

GDL SULLA RADIAZIONE COSMICA - NEUTRINI, GAMMA, CARICHI -

R. ALOISIO, B. BERTUCCI, M. BUSO,
A. DE ANGELIS, P. LIPARI, P. SAPIENZA,
F. VISSANI E I NUMEROSI COLLEGHI CHE
PARTECIPANO AI LAVORI

PRESENTAZIONI DI OGGI: NEUTRINI ASTROFISICI
(P. SAPIENZA), GAMMA (A. DE ANGELIS), RAGGI
COSMICI CARICHI (P.LIPARI)

PREMESSA

La linea di lavoro "radiazione cosmica" è molto dinamica, con possibilità di espansione significative in diverse direzioni, che implicano lo sviluppo di nuovi osservatori e telescopi, supportate da un ampio spettro di motivazioni scientifiche

.... poiché molti di questi sono strumenti di scoperta vogliamo ricordare la frase di Giacconi:

"Give Nature the chance to surprise us"

Sintesi dell'attività svolta

- Creazione mailing list e sito GdL per upload e condivisione di documenti
 - scritti e proposte di esperimento recepite (alcune molto recenti)
- Diverse riunioni Skype tra i conveners
- Riunione di kick-off 10 marzo 2014 a Caprettari (circa 25 partecipanti)
- Workshop organizzato dal GSSI “Multi Messenger and Challenges in Astroparticle Physics” 6-17 Oct. 2014 GSSI
 - presenti molti colleghi della comunità internazionale, tre pomeriggi interi di discussione informale tra gruppi tematici (neutrini, gamma, cosmici carichi,...)
- Preparazione di un documento di sintesi
 - struttura definita, alcune parti già scritte, altre in progress
- Workshop del GdL Raggi Cosmici in congiunzione con quello dei Neutrini 2-4 dicembre 2014 a Padova (più di 50 partecipanti presenti)
 - relazioni su invito e contributi volontari
 - ampio spazio per la discussione (circa 50% del tempo dedicato)
 - ottima sinergia con il GdL sui Neutrini

Lavoro da fare e criticità

- Avviare il lavoro congiunto con i GdL Dark Matter (abbiamo già ricevuto un loro invito, ma non siamo riusciti a finalizzare) e con altri GdL, in particolare con il GdL Onde Gravitazionali
- Programmare meeting telematici su temi specifici e per analizzare le nuove proposte
- Evidenziare in modo più sistematico gli highlights nella grande quantità di proposte in atto
- Rafforzare l'aspetto mutimessenger con azioni concrete anche con GdL che affrontano tematiche di gruppo 1 e 3
- Stimolare una più stretta collaborazione tra teorici e sperimentali su temi specifici

WARNING: La ampia varietà di temi affrontati e proposti costituiscono un'elemento molto positivo che però rende complessa la necessaria fase di sintesi

NEUTRINI ASTROFISICI

- Neutrini solari e da SuperNova
- **Neutrini cosmici di alta energia**
- **Neutrini atmosferici**

NEUTRINI DI BASSA ENERGIA - MeV

La leadership di Borexino nel campo dei neutrini solari è incontestata. Le modifiche in corso dell'apparato sono estremamente promettenti al fine di misurare il ciclo CNO che potrebbe dare informazioni sull'abbondanza di elementi pesanti all'interno del Sole

La metallicità solare e l'osservazione dell'upturn nella probabilità di sopravvivenza dell'elettrone sono tuttora una questioni aperte

Le SuperNovae sono tra gli oggetti astrofisici più interessanti della Galassia. L'osservazione della SN1987 ha fornito informazioni di estremo interesse, ma molte questioni restano aperte. Allo stato attuale le simulazioni non sono in grado di riprodurre l'esplosione.

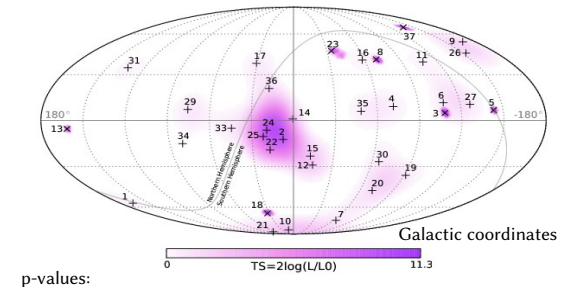
La possibilità misurare gli eventi di corrente neutra con gli scintillatori apre una nuova frontiera

Rivelatori in costruzione più grandi di 1-2 ordini di grandezza come Juno, LENA, HyperK (e già SuperK), benché dedicati ad altre tematiche scientifiche, potranno contribuire all'avanzamento della comprensione dei neutrini di bassa energia

PREMESSA – OPPORTUNITA'

NEUTRINO ASTRONOMIA:

- SCOPERTA DI UN FLUSSO DI ν COSMICI
 - QUESTIONI APERTE:
 - Quali è l'origine dei neutrini di alta energia?
 - Sorgenti galattiche e/o extra-galattiche?
 - Contributo dalla regione del Centro Galattico?
 - ...



OSCILLAZIONI DI ν :

- θ_{13} GRANDE
 - Misura in “laboratorio” dell’effetto di materia e discriminazione della gerarchia di massa
 - La Gerarchia di Massa dei Neutrini è diretta o inversa?

IL PROGETTO KM3NET 2.0

- KM3NeT 2.0: una infrastruttura di ricerca costituita da una rete di telescopi sottomarini

ARCA ($E_\nu > \text{TeV}$) - NEUTRINO ASTRONOMIA

- Sito Capo Passero a 3500 m di profondità

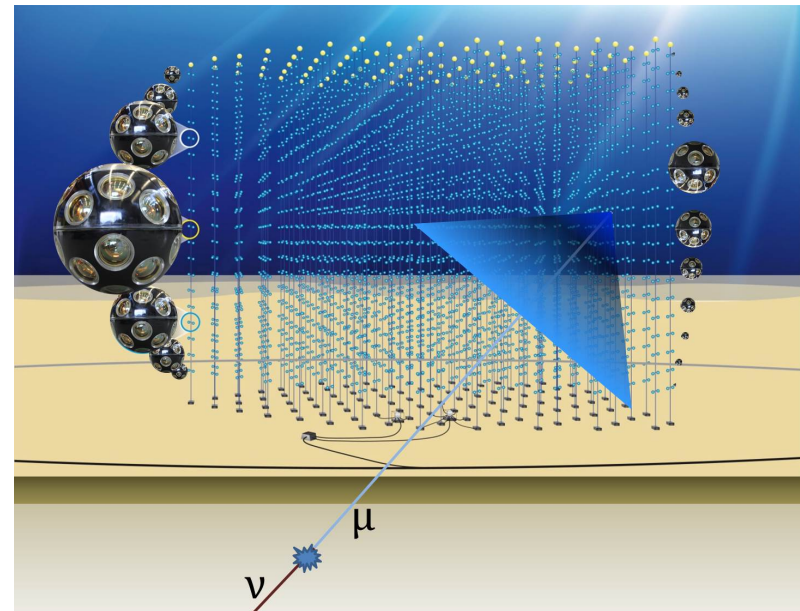
ORCA ($3 \text{ GeV} < E_\nu < 15 \text{ GeV}$) - GERARCHIA DI MASSA

- Sito Tolone a 2500 m di profondità

KM3NET 2.0: IL PROGETTO

- Rivelazione della luce Cherenkov emessa dai leptoni emergenti dall'interazione dei neutrini in acqua
- Unica tecnologia per ARCA e ORCA diversa granularità
- 18 Moduli Ottici (31 3" PMT) per stringa
- 115 stringhe per blocco

	ARCA	ORCA
n° blocchi	2	1
Distanza DOM	36 m	6 m
Distanza stringhe	90-120 m	20 m
Volume	1-2 Gton	4 Mton



- I multi-pmt hanno una copertura quasi totale, maggiore efficienza di rivelazione dall'alto e migliore reiezione dei mu atmosferici rispetto ai moduli ottici con PMT da 10" (Antares, IceCube, Nemo) e migliore reiezione del rumore ottico di ^{40}K

KM3NeT/ARCA - $E_\nu > \text{TeV}$

La rivelazione di ν apre una nuova finestra sull'Universo di alta energia e offre un'opportunità unica per scoprire l'origine dei raggi cosmici

- individuazione non ambigua di accelerazione adronica
- possibilità di sondare l'interno di sorgenti note e di scoprire nuove sorgenti
- unica sonda "pointing" per l'Universo remoto nella regione $10 \text{ TeV} < E < \text{EeV}$
- High Energy Neutrino Observatories *HENAP Report to PaNAGIC* July 2002
 - "Shortly after the first HENAP meeting in March of 2001, the IceCube experiment was approved ... Nevertheless it should be stressed that one of the recommendations of the panel, based on physics arguments, is that two detectors should be built, one in each of the Southern and Northern hemispheres."
 - "Complete coverage of the sky, which is important given the exploratory nature of these experiments, thus requires two detectors located in opposite Earth hemispheres."
- Nell'emisfero Nord dalla metà degli anni '90 diverse iniziative propedeutiche alla costruzione del km^3 nel Mediterraneo
 - ANTARES, NEMO, NESTOR, KM3NET-PHASE 1

KM3NeT/ARCA – OBIETTIVI E PUNTI DI FORZA

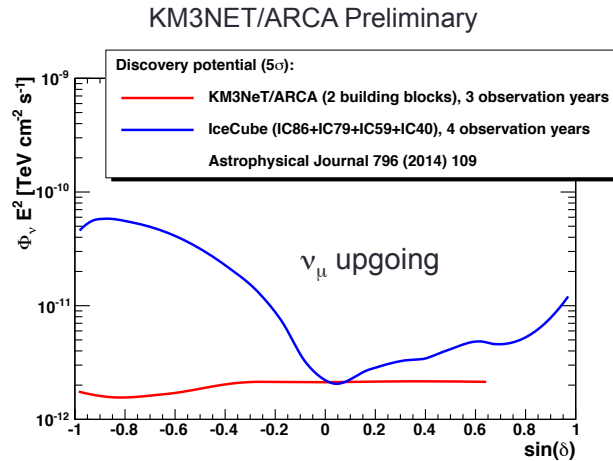
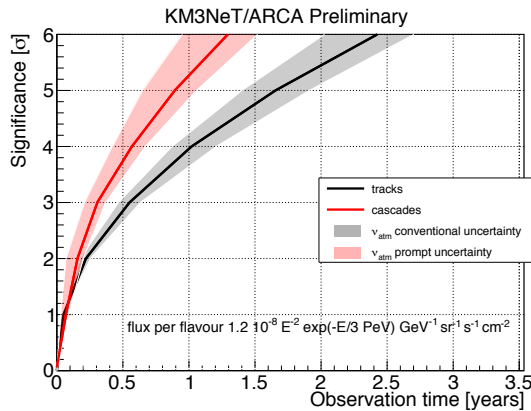
OBIETTIVI:

- Conferma risultato di IceCube
- Ricerca di anisotropie con buona risoluzione angolare, ampia copertura del cielo
- Ricerca di sorgenti puntiformi, per la quale la risoluzione angolare è essenziale (S/B)

KM3NET IN BREVE: CARATTERISTICHE E STATO DELL'ARTE

- 87% visibilità: complementare a IceCube e largamente in sovrapposizione, visibilità del Centro Galattico e della quasi totalità del Piano Galattico
- Buona risoluzione angolare grazie alle proprietà dell'acqua $O(0.1^\circ)$ per muoni $E > 10$ TeV - IceCube $O(1^\circ)$ - e 1.5° per sciame $E > 100$ TeV - IceCube $10^\circ - 15^\circ$
- Validazione di prototipi di moduli ottici e stringa effettuata con successo in situ a Tolone e Capo Passero
- KM3NeT-Phase1 in costruzione a Capo Passero, completamento 2016
 - 31 strutture di rivelazione
 - 0.1 Gton, i.e. 10 più volte più grande di Antares in volume e 3 volte in sensibilità

ARCA - Sensibilita' a flussi diffusi e sorgenti puntiformi con spettro E^{-2} - 1 Gton



Il potenziale di scoperta di KM3NeT supera quello di IceCube di un ordine di grandezza nell'emisfero Sud (dove sono la maggior parte delle sorgenti galattiche) ed è comunque migliore di IceCube anche in larga parte dell'emisfero Nord

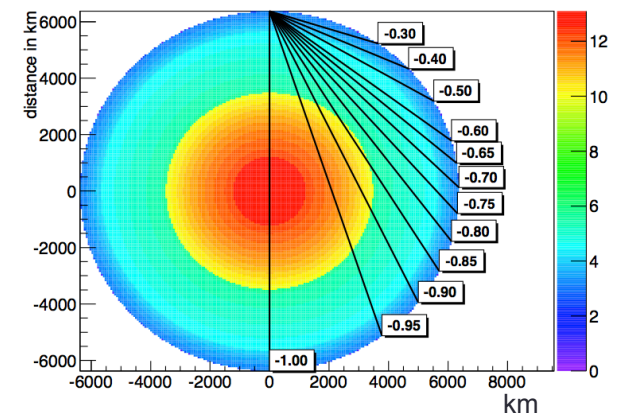
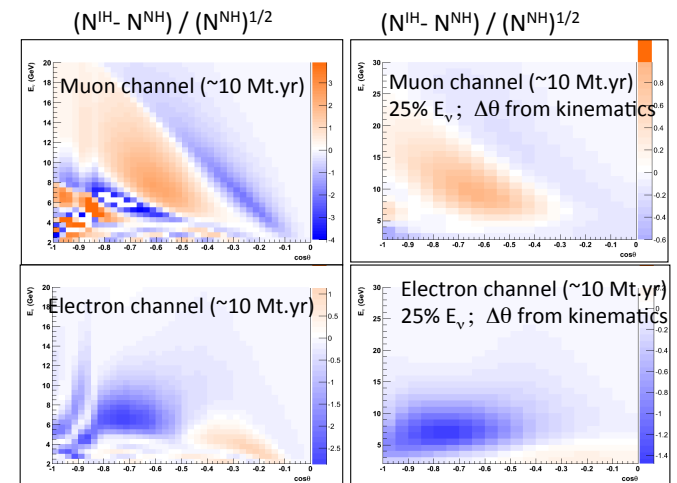
Il flusso di riferimento è quello di IceCube (5.7 σ in tre anni di osservazione)

Ottimizzazione della distanza tra stringhe in corso. Simulazioni a 120 m (2 Gton) indicano un miglioramento della sensibilità per flussi diffusi (+30% sciami, +20% muoni) e sorgenti con spettro E^{-2} (+10%) e un peggioramento per sorgenti galattiche (-14%)

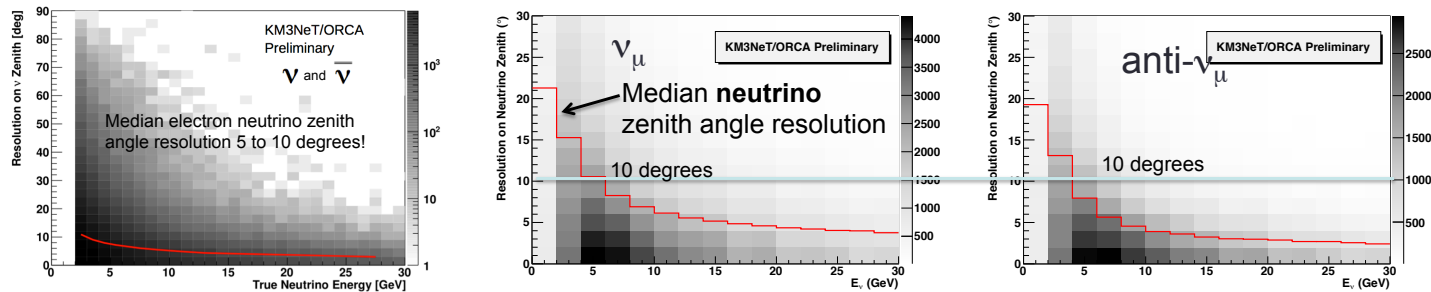
Sorgenti galattiche: per le più intense potenziale di scoperta a 3 σ in 3-6 anni nell'ipotesi di meccanismo adronico e sorgenti trasparenti => cruciale la sinergia con la γ astronomia al TeV. Necessaria la misura accurata degli spettri di energia fino a circa 100 TeV

KM3NET/ORCA: Studio di fattibilita' della misura della gerarchia di massa dei ν

- OBIETTIVO: Misura della Gerarchia di Massa dei Neutrini a 3σ in tre anni
- Si sfruttano gli effetti di materia sulle oscillazioni di neutrini atmosferici attraverso la Terra per determinare il segno di ΔM^2 (E_ν 3–10 GeV)
- Effetto atteso dell'ordine di qualche % a causa delle differenze in flussi e sezioni d'urto e andamento dell'oscillazione per neutrini e antineutrini
- Misura dell'angolo di zenith e dell'energia di neutrini up-going con identificazione del canale muonico ed elettronico

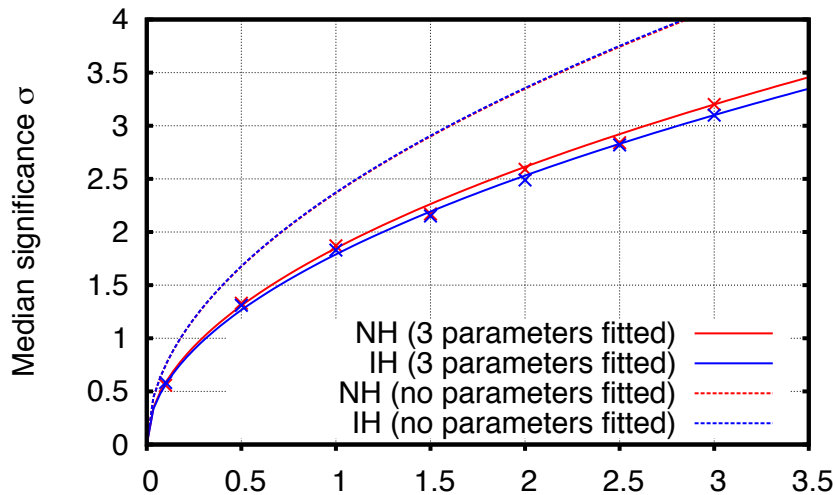


ORCA: Sensibilità alla Gerarchia di Massa



Risoluzione in energia 20-24% per ν_e , 30% per ν_μ

KM3NET/ORCA Preliminary



Risultati preliminari incoraggianti:
3 σ in tre anni at reach

Metodo: Likelihood test ratio con fit di ΔM^2 , θ_{23} , e normalizzazione flusso ν atmosferici

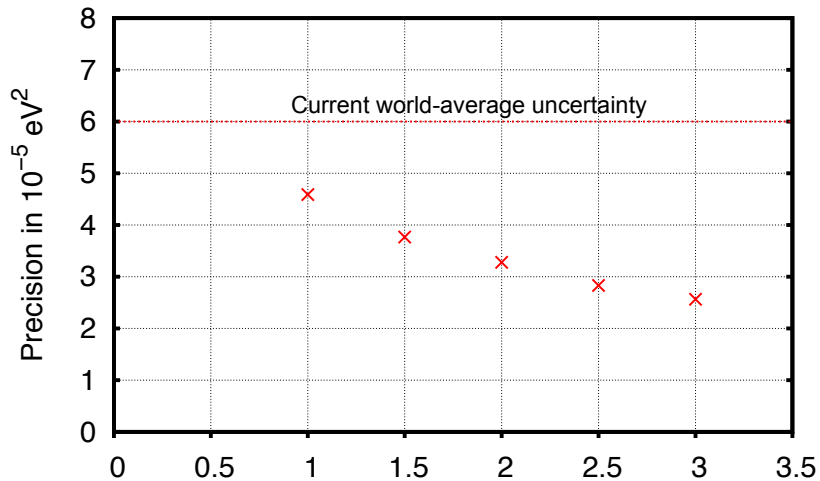
- Input ai pseudo-experiments

- flusso ν atmosferici Frejus
- sezioni d'urto neutrini GENIE
- altri parametri oscillazione fissati, $dcp=0$, 1° ottante
- 3-flavor oscillazioni nella Terra
- Identificazione tracce vs sciame
- efficienza di rivelazione, ris. angolare ed energetica, PID, eventi di corrente neutra da MC completo
- mu atmosferici inclusi
- y-Bjorken non inclusa

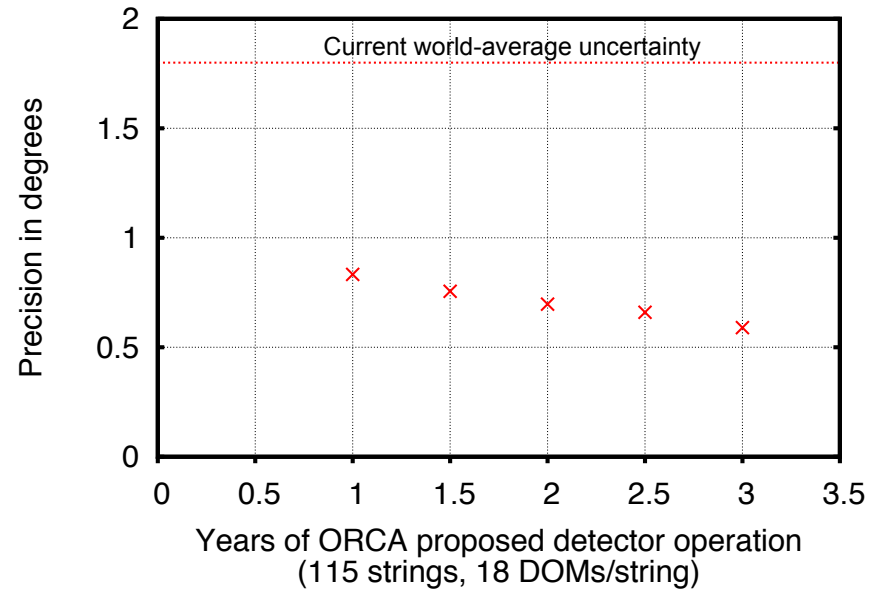
Miglioramento dell'accuratezza
della misura di ΔM^2 e θ_{23}

ORCA - Sensibilità a ΔM^2 e θ_{23}

KM3NeT/ORCA ΔM^2 sensitivity (PRELIMINARY Feb 2015)



KM3NeT/ORCA θ_{23} sensitivity (PRELIMINARY Feb 2015)



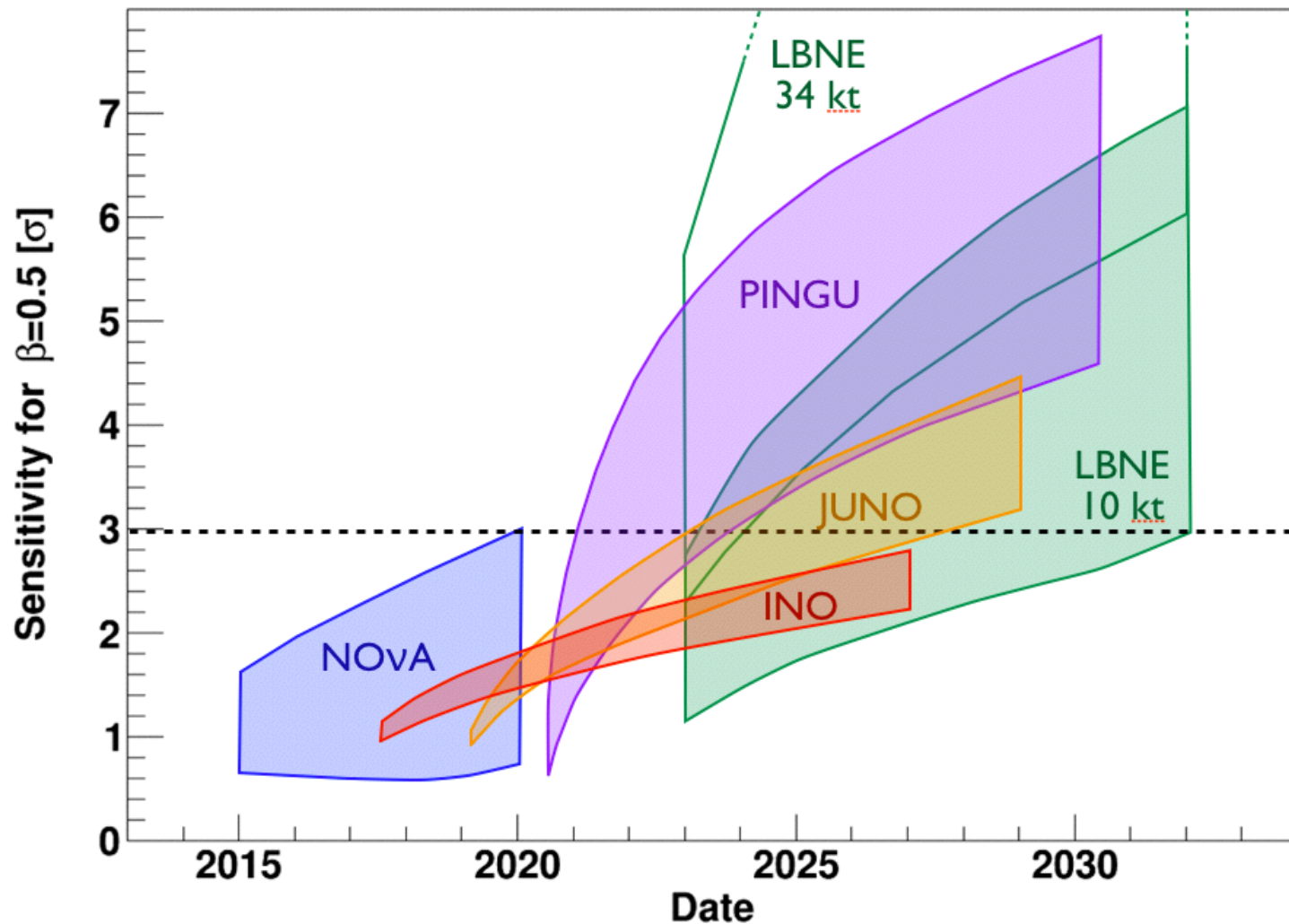
ORCA: Attività in corso e in programma

- Lay-out del rivelatore da ottimizzazione, distanza tra moduli ottici nella stringa attuale 6 m, distanze maggiori potenzialmente interessanti per il canale elettronico
- Effetti sistematici non considerati al momento, alcune incertezze (i.e. forma spettrale) potrebbero degradare le prestazioni. Studi in corso
- Verifica della fattibilità tecnica delle operazione di posa e operatività
- Finestra di opportunità temporale limitata
- Lol estate 2015
- Dimostratore tecnologico finanziato e in costruzione in KM3NeT
Phase1: 6 stringhe a 20 m di distanza come da progetto da installare a Tolone a 2500 m entro il 2016

ALTRA FISICA CON KM3NET 2.0

- Almeno due altri grandi temi di fisica da investigare con ARCA e ORCA per valutarne le prestazioni
- RIVELAZIONE INDIRETTA DI DARK MATTER (DAI GEV AL TEV E OLTRE)
- RIVELAZIONE DI SEGNALI DI NEUTRINO DA ESPLOSIONE DI SUPERNOVA POSSIBILE
CORRELAZIONE CON RIVELAZIONE ONDE GRAVITAZIONALI
- ...

Sensibilità di esperimenti sulla NMH



SWOT ANALYSIS

POSITIVE

NEGATIVE

I
N
T
E
R
N
A
L

STRENGTHS

- Buona copertura delle tematiche e approccio multi-messenger,
- Comunità attiva e partecipe
- Forte Sinergia con GdL neutrini
- Discussioni approfondite ed estese
- Nuove Proposte da discutere

WEAKNESS

- Sinergia con GdL Dark Matter prevista, ma non avviata (per colpa nostra!)
- Sinergia con GdL Onde Gravitazionali non avviata
- Mancanza di sottogruppi di lavoro
- Poca continuità
- Processo di definizione delle priorità non avviato

E
X
T
E
R
N
A
L

OPPORTUNITIES

- What Next Meeting all'Angelicum
7-8 Aprile 2014
- Meeting "Multi Messenger and Challenges in Astrparticle Physics"
6-17 Oct. 2014 GSSI

THREATS