linea
3 PMT/storey



storey



shore station



junction box

Nel Mar Mediterraneo, a 40 km da Tolone: cielo Sud visibile
Profondità di ~2500 m: fondo dei muoni atmosferici ridotto

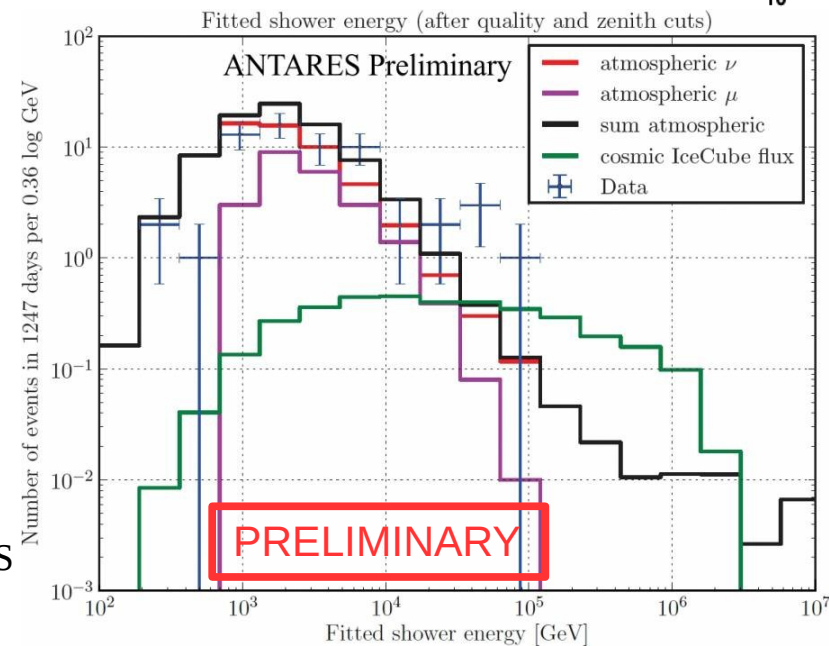
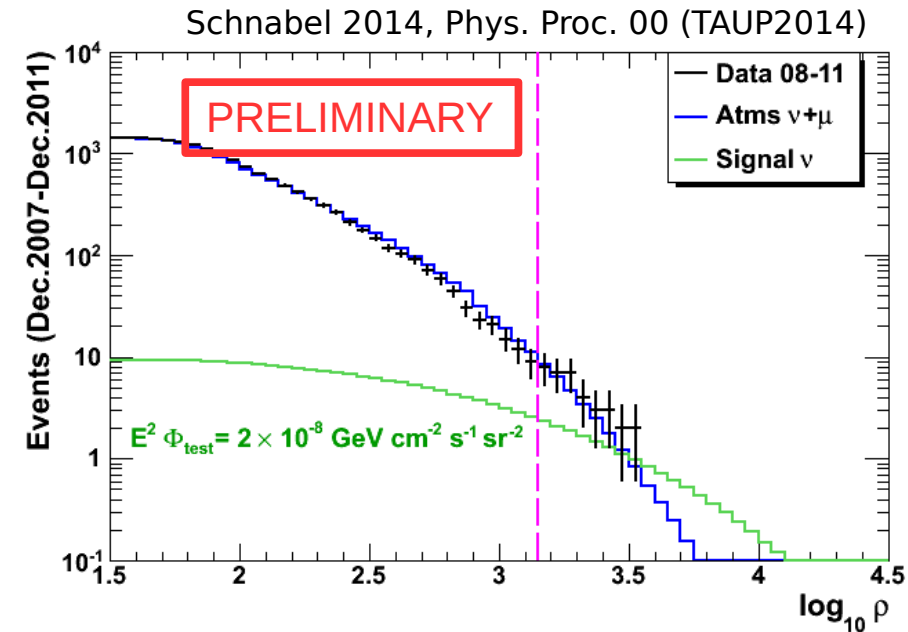
Ricerche di flussi diffusi

- Flussi diffusi:
 - Neutrini cosmici come *smoking gun* per i siti individuali di accelerazione dei Raggi Cosmici se si osservano sorgenti puntiformi;
 - Solo *upper limits*, al momento
 - Possible osservazione di neutrini da sorgenti non risolte.
 - Segnale di neutrini osservato da IceCube.
- Ad alta energia:
 - Indice spettrale dei ν cosmici analogo a quello dei RC alle sorgenti
 - $\Gamma_\nu \sim 2 \div 2.5$ (atmosferici $\sim 3.3 \div 3.7$).

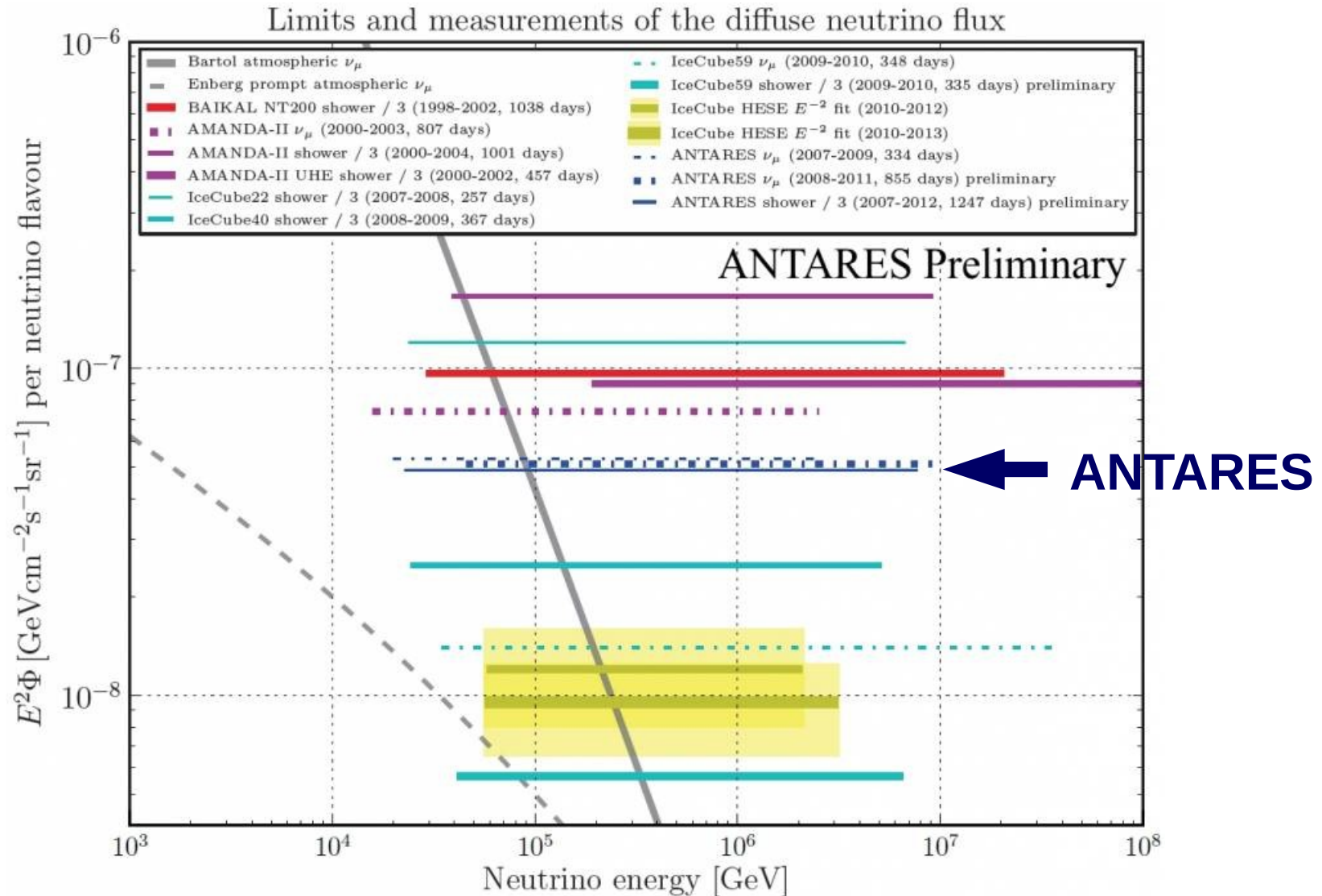
Ricerche *all sky*

- ν_μ CC (2008-2011)
 - θ , qualità ricostruzione ed E
 - $n_{\text{obs}} = 8, n_{\text{bkg}} = 8.4$
 - Upper limit:
 $E^2 \Phi_{90\%} = 5.1 \times 10^{-8} \text{ GeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$

- ν_e, ν_μ NC, ν_τ (2007-2012):
 - θ , qualità ricostruzione ed E
 - $n_{\text{obs}} = 8, n_{\text{bkg}} = 4.9^{+2.8}_{-3.0}$
 - Upper limit:
 $E^2 \Phi_{90\%} < 4.9 \times 10^{-8} \text{ GeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$

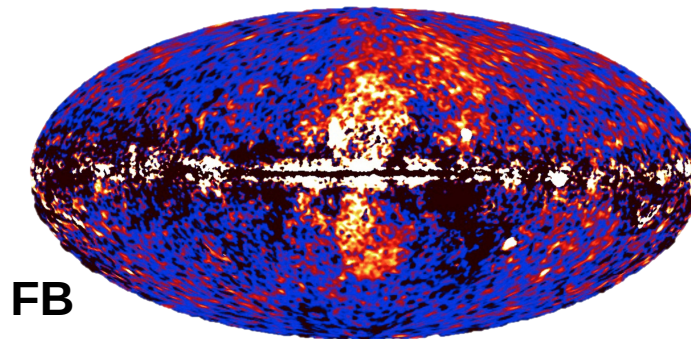


Ricerche *all sky*: sommario

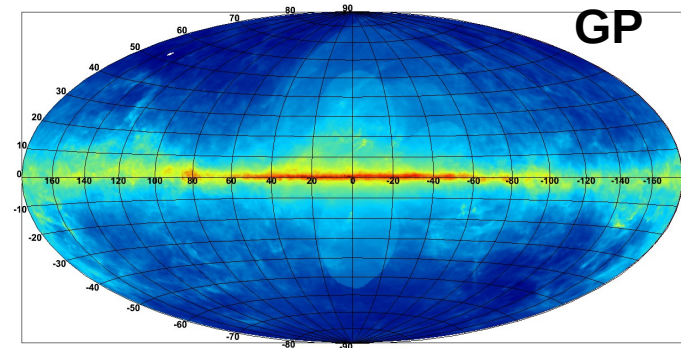


Regioni estese

- Zone di emissione gamma estese:
 - Principalmente dai dati di FERMI;
 - Modelli adronici di emissione prevedono flussi di neutrini analoghi agli spettri gamma;
 - Regioni di estensione maggiore della risoluzione angolare $\rightarrow O(10^{-1} \text{ sr})$
- Regioni interessanti sono principalmente nel cielo Sud, ideale per telescopi di neutrini Mediterranei:
 - Fermi Bubbles;
 - Piano Galattico.



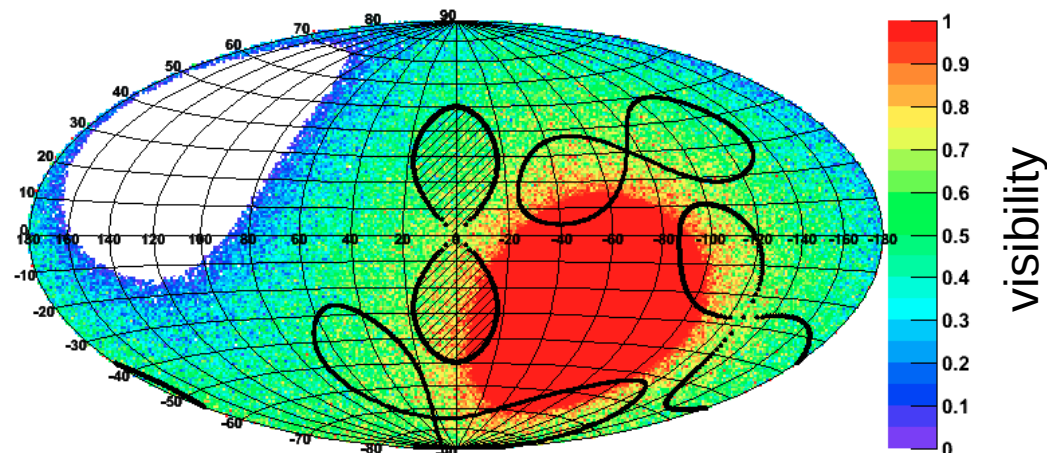
FB



GP

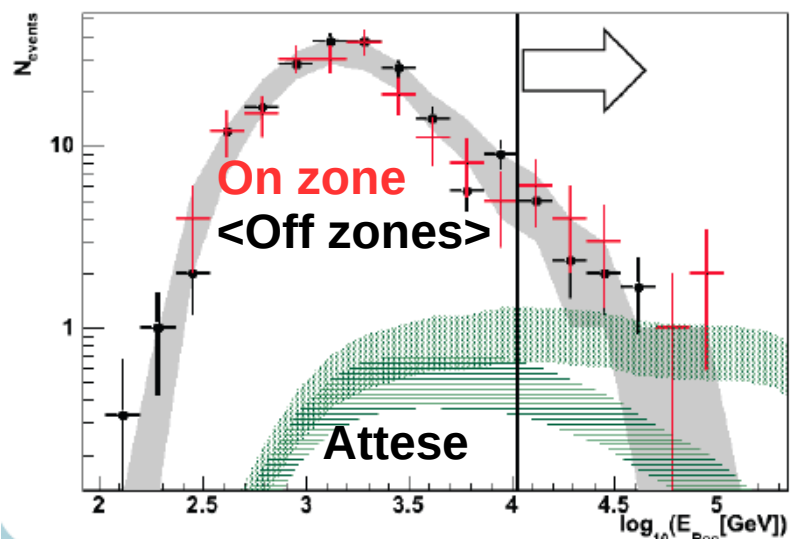
Regioni estese – Fermi Bubbles

- Approccio *On/Off zones*:
 - Fondo stimato da 3 *off-zones*
 - Confronto tra la regione di segnale e le off-zone



Eur. Phys. J. C (2014) 74:2701

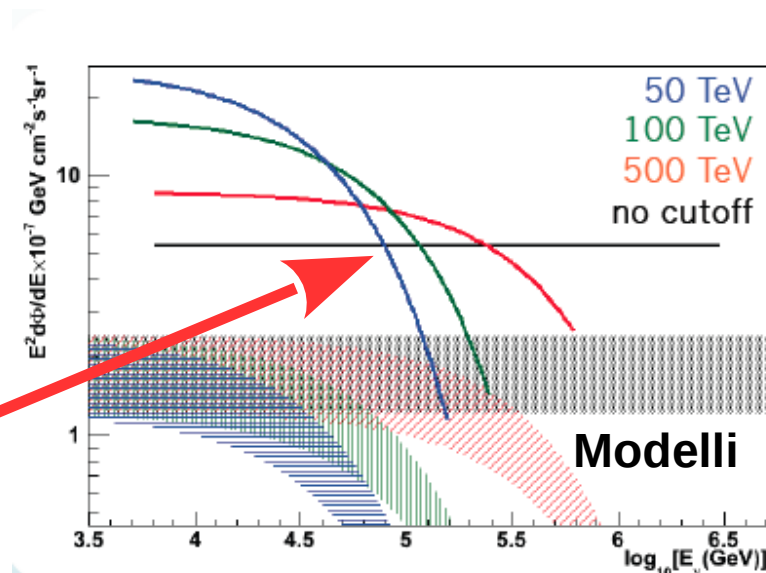
On/Off zones – coordinate galattiche



dati 2008-2011

$N_{\text{obs}} = 16$
 $\langle N_{\text{bkg}} \rangle = 11$
 eccesso 1.2σ

Upper Limits



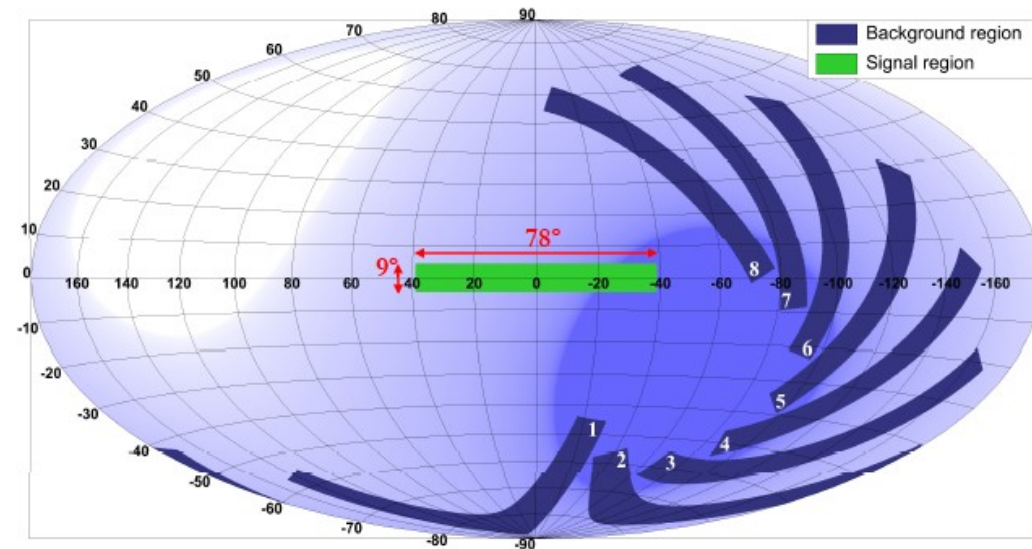
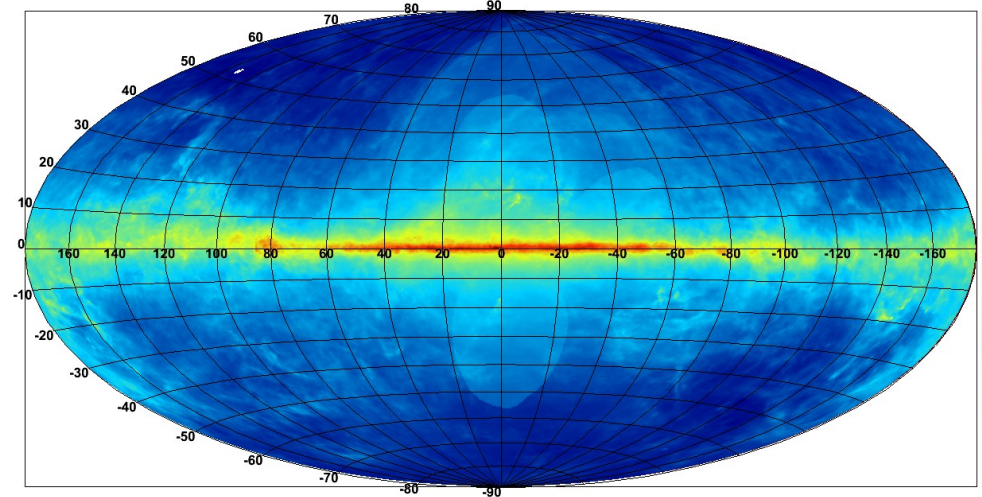
8-10 Aprile 2015

Flussi diffusi con ANTARES

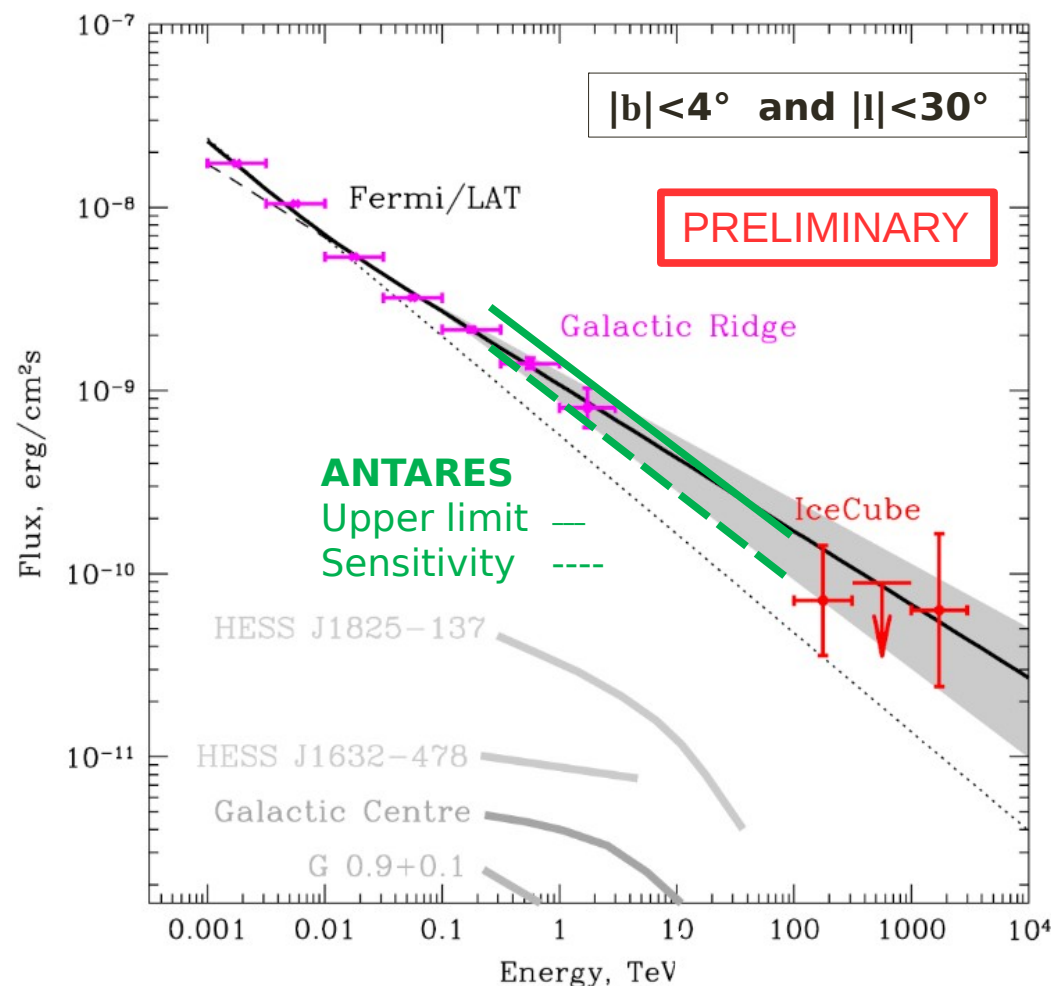
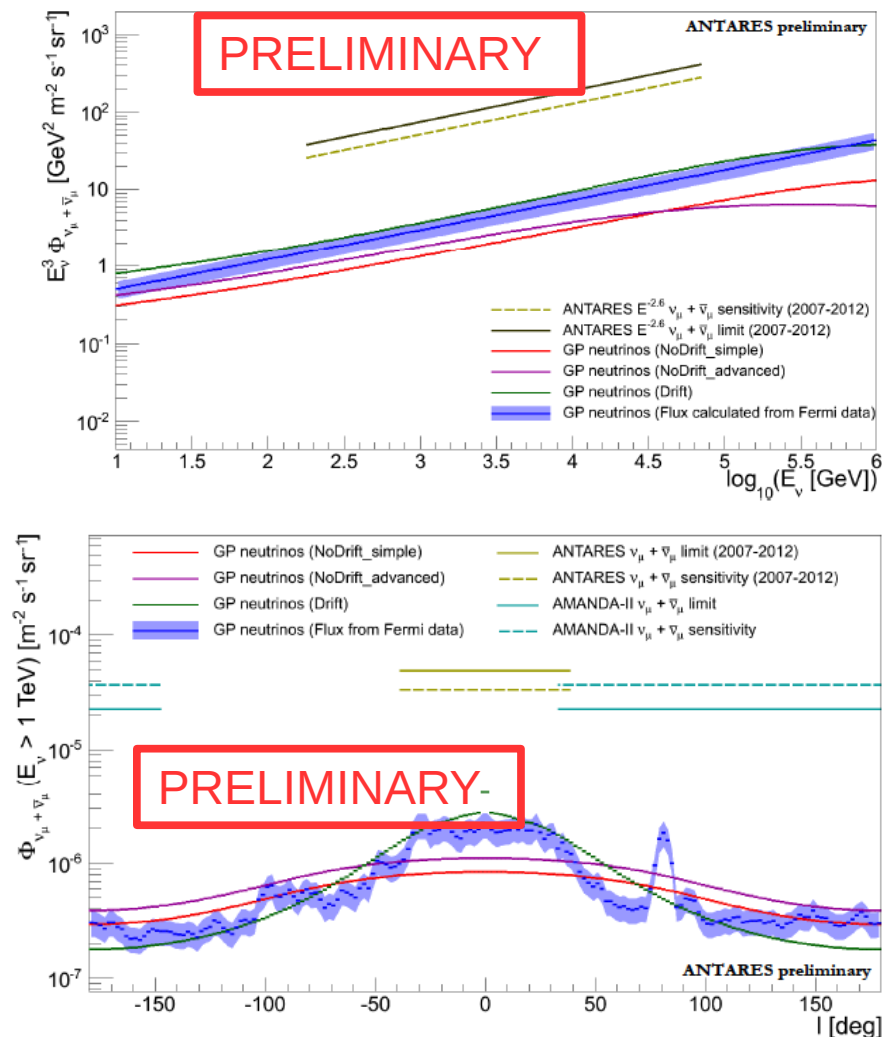
Regioni estese – Piano Galattico

- RC nel mezzo interstellare
 - Pioni producono ν e gamma
 - Spettro $\sim E^{-2.6}$ atteso;
- Approccio On/Off zones:
 - Analisi ottimizzata su modelli di propagazione dei RC
 - Dati 2007-2012:
 $n_{\text{obs}} = 177$, $n_{\text{exp}} = 166$
 - Eccesso $0.8\sigma \rightarrow$ Upper limit

FERMI-LAT diffuse flux (E=3.4 GeV)

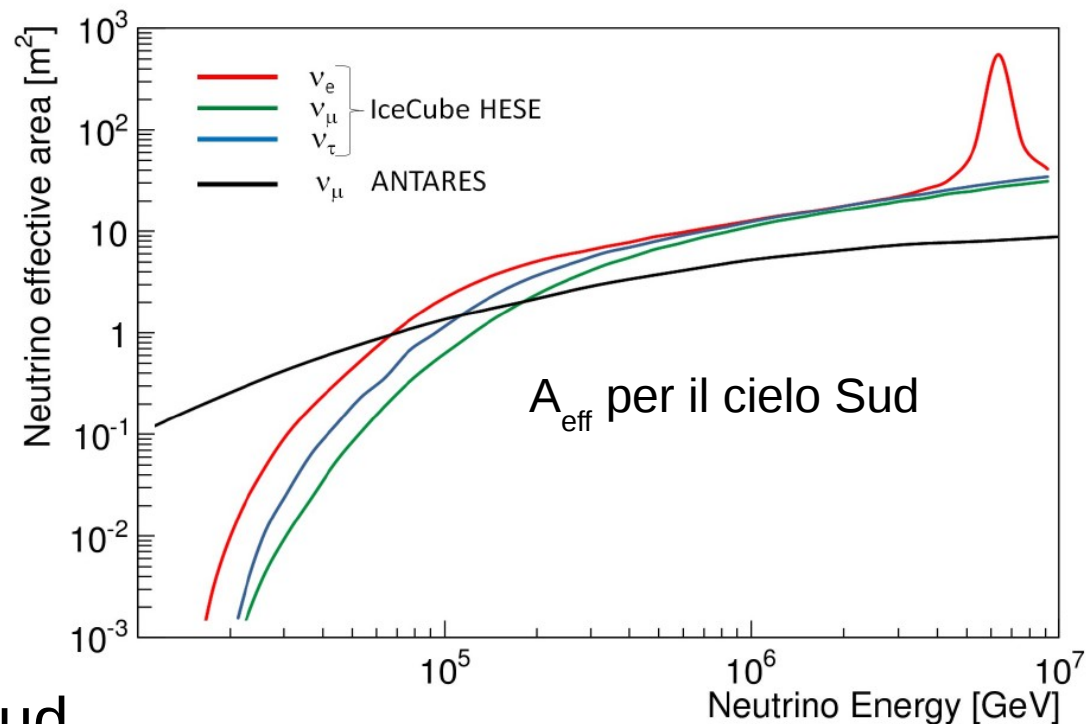
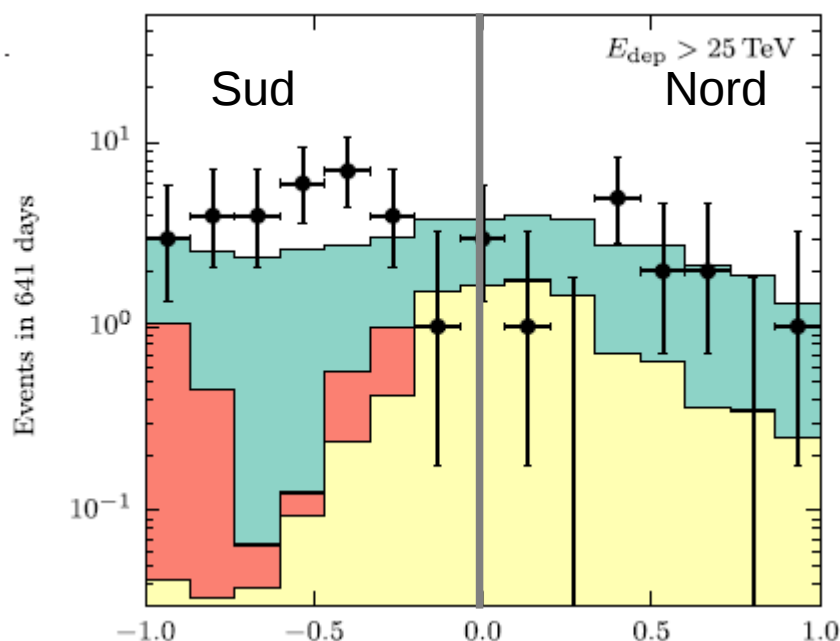


Regioni estese – Piano Galattico



Modelli più recenti: ANTARES vicino al flusso atteso per il galactic ridge

Regioni estese – Segnale di IceCube



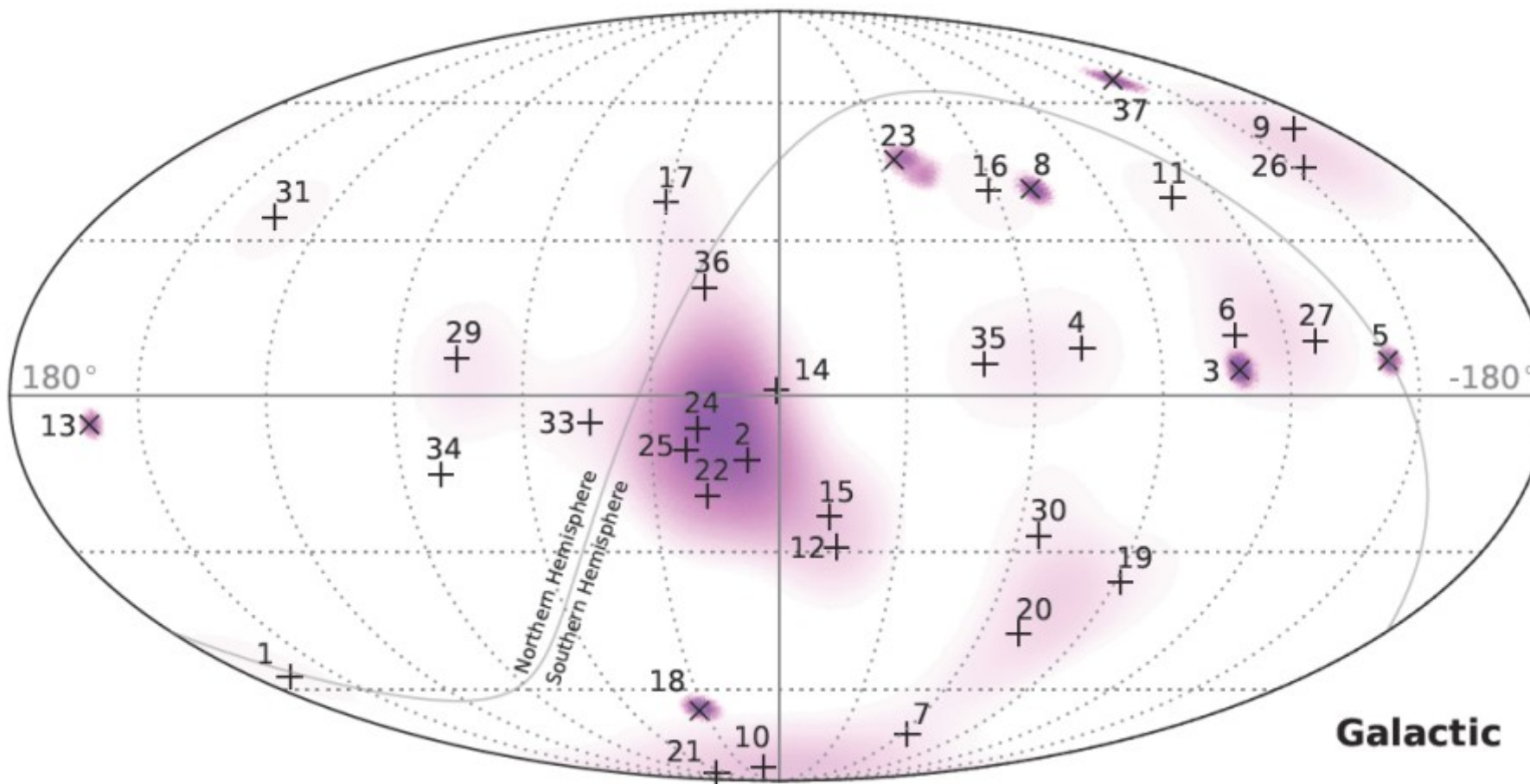
Possibile anisotropia Nord/Sud

Spettro duro ($\Gamma \sim 2.45$), con segnale anche a bassa E

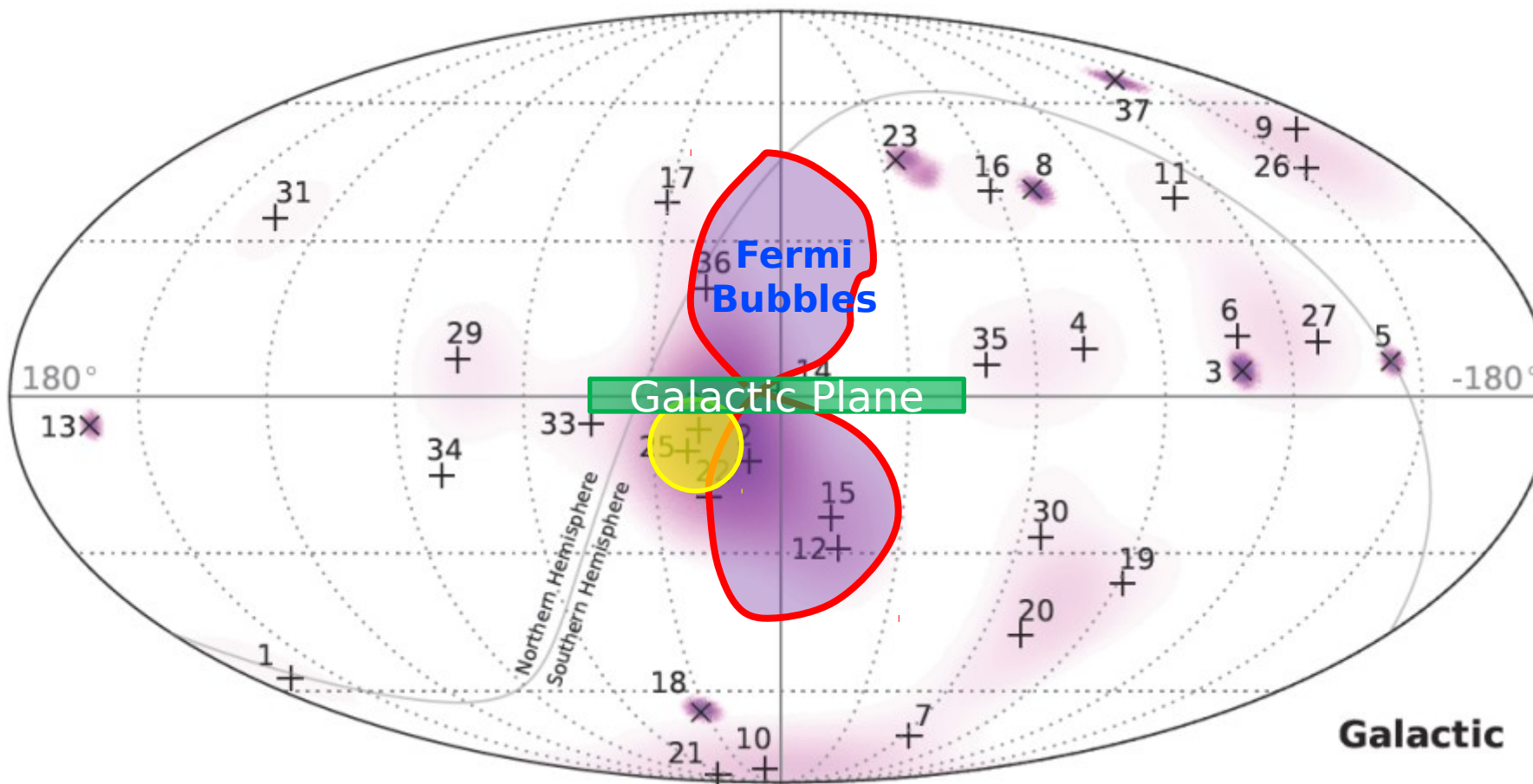
Risoluzione angolare migliore rispetto ad IceCube

→ un flusso diffuso *all sky* per IC può essere risolto come una regione estesa di emissione per ANTARES

Regioni estese – Segnale di IceCube



Regioni estese – Segnale di IceCube



Analisi in corso: la sensibilità di ANTARES può dare un'osservazione positiva oppure porre limiti ad un'origine galattica di una parte degli eventi del segnale di IceCube

Conclusioni e prospettive

- ANTARES è il più grande rivelatore sottomarino di neutrini, attualmente nel suo 8° anno di operazione.
- Dimensioni moderate ma buone prestazioni:
 - Flussi diffusi analizzati nell'intervallo energetico di maggior interesse
 - Prestazioni migliori nel cielo Sud per emissioni estese (FB, GP, asimmetria nel segnale di IceCube).
- Futuro:
 - Presa dati fino al 2016 ed ottimizzazione delle analisi;
 - Analisi *all flavour* in fase di sviluppo;
 - Verso KM3NeT...

Backup

Ricerche *all sky*: sommario

Analisi	Sciami	Tracc
Flavours	Tutti	Neutrini muonici
Periodo	2007-2012	2008-2011
Fondo atteso	4.9 eventi	8.4 eventi
Osservato	8 events	8 events
Upper Limit $E^2 \Phi_{90\%} \text{ GeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ (sistematiche incluse)	4.9×10^{-8} PRELIMINARY	5.1×10^{-8}
Intervallo energetico	23 TeV – 7.8 PeV	45 TeV – 10 PeV

Schnabel 2014, Phys. Proc. 00 (TAUP2014)

Ricerche *all sky* – neutrini atmosferici

- Perché misurare i neutrini atmosferici?
 - Fondo irriducibile per le ricerche diffuse
 - Calibrazione in energia del rivelatore
 - Fisica dei raggi cosmici (ginocchio, emissioni *prompt* di secondari...)
 - Studio delle sistematiche
- Solo misure nel ghiaccio sopra al TeV
- 2008-2011 → analisi di deconvoluzione – 2 metodi differenti e risultati uniti

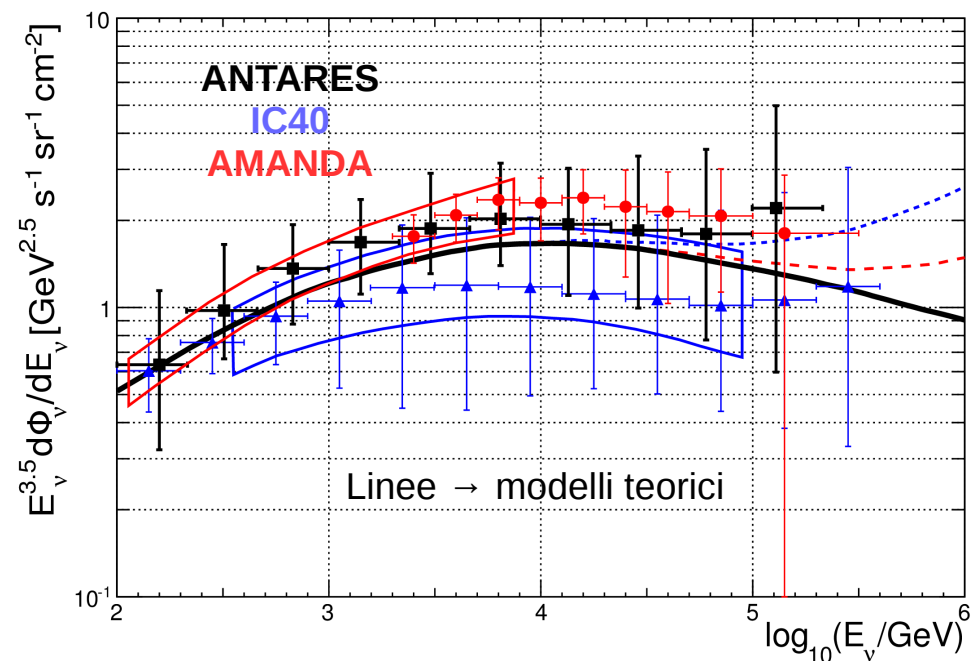
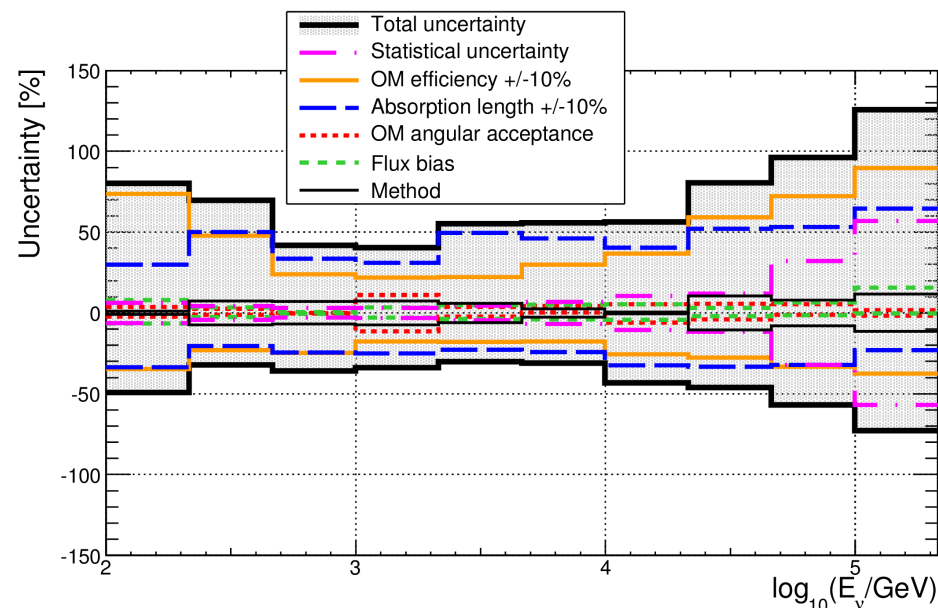
Spettro di neutrini atmosferici da 100 GeV a 200 TeV

Ricerche *all sky* – neutrini atmosferici

Distribuzioni deconvolute

- dE/dX + deconvoluzione bayesiana
- max. likelihood + SVD

Studio completo delle sistematiche



Compatibile con i flussi convenzionali.

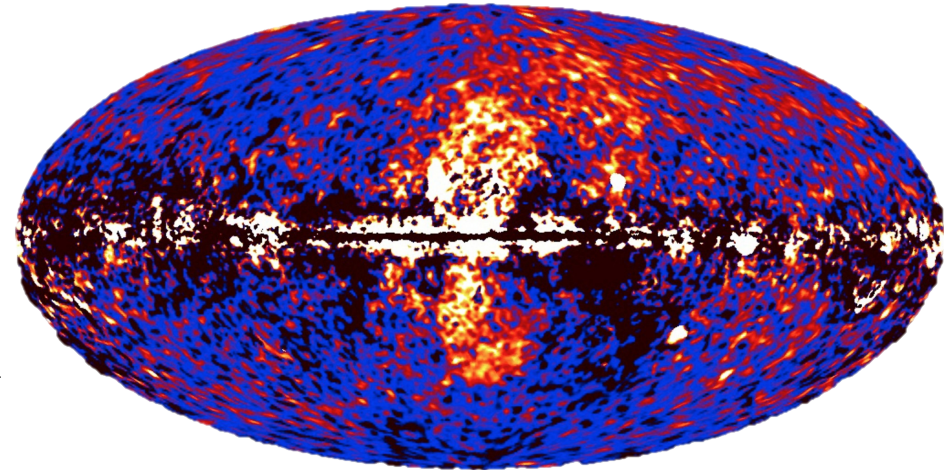
Statistica limitata, non si può porre alcun limite sul contributo *prompt*.

Eur. Phys. J. C (2013) 73:2606

Regioni estese – Fermi Bubbles

- Eccesso di raggi gamma
 - Intensità omogenea e spettro duro

$$E^2 \frac{d\Phi_\gamma}{dE} \approx 3 - 6 \times 10^{-7} \text{ GeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$



Credit: NASA/DOE/FERMI LAT/D. Finkbeiner et al.

- Vari modelli adronici predicono flussi di neutrini* – *cutoff* in energia atteso

$$E^2 \frac{d\Phi_{\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu}}{dE} \approx 1.2 - 2.4 \times 10^{-7} \text{ GeV cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

*e.g Phys. Rev. Lett. 106 (2011) 101102
or arXiv:1304.6137 (2013)
or arXiv:1304.6972 (2013)

~0.8 sr → flusso diffuso per ANTARES
Principalmente nel cielo Sud → buona visibilità

Regioni estese – Piano Galattico

- 2007-2012:

$$n_{\text{obs}} = 177, n_{\text{exp}} = 166$$

- Diversi modelli analizzati:

Model name	Reference	Matter density	Cosmic ray flux
NoDrift_simple	Ingelman and Thunman arXiv:hep-ph/9604286	constant: 1 nucleon / cm ³	constant
NoDrift_advanced	Candia and Roulet JCAP09(2003)005	constant: 1 nucleon / cm ³	constant
Drift	Candia JCAP11(2005)002	Radially dependent	Higher in GC due to drift of CRs

- Calcoli diretti dalle misure di FERMI/LAT

