

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

CONSIGLIO DIRETTIVO

DELIBERAZIONE N. 12167

Il Consiglio Direttivo dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, riunito in Roma nei giorni 21 e 22 dicembre 2011, alla presenza di n. 33 dei suoi componenti su un totale di n. 34

- visto lo Statuto dell'INFN;
- visto il Bando MIUR 254/Ric - P.O.N. "Ricerca e competitività 2007-2013" ;
- premesso che, a valere sul predetto Bando, l'Istituto ha presentato domanda di finanziamento per un progetto denominato "KM3NeT- Italia: Osservatorio Sottomarino nel Mar Ionio per la rivelazione di neutrini astrofisici e ricerche multidisciplinari", allegato alla presente deliberazione;
- premesso che, con Decreto Direttoriale 968/Ric del 11 novembre 2011, il suddetto Progetto è stato ammesso a finanziamento, come comunicato dal Presidente nella seduta del Consiglio Direttivo del 24 novembre u.s., per un importo complessivo in favore dell'Istituto pari a 20.800.000,00 euro, di cui € 20.241.771,56 per attività di potenziamento e € 558.228,44 per attività di formazione, a fronte di una richiesta complessiva di euro 44.976.144,44;
- vista la nota MIUR 2659 del 25 novembre 2011 con la quale venivano trasmessi il Disciplinare relativo al suddetto Progetto e lo schema di Atto di Obbligo e Accettazione, da trasmettere al MIUR, debitamente sottoscritto, "entro il termine massimo del 2 dicembre 2011";
- preso atto che il Presidente, avvalendosi dei poteri di cui all'articolo 10, comma 6, lett. b) dello Statuto, ha provveduto a sottoscrivere l'Atto d'Obbligo e di Accettazione relativo al Progetto KM3NeT, che è stato trasmesso al MIUR nei termini previsti nella citata nota;
- vista la deliberazione n. 9248 adottata dalla Giunta Esecutiva in data 7 dicembre u.s. con la quale la Giunta Esecutiva ha ratificato la sottoscrizione dell'Atto d'Obbligo e Accettazione relativo al predetto Progetto KM3NeT;
- vista quanto previsto all'articolo 3, lett. e) del Disciplinare trasmesso con la citata nota MIUR del 25 novembre 2011 secondo il quale *"Il Soggetto Attuatore si obbliga a: (...) confermare la realizzazione dell'intervento con i costi e le variazioni di cui alla scheda costi (Allegato 1) (...), entro il termine di trenta giorni dalla firma dell'Atto d'Obbligo e di Accettazione a margine riportato"*;
- vista la proposta di rimodulazione delle attività e dei costi formulata dal Responsabile Scientifico del Progetto KM3NeT con comunicazione del 12 dicembre 2011, a seguito della comunicazione sul minor finanziamento assegnato;

- vista la proposta di rimodulazione e il piano dei Costi trasmessi con la citata comunicazione del 12 dicembre 2011 e allegati alla presente deliberazione di cui costituiscono parte integrante e sostanziale;
- premesso che gli oneri a carico dell'Istituto derivanti dal Progetto di cui alla presente deliberazione troveranno copertura con le ordinarie procedure di programmazione scientifica e finanziaria in vigore presso l'Istituto e che l'entrata derivante dalla ammissione a finanziamento, valutata in euro 20.800.000,00, verrà accertata tra le entrate dell'Istituto come finanziamento MIUR a destinazione vincolata con successive deliberazioni adottate dal Consiglio Direttivo;
- su proposta della Giunta Esecutiva;
- in data 22 dicembre 2011 con voti a favore n. 33;

DELIBERA

1. Di autorizzare il Presidente alla presentazione al MIUR del documento di "Revisione del progetto di potenziamento" e del piano rimodulato dei costi relativi al Progetto "KM3NeT- Italia: Osservatorio Sottomarino nel Mar Ionio per la rivelazione di neutrini astrofisici e ricerche multidisciplinari", entrambi allegati alla presente deliberazione di cui costituiscono parte integrante e sostanziale.
2. Di autorizzare il Presidente, o persona da lui delegata, a compiere tutti gli atti o sottoscrivere tutti i documenti conseguenti alla ammissione a finanziamento del Progetto "KM3NeT- Italia: Osservatorio Sottomarino nel Mar Ionio per la rivelazione di neutrini astrofisici e ricerche multidisciplinari".

KM3NET ITALIA

**OSSERVATORIO SOTTOMARINO NEL MAR IONIO PER LA
RIVELAZIONE DI NEUTRINI ASTROFISICI E RICERCHE
MULTIDISCIPLINARI**

REVISIONE DEL PROGETTO DI POTENZIAMENTO

A seguito dell'approvazione del progetto "KM3NeT-Italia Osservatorio Sottomarino nel Mar Ionio per la rivelazione di neutrini astrofisici e ricerche multidisciplinari" (codice progetto PONA3_00038), per un costo ammissibile complessivo di € 20.800.000, l'INFN conferma la realizzazione del progetto con i costi e le variazioni di cui alla scheda costi allegata alla nota del 18 novembre 2011. In accordo con il finanziamento ammesso, si procederà alla realizzazione di 28 strutture a torre e relativa rete di fondo con le caratteristiche descritte nel progetto a suo tempo presentato.

L'obiettivo principale del progetto rimane il potenziamento dell'infrastruttura sottomarina realizzata dall'INFN sul sito di Capo Passero per costituire il primo nodo dell'infrastruttura Europea KM3NeT. L'infrastruttura proposta, composta da una rete di strutture di rivelazione a torre installate sul fondo del mare e connesse a terra tramite cavi elettro-ottici ha una natura intrinsecamente modulare che permette di svilupparla per stadi successivi di crescente sensibilità e consente anche di acquisire dati scientifici di grande interesse sin dall'installazione delle prime componenti.

Restano invariati tutti gli obiettivi e le finalità progettuali dichiarate nella domanda presentata. In particolare:

Gli obiettivi scientifici. Sarà, infatti, realizzato l'osservatorio per neutrini astrofisici di maggiore sensibilità nell'emisfero boreale.

La coerenza del progetto con i piani di programmazione europea. Il progetto consentirà, infatti, di avviare la realizzazione dell'infrastruttura Europea KM3NeT realizzandone il primo nodo.

La rilevanza del progetto per quanto attiene alle strategie di sviluppo dell'INFN e dei Laboratori Nazionali del Sud. La grande rilevanza del progetto consentirà ai LNS di riposizionarsi in un ruolo di leadership europea nel campo della fisica astroparticellare.

Gli aspetti relativi alle ricadute del progetto sull'economia delle regioni della convergenza. Anche in questo caso restano valide tutte le considerazioni riportate nei piani di sviluppo di nuova imprenditorialità.

Gli aspetti relativi al potenziale bacino di utenza, per i quali rimangono valide le considerazioni riportate negli studi di mercato.

codice progetto: 00038

TIPOLOGIA INTERVENTO	SOGGETTO	DENOMINAZIONE SEDE	COMUNE	PROVINCIA	REGIONE	TIPOLOGIA SPESA	VOCE COSTO	IMPORTO COMPLESSIVO	IMPORTO AMMESSO	IMPORTO RIMODULATO
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	A) Spese tecniche	A.1 Personale interno (dipendente)	€ 1.600.000,00	€ 206.400,00	€ 206.400,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	A) Spese tecniche	A.2.1. Co.Co.Co., Co.Co.Pro. e Prestazioni occasionali	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	A) Spese tecniche	A.2.2. Professionisti con partita IVA	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	A) Spese tecniche	A.2.3. Società	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	B) Opere edili di realizzazione, adeguamento e ristrutturazione e impianti tecnologici	B) Opere edili di realizzazione, adeguamento e ristrutturazione e impianti tecnologici	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	C) Acquisto di attrezzature e strumentazioni scientifiche e tecnologiche	C.1 Attrezzature e strumentazioni scientifiche e tecnologiche	€ 42.388.000,00	€ 19.969.871,56	€ 19.969.871,56
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	C) Acquisto di attrezzature e strumentazioni scientifiche e tecnologiche	C.2 Locazione finanziaria (leasing) con obbligo di riscatto finale	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	D) Realizzazione di reti di collegamento tra apparecchiature di laboratorio e/o reti di collegamento tra diverse strutture scientifiche e/o di alta formazione	D) Realizzazione di reti di collegamento tra apparecchiature di laboratorio e/o reti di collegamento tra diverse strutture scientifiche e/o di alta formazione	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	E) Prestazioni di terzi per consulenze scientifiche e applicazioni tecnologiche	E.1. Prestazioni occasionali	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	E) Prestazioni di terzi per consulenze scientifiche e applicazioni tecnologiche	E.2. Professionisti con partita IVA	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	E) Prestazioni di terzi per consulenze scientifiche e applicazioni tecnologiche	E.3. Società	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	F) Costi specifici di progetto (es: spese relative alla pubblicazione di bandi di gara, spese per azioni di informazione e pubblicità di cui al Regolamento (CE) n. 1828/2005	Spese per azioni di informazione e pubblicità	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani di sviluppo e/o potenziamento	G.1 Personale interno (dipendente)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani di sviluppo e/o potenziamento	G.2.1. Co.Co.Co., Co.Co.Pro. e Prestazioni occasionali	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani di sviluppo e/o potenziamento	G.2.2. Professionisti con partita IVA	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani di sviluppo e/o potenziamento	G.2.3. Società	€ 25.000,00	€ 18.750,00	€ 18.750,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani industriali	G.1 Personale interno (dipendente)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani industriali	G.2.1. Co.Co.Co., Co.Co.Pro. e Prestazioni occasionali	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani industriali	G.2.2. Professionisti con partita IVA	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani industriali	G.2.3. Società	€ 35.000,00	€ 19.250,00	€ 19.250,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani per la promozione e missione internazionali	G.1 Personale interno (dipendente)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani per la promozione e missione internazionali	G.2.1. Co.Co.Co., Co.Co.Pro. e Prestazioni occasionali	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani per la promozione e missione internazionali	G.2.2. Professionisti con partita IVA	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Piani per la promozione e missione internazionali	G.2.3. Società	€ 15.000,00	€ 8.250,00	€ 8.250,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Studi di mercato	G.1 Personale interno (dipendente)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Studi di mercato	G.2.1. Co.Co.Co., Co.Co.Pro. e Prestazioni occasionali	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Studi di mercato	G.2.2. Professionisti con partita IVA	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Potenziamento	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Studi di mercato	G.2.3. Società	€ 35.000,00	€ 19.250,00	€ 19.250,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	A) Costo del personale docente	A.1 Personale interno (dipendente)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	A) Costo del personale docente	A.2 Personale esterno	€ 85.000,00	€ 85.000,00	€ 85.000,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	B) Spesa di trasferta del personale docente e dei destinatari della formazione	B.1 Spesa di trasferta del personale docente	€ 112.080,00	€ 89.664,00	€ 89.664,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	B) Spesa di trasferta del personale docente e dei destinatari della formazione	B.2 Spesa di trasferta dei destinatari della formazione	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	C) Altre spese correnti (materiali, forniture, etc.)	C.1 Materiali e forniture	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.000,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	C) Altre spese correnti (materiali, forniture, etc.)	C.2 Selezione, gestione e organizzazione attività didattiche	€ 12.844,44	€ 12.844,44	€ 12.844,44
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	D) Strumenti e attrezzature di nuovo acquisto per la quota da riferire al loro uso esclusivo per il progetto di formazione	Attrezzature e strumentazioni	€ 235.000,00	€ 117.500,00	€ 117.500,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	E) Costo dei servizi di consulenza	E.1 Professionisti con partita IVA	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	E) Costo dei servizi di consulenza	E.2 Società	€ 18.500,00	€ 18.500,00	€ 18.500,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	F) Costo dei destinatari della formazione, fino ad un massimo pari al totale dei costi da A) a E)	F.1 Costo orario	€ 53.720,00	€ 53.720,00	€ 53.720,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	F) Costo dei destinatari della formazione, fino ad un massimo pari al totale dei costi da A) a E)	F.2 Borse di studio	€ 360.000,00	€ 180.000,00	€ 180.000,00
Formazione	INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	LABORATORI NAZIONALI DEL SUD	CATANIA	Catania	Sicilia	G) Spese per informazione, pubblicità, diffusione dei risultati	G) Spese per informazione, pubblicità, diffusione dei risultati	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
TOTALE								€ 44.976.144,44	€ 20.800.000,00	

**“KM3NET-ITALIA: OSSERVATORIO SOTTOMARINO NEL
MAR IONIO PER LA RILEVAZIONE DI NEUTRINI ASTROFISICI E
RICERCHE MULTIDISCIPLINARI”**

IL PROGETTO DI POTENZIAMENTO STRUTTURALE

1	INTRODUZIONE.....	4
2	LE MOTIVAZIONI SCIENTIFICHE DEL PROGETTO.....	8
3	IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	12
4	IL SITO DI INSTALLAZIONE.....	14
4.1	Criteri di selezione	14
4.2	Il sito prescelto.....	17
4.3	Caratterizzazione del sito	17
4.3.1	Misura delle proprietà ottiche dell'acqua	17
4.3.2	Correnti	19
4.3.3	Sedimentazione	19
4.3.4	Rumore di fondo ottico e Bioluminescenza	20
5	IL PROGETTO DI POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE	22
5.1	LE COMPONENTI GIÀ REALIZZATE	24
5.1.1	La Stazione di Terra	24
5.1.2	Il cavo elettro-ottico sottomarino	25
5.1.3	La connessione ottica Portopalo - LNS per trasmissione dati	27
5.1.4	Flusso dati e architettura di terra	28
5.2	LE COMPONENTI DA REALIZZARE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DI POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE.....	32
5.2.1	Il Telescopio sottomarino.....	32
5.2.2	Le Junction Boxes.....	33
5.2.2.1	JB Primaria	35
5.2.2.2	JB Secondaria	36
5.2.3	La struttura di rivelazione ("Detection Unit")	37
5.2.3.1	Struttura meccanica	37
5.2.4	Il sistema di cablaggio elettro-ottico.....	41
5.2.5	Sistema elettrico di trasmissione e distribuzione dell'energia.....	43
5.2.5.1	Sistema di Distribuzione Primario	44
5.2.6	Rete Ottica e trasmissione dati.....	45
5.2.7	Il Modulo Ottico - DOM.....	46
5.2.7.1	Sfera di vetro.....	48
5.2.7.2	Fotomoltiplicatori.....	49
5.2.7.3	Cono di espansione	50
5.2.7.4	Accoppiatore ottico	51
5.2.7.5	Base del fotomoltiplicatore.....	51
5.2.7.6	Supporto meccanico del PMT	52
5.2.7.7	Dissipatore	52
5.2.7.8	Elettronica di conversione e trasmissione dati	54
5.2.7.9	Connettore elettro-ottico	55
5.2.8	Il sistema di posizionamento acustico	56
5.2.8.1	Descrizione del sistema di posizionamento	56
5.2.8.2	La Long Base Line	57
5.2.8.3	Gli idrofoni	58

5.2.8.4	La "mini-farm" di PC on-shore	59
5.2.8.5	Utilizzi multidisciplinari dell'antenna acustica	60
6	GRADO DI ATTIVAZIONE E TEMPESTIVA REALIZZAZIONE DELLA INIZIATIVA PROPOSTA.....	62
6.1	Articolazione progettuale.....	65
6.2	La logistica del progetto.....	65
6.3	Tempistica	72
7	RILEVANZA DEL PROGETTO PER LE STRATEGIE DI SVILUPPO DEI LABORATORI NAZIONALI DEL SUD ...	73
8	COMPLEMENTARIETÀ E COERENZA DEL PROGETTO CON LA PROGRAMMAZIONE COMUNITARIA, NAZIONALE E REGIONALE IN MATERIA DI RICERCA ED INNOVAZIONE E COLLEGAMENTO CON INIZIATIVE DI CARATTERE COMUNITARIO E INTERNAZIONALE.....	74
9	COERENZA DEL PROGETTO CON I PRINCIPI DI PARI OPPORTUNITÀ E NON DISCRIMINAZIONE, ACCESSIBILITÀ PER LE PERSONE DISABILI E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	78
9.1	Pari opportunità.....	78
9.2	Accesso per le persone disabili.....	79
9.3	Sostenibilità ambientale.....	79
10	IL PIANO ECONOMICO DEL PROGETTO	81
11	ALLEGATI	84

1 INTRODUZIONE

La rivelazione di neutrini cosmici di alta energia è considerata uno dei principali obiettivi della ricerca nel campo della fisica astro-particellare. La rivelazione di questi neutrini, aprendo una nuova finestra di osservazione astrofisica, permetterà di accedere a una visione completamente nuova dell'Universo fornendo delle risposte essenziali ad alcune delle questioni ancora aperte sulla sua natura ed evoluzione.

La grande difficoltà di rivelazione dei neutrini impone la realizzazione di strumenti di osservazione (telescopi) di dimensioni dell'ordine di un kilometro cubo da installare nelle profondità marine del Mediterraneo o, come nel caso del telescopio IceCube, nei ghiacci dell'Antartide.

Una collaborazione a conduzione USA, ha recentemente completato la costruzione nei ghiacci dell'Antartide del telescopio IceCube, che è il primo strumento di questa scala di volume (1 km^3). La sua collocazione al Polo Sud permette però di osservare solo metà del cielo (l'emisfero Nord). La frazione di cielo osservata, inoltre, non include alcune delle regioni più interessanti, quali il centro della nostra galassia, e copre solo parzialmente il piano galattico in cui si trovano quasi tutte le principali sorgenti di neutrini candidate. La comunità scientifica¹ ha pertanto raccomandato la costruzione di un secondo e più potente strumento complementare, collocato nell'emisfero boreale nelle profondità marine.

Dopo una serie di esperimenti pilota e la realizzazione di alcuni "dimostratori" di scala ridotta, la tecnologia per la costruzione di un telescopio sottomarino per neutrini può considerarsi oggi matura per affrontare la costruzione di un rivelatore della scala richiesta ad alta profondità (>3000 m) nel Mar Mediterraneo.

Da una decina d'anni l'INFN ha avviato con il progetto NEMO un'intensa attività di ricerca e sviluppo in questa direzione. Nell'ambito del progetto Nemo la collaborazione ha effettuato una serie di campagne marine (circa 30) per l'identificazione e caratterizzazione di un sito ottimale per l'installazione situato al largo delle coste di Capo Passero (SR) ad una profondità di 3500 metri sotto il livello del mare. Inoltre sono state sviluppate e validate le principali soluzioni tecnologiche per la costruzione dell'apparato.

Il progetto è inserito nel Piano Triennale dell'INFN tra le infrastrutture di ricerca che l'Istituto intende realizzare nei prossimi anni.

¹ Lo stato e le potenzialità dell'astronomia con neutrini sono state esaminate nel 2002 dal "High Energy Neutrino Astronomy Panel" (HENAP), un comitato istituito dall'International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP). Nel suo report conclusivo <http://www.iupap.org/wg/panagic/henap/final-report>, il comitato ha formulato una serie di raccomandazioni tra cui l'importanza di avere due telescopi complementari uno in ciascun emisfero terrestre.

Per queste attività l'INFN si è dotato, presso i Laboratori Nazionali del Sud, di due stazioni sottomarine: un Test Site al largo di Catania a 2000 m di profondità ed una al largo di Capo Passero a 3500 m di profondità sul sito candidato.

Le attività della collaborazione NEMO sono recentemente confluite nell'ambito del consorzio europeo KM3NeT insieme alle altre collaborazioni europee attive nel settore, con l'obiettivo di realizzare un'infrastruttura di rilevanza pan-europea che rappresenti il passo decisivo per l'avvio dell'astronomia con neutrini. Il consorzio europeo KM3NeT è stato cofinanziato dalla EC per le attività preparatorie con due progetti: un Design Study, già concluso, e un Preparatory Phase che sarà completato ad inizio 2012. KM3NeT è inserito tra le infrastrutture di ricerca di rilevanza pan-europea individuate nella roadmap dell'European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI), la cui realizzazione è ritenuta necessaria per garantire all'Europa la massima competitività nella ricerca nei prossimi 25 anni.

Il progetto è anche inserito con elevata priorità nelle principali roadmap europee della ricerca, quali quella elaborata dall'Astro Particle ERANet (ASPERA) per la fisica astroparticellare e lo "Strategic Plan for European Astronomy" dell'Astronomy ERANet (ASTRONET). È inoltre presente nei piani di sviluppo programmatici dei principali istituti ed agenzie europee che partecipano al consorzio (INFN, Italia; CNRS, Francia; FOM, Olanda, ...).

L'esperienza e i risultati già conseguiti dalla collaborazione NEMO hanno permesso ai ricercatori italiani di acquisire un ruolo di grande rilevanza nell'ambito del consorzio KM3NeT, chiaramente testimoniato dall'assegnazione all'INFN del coordinamento del progetto di Preparatory Phase.

Nell'ambito di KM3NeT sono state definite le tecnologie per la costruzione. Schematicamente KM3NeT consisterà di un insieme di strutture verticali di rivelazione di circa 900 m di altezza, realizzate come descritto nel seguito. Queste strutture saranno posate sul fondo del mare e interconnesse tra di loro mediante una rete di cavi elettro-ottici sottomarini e di nodi di interconnessione (Junction Boxes). La rete di strutture sul fondo del mare sarà poi connessa a terra mediante un cavo elettro-ottico principale che garantisce l'alimentazione e la trasmissione dati a terra su fibra ottica.

L'obiettivo finale di KM3NeT è di costruire un telescopio significativamente più sensibile di IceCube, raggiungendo un volume complessivo di circa 5 chilometri cubi con l'installazione di un totale di 300 strutture a torre. Nell'ambito del consorzio Europeo sono state effettuate le scelte tecnologiche principali, giungendo ad un progetto costruttivo delle unità di rivelazione ed alla realizzazione di prototipi che è oggi in corso.

Considerazioni di natura scientifica e tecnologica suggeriscono di realizzare il rivelatore come un insieme di blocchi indipendenti, ciascuno costituito da circa 100 strutture.

Tre siti sono candidati per l'installazione: Capo Passero (SR) in Italia; Tolone in Francia; Pylos in Grecia. A Capo Passero l'INFN ha già realizzato un'infrastruttura comprendente un cavo elettro-ottico da 100 km e la stazione di terra ed ha installato un primo modulo di sistema di potenza

procedendo con un programma di test su prototipi. Attività analoghe sono state avviate a Tolone. Nello schema delineato, ogni sito potrebbe ospitare uno dei suddetti blocchi, realizzando una infrastruttura distribuita gestita da un unico consorzio internazionale realizzato sul modello forma legale ERIC (European Research Infrastructure Consortium) della EC che introduce agevolazioni fiscali e prevede un'unica gestione internazionale.

La natura intrinsecamente modulare del rivelatore permette inoltre di costruirlo per stadi successivi di crescente sensibilità e consente anche di acquisire dati scientifici di grande interesse sin dall'installazione delle prime componenti.

L'infrastruttura che si propone di realizzare con il presente progetto costituirà il nodo italiano di KM3NeT, denominato KM3NeT-Italia.

Le tecnologie per la realizzazione del telescopio per neutrini in un ambiente particolarmente ostile come gli abissi marini, sviluppate nel corso degli ultimi anni dalle collaborazioni Antares, Nemo e Nestor (che recentemente sono confluite nel consorzio europeo KM3NeT), hanno rappresentato un significativo passo in avanti anche per altre comunità scientifiche interessate allo studio degli ambienti marini profondi. Le esigenze di KM3NeT in termini di potenza, trasmissione dati e strutture meccaniche hanno richiesto lo sviluppo di tecnologie estremamente avanzate che consentono oggi di realizzare una infrastruttura sottomarina cablata connessa a terra in tempo reale.

Il progetto prevede pertanto il potenziamento dell'infrastruttura di ricerca sottomarina di Capo Passero con la realizzazione di un primo blocco del telescopio per neutrini cosmici di alta energia nonché di una serie di nodi che consentiranno la connessione con una modalità "plug-and-play" di osservatori multidisciplinari per ricerche nel campo delle scienze della Terra e del Mare. Questi ultimi saranno sviluppati e coordinati nell'ambito del progetto europeo EMSO, che prevede la realizzazione di una rete di monitoraggio lungo l'intero margine delle coste europee, con il quale è da tempo stabilita una particolare sinergia finalizzata all'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse e con le altre agenzie interessate a programmi di ricerca nel settore delle scienze del mare.

L'attività di ricerca e sviluppo, già realizzata e in corso d'opera, ha prodotto rilevanti risultati a livello tecnologico e scientifico. Tali risultati, ottenuti grazie alla soluzione dei problemi scientifici e tecnologici via via presentatisi nello studio e nella sperimentazione preliminare e di raccolta dati, consentono oggi di ottimizzare il progetto definitivo per la sua massima resa. Il progetto procederà con l'installazione progressiva delle strutture meccaniche che sorreggono i sensori di rivelazione presso il sito sottomarino di Capo Passero, dov'è già installato e operante il cavo sottomarino elettro-ottico che alimenterà le stazioni sottomarine e trasmetterà in fibra ottica le informazioni rivelate dai sensori.

Dopo il suo potenziamento, l'infrastruttura proposta consisterà, complessivamente, di circa 60 strutture verticali a "torre" di circa 900 m di altezza, realizzate come descritto nel seguito secondo il progetto KM3NeT. Queste strutture saranno disposte sul fondo del mare alla profondità di circa 3500 m con una configurazione di tipo esagonale spaziate di circa 150 m e saranno interconnesse

tra di loro mediante una rete di cavi elettro-ottici sottomarini e di Junction Boxes. Questa rete di strutture sul fondo del mare sarà poi connessa alla stazione di terra di Portopalo a Capo Passero mediante il cavo elettro-ottico principale già esistente, che garantirà l'alimentazione e la trasmissione dati a terra su fibra ottica. Inoltre, la stazione di terra sarà connessa con un collegamento dati ad alta velocità (10 Gb/s) con la sede dei Laboratori Nazionali del Sud a Catania, consentendo così l'accesso ai dati in tempo reale a tutti i membri del consorzio europeo.

Così come previsto dal presente programma di potenziamento, sarà già possibile raggiungere prestazioni che consentiranno di osservare un'ampia regione di cielo, che non è nel campo di vista di IceCube, con un potenziale di scoperta equivalente a quello di IceCube e circa venti volte migliore rispetto ad Antares. Quest'ultimo è un apparato dimostratore, alla cui realizzazione hanno contribuito anche i ricercatori italiani, installato al largo di Tolone e che osserva lo stesso campo di vista di KM3NeT.

Grazie alla sua intrinseca modularità, l'infrastruttura proposta nel presente progetto di potenziamento potrà essere ulteriormente ampliata fino a raggiungere il numero di circa 100 strutture di rivelazione previsto come obiettivo di KM3NeT-Italia.

La realizzazione del progetto di potenziamento proposto consentirà quindi di disporre e rendere operativo un laboratorio multidisciplinare sottomarino a grande profondità con caratteristiche uniche, il laboratorio di terra e i sistemi a tecnologia avanzata in grado acquisire e gestire elevate quantità di dati provenienti dai rivelatori sottomarini.

2 LE MOTIVAZIONI SCIENTIFICHE DEL PROGETTO

Lo studio dell'Universo si è basato, fino a tempi relativamente recenti, sull'osservazione per mezzo di luce visibile; osservata ad occhio nudo oppure, dall'invenzione del telescopio in poi, amplificata con strumenti ottici. Il XX secolo ha visto l'estensione delle nostre capacità osservative all'intero spettro elettromagnetico, includendo anche radiazione di maggiore lunghezza d'onda, come le onde radio osservate tramite radiotelescopi a terra, o di più alta energia, come la radiazione ultravioletta, X e gamma, osservabili per mezzo di satelliti. Negli ultimi decenni, utilizzando tecniche sviluppate per esperimenti di fisica delle alte energie con acceleratori di particelle, la conoscenza della regione più energetica dello spettro elettromagnetico è stata estesa fino ad energie dell'ordine di circa 100 TeV. Questa tecnica, che si basa sulla rivelazione di sciame di particelle prodotti dall'interazione dei fotoni di più elevata energia nell'atmosfera, è ormai consolidata ed ha permesso di aprire una nuova finestra osservativa sull'Universo più violento permettendo di rivelare alcune delle sorgenti più energetiche.

Sfortunatamente l'osservazione delle sorgenti più lontane per mezzo di raggi gamma, che potrebbe forse svelarci il meccanismo di funzionamento di questi sistemi, ci è preclusa in quanto la radiazione elettromagnetica di alta energia non riesce a giungere fino a noi a causa dell'assorbimento causato dalla presenza della radiazione cosmica di fondo che permea l'intero Universo. Questo assorbimento limita l'orizzonte osservabile con gamma di alta energia a circa 500 milioni di anni luce. Pertanto soltanto le sorgenti localizzate nella nostra galassia e quelle extra-galattiche più vicine sono osservabili.

Le tecniche sviluppate nel campo della fisica delle alte energie permettono oggi di estendere la nostra capacità osservativa anche oltre la radiazione elettromagnetica. Per esempio i raggi cosmici, che sono costituiti essenzialmente da protoni e nuclei atomici, sono stati studiati negli ultimi decenni per mezzo degli sciame di particelle che producono nell'atmosfera. Queste particelle però sono cariche e subiscono l'effetto dei campi magnetici presenti nella galassia e negli spazi intergalattici che ne deflettono le traiettorie impedendoci di identificare la direzione di provenienza.

Quello che è necessario per sondare le profondità dell'Universo è uno strumento che sia in grado di vedere particelle che non sono influenzate dal gas, dalle polveri, dalla radiazione elettromagnetica di fondo e dai campi magnetici che incontrano nel loro viaggio verso di noi. L'unico candidato conosciuto che risponda a tutti questi requisiti è il neutrino. Questa particella neutra interagisce solo debolmente con la materia e può così arrivare indisturbata direttamente dalla sorgente a noi viaggiando ad una velocità prossima a quella della luce.

Una delle principali motivazioni dell'astronomia con neutrini è la comprensione dell'origine dei raggi cosmici. Il "modello standard" di produzione e accelerazione di raggi cosmici assume come sorgenti i resti delle supernove esplose in passato nella nostra galassia. In effetti, molti di questi oggetti sono stati recentemente rivelati come delle sorgenti di raggi gamma di alta energia, evidenziandoli come possibili siti di accelerazione di raggi cosmici. Il meccanismo di accelerazione

non è ancora chiaro e verosimilmente soltanto l'osservazione dei neutrini potrà fornire la risposta conclusiva. I flussi attesi di neutrini cosmici, dipendono fortemente dai modelli teorici con variazioni da un modello all'altro anche di un ordine di grandezza. Risulta però chiaro che per l'osservazione di questi flussi sono necessari strumenti della dimensione di alcuni chilometri cubi di volume.



Figura 1: La propagazione dei messaggeri cosmici dalle sorgenti lontane alla Terra: i fotoni (γ) sono assorbiti dalla radiazione e dal mezzo intergalattico; i protoni (p) sono deflessi dai campi magnetici; la propagazione dei neutrini (ν) non risente di questi effetti.

Il recente rapporto del panel della fisica astroparticellare dell'OECD Global Science Forum² sottolinea come l'identificazione di un significativo numero di neutrini cosmici sia una chiara priorità della ricerca nel campo e che tale rivelazione sarebbe un passo in avanti che consentirebbe di aprire una nuova era nella ricerca astrofisica come avvenne negli anni 70 e 80 con la rivelazione dei neutrini solari e di quelli provenienti dalla supernova 1987A.

Il caso scientifico per la costruzione del telescopio per neutrini KM3NeT è imponente. KM3NeT è inserito con alta priorità nelle principali roadmap scientifiche europee: quella redatta dell'European Strategic Forum for Research Infrastructures (ESFRI)³, quella dell'Astro Particle ERA NeT (ASPERA)⁴, quella di Astronet⁵. Gli obiettivi scientifici sono ampiamente e dettagliatamente descritti nei due principali documenti che il consorzio europeo ha pubblicato: il Conceptual Design Report⁶ ed il Technical Design Report⁷.

I neutrini di alta energia sono emessi in seguito all'interazione di protoni prodotti nei più potenti acceleratori cosmici con la materia e/o la radiazione circostante. Le condizioni necessarie per

² <http://www.oecd.org/dataoecd/24/55/47598026.pdf>

³ <http://ec.europa.eu/research/esfri/>

⁴ <http://www.aspera-eu.org/>

⁵ <http://www.astronet-eu.org/>

⁶ *Conceptual Design for a Deep-Sea Research Infrastructure Incorporating a Very Large Volume Neutrino Telescope in the Mediterranean Sea*, The KM3NeT collaboration, <http://www.km3net.org/CDR/CDR-KM3NeT.pdf>

⁷ *Technical Design Report for a Deep-Sea Research Infrastructure in the Mediterranean Sea Incorporating a Very Large Volume Neutrino Telescope*, The KM3NeT collaboration, <http://www.km3net.org/TDR/KM3NeTprint.pdf>

l'accelerazione di protoni fino a energie estreme e la successiva conversione in neutrini sono presenti in diversi oggetti astrofisici galattici ed extragalattici.

Il principale obiettivo scientifico di KM3NeT è la ricerca di sorgenti galattiche di neutrini. Questa scelta è dettata da diverse considerazioni. KM3NeT, grazie alla sua posizione geografica, osserva l'87% del Piano Galattico dove negli ultimi anni sono state osservate un centinaio di sorgenti galattiche, alcune delle quali non identificate in altre lunghezze d'onda, che emettono gamma di altissima energia ($E > \text{TeV}$). Alcune di queste classi di sorgenti sono promettenti emettitrici di neutrini. Per queste sorgenti è possibile fare delle previsioni molto precise dei flussi di neutrini basandosi sulle osservazioni nella banda gamma. Di particolare interesse per l'astronomia con neutrini sono i resti di supernova tra cui la sorgente più intensa attualmente nota è la RXJ1713-39.46, resto di una Supernova esplosa nella nostra galassia circa mille anni fa. Primi studi, ancora da ottimizzare, indicano che alcune di queste sorgenti possono essere rivelate con alcuni anni di osservazione con KM3NeT.

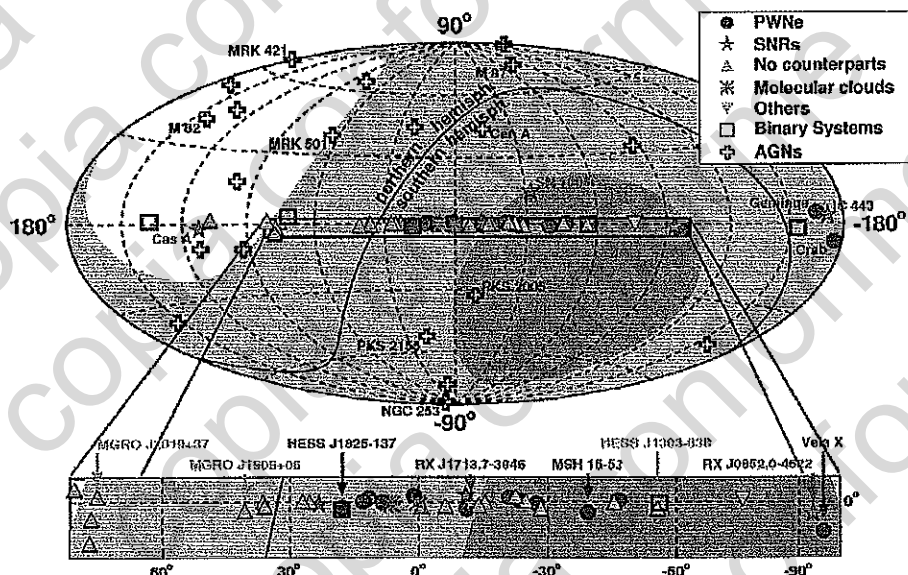


Figura 2: Il cielo osservabile da KM3NeT in coordinate galattiche.

Di estremo interesse è la recente scoperta nei dati del telescopio spaziale Fermi di due strutture simmetriche, denominate Fermi bubbles, che si estendono per 25.000 anni luce al di sopra e al di sotto del piano galattico in corrispondenza del centro galattico e la cui origine è ancora ignota. L'emissione di gamma di alta energia correlata è molto intensa per cui, nel caso di meccanismo di produzione adronico, la rivelazione dei neutrini provenienti dalle Fermi bubbles in KM3NeT avverrebbe in alcuni mesi di osservazione. La RXJ1713-39.46 e le Fermi bubbles non sono nel campo di osservazione di IceCube.

Le sorgenti extra-galattiche più promettenti per la produzione dei raggi cosmici di altissima energia e conseguentemente di neutrini sono i Nuclei Galattici Attivi (AGN) e i Gamma Ray Burst (GRB). I Nuclei Galattici Attivi sono galassie al cui centro è presente un buco nero massiccio che emette enormi quantità di energia, mentre i Gamma Ray Burst, osservati in galassie lontane in tutto l'Universo, sono lampi di luce gamma, di durata che va dalla decine di millesecodi ad alcuni minuti, associati a esplosioni in cui viene rilasciata una enorme quantità di energia. La stima dell'intensità degli eventuali flussi di neutrini extragalattici è però fortemente dipendente dal modello e può variare di più di un ordine di grandezza rendendo quindi altrettanto incerte le previsioni degli eventi osservabili sul rivelatore.

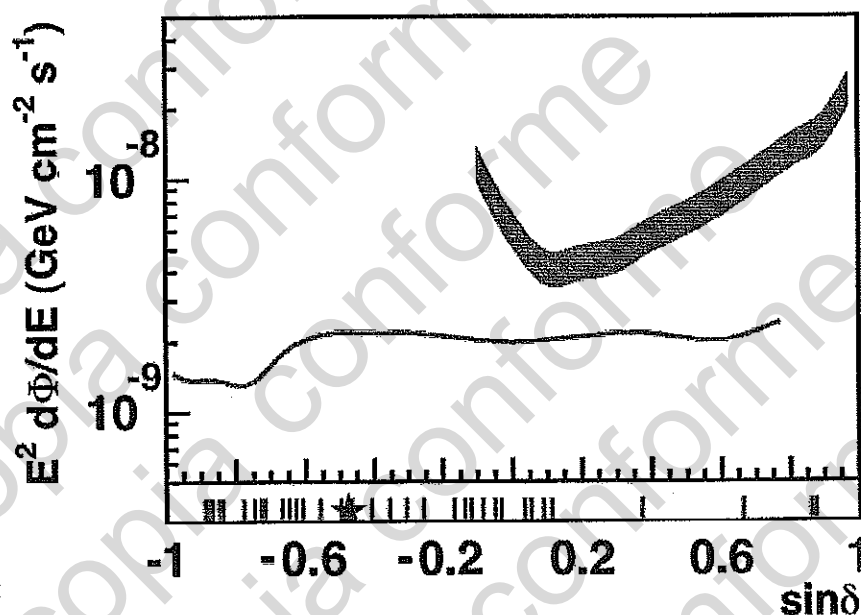


Figura 3: Il potenziale di scoperta, ovvero il minimo flusso necessario per poter dichiarare la scoperta di una sorgente, di KM3NeT (linea rossa) confrontato con quello di IceCube (regione in grigio), in funzione della declinazione della sorgente. Valori di flusso più bassi corrispondono a potenziali di scoperta maggiori. Il rivelatore KM3NeT risulta essere superiore ad IceCube in tutta la regione di cielo che potrà osservare. Sull'asse orizzontale in basso sono anche riportate (segmenti rossi) le posizioni delle sorgenti galattiche di cui è già stata osservata e misurata l'emissione di gamma di alta energia e che sono possibili candidate per l'emissione di neutrini di alta energia. La stella blu mostra la posizione nel cielo del centro galattico.

L'astronomia con neutrini è oggi ancora in uno stato "esplorativo" confrontabile con quello dell'astronomia gamma di alcuni decenni fa, quando solo alcuni eventi furono osservati dai primi satelliti dedicati. È opinione condivisa nella comunità scientifica che la prima osservazione di neutrini cosmici costituirebbe una scoperta fondamentale, aprendo una finestra di osservazione completamente nuova.

3 IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

La tecnica di rivelazione dei neutrini di alta energia, ormai consolidata da una più che decennale esperienza, si basa sulla rivelazione dei fotoni Cherenkov emessi dai muoni secondari prodotti nelle interazioni di neutrino all'interno di grandi volumi di acqua o ghiaccio, posti ad alcune migliaia di metri sotto la superficie che schermano il flusso di muoni atmosferici. Il suddetto volume viene strumentato con una matrice sparsa di sensori ottici. Il tracciamento dei muoni con precisione dell'ordine del decimo di grado, è basato sulle correlazioni spazio-temporali tra i sensori ottici ottenute tramite le posizioni dei sensori e i tempi di arrivo dei fotoni Cherenkov, misurati con precisioni dell'ordine del nanosecondo, sui sensori stessi.

I muoni sono particelle cariche molto penetranti e sufficientemente pesanti (200 volte la massa di un elettrone) da non perdere tutta la loro energia per via di emissioni elettromagnetiche. Alle energie di interesse il muone prodotto si propaga a velocità superiore a quella della luce in acqua esso genera, con un meccanismo detto effetto Cherenkov simile a quello che porta al "bang" caratteristico di un jet che supera la velocità del suono, un fronte luminoso con un angolo ben determinato rispetto alla sua direzione di moto. L'angolo Cherenkov in acqua è di circa 42° per la radiazione visibile. Equipaggiando grandi volumi d'acqua (o ghiaccio) con sensori capaci di rivelare segnali luminosi anche debolissimi, si può identificare la traccia del muone. Poiché i muoni di altissima energia si propagano per distanze dell'ordine delle decine di chilometri con direzione prossima a quella del neutrino che li ha generati, una volta ricostruita la traccia del muone si può risalire alla direzione di provenienza del neutrino incidente e così localizzare la sorgente.

Una difficoltà costruttiva dei rivelatori di neutrini è rappresentata dal fatto che essi devono essere schermati dalla "pioggia" dei muoni "atmosferici", prodotti dalle interazioni dei raggi cosmici adronici (protoni e nuclei) con l'atmosfera. Il flusso dei muoni atmosferici è cento miliardi di volte più intenso di quello atteso dai muoni prodotti da neutrini astrofisici. Un rivelatore, posto per esempio al livello del mare, non schermato dal flusso di muoni atmosferici, sarebbe "accecato" da queste particelle e non potrebbe distinguere i segnali di interesse astrofisico.

Questa è la ragione per cui i rivelatori per neutrini sono di norma collocati in gallerie a grandi profondità sotto terra dove gli spessi strati di roccia sovrastanti riducono fortemente l'intensità del flusso di muoni atmosferici. Questa soluzione è ovviamente improponibile per un rivelatore delle dimensioni di un "kilometro cubo". Il modo più efficace per ovviare al problema è costruire il rivelatore nelle profondità delle fosse marine abissali. L'acqua che circonda il rivelatore assolverebbe così ad una triplice funzione: schermo per gran parte della radiazione atmosferica (a 3500 metri ne riduce il flusso di un milione di volte); "bersaglio" su cui i neutrini interagiscono producendo muoni; mezzo trasparente in cui si produce e propaga il segnale Cherenkov.

Nonostante l'enorme spessore d'acqua che lo scherma, alcuni dei muoni atmosferici possono ancora raggiungere il rivelatore, dando origine ad un segnale indistinguibile da quello generato da un neutrino. La soluzione a questo problema sta nel cercare quei segnali che provengono dal basso, cioè dalla direzione che è schermata dall'intero spessore della Terra.

Solo i neutrini, infatti, possono attraversare indisturbati un tale spessore di materia e interagire in prossimità del rivelatore. La peculiarità di un siffatto telescopio per neutrini è quindi di guardare verso il "basso", piuttosto che verso "l'alto", come gli strumenti astronomici a cui siamo abituati.

Pertanto solo una parte della volta celeste sarà accessibile ad un telescopio collocato nell'emisfero boreale, ed un'esplorazione completa del cielo sarà possibile solo se questo strumento sarà complementato da uno analogo nell'altro emisfero. Il vantaggio di essere collocato nell'emisfero nord è che esso potrà guardare alla parte di cielo che contiene la maggior parte delle sorgenti più interessanti tra cui il centro della nostra galassia.

La tecnica di rivelazione è stata ampiamente verificata con gli apparati finora realizzati e può considerarsi ormai consolidata. Il telescopio IceCube in Antartide è completamente operativo dall'inizio del 2011. Il telescopio KM3NeT, installato nel Mediterraneo, grazie alla rotazione della terra osserverebbe l'87% del cielo, compreso il Centro Galattico e la maggior parte del Piano Galattico in cui sono stati individuati numerosi oggetti candidati come sorgenti di neutrini di alta energia.

In apparati così realizzati si prevede che il numero di eventi prodotto da neutrini astrofisici con energie superiori a 10 TeV, sia maggiore del rumore di fondo. In particolare, l'identificazione di muoni con traiettorie dirette dal fondo del mare verso la superficie, è un chiaro segnale di un evento prodotto da un'interazione di neutrino avvenuta in prossimità del rivelatore.

Lo schema costruttivo del telescopio è, nel principio, semplice: si devono disporre in acqua profonda (3000-4000 m) i sensori ottici secondo una reticolo tridimensionale tale da rendere possibile la ricostruzione delle tracce dei muoni. La distanza fra le coppie di moduli ottici è funzione delle proprietà di propagazione della luce nell'acqua circostante: minore è l'assorbimento della luce, maggiore potrà essere la distanza fra i moduli ottici.

I moduli ottici hanno il compito di generare una risposta elettronica che è funzione del numero dei fotoni Cherenkov rivelati e del loro tempo di arrivo. Occorre poi trasmettere i segnali elettronici ad un laboratorio a terra dove sono concentrati i mezzi di calcolo necessari ad analizzarli e decodificarli per estrarne le informazioni fisiche rilevanti.

Le sfide tecnologiche che una simile impresa comporta hanno richiesto molti anni di studi di fattibilità e un'intensa attività di ricerca e sviluppo, che è passata dalla realizzazione prima di apparati di dimensione dell'ordine di alcuni centesimi di kilometro cubo (Baikal, Amanda, Antares) fino alla realizzazione del primo telescopio di scala km^3 (IceCube).

4 IL SITO DI INSTALLAZIONE

Dal 1998 l'INFN ha condotto un'intensa attività per la ricerca e caratterizzazione di un sito adatto all'installazione del laboratorio sottomarino. Diversi siti abissali nelle acque del Mediterraneo prossime alle coste italiane sono stati esaminati prima di arrivare alla scelta della regione al largo di Capo Passero nel sud della Sicilia. Le considerazioni che hanno portato a questa scelta sono molteplici. In questo capitolo presenteremo i criteri generali adottati per la selezione del sito e daremo una breve descrizione delle attività di studio condotte e dei risultati ad oggi conseguiti per la completa caratterizzazione del sito prescelto.

4.1 Criteri di selezione

I criteri considerati per la scelta del sito abissale sono i seguenti:

- profondità;
- vicinanza alla costa;
- qualità di trasparenza dell'acqua;
- bassa attività di sedimentazione;
- bioluminescenza
- valori bassi e condizioni stabili delle correnti sottomarine
- vicinanza a grandi infrastrutture logistiche e di ricerca

Profondità

Il sito deve essere sufficientemente profondo per schermare l'apparato di misura dall'elevato flusso di muoni atmosferici, di bassa energia e provenienti dall'alto, in modo da permettere la rivelazione del più debole flusso di muoni diretti verso l'alto, originati da neutrini che dopo aver attraversato tutta la Terra, interagiscono nello strato di roccia al di sotto del rivelatore. Il flusso di muoni atmosferici rappresenta una sorgente di "rumore" per la rivelazione del segnale di neutrini astrofisici.

La capacità di selezione di tale rumore è funzione dell'angolo dei muoni rispetto alla verticale, della loro energia e dipende in gran parte dalla validità dell'algoritmo di ricostruzione delle tracce nel distinguere tracce dirette verso il basso da quelle che si propagano verso l'alto.

Alla profondità di circa 3500 m il flusso di muoni atmosferici è ridotto di cinque ordini di grandezza rispetto al flusso misurato in superficie, raggiungendo un rapporto segnale/rumore che consente l'identificazione dei segnali dovuti a neutrini astrofisici.

Vicinanza alla costa

Il sito deve essere vicino alla costa. La trasmissione dei dati dal rivelatore al laboratorio a terra, così come la trasmissione dell'energia necessaria all'apparato sottomarino, richiede l'impiego di un cavo elettro-ottico sottomarino. Tali cavi, generalmente usati per comunicazioni e per trasmissioni di dati, sono costosi e richiedono opportuni accorgimenti durante il posizionamento.

Con le moderne tecnologie, è possibile trasmettere dati su fibra ottica per circa cento di chilometri senza l'ausilio di amplificatori di segnali e quindi senza la necessità di utilizzare ulteriori costosi apparati sottomarini. Un'eccessiva distanza dalla costa complicherebbe le operazioni di installazione e manutenzione; d'altronde un sito troppo vicino alla scarpata continentale (shelf break) potrebbe essere sede di pericolosi fenomeni d'instabilità quali correnti di densità e di torbida.

Trasparenza dell'acqua

Il sito deve avere ottime proprietà di propagazione della luce Cherenkov. La ricostruzione della traccia del neutrino in telescopi di scala km³ è basata sulla rivelazione di fotoni Cherenkov irraggiati in acqua da particelle relativistiche. In particolare le proprietà dell'acqua marina di assorbire la luce contribuiscono a determinare la densità di sensori ottici nel rivelatore.

Le proprietà di diffusione della luce influiscono, invece, sulla capacità del rivelatore di ricostruire il pattern spazio-temporale della traccia Cherenkov prodotta dal passaggio dei muoni in acqua.

Attività di sedimentazione

Nel sito il tasso di sedimentazione deve essere basso. Il deposito di sedimenti (organici e inorganici) sulla regione sensibile dei rivelatori per fotoni, fotomoltiplicatori, riduce l'efficienza del telescopio.

Bioluminescenza

A profondità superiori ai 1000 m la luce solare non penetra. Ciononostante, i sensori ottici posti a grande profondità registrano un fondo ottico che può raggiungere alcune decine di kHz in sensori del tipo di quelli utilizzati in KM3NeT. Questa luce costituisce un fondo ottico "non correlato" temporalmente (come è invece la luce Cherenkov prodotta dai muoni) ma può determinare "false correlazioni" con la luce prodotta dai μ peggiorando la ricostruzione della traccia.

L'origine di questo fondo ottico è duplice. La prima è dovuta alla presenza nel sale marino dell'isotopo β -radioattivo ^{40}K , che nel suo decadimento produce elettroni relativistici che irradiano luce Cherenkov. La seconda è dovuta alla presenza di organismi bioluminescenti, sia microscopici che macroscopici.

Il fondo da ^{40}K è sostanzialmente indipendente dal sito, in quanto le variazioni di concentrazione del sale sono dell'ordine del per cento, ed è costante nel tempo.

La bioluminescenza invece può mostrare significative variazioni con il sito e con la profondità, e si manifesta sia con un aumento del tasso di conteggio medio, dovuto alla presenza di batteri bioluminescenti, sia con dei picchi, della durata dell'ordine del secondo, presumibilmente dovuti al passaggio di organismi macroscopici.

Stabilità e intensità delle correnti sottomarine

Il sito deve essere "calmo", cioè le correnti d'acqua sottomarine devono essere di ridotta intensità e poco variabili in direzione.

Ciò è importante perché non impone particolari condizioni per la struttura meccanica di sostegno dell'apparato e rende più semplice il posizionamento in acqua del rivelatore.

Inoltre, è stato dimostrato che l'attività di bioluminescenza è fortemente correlata con l'intensità della corrente d'acqua.

Infrastrutture

La costruzione e la posa del telescopio richiedono l'utilizzo di infrastrutture logistiche, presenti in medio/grandi porti commerciali, per il carico e lo scarico delle apparecchiature sottomarine su opportune navi per la posa.

4.2 Il sito prescelto

Il sito prescelto **Figura 4** si trova nel basso Ionio a circa 60 miglia ad Est di Capo Passero, in una regione centrata intorno al punto di coordinate $36^{\circ} 19' N$, $16^{\circ} 05' E$. In questa regione il fondale è sostanzialmente piatto su un'estensione di svariate decine di miglia quadrate, con una profondità di circa 3500 m.

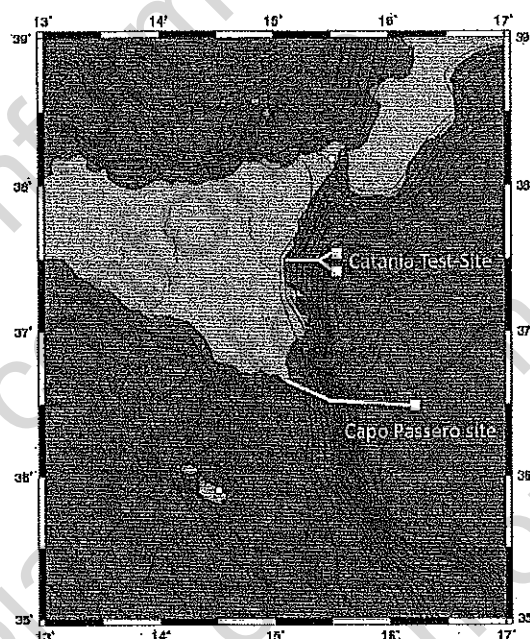


Figura 4: Mappa della regione dello Ionio Occidentale con la collocazione dei due siti sottomarini dell'INFN: il Test-Site di Catania a 2000 m di profondità (in giallo) ed il sito di Capo Passero a 3500 m di profondità dove sarà collocata l'infrastruttura sottomarina KM3NeT.

4.3 Caratterizzazione del sito

L'intensa attività di studio condotta sul sito di Capo Passero ha permesso di caratterizzare completamente la regione per quanto riguarda le proprietà ottiche dell'acqua, delle correnti e del tasso di deposizione di sedimenti al fondo, dimostrando che tutti questi parametri rispondono ai requisiti richiesti.

4.3.1 Misura delle proprietà ottiche dell'acqua

I fenomeni che influenzano la propagazione della luce nell'acqua, determinandone le sue proprietà di trasparenza, sono due: l'assorbimento e la diffusione. L'assorbimento è un fenomeno in cui l'energia del fotone è interamente rilasciata nel mezzo attraversato. Nel processo di

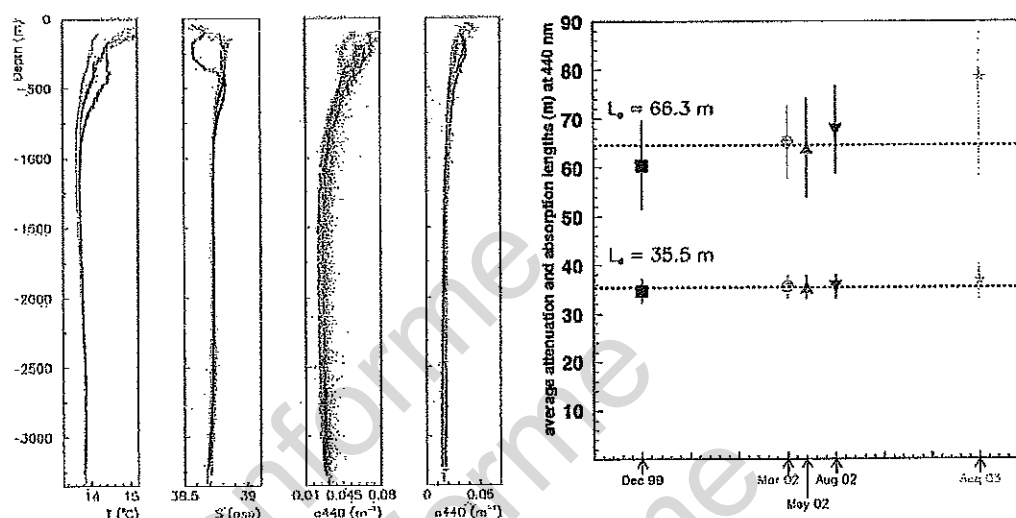


Figura 5: Sinistra- Profili delle acque di Capo Passero: temperatura, salinità, coefficiente di assorbimento e coefficiente di attenuazione della luce in funzione della profondità. I colori indicano le differenti campagne di misura. Le proprietà della colonna d'acqua, al disotto dei 1500 m, sono estremamente stabili sia in funzione della profondità che in funzione del nel tempo. Destra-Lunghezza di assorbimento e lunghezza di attenuazione della luce blu nel sito di Capo Passero. I valori ottenuti sono paragonabili a quelli dell'acqua otticamente pura.

diffusione, che può avvenire sulle molecole d'acqua o sul particolato dissolto, la direzione del fotone viene modificata ma la sua lunghezza d'onda rimane inalterata.

In acqua otticamente pura (cioè priva di particolato dissolto), l'assorbimento e la diffusione della luce visibile sono fortemente dipendenti dalla lunghezza d'onda, e presentano un minimo a circa 420 nm (per tale motivo l'acqua marina ha un colore blu-verde). Nei siti profondi sottomarini l'assorbimento della luce non differisce in modo significativo da quello tipico dell'acqua salata pura, la presenza del particolato è invece rilevante per i processi di diffusione.

La riduzione dell'intensità della luce in funzione della distanza percorsa nel mezzo a causa di fenomeni di assorbimento e diffusione è parametrizzabile in termini di lunghezza di assorbimento e diffusione, L_a e L_b rispettivamente, o dei loro inversi: i cosiddetti coefficienti di attenuazione $\alpha = 1/L_a$ e di assorbimento $b = 1/L_b$. Si definisce attenuazione la riduzione dell'intensità del fascio luminoso dovuta all'effetto combinato di assorbimento o diffusione. Il relativo coefficiente di attenuazione c è definito come somma dei coefficienti di assorbimento a e di diffusione b .

Il valore dei coefficienti di attenuazione e assorbimento è stato misurato nel sito di Capo Passero utilizzando uno strumento che permette la misura dei coefficienti per nove lunghezze d'onda che coprono tutto l'intervallo della luce visibile: da 412 nm a 715 nm.

La caratterizzazione delle proprietà ottiche dell'acqua marina è ottenuta in base al valore medio dei coefficienti di assorbimento ed attenuazione, rispettivamente, misurati alla profondità di circa 3000 m. L'osservazione ha dimostrato che in questo intervallo le proprietà dell'acqua, sia ottiche

che oceanografiche, cambiano lentamente con la profondità e quindi l'intero volume d'acqua può considerarsi omogeneo.

I risultati ottenuti sono eccellenti. La lunghezza di assorbimento misurata (Figura 5), per luce di lunghezza d'onda di 440 nm, è di circa 70 m, superiore a quella misurata negli altri siti abissali studiati.

4.3.2 Correnti

L'intensità e la direzione delle correnti sottomarine nel sito di Capo Passero è stata monitorata dal luglio 1998 ad oggi per mezzo di correntometri collocati su una catena di strumentazione ancorata al fondo.

La distribuzione dei valori misurati è mostrata in **Figura 6**. Il valor medio della velocità è di circa 3 cm/s mentre il massimo non eccede mai i 12 cm/s. Sempre nella **Figura 6** nel pannello di destra, i dati sono riportati come percentuale di tempo in cui la corrente supera una data soglia.

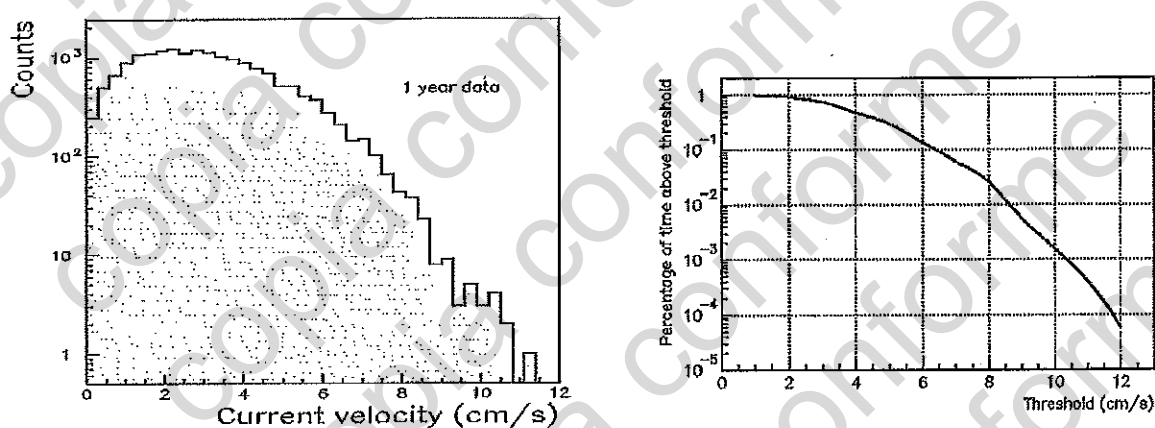


Figura 6: Sinistra – Distribuzione in velocità della corrente nel sito di Capo Passero. Destra – Percentuale di tempo con valori di corrente eccedenti una data soglia. I valori medio misurato di velocità della corrente è di circa 3 cm/s, mentre i valori massimi non eccedono i 12 cm/s.

4.3.3 Sedimentazione

I sedimenti che si depositano sulla superficie dei moduli ottici ne diminuiscono la trasparenza, riducendo l'efficienza di rivelazione.

Il flusso di sedimento che si deposita al fondo è stato misurato utilizzando una "trappola per sedimenti", posizionata 110 m metri al di sopra del fondo, che permette di raccogliere i depositi in una serie di bottiglie. Il tasso di sedimentazione media è di $62 \text{ mg cm}^{-2} \text{ giorno}^{-1}$ (**Figura 7**), tipico di regioni oligotrofiche, con valori estremamente bassi per i periodi estivo, autunnale ed invernale ed un picco di valori più alti registrato nel periodo primaverile.

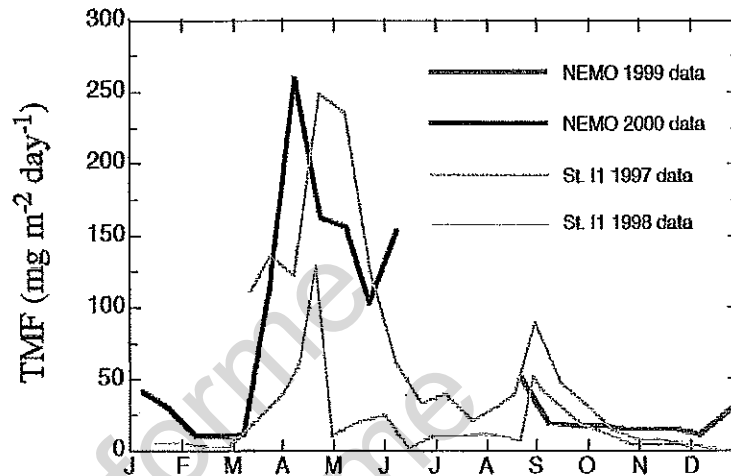


Figura 7: Tasso di sedimentazione giornaliero nel sito di Capo Passero dall'Agosto 1999 (linea rossa: Agosto-Dicembre 1999) al Giugno 2000 (linea blu: Gennaio – Giugno 2000). I valori misurati sono bassi anche nei mesi primaverili, in cui si registra il picco dovuto alla maggiore attività biologica.

4.3.4 Rumore di fondo ottico e Bioluminescenza

Il rumore di fondo ottico è stato misurato più volte nel sito di Capo Passero utilizzando catene di misura ancorate sul fondo ed equipaggiate con fotomoltiplicatori di grandi dimensioni simili a quelli utilizzati per i progetti NEMO ed ANTARES.

Come detto in precedenza, una frazione consistente del fondo può essere prodotto da organismi pelagici bioluminescenti. Per tale motivo – in collaborazione con il CNR-IAMC e l'Università di Messina – sono state condotte anche numerose misure sulla presenza di batteri bioluminescenti.

In **Figura 8** (sinistra) è mostrata, in funzione della profondità, la densità di organismi bioluminescenti lungo la colonna d'acqua. Si nota che, oltre i 2500 m, tale numero è sostanzialmente trascurabile.

Le misure di rumore ottico **Figura 8** (destra), effettuate utilizzando fotomoltiplicatori da 10 pollici del tipo di quelli usati negli esperimenti NEMO a ANTARES, confermano che il fondo ottico a 3000 m di profondità consiste essenzialmente di un fondo costante di circa 40 kHz, derivante sostanzialmente dai decadimenti radioattivi del ^{40}K disciolto in mare, con rari picchi dovuti alle emissioni di organismi luminescenti.

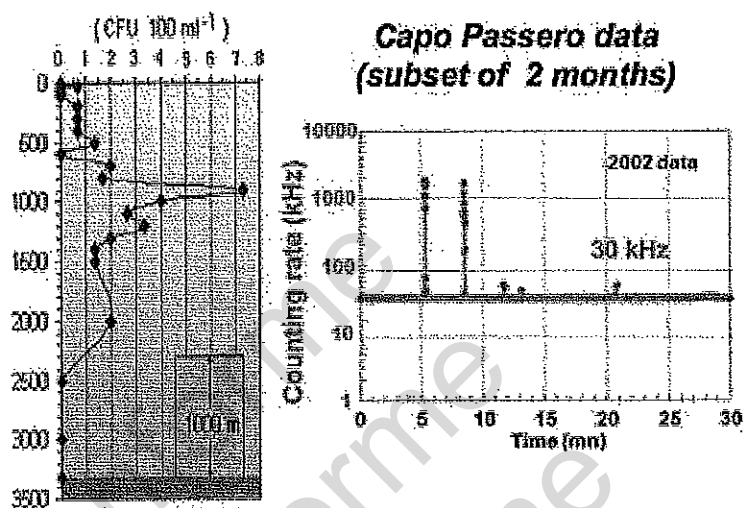


Figura 8: Sinistra- Profilo della densità di organismi luminescenti in funzione della profondità, nel sito di Capo Passero. La densità è trascurabile oltre i 2500 m. Destra- Esempio di misura di rumore ottico (Capo Passero, 3000 m di profondità).

5 IL PROGETTO DI POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE

Il progetto di potenziamento prevede l'ampliamento dell'infrastruttura già esistente sul sito di Capo Passero con la realizzazione di un telescopio sottomarino per neutrini costituito da 60 strutture di rivelazione e con un volume efficace di circa un kilometro cubo.

L'unità base dell'apparato è il Modulo Ottico per la rivelazione della luce Cherenkov, realizzato con una tecnologia innovativa, disponendo 31 fotomoltiplicatori da 3" all'interno di una sfera di vetro resistente alla pressione. All'interno della sfera è anche alloggiata l'elettronica necessaria per l'alimentazione dei fotomoltiplicatori, per la conversione dei segnali in digitale e per la trasmissione dei dati in fibra ottica, nonché una serie di strumenti (bussola, inclinometro, sistema ottico per la calibrazione temporale) necessari per l'acquisizione dei dati ambientali.

Nel suo complesso l'infrastruttura proposta consisterà di 60 strutture verticali di circa 900 m di altezza, le "detection units", che saranno ancorate al fondo spaziate tra di loro di circa 150 m e tenute verticali da un'opportuna boa posta alla sommità. Ognuna di queste strutture supporta 40 Moduli Ottici più la strumentazione necessaria per la calibrazione e la misura dei parametri ambientali.

Ogni "detection unit" è costituita da una sequenza di 20 "piani" tenuti insieme da un sistema di funi di tensionamento. Il piano è una struttura meccanica della lunghezza di 6 m ai cui estremi sono montati due Moduli Ottici. La particolare configurazione delle funi di tensionamento permette alla struttura di assumere una configurazione semirigida in cui ciascun piano è perpendicolare a quelli adiacenti. Oltre ai vantaggi strutturali, questa configurazione permette anche di ottimizzare la funzionalità della torre conferendole una struttura tridimensionale che, come è stato dimostrato nelle simulazioni numeriche effettuate dalla collaborazione e dall'esperienza conseguita con il progetto NEMO Fase-1, consente di ottenere un notevole miglioramento nella capacità di ricostruzione delle tracce.

La struttura della "detection unit" è progettata in modo da poter essere assemblata e trasportata in una configurazione compatta, approssimativamente equivalente alle dimensioni di un container da 20'. In questa stessa configurazione compatta la "detection unit" viene anche posata sul fondo del mare e connessa alla rete di fondo. L'apertura della struttura, per raggiungere la configurazione finale, avviene sotto la spinta della boa di tensionamento una volta che questa viene rilasciata con un comando remoto.

In ogni "detection unit" due cavi elettro-ottici verticali consentono la connessione dei moduli ottici e della strumentazione verso la base della struttura. Dalla sua base la struttura viene connessa ad una rete di fondo di cavi elettro-ottici e junction boxes. Schematicamente, questa rete raggruppa con una struttura ad albero le detection units a blocchi di otto verso una junction box secondaria e poi le junction boxes secondarie verso un'unica junction box primaria. Questa a sua volta viene connessa alla terminazione del cavo elettro-ottico principale. Attraverso questa rete di fondo è possibile sia fornire alla detection units la potenza elettrica necessaria al loro funzionamento, sia

convogliare verso terra su fibra ottica i dati raccolti dai sensori. La rete fornisce anche il canale per la comunicazione da terra verso gli strumenti per il loro controllo.

Il cavo elettro-ottico principale è connesso a terra con una stazione già realizzata nell'area portuale di Capo Passero. Questa stazione ospiterà, oltre al sistema di potenza già realizzato, una farm di computer necessari per il primo stadio di analisi dei dati.

La stazione di Portopalo di Capo Passero è a sua volta connessa con la sede principale dei Laboratori Nazionali del Sud a Catania con una connessione in fibra ottica ad alta velocità da 10 Gb/s.

L'infrastruttura sottomarina comprenderà anche una serie di nodi che consentiranno la connessione con una modalità "plug-and-play" di osservatori multidisciplinari per ricerche nel campo delle scienze della Terra e del Mare. Queste attività sono sviluppate nell'ambito del progetto europeo EMSO, che prevede la realizzazione di una rete di monitoraggio lungo l'intero margine delle coste europee e in cui l'osservatorio sottomarino proposto potrà essere integrato.

Nel seguito sono descritti i vari componenti del telescopio, ed in particolare:

- i componenti dell'infrastruttura che ad oggi sono già stati realizzati dall'INFN;
- i componenti oggetti della richiesta di finanziamento dedicati al potenziamento dell'infrastruttura/laboratorio di ricerca.

Nella tabella sottostante è rappresentato un schema con le macrovoci dell'infrastruttura di ricerca che si vuole potenziare a Portopalo, nella quale sono indicate le attività e realizzazioni già completate, a carico dell'INFN e le attività che sono previste per il completamento dell'infrastruttura e che sono richieste nell'ambito del presente progetto.

Voce	Realizzata [SI] / [NO]	Fondi
Stazione di terra	SI	INFN
Cavo Elettro Ottico	SI	INFN
Rete trasmissione dati Portopalo - LNS	SI	INFN
Laboratorio Sottomarino	NO	MIUR (Bando potenziamento infrastrutture di ricerca)

5.1 LE COMPONENTI GIÀ REALIZZATE

5.1.1 La Stazione di Terra

La stazione, di proprietà dell'INFN, e in gestione dai Laboratori Nazionali del Sud di Catania è collocata nell'area portuale di Portopalo di Capo Passero (SR) [Figura 9].



Figura 9: Veduta aerea dell'area di Portopalo di Capo Passero. La posizione della stazione di terra è indicata nel cerchio giallo. Il percorso del cavo elettro-ottico è indicato dalla linea rossa.

La stazione di terra [Figura 10], recentemente ristrutturata, ospita al suo interno laboratori di meccanica e di elettronica, una foresteria, uffici, la sala di acquisizione dati e di elaborazione dati, il sistema di alimentazione e gestione del telescopio sottomarino.



Figura 10: La stazione di terra a Portopalo di Capo Passero.

La superficie complessiva coperta dell'infrastruttura è di circa 650 m². La pianta è mostrata in

Figura 11.

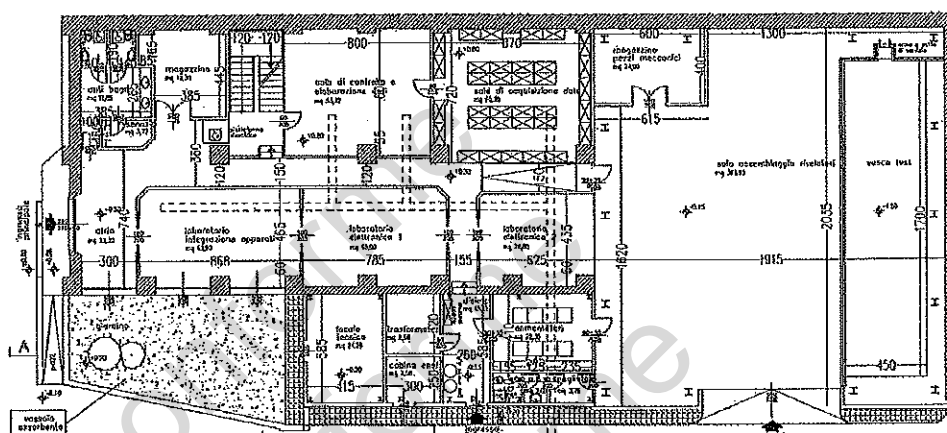


Figura 11: Pianta della stazione di terra di Portopalo di Capo Passero.

5.1.2 Il cavo elettro-ottico sottomarino

Nel 2009 l'INFN ha installato un cavo elettro-ottico [Figura 12], per dotare il sito di Portopalo della dorsale di comunicazione tra la stazione di terra ed il futuro telescopio sottomarino per neutrini.



Figura 12: Il cavo elettro-ottico all'interno della vasca della nave posacavi durante le fasi di posa sul fondo.

Il cavo elettro-ottico prodotto dalla ditta Alcatel, è lungo complessivamente circa 100 km e unisce il laboratorio di terra con il sito finale per l'installazione del telescopio sottomarino ad una distanza di circa 80 km della costa e ad una profondità di circa 3.500 metri sotto il livello del mare.

All'estremità sottomarina del cavo è installato un telaio di terminazione **Figura 13** che contiene al suo interno i primi prototipi dei componenti che dovranno essere realizzati per la costruzione della JB primaria, ed in particolare:

- il primo prototipo del sistema di alimentazione in DC (MVC - Medium Voltage Converter) **Figura 14**. Il convertitore è in grado di trasformare la tensione di lancio (10 kV) in bassa tensione (400 V) necessaria per la distribuzione della potenza elettrica alle JB ed alle torri.
- il primo prototipo di connettore ROV operabile ad alta tensione (10kV).

Tutte e due i componenti si trovano in fase di test e di qualifica dal 2009.

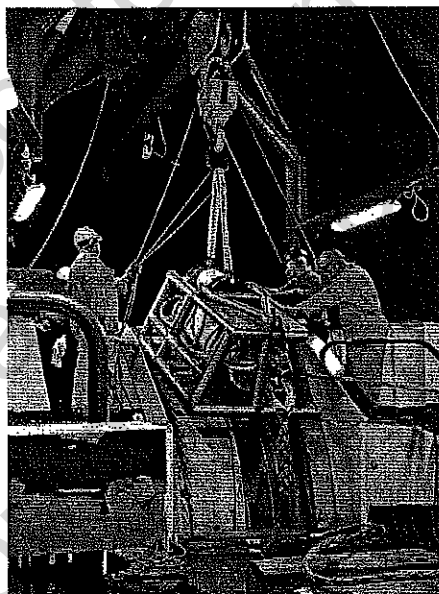


Figura 13: Il telaio di terminazione del cavo durante le operazioni di posa.

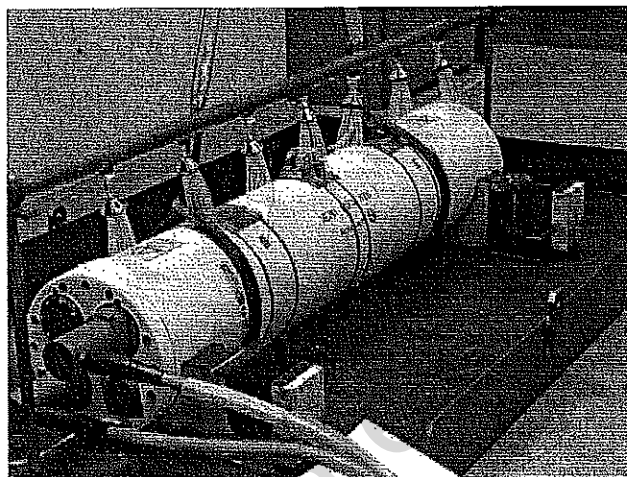


Figura 14: Il primo prototipo di MVC, installato al largo delle coste di Portopalo, durante le operazioni di test in laboratorio.

5.1.3 La connessione ottica Portopalo - LNS per trasmissione dati

Un altro componente dell'infrastruttura di ricerca è rappresentato dalla connessione ottica tra Portopalo e i LNS, che permetterà il trasferimento dei dati acquisiti dal laboratorio sottomarino e garantirà la possibilità di un controllo da remoto del sistema.

Le richieste dei grandi esperimenti del progetto LHC del CERN, hanno permesso di avviare lo sviluppo della cosiddetta "European e-infrastructure"⁸, cioè l'integrazione delle reti per la ricerca (progetti GEANT⁹ e DANTE¹⁰, coordinati in Italia dal consorzio GARR¹¹) e di grandi centri per il calcolo scientifico su griglia (EGEE-EGI¹², coordinato nel nostro Paese dall'IGI¹³).

Tale infrastruttura permette l'analisi e la condivisione dei dati scientifici da parte dei gruppi di ricerca, ottimizzando così l'utilizzo delle risorse di calcolo e lo scambio delle informazioni.

Nel caso del laboratorio sottomarino per neutrini KM3NeT-Italia, un'adeguata infrastruttura di rete è necessaria anche per assicurare il collegamento tra la stazione di acquisizione dati a terra, posizionata presso il porto di Portopalo, dove i dati provenienti dal telescopio sottomarino

⁸ http://cordis.europa.eu/fp7/ict/e-infrastructure/home_en.html

⁹ Partito ufficialmente nel settembre 2004, il progetto GEANT <http://www.geant2.net> ha iniziato il terzo mandato ad Aprile 2009 proseguendo per i successivi 4 anni. Il programma di attività è co-finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del 7° Programma Quadro (FP7) e dalle NREN che si collegano alla rete. GEANT collega 34 paesi europei attraverso 30 reti della ricerca nazionali (NREN). A loro volta, le NREN collegano le istituzioni nazionali di ricerca ed istruzione nei loro rispettivi paesi per un totale di più di 30 milioni di utenti finali e più di 3500 istituzioni. L'infrastruttura include sia elementi di routing che di switching ottico ed è costruita in larga parte su fibra spenta.

¹⁰ <http://www.dante.net>

¹¹ <http://www.garr.it>

¹² <http://web.eu-egi.eu>

¹³ <http://www.italiangrid.org>

verranno acquisiti e pre-elaborati, ed i grandi laboratori di ricerca istituzionali (e.g. i Laboratori Nazionali del Sud), dove i dati vengono registrati e resi disponibili alla comunità scientifica per l'analisi.

Tale connessione deve inoltre assicurare il controllo e il monitoraggio remoto del telescopio, evitando, così, la delocalizzazione permanente di ingenti risorse di personale e strumentazione di calcolo e controllo presso il laboratorio di terra.

Per tali motivi l'INFN ha avviato, nell'ambito del progetto GARR-X¹⁴ [Figura 15], la realizzazione di un "link" dedicato tra i LNS ed il laboratorio di Portopalo di Capo Passero. Il collegamento diretto su fibra ottica, che sarà attivo dagli inizi del 2012, permetterà il transito di un flusso dati fino a 10 Gb/s (Gigabit per secondo), ottimale sia per il trasporto dei dati provenienti dall'intero telescopio KM3NeT che per il controllo remoto dell'apparato.

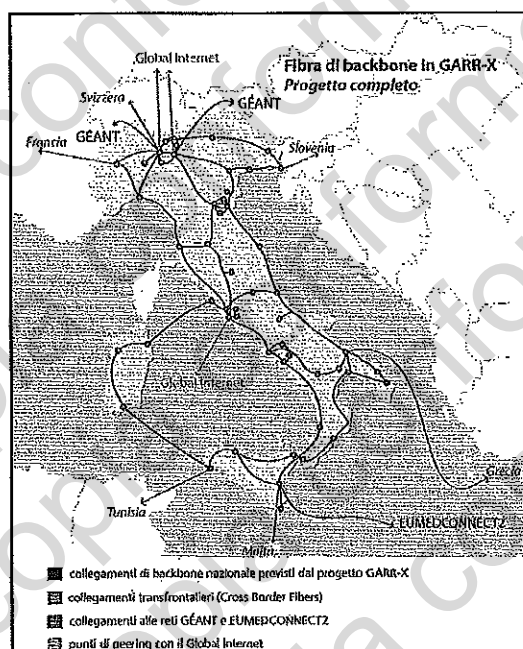


Figura 15: La "backbone" in fibra ottica del progetto GARR-X. Dal 2012 il laboratorio LNS di Capo Passero sarà connesso ai LNS-INFN che assicureranno il collegamento alla "e-infrastructure" Europea

5.1.4 Flusso dati e architettura di terra

Il flusso dei dati proveniente dell'apparato sottomarino (da mare a terra) è pari a circa 510 Gbps considerando i sensori ottici ($60 \text{ DU} \times 40 \text{ DOM} \times 200 \text{ Mb/s} = 480 \text{ Gb/s}$), gli idrofoni ($60 \text{ DU} \times 40 \text{ idrofoni} \times 10 \text{ Mb/s} = 24 \text{ Gb/s}$) e gli strumenti di monitoraggio ambientale ($60 \text{ DU} \times 100 \text{ sensori} \times 100 \text{ kb/s} = 6 \text{ Gb/s}$). Un flusso dati pari a circa 1 Gb/s sarà inviato (da terra a mare) per la distribuzione del clock e dei controlli.

¹⁴ <http://www.garr.it/rete/garr-x>

I dati acquisiti dal telescopio sono registrati su un data storage locale, alloggiato presso i laboratori di terra di Portopalo di Capo Passero, e pre-analizzati da opportune risorse di calcolo. La pre-analisi dei dati di fotomoltiplicatore (trigger di livello 1) ricerca segnali ottici "in coincidenza" finalizzati alla selezione degli eventi ottici di interesse (tracce di leptoni) e permette una riduzione dei dati di un fattore 10000. I segnali acustici vengono contemporaneamente analizzati nella stazione di terra dal sistema di posizionamento acustico dell'apparato, riducendo il flusso dati di un fattore 10000. Il fattore di riduzione dei dati di controllo ambientale è circa 100.

Il flusso totale dei dati pre-analizzati è quindi pari a circa 51 Mb/s. Lo spazio disco totale richiesto per lo storage di questi dati, è quindi pari a circa 40 TB/anno. Questi dati devono essere registrati per permetterne l'analisi per la ricerca di segnali di fisica da parte della Collaborazione.

Il progetto prevede quindi che il flusso di dati pre-analizzati venga interamente trasferito, tramite il link a fibra ottica GARR-X, presso i LNS dove risiederanno le infrastrutture principali per lo storage, la distribuzione e l'analisi dei dati.

L'architettura delle connessioni di rete tra LNS ed il laboratorio di Portopalo per il progetto KM3NeT Italia è schematizzata in **Figura 16**

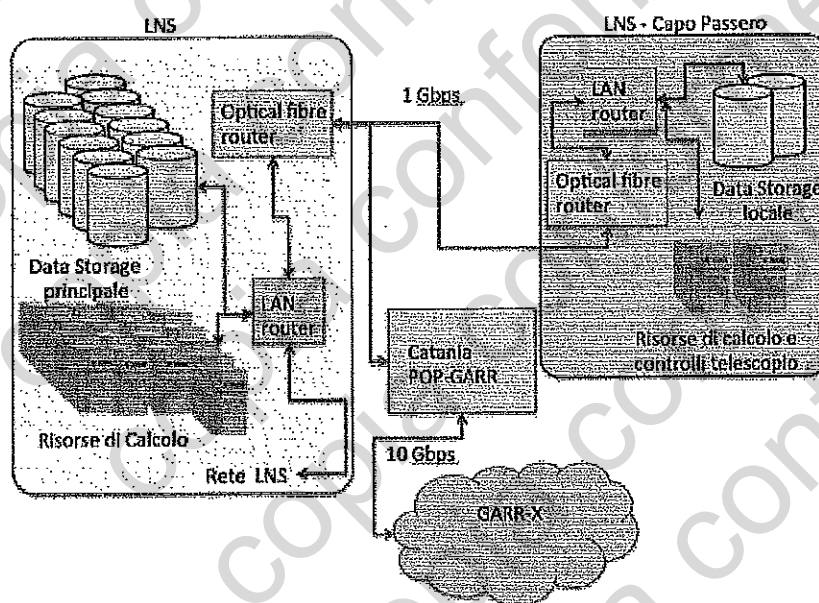


Figura 16: Architettura delle connessioni di rete tra LNS e laboratorio LNS di Capo Passero

I Laboratori Nazionali del Sud saranno l'infrastruttura principale per lo storage e la distribuzione dei dati di KM3NeT-Italia. I LNS sono, infatti, direttamente connessi al POP (Point-Of-Presence) GARR della cittadella universitaria di Catania, snodo cruciale in GARR-X per la connessione a banda

larga verso la rete europea della ricerca e verso i paesi del Mediterraneo (progetto EUMED-Connect ¹⁵), come mostrato in **Figura 15**.

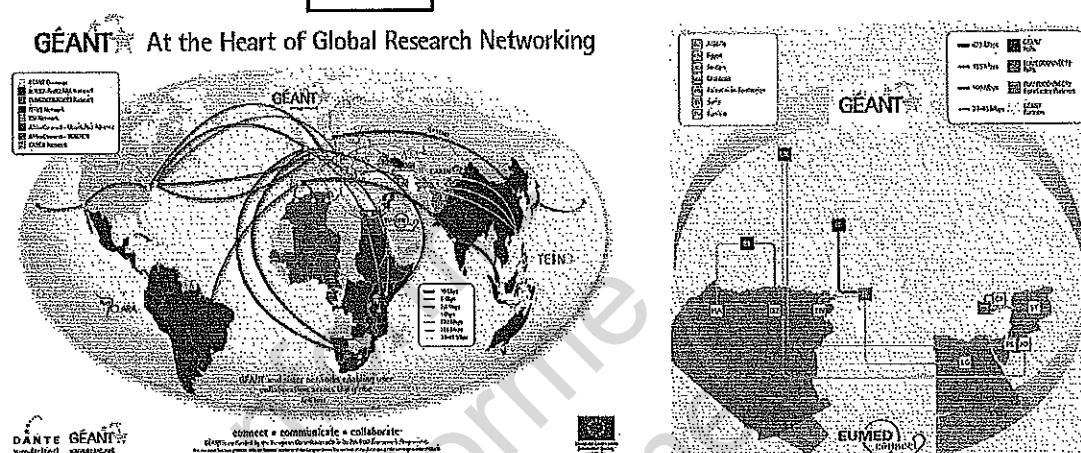


Figura 17: Mappe delle connessioni "backbone" dell'infrastruttura di rete Europea (GEANT, DANTE) (sinistra) e Mediterranea (EUMED-Connect) (destra).

Questa infrastruttura di rete permette quindi l'accesso in banda larga:

- ai dati, da parte della comunità scientifica (tra questi il Gamma-Ray Coordinate Network ¹⁶ e il Super Nova Early Warning System ¹⁷);
- all'infrastruttura sottomarina, da parte della Collaborazione, per il monitoraggio ed il controllo remoto telescopio.

L'accesso in banda larga ai dati è inoltre requisito fondamentale per la realizzazione di un "modello di calcolo" basato sul GRID-computing. Il successo dell'esperienza di LCG (LHC Computing GRID ¹⁸ pone, infatti, il calcolo su GRID come ottimale per l'implementazione di un computing-model condiviso tra i partner della Collaborazione.

Adattando la "struttura gerarchica" implementata per LCG, alle peculiarità del progetto KM3NeT, si definiranno tre livelli di accesso ai dati come mostrato in **Figura 18**. Il livello "zero" è costituito dai laboratori di terra (e.g. Capo Passero) che acquisiscono i dati del telescopio sottomarino e li trasmettono esclusivamente ai propri nodi di riferimento. Nel caso di KM3NeT-Italia, il nodo di riferimento è il centro di calcolo dei LNS (sito di GRID Italia) eventualmente in condivisione con l'infrastruttura GRID della sezione di Catania.

¹⁵ Il Progetto EUMEDCONNECT2 (<http://www.eumedconnect.net>), inquadrato nel programma EUMEDIS (EUROPAID), collega con una infrastruttura di rete dedicata alla Comunità dell'Università e della Ricerca i Paesi del Bacino Mediterraneo e il backbone paneuropeo per la Ricerca e l'Istruzione.

¹⁶ <http://gcn.gsfc.nasa.gov>

¹⁷ <http://gcn.gsfc.nasa.gov/>

¹⁸ <http://lcg.web.cern.ch/lcg/>

I LNS sono, quindi, collocati sul "Ring 1", costituito da centri di calcolo interconnessi dalla rete europea ad alta velocità (> 1 Gb/s). I nodi del "Ring 1" ospitano il database principale del telescopio sottomarino o "repliche" di esso: su questo livello possono, quindi, trovarsi anche laboratori non direttamente connessi ai siti sottomarini. I siti del "Ring 1" fungono da nodi di riferimento nazionali per l'esperimento.

I LNS sono già dotati sia di adeguata infrastruttura di rete, che di un'infrastruttura SAN (Storage Area Network) con tecnologia Fiber Channel che permette alte prestazioni ed affidabilità per gli accessi I/O allo storage. L'architettura della SAN dei LNS (attualmente equipaggiata con circa 40 TB di spazio disco) è scalabile per consentire l'archiviazione e la distribuzione dei dati del telescopio KM3NeT per tutto il suo periodo di operazione (> 10 anni).

Sul "Ring 2" si trovano tutti i centri di calcolo, eventualmente connessi a banda larga, equipaggiati con risorse di calcolo per l'analisi dei dati dell'esperimento. Tali siti possono avere accesso ad uno o più nodi del "Ring 1". Ogni sito del "Ring 1" può essere anche sito del "Ring 2".

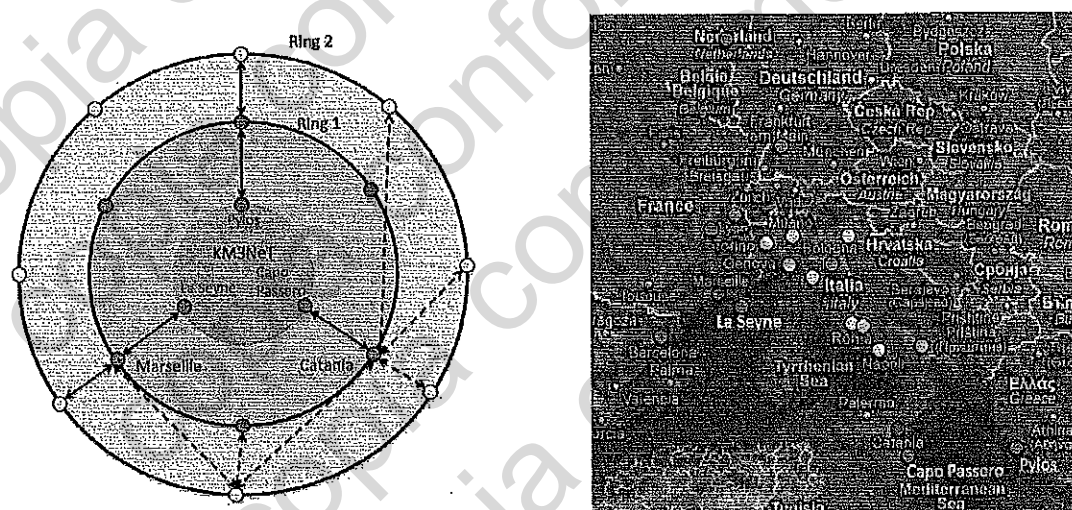


Figura 18: L'architettura di rete del progetto prevede tre livelli. Il primo livello è formato dai laboratori di terra, il secondo dai nodi che ospitano il database dell'esperimento o sue repliche, il terzo dai centri di analisi dati.

5.2 LE COMPONENTI DA REALIZZARE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DI POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE

5.2.1 Il Telescopio sottomarino

Il potenziamento dell'infrastruttura di ricerca, come descritto precedentemente, prevede la realizzazione di un telescopio sottomarino per la rivelazione di neutrini unico al mondo per la sua complessità. Il telescopio sottomarino è costituito da 60 "detection units" a torre, descritte in dettaglio nel seguito, che saranno posizionate sul fondo del mare con una disposizione geometrica ad esagono, come indicato in Figura 19.

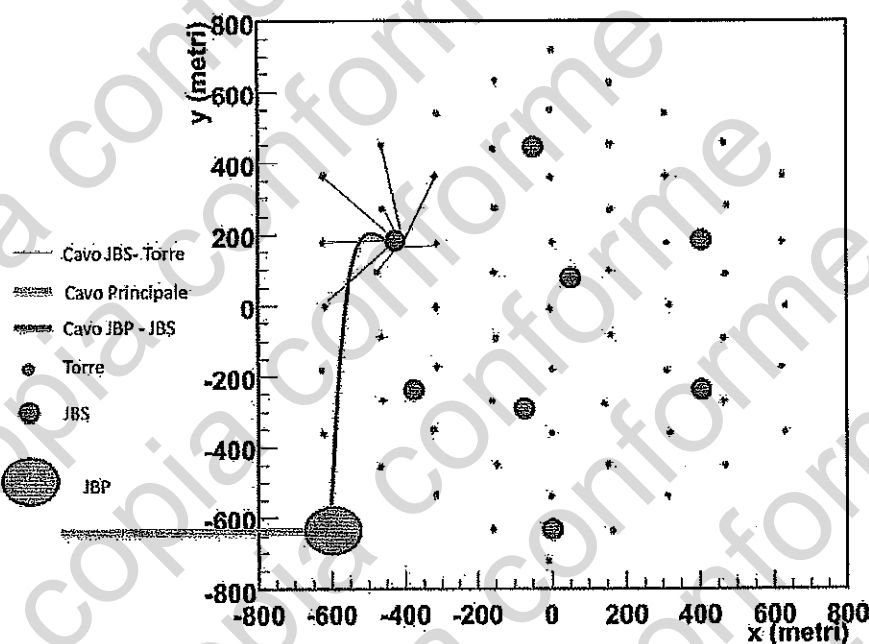


Figura 19: Layout del Telescopio Sottomarino KM3NeT-Italia. Per chiarezza è mostrato solo una parte delle connessioni tra le Junction Boxes e le torri.

Al centro dell'esagono troverà posto la Junction Box primaria, connessa direttamente al cavo elettro-ottico principale (MEOC).

La Junction Box primaria ha il compito di distribuire la potenza elettrica alle 8 Junction Boxes secondarie, ognuna delle quali è a sua volta connessa ad un numero massimo di 8 detection units.

La struttura così disegnata permette:

- di avere una elevata modularità nel telescopio agevolando le attività di manutenzione ma anche di eventuale e futuro upgrade dell'infrastruttura sottomarina di ricerca;
- una più semplice realizzazione delle operazioni di installazione e connessione.

Ogni componente (JB primaria, JB secondaria, detection units) sarà connessa mediante un cavo elettro-ottico equipaggiato con due connettori ROV operabili alle due estremità. Il cavo contiene sia le fibre ottiche per il trasferimento dei dati che i conduttori elettrici per l'alimentazione dei sistemi sottomarini.

I connettori ROV operabili sono particolari sistemi che permettono la realizzazione di connessioni sottomarine mediante l'utilizzo dei manipolatori dei ROV.

La distanza media tra le torri è di circa 180 metri, questa distanza è il risultato ottimale proveniente da:

- simulazioni che hanno dimostrato l'ottimizzazione delle performance del telescopio;
- distanza minima necessaria per permettere le operazioni di installazione e connessione mediante il ROV che, durante le fasi di costruzione del telescopio, si troverà nelle condizioni di dover viaggiare internamente alla rete di torri.

Un canale di accesso su un lato dell'esagono permetterà l'installazione del cavo elettro-ottico principale e della JB primaria internamente all'esagono.

5.2.2 Le Junction Boxes

Le Junction Boxes (JB) sono delle componenti chiave del telescopio sottomarino, che permettono l'interconnessione tra il cavo elettro-ottico principale proveniente da terra e le 60 torri che costituiscono il telescopio.

Le principali funzioni delle JB sono:

- **Gestione** dei dati provenienti dalle torri verso terra e dei segnali di comando e controllo provenienti da terra verso le torri. La struttura è dotata di una elettronica interna che permette, come descritto nel capitolo della trasmissione dati, di riunire o distribuire i segnali ottici su una o più fibre.
- **Controllo** dei canali di connessione alla JB. Questa funzione permette da terra di gestire i teleruttori dei canali di connessione con le torri. Sarà quindi possibile accendere o spegnere i teleruttori di controllo da terra per la normale gestione del telescopio o nel caso di problematiche di funzionamento da parte di una o più torri.
- **Gestione** della distribuzione di potenza verso le torri. Le JB permetteranno la distribuzione della potenza e l'alimentazione in bassa tensione delle torri e della loro elettronica.

Le JB saranno progettate e realizzate per operare in ambiente marino profondo operativo resistendo alla corrosione marina e alla pressione di 350 bar.

Al fine di ottimizzare costi e funzionalità del sistema, si utilizzerà una tecnologia a doppio contenitore già applicata con successo dall'INFN nella realizzazione del dimostratore tecnologico NEMO Fase-1 installato nel dicembre del 2006 al largo delle coste di Catania.

La soluzione tecnica prevede la realizzazione di un contenitore interno in materiale "non nobile", come il ferro, in grado di resistere alla pressione operativa, al cui interno saranno alloggiati tutti i componenti elettrici ed ottici che possono operare solo a pressione atmosferica.

L'isolamento del contenitore interno per garantire la resistenza alla corrosione sarà garantito da un contenitore esterno in materiale plastico o vetroresina riempito di olio silconico e mantenuto in equipressione con l'ambiente esterno.

L'elettronica di potenza, che è progettata per operare sotto pressione, sarà invece collocata nello spazio riempito in olio insieme alla parte di cablaggio.

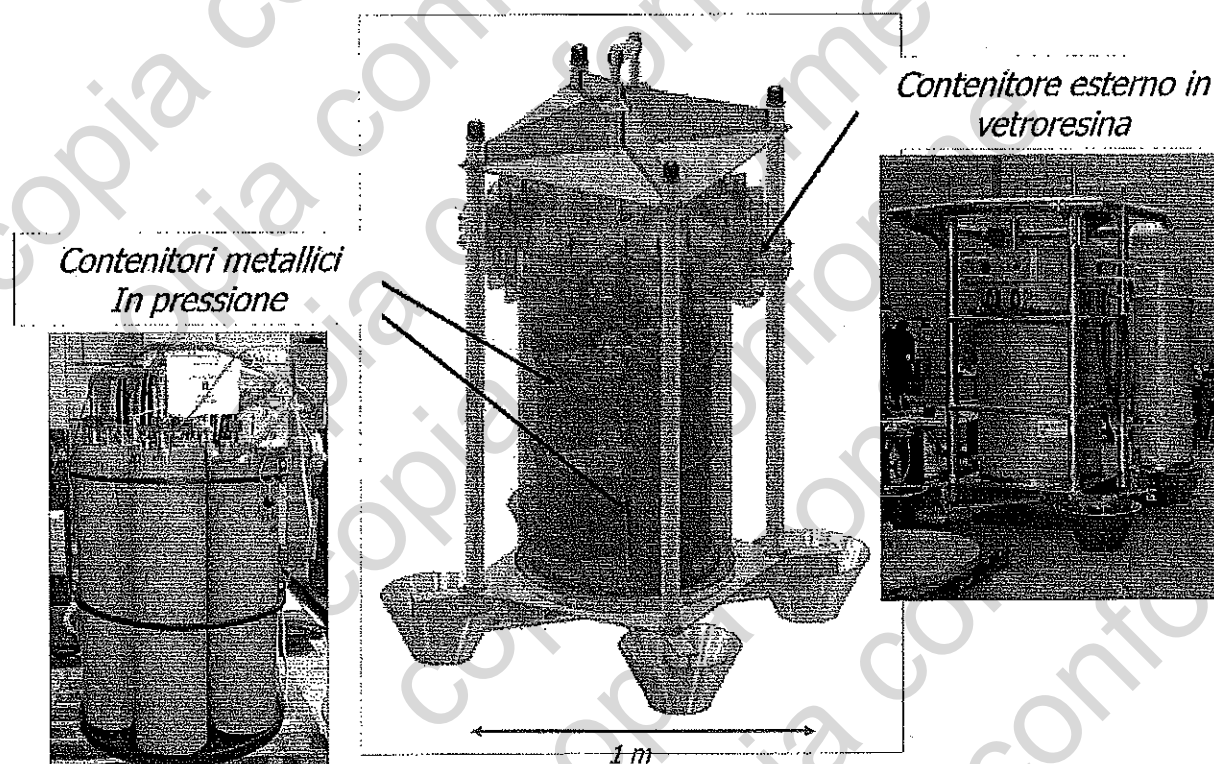


Figura 20: Il primo prototipo di JB realizzata dall'INFN per il progetto LAMS.

Il contenitore sarà collocato all'interno di un telaio di supporto in titanio che ne garantirà la protezione dagli urti durante le fasi di trasporto e installazione e durante le fasi di operazione con il ROV e permetterà le operazioni di posa e di eventuale recupero della Junction Box.

Le dimensioni della JB saranno orientativamente di 1.5 m x 1.5 m x 3 metri di altezza con un peso complessivo della struttura di circa 1.5 tonnellate.

Le tecnologie e operazioni descritte sono già state testate con successo con la Junction Box realizzata dall'INFN e installata al largo delle coste di Catania **Figura 21**. Su questa JB, installata a 2100 metri di profondità, sono state effettuate prove e test di:

- **Installazione**
- **Recupero**
- **Connessione e sconnessione di connettori ROV operabili**
- **Test di funzionamento per lunga durata di elettronica di trasmissione dati ed elettronica di potenza sotto pressione.**

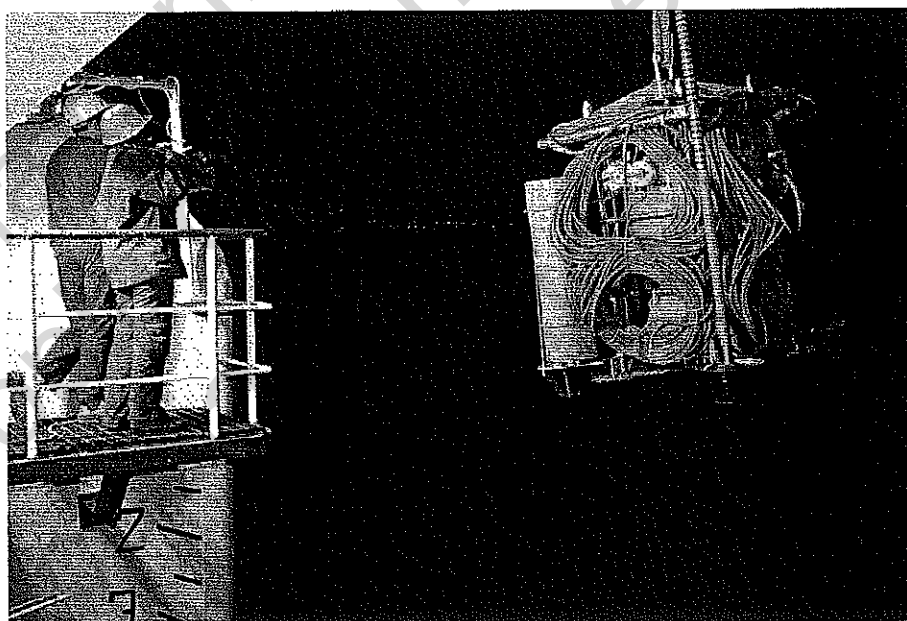


Figura 21: Una delle fasi di installazione del primo prototipo di JB del progetto LAMS nel Dicembre 2006.

Nel progetto sono previste due tipologie di Junction Box, definite:

- **JB Primaria**
- **JB secondaria**

5.2.2.1 JB Primaria

La JB primaria ha come scopo la connessione del telescopio sottomarino con il cavo elettro-ottico principale.

Il cavo elettro-ottico sarà terminato con due connettori ROV operabili: uno dedicato alla connessione delle fibre ottiche ed uno elettrico dedicato alla connessione ad alta tensione tra il cavo e la JB primaria.

La JB primaria, a sua volta sarà dotata di 8 uscite elettro-ottiche per la connessione con altrettante JB secondarie.

Al suo interno la JB primaria alloggia:

- **Il sistema di alimentazione in DC**, composto da una serie di MVC da 10 kW ed il sistema di slow control per il monitoraggio dei parametri di funzionamento degli alimentatori. Gli alimentatori convertiranno la tensione di lancio di 10kV in bassa tensione (400 V) per la distribuzione a tutto il telescopio.
- **L'elettronica di trasmissione dati** per lo split dei segnali provenienti da terra e per l'affasciamento dei segnali provenienti dal telescopio.
- **L'elettronica di gestione della potenza** per alimentare la JB e per gestire i teleruttori di comando delle uscite verso le JB secondarie.
- **L'elettronica di slow control** per il controllo dei parametri di stato della JB primaria (sensori di temperatura, umidità, corrente, tensione posizionati internamente al sistema).

5.2.2.2 JB Secondaria

La JB secondaria ha come scopo la distribuzione della potenza elettrica e dei comandi di controllo da terra verso le torri costituenti il telescopio sottomarino.

Ogni JB secondaria sarà dotata di:

- un connettore di ingresso per la connessione con la JB primaria;
- 8 connettori di uscita per la connessione con 8 detection units del telescopio.

Al suo interno ogni JB secondaria alloggia:

- **L'elettronica di trasmissione dati** per lo split dei segnali provenienti da terra e per l'affasciamento dei segnali provenienti dalle torri.
- **L'elettronica di gestione della potenza** per alimentare la JB e per gestire i teleruttori di comando delle uscite verso le JB secondarie.
- **L'elettronica di slow control** per il controllo dei parametri di stato della JB secondaria (sensori di temperatura, umidità, corrente, tensione posizionati internamente al sistema).

5.2.3 La struttura di rivelazione ("Detection Unit")

L'INFN ha iniziato le sue attività di progettazione e realizzazione di prototipi di strutture di rivelazione a torre sin dal 2004. Una prima torre **Figura 22**, composta da 4 piani, è stata realizzata e installata sul Test Site dei LNS al largo di Catania a 2100 m di profondità nel dicembre 2006.

Un secondo prototipo meccanico di 12 piani è stato testato con successo nel gennaio 2010.

Un prototipo, denominato Pre-Production Model, realizzato dalla collaborazione europea KM3NeT secondo il progetto descritto nel seguito, è attualmente in fase di costruzione.

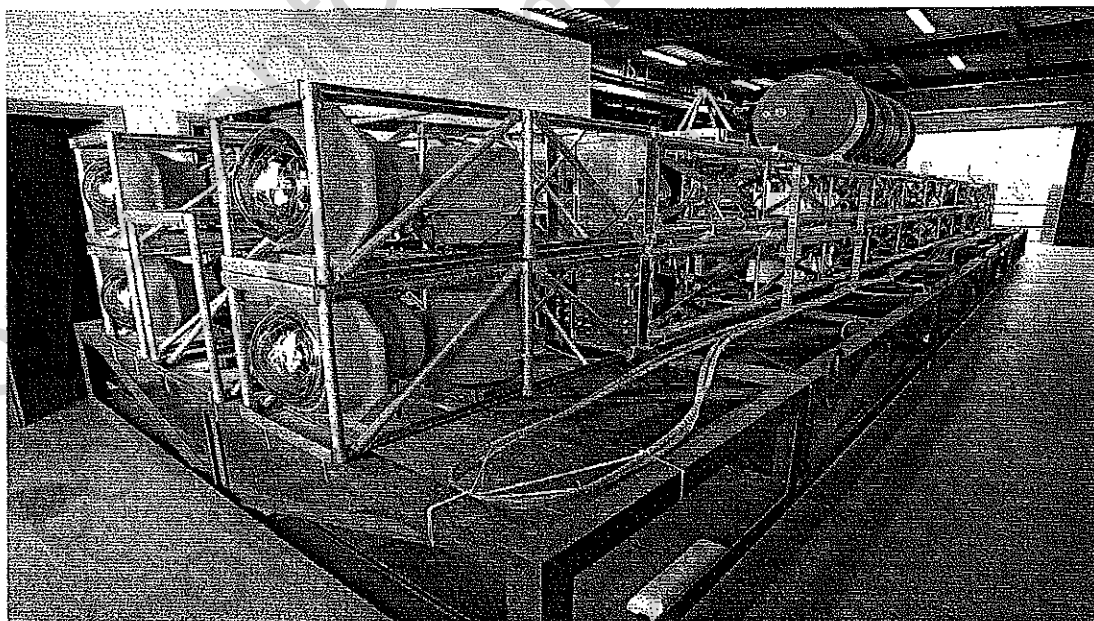


Figura 22: Il prototipo di minitorre SIRENA installata dall'INFN nel Test Site di Catania nel dicembre 2006.

5.2.3.1 Struttura meccanica

La strumentazione di ricerca sarà montata su strutture di supporto di altezza circa 900 m disposte sul fondo secondo un reticolo regolare. Ogni torre porterà a bordo 40 moduli ottici più varia strumentazione elettronica di misura della posizione della struttura e di misura dei parametri ambientali marini.

La struttura consiste in una sequenza di 20 "piani" della lunghezza di 6 m, ciascuno dei quali fa da supporto a un certo numero di sensori. I piani sono collegati tra loro per mezzo di cavi di tensionamento che consentono alla torre di assumere la configurazione mostrata in **Figura 23**, in cui ciascun piano è ruotato di 90° rispetto a quelli adiacenti. La distanza tra piani è fissata a 40 m. L'intero sistema è ancorato al fondo tramite una zavorra posta alla base e mantenuto in tensione da un opportuno galleggiante posto al suo vertice.

Le principali caratteristiche geometriche della struttura sono riassunte nella tabella seguente.

Caratteristiche geometriche della struttura di rivelazione	
Numero totale di piani	20
Distanza tra piani	40 m
Altezza utile	760 m
Distanza tra primo piano e base torre	100 m
Altezza complessiva	860 m
Numero di moduli ottici per piano	2
Numero totale di moduli ottici per torre	40



Figura 23: Struttura della "detection unit" a torre.

Il progetto della struttura della torre è un progetto innovativo dal punto di vista dell'ingegneria meccanica per applicazioni sottomarine. Infatti, pur essendo la struttura in piene condizioni operative a 3500 m sotto il livello del mare alta circa 900 m, il sistema di cavi di tensionamento

permette di assemblarla in una configurazione compatta di dimensioni 2.5 m (larghezza) x 6 m (lunghezza) x 2.5 m (altezza).

In questa stessa configurazione la struttura può essere trasportata e posizionata sul fondo del mare. L'apertura della struttura, fino al raggiungimento della sua configurazione operativa di 900 m di altezza, avviene sotto la spinta della boa una volta che questa viene rilasciata con un comando remoto.

Come già menzionato in precedenza, diversi prototipi del sistema sono stati realizzati e testati con successo dall'INFN a varie profondità operative (acque basse ed acque abissali).

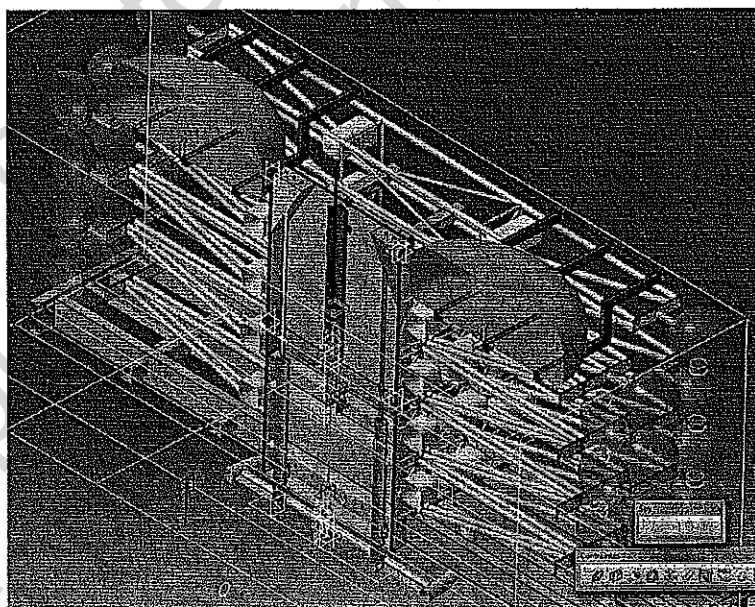


Figura 24: Sezione della struttura della torre

Le principali caratteristiche di galleggiabilità dei singoli componenti della struttura meccanica della torre e della torre completa sono rappresentati nella tabella seguente

Item	Peso in aria	Peso in acqua	Note
Ancora	3.6 t	3.1 t	
Boa di sommità	0.9 t	- 0.6 t	
Piano	0.15 t x 20	- 0.015 t x 20	
Torre	7.5 t	4 t	Sistema completo con 20 piani
Separatori (2) e base		0.030 t x 3	n.2 separatori + n.1 base

La torre può essere scomposta in una serie di sottoinsiemi:

- **20 piani**, costituiti ognuno da una struttura reticolare realizzata in Alluminio Marino. I piani sono collegati tra loro tramite cavi in fibre sintetiche per la ritenuta meccanica e tramite cavi elettro-ottici per la trasmissione dei segnali e della potenza elettrica;

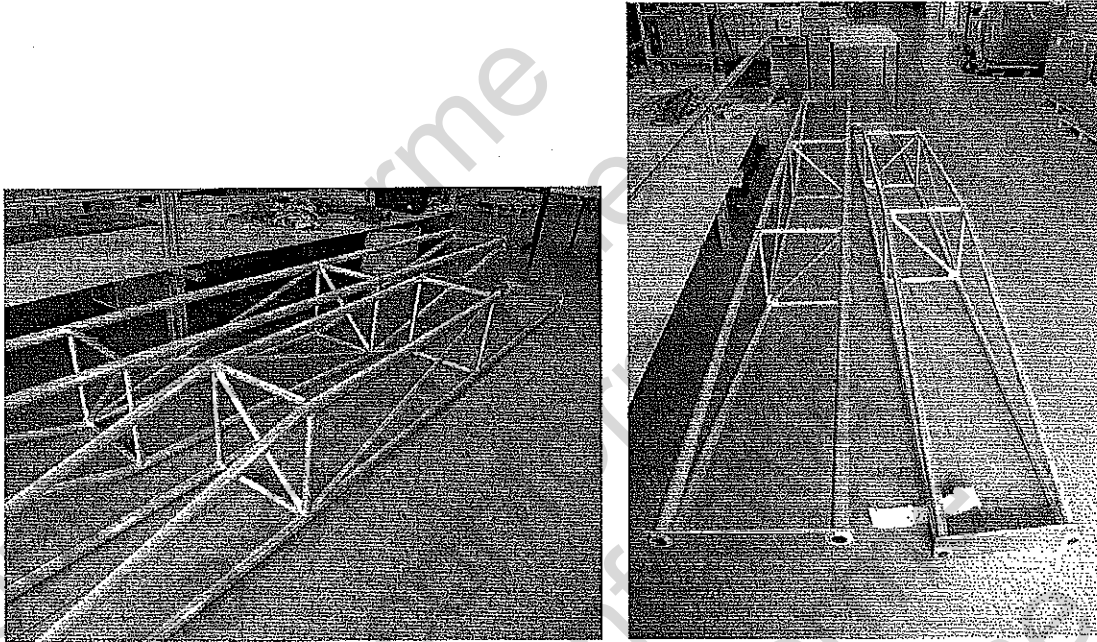


Figura 25: Primi prototipi del piano della torre.

- **Una boa modulare**, realizzata con tecnologia a schiuma sintattica, che dà la spinta verticale necessaria ad assicurare l'equilibrio idrostatico della stringa;

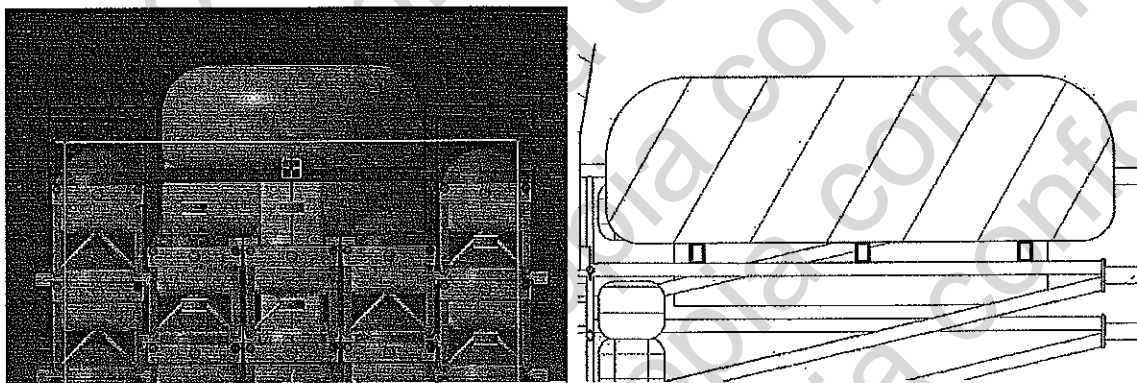


Figura 26: Immagine della boa.

- **una base** da cui partono il primo gruppo di cavi in fibra sintetica e il cavo elettro-ottico. La base è dotata inoltre di un contenitore (modulo di base torre) che ha la funzione di alloggiare la parte di elettronica necessaria all'accensione della torre e al raggruppamento

dei segnali ottici provenienti dai piani della torre in un'unica fibra ottica utilizzata per la trasmissione delle informazioni della struttura sino alla stazione di terra;

- un **corpo morto** necessario ad ancorare in modo fisso e stabile la struttura sul fondo;
- un **sistema di cablaggio** per il trasferimento dei dati e l'alimentazione dell'elettronica dei piani.

5.2.4 Il sistema di cablaggio elettro-ottico

I segnali acquisiti dall'elettronica di piano devono essere trasferiti a terra mediante un sistema di cavi e connettori basati su fibre ottiche.

La tensione per l'alimentazione della struttura e una certa quantità di segnali di slow control necessitano di un sistema di cavi e connettori su cavo di rame.

Per tale motivo è necessario costruire una rete di cavi e connettori elettro-ottici che siano in grado di connettere i sensori e la strumentazione di misura con la stazione di acquisizione dati a terra.

In questa sezione viene schematicamente descritta la rete di connessione del telescopio sottomarino, partendo dalla stazione di terra sino ad arrivare al singolo sensore montato a bordo di ogni piano delle 60 torri del progetto.

Partendo dal lato stazione di terra, il cavo elettro-ottico, deposto e connesso nel luglio del 2007, arriva a circa 80 km dalla costa ad una profondità di 3500 metri.

Al termine del cavo sarà installata la Junction Box primaria contenente al suo interno un sistema di alimentazione composto da un MVC da 50 kW. La JB primaria sarà dotata di 8 uscite per la connessione con altrettante JB secondarie mediante l'utilizzo di jumper elettro-ottici, come schematizzato in **Figura 27**.

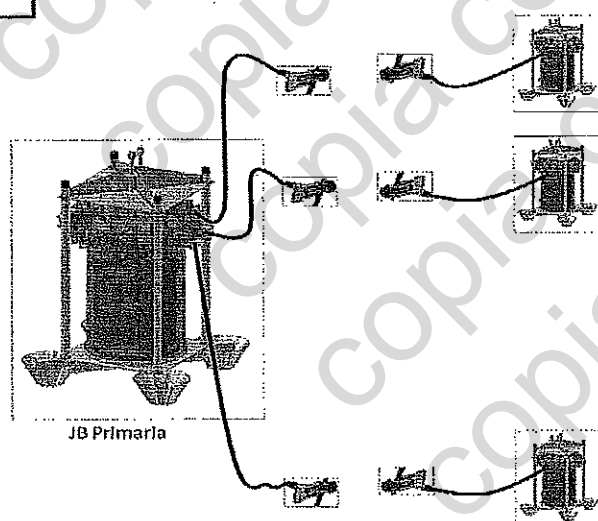


Figura 27: Schema connessioni JB primaria - JB secondaria

A sua volta, ogni JB secondaria gestirà 8 torri secondo lo schema mostrato in **Figura 28**.

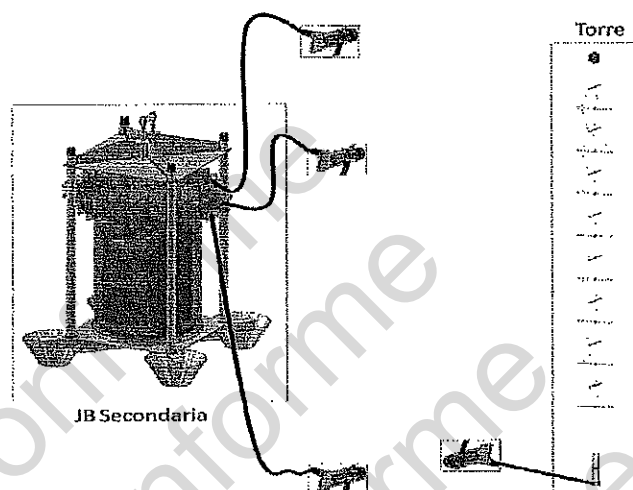


Figura 28: Schema connessioni JB secondaria - Torri

Alla base della torre è presente un connettore ROV operabile della stessa tipologia di quello installato sulle JB. A sua volta questo connettore ROV operabile è connesso, mediante uno spezzone di cavo elettro-ottico, al modulo di base torre, al cui interno è alloggiato un sistema che consente di raccogliere i segnali provenienti dalle fibre ottiche connesse con i moduli ottici e di convogliarli su un'unica fibra ottica.

Dal modulo di base torre sale il sistema di cavi e connettori che alimenta e gestisce i segnali provenienti dai sensori di piano.

Il sistema è costituito da due dorsali elettro-ottiche per il:

- trasferimento dei segnali verso i piani e dei segnali dei sensori verso la stazione di acquisizione dati a terra
- sistema di alimentazione dell'elettronica posizionata internamente ai moduli ottici e nel modulo di base torre.

La connessione tra la base della torre ed il primo piano avverrà mediante uno spezzone di dorsale di circa 100 metri, mentre le connessioni tra piani successivi saranno effettuate mediante spezzoni di dorsale della lunghezza standard di circa 40 metri. Questo permetterà di standardizzare la produzione da parte delle ditte fornendo oltre ad una forte riduzione dei costi di produzione anche una flessibilità in fase di installazione e di manutenzione del sistema.

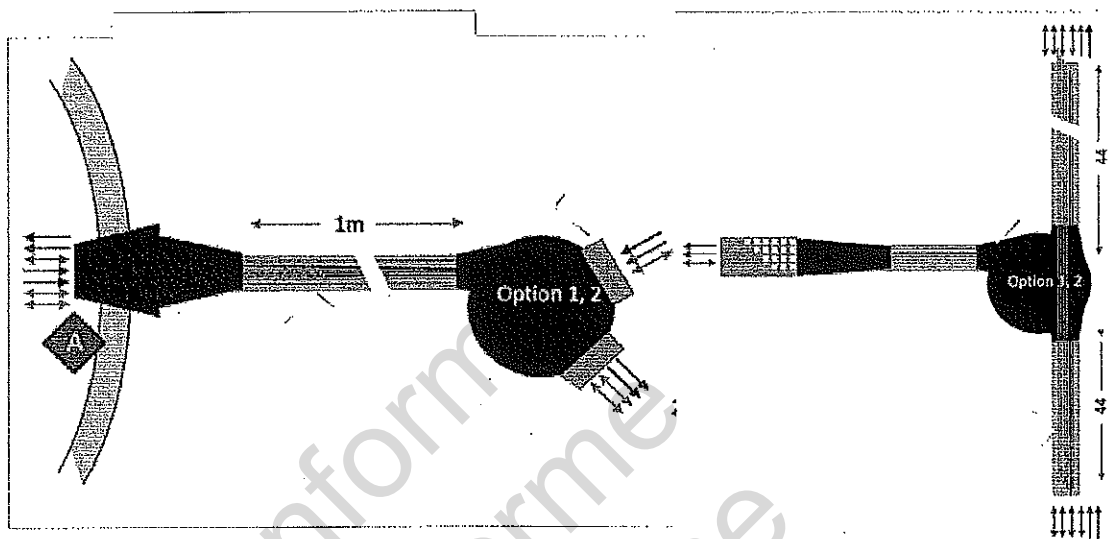


Figura 29: Schema del sistema di connessione dorsale - modulo ottico.

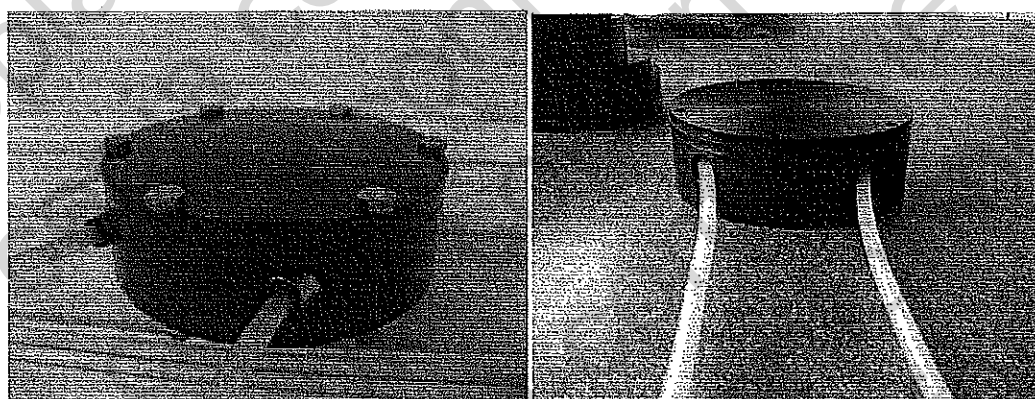


Figura 30: Primo prototipo del break out.

5.2.5 Sistema elettrico di trasmissione e distribuzione dell'energia

Il sistema elettrico è suddiviso nei seguenti sottosistemi:

- **Sistema di trasmissione dell'energia elettrica**, è quella porzione di impianto che va dalla stazione di terra al sito sottomarino ovvero alla terminazione del cavo elettro-ottico principale (MEOC – Main Electro Optical Cable);
- **Sistema di distribuzione primario**, è quella porzione di impianto che va dalla terminazione del MEOC alla base delle Torri;
- **Sistema di distribuzione secondario**, è quella porzione di impianto che va dalla base delle torri agli utenti finali dell'apparato ubicati sui piani delle suddette torri.

5.2.5.1 Sistema di Distribuzione Primario

Il sistema di distribuzione dell'energia elettrica sarà costituito dai seguenti elementi:

- 1 JB primaria (PJB)
- 8 JB secondarie (SJB)
- 60 Torri
- 8 Cavi elettrici di collegamento tra PJB e SJB
- 60 cavi elettrici di collegamento tra SJB e le Torri.

Gli utenti finali del sistema di distribuzione sono 60 Torri, ciascuna di esse assorbe una potenza stimata di 350 W.

JB Primaria

L'estremità finale del MEOC sarà terminata nella PJB, la cui funzione è di:

- consentire la riduzione della tensione dal valore di trasmissione pari a 10 kV a quello di distribuzione pari a 400 V;
- distribuire l'alimentazione alle 8 SJB;
- rilevare e controllare i principali parametri elettrici delle uscite;
- azionare da remoto i relè che consentono l'apertura e la chiusura delle linee di alimentazione delle SJB sia nelle condizioni di normale operatività della JB che in condizione di guasto.

All'interno della PJB saranno posizionati:

- un sistema di MVC (Medium Voltage Converter) da 50 kW che consentirà la riduzione della tensione dal valore di trasmissione, pari a 10 kV, a quello di distribuzione pari a 400V;
- 8 uscite, una per ciascuna SJB più 2 uscite di riserva;
- un sistema di supervisione e controllo in grado di rilevare le principali grandezze elettriche della PJB e pilotare i relè posti nelle linee di uscita della PJB. Il sistema di controllo comunica con la stazione di terra tramite un sistema a fibre ottiche.

JB Secondaria

Nell'apparato saranno posizionate 8 SJB, ubicate opportunamente, in modo da alimentare ciascuna un gruppo di 8 Torri.

La funzione della SJB è di consentire la connessione in ingresso del cavo di alimentazione proveniente dalla PJB e la distribuzione in uscita dell'alimentazione a un gruppo di 8 torri.

I connettori presenti in ciascuna SJB saranno opportunamente ridondati.

Le SJB sono elementi passivi.

Caratteristiche principali del Sistema

La potenza elettrica stimata assorbita dall'apparato sottomarino è pari a 30 kW. Ciò deriva dal fatto che la potenza elettrica assorbita da ciascuna torre è stimata pari a 400 W, pertanto la potenza assorbita dalle 60 torri sarà pari a circa 28 kW a cui si vanno a sommare circa 2 kW di potenza richiesta per il funzionamento del sistema di JB.

Il dimensionamento del sistema di distribuzione è stato effettuato in modo tale da garantire:

- una caduta di tensione complessiva (dalla PJB alla base della Torre) inferiore al 4%
- perdite per effetto Joule lungo i cavi di collegamento tra la PJB e le 14 SJB e tra queste ultime e le 60 Torri inferiori al 4%, ovvero pari a circa 1 kW.

Per mantenere i suddetti requisiti i cavi dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- cavo PJB-SJB: 4 conduttori in rame di sezione non inferiore a 13 mm², tensione nominale maggiore di 600V, lunghezza massima 1500 m.
- cavo SJB-Torre: 4 conduttori in rame di sezione non inferiore a 1 mm², tensione nominale maggiore di 600V, lunghezza massima 300 m.

5.2.6 Rete Ottica e trasmissione dati

Il sistema di trasporto dei dati si basa su un'architettura punto-punto tra i moduli ottici sottomarini e il sistema di acquisizione dati on-shore, utilizzando la tecnologia delle attuali reti di telecomunicazioni DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

L'architettura adottata è quella di una rete DWDM PON (Passive Optical Network). La luce emessa da un banco centralizzato costituito da 80 sorgenti laser viene combinata attraverso un multiplexer con una spaziatura di canale di 50 GHz (0,4 nm). Le lunghezze d'onda dei canali DWDM sono scelte secondo gli standard ITU. L'aggregato DWDM viene replicato su due fibre ottiche (un percorso principale e di uno protezione), amplificato da un amplificatore booster per linea e quindi trasmesso attraverso verso la stazione sottomarina.

Al suo arrivo alla stazione sottomarina principale l'aggregato DWDM è amplificato e replicato un numero di volte pari ad almeno metà del numero totale di DU.

Ogni DU da 20 piani contiene due moduli master posizionati a circa la metà della sua altezza. Ogni modulo master contiene un DWDM multiplexer da 20 per instradare una lunghezza d'onda a ciascuno dei piani. I collegamenti tra i piani e il modulo master sono tutti in singola fibra. La lunghezza massima di una singola fibra tra il modulo master e piani è inferiore a 500 m.

I segnali provenienti dall'elettronica di front-end del modulo ottico sono utilizzati per modulare (a 1Gb/s) la luce proveniente dalla stazione di terra per mezzo modulatore a riflessione ad elettro-assorbimento (Reflective Electro Absorption Modulator). I segnali modulati vengono quindi riflessi verso il multiplex di 20 canali nel modulo master.

I canali DWDM provenienti da 2 DU sono combinati su una sola fibra, formando un aggregato DWDM di 80 canali, e inviati verso terra, dove sono smistati ciascuno verso un fotorecettore dedicato.

5.2.7 Il Modulo Ottico - DOM

L'obiettivo principale del DOM (Digital Optical Module) è quello di rivelare la luce Cherenkov, emessa dai muoni in acqua, a livello di singolo fotone. Il DOM è disegnato al fine di ridurre il numero complessivo di connettori presenti nella struttura della torre e quindi di massimizzare in termini di affidabilità il telescopio.

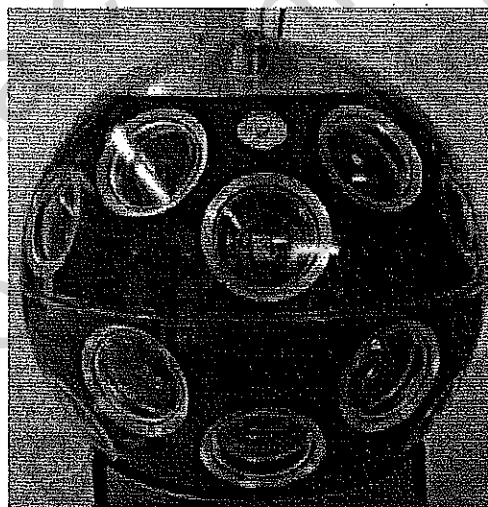


Figura 31: Un prototipo del DOM (Digital Optical Module).

Il DOM consiste di una sfera in vetro da 17 pollici di diametro resistente alla pressione sino ad una profondità massima operativa di 6000 metri.

All'interno della sfera sono ospitati 31 fotomoltiplicatori (PMT) da 3 pollici cadauno, di cui 12 posizionati nella semisfera superiore e 19 nella semisfera inferiore. La posizione stabile dei PMT all'interno della sfera è assicurata da una forma di schiuma sintattica nella quale sono state

ricavate le posizioni dei singoli PMT. Al fine di aumentare l'area sensibile del sistema, un collettore riflettente in alluminio è installato intorno ad ogni PMT.

Ciascun PMT è accoppiato otticamente con la superficie interna della sfera per mezzo di un gel ottico speciale che assicura allo stesso tempo anche il posizionamento stabile dell'intera struttura (foam + PMTs) internamente alla sfera di vetro.

Ciascun PMT è alimentato con una sua scheda elettronica, denominata base.

Al centro della struttura del DOM una scheda, denominata Central Logic Board (CLB), ha lo scopo è quello di raccogliere i segnali acquisiti dai PMT e convertirli in informazioni di tempo, ampiezza ed identificativo del PMT.

Il DOM contiene al suo interno un sistema per la comunicazione ottica tra lo stesso e la stazione di terra, comunicazione che avviene con modalità punto-punto.

La parte di alimentazione, in DC (corrente continua) è fornita da una scheda elettronica denominata "converter board".

Una struttura di alluminio posizionata nella parte superiore del DOM permette una efficiente dissipazione termica con l'esterno garantendo il mantenimento della corretta temperatura internamente al DOM al fine di massimizzare la durata complessiva di tutti i componenti elettronici contenuti al suo interno.

Il DOM è stato progettato per garantire una vita utile superiore ai 20 anni.

Nella tabella seguente è riportato il breakdown del progetto del DOM con la quantità complessiva dei singoli componenti.

Componente	Descrizione	Quantità
Sfera di vetro	Sfera di vetro trasparente costruita per mantenere all'interno della stessa la pressione atmosferica e resistere alla pressione esterna esercitata dalla colonna d'acqua	1
PMT	Sensore ottico	31
Gel ottico	Materiale per accoppiamento del vetro con la superficie dei PMT	1
Struttura di supporto superiore	Struttura realizzata in schiuma sintattica per ospitare i 12 PMT superiori	1
Struttura di supporto inferiore	Struttura realizzata in schiuma sintattica per ospitare i 19 PMT inferiori	1
Basetta alta tensione	Scheda elettronica necessaria per fornire la corretta alimentazione ad ogni PMT	31
Schede acquisizione segnali	Set di due schede che acquisiscono i segnali rispettivamente dai PMT dell'emisfero superiore ed inferiore e li trasferiscono alla CLB	2
DOM CLB	Scheda acquisizione dei segnali che li converte in segnali ottici per il trasferimento sino a riva	1
Converter board	Scheda elettronica per la distribuzione della tensione alle varie schede elettroniche	1
Dissipatore	Struttura meccanica posizionata nella parte superiore del DOM per dissipare la potenza interna sviluppata dall'elettronica	1

Sensore di pressione	Sensore di pressione passivo che fornisce informazioni sullo stato interno del DOM	1
Strumenti	Accelerometro 3 assi, tiltmetro e beacon ottico	1

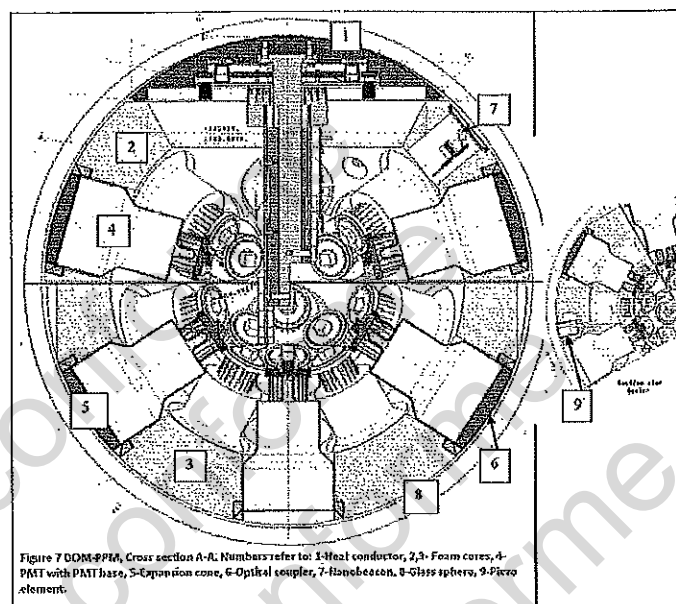


Figura 32: Immagine schematica del DOM con la posizione delle schede e del PMT.

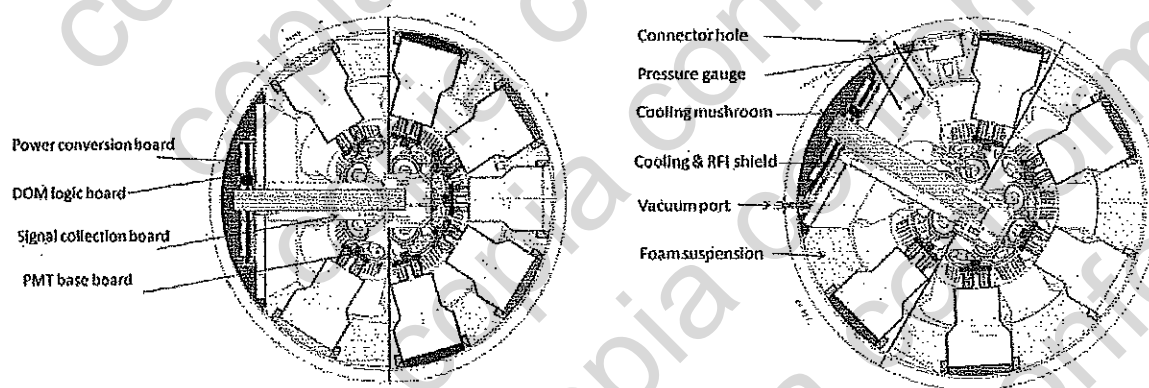


Figura 33: Due sezioni del DOM con la posizione del PMT, delle schede elettroniche e delle strumentazione ausiliaria.

5.2.7.1 Sfera di vetro

La sfera di vetro utilizzata per la realizzazione del DOM [Figura 34] è una sfera standard da 17 pollici di diametro utilizzata normalmente per ospitare strumentazione di ricerca e di acquisizione dati per applicazioni marine. Le stesse sfere sono normalmente utilizzate come galleggianti per la realizzazione di mooring line e garantite fino a profondità superiori ai 6000 m.

Proprietà del vetro	
Indice di rifrazione	1.47
Trasmissione	>0.95% (14 mm, lunghezza d'onda >350nm)
Densità a 20°	2.23 g cm ⁻³
Conduttività termica	1.2 W m ⁻¹ K ⁻¹
Profondità massima operativa	6700 m
Diametro	432 mm
Spessore vetro	14 mm
Massa	17.2 kg
Galleggiabilità (vuoto)	260 N
Deformazione a 3500 metri	circa 2 mm

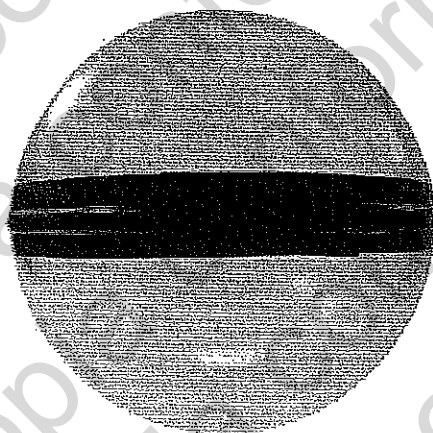


Figura 34: Sfera in vetro del tipo di quella utilizzata per la costruzione del DOM.

5.2.7.2 Fotomoltiplicatori

Una vista in sezione del fotomoltiplicatore (PMT) da 3 pollici che sarà utilizzato per la realizzazione del DOM è mostrata in **Figura 35**, e le caratteristiche principali sono elencate nella tabella seguente.

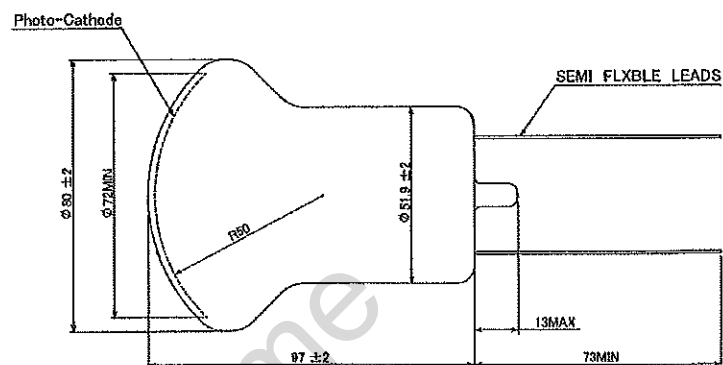


Figura 35: Sezione del PMT.

Caratteristiche PMT	
Efficienza Quantica	> 32% a 404 nm
Tensione di alimentazione	< 1400 V
Guadagno	5×10^6
Dark count	< 3kHz a 15°C

5.2.7.3 Cono di espansione

Il cono di espansione è un collettore ottico in alluminio [Figura 36](#) che ha lo scopo di aumentare la superficie sensibile raccogliendo luce che non colpirebbe direttamente il PMT.

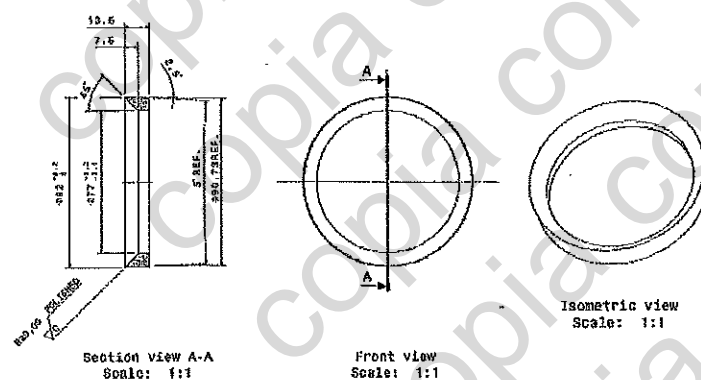


Figura 36: Il cono di espansione del PMT.

5.2.7.4 Accoppiatore ottico

Il gel, utilizzato all'interno del DOM ha lo scopo di garantire l'accoppiamento ottico tra la superficie interna della sfera di vetro e la superficie esterna del PMT, limitando al minimo la dispersione del segnale e l'attenuazione dello stesso.

Inoltre il gel ha anche l'obiettivo di fissare la struttura del foam con i PMT alla sfera di vetro in una posizione stabile che si mantenga nel tempo sia durante le fasi di integrazione che durante le fasi di installazione, apertura e normale funzionamento della torre sul fondo del mare.

5.2.7.5 Base del fotomoltiplicatore

La base del PMT ha lo scopo di fornire l'alta tensione al PMT stesso necessaria per il suo corretto funzionamento. La base contiene inoltre:

- un preamplificatore
- un comparatore di segnale
- un identificatore che permetterà in fase di ricezione del segnale di identificare da quale dei 31 PMT del DOM provengono i segnali ottici

La scheda è disegnata tenendo in considerazione le seguenti specifiche e limitazioni:

- minimizzazione delle dimensioni
- corrente massima erogabile
- minimizzazione della potenza dissipata

La scheda ha un diametro complessivo di circa 38 mm. In **Figura 37** è raffigurata la scheda elettronica e lo schema delle connessioni.

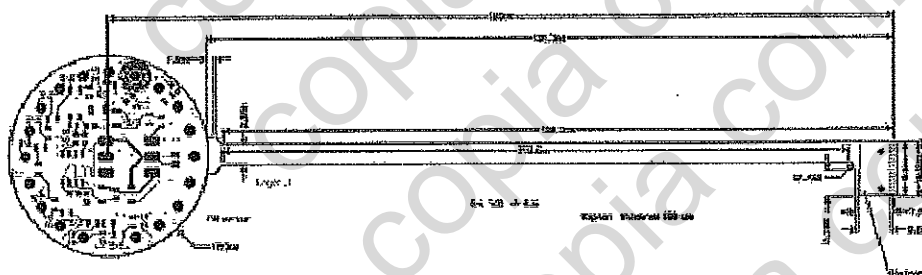


Figura 37: La base del PMT con connessioni.

5.2.7.6 Supporto meccanico dei PMT

Il supporto dei PMT [Figura 38] è realizzato con due gusci semisferici in schiuma sintattica opportunamente lavorate e forate per ospitare il posizione fissa ed unicamente determinata i 31 PMT e tutta la strumentazione ausiliaria, quali nanobeacons e sensori di pressione.

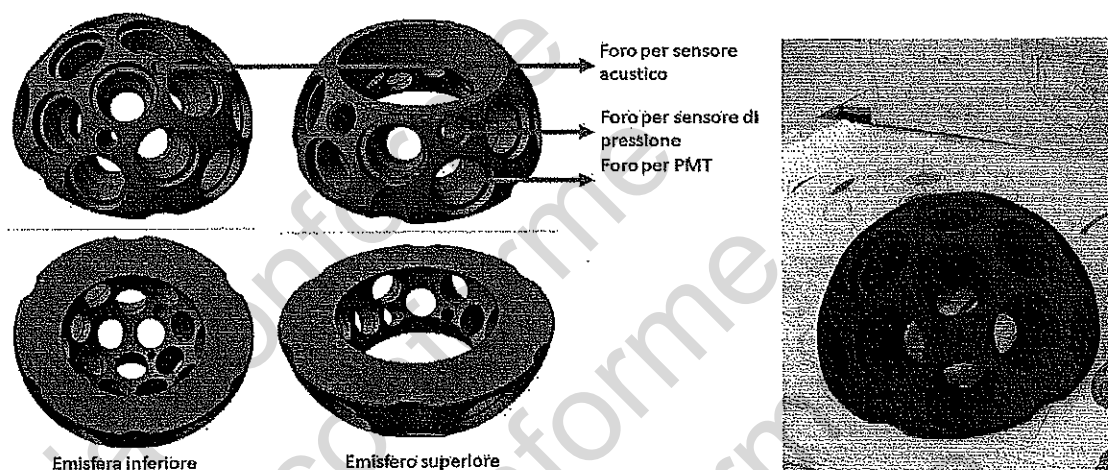


Figura 38: Il sistema di fissaggio e supporto del PMT e, a destra, un prototipo del guscio in schiuma sintattica.

5.2.7.7 Dissipatore

Il dissipatore è il sistema di raffreddamento del DOM. Il sistema consiste in una calotta metallica a forma di fungo [Figura 39] e [Figura 40], posizionata nella parte superiore del DOM a diretto contatto con la sfera di vetro. Al centro della calotta si trova un supporto metallico sul quale sono collocate le schede elettroniche del DOM, a diretto contatto, al fine di massimizzare la superficie di scambio termico per garantire la minima temperatura possibile di esercizio dell'elettronica in normali condizioni di funzionamento (temperatura esterna pari a circa 13° a 3500 metri di profondità).

La struttura meccanica del dissipatore prevede anche la presenza di schermi metallici al fine, considerata la minima distanza delle stesse schede, di minimizzare eventuali interferenze che potrebbero alterare il funzionamento del sistema o la qualità dei dati acquisiti.

Schede elettroniche	Potenza (mW)	Temperatura (°C)
PLB	3650	22
Scheda conversione potenza	700	18
Scheda acquisizione segnali	300	20
Base PMT	1090	24
Area PMT		15
Totale	5735	



5.2.7.8 Elettronica di conversione e trasmissione dati

Il modulo ottico contiene al suo interno, come descritto in precedenza, tutta l'elettronica per l'alimentazione dei PMT, l'acquisizione e pre-elaborazione dei dati dai PMT e la conversione in segnale ottico dei dati per la trasmissione dal modulo ottico verso terra.

In particolare nel presente paragrafo vengono riportate le principali schede contenute nel modulo ottico con le immagini dei primi prototipi realizzati.

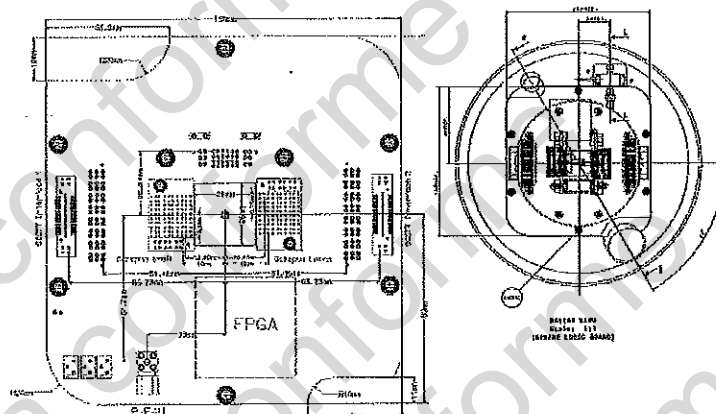


Figura 41: PLB - Disegno della scheda.

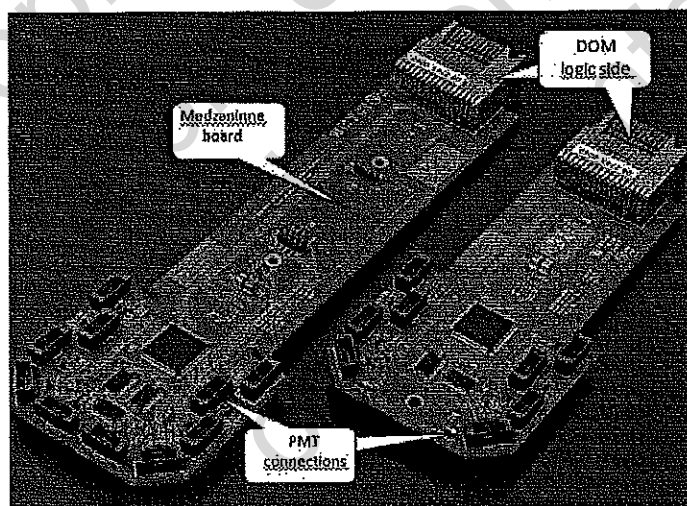


Figura 42: Prototipo della scheda di conversione.

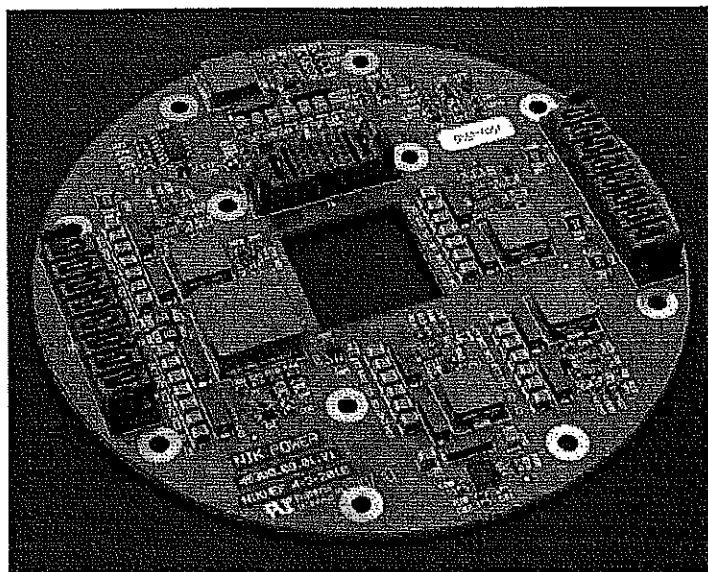


Figura 43: Prototipo della scheda di conversione potenza del DOM.

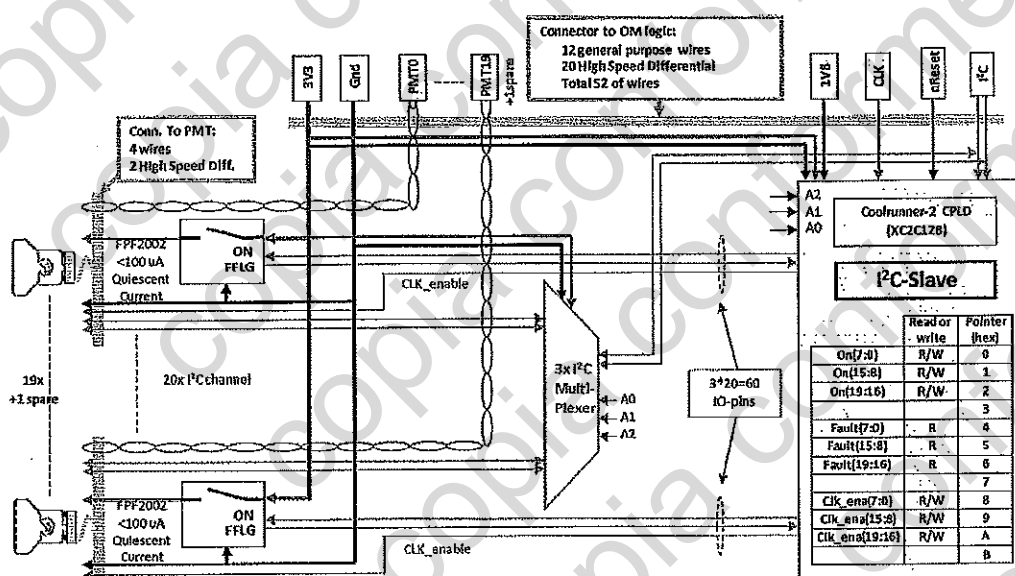


Figura 44: Diagramma funzionale del segnale dal PMT alla Scheda di conversione (OCTOPUS).

5.2.7.9 Connettore elettro-ottico

La connessione del DOM con il sistema di trasporto del segnale ottico e della potenza elettrica, ovvero la dorsale posizionata sulla struttura meccanica della torre, avviene mediante un connettore elettro ottico dotato di due pin ottici (uno per la comunicazione ed uno di ridondanza) e di due pin elettrici per il trasferimento della potenza necessaria per l'alimentazione del sistema di schede elettroniche posizionate internamente al modulo ottico.

5.2.8 Il sistema di posizionamento acustico

Il sistema di posizionamento, è un sottosistema necessario sia nella fase di installazione sia nella fase di lavoro (acquisizione dei dati) del telescopio KM3NeT-Italia

In particolare durante la *fase di installazione* delle strutture di rivelazione (torri) è richiesta la perfetta conoscenza topologica dell'ambiente in cui si opera e, quindi, di un sistema capace di referenziare geograficamente le posizioni in cui le strutture vengono deposte, con un'accuratezza di circa 1 metro. Ciò sia per realizzare le operazioni di posa, sia per determinare l'orientazione assoluta del telescopio.

Nella fase di lavoro del telescopio (acquisizione e analisi dei dati), il sistema di posizionamento deve costantemente fornire la posizione di ogni singolo sensore ottico (fotomoltiplicatore), con un'accuratezza migliore di 10 cm, per permettere la ricostruzione della direzione di arrivo dei muoni che attraversano il telescopio.

Al fine di realizzare un sistema di posizionamento con tali caratteristiche è necessario illuminare costantemente o periodicamente (almeno 1 volta al minuto, note le condizioni di bassa corrente sottomarina e quindi lenti movimenti delle strutture meccaniche dell'apparato) l'ambiente sottomarino in cui si trova il telescopio e misurare le distanze delle strutture meccaniche e dei sensori rispetto ad un campo di "fari" (beacon) georeferenziato.

I moderni sistemi di posizionamento sottomarini sono basati su due differenti tecnologie:

- 1) *illuminazione e misura con sistemi ottici dell'ambiente (a causa del forte assorbimento della luce in acqua si utilizzano potenti laser o LED);*
- 2) *"illuminazione acustica" dell'ambiente (tecnologia sonar).*

Poiché il telescopio KM3NeT mira all'osservazione di sorgenti luminose debolissime (prodotte dalle tracce dei muoni) in condizioni ambientali di buio, l'utilizzo di un sistema di posizionamento ottico è sostanzialmente precluso, poiché renderebbe inutilizzabili i sensori del telescopio per tempi troppo lunghi (aumenterebbe notevolmente il tempo morto dell'apparato).

Al contrario della luce, il suono si propaga in acqua in modo efficiente e per distanze di chilometri (a frequenza di circa 10 kHz), dunque un opportuno sistema di "fari acustici" permette di osservare l'ambiente circostante con grande efficienza, basso numero di sensori e bassa potenza dissipata, cioè con un piccolo costo energetico per l'apparato e perturbando trascurabilmente l'ecosistema sottomarino.

5.2.8.1 Descrizione del sistema di posizionamento

Il sistema di posizionamento acustico che si intende realizzare utilizza e migliora le moderne tecnologie di misura e trasmissione dati sottomarine disponibili attualmente sia in campo militare che commerciale.

Il sistema è basato sull'utilizzo di:

1. un campo di emettitori/ricevitori (transceiver) acustici georeferenziati (Long Base Line);
2. una matrice di ricevitori acustici (idrofon), alloggiati sulle torri, che acquisiscono il segnale degli emettitori e lo trasmettono a terra;
3. una "mini-farm" di computer a terra che: a) ricevono i dati degli idrofon; b) riconoscono il segnale dei vari emettitori; c) determinano la posizione dell'idrofono calcolando la sua distanza rispetto a tutti gli emettitori della LBL.

5.2.8.2 La Long Base Line

La LBL è formata da un campo di emettitori/ricevitori (transceiver) acustici ancorati sul fondale del sito sottomarino. Le posizioni dei transceiver devono essere georeferenziate durante le operazioni di posa dal ROV, utilizzando il sistema GPS disponibile sulla nave. Una volta installata la LBL, alimentata e alloggiata autonomamente, l'intero apparato potrà essere installato. Durante la posa delle Detection Unit, si alloggeranno, sulla base di alcune di esse, ulteriori transceiver per poter formare una seconda LBL con caratteristiche ancora migliori, poiché potrà essere alimentata e controllata da terra. Da questo momento in poi la precedente LBL, quella autonoma, avrà svolto il suo compito e potrà essere abbandonata o recuperata.

Le posizioni delle altre strutture del telescopio (Detection Unit o Junction Box secondarie) possono essere, come descritto in seguito, misurate in modo relativo rispetto alla LBL, utilizzando una matrice di ricevitori acustici (idrofon) alloggiati sulle torri stesse. La posizione e l'orientamento assoluto delle torri del telescopio sarà noto, poiché è nota la georeferenziazione della LBL.

Il sistema proposto farà uso, come detto, di transceiver acustici, le cui caratteristiche sono: buona sensibilità di ricezione (-200 dB re V/uPa) e potenza di emissione di circa 180 dB re uPa a 1 m. In tal modo è possibile realizzare quella che comunemente viene definita una LBL autocalibrante.

In particolare, sfruttando le potenzialità dell'innovativo sistema di trasmissione ed acquisizione dati del telescopio, un dato transceiver potrà emettere un segnale acustico, controllato da terra e quindi connesso al sistema GPS, ad un tempo definito e noto con precisione di pochi nanosecondi. Gli altri transceiver della LBL, acquisiranno il segnale acustico e invieranno i dati a terra. Il tempo di ricezione del segnale è egualmente noto e preciso.

La differenza tra i tempi di emissione e ricezione permette di ottenere la posizione dei ricevitori. Ogni transceiver emette un segnale acustico con frequenza definita (tra 20 kHz e 35 kHz) e ad un tempo noto. Ripetendo la misura, attivando in modalità di trasmissione i differenti transceiver, si otterrà la posizione relativa dei singoli elementi della LBL con risoluzione del "cm" o migliore.

La possibilità di controllo da terra dei transceiver offre inoltre la possibilità di definire il numero di misure necessarie ad ottenere la risoluzione prevista e di impostare l'ampiezza del segnale acustico in modo da ridurre al minimo l'impatto sulla fauna sottomarina.

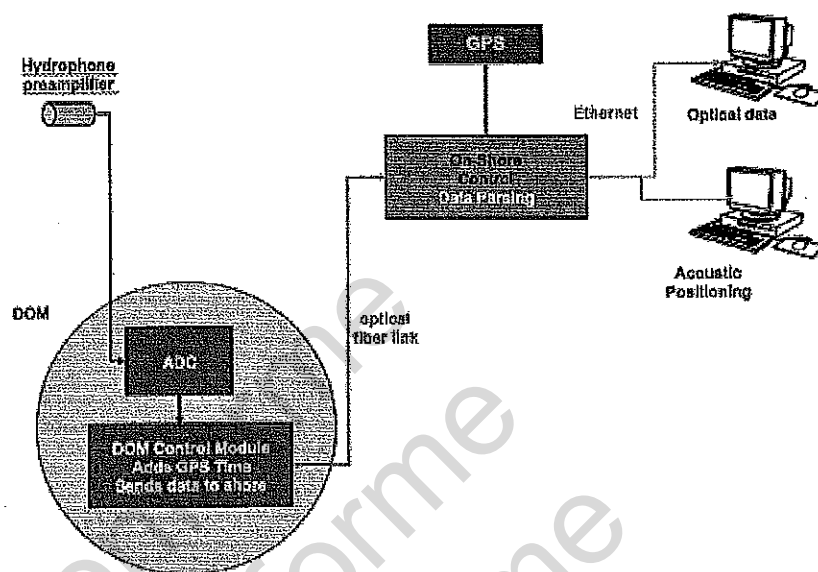


Figura 45: I segnali acustici ricevuti dagli idrofoni vengono continuamente acquisiti da un ADC 192 kHz/24 bit, etichettati "off-shore" con tempo GPS e trasmessi a terra su fibra ottica. L'etichettamento "off-shore" permette di eseguire misure di tempi di volo con risoluzione inferiore ad 1 μ s. La trasmissione continua permette l'utilizzo dei dati acustici per applicazioni scientifiche e tecnologiche multidisciplinari.

5.2.8.3 Gli idrofoni

Su ognuna delle strutture di rivelazione dell'apparato (torri) verrà installata un'antenna acustica formata da due idrofoni per piano.

La presenza di due idrofoni realizza la necessaria ridondanza su ogni piano. Inoltre questa scelta permette la misura diretta delle prestazioni del sistema di posizionamento, misurando, per via acustica, la distanza tra i due idrofoni di piano, posti -per costruzione- a distanza nota o, in alternativa, assumendo nota la distanza, fornisce la velocità di propagazione del suono.

Gli idrofoni avranno una sensibilità minima di circa -200 db re 1V/ μ Pa, saranno accoppiati ad opportuni preamplificatori e connessi, quindi, ad una scheda di acquisizione e trasmissione dati installata sul DOM.

La scheda è equipaggiata con opportuni convertitori analogico-digitali (ADC) di tecnologia "audio professionale", capaci di campionare il segnale analogico degli idrofoni a 192 kHz e 24 bit. Gli ADC sono sincronizzati al sistema di clock dell'apparato. I segnali acustici vengono continuamente acquisiti, digitizzati e spediti a terra. Il segnale digitale audio spedito a terra contiene anche l'informazione tempo dell'apparato che, come detto, è sincronizzato al sistema GPS (tempo UTC). Ogni idrofono riceverà tutti i segnali emessi dai transceiver della LBL ed invierà i dati continuamente verso terra. Il flusso dati atteso dopo la digitizzazione è di circa 6 Mb/s per idrofono.

La determinazione della posizione di ogni singolo idrofono è quindi possibile, misurando le distanze relative tra l'idrofono e i differenti transceiver della LBL e triangolando, come descritto precedentemente.

Le simulazioni mostrano che un segnale emesso da un emettitore della LBL (32 kHz, 180 dB re 1uPa ad 1 m) può essere identificato da un idrofono posto a distanza di 2 km dall'emettitore anche in condizioni di rumore acustico ambientale intenso (Sea State 7, mare molto mosso).

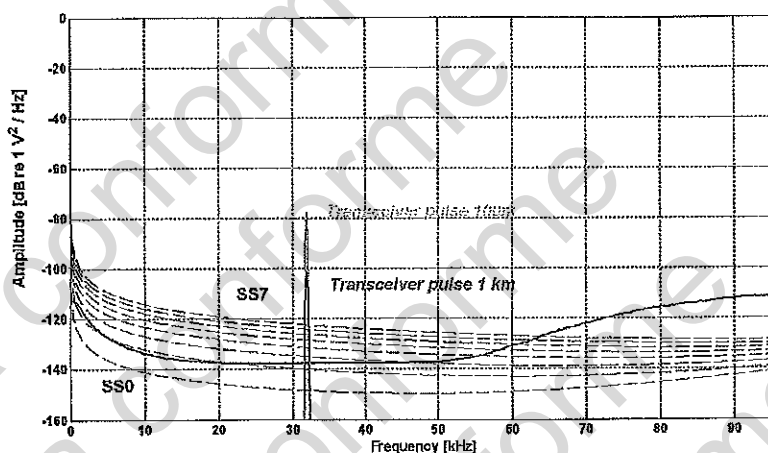


Figura 46: Prestazioni attese per il sistema di acquisizione dati acustici. In nero lo spettro rumore di fondo elettronico misurato, in blu lo spettro del rumore acustico del mare per differenti "stati del mare". In rosso ed in verde il segnale atteso dai beacon acustici per distanze di 100 m e 1 km.

5.2.8.4 La "mini-farm" di PC on-shore

Il flusso dei dati acustici proveniente da ogni singolo piano delle torri, viene acquisito a terra da una "mini-farm" di computer ed analizzato. I segnali emessi dai transceiver della LBL vengono riconosciuti tra tutti i segnali ricevuti, utilizzando opportuni filtri software digitali e, quindi, marcati con l'esatto tempo assoluto fornito dal sistema elettronico dell'apparato, tramite GPS.

Questo tempo, detto Time Of Arrival TOA, viene sottratto al tempo di emissione del segnale del transceiver, Time Of Emission TOE, anch'esso noto con grande precisione.

La distanza tra idrofono ed emettitore è quindi data dalla relazione

$$DL = (TOA - TOE) \times V_{\text{suono}}$$

dove V_{suono} è la velocità del suono in acqua, pari a circa 1550 m/s.

L'indeterminazione attesa nella misura della distanza temporale TOA-TOE corrisponde a circa ad 1 μ s, cioè a circa 1.5 mm in acqua.

Misurate le distanze tra tutti gli idrofoni e tutti i beacon, il software della mini-farm può determinare la posizione assoluta di ogni singolo idrofono con precisione di circa 1 cm, migliore di quella dai sistemi di posizionamento acustico ad alta profondità attualmente esistenti.

I dati raccolti e trasmessi continuamente dall'antenna possono inoltre segnalare la presenza di agenti esterni in prossimità dell'apparato (navi, cetacei), di malfunzionamenti meccanici (crack, oscillazioni) e quindi fungere da "monitor" acustico dell'apparato.

5.2.8.5 Utilizzi multidisciplinari dell'antenna acustica

Sulla scorta dei risultati scientifici della stazione sottomarina dell'INFN NEMO-OvDE (Ocean noise Detection Experiment) – la prima stazione di monitoraggio acustico di uso esclusivamente scientifico installata nel Mediterraneo a 2100 m di profondità [N. Nosengo, G. Pavan, G. Riccobene, nature 462 (2009) 560] – e sugli sviluppi tecnologici portati avanti con il progetto SMO (Submarine Multidisciplinary Observatory) finanziato dal MIUR con fondi FIRB-2008, il sistema di posizionamento acustico per KM3NeT è stato anche progettato per permettere il monitoraggio in tempo reale e su ampia scala temporale del rumore di fondo acustico sottomarino.

Nonostante, infatti, le tecnologie basate sull'acustica siano estensivamente usate in ambiente marino per applicazioni militari e scientifiche, la misura del livello del rumore acustico in mare profondo, le sue variazioni temporali e l'identificazione delle sue sorgenti, sono carenti in letteratura.

Ciò è dovuto alle difficoltà di eseguire misure di lunga durata in mare profondo: in tempo-reale, con strumenti di grande sensibilità e con ampia banda di frequenze accessibile.

L'utilizzo della tecnologia innovativa proposta per il telescopio permetterà di eseguire tali misure in modo ottimale: trasportando da mare a terra l'intero flusso di dati acquisiti dagli idrofoni in tempo reale.

Ciò ha ricadute in numerosi settori scientifici: bio-acustica, oceanografia acustica, fisica ambientale, fisica e ingegneria acustica, astrofisica delle alte energie, studi geofisici, monitoraggio del traffico navale, monitoraggio delle esplosioni nucleari, etc. Tra queste, grazie alla collaborazione con il CIBRA dell'Università di Pavia¹⁹ e con il Dipartimento di Biologia Animale ed ecologia marina dell'Università di Messina²⁰, trovano immediata applicazione, le ricerche di fisica delle alte energie, il monitoraggio ambientale, le ricerche di bio-acustica.

Astrofisica delle alte energie

I neutrini di altissima energia ($E > 10^{19}$ eV) depositano circa il 10% della loro energia in acqua, riscaldandola e producendo un'onda acustica di frequenza compresa tra 10 kHz e 30 kHz ed ampiezza di circa alcune decine di mPa.

¹⁹ <http://www-3.unipv.it/cibra>

²⁰ <http://www.unime.it/ricerca/dipartimenti/dipartimenti.html>

Il suono si propaga in acqua per distanze di diversi km e pertanto, è ipotizzare la costruzione di un rivelatore che, con un numero opportuno di sensori acustici (circa 10000) disposti in un volume d'acqua di 10 km³ o più, aumenti le prestazioni di un rivelatore Cherenkov sottomarino km³, consentendo di esplorare regioni di energia altrimenti inaccessibili ($E > 1018$ eV). La densa matrice di sensori acustici posti sul rivelatore KM3NeT proposto, consentirà un accurato studio di questa tecnica, consentendo (nel caso di eventi di muone "contenuti" nel rivelatore) lo studio di eventuali coincidenze di segnali ottico-acustici.

Bio-acustica

È noto e dimostrato dall'esperimento **NEMO-OvDE** che a largo della Sicilia transitano numerose specie di cetacei e, tra queste, i capodogli (*Physeter macrocephalus*), specie "target" in molti studi bioacustici per l'interesse nella determinazione della loro profondità di navigazione e delle loro rotte, nonché specie a segnalata a rischio dalla IUCN [<http://www.iucnredlist.org>]. La presenza di questi cetacei può essere registrata identificando acusticamente i caratteristici "schiocchi" (segnali quasi-impulsivi con frequenze comprese tra circa 5 e 30 kHz) emessi dagli animali durante le loro immersioni.

L'antenna di sensori acustici potrà facilmente riconoscere e segnalare in tempo reale la presenza di questi grandi cetacei. Dato il livello dei segnali di questa specie il raggio di rilevamento della stazione si stima potrà essere di oltre 50 km. Il tracciamento delle rotte delle sorgenti, i singoli animali, consentirà un'efficace stima della popolazione in transito, in modo completamente passivo.

Questo aspetto è particolarmente rilevante per lo studio della popolazione di capodogli del Mediterraneo che transitano stagionalmente sulla costa orientale della Sicilia per muoversi tra i bacini orientale e occidentale del Mediterraneo. Con opportune tecniche di Digital Signal Processing è inoltre possibile studiare, dalle caratteristiche dell'emissione acustica, la taglia e quindi il sesso degli animali identificati.

Monitoraggio ambientale

L'antenna acustica sarà infine uno strumento ottimale per studiare le variazioni del rumore del mare su breve e lunga scala temporale, in relazione al ciclo stagionale e al traffico marittimo.. Questo è un elemento chiave per permettere lo studio delle variazioni di rumore di origine antropica nel Mar Mediterraneo: uno dei mari più acusticamente inquinati del mondo.

L'identificazione, classificazione ed il tracciamento delle sorgenti antropiche, unito all'analisi delle potenze di emissione e lo studio delle eventuale effetto sul comportamento dei cetacei fornirà infine elementi essenziali per lo studio dell'ecologia dell'ecosistema.

6 GRADO DI ATTIVAZIONE E TEMPESTIVA REALIZZAZIONE DELLA INIZIATIVA PROPOSTA

Il telescopio sottomarino KM3Net-Italia sarà una delle strutture sottomarine più complesse mai realizzate al mondo, in termini di numero di componenti e area occupata sul fondo del mare.

La sua costruzione, per ragioni di realizzabilità tecnica deve avvenire in modo modulare e scalato nel tempo.

Come descritto nei capitoli precedenti le strutture meccaniche (JB e torri) potranno essere connesse tra di loro mediante l'utilizzo di connettori sottomarini operati da ROV (robot sottomarini filoguidati da un operatore posizionato internamente ad un container a bordo della nave appoggio).

Le operazioni di installazione dell'infrastruttura prevedono l'utilizzo di mezzi navali speciali quali:

- **nave con sistema di posizionamento dinamico** in grado di mantenere con estrema precisione la posizione della stessa durante le varie fasi delle operazioni marine (installazione, connessione e/o recupero). La nave deve avere un ponte abbastanza ampio per permettere il trasporto contemporaneo, sul sito di installazione, di diverse strutture meccaniche (JB e /o torri), questo permetterà di diminuire i costi per la realizzazione dell'infrastruttura ma anche di ottimizzare i tempi complessivi di installazione del sistema sul sito finale.

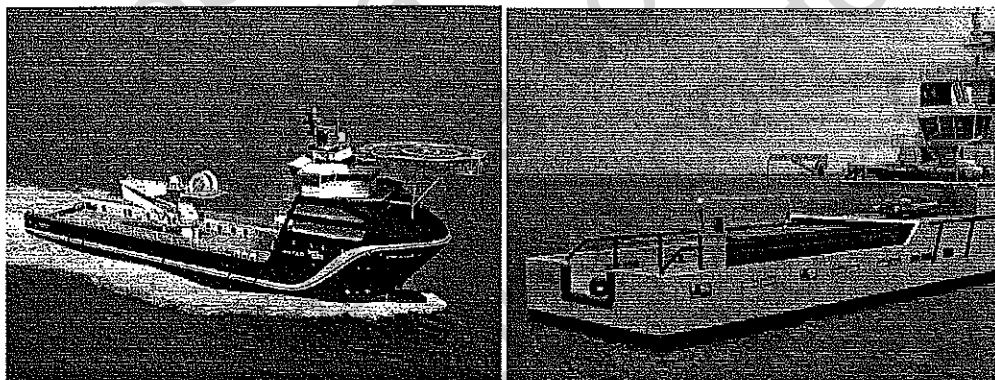


Figura 47: Esempio di navi con posizionamento dinamico adatte alle attività di installazione del telescopio.

- **ROV in grado di operare sino a 3500 metri.** L'INFN al riguardo, nell'ambito di un precedente POR 2000-2006 per il potenziamento delle infrastrutture di ricerca, ha ottenuto, insieme all'INGV, un finanziamento per l'acquisizione di un ROV in grado di operare sino a 4000

metri sotto il livello del mare con le caratteristiche tecniche necessarie per espletare tutte le operazioni marine necessarie per la realizzazione del telescopio sottomarino.

Il ROV, un modello COUGAR della SUBSEAYE [Figura 48], è attualmente operativo e posizionato presso il laboratorio di terra dell'INFN posizionato nel porto di Catania. Per le operazioni marine, l'INFN si doterà del supporto di società specializzate nel fornire equipaggio in grado di operare il ROV in piena sicurezza.

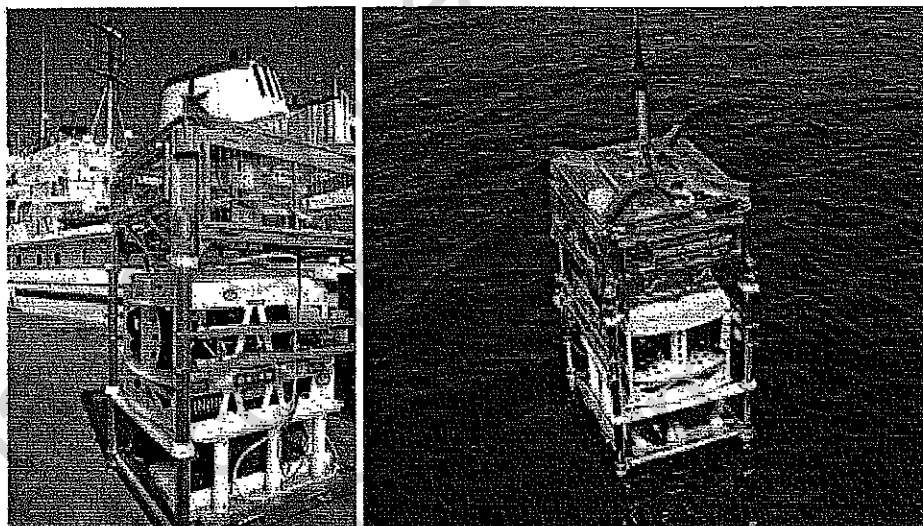


Figura 48: Il ROV Cougar dell'INFN.

Le operazioni di installazione dell'infrastruttura avverranno con la seguente sequenza:

- 1 **recupero** della testa del cavo sottomarino posizionato attualmente sul fondo del mare ed installazione della JB primaria al cavo stesso
- 2 **posizionamento** della JB primaria sul fondo del mare
- 3 **installazione** della prima JB secondaria e connessione con la JB primaria
- 4 **prove di accensione** e verifiche funzionamento del sistema
- 5 **installazione** della rete di JB secondarie e connessione con la JB primaria. dopo ogni connessione verranno eseguite da terra delle prove di funzionamento dei sistemi dal punto di vista elettrico (assorbimenti) ed ottico (attenuazioni segnale)
- 6 **installazione** delle torri a cominciare dall'anello interno. la fase di installazione delle torri seguirà i seguenti passaggi:
 - 6.1 **installazione** della torre/i a bordo della nave e trasporto sul sito
 - 6.2 **posizionamento** della nave sul punto di installazione della torre

6.3 posa della torre sul fondo del mare in configurazione compatta

6.4 connessione della torre alla JB secondaria di riferimento

6.5 prove di accensione e funzionamento della torre da terra. se le prove non andranno a buon fine la torre, ancora in configurazione compatta, verrà recuperata a bordo della nave per essere successivamente riportata a terra.

6.6 apertura della torre

6.7 ispezione tramite il ROV della torre aperta per confermare la corretta configurazione finale del sistema

Una volta effettuata la fase di installazione delle prime torri, dalla stazione di terra partirà immediatamente la fase di acquisizione dati che continuerà almeno per altri 15 anni dopo il completamento del telescopio.

I tempi per lo svolgimento delle operazioni di installazione saranno approssimativamente i seguenti:

- | | |
|--|-------------------------|
| • Installazione JB primaria: | 10 giorni |
| • Installazione JB secondarie con connessioni: | 1 giorno cadauna |
| • Installazione Torri con connessioni: | 1 giorno cadauna |

L'attività di ricerca della collaborazione italiana, sviluppata con il progetto NEMO e finanziata dall'INFN anche per mezzo di contratti ottenuti da altri soggetti (MIUR e Regione Siciliana), ha portato allo sviluppo delle tecnologie necessarie alla costruzione del telescopio e all'individuazione del sito ottimale per la sua installazione, come dettagliatamente descritto in precedenza.

Le attività svolte nell'ambito del consorzio europeo KM3NeT hanno permesso di definire il progetto esecutivo del telescopio utilizzando al meglio le esperienze conseguite dai vari partecipanti.

Le valutazioni dei costi sono state assunte in base all'esperienza di costruzione di prototipi e alle informazioni ottenute direttamente dalle ditte interessate.

Le valutazioni riguardanti i tempi di realizzazione sono state anch'esse ottenute sulla base della decennale esperienza nella costruzione di prototipi.

Pertanto si ritiene che tutti gli elementi necessari alla tempestiva attivazione dell'iniziativa oggetto della proposta, secondo la programmazione temporale prevista dal progetto, siano presenti.

Nel seguito sono descritte in dettaglio:

- l'articolazione complessiva delle attività (project break down structure)

- la logistica del progetto
- la tempistica del progetto

6.1 Articolazione progettuale

Le attività per la realizzazione dell'infrastruttura sono fondamentalmente divise in 4 sottoattività principali, quali:

- 1 attività di progettazione e definizione dei capitolati di gara
 - 1.1 completamento fasi progettuali
 - 1.2 definizione dei capitolati tecnici
 - 1.3 definizione dei bandi di gara
 - 1.4 definizione piano di qualità e gestione del personale
- 2 fornitura dei componenti
 - 2.1 Costruzione dei sottocomponenti da parte delle ditte
 - 2.1.1 la fase di costruzione, come richiesto nei capitolati di gara, avverrà in diverse fasi al fine di ottimizzare lo spazio di immagazzinamento del materiale e ottimizzare le fasi di integrazione dei componenti principali del telescopio
- 3 integrazione dei componenti
 - 3.1 Integrazione DOM e test di funzionamento
 - 3.2 Integrazione JB e test di funzionamento
 - 3.3 Integrazione torri e test di funzionamento
- 4 installazione dei componenti
 - 4.1 operazioni di installazione dei singoli componenti sino a completamento del telescopio

6.2 La logistica del progetto

La tempistica del finanziamento, le scadenze connesse alla programmazione del Piano Operativo Nazionale PON 2007-2013 impongono che la fase di produzione, integrazione e realizzazione delle 60 strutture (torri) e delle 8 Junction Boxes secondarie ed una Junction Box primaria si svolga entro i tre anni.

L'esperienza acquisita nell'integrazione delle 13 stringhe del progetto Antares e l'esperienza acquisita nell'integrazione della minitorre NEMO e della torre NEMO di 16 piani porta ad affermare che ogni torre, completa di test di caratterizzazione e funzionamento potrà essere integrata in un tempo inferiore ai 30 giorni lavorativi.

L'attività di integrazione, considerata la complessità della struttura avverrà a passi successivi.

Il telescopio sottomarino, come descritto anche in precedenza, è composto fondamentalmente da due sistemi principali che sono:

- Junction Boxes
- Torri

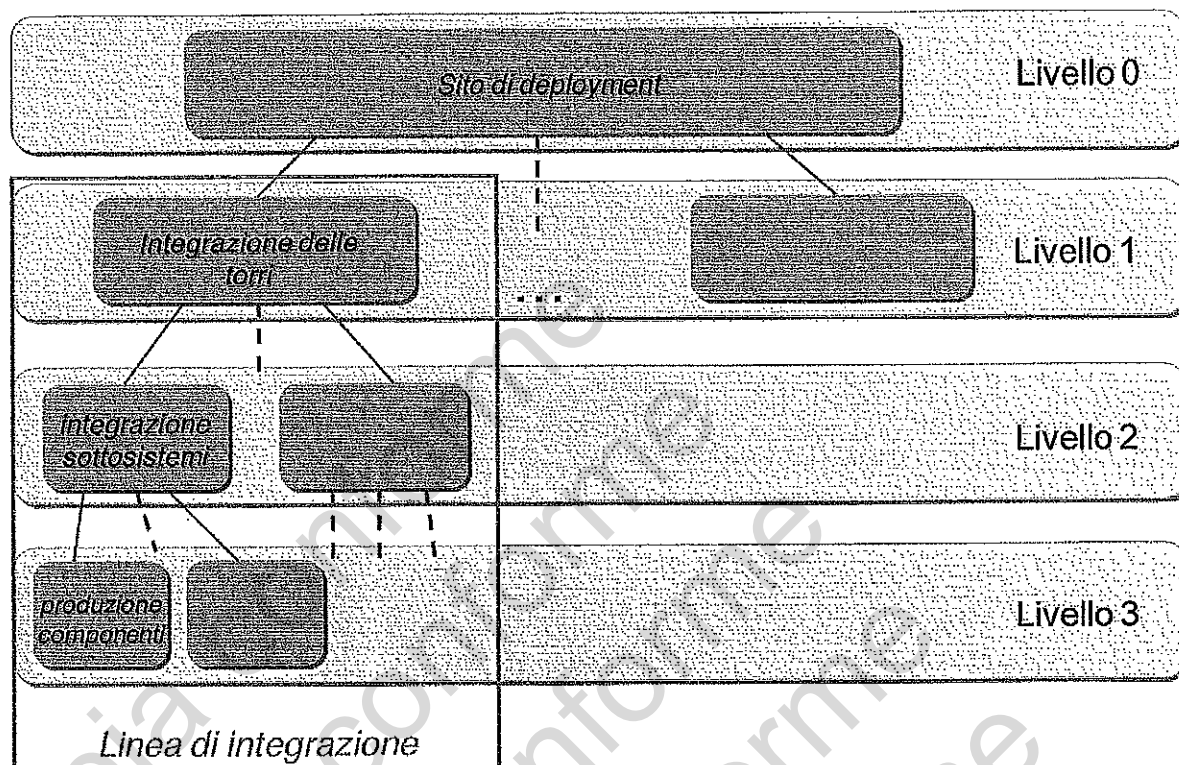
Per fornire una idea dei numeri dell'infrastruttura di ricerca, che rappresenterà, come già detto, la più grossa infrastruttura cablata e sottomarina mai realizzata al mondo riportiamo il seguente elenco di sottocomponenti o sistemi:

- Totale Moduli ottici: 2.400
- Totale piani: 1.200
- Totale idrofoni: 2.400
- Totale connettori elettro ottici sottomarini: circa 4.800
- Totale cavi elettro ottici (torri): circa 120 km

Per poter garantire la tempistica necessaria per il completamento del progetto è necessario avere a disposizione un adeguato numero di linee di integrazione:

- 4 linee di integrazione per le torri
- 1 linea di integrazione dedicata per le Junction Boxes

Questo, in particolare per le torri, permetterà di completare la produzione di una torre entro 1.5 mesi solari.



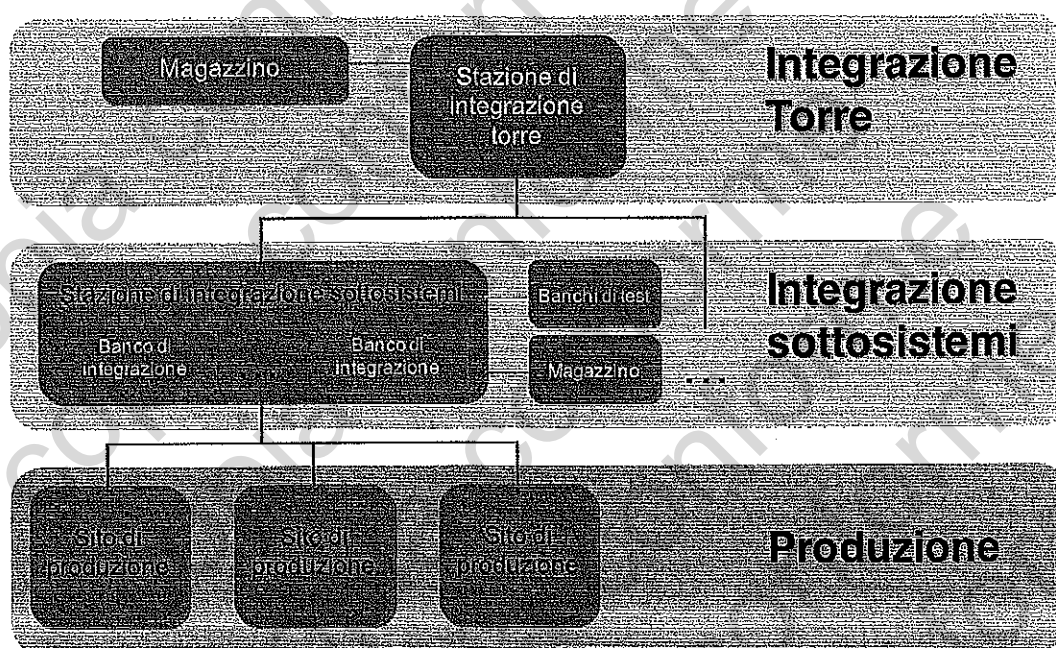
Ogni linea di integrazione della torre è composta da:

- Una stazione (Livello 1) di integrazione della torre
- Una serie di stazioni (Livello 2) di produzione di sottocomponenti
 - Le stazioni di Livello 2 possono essere dislocate in uno o più siti (es.: più laboratori in parallelo integrano ciascuno una parte dei componenti)
 - Un singolo sito può ospitare più di una stazione (es.: un laboratorio ospita più stazioni che operano in parallelo)
 - I siti possono essere sia "interni" a strutture INFN o in aziende "esterne" (capannoni industriali in affitto).
 - Ogni stazione deve avere a disposizione un sito di immagazzinaggio
- Un sito di immagazzinaggio per lo stoccaggio del materiale da utilizzare per la fase di integrazione
- Una camera iperbarica per test funzionante sino a 5000 metri

Per la realizzazione dell'infrastruttura saranno utilizzate:

- n.4 linee di integrazione per le torri
- n.8 linee di integrazione per i moduli ottici
- n.1 linea di integrazione per le Junction Box.

Nella figura sottostante è riportato lo schema di flusso della catena di produzione e integrazione della torre.



Vista la tempistica di integrazione della torre, è necessario che i sottocomponenti e sottosistemi di ogni singola torre siano prodotti e/o integrati entro 1 mese solare.

Per poter meglio gestire la programmazione delle varie fasi di produzione ed integrazione, si prevede, nello sviluppo del piano di progetto, di mantenere una contingency sui tempi pari al 30%, ovvero, su 20 giorni lavorativi [1 mese] circa 6 giorni lavorativi.

Qui di seguito sono analizzate le tempistiche di integrazione, gli spazi necessari ed il personale previsto per le varie fasi della costruzione del telescopio.

Linea di integrazione TORRE

- **Tempistica:** 1 torre in 1.5 mesi
- Al sito di integrazione giungeranno i sottosistemi ed i componenti prodotti già integrati e testati
- **Personale necessario per l'attività di assemblaggio** (composto da personale strutturato dell'INFN e da personale da assumere con contratti a tempo per le attività di realizzazione del progetto)
 - 1 Ingegnere meccanico
 - 1 Ingegnere elettronico
 - 2 tecnici elettronici con competenza in fibre ottiche
 - 3 tecnici meccanici
- **Personale necessario per le attività di test e caratterizzazione dei singoli piani e della struttura assemblata** (composto da personale strutturato dell'INFN e da personale da assumere con contratti a tempo per le attività di realizzazione del progetto)
 - 1 tecnico elettronico
 - 1 tecnico meccanico
 - 1 fisico per l'elaborazione dati ed analisi risultati
 - Responsabilità della linea: 1 laureato
- **Spazio Necessario:** circa 200 m² per linea in un unico ambiente

Stazione di integrazione MODULI OTTICI

- **Target:** 40 Moduli ottici in un mese
- **Tempo di integrazione di 1 OM:** 4 giorni
- Per soddisfare il rate di produzione richiesto per una linea sono necessari 8 banchi di integrazione (concentrati in un singolo sito o distribuiti su più siti)
- Ogni banco è equipaggiato con:
 - Dark box
 - Camera da vuoto

- Sistema di centraggio
- Stazione saldante
- Sistema acquisizione dati
- **Personale necessario per l'intera stazione** (composto da personale strutturato dell'INFN e da personale da assumere con contratti a tempo per le attività di realizzazione del progetto)
 - 16 tecnici a tempo pieno
 - 8 fisici/ingegneri elettronici per la fase di integrazione del modulo ottico
 - 8 fisici per la fase di test e caratterizzazione dei moduli ottici al termine dell'assemblaggio
- **Spazio Necessario:** circa 15 m² per banco + magazzino

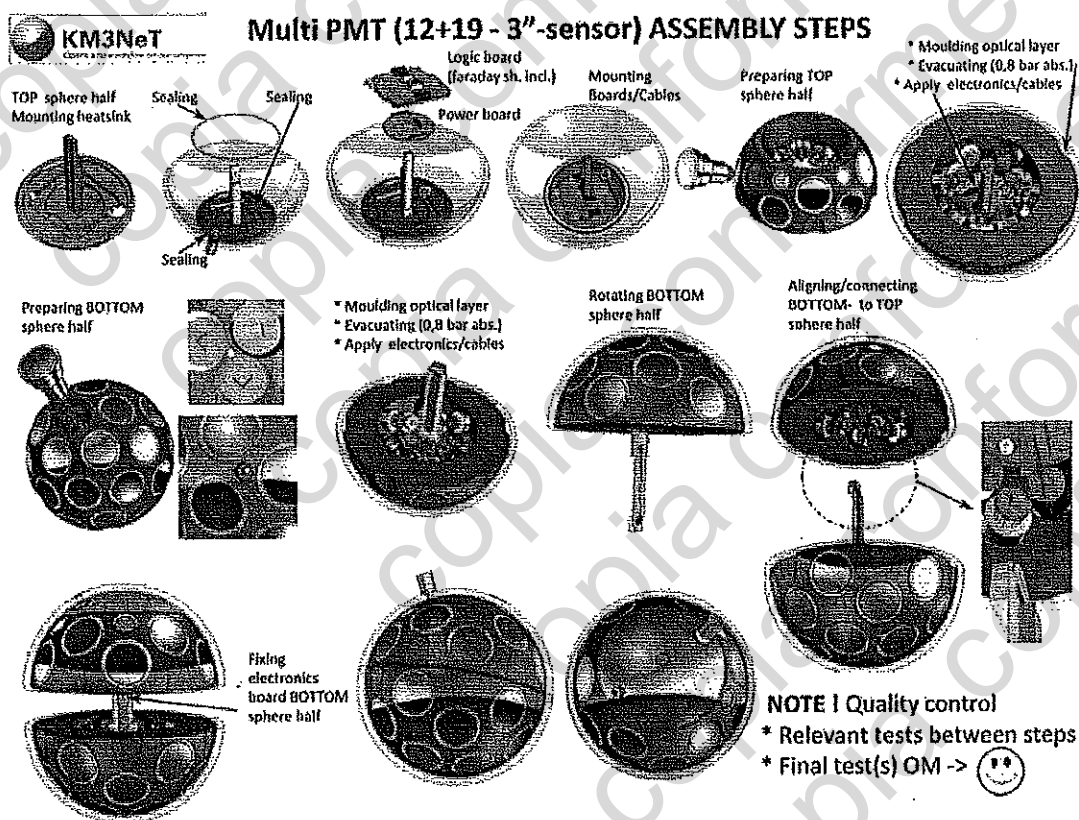


Figura 49: Sequenza di Integrazione del DOM.

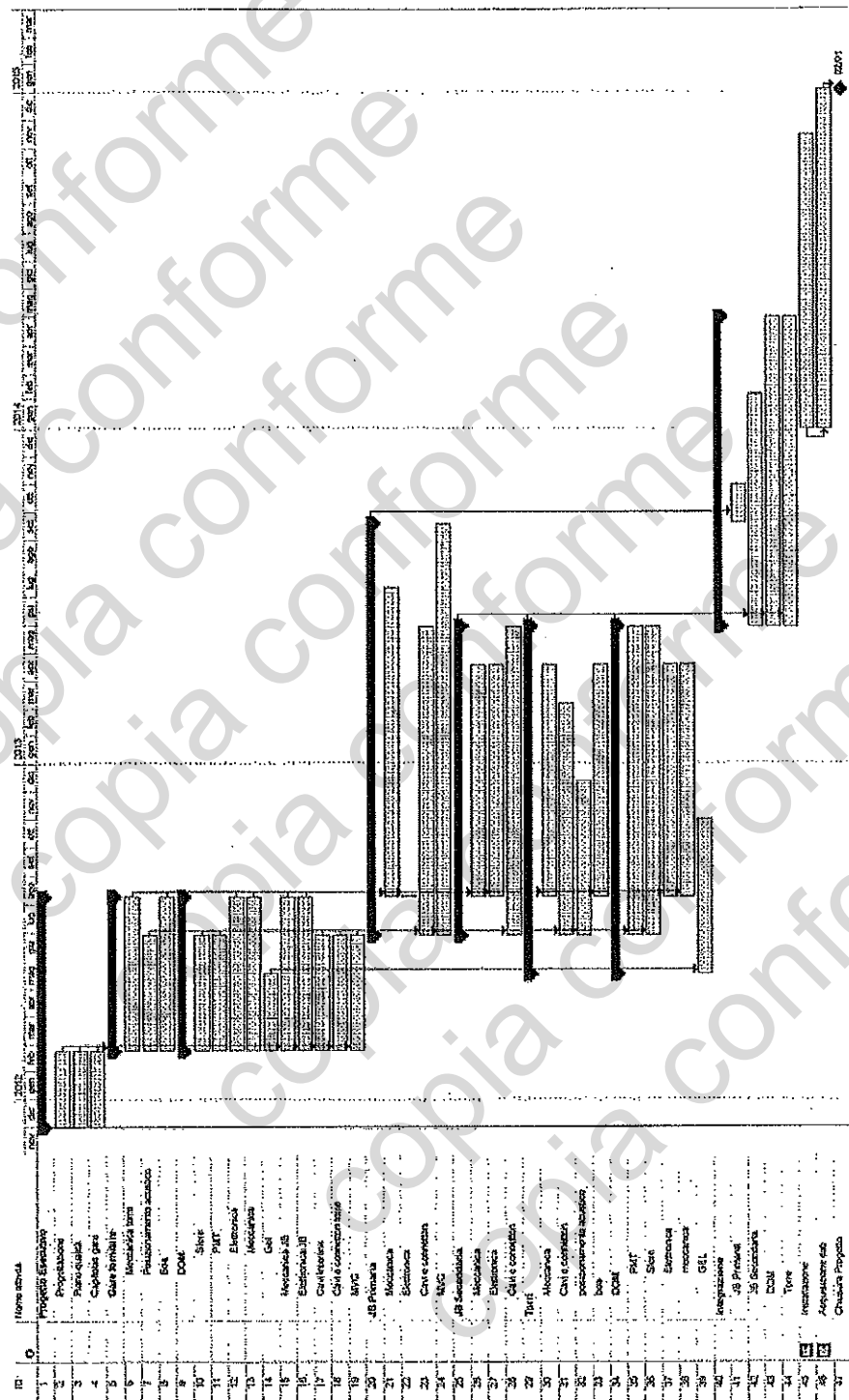
Linea di integrazione JUNCTION BOXES

Target: 8 Junction Boxes

- **Tempo di integrazione di 1 Junction Box:** 10 giorni
- **Necessaria una linea di assemblaggio dedicata**
- **Personale necessario per la stazione di integrazione JB**
 - 2 tecnici elettronici (con esperienza in splicing e misure su fibre ottiche)
 - 2 tecnici meccanici
 - 1 Ingegnere meccanico
 - 1 Ingegnere elettronico
- **Spazio Necessario:** circa 150 m² + magazzino

6.3 Tempistica

Si riporta qui di seguito il GANNT delle attività.



7 RILEVANZA DEL PROGETTO PER LE STRATEGIE DI SVILUPPO DEI LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

I Laboratori Nazionali del Sud (www.lns.infn.it) dell'INFN, situati a Catania, sono uno dei più importanti centri di ricerca italiani, principalmente dedicato agli esperimenti di fisica nucleare con fasci di ioni, leggeri e pesanti. A tale scopo i LNS sono dotati di due acceleratori di ioni: un TANDEM da 15 MV operante dal 1985 e un Ciclotrone Superconduttore operante dal 1990.

Per mantenere il livello di eccellenza internazionale che i LNS hanno raggiunto, è necessario aggiornare e potenziare le infrastrutture di ricerca orientandole su obiettivi prioritari che consentano di aprire nuove prospettive di ricerca avanzata.

Questa esigenza, già individuata alla fine degli anni '90, ha portato all'impegno dei LNS in un'imponente attività di Ricerca & Sviluppo con i progetti NEMO e KM3NeT, indirizzata all'avvio dell'astronomia con neutrini, settore di punta della fisica astroparticellare, ed alla partecipazione di un gruppo di ricercatori INFN alla realizzazione dell'apparato dimostratore ANTARES a Tolone (Francia).

Questo ha assorbito ingenti risorse finanziarie e umane, messe a disposizione sia dall'INFN che dal MIUR, attraverso i progetti LAMS e SIRENA, e dalla Comunità Europea, attraverso i progetti di Design Study e di Preparatory Phase di KM3NeT, finanziati attraverso il VI e VII Programma Quadro, ed ha consentito ai LNS di assumere un ruolo centrale nelle attività del settore anche a livello internazionale.

È impellente adesso passare alla fase di implementazione dell'infrastruttura progettata ed avviare la fase di sperimentazione e presa dati al fine di non vanificare l'imponente impegno di mezzi e di personale fino adesso impiegato e di permettere ai LNS di proiettarsi in un settore di ricerca di grande interesse ed eccellenza internazionale.

Pur avendo il suo centro di riferimento nei Laboratori Nazionali del Sud di Catania, la realizzazione e gestione dell'infrastruttura coinvolgerà diverse altre sedi dell'INFN, localizzate nell'intero territorio nazionale, tra cui due con sede nelle regioni della convergenza (Napoli e Bari).

Si ritiene che le tecnologie sviluppate e la realizzazione dell'infrastruttura di potenziamento potranno avere un impatto notevole sull'economia di diverse regioni della convergenza come più dettagliatamente descritto nei relativi documenti allegati al progetto.

8 COMPLEMENTARIETÀ E COERENZA DEL PROGETTO CON LA PROGRAMMAZIONE COMUNITARIA, NAZIONALE E REGIONALE IN MATERIA DI RICERCA ED INNOVAZIONE E COLLEGAMENTO CON INIZIATIVE DI CARATTERE COMUNITARIO E INTERNAZIONALE

La realizzazione del laboratorio sottomarino oggetto della presente domanda di agevolazioni, si inserisce nel quadro dell'iniziativa europea KM3NeT gestita da un consorzio europeo, avente la stessa denominazione, a cui partecipano 21 istituzioni di 10 paesi

Oltre all'Italia, rappresentata dall'INFN, sono presenti Cipro, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Olanda, Regno Unito, Romania e Spagna.

Il progetto sfrutta l'esperienza accumulata dai progetti pilota operanti nel Mar Mediterraneo (Antares, Francia; Nemo, Italia; Nestor, Grecia) e il know-how di altre discipline e industrie operanti ad alte profondità marine.

L'infrastruttura proposta installata al largo di Capo Passero, costituirà il nodo KM3NeT-Italia dell'infrastruttura europea KM3NeT che completerà il telescopio americano IceCube (che osserva l'emisfero Nord nelle profondità dei ghiacci dell'Antartide), consentendo di poter guardare alla parte di cielo che contiene la maggior parte delle sorgenti più interessanti tra cui il centro della nostra galassia.

La realizzazione di grandi Infrastrutture di Ricerca di eccellenza mondiale è uno degli assi strategici per la creazione e lo sviluppo dello Spazio Europeo della Ricerca, come riportato nella bozza del PNR 2010-2012. L'UE ha istituito nel 2002 un forum Europeo, denominato ESFRI (European Science Forum for Research Infrastructures), con il mandato di supportare un approccio coerente e strategico nei processi decisionali mirati alla realizzazione di nuove infrastrutture di ricerca di rilevanza pan-europea o globale.

In questo contesto il Consiglio Europeo ha dato mandato all'ESFRI di definire una roadmap strategica delle infrastrutture di ricerca. Come riportato nelle conclusioni del Consiglio Europeo di Competitività del 25-26 novembre 2004:

"This roadmap should describe the scientific needs for Research Infrastructures for the next 10-20 years, on the basis of a methodology recognised by all stakeholders, and take into account input from relevant inter-governmental research organisations as well as the industrial community. The Council stresses that this roadmap should identify vital new European research infrastructures of different size and scope, including medium-sized infrastructures in the fields of humanities and bio-informatics, such as electronic archiving systems for scientific publications and databases, covering all scientific areas as well as existing ones that need to be upgraded."

Grazie all'unicità del suo potenziale scientifico multidisciplinare e alla maturità del progetto dal punto di vista tecnologico, KM3NeT è stato selezionato nel 2006 dal panel di ESFRI tra le 35 infrastrutture di ricerca ad alta priorità ²¹ e successivamente confermato nei processi di revisione del 2008 ²² e del 2010 ²³.

KM3NeT è inoltre inserito con priorità elevata nella roadmap della fisica astroparticellare europea "Astroparticle Physics: the European Strategy" ²⁴, redatta dall'Astroparticle Physics European Coordination Committee (ApPECC). Questa roadmap analizza lo stato e le prospettive dei principali temi di ricerca del campo e identifica sette progetti prioritari, tra cui KM3NeT. Nelle sue conclusioni il documento riporta che:

"The priority project for high energy neutrino astrophysics is KM3NeT. Encouraged by the significant technical progress of recent years, the support for working towards KM3NeT is confirmed. Resources for a Mediterranean detector should be pooled into a single optimised design for a large research infrastructure, with installation starting in 2012. The sensitivity of KM3NeT must substantially exceed that of all existing neutrino detectors including IceCube."

Anche la roadmap dell'astrofisica europea "The ASTRONET Infrastructure Roadmap: a strategic plan for European Astronomy" ²⁵ identifica KM3NeT tra i progetti di alta priorità la cui realizzazione è considerata essenziale per il progresso della nostra conoscenza dell'Universo.

La rilevanza europea del progetto è suffragata inoltre dalla circostanza che le attività di studi e ricerche preparatori sono state oggetto di due finanziamenti comunitari: uno di "Design Study" nell'ambito del VI Programma Quadro ed uno di "Preparatory Phase" nell'ambito del VII Programma Quadro, cofinanziati dalla EC rispettivamente con 9 e 5 milioni di euro.

Il Design Study ha studiato le soluzioni tecnologiche proposte dai membri del consorzio e definito un disegno tecnico preliminare. La successiva Preparatory Phase, il cui coordinamento è affidato all'INFN e in particolare ai LNS, ha come obiettivo la definizione degli aspetti legali, finanziari e di governance, nonché l'organizzazione della produzione.

Nell'ambito del progetto Preparatory Phase è stato recentemente portato a termine un processo mirato alla scelta tra le varie opzioni arrivando alla proposta di una unità di rivelazione con struttura a "torre" del tipo sviluppato dalla collaborazione italiana equipaggiata con moduli ottici multi-PMT di avanzata concezione.

Coerentemente con questo schema la collaborazione europea KM3NeT ha avviato la costruzione di un "pre-production model" dell'unità di rivelazione modulare del telescopio.

²¹ http://ec.europa.eu/research/infrastructures/pdf/esfri/esfri_roadmap/roadmap_2006/esfri_roadmap_2006_en.pdf

²² http://ec.europa.eu/research/infrastructures/pdf/esfri/esfri_roadmap/roadmap_2008/esfri_roadmap_update_2008.pdf

²³ http://ec.europa.eu/research/infrastructures/pdf/esfri-strategy_report_and_roadmap.pdf

²⁴ http://www.aspera-eu.org/images/stories/Roadmap/ASPERA_ROADMAP.pdf

²⁵ http://htdocs.factory02.com/astronet/IMG/pdf/Astronet-Book_light.pdf

A livello nazionale il Programma Nazionale della Ricerca 2011-2013²⁶ identifica nella roadmap italiana, collegata alla roadmap europea ESFRI, lo strumento per definire gli obiettivi di internazionalizzazione necessari per garantire il futuro economico e competitivo del paese.

Un'attenzione particolare è rivolta nel PNR 2011-2013 alle strategie di rafforzamento delle basi scientifiche e tecnologiche del sistema economico e produttivo del Mezzogiorno e in particolare agli strumenti atti a favorire l'internazionalizzazione della ricerca nelle regioni del Mezzogiorno. A tal proposito, nel PNR si menziona come *"la realizzazione di questi obiettivi passi anche attraverso l'impiego del PON Ricerca e Competitività, a sostegno delle grandi infrastrutture di ricerca pan-europee localizzate nelle Regioni Convergenza, in linea con le indicazioni di ottimizzazione dei fondi strutturali per queste finalità"*.

La prima "Roadmap Italiana delle Infrastrutture di Ricerca di interesse pan-europeo"²⁷ pubblicata nel 2010 *"delinea il quadro delle competenze e della presenza italiane nelle infrastrutture europee selezionate dal Forum ESFRI e individua opzioni di valorizzazione e potenziamento di laboratori ed impianti nazionali per i quali si prefiguri rilevanza pan-europea ed efficace inserimento nello Spazio Europeo della Ricerca"*. La roadmap identifica KM3NeT tra le infrastrutture di ricerca pronte per la fase di implementazione. In un'analisi dei possibili strumenti finanziari, la stessa roadmap menziona la possibilità di utilizzo di Fondi Strutturali per la costruzione di quelle infrastrutture in cui siano coinvolti Stati Membri ammessi all'uso di tali fondi.

Il progetto KM3NeT è inserito nel Piano Triennale dell'INFN²⁸ tra le infrastrutture di ricerca che l'Istituto intende realizzare nei prossimi anni.

È convinzione dei proponenti del progetto che la sfida posta dalla realizzazione di un laboratorio sottomarino può essere vinta unendo, con un'intensa e stretta attività di collaborazione, le competenze dei soggetti operanti nel campo della ricerca scientifica e quelle delle imprese operanti nel campo delle tecnologie sottomarine.

I risultati delle ricerche che si intende condurre grazie alla realizzazione del laboratorio sottomarino non solo saranno un formidabile strumento per la comprensione del Mar Mediterraneo e degli ambienti oceanici in generale ma potrebbero anche essere utilizzati in previsione di un più razionale sfruttamento delle risorse nei limiti della tutela ambientale.

Inoltre l'infrastruttura potrà costituire la piattaforma tecnologica per l'installazione di stazioni scientifiche per lo studio delle scienze della Terra e del Mare. In particolare potrà costituire un nodo importante in un network globale di osservatori sottomarini integrato con la rete EMSO (European Multidisciplinary Seafloor Observatory), che è un'altra delle grandi infrastrutture europee di ricerca individuate da ESFRI e coordinata dall'INGV.

²⁶http://www.miur.it/Documenti/ricerca/pnr_2011_2013/PNR_2011-2013_23_MAR_2011_web.pdf

²⁷http://www.ricercainternazionale.miur.it/media/3151/roadmap_infrastrutture.pdf

²⁸<http://www.presid.infn.it/PT1113.pdf>

Si segnala inoltre che il MIUR e la Regione Sicilia hanno contribuito alle attività di ricerca e sviluppo propedeutiche alla realizzazione dell'infrastruttura attraverso finanziamenti ad hoc come il progetto LAMS sul PON 2000-2006, il progetto SIRENA su fondi MIUR e il progetto PEGASO sul POR Sicilia 2000-2006. All'INFN è stato assegnato, con il Decreto Ministeriale per il riparto del fondo ordinario per gli enti di ricerca 2010, € 1.000.000 quale assegnazione finalizzata alla realizzazione dell'infrastruttura di ricerca KM3NeT.

Nell'ambito del PON 2007-2013, decreto direttoriale del 18.01.2010, l'INFN insieme all'INGV e ad una compagine composta da PMI siciliane e enti di ricerca nazionali ha presentato un progetto per lo sviluppo di sensori e sistemi per il monitoraggio multidisciplinare sottomarino con l'obiettivo di accrescere e potenziare la competitività delle aziende co-partecipanti al progetto nel settore strategico delle tecnologie marine.

L'INFN ha inoltre aderito al Distretto AMAR - Distretto Tecnologico dell'Ambiente Marino della Sicilia, presentato al MIUR nell'ambito del PON 2007-2013 ed attualmente in fase di valutazione.

Il Distretto si occuperà di creare un'aggregazione sistemica a livello regionale (Sicilia) tra Istituzione di Ricerca (tra i quali figura anche l'INFN), Università e sistema di imprese per sollecitare la cooperazione, le sinergie, lo sviluppo di nuove idee e prodotti nell'ambito del settore marino.

Il Progetto KM3NeT-Italia si porrà come un importante tassello per lo sviluppo del distretto. Le tecnologie richieste per la realizzazione di KM3NeT-Italia potranno infatti essere sviluppate nell'ambito del Distretto, mediante la stretta cooperazione tra enti di ricerca e aziende e permetterà a queste ultime di poter mettere, in tempi relativamente brevi, sul mercato, prodotti di avanguardia di estremo interesse per le società off-shore e di telecomunicazioni.

La rilevanza del progetto KM3NeT e l'importanza che esso rivestirebbe per lo sviluppo economico, imprenditoriale e sociale della Sicilia è stata recepita dal Governo della Regione Siciliana che, per voce del suo Presidente On. Lombardo, ha sottolineato in una lettera al Presidente dell'INFN come il progetto KM3NeT *"rappresenti per la Sicilia una occasione importantissima per accogliere una infrastruttura di ricerca di eccellenza internazionale"* ed ha espresso *"il forte interesse a sostenere ... la realizzazione del progetto KM3NeT sul Suo territorio"*.

Per le ragioni esposte appare di tutta evidenza che il progetto soddisfi i requisiti posti dall'Avviso in termini di complementarietà e coerenza sia con la programmazione nazionale e comunitaria che con la programmazione regionale in materia di ricerca.

Si sottolinea inoltre che il finanziamento previsto dalla Misura oggetto dell'Avviso pubblico costituirà l'elemento determinante in ordine alla realizzabilità dell'infrastruttura che rappresenta il naturale investimento di potenziamento delle strutture di ricerca già presenti presso i LNS dell'Istituto.

9 COERENZA DEL PROGETTO CON I PRINCIPI DI PARI OPPORTUNITÀ E NON DICRIMINAZIONE, ACCESSIBILITÀ PER LE PERSONE DISABILI E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

9.1 Pari opportunità

Per quanto concerne gli aspetti relativi alle pari opportunità, in tutte le attività previste per la realizzazione e gestione dell'infrastruttura oggetto del presente progetto di potenziamento e del progetto di formazione correlato, si seguiranno le procedure e indicazioni predisposte dall'INFN in materia.

L'INFN ha approvato in attuazione delle legge 125/91 (art. 7, comma 6, D. Lgs 196/2000; art. 7, comma 5), dei **Piani Triennali di Azioni Positive**, che identificano un insieme coordinato di misure concrete utili a rimuovere gli ostacoli che di fatto impediscono la realizzazione delle pari opportunità, anche sotto forma di misure che prevedano vantaggi specifici a favore del sesso sottorappresentato.

Questo è un programma coordinato di azioni positive per:

- la rimozione degli ostacoli che di fatto impediscono la piena realizzazione di pari opportunità di lavoro e nel lavoro tra uomini e donne
- la promozione dell'inserimento delle donne nei settori e nei livelli professionali nei quali esse sono sottorappresentate
- il riequilibrio della presenza femminile nelle attività e nelle posizioni gerarchiche ove sussiste un divario fra generi non inferiore a due terzi.

L'INFN in attuazione della Raccomandazione della Commissione Europea del 27 novembre 1991 n. 92/131 sulla tutela della dignità delle donne e degli uomini sul lavoro, e ispirandosi alla Risoluzione del Parlamento Europeo del 20 settembre 2001 n. 2001/2339 sul *mobbing* sul posto di lavoro ha approvato con delibera C.D. n. 8282 del 31.10.2003, in attuazione del Piano Triennale Azioni Positive (PTAP) 2002-2004 dell'INFN, un Codice di Comportamento a tutela della qualità dell'ambiente di lavoro e a protezione dei diritti fondamentali (dignità, libertà, uguaglianza) degli uomini e delle donne. Il codice si prefigge l'obiettivo di prevenire gli atti e i comportamenti, ivi incluse le molestie sessuali, lesivi della dignità della persona e, nel caso in cui essi si verificano, si pone a garanzia di un ricorso a procedure adeguate per affrontare il problema ed evitarne recrudescenze.

In accordo al Codice all'interno dell'INFN è stata istituita la figura del Consigliere di Fiducia. Il Consigliere di Fiducia è una persona, esterna all'istituto e scelto tra le persone che possiedono

l'esperienza e l'indipendenza idonee a svolgere il compito previsto, incaricato di fornire consulenza e assistenza ai dipendenti che sono oggetto dei comportamenti di lesivi della dignità di una persona.

Nel 2007 la Consiglieria ha proposto, in collaborazione con il CPO e altri soggetti, secondo quanto previsto dall'Accordo Quadro Europeo (Bruxelles, 8 ottobre 2004), il progetto biennale "Management e benessere" sul tema del benessere organizzativo e rischio stress lavoro-correlato. Partendo da indagini di clima organizzativo promosse dal Dipartimento della Funzione Pubblica il progetto ha effettuato dei sondaggi in quattro sedi pilota dell'Istituto (INFN Padova, Roma 1, Lecce, LNS) con l'obiettivo di valutare e tenere sotto controllo tutti i possibili fattori di stress legati all'organizzazione del lavoro e ai rapporti interpersonali, attraverso l'analisi, gli aspetti che possono essere affrontati e migliorati con azioni correttive. I risultati provenienti dalle valutazioni delle prime quattro sedi hanno mostrato che non esiste alcuna sofferenza del personale per quanto riguarda lo stress lavoro-correlato.

9.2 Accesso per le persone disabili

In merito all'accesso per le persone disabili, si segnala che tutte le infrastrutture coinvolte nel presente progetto (LNS, stazione di terra a Portopalo di Capo Passero, stazione di terra al porto di Catania) sono adeguate alla normativa vigente in merito all'abbattimento delle barriere architettoniche.

9.3 Sostenibilità ambientale

Con riferimento alla sostenibilità ambientale dell'intero investimento si segnala che durante la fase di installazione l'impatto principale sarà dovuto al trasporto delle strutture sul sito ed alle operazioni di installazione. Nonostante le dimensioni dell'apparato, la quantità di materiale da trasportare sul sito è modesta (equivalente a circa 100 container da 20') rispetto al traffico usuale di porti come quello di Catania. Inoltre sarà distribuita nell'arco di alcuni anni. Per quanto concerne l'installazione, saranno richiesti i necessari permessi per consentire alle navi che eseguiranno la posa di operare per tempi lunghi sul sito. Nel complesso l'impatto durante questa fase si può considerare minimo.

Il cavo elettro-ottico principale, che collega il sito sottomarino alla costa, è già stato installato nel 2007 rispettando le regolamentazioni per quanto riguarda in particolare la zona sotto costa.

Durante il periodo di operazione dell'infrastruttura non ci sarà alcuna evidenza della sua presenza in superficie. La parte superiore delle strutture si troverà a più di 2500 metri sotto la superficie del mare, molto oltre le profondità di interesse per le attività di navigazione e pesca. Ad ogni modo sarà opportuno limitare nella zona circostante l'infrastruttura alcune pratiche di pesca che

prevedono l'abbandono di materiali che affondando possono rappresentare un problema per l'infrastruttura. Questo aspetto, che comunque concerne una zona di mare molto limitata, sarà concordato con le autorità marittime e con gli operatori interessati.

Nonostante le sue dimensioni, l'apparato non rappresenterà un ostacolo per la vita abissale. Essendo un apparato passivo, la sua interazione con l'ambiente è minima. Solo il sistema di posizionamento acustico produce suoni in un intervallo di frequenze udibile dai grossi cetacei. L'intensità sonora è comunque limitata rispetto alle altre sorgenti antropiche come navigazione e sondaggi.

Al termine del suo periodo di operazione, della durata prevedibile di circa 15 anni, l'infrastruttura sarà completamente smantellata e recuperata. Dopo lo smantellamento non resterà alcuna evidenza della sua presenza.

10 IL PIANO ECONOMICO DEL PROGETTO

La realizzazione del progetto Km3Net Italia prevede un investimento complessivo, per la progettazione, produzione, integrazione, installazione del sistema, di € 44.098.000,00 come di seguito sinteticamente rappresentato.

	Tipologia di spesa	Item	Componente	Sottocomponente	Quantità	Costo Unitario	Costo Complessivo
INFRASTRUTTURA SOTTOMARINA							
A		Torre			60		
A.1	AS		Ancora		60	€ 10.000,00	€ 600.000,00
A.2	AS		Piano		1200	€ 750,00	€ 900.000,00
A.3	AS		Modulo ottico		2400		
A.3.1	AS			Sfera vetro	2400	€ 400,00	€ 960.000,00
A.3.2	AS			PMT	74400	€ 150,00	€ 11.160.000,00
A.3.3	AS			Mechanica	2400	€ 1.200,00	€ 2.880.000,00
A.3.4	AS			Elettronica	2400	€ 1.500,00	€ 3.600.000,00
A.3.5	AS			Connettori	2400	€ 300,00	€ 720.000,00
A.4	AS		Posizionamento acustico				
A.4.1	AS			Idrofoni	2400	€ 800,00	€ 1.920.000,00
A.4.2	AS			Software	1	€ 100.000,00	€ 100.000,00
A.4.3	AS			Beacon acustici	13	€ 14.000,00	€ 182.000,00
A.5	AS		Cime di tensionamento (metri)		240000	€ 1,90	€ 456.000,00
A.6	AS		Dorsale		120	€ 55.000,00	€ 6.600.000,00
A.7	AS		Modulo di base torre		60	€ 1.500,00	€ 90.000,00
A.8	AS		Base torre		60	€ 1.500,00	€ 90.000,00
A.9	AS		Boa		60	€ 20.000,00	€ 1.200.000,00
B		Junction Box			8		
B.1	AS		Mechanica		8	€ 65.000,00	€ 520.000,00
B.2	AS		Elettronica acquisizione		8	€ 80.000,00	€ 640.000,00
B.3	AS		Elettronica potenza		8	€ 80.000,00	€ 640.000,00
B.4	AS		Connettori		8	€ 280.000,00	€ 2.240.000,00
C		Sistema di connessione rete di fondo			1		
C.1	AS		Cavi interconnessione		73	€ 50.000,00	€ 3.650.000,00
D		Junction Box principale			1		
D.1	AS		Alimentatore		1	€ 500.000,00	€ 500.000,00
D.2	AS		Contentore		1	€ 120.000,00	€ 120.000,00
D.3	AS		Sistema connessione		1	€ 280.000,00	€ 280.000,00
D.4	ST		Deployment / recupero		1	€ 300.000,00	€ 300.000,00
INFRASTRUTTURA DI TERRA							
H		Servizi consulenza					
H	ST		operazioni di deployment e connessione		1	€ 2.040.000,00	€ 2.040.000,00
PERSONALE							
M	ST	Personale con contratto ex art 23			40	€ 40.000,00	€ 1.600.000,00
STUDI DI MERCATO							
	SM	Studio di mercato/ Piano Industriale/ Missioni Internazionali/ Nuova imprenditorialità			1	€ 110.000,00	€ 110.000,00
TOTALE PROGETTO							€ 44.098.000,00

Legenda

- ST** Spese tecniche
- AS** Attrezzature e strumentazioni
- SM** Studi di mercato/Piano Industriale/Missioni Internazionali/Sviluppo nuova imprenditorialità

Si riportano qui di seguito i criteri seguiti per la determinazione di alcune categorie di costi di progetto :

Analisi di dettaglio dei costi delle operazioni di posa ed installazione del telescopio

Come descritto in dettaglio Km3NeT-Italia necessita per la sua realizzazione e completamento di un supporto di personale tecnico altamente qualificato in grado di seguire le varie fasi del progetto:

1. Progettazione
 - a. progettazione procedure di posa ed installazione
 - b. progettazione layout di fondo del telescopio
 - c. progettazione rete acquisizione dati a terra
 - d. progettazione SW di elaborazione dati
2. Direzione Lavori
 - a. integrazione Torre Linea 1, 2, 3, 4
 - b. Integrazione Moduli Ottici Linea 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
 - c. Integrazione Junction Box
3. Collaudo
 - a. Test e collaudo Torre Linea 1, 2, 3, 4
 - b. Test e collaudo moduli ottici
 - c. Test e collaudo Junction Box
 - d. Test e collaudo Telescopio

in particolare per le fasi del progetto sono necessarie le figure professionali riportate nella sottostante tabella.

Item	Quantità	Durata stimata dell'attività
1.a	2	6 mesi
1.b	2	6 mesi
1.c	2	6 mesi
1.d	2	24 mesi
2.a	4	24 mesi
2.b	8	24 mesi
2.c	1	24 mesi
3.a	4	12 mesi
3.b	1	12 mesi
3.c	1	12 mesi
3.d	1	12 mesi
Numero complessivo risorse	28	
Quantità complessiva di anni uomo	40	

Il costo medio annuale di un contratto ex. art 23 è pari a circa 40.000 euro.

La somma complessiva di personale prevista nel progetto è pari quindi a circa **1.600.000**

Analisi di dettaglio dei delle operazioni di posa ed installazione del telescopio

I costi per le operazioni di posa sono rappresentati dai costi di noleggio del mezzo navale necessario ad effettuare le attività di carico della strumentazione, trasporto sul sito ed installazione e connessione sul fondo del mare.

Mezzi navali come quelli descritti nel capitolo dell'installazione del telescopio hanno dei costi di mercato che oscillano intorno ai 30.000 euro al giorno completi di personale e di costi carburante.

Le operazioni da effettuare per l'installazione del telescopio sono:

1. installazione JB primaria
2. installazione JB secondarie
3. installazioni torri

La prima operazione è quella che si differenzia principalmente dalle altre. L'attività prevede infatti una durata complessiva tra operazioni di carico, attraversamento, recupero cavo, taglio, installazione JB primaria, posa e rientro nave di circa 10 giorni per un importo complessivo di circa 300.000 euro.

Le altre operazioni si possono considerare come standard, nei termini di tempi e modalità di esecuzione.

Per ognuna delle 68 componenti (60 torri + 8 JB secondarie) bisogna considerare una durata media di operazione pari ad 1 giorno per cui il costo complessivo delle operazioni navali sarà di circa 2.040.000 euro

11 ALLEGATI

Si riportano qui di seguito i principali documenti alla base delle valutazioni economiche dei costi più significativi del progetto di potenziamento strutturale, con la doverosa specifica che tutte le forniture verranno assoggettate alle procedure previste dal D.Lgs. 12 aprile 2006 n.163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture".

GALLI & MORELLI Srl

Via Cristofani, 550 - loc. Acquacalda 55100 WCCA
P.I. 01002470464



Tel. 0583-954337
Fax 955273

Data 12/07/2011

Spett. INFN

Offerta

Da : Carlo Galli

C.A. Sig. Papaleo

Oggetto : Offerta

Con la presente vi rimettiamo la nostra migliore offerta per :

- Nr. 1200 piani torre come dis. in ns. mani Cad. € 700,00
- Nr. 60 ancora torre come dis. in ns. mani cad. € 10.000,00
- Nr. 60 contenitore di base torre come dis. in ns. mani cad. € 1.000,00

Consegna : secondo Vs. esigenze

Resa : Ns stabilimento

Imballo : compreso

Trasporto : Vs carico

Destinazione : / / /

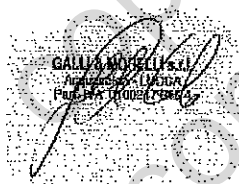
Garanzia : secondo Vs. condizioni

Pagamento : Vs. solito

Banca : / / /

Con l'occasione porgiamo distinti saluti.

TIMBRO E FIRMA



Vincenzo M. Pugliesi IDC

Da: "Papaleo LNS" <papaleo@lms.infn.it>
A: "Vincenzo Pugliesi" <vpugliesi@mcclink.it>
Cc: "Migneco Emilio" <migneco@lms.infn.it>; "Paolo Piattelli" <Piattelli@lms.infn.it>
Data invio: mercoledì 27 luglio 2011 16.04
Oggetto: I: ROM system quote
qui in allegato quotazione:
- sistema di cablaggio torri
- cavi e connettori JB primaria e secondaria

saluti
riccardo

Da: Kevin Hall [mailto:Kevin@seaconeurope.com]
Inviato: venerdì 22 luglio 2011 21:21
A: Papaleo LNS
Cc: David Parker; Craig Smith; Malcolm Hughes
Oggetto: ROM system quote

Hi Riccardo
Sorry for the delay but I have been travelling today and not long been in.

We have quoted 4 options for the DU portion but the cables going to the DU are as one option

Main Cable to MJB
48 channel Hydralight pair including termination £128,933.00

Cable assembly MJB to SJB containing 6 fibres and 2 5AWG conductors
Note optic and electric split on separate wet mate connectors back to back quantity 5 to 8 off
Cable assembly including all termination to free issue cable £81,079.56 each cable assembly

Cable assembly SJB to DU base containing 4 fibres and 2 5AWG conductors
Note optic and electric split on separate wet mate connectors one end and single penetrator the other end
quantity 40 to 60 off
Cable assembly including all termination to free issue cable £29,149.78 each cable assembly

DU options including back bone cable with low cost penetrators, low cost plastic break out boxes, sphere penetrators, and optical connector assemblies prices based on 60 off DU units lower quantity prices

Option 1a
2 back bones bottom optical fan out
£136,289.73 each DU assembly

Option 1b
2 back bones centre optical fan out
£137,105.73 each DU assembly

Option 2a
Single back bone bottom optical fan out
£112,969.73 each DU assembly

Option 2b
Single back bone centre optical fan out
£114,649.73 each DU assembly

We trust this information aids you with your endeavours but if you should require any points clarified please do not hesitate to contact me. Once the formal RFQ and spec are available we will revise our quotation accordingly and supply our formal response.

Many thanks Kevin

28/07/2011

Vincenzo M. Pugliesi IDC

Da: "Papaleo LNS" <papaleo@lns.infn.it>
A: "Vincenzo Pugliesi" <vpugliesi@molak.it>
Cc: "Migneco Emilio" <migneco@lns.infn.it>; "Paolo Piattelli" <Piattelli@lns.infn.it>
Data invio: giovedì 28 luglio 2011 10:58
Allega: pic28703.jpg
Oggetto: I: R: R: quotazione

-----Messaggio originale-----

Da: aversa@hamamatsu.it [mailto:aversa@hamamatsu.it]
Inviato: martedì 12 luglio 2011 12:08
A: Papaleo LNS
Cc: giovenale@hamamatsu.it; "Sebastiano Aiello"; valacchi@hamamatsu.it
Oggetto: Re: R: R: quotazione

Caro Ing. Papaleo,
ho ricevuto oggi la conferma da parte del collega Giapponese che i costi previsti per il PMT da 3" in sviluppo saranno uguali a quelli che Vi ho dato durante i nostri ultimi incontri.
In particolare quindi, considerando un legame cambio 1€=110Yen, si ha:

50.000pcs - 99.999pcs 150€

Se vuole ci possiamo sentire telefonicamente per parlarne.
Cordiali Saluti

Massimo Aversa

(Embedded image moved to file: pic28703.jpg)Logo Hamamatsu

HAMAMATSU PHOTONICS ITALIA S.r.l.

Rome Office
Viale Cesare Pavese, 435
00144 Roma
tel. +39 06 50513454
fax. +39 06 50513460
aversa@hamamatsu.it
www.hamamatsu.it

This message contains information that may be privileged or confidential and is the property of Hamamatsu Photonics Italy s.r.l. It is intended only for the person to whom it is addressed. If you are not the intended recipient, you are not authorized to read, print, retain, copy, disseminate, distribute or use this message or any part thereof. If you receive this message in error, please notify the sender immediately by reply e-mail and delete all copies of this message. Thank you for your cooperation.

"Papaleo LNS"
<papaleo@lns.infn.it>

28/07/2011

OFFERTA ECONOMICA

DESCRIZIONE		QUANTITA'			PREZZO UNITARIO	TOTALE €
		IN LINEA	SCORTA	TOTALE		
SEZIONE L2-1: APPARATI SOTTOMARINI						
1	APPARATI SOTTOMARINI					
1.1	BU	1.00	0.00	1.00	370.000	370.000
1.2	Wet Mating Connector 20V/21 hp	2.00	1.00	3.00	51.839	154.917
1.3	Dry Mating Connector 10 kV	1.00	1.00	2.00	20.909	40.916
1.4	Dry Mating Connector 2hp	1.00	1.00	2.00	13.525	27.050
1.5	OTA	1.00		1.00	176.071	176.071
1.6	DCDC Converter	1.00	1.00	2.00	177.419	354.839
TOTALE SEZIONE L2-1: APPARATI SOTTOMARINI						7.142.714
SEZIONE L2-2: STRUTTURA ALLOGGIAMENTO						
2	STRUTTURA DI ALLOGGIAMENTO					
2.1	DCDC CONVERTER HOUSING	1.00		1.00	15.000	15.000
TOTALE SEZIONE L2-2: STRUTTURA DI ALLOGGIAMENTO						15.000
SEZIONE L2-3: APPARATI DI TELEALIMENTAZIONE						
3	APPARATI SOTTOMARINI					
3.1	PFE Homologuer (10 KW)	1.00		1.00	187.500	187.500
3.2	PFE Spare kit	1.00		1.00	18.750	18.750
3.3	Situarazione a Stand Alone Testing PFE	1.00		1.00	27.040	27.040
TOTALE SEZIONE L2-3: APPARATI DI TELEALIMENTAZIONE						233.290

N.B. Offerta Alcatel su precedenti installazioni presa a parametro di valutazione.



TELEDYNE ODI
A Teledyne Technologies Company

- Quotation # 17227 -

Teledyne ODI, Inc. (ODI) is pleased to offer the following quotation:

Date:	29 December 2010
To:	Istituto Nazionale Di Fisica Nucleare - Genova
Attn:	Andrea Bersani
Re:	

The following pricing includes Teledyne ODI's standard Factory Acceptance Testing (FAT) in accordance with our latest FAT procedures.

		Conn/Assy Qtys		Istituto Nazionale Di Fisica Nucleare - Genova
	No. of INFN Line	Unit	Qty Per Line	Line Item Total
Item	Items		Item	Price
1	1			
1.1	1		1	1
1.2	1		1	1
1.3	1		1	1
1.4	1		1	1
1.5	1		1	1
1.6	1		1	1
1.7	1		1	1
1.8	1		1	1
1.9	1		1	1
1.10	1		1	1

17227INFN.doc

Page 1 of 7

**TELEDYNE ODI**

A Teledyne Technologies Company

	No. of INFN Line	Unit	Qty Per Line	TOTAL	Line Item Total
Item	Items		Item	QTY	Price
2	1	100M x 40/2E Hybrid Jumper Assembly - Consisting Of:			\$72,787
2.1	1	4SM/2E NRH ROV Cable End Receptacle (Electrical Pin Contacts) with 90° Integral Hose Termination, and Enhanced Latch Finger Indicator - Titanium CP, Gr2 Shell	1	1	
2.2	1	5m x 4 each 900µm fiber x 2 each 16AWG wire -6 Integral Fluid Filled Hose Assembly	1	1	
2.3	1	1 In / 1 Out Splice Can with Integral Fiber Management with 1 ATM Fuse Assembly Canister - Titanium CP, Gr2 Shell	1	1	
2.4	1	90m x 4 each 900µm fiber x 2 each 16AWG wire -6 Integral Fluid Filled Hose Assembly	1	1	
2.5	1	1 In / 1 Out Splice Can with Integral Fiber Management with 1 ATM Fuse Assembly Canister - Titanium CP, Gr2 Shell	1	1	
2.6	1	5m x 4 each 900µm fiber x 2 each 16AWG wire -6 Integral Fluid Filled Hose Assembly	1	1	
2.7	1	4SM/2E NRH ROV Cable End Receptacle (Electrical Pin Contacts) with 90° Integral Hose Termination, and Enhanced Latch Finger Indicator - Titanium CP, Gr2 Shell	1	1	
3	1 to 5	Enhanced Gross Alignment Funnel Guide Kits	1	1	\$1,212

Note: Price and delivery based on customer supplied fuse assemblies in accordance with Drawing document number 182469.

Note: For item 3, a quantity of one is required for Option 1, and a quantity of two is required for Option 2.

Note: Teledyne ODI is not responsible for the thermal performance of the customer supplied fuse assembly.

Note: Option 1 and Option 2 are rated for a maximum operating depth of 3500 meters.

Delivery 21 weeks from Receipt of Order, Based on the Following:-

- General Arrangement Drawing Provided For Customer Review Within 6 Weeks of P.O.
- * Customer Approval of General Arrangement Drawings within 1 Week of Drawing Submission.

Product Deliveries 14 Weeks from Receipt of Customer Approval of General Arrangement Drawing.

17227INFN.doc

Page 2 of 7

Quotation A1107-0007

INFN - NMS-IS-6700

Nautilus

MARINE SERVICE GmbH



Nautilus Marine Service GmbH • Blumenthalstrasse 15 • 28209 Bremen

INFN, Istituto Nazionale di
Fisica Nucleare, Laboratorio
Riccardo Papaleo
Via Santa Sofia, 44
95123 Catania
Italy

Phone: 0039-095-542 111, Fax: 0039-095-7141815

Your reference: Mr. Riccardo Papaleo
My reference: S. Pausch

Subject: Quotation A1107-0007, INFN - NMS-IS-6700

06.07.2011

Dear Riccardo Papaleo,

Thank you for inquiring about our VITROVEX deep sea glass products. Please find below your requested quotation.
If you have any questions about this quote or if you need additional assistance, don't hesitate to contact us.

We appreciate the opportunity to serve you.

Kind regards

S. Pausch

Enclosures:

Nautilus Marine Service GmbH
Blumenthalstrasse 15
D-28209 Bremen | Germany
Phone: +49 (0)421-207 54-0
Fax: +49 (0)421-207 54-20

Betriebsstätte Jena
Otto-Schott-Strasse 13, Geb. 29, 09
D-07 745 Jena | Germany
Phone: +49 (0)3641-681-5427
Fax: +49 (0)3641-681-5433

eMail: info@nautilus-gmbh.com
Web: www.nautilus-gmbh.de

Geschäftsführer: Steffen Pausch
Stitz: Bremen
Handelsreg.-Nr.: HRB 10639
Amtsgericht: Bremen

Bremer Landesbank
Bankleitzahl: 250 500 00
Kontonummer: 1006 291 007
IBAN: DE 582905000100099 1007
Swift-Code: BRLADE33XXX
VAT/USE-ID-Nr.: DE 114644588

Quotation A1107-0007

INFN - NMS-IS-6700

Nautilus

MARINE SERVICE GmbH



Item	Quantity	Unit	P/N Description	Price [EUR]	Amount [EUR]
1	800	pcs.	NMS-IS-6700-17 VITROVEX Deep Sea Instrument Sphere (packed) consisting of:	395,00	316.000,00
1.1	1600	pcs.	790267 VITROVEX hemisphere, size: 17" (outer/inner diameter: 432/404mm)		
1.2	800	pcs.	NMS-IS-CON2 standard drill hole (+/- 0.2mm) per sphere according to drill hole specification		
2	15	pcs.	NMS-OPT0 Performing of 500 bar pressure test; if applicable dummy plugs required (price is subject to quantities ordered) to be delivered in December 2012	72,00	1.080,00
3	800	pcs.	NMS-IS-6700-17 VITROVEX Deep Sea Instrument Sphere (packed) consisting of:	395,00	316.000,00
3.1	1600	pcs.	790267 VITROVEX hemisphere, size: 17" (outer/inner diameter: 432/404mm)		
3.2	800	pcs.	NMS-IS-CON2 standard drill hole (+/- 0.2mm) per sphere according to drill hole specification		
4	15	pcs.	NMS-OPT0 Performing of 500 bar pressure test; if applicable dummy plugs required (price is subject to quantities ordered) to be delivered in June 2013	72,00	1.080,00
5	800	pcs.	NMS-IS-6700-17 VITROVEX Deep Sea Instrument Sphere (packed) consisting of:	395,00	316.000,00
5.1	1600	pcs.	790267 VITROVEX hemisphere, size: 17" (outer/inner diameter: 432/404mm)		
5.2	800	pcs.	NMS-IS-CON2 standard drill hole (+/- 0.2mm) per sphere according to drill hole specification		
6	15	pcs.	NMS-OPT0 Performing of 500 bar pressure test; if applicable dummy plugs required (price is subject to quantities ordered) to be delivered in December 2013	72,00	1.080,00

c / fwd.: 990.740,00

Page 2 of 4

Quotation A1107-0007

INFN - NMS-IS-6700

Nautilus

MARINE SERVICE GmbH



Item	Quantity	Unit	P/N Description	Price [EUR]	Amount [EUR]
				b / fwd.:	990.740,00

Total (net) / EUR
990.740,00

Page 3 of 4

Quotation A1107-0007

INFN - NMS-IS-6700

Nautilus

MARINE SERVICE GmbH



Terms and agreements as part of the quotation:	
Pricing:	EXW Jena (Germany), packed at factory
Delivery schedule:	Approximately three batches (800, 12/12; 800, 06/13; 900, 12/13) after confirmation of order by us, shorter terms of delivery to be coordinated with
Terms of payment:	per batch: 50% in advance, 50% after delivery
Shipping mode:	to be defined
Transport Insurance:	to be defined
Warranty period:	A warranty period of twelve (12) months from the time of delivery applies to warranty claims of the Buyer in accordance with our Standard Terms and Conditions. Warranty applies exclusively to the products delivered. Any further liability for damage to property, personal injury or financial loss – even if directly caused by malfunctions of the equipment delivered – is excluded. Any travel expenses or freight incurred during the warranty period, as well as costs incurred for work performed on-site, must be borne by the Buyer.
Terms of delivery:	Unless agreed upon otherwise, our Standard Terms and Conditions apply exclusively. Please refer to our Standard Terms and Conditions published on our website (www.nautilus-gmbh.com).
Commitment:	Our quotations are subject to change. Currency fluctuations are covered up to an amount of 1.5%. Variations above this rate may be charged in addition. A contract will be deemed to have been entered into only upon our written confirmation of the Buyer's order. We recommend that the Buyer obtain updated price information after 30 days.
Liability:	The liability for indirect or consequential damages is excluded to the extent permitted by law. Our liability – regardless of the legal basis thereof – is in any event limited to the purchase price.

Please allow for a 3% to 5% price increase for any proposed order in the following year.

Prices are quoted net of V.A.T. We will charge tax in the amount applicable at the time of delivery of goods or performance of services for all deliveries and services that are assessable and subject to tax.

If not separately listed, costs for installation, directions and/or training are not included in the quoted prices.

PROGETTO DI POTENZIAMENTO STRUTTURALE
“KM3NET-ITALIA: OSSERVATORIO SOTTOMARINO NEL
MAR IONIO PER LA RILEVAZIONE DI NEUTRINI ASTROFISICI E
RICERCHE MULTIDISCIPLINARI”

“UNA NUOVA FRONTIERA PER LA RICERCA: GLI
OSSERVATORI SOTTOMARINI”

PROGETTO DI FORMAZIONE SPECIALISTICA PER LA CREAZIONE DI
FIGURE PROFESSIONALI CON COMPETENZE IN AMBITO SCIENTIFICO
TECNICO-SCIENTIFICO E MANAGERIALE.

Sommario

1. OBIETTIVO DEL PROGETTO DI FORMAZIONE.....	3
2. DURATA DEL PROGETTO	5
3. MODALITA' DI SELEZIONE O RECLUTAMENTO DEI CANDIDATI.....	6
4. LUOGO DI SVOLGIMENTO DEL PROGETTO	7
5. RESPONSABILE DEL PROGETTO	7
6. ATTIVITA', COSTI E PERIODO DI SVOLGIMENTO RELATIVI A CIASCUN MODULO ..	7
7. VERIFICA DELL'ESITO DELLA FORMAZIONE	18
8. COERENZA STRATEGICA DEL PROGETTO DI FORMAZIONE	19

1. OBIETTIVO DEL PROGETTO DI FORMAZIONE

L'obiettivo del presente progetto di formazione è quello di creare delle competenze specifiche in ambito scientifico, tecnico-scientifico e manageriale finalizzate alla valorizzazione ed all'impiego di grandi infrastrutture che operano nelle profondità marine.

Il principale campo di ricerca a cui si riferisce questo progetto è quello della fisica astro-particellare e in particolare la fisica dei neutrini di alta energia di origine cosmica. L'infrastruttura destinata ad ospitare un telescopio per neutrini può anche ospitare strumentazione per la ricerca nell'ambito della fisica del mare e della geofisica consentendo un monitoraggio continuo e per lunghi periodi delle proprietà del mare e della litosfera.

Alla fine del percorso di formazione presentato in questo documento i partecipanti alla formazione saranno in grado di operare e sviluppare attrezzature ed infrastrutture sottomarine ad alta profondità ed avranno sviluppato le competenze specifiche per la gestione di gruppi di ricerca capaci di operare sia in ambito nazionale che internazionale. Le competenze acquisite saranno spendibili sia nell'area della ricerca scientifica di base che nell'ambito della ricerca tecnologica nonché all'interno del mondo dell'industria operante nel settore marino.

Durante il percorso formativo qui di seguito illustrato i partecipanti saranno formati sia dal punto di vista teorico, con corsi che affronteranno gli argomenti rilevanti del progetto, che dal punto di vista pratico con delle esercitazioni in laboratorio. Inoltre, i partecipanti alla formazione seguiranno l'attività del personale già operante all'interno di enti di ricerca o all'interno di industrie del settore.

Il principale luogo di svolgimento della formazione saranno i Laboratori Nazionali del Sud di Catania.

I partecipanti al corso di formazione alla fine del corso avranno acquisito competenze nei seguenti settori:

1) SETTORE SCIENTIFICO:

Fisica astro-particellare e in particolare lo studio di neutrini di alta energia di origine astrofisica

Tecnica di rivelazione di neutrini di alta energia con telescopi sottomarini

Conoscenze dei metodi di analisi dati utilizzati in telescopi sottomarini

Elementi di oceanografia e geofisica

2) SETTORE TECNICO-SCIENTIFICO:

Introduzione al sistema operativo Linux e alla programmazione per oggetti. Fondamenti dei linguaggi di programmazione C++ e Python.

Sistemi di potenza elettrica per applicazioni sottomarine
Trasmissione e acquisizione dati su fibre ottiche
Gestione di sistemi di intervento sottomarino (ROV-AUV)
Sensori ambientali
Acustica subacquea
Tecnologie di gestione di infrastrutture che operano in fondo al mare

3) SETTORE AMMINISTRATIVO e MANAGERIALE:

Elementi legislativi sullo sfruttamento e tutela dell'ambiente marino
Strategie di mercato e spin-off
Cenni di strategie di gestione, sviluppo e amministrazione delle risorse umane e finanziarie
Approfondimento delle tematiche relative alla gestione della ricerca (pianificazione, progettazione, project management, valutazione, ecc.).
Elementi di gestioni di trattative aziendali e commerciali a livello nazionale ed internazionale

Alla fine del percorso il personale così formato avrà i seguenti sbocchi professionali:

Ricerca di base nel settore della fisica nucleare e astro-particellare
Ricerca nel settore delle scienze marine, di biologia del mare e scienze geofisiche
Ricerca nell'ambito delle energie alternative dal mare (produzione di energia dalle correnti, dalle maree e dal moto ondoso)
Industria delle telecomunicazioni
Industria della gestione e sviluppo di apparecchiature marine
Industria petrolifera

2. DURATA DEL PROGETTO

Il corso di formazione sarà articolato nei seguenti moduli:

MOD-A: Seminari e corsi teorici necessari per le conoscenze degli argomenti indicati nel punto 1)SETTORE SCIENTIFICO.

Durata complessiva dei corsi **310 ore**

MOD-B: Seminari, corsi teorici ed esercitazioni in laboratorio necessari per le conoscenze degli argomenti indicati nel punto 2)SETTORE TECNICO-SCIENTIFICO. Durata complessiva dei corsi **440 ore**

MOD-C: Seminari e corsi teorici necessari per le conoscenze degli argomenti indicati nel punto 3)SETTORE AMMINISTRATIVO E MANAGERIALE.

La durata prevista di tali corsi è di **100 ore**.

I partecipanti dovranno seguire, a seconda dei loro interessi, un intero modulo più almeno 3 corsi di un altro modulo a scelta per un totale di ore non inferiore a 500 ore. Il percorso di formazione scelto dal candidato deve essere approvato dal responsabile del progetto di formazione.

Inoltre i formandi dovranno seguire l'attività dei ricercatori già operanti presso l'ente proponente per l'acquisizione delle tecniche pratiche già utilizzate e per lo sfruttamento delle attrezzature già esistenti. Ogni formando seguirà le attività del gruppo, con particolare attenzione alle attività vicine alle sue specifiche competenze, partecipando a tutte le operazioni di costruzione, integrazione, installazione ed acquisizione e analisi dei dati. Durata complessiva dell'apprendistato **ore 1000**.

Il percorso di formazione prevede una valutazione finale dei partecipanti.

Il progetto di formazione prevede la **durata complessiva di 30 mesi** inclusi i 6 mesi necessari per espletare le procedure di selezione dei candidati e per la valutazione finale.

L'intero percorso formativo sarà distribuito nell'arco temporale di 24 mesi.

Durante quest'arco temporale verranno effettuate le lezioni, le esercitazioni di laboratorio e le ore di affiancamento del personale presso gli enti di ricerca e presso le industrie.

3. MODALITA' DI SELEZIONE O RECLUTAMENTO DEI CANDIDATI

I candidati del suddetto modulo di formazione devono avere i seguenti requisiti:

- Laurea specialistica o magistrale o vecchio ordinamento in Fisica o Ingegneria con indirizzo informatico, elettrotecnico, elettronico, meccanica o delle telecomunicazioni
- Una buona conoscenza della lingua inglese scritta e parlata.

Il corso sarà opportunamente pubblicizzato all'interno dell'INFN, delle università e degli altri centri di ricerca interessati nel settore (INGV, CNR...). Inoltre sarà data ampia diffusione presso gli enti internazionali che operano nell'ambito della ricerca scientifica.

I candidati dovranno inviare un curriculum così come indicato nei bandi ad una commissione esaminatrice formata da tre membri (due dell'INFN ed un esterno) che sarà preposta alla selezione dei candidati. Tale selezione avverrà attraverso l'esame dei titoli presentati e di un colloquio. Il colloquio ha come finalità la valutazione psico-attitudinale del candidato, la valutazione delle conoscenze tecniche e della lingua inglese scritta e parlata.

La commissione potrà assegnare a ciascun candidato 100 punti così suddivisi:
20 punti per i titoli e 80 punti per l'esame-colloquio.

I titoli valutabili sono:

- voto di laurea;
- diplomi di specializzazione e attestati di frequenza a corsi di perfezionamento post-laurea sia in Italia sia all'estero;
- svolgimento di attività presso soggetti pubblici e privati, con contratti, borse di studio o incarichi, sia in Italia che all'estero;
- attività scientifica e pubblicazioni;

L'esame-colloquio non si intende superato se il candidato non ha ottenuto la votazione di almeno 56 punti su 80.

La commissione, valutati i titoli ed il risultato del colloquio, stilerà una graduatoria di merito dei candidati idonei alla frequentazione dei corsi. Il numero di **candidati idonei** sarà di un massimo di **20**. Da questa graduatoria verranno estratti i primi **10** a cui verrà destinata una **borsa formativa della durata di due anni**. Nel caso di rinuncia dei candidati scelti si scorrerà la graduatoria fino al suo esaurimento. All'atto del conferimento della borsa di studio sarà assegnato ad ogni borsista un Tutor scelto fra i ricercatori e i professori universitari partecipanti al progetto. Ai candidati idonei a cui non verrà destinata la borsa formativa sarà assegnato un gettone di presenza.

4. LUOGO DI SVOLGIMENTO DEL PROGETTO

Tutti i moduli saranno svolti presso le sedi nazionali dell'INFN con particolare riferimento alla sede dei Laboratori Nazionali del Sud di Catania e dell'Università di Catania. Relativamente alla parte del lavoro di apprendistato previsto questo può avvenire all'interno dell'Istituto proponente o di industrie che hanno rapporti con il progetto.

5. RESPONSABILE DEL PROGETTO

Il responsabile del progetto di formazione sarà la Dott.ssa Rosa Coniglione

La Dott.ssa Rosa Coniglione è Primo Ricercatore presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Fa parte fin dall'inizio delle collaborazioni NEMO-KM3NeT e ANTARES occupandosi delle simulazioni delle prestazioni del rivelatore. E' responsabile locale presso i Laboratori Nazionali del Sud della collaborazione ANTARES e fa parte dell'Institution Board della collaborazione ANTARES.

6. ATTIVITA', COSTI E PERIODO DI SVOLGIMENTO RELATIVI A CIASCUN MODULO

Il progetto sarà articolato nei 3 moduli formativi sopra elencati e di seguito specificati:

MOD-A1 – Fisica astro-particellare di interesse per lo studio di neutrini di alta energia di origine astrofisica.

In questo modulo sarà introdotta la fisica dei neutrini di alta energia. Sarà presentata la connessione con la fisica dei raggi cosmici e dei gamma di alta energia e saranno illustrate le attuali conoscenze sperimentali in questo campo. Inoltre saranno delineate le possibili sorgenti di raggi cosmici, gamma e neutrini di alta energia di origine galattica ed extragalattiche e i possibili meccanismi di accelerazione e le loro implicazioni teoriche.

Saranno dati dei cenni sull'origine e sulle proprietà della materia oscura e sui metodi di rivelazione indiretta con telescopi sottomarini.

Durata del corso 90 ore

MOD-A2 - Tecniche di rivelazione dei neutrini di alta energia con telescopi sottomarini

Problematiche inerenti le tecniche di rivelazione di neutrini in acqua o ghiaccio. Cenni sulla teoria di interazione delle particelle con il mezzo e sulla propagazione della luce nel mezzo. Introduzione sulle proprietà ottiche dell'acqua e sulle tecniche di misura. Saranno inoltre delineati i principi di funzionamento e le caratteristiche dei sensori ottici più usati con particolare riferimento ai fotomoltiplicatori. Cenni sulla tecnica della rivelazione acustica dei neutrini.

Durata del corso 70 ore

MOD-A3 - Conoscenze dei metodi di analisi dati utilizzati in telescopi sottomarini

In questo modulo saranno affrontati i metodi sperimentali per la determinazione, tramite simulazioni Monte Carlo delle figure di merito dei telescopi per neutrini e i metodi di analisi usati per la ricerca di neutrini da sorgenti puntiformi fisse e transienti e per la ricerca di flussi diffusi.

Sarà introdotto il Metodo Monte Carlo per la simulazione dei processi fisici e della risposta del rivelatore e saranno studiati gli algoritmi per la ricostruzione della direzione della tracce dei muoni e della loro energia.

Introduzione al calcolo delle figure di merito di un telescopio sottomarino: aree efficaci di neutrini, sensibilità e potenziale di scoperta. Metodi statistici per il calcolo della sensibilità e dei potenziali di scoperta dei telescopi per neutrini.

Durata del corso **90 ore**

MOD-A4 - Elementi di oceanografia e geofisica marina

In questo modulo saranno affrontate le problematiche di tipo oceanografico e geofisico di interesse per il progetto.

In particolare saranno introdotte le problematiche inerenti la lettura di informazioni provenienti da sensori sottomarini per la conoscenza della strutture delle masse d'acqua: moti costanti, moti periodici ed occasionali delle masse di acqua e loro impatto sugli organismi e sulle attività, i manufatti e le strutture antropiche. Saranno introdotte le nozioni base sulle proprietà oceanografiche come temperatura, salinità e densità, sull'ambiente chimico del mare (composizione e speciazione chimica), sulla natura e distribuzione dei sedimenti.

Nello stesso modulo saranno affrontati il contributo di dati geofisici alla conoscenza della struttura e della dinamica della litosfera. Sarà affrontato il contributo e lo studio dei dati sismologici, gravimetrici, magnetometrici e di deformazione del suolo raccolti da osservatori sottomarini.

Particolare attenzione sarà rivolta alla possibilità di effettuare misure in tempo reale e in continuità per tempi lunghi e alla possibilità di effettuare correlazioni fra le grandezze misurate.

Durata del corso **60 ore**

MOD -B1. Introduzione al sistema operativo Linux e alla programmazione per oggetti. Fondamenti dei linguaggi di programmazione C++ e Python.

Le tecniche di analisi dati dei telescopi sottomarini e i metodi Monte Carlo usati correntemente nelle collaborazioni esistenti fanno uso di programmi che usano linguaggi di programmazione ad oggetti ed il sistema operativo Linux. In questo modulo i concetti base della programmazione ad oggetti e dei linguaggi C++ e Python saranno delineati con lo scopo di permettere ai candidati di comprendere ed effettuare semplici simulazioni Monte Carlo. Le esercitazioni in laboratorio avranno come finalità il calcolo di alcune delle figure di merito dei telescopi sottomarini.

Durata del corso **100 ore**

MOD -B2 Sistemi di potenza elettrica per applicazioni sottomarine

In questo corso saranno delineati gli elementi base della progettazione e gestione di sistemi elettrici di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica con particolare riguardo alla trasmissione su lunghe distanze, alle applicazioni sottomarine ed alle tecnologie correlate.

Saranno introdotte anche le norme di sicurezze per l'operatività dei sistemi di potenza. In questo corso sono previste delle esercitazioni di laboratorio dove verranno simulati i sistemi di trasmissione a lunghe distanze con SPICE simulator. Saranno messe a punto delle esperienze di laboratorio per l'apprendimento delle tecniche di verifica della funzionalità di un sistema di alimentazione e di identificazione del guasto in cavi sottomarini.

Durata del corso **50 ore**

MOD –B3 Trasmissione e acquisizione dati su fibre ottiche

In questo corso saranno fornite le nozioni base sulle proprietà delle fibre ottiche (teoria della propagazione della luce, teoria della trasmissione di dati a grande distanza, principi di funzionamento delle fibre ottiche, standard telecom, principali componenti ottici e loro funzioni) e sulla teoria della trasmissione dei dati a larga banda su fibre ottiche. In particolare saranno analizzate le tecniche di multiplexing su fibre ottiche. Sarà anche data una panoramica dell'acquisizione dei dati offshore. In laboratorio saranno effettuate delle esperienze per l'apprendimento delle tecniche di terminazione, connessione e di verifica della funzionalità di una rete di trasmissione dati con fibre ottiche.

Durata del corso **80 ore**

MOD –B4 Gestione di sistemi di intervento sottomarino (ROV-AUV)

Lo scopo del corso sarà la formazione di personale per la gestione di mezzi di intervento subacquei con particolare attenzione ai mezzi filoguidati (Remotely Operated Vehicle). L'attività di formazione sarà suddivisa in una parte teorica ed una pratica.

La parte teorica sarà focalizzata sulla descrizione dell'architettura generale, elettronica e meccanica, di un veicolo subacqueo e sulle relative implicazioni nella ricerca dei guasti.

La parte pratica sarà incentrata sull'apprendimento delle tecniche di individuazione delle cause di guasto e le relative modalità di risoluzione. Saranno a tal fine utilizzati dei simulacri dei principali componenti sia meccanici che elettronici che costituiscono un ROV e verranno allestiti degli opportuni banchi per il test e la riparazione dei sottosistemi.

Durante il corso verranno tenute delle lezioni finalizzate all'apprendimento delle tecniche base di pilotaggio e di inserzione di connettori sottomarini. Queste lezioni saranno effettuate dagli operatori della ditta Subsea Vision.

Un software che simula l'ambiente sottomarino verrà utilizzato per familiarizzare con le reazioni del veicolo ai comandi provenienti dalla superficie.

Durata del corso **80 ore**

MOD –B5 Sensori ambientali

Introduzione teorica alle principali variabili ambientali delle profondità marine di interesse per il progetto: proprietà ottiche dell'acqua, misura delle correnti, salinità, temperatura e densità. Metodi di misura e descrizione della strumentazione più largamente utilizzata per la misura in situ di queste variabili ambientali. Saranno effettuati durante il corso delle esercitazioni di laboratorio per la conoscenza della strumentazione già in possesso.

Durata del corso **50 ore**

MOD –B6 Acustica subacquea

In questo modulo saranno delineati i fondamenti della fisica acustica sottomarina e della teoria dei sensori sottomarini (idrofon). Inoltre saranno accennate le tecniche elettroniche per la gestione, l'acquisizione e l'analisi dei segnali provenienti da idrofon.

I candidati effettueranno delle esercitazioni in laboratorio per apprendere a gestire i sensori acustici sottomarini, a realizzare semplici sistemi di acquisizione dei dati e, mediante il calcolo matriciale effettuato con strumenti software come Matlab/Scilab, identificare, localizzare e tracciare le sorgenti acustiche sottomarine.

Durata del corso **50 ore**

MOD –B7 Tecnologie di gestione di infrastrutture che operano in fondo al mare

Verranno affrontate tutte le problematiche inerenti le tecnologie necessarie per la gestione di osservatori multidisciplinari sottomarini. In particolare, saranno esaminati i seguenti punti: preparazione delle campagne marine, aspetti logistici per le campagne marine di deposizione e recupero del materiale. Saranno inoltre introdotte le tecniche per il controllo remoto del telescopio e il monitoraggio e controllo di qualità dei dati acquisiti.

Durata del corso **30 ore**

MOD-C1 Elementi legislativi sullo sfruttamento e tutela dell'ambiente marino

Verranno in tale sede affrontate le tematiche legate allo sfruttamento e la tutela dell'ambiente marino attraverso lo studio della legislazione vigente con particolare riguardo a:

La Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare, o UNCLOS

La Zona Economica Esclusiva

Le Zone di Protezione Ecologica e la legge 8 febbraio 2006 n. 61

Decreto Legislativo 6 Novembre 2007, n. 202 di attuazione della direttiva 2005/35/CE relativa all'inquinamento marino

Durata del corso **20 ore**

MOD-C2 Strategie di mercato e spin-off

La valorizzazione economica della ricerca scientifica rappresenta uno strumento fondamentale per promuovere l'affermazione delle innovazioni e accelerare la diffusione delle conoscenze. A tale scopo il corso si occuperà di trasferire le nozioni di base con riferimento a:

strategie più efficaci per applicare i risultati dell'attività di ricerca a prodotti e servizi che siano in grado di reggere con successo il confronto con il mercato globale

gli aspetti e gli strumenti relativi alla pianificazione e al lancio di uno spin-off: dall'analisi dell'ambiente competitivo all'elaborazione della strategia di marketing; dalla scelta del modello di business alla creazione di un efficace team imprenditoriale; dalla definizione dell'architettura finanziaria alla gestione della delicata fase di avvio.

Durata del corso **20 ore**

MOD-C3 Cenni di strategia di gestione, sviluppo ed amministrazione delle risorse umane e finanziarie

Il presente modulo si focalizza sugli aspetti della gestione delle persone che hanno effetto sulla strategia di sviluppo dell'azienda evidenziando quelle prassi e comportamenti di successo che consentono ai professionisti delle risorse umane di giocare un vero ruolo di "partner" strategico della linea.

Con riferimento alla gestione delle risorse umane si analizzeranno i seguenti aspetti:

- Ruoli, funzioni e competenze;
- Capacità direttive e stili di management;
- La gestione del personale;
- Relazioni sindacali e industriali
- Il cambiamento organizzativo;
- La motivazione del personale;
- Aspetti amministrativi della gestione delle risorse umane.

Con riferimento alla gestione degli aspetti finanziari il corso si propone di introdurre i partecipanti ad un approccio alla gestione aziendale e alla finanza d'impresa che coniughi la concretezza e la pratica manageriale con il rigore accademico e teorico.

Saranno quindi illustrati e utilizzati :

- modelli di analisi finanziaria, di bilancio e di misurazione delle performance aziendali;
- tecniche di predisposizione di un budget economico-finanziario di progetto;

Obiettivo finale sarà quello di contribuire a maturare conoscenze e competenze in linea con quelle richieste dal mondo del lavoro al quale i partecipanti si avvicinano.

Durata del corso **20 ore**

MOD-C4 Tematiche relative alla gestione della ricerca

Obiettivo del corso è potenziare le capacità di management dell'innovazione a supporto delle decisioni strategiche di lungo periodo. Verranno trattati gli strumenti economico-finanziari più appropriati per selezionare e valutare tra diverse alternative di investimento in innovazione, quella più idonea ad assicurare all'azienda un ritorno economico effettivo e misurabile.

Il corso intende fornire ai partecipanti le conoscenze basi sul management dei progetti di ricerca con particolare riguardo ai progetti europei finanziati nell'ambito del Programma Quadro (PQ). Verranno affrontati i principi del Project Management, le criticità organizzative, le tecniche di pianificazione e controllo e gli strumenti operativi per la gestione di progetti di ricerca complessi, in grado di assicurare l'ottimizzazione dei tempi per il raggiungimento degli obiettivi stabiliti e il rispetto del budget di progetto

Al termine del corso i partecipanti conosceranno le responsabilità del coordinatore anche nei confronti di eventuali partners e della Commissione Europea per le attività riguardanti il management di progetto.

Durata del corso **20 ore**

MOD-C5 Elementi di gestione di trattative aziendali e commerciali

La globalizzazione dei mercati e l'estensione degli scambi commerciali hanno radicalmente mutato i rapporti tra operatori, che oggi devono confrontarsi con situazioni multiculturali anche complesse e trattative contrattuali che non possono prescindere dalla conoscenza dei rischi, per evitarli, mitigarli o trasferirli/finanziarli.

A tal fine, il corso si propone di affrontare le seguenti tematiche:

I diversi sistemi giuridici. Genesi storica/fonti, sviluppi e situazione attuale

Il contratto nel diritto italiano

Relazione con le norme contrattuali più comuni nei contratti internazionali

Durata del corso **20 ore**

Tutte le attività previste dal corso di formazione, comprese quelle di laboratorio, saranno accessibili alle persone disabili.

Nelle seguenti tabelle sono riportati, per ogni modulo i costi relativi alle singole voci di spese ammissibili

SPESA PROGETTO FORMATIVO PER ATTIVITÀ DI SELEZIONE DEI CANDIDATI E DI VALUTAZIONE FINALE													
Durata	Tipologia di attività	Ore (*)		Personale docente nelle Commissioni		Costo Personale docente (€/ora)		Costo totale personale docente		(A) Costo totale personale docente per attività didattiche	(B) Spese di trasferta personale docente (**)	(C) Totale Costo personale docente	Costo complessivo
		Personale interno	Personale esterno	Personale interno	Personale esterno	Personale interno	Personale esterno						
	Selezione candidati	28	28	2	1	€ 52,51	€ 100,00	€ 2.562,56	€ 2.800,00	€ 5.792,56	€ 3.360,00	€ 9.122,96	
	Valutazione finale candidati	28	28	1	2	€ 52,51	€ 100,00	€ 1.431,48	€ 5.600,00	€ 7.082,48	€ 6.720,00	€ 13.801,48	
Costo complessivo attività di selezione, valutazione e valutazione finale													€ 22.924,44
(*) Numero di ore stimato considerando 50 candidati da selezionare, 1 ora/candidato per la selezione e 20 ore per il graduatorio, 20 anni/mesi da valutare e 1 ora/anno per la valutazione													
(**) Costo valutato per attività sulla base di € 80/giorno per spese vitto e € 180/giorno per spese alloggio e € 100/giorno per spese di viaggio (sulla base di un numero di giorni derivanti dal rapporto tra le ore complessive e le ore giornaliere di didattica (3 ore/giorno))													

(*) Numero di ore stimato considerando 50 candidati da selezionare, 1 ora/candidato per la selezione e 10 ore per la graduatoria; 20 ammessi da valutare e 1 ora/ammesso per la valutazione

(**) Costo valutato per attività sulla base di € 80/giorno per spese vitto e € 100/giorno per spese alloggio e € 100/giorno per spese di viaggio (sulla base di un numero di giorni derivanti dal rapporto tra le ore complessive e le ore giornaliere di didattica (3 ore/giorno))

SPESA PROGETTO FORMATIVO PER ENDOCAGIONE ATTIVITÀ DIDATTICHE E PRATICA DI LABORATORIO - PERSONALE DOCENTE													
Modulo	Tipologia di attività	Ore		Fascia Personale docente		Costo Personale docente (€/ora)		Costo totale personale docente		(A) Costo totale personale docente per attività didattiche	(B) Spese di trasferta personale docente (*)	(C) Totale Costo personale docente	Costo complessivo
		Personale interno	Personale esterno	Personale interno	Personale esterno	Personale interno	Personale esterno						
MOD A1	Didattica		90		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 9.000,00	€ 9.000,00	€ 10.800,00	€ 19.800,00	
	Pratica di laboratorio					€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
MOD A2	Didattica		70		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 7.000,00	€ 7.000,00	€ 8.400,00	€ 15.400,00	
	Pratica di laboratorio					€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
MOD A3	Didattica		90		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 9.000,00	€ 9.000,00	€ 10.800,00	€ 19.800,00	
	Pratica di laboratorio					€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
MOD A4	Didattica		60		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 6.000,00	€ 6.000,00	€ 7.200,00	€ 13.200,00	
	Pratica di laboratorio					€ 100,00	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Costo complessivo MOD A													€ 69.120,00
MOD B1	Didattica		60		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 6.000,00	€ 6.000,00	€ 7.200,00	€ 13.200,00	
	Pratica di laboratorio		40		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 4.000,00	€ 4.000,00	€ 4.800,00	€ 8.800,00	
MOD B2	Didattica		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
	Pratica di laboratorio		30		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 3.000,00	€ 3.000,00	€ 3.600,00	€ 6.600,00	
MOD B3	Didattica		40		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 4.000,00	€ 4.000,00	€ 4.800,00	€ 8.800,00	
	Pratica di laboratorio		40		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 4.000,00	€ 4.000,00	€ 4.800,00	€ 8.800,00	
MOD B4	Didattica		30		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 3.000,00	€ 3.000,00	€ 3.600,00	€ 6.600,00	
	Pratica di laboratorio		50		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 5.000,00	€ 5.000,00	€ 6.000,00	€ 11.000,00	
MOD B5	Didattica		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
	Pratica di laboratorio		22		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.200,00	€ 2.200,00	€ 2.640,00	€ 4.840,00	
MOD B6	Didattica		28		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.800,00	€ 2.800,00	€ 3.360,00	€ 6.160,00	
	Pratica di laboratorio		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
MOD B7	Didattica		10		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 1.000,00	€ 1.000,00	€ 1.200,00	€ 2.200,00	
	Pratica di laboratorio					€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Costo complessivo MOD B													€ 9.560,00
MOD C1	Didattica		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
MOD C2	Didattica		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
MOD C3	Didattica		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
MOD C4	Didattica		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
MOD C5	Didattica		20		Fascia A	€ 100,00	€ 100,00	€ -	€ 2.000,00	€ 2.000,00	€ 2.400,00	€ 4.400,00	
Costo complessivo MOD C													€ 22.000,00
Costo complessivo per attività didattica e spese di trasferta (il viaggio e il pernottamento)													€ 187.000,00
Costo valutato sulla base di € 80/giorno per spese vitto, € 180/giorno per spese alloggio e € 100/giorno per spese di viaggio (sulla base di un numero di giorni derivanti dal rapporto tra le ore complessive e le ore giornaliere di didattica (3 ore/giorno))													

Modulo	D) Strumenti ed attrezzature di nuovo acquisto	Note	Modulo	E) Costi servizi di consulenza (*)	TOTALE ALTRI COSTI			
MOD A1	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD A1	€ -				
MOD A2	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD A2	€ -				
MOD A3	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD A3	€ -				
MOD A4	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD A4	€ -				
MOD B1	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD B1	€ -				
MOD B2	€ 783.75,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni + € 55.000/2 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni + € 50.000 x 20% (amm. Anno) x 2 Anni + € 47.000 per intero avendo utilità limitata alla durata del corso	MOD B2	€ -				
MOD B3	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD B3	€ -				
MOD B4	€ 100.375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni + € 100.000 per intero avendo utilità limitata alla durata del corso	MOD B4	€ 18500,00				
MOD B5	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD B5	€ -				
MOD B6	€ 51.375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni + € 55.000/2 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni + € 40.000 per intero avendo utilità limitata alla durata del corso	MOD B6					
MOD B7	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD B7	€ -				
MOD C1	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD C1	€ -				
MOD C2	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD C2	€ -				
MOD C3	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD C3	€ -				
MOD C4	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD C4	€ -				
MOD C5	€ 375,00	€ 15.000/16 moduli x 20% (amm. Anno) x 2 Anni	MOD C5	€ -				
TOTALE	€ 255.000,00		TOTALE	€ 18.500,00	€ 255.500,00			
(*) Costo per il corso su uso e manutenzione RCV effettuato da operatori della Ditta Subsea Vision								

RIEPILOGO SPESE FORMAZIONE

A) COSTO PERSONALE DOCENTE	
A.1) PERSONALE INTERNO	€ -
A.2) PERSONALE ESTERNO	€ 85.000,00
B) SPESE TRASFERITA PERSONALE DOCENTE E DESTINATARI FORMAZIONE	
B.1) SPESE DI VIAGGIO VITTO ED ALLOGGIO DEL PERSONALE DOCENTE	€ 112.080,00
B.2) SPESE DI VIAGGIO VITTO ED ALLOGGIO DEI DESTINATARI DELLA FORMAZIONE	€ -
C) ALTRE SPESE CORRENTI	
C.1) MATERIALI E FORNITURE	€ 1.000,00
C.2) SELEZIONE FORMANDI, ORGANIZZAZIONE E GESTIONE CORSI, PREPARAZIONE ATTIVITA' DIDATTICA	€ 12.844,44
D) STRUMENTI ED ATTREZZATURE DI NUOVO ACQUISTO	€ 235.000,00
E) COSTI DI SERVIZI DI CONSULENZA	
E.1) PROFESSIONISTI CON PARTITA IVA	€ -
E.2) SOCIETA'	€ 18.500,00
F) COSTO DESTINATARI DELLA FORMAZIONE	€ 413.720,00
G) SPESE PER INFORMAZIONE, PUBBLICITA' E DIFFUSIONE DEI RISULTATI	€ -
TOTALE COSTI PER ATTIVITA' FORMATIVA	€ 878.144,44

Nella tabella che segue si riepilogano i criteri seguiti per l'imputazione al Progetto dei costi per acquisto di attrezzature dedicate all'erogazione dei Corsi:

Attrezzature	N°	Modulo di riferimento	Costo unitario	Costo totale	Destinazione	Metodologia di imputazione	Quota Imputata al Corso
Personal Computer	10	tutti	€ 1.500,00	€ 15.000,00	PC per studenti e software di laboratorio e per gli studenti	costo x 20% x 2 anni	€ 6.000,00
Licenze Matlab+toolboxes	10	MOD B6	€ 2.000,00	€ 20.000,00	Per il laboratorio di acustica - Analisi dei segnali, identificazione e localizzazione delle sorgenti acustiche	Per intero in quanto di durata limitata al solo corso	€ 20.000,00
Oscilloscopi digitali	3	MODB6, MODB2	€ 15.000,00	€ 45.000,00	Per i laboratori di acustica e di potenza	costo x 20% x 2 anni	€ 18.000,00
Tester con accessori HV	5	MODB6, MODB2	€ 2.000,00	€ 10.000,00	Per i laboratori di acustica e di potenza	costo x 20% x 2 anni	€ 4.000,00
Idrofoni	40						
Schede ADC	10	MOD B6		€ 20.000,00	Per il laboratorio di acustica - Utilizzati per la simulazione del sistema sorgente-ricevitore e per un semplice sistema di registrazione dei dati	Per intero in quanto di utilizzo limitato al solo corso	€ 20.000,00
Schede DAQ	10						
Emettitori acustici	10						
Alimentatore da laboratorio	1	MODB2	€ 35.000,00	€ 35.000,00	Per il laboratorio di potenza	costo x 20% x 2 anni	€ 14.000,00
Simulatore cavi	1	MODB2	€ 15.000,00	€ 15.000,00	Per il laboratorio di potenza	Per intero in quanto di utilizzo limitato al solo corso	€ 15.000,00
Misuratore di isolamento	1	MODB2	€ 15.000,00	€ 15.000,00	Per il laboratorio di potenza	costo x 20% x 2 anni	€ 6.000,00
Software SPICE simulator	10	MODE2	€ 2.000,00	€ 20.000,00	Per il laboratorio di potenza	Per intero in quanto di utilizzo limitato al solo corso	€ 20.000,00
Licenza SPICE simulator	10	MODB2	€ 600,00	€ 12.000,00	Per il laboratorio di potenza	Per intero in quanto di durata limitata al solo corso (le licenze scadono dopo 1 anno, Contratti 2 anni)	€ 12.000,00
Software per addestramento	1	MOB4	€ 50.000,00	€ 50.000,00	Per la simulazione dell'ambiente sperimentale di lavoro dei ROV	Per intero in quanto di utilizzo limitato al solo corso	€ 50.000,00
Coppia connettori ROV operabili	1	MOB4	€ 50.000,00	€ 50.000,00	Questi connettori hanno una vita limitata nel tempo. Dopo una certa numero di operazioni di connessione non sono più utilizzabili	Per intero in quanto di durata limitata al solo corso	€ 50.000,00
Totale				€ 307.000,00			€ 235.000,00

Il diagramma temporale previsto per lo svolgimento di ogni corso e illustrato nel diagramma 1.

Modulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MOD-A1																								
MOD-A2																								
MOD-A3																								
MOD-A4																								
MOD-B1																								
MOD-B2																								
MOD-B3																								
MOD-B4																								
MOD-B5																								
MOD-B6																								
MOD-B7																								
MOD-C1																								
MOD-C2																								
MOD-C3																								
MOD-C4																								
MOD-C5																								

Diagramma 1 – Diagramma temporale di svolgimento dei singoli moduli. Il primo mese è supposto essere 1 Gennaio 2013. In rosso i mesi in cui ogni attività è sospesa. In verde la durata dei corsi teorici ed in blu le esercitazioni di laboratorio.

7. VERIFICA DELL'ESITO DELLA FORMAZIONE

Alla fine del percorso di formazione ogni partecipante sarà sottoposto ad una verifica per accertare l'esito della formazione. In particolare saranno giudicate da una apposita commissione le competenze specifiche acquisite durante i corsi e le esercitazioni nei differenti settori e le capacità di autonomia e di lavoro in gruppo del candidato.

Durante il corso di formazione saranno compilate delle schede di presenza con il numero di ore di lezione effettuate, le ore di laboratorio e di stage effettivamente prestate, e delle relazioni, redatte dallo studente in lingua inglese, che descrivono le esperienze di laboratorio svolte.

Ciò premesso, lo studente alla fine del periodo di formazione deve sottoporre alla commissione giudicatrice i seguenti documenti:

- 1) Schede di presenza;
- 2) Relazioni delle attività di laboratorio svolte;
- 3) Breve elaborato scritto contenente la descrizione dell'attività di apprendistato svolta. Nel caso in cui lo studente abbia usufruito della borsa di studio la valutazione dell'attività svolta conterrà anche una valutazione del Tutor.

L'esito del percorso formativo sarà valutato mediante un colloquio orale e la valutazione dei documenti sopra elencati. La commissione sarà formata da un dipendente INFN e da due altri membri scelti fra i professori universitari e/o ricercatori di altri enti. La commissione è nominata dall'ente proponente.

8. COERENZA STRATEGICA DEL PROGETTO DI FORMAZIONE

Lo scopo del progetto di formazione qui illustrato è quello di formare personale con una preparazione scientifica e tecnologica di elevato livello nei settori precedentemente illustrati le cui competenze possono avere un'ampia corrispondenza con le esigenze di personale specializzato del mondo dell'industria operante nel settore marino. La domanda di queste figure professionali è destinata ad aumentare nel prossimo futuro.

Infatti nell'ambito della ricerca per lo studio del clima e dei suoi cambiamenti, degli ecosistemi marini e della geofisica una serie di iniziative internazionali sono state avviate in varie parti del mondo per la costruzione sia di reti di osservazione sottomarina permanenti e multidisciplinari (NEPTUNE , EMSO, ESONET....) che in operazioni marine basate su missioni periodiche in varie parti del mondo. Inoltre un interesse crescente è quello della ricerca di energie rinnovabili di scarso impatto ambientale come quelle che sfruttano le correnti marine, le maree e in generale il moto ondoso.

Nell'ambito dell'industria uno dei settori classici è l'industria petrolifera offshore che, dato il prossimo esaurimento dei giacimenti a più basse profondità, si sta spingendo sempre di più verso l'esplorazione e l'estrazione in fondali marini di più alta profondità. L'esaurimento dei giacimenti già esistenti portano anche l'industria di estrazione di materie prime a spingersi verso siti ancora vergini quali le profondità marine. Un altro ambito che richiede le figure professionali specializzate nei settori di interesse di questo progetto è l'industria delle telecomunicazioni che si avvale di cavi sottomarini per la connessione internet a larga banda fra i vari continenti e paesi. Questi settori industriali, che potrebbero avere un forte impulso nel prossimo futuro, necessitano di personale con competenze sia nell'ambito puramente scientifico (conoscenze delle proprietà fisico chimiche delle acque, studio della morfologia e dei fondali della crosta terrestre...) che tecnologiche (sviluppo di strumentazione che opera in modo continuo ed affidabile ad alte profondità).