



Unione europea
Fondo sociale europeo



REGIONE
ABRUZZO



REPUBBLICA ITALIANA



INFN

Laboratori Nazionali
del Gran Sasso

L'Europa è la carta
di accesso al futuro

PO FSE ABRUZZO
2007»2013

OBETTIVO
Competitività regionale
e occupazione



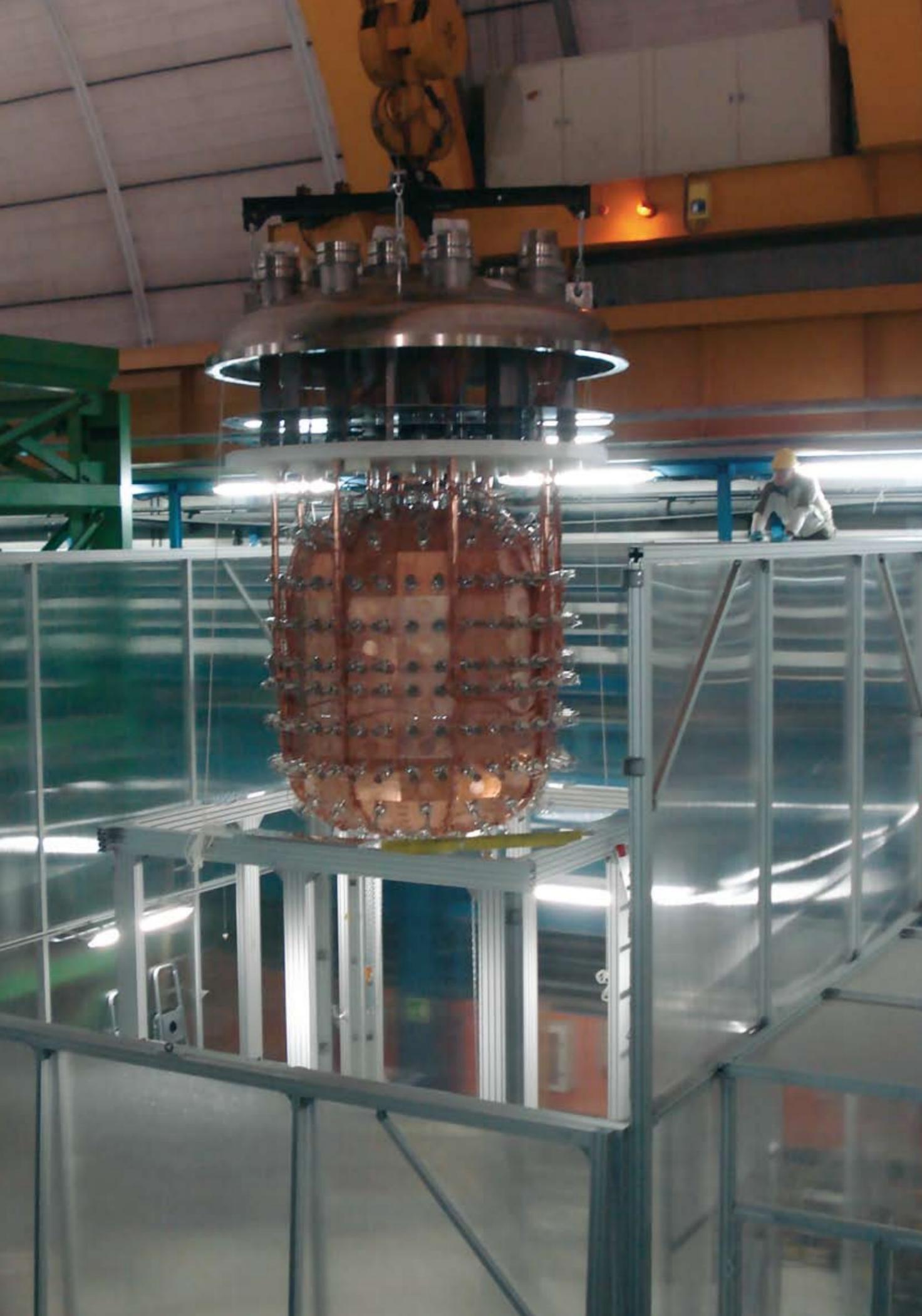
Progetto Speciale Multiasse “Gran Sasso in rete”

P.O. FSE ABRUZZO 2007-2013
Piano degli interventi 2007-2008

<http://gransassoinrete.Ings.infn.it>

Progetto Speciale Multiasse
“Gran Sasso in rete”

Ottobre 2011



INDICE PUBBLICAZIONE

1. La responsabilità sociale dei Laboratori del Gran Sasso per il territorio Lucia Votano, <i>Direttore Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN</i>	1
2. Gran Sasso in rete: buona prassi per il benessere dei cittadini abruzzesi Paolo Gatti, <i>Assessore alle Politiche Attive del Lavoro, Formazione ed Istruzione, Politiche Sociali Regione Abruzzo</i>	1
3. Fondo Sociale Europeo, Regione Abruzzo e Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: una collaborazione consolidata Germano De Sanctis, <i>Autorità di Gestione PO FSE Abruzzo 2007-2013</i>	2
4. L'Alta Formazione: filo conduttore tra Europa, PMI, Ricerca & Innovazione Franca Masciulli, <i>Coordinatore Progetto "Gran Sasso in rete", Laboratori Nazionali del Gran Sasso INFN</i> Roberto Vanni, <i>Attività Strategiche Direzione Politiche Attive del Lavoro, Formazione ed Istruzione, Politiche Sociali, Regione Abruzzo</i>	3
5. Il ruolo strategico della formazione dei giovani quali boundary spanners tra ricerca ed impresa Francesco Arneodo, <i>primo ricercatore, Laboratori Nazionali del Gran Sasso, INFN</i>	4
6. Gran Sasso in rete e placement Monica De Simone, <i>Servizio Alta Formazione Laboratori Nazionali del Gran Sasso, INFN</i>	5
7. Le competenze tecnologiche dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso per le aziende abruzzesi: corsi online, esperienze in rete Marilena Tamburello, <i>Coordinatore scientifico corsi online</i> Bruno Nati, <i>Consortium GARR, Rete italiana dell'Università e della Ricerca</i>	6
8. Implementazione di sinergie operative nella creazione di percorsi di specializzazione su strumentazione ad alta tecnologia Stefano Nisi, <i>Servizio Chimica e Impianti Chimici dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, INFN</i>	8
9. Quando la scienza entusiasma: orientamento alle discipline scientifiche Roberta Antolini, <i>Servizio Relazioni Esterne e Informazione Scientifica Laboratori Nazionali del Gran Sasso, INFN</i>	9
10. CFA: avvio del Centro di Eccellenza formativa in Fisica Astroparticellare Eugenio Coccia, <i>Ordinario di Fisica della Gravitazione, Università di Roma Tor Vergata e INFN</i>	11
11. L'esperienza sul campo. CERN: non un posto qualunque Benedetto Gallese, <i>Assegnista Progetto Speciale Multiasse "Gran Sasso in rete"</i>	12
12. Comunicazione e mainstreaming Eleonora Sasso, <i>Consulente Progetto Speciale Multiasse "Gran Sasso in rete"</i>	13
13. Conclusioni Dino Franciotti, <i>Responsabile Divisione Tecnica Laboratori Nazionali del Gran Sasso, INFN</i>	14
I BENEFICIARI	
BORSISTI DIPLOMATI E LAUREATI	19
ASSEGNI DI RICERCA	38
RELAZIONE CONCLUSIVA ALTA FORMAZIONE E-LEARNING	60
UNIVERSITÀ, CENTRI DI RICERCA, AZIENDE E STAGE	64



La responsabilità sociale dei Laboratori del Gran Sasso per il territorio

Lucia Votano

La ricerca scientifica e tecnologica, si pone oggi più che mai come grande protagonista della quotidianità e dunque del progresso culturale e sociale dei popoli. La difficile congiuntura economica internazionale che colpisce in questo periodo la società globale, se da una parte suggerirebbe di adottare politiche aggressive di investimenti in ricerca e sviluppo, dall'altra sollecita le Istituzioni di Ricerca pubbliche ad adottare, più che nel recente passato, un comportamento socialmente responsabile in accoglimento delle aspettative di sviluppo dei nostri territori. La ricerca si colloca dunque come una componente attiva nel complesso sistema che definisce il contesto economico e sociale, è in grado di innescare rilevanti cambiamenti culturali e sociali e di contribuire alla definizione di strategie di sviluppo di un territorio.

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è un Istituto pubblico di Ricerca di interesse nazionale a forte vocazione territoriale, con una presenza capillare ed equilibrata in tutto il territorio (16 regioni su 20). L'Istituto offre infrastrutture di ricerca di rango internazionale, personale ad alta specializzazione, un'azione di coordinamento a livello nazionale ed internazionale che garantisce l'eccellenza tecnico scientifica delle attività intraprese.

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso (sede INFN in Abruzzo), per loro natura, non si occupano solo di ricerca di base ma sviluppano le tecnologie funzionali alla ricerca stessa. L'idea del progetto "Gran Sasso in rete" è stata quella di condividere tecnologie e competenze con il territorio: una risorsa, in prospettiva, per la ricerca e lo sviluppo. In questa unione tra ricerca di base e tecnologica i Laboratori sono portati ad avvalersi delle competenze del territorio, sviluppandone eventualmente di nuove in un rapporto di mutuo beneficio.

Il rapporto "naturale" tra eccellenza scientifica e tecnologica, la presenza sul territorio nazionale, l'internazionalizzazione e la capacità di sviluppare grandi infrastrutture di ricerca dell'INFN ha fornito reale e solida consistenza al rapporto sinergico con la Regione Abruzzo e attraverso le azioni dei Progetti quali "Gran Sasso in rete" si concretizza l'interazione tra l'INFN e la società, offrendo il doveroso contributo allo sviluppo e al miglioramento sociale.

I diversi percorsi di Alta Formazione erogati dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso si propongono come occasione di crescita del "sapere" scientifico e tecnologico per i giovani e per le imprese operanti nei settori a maggior contenuto di tecnologia, in particolar modo per le piccole e medie imprese, rispondendo efficacemente alle esigenze di crescita e di innovazione delle

stesse. Il coinvolgimento attivo dei rappresentanti dell'economia abruzzese è testimonianza del mutuo beneficio che sempre di più può scaturire dalla costante collaborazione tra mondo della ricerca e mondo produttivo.

Obiettivo diffuso della collaborazione con la Regione Abruzzo è quello di poter contribuire a formare una rete professionale che possa organizzarsi in sistema per giungere a condividere risorse, conoscenze ed esperienze professionali affinché lo stimolo all'innovazione possa divenire pervasivo.

Le numerose iniziative di diffusione e divulgazione della scienza realizzate nell'ambito del progetto "Gran Sasso in rete", nonché di aggiornamento degli insegnanti di materie scientifiche nelle scuole superiori, hanno inteso infine contribuire ad attenuare la storica separazione tra cultura scientifica e "alta cultura" e la diffusa diffidenza verso il sapere scientifico. Occorre ricordare infatti che in Italia la percentuale di laureati in materie scientifiche è più bassa rispetto al valor medio europeo.

La responsabilità sociale dei Laboratori INFN del Gran Sasso si manifesta quindi in azioni positive volte alla condivisione del sapere e nel rendere conto degli effetti del proprio operato, facendone un valido strumento di dialogo con la società civile.

Gran Sasso in rete: buona prassi per il benessere dei cittadini abruzzesi

Paolo Gatti

La firma del protocollo d'intesa tra la Regione Abruzzo e l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), avvenuta nel novembre 2008 nell'ambito del Piano Operativo 2007/2008 del PO FSE Abruzzo 2007/2013, ha dato avvio alla realizzazione del progetto speciale multiasse "Gran Sasso in rete" da parte dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), con una dotazione di 2.395.783 euro del Fondo Sociale Europeo.

Il progetto ha saputo, in questi anni, coniugare la promozione e la valorizzazione di quelle eccellenze internazionali, da tempo attive sul nostro territorio regionale, quali sono i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), con la diffusione e ricaduta dei loro saperi specialistici, in termini di concreta fruibilità, sul tessuto sociale e imprenditoriale abruzzese.

Il territorio regionale ha potuto – in tal modo – beneficiare e avvalersi dell'ingente patrimonio culturale-scientifico rappresentato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, e dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso, rendendo possibile una esemplare condivisione e divulgazione di conoscenze altamente specializzate a favore dei cittadini abruzzesi.

I risultati raggiunti, in termini di rafforzamento delle competenze nelle attività di ricerca, o il conseguimento di quelle conoscenze avanzate da parte dei laureati e diplomati della nostra regione

-saperi che le nostre giovani generazioni saranno poi in grado di trasferire alle imprese del territorio - come, ancora, la sperimentazione e l'implementazione di modalità avanzate di formazione a distanza o anche l'attività di formazione specialistica su strumentazioni di ultima generazione, sono solo alcuni degli elementi che hanno connotato il progetto “Gran Sasso in rete”. Azioni concrete di questa rete, pensata a favore e a sostegno del territorio regionale e del suo tessuto sociale e imprenditoriale, sono state le borse di studio e gli assegni di ricerca attivati, i corsi di formazione on-line, che hanno registrato una partecipazione rilevante, gli “Incontri con la scienza”, seguiti da tantissimi ragazzi delle scuole, la Scuola Estiva, con i suoi corsi di aggiornamento sulle Scienze Sperimentali.

Le diverse e positive peculiarità del progetto “Gran Sasso in rete”, tese all'avanzamento delle conoscenze, alla loro disseminazione sul territorio e all'innovazione tecnologica, così come la durata temporale dello stesso, che ne fa un'esperienza stabile più che un evento estemporaneo, lo rendono un felice esempio di buona prassi e come tale replicato e replicabile nel tempo e nello spazio.

Non a caso la collaborazione tra la Regione Abruzzo e l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Laboratori Nazionali del Gran Sasso, partita come sperimentazione nel 2006, felicemente consolidata con il progetto “Gran Sasso in rete” nel 2008, oggi prosegue con il progetto speciale multiasse “La Società della conoscenza in Abruzzo”, sempre nella direzione della costruzione e sperimentazione di innovativi modelli relazionali tra ricerca e sistema produttivo.

Un sistema di relazioni che aspira a coinvolgere sempre più i rappresentanti dell'economia abruzzese per raccogliere in pieno le istanze e le necessità riguardo un'offerta formativa realmente di altissimo livello, naturale elemento strategico per uno sviluppo completo del nostro tessuto imprenditoriale e della nostra economia regionale.

Fondo Sociale Europeo, Regione Abruzzo e Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: una collaborazione consolidata

Germano De Sanctis

Il rapporto tra la Regione Abruzzo ed i Laboratori Nazionali del Gran Sasso nasce con la formalizzazione, nell'ambito del Piano 2006 della Programmazione P.O. F.S.E. Abruzzo 2000-2006, del Protocollo d'Intesa “Progetto Alta Formazione”, sottoscritto nell'aprile 2007.

Attraverso questo atto, la nostra regione ha compiuto un passo

significativo, ha accettato una sfida per rafforzare la competitività del sistema produttivo regionale attraverso una maggiore diffusione dei risultati della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica.

Obiettivo, pienamente raggiunto, del “Progetto Alta Formazione” è stato quello di creare un modello, un esempio di “best practice” replicabile in altre regioni europee, con giovani vincitori di borse di studio inseriti nel tessuto produttivo, prima per trasferire le conoscenze acquisite, poi come figure professionalmente qualificate.

La collaborazione avviata con il P.O.R. F.S.E. Abruzzo 2000-2006 ha rappresentato un modello accolto e reiterato nella programmazione 2007-2013, modello che pone al centro delle strategie di Fondo Sociale Europeo la creazione (basata sulla valorizzazione del fattore umano) di reti finalizzate alla competitività dei territori, reti sia tra pubbliche amministrazioni sia tra pubbliche amministrazioni da una parte e sistema della ricerca dall'altra

D'altro canto, con la “Scheda Università”, approvata nell'ambito del primo incontro del Sottocomitato Risorse Umane del Q.S.N., tenutosi a Roma il 13 luglio 2009, è stato individuato un regime di accesso ai finanziamenti F.S.E. specifico per le Università e i soggetti equiparati, nel caso in cui gli stessi siano gli unici in grado di realizzare l'intervento per ragioni di competenze tecniche, esclusività istituzionale, territorialità ed economicità, riconoscendo un ruolo fondamentale ed esclusivo, in tema di crescita e di qualificazione nel campo dell'alta formazione.

Prova ne è che, sempre nell'ambito della citata “Scheda Università”, in caso di incentivi a favore degli studenti/laureati/ricercatori/dottorandi e di assegni/borse di ricerca gestiti dalle Università o dai Centri pubblici di Ricerca, è possibile procedere all'assegnazione delle risorse sulla base di obiettivi di sviluppo territoriale definiti dall'amministrazione, rimettendo la valutazione della rispondenza alle esigenze territoriali ai soggetti che erogano l'incentivo ai destinatari.

Queste sono state le premesse da cui successivamente, con la Programmazione FSE Abruzzo 2007-2013, è partito il progetto “Gran Sasso in rete”, nell'ambito del Piano Operativo 2007-2008.

Obiettivi della collaborazione realizzata attraverso il Fondo Sociale Europeo tra la Regione Abruzzo e l'I.N.F.N., declinati nel Progetto “Gran Sasso in rete”, sono stati:

- il rafforzamento delle competenze nella ricerca e il conseguimento, per laureati e diplomati, di conoscenze da trasferire alle imprese, perseguiti attraverso la costituzione di una triplice rete; la prima punta a generare sinergie operative tra l'I.N.F.N.-L.N.G.S. e il contesto produttivo locale, la seconda tra l'I.N.F.N.-L.N.G.S. e gli organismi di ricerca accademici e non italiani, la terza tra l'I.N.F.N.-L.N.G.S. e prestigiose strutture accademiche e di ricerca estere;
- la sperimentazione di modalità di formazione e-learning;
- l'orientamento alla fisica e alle altre discipline scientifiche;

- la promozione dell'innovazione attraverso un Centro di Eccellenza formativa e informativa nel campo della fisica astroparticellare.

Le piccole e medie imprese abruzzesi hanno bisogno di una forte spinta che diffonda la cultura dell'innovazione, della formazione e della qualificazione del proprio capitale umano. A queste imprese occorre trasferire innovazione e garantire processi di crescita e di qualificazione professionale, avvalendosi delle nostre Università e dei nostri Centri di ricerca.

Ciò che ha reso unica l'esperienza formativa presso i L.N.G.S. è che i giovani beneficiari delle iniziative hanno acquisito la consapevolezza di come, da una parte siano stati destinatari di risorse grazie alle quali hanno conseguito conoscenze scientifiche di altissimo livello, e dall'altra siano portatori di un sapere utile a modernizzare le imprese del territorio al fine di renderle più competitive nei diversi settori del mercato.

Con un comunità scientifica rappresentata da circa nr. 800 ricercatori di diversi Paesi, i Laboratori sono in grado di proporsi come catalizzatori dell'innovazione e, allo scopo di rafforzare il radicamento sul territorio, mettono a disposizione il proprio know how per la disseminazione dei saperi, al fine di essere riconosciuti oltre che come Centro di Ricerca di eccellenza, anche come luogo di Alta Formazione.

La Regione e l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare hanno firmato, nel novembre 2008, il Protocollo d'Intesa finalizzato ad offrire nuove possibilità di formazione di altissima qualità ai giovani abruzzesi, nonché alla crescita del tessuto produttivo regionale.

Il documento ha visto i Laboratori attuatori, per gli anni 2009, 2010 e 2011, del Progetto Speciale Multiasse “Gran Sasso in rete”, con una dotazione finanziaria di € 2.395.783 a carico del Fondo Sociale Europeo e di risorse pubbliche nazionali.

Il Progetto, realizzato attraverso il sostegno imprescindibile del Fondo Sociale Europeo, e finalizzato, come già evidenziato, al rilancio della competitività del “Sistema Abruzzo”, si è concretizzato attraverso la realizzazione di interventi a sostegno dell'innovazione e al potenziamento del tessuto produttivo, con l'erogazione di Assegni di ricerca e Borse lavoro per giovani abruzzesi, diplomati e laureati, interessati all'inserimento lavorativo altamente qualificato nel mercato del lavoro, nonché di interventi di orientamento alla fisica e alle altre discipline scientifiche degli studenti delle scuole abruzzesi e la promozione dell'innovazione attraverso la rete di ricerca internazionale di fisica astroparticellare.

La collaborazione tra il Fondo Sociale Europeo, la Regione ed i L.N.G.S., avviata a partire dal 2006, rappresenta per l'Abruzzo una irrinunciabile opportunità di sostegno alla Regione, da un lato offrendo al tessuto produttivo e al sistema dell'istruzione e formazione occasioni uniche di innovazione, dall'altro consentendo ai L.N.G.S. di condurre meglio un'attività di ricerca che risulta, attualmente, al centro delle attenzioni della comunità scientifica mondiale.

Tale collaborazione non è rimasta un episodio ma si è trasformata in un rapporto duraturo di cooperazione anche per le future annualità della Programmazione 2007-2013, affinché, alla luce degli interventi già realizzati, si possano concretizzare ulteriori progetti (vedasi il Progetto Speciale Multiasse “La società della conoscenza in Abruzzo” del Piano Operativo 2009-2010-2011) per portare avanti sul territorio una permanente formazione di altissimo livello, tale da permettere l'auspicabile crescita e il susseguente sviluppo della nostra Regione, al fine di un compiuto superamento dei fattori negativi che si sono innescati a seguito della crisi economica e finanziaria mondiale e dei tragici eventi sismici del 2009.

L'Alta Formazione: filo conduttore tra Europa, PMI, Ricerca & Innovazione

Franca Masciulli, Roberto Vanni

I cittadini europei hanno ormai raggiunto la consapevolezza che il successo della loro storia futura e dunque il benessere dipende in larga parte dal raggiungimento degli obiettivi di crescita e sviluppo individuati dall'Unione Europea. “Uniti nella diversità” è il motto dell'Unione Europea e può essere certamente abbinato alle oggettive differenze che si riscontrano tra il mondo Imprenditoriale e quello della Ricerca. La sfida consiste proprio nel riuscire a cooperare insieme a favore dello sviluppo dei territori rispettando la ricchezza delle proprie peculiarità.

Nel sistema della conoscenza si opera spesso alle frontiere del sapere e le persone che rendono disponibile il proprio ingegno e la propria passione sanno che le idee, le buone idee non hanno ragione di esistere tra vincoli geografici o di qualsiasi altro genere. Tuttavia in alcuni momenti e in alcuni ambiti specifici vi è un maggior stimolo a fornire risposte a domande ancora aperte. In particolar modo i giovani ricercano costantemente luoghi e persone in grado di sorprendere la loro curiosità. Le aziende, piccole e medie, segnalano oggi con insistenza la necessità di aggregarsi attorno ad uno o più “catalizzatori dell'innovazione” perchè la parola condivisione rende ora compiutamente il suo significato.

L'Alta Formazione si presenta dunque come il percorso più opportuno nella attuale visione di crescita sistemica delle organizzazioni e dei territori. L'ampia collaborazione tra le imprese e le istituzioni formative e di ricerca pone le basi per la messa a punto di modelli efficaci nei risultati ed efficienti nell'impiego delle risorse.

Le Imprese, le Università e i Centri di Ricerca, in questo sistema di condivisione della conoscenza, si trovano a poter fruire del supporto reciproco per dare “consistenza” e solidità alla formazione di competenze di elevato livello.

Dalla collaborazione tra ricerca e impresa possono nascere importanti "laboratori" al servizio dell'innovazione. In questo contesto il mondo della ricerca è sollecitato a declinare le proprie necessità tecnologiche in un "linguaggio" fruibile per l'Impresa e questa declinazione suggerisce alle imprese, in una sorta di circolo virtuoso, di chiarire il più possibile il tipo di risultati attesi dalla collaborazione.

Ai fini della instaurazione e poi del consolidamento di tale relazione virtuosa tra mondo della ricerca e mondo produttivo si sottolinea il ruolo delle associazioni datoriali, che assumono un ruolo strategico di promozione della sperimentazione e, più in generale, del raccordo fra sistema produttivo e Università e Centri di ricerca.

L'elevato coinvolgimento delle imprese lungo tutto il ciclo di vita di un progetto di alta formazione e/o di trasferimento delle conoscenze è da ritenersi presupposto fondamentale per la qualità delle iniziative. Le imprese, coinvolte sin dalla fase di ideazione, forniscono un contributo attivo nella identificazione di profili che rispondano ai loro specifici bisogni, anche in una visione di medio/lungo termine.

La ricerca è perciò un'industria e le imprese locali possono essere in grado, attraverso una relazione continua, di acquisire tecnologie dai produttori di conoscenza di tutto il mondo. L'economia della conoscenza, per definizione, agisce con forti intersezioni tra territori diversi. Il nuovo ruolo dei centri di ricerca è anche quello di coinvolgere quelle imprese che appaiono meno innovative.

Attraverso un costante dialogo si accede dunque alla possibilità di uno sviluppo coerente dei territori.

Il ruolo strategico della formazione dei giovani quali boundary spanners tra ricerca ed impresa

Francesco Arneodo

L'innovazione, ovvero l'introduzione nel mercato di nuovi prodotti, servizi o processi è uno degli elementi principali della competitività di un'azienda. Laddove la densità geografica e temporale dell'innovazione sono elevate, un intero territorio assume caratteristiche di competitività diffusa che può innescare un circolo virtuoso che stimola ulteriore innovazione. Il risultato finale è la crescita economica e sociale di un'intera area.

Al contrario di una credenza piuttosto diffusa, il processo di innovazione non è il risultato di straordinarie idee concepite casualmente da pochi individui geniali. Lo sviluppo di prodotti rivoluzionari è certamente un esempio di innovazione, ma quasi sempre richiede un processo faticoso, con grandi risorse

dedicate alla ricerca e allo sviluppo.

Nel secolo scorso molte grandi aziende integravano al loro interno strutture di ricerca e sviluppo per soddisfare il fabbisogno di innovazione necessario a mantenere la competitività dell'organizzazione. I costi elevati di simili strutture le hanno rese di difficile realizzazione e mantenimento per le grandi aziende e del tutto inaccessibili per le medio-piccole. Ma un altro fattore ha reso i dipartimenti interni di R&D, se non obsoleti, certamente di minore impatto strategico di un tempo: la diffusione della conoscenza. Università, centri pubblici di ricerca, internet, pubblicazioni scientifiche: la diffusione e l'integrazione di questi elementi fa sì che una enorme quantità di conoscenza scientifica e tecnologica di altissimo livello sia accessibile praticamente a chiunque. La stessa divisione tra ricerca di base e ricerca applicata, nata negli anni 40, è oggi, se non scomparsa, certamente più sfumata.

Il problema è come accedere a queste risorse diffuse. Il contesto ha un impatto enorme sulle capacità di assorbimento di un'azienda. L'esistenza di reti formali che collegano diverse organizzazioni è certamente importante, ma le reti informali create dai legami interpersonali e dal flusso di personale da un'organizzazione all'altra sono probabilmente ancora più importanti.

Nel contesto italiano la separazione fra le reti accademiche e di ricerca e il settore produttivo è particolarmente netta, e trova forse le sue origini molto lontano nella storia. Nel contesto abruzzese questa divisione è particolarmente evidente, poiché nella nostra Regione sono presenti importanti realtà di ricerca sia nel settore pubblico che nel privato, a fronte di un tessuto produttivo caratterizzato da una prevalenza di imprese medio piccole con bassi livelli di competitività e di innovazione.

Come fare interagire questi due mondi a beneficio di entrambi? La risposta che il Progetto Gran Sasso in Rete ha dato è di fare entrare nel gioco un terzo protagonista, i giovani abruzzesi, dando loro il compito di agire da "boundary spanner", di scavalcare cioè i confini fra il mondo della ricerca e quello dell'impresa, mettendo in contatto queste due realtà e "traducendo" l'esperienza maturata in un contesto nel linguaggio compreso dall'altro. A loro è stato affidato il compito di realizzare quelle reti cui si è accennato sopra.

La maggior parte degli interventi del Progetto sono stati caratterizzati da questa strategia: creare interfacce, certamente formali ma anche e soprattutto informali tra i Laboratori del Gran Sasso dell'INFN e il settore produttivo della Regione: interfacce nuove e diverse dalla relazione tradizionale e certamente già esistente fornitore-cliente. Per realizzare questo obiettivo abbiamo voluto che gli interventi formativi, soprattutto l'intervento A, fossero caratterizzati da un rapporto personalizzato con i fruitori della formazione, rendendoli immediatamente protagonisti in un contesto di ricerca e tecnologia di livello internazionale e non già semplici allievi. Questo li ha resi capaci di trasferire le conoscenze acquisite al contesto, spesso radicalmente diver-

so, del settore produttivo privato, e di acquisirne altre.

Il successo del Progetto, valutato a breve termine, è stato considerevole, come testimoniano i numeri e le opinioni dei protagonisti. Alcuni giovani hanno trovato lavoro presso le aziende partecipanti al progetto. In altri casi hanno proseguito l'esperienza presso i LNGS.

Tuttavia i risultati di questa iniziativa, a nostro sapere mai tentata prima, non possono che essere valutati su scale di tempi medio lunghe. La speranza di chi ha contribuito a fondare "Gran Sasso in Rete" e il suo predecessore, è di potere, un giorno non troppo lontano, accedere ad un'offerta specifica di tecnologie e servizi nella Regione competitiva con quanto attualmente è offerto da aziende d'oltreoceano. Per arrivare a questo obiettivo è però necessario continuare nella costruzione di un sistema di innovazione regionale di cui Gran Sasso in Rete può dirsi un elemento rilevante.

Gran Sasso in rete e placement

Monica De Simone

Gran Sasso in rete è un progetto poliedrico, che trova espressione nella convinzione del dinamismo del rapporto reticolare che unisce il mondo del Fondo Sociale Europeo, tra il centro di ricerca, i giovani e le imprese.

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e i Laboratori Nazionali del Gran Sasso hanno tra gli obiettivi istituzionali, la formazione scientifica e tecnologica da trasferire ai giovani sin dalla giovane età, e il progetto speciale multiasse "Gran Sasso in rete", organizza in maniera strutturata e con obiettivi chiari questo processo.

In ciascun intervento è posta l'attenzione al miglioramento incessante delle competenze delle risorse e dell'impresa con un'osmosi continua; in particolar modo, tale focus è centrato nell'intervento A, Rafforzamento delle competenze in attività di ricerca e al conseguimento di conoscenze trasferibili alle imprese a favore di 22 giovani Laureati e Diplomatici, ove il trasferimento di saperi e competenze, diviene organizzato e supportato.

L'azione mira a formare persone di età compresa tra i 20 e i 40 anni per le borse di studio ed un massimo di 35 anni per gli assegni di ricerca, strutturando delle attività formative non convenzionali.

Il Laboratorio del Gran Sasso offre una formazione specifica e altamente qualificante propria di un centro di ricerca all'interno delle varie aree dell'organizzazione nei diversi ambiti di processo e di servizio; i borsisti sono stati accolti nei vari ambiti a seconda della provenienza di percorsi di studio.

L'attività formativa prevista, è, in linea con gli obiettivi del POR, diretta ai residenti in Abruzzo. Sono stati indetti bandi di partecipazione a partire dall'autunno del 2009 con un battage pubblicitario che ha riguardato la Regione Abruzzo e la diffusione

nazionale, sia su carta stampata che su web.

L'attività dell'intervento A, nella fattispecie, ha l'obiettivo di erogare un totale di 17 borse di studio di cui 5 borse per giovani diplomati e 10 borse per laureati in discipline scientifiche, e 7 assegni di ricerca di cui 2 assegni con permanenza presso Istituti di Ricerca Italiani e 5 assegni con permanenza presso Istituti di Ricerca Internazionali.

Già da una prima analisi, riepilogata in tabella n° 1, è possibile sottolineare l'interesse e le risposte da parte delle risorse del territorio: sono pervenute un totale di 236 domande di candidatura di cui: 103 da parte di giovani diplomati con il requisito di massimo 30 anni di età, 114 domande da parte di giovani laureati, 19 domande per assegni di ricerca scientifica e tecnologica.

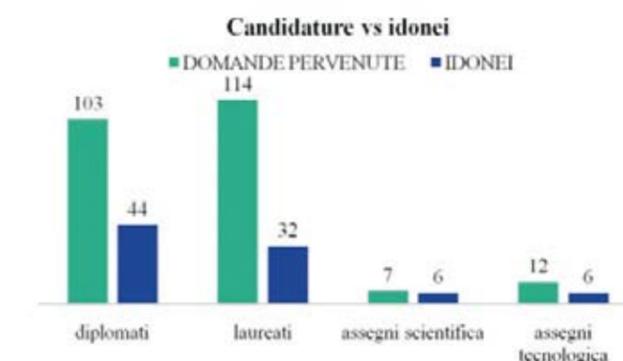


Tabella 1

La maggior parte delle domande pervenute, come si può constatare, si colloca nella richiesta di partecipazione ai bandi per Borse di studio, probabilmente il motivo è rintracciabile nelle tematiche proposte che richiedono una formazione di accesso meno specialistica rispetto ai requisiti per accedere agli Assegni di Ricerca. È stata effettuata una selezione attraverso un primo screening delle domande pervenute con una graduatoria di idoneità e di pertinenza dei requisiti e successivamente attraverso colloqui individuali. I primi allievi hanno preso servizio già dalla primavera del 2010.

Le modalità formative attuate sono di tipo integrato, il training-on-the-job, in quanto gli allievi sono immersi totalmente nella realtà lavorativa negli ambienti dei LNGS e la formazione one-to-one, ciascun allievo è seguito da un Docente "esperto" nel settore e da un Tutor formativo che hanno costantemente monitorato l'apprendimento e il corretto svolgimento delle attività in team aventi alto contenuto tecnologico e di interesse applicativo.

Trascorso un primo periodo di sei mesi presso i LNGS in cui il borsista ha vissuto una fase di apprendimento attivo, è iniziata l'attività di stage. A differenza della consueta accezione dell'esperienza dello stage, che vede i giovani affacciarsi a un'attività lavorativa, in questo caso, il giovane è stato portatore di innovazione all'interno delle Aziende e dei Centri di Ricerca

italiani ed internazionali. Per innovazione, si intende quella di tipo culturale, di processo e di azione. Infatti, in questa fase, i ragazzi sono stati considerati dei “docenti”, ovvero, dei portatori di conoscenza.

Innovazione è stato anche instaurare con le imprese un rapporto di reciproca fiducia ed apertura/accoglienza e di collaborazione. Il rapporto con le aziende è stato regolamentato da apposite convenzioni e da ogni singolo programma formativo condiviso tra il Tutor interno ai Laboratori, il Tutor dell'azienda e l'Allievo.

Con l'aggiunta di ulteriori step formativi, gli allievi delle Borse di studio hanno avuto l'opportunità di prorogare il percorso fino al 30 settembre del 2011 e questa occasione ha fatto sì che ciascuno riportasse nel gruppo di lavoro iniziale, l'esperienza vissuta in Azienda, integrandola con ulteriore formazione sul campo nei Laboratori.

Hanno portato a termine il proprio percorso formativo un totale di 12 borsisti e 5 assegnisti di cui 7 donne e 10 uomini. Quest'ultimo dato che mette in relazione i partecipanti non è di secondaria importanza poiché soddisfa anzitutto l'obiettivo specifico di migliorare l'accesso delle donne all'occupazione e ridurre le disparità di genere, e benché non rappresentativo, dimostra l'interesse delle donne all'Alta Formazione scientifico-tecnologica.



Il termine placement, significa letteralmente, posizionamento delle risorse che hanno beneficiato di interventi rispetto al mercato del lavoro e con l'obiettivo di innalzare le risorse innovative e l'occupabilità. Nel progetto “Gran Sasso in rete” viene inteso inoltre, come opportunità di incontro tra gli attori del mondo della ricerca, i giovani e le imprese, favorendo uno scambio di conoscenze e di bisogni.

Trasversale in tutti gli interventi previsti dal Progetto, c'è stata una permeabilità continua tra sapere scientifico, sapere tecnologico e aziende, basti pensare alla formazione E-Learning di cui hanno beneficiato operatori, tecnici ed imprenditori di 169 imprese del territorio, nonché gli oltre 30 allievi del corso di Innovazione Tecnologica, esperti provenienti da aziende altamente specialistiche ed Enti di Ricerca. Il Progetto ha realizzato attività di divulgazione ed orientamento rivolte a bambini e gio-

vanissimi ospitando oltre 3000 ragazzi.

Il cuore del progetto speciale multiasse “Gran Sasso in rete” sono i diplomati e laureati che hanno beneficiato e concretizzato con la loro esperienza, l'idea progettuale di accrescere la rete tra il mondo della ricerca e il tessuto produttivo della Regione Abruzzo, risulta piuttosto prematuro fare un'analisi qualitativa in termini di innovazione trasferita e di occupazione in senso stretto.

Ad oggi, alcuni giovani stanno proseguendo la loro esperienza formativa/lavorativa con i Laboratori del Gran Sasso portando avanti il percorso di ricerca iniziato attraverso il POR; un giovane beneficiario di una borsa di studio per diplomati, è stato tempestivamente assunto dalla ditta presso cui ha svolto lo stage, la TC Service dell'Aquila; alcune aziende hanno proposto ai ragazzi, di proseguire l'attività presso le loro sedi; altri ragazzi stanno continuando il proprio percorso di studi secondo i propri obiettivi. D'altro canto, le borse di studio, nascono proprio per supportare un periodo formativo e per specializzarsi ed approfondire alcune tematiche al fine di accrescere le proprie competenze in temi che diversamente non possono essere approcciati, esse accompagnano il giovane nel percorso di transizione tra lo studio e il mondo del lavoro.

Le competenze tecnologiche dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso per le aziende abruzzesi: corsi online, esperienze in rete

Bruno Nati, Marilena Tamburello

Chissà se il professor Zichichi, quando nel 1979 ideò i Laboratori sotterranei del Gran Sasso, immaginava di estendere la rete di gallerie scavate nel cuore della montagna al mondo intero, collegandola ad altre reti, invisibili e sotterranee anch'esse e abitate solo dalla conoscenza, da informazioni che viaggiano alla velocità della luce e che spostano le idee che i laboratori stessi hanno reso realtà. E ancora, chissà, se più di trent'anni addietro, fosse stato possibile immaginare laboratori virtuali con persone in grado di lavorare, senza tuta e caschetto, da casa, con accanto un tutor, vicino e allo stesso tempo distante chilometri.

Donald Norman, dal celebre MIT, sosteneva che “La tecnologia migliore è quella che non si vede, perché è tanto semplice da usare da diventare trasparente”. Un'affermazione che si riferiva al computer, alla difficoltà che questo strumento nato per la ricerca scientifica, trovava nel comunicare con l'uomo comune. Il paradigma di Norman diventa quanto mai pertinente se appli-

cato al nostro caso.

Attraverso l'intervento B “Formazione e-learning, collaborazione e sviluppo di comunità online” del progetto Multiasse Gran Sasso in Rete, siamo riusciti a realizzare un piccolo, grande miracolo; abbiamo esteso un luogo fisico di enorme complessità tecnologica e scientifica a tutto il territorio abruzzese, lo abbiamo reso “trasparente” attraverso la rete telematica, trasportato nelle aziende e nelle case, condiviso con i cittadini della regione. Abbiamo aperto le porte dei Laboratori del Gran Sasso attraverso una “traduzione” fatta di bit e soprattutto attraverso un nuovo linguaggio. Un grande esperimento di comunicazione, prima ancora che un trasferimento tecnologico, una sfida che ha visto la complessità e l'implicita astrazione della ricerca di base, mutare finalmente, in un costrutto che si è fatto esperienza per il territorio abruzzese, nella concretezza del lavoro di piccole e medie imprese come nella creazione di nuove opportunità e nuove figure professionali.

Da AltaFormazione a Gran Sasso in Rete

L'intervento B di “Gran Sasso in rete” sviluppa l'offerta formativa del precedente progetto “AltaFormazione”, iniziativa che aveva visto nell'innovazione didattica e nelle tecnologie di rete una formidabile opportunità per far crescere il territorio dal punto di vista sociale, culturale ed economico.

La premessa era la sperimentazione di modelli formativi eterogenei, funzionali alle esigenze delle PMI abruzzesi, spesso in ritardo nella riconversione professionale e nell'aggiornamento del personale, nella programmazione, all'interno del processo produttivo, d'interventi formativi qualificanti in grado di riaggianciare linee di sviluppo europee e che, soprattutto in tempi di crisi economica, rappresentano la chiave per uno sviluppo strutturale che guarda al futuro.

L'idea di utilizzare un modello “misto” di formazione, coniugando didattica in presenza e tecnologie di rete si è rivelata vincente, riscuotendo consensi nei discenti che hanno partecipato ai programmi, formando personale del territorio in grado di intervenire nei processi produttivi innescati dalla ricerca e generando nuove professionalità nel settore della formazione e delle nuove tecnologie.

“Gran Sasso in Rete” ha assunto su di sé il compito di formalizzare i modelli didattici adottati in precedenza e di innovarli attraverso l'implementazione di un nuovo ambiente di apprendimento, di nuovi strumenti di comunicazione e di collaborazione e la realizzazione di tecnologie in grado di migliorare l'apprendimento a distanza sia dal punto di vista qualitativo che motivazionale.

Gli obiettivi del progetto: “Formazione e-learning, collaborazione e sviluppo di comunità online”

Il progetto alla base dei corsi erogati nel 2008 aveva come fina-

lità quella di: “sviluppare e sperimentare metodologie didattiche per la formazione continua di imprenditori e management delle piccole e medie imprese, incentrate sull'e-learning anche attraverso l'adozione di buone prassi”.

All'interno di questa prima esperienza fu adottato un modello pedagogico integrato in cui ad un approccio incentrato sui contenuti ed il supporto dell'e-tutor (content & support, - Mason, 2002) si sono innescate dinamiche basate sull'apprendimento collaborativo (Jonassen, 1994).

Nell'analisi successiva all'erogazione dei corsi del 2008, ci si è resi conto dell'importanza di sviluppare prioritariamente percorsi basati sul collaborative learning (Jonassen, 1994), adottando un impianto sia tecnologico che metodologico ad esso funzionale.

Si rendeva necessaria una maggiore interazione nel gruppo classe, una più attiva partecipazione dei discenti attraverso la realizzazione di processi di condivisione e co-costruzione in un ambiente virtuale di apprendimento collaborativo¹

Nuovi obiettivi:

- Ambienti virtuali per l'apprendimento collaborativo
- Processi calibrati sul “Learning by doing”
- Uno spostamento dell'attenzione dai contenuti ai processi
- Un maggiore intervento del tutor nelle interazioni del gruppo classe

Nuovi Strumenti:

- Piattaforma di apprendimento Open Source Moodle
- Strumenti per il lavoro collaborativo - forum, chat, messaggistica, wiki, blog, portfolio
- Aula virtuale
- Laboratorio virtuale informatica

I corsi 2009-2010

I quattro corsi erogati nell'intervento B “Formazione e-learning, collaborazione e sviluppo di comunità online” del progetto Multiasse Gran Sasso in Rete, sono frutto di un'attenta analisi dei fabbisogni formativi. Questa ricerca ha incluso: un'analisi on desk, dieci interviste a testimoni privilegiati e un Focus group.

1. Le competenze e le buone pratiche per l'e-tutoring
2. Affidabilità dei servizi informatici aziendali
3. Applicazioni delle macchine Stirling nei processi con fonti rinnovabili
4. Utilizzo del sistema SCADA per il controllo del territorio

¹ Midoro V. ITD-CNR Genova, TD-25, “Dalle comunità di pratica alle comunità di apprendimento virtuali” - Wenger E, Community of Practice, Cambridge University

Implementazione di sinergie operative nella creazione di percorsi di specializzazione su strumentazione ad alta tecnologia

Stefano Nisi

La completa attuazione dell'Intervento C, nell'ambito delle attività POR "Gran Sasso in Rete" finanziate dal Fondo Sociale Europeo 2007-2013, prevedeva due tipologie di piani formativi con l'obiettivo di diffondere, nel tessuto produttivo locale e negli altri centri di ricerca abruzzesi, le conoscenze tecnologiche utilizzate quotidianamente presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), che tradizionalmente ha la ricerca pura come ruolo istituzionale prevalente.

Il primo intervento formativo, sotto forma di borsa di studio della durata di un anno e volto a laureandi e giovani laureati in materie tecnico-scientifiche, riguardava l'area dell'analisi di elementi chimici in traccia mediante spettrometria di massa ad alta risoluzione con sorgente di ionizzazione al plasma (High Resolution-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry: HR-ICP-MS).

I borsisti vincitori della selezione sono stati accolti nei laboratori del Servizio di Chimica ed Impianti Chimici dei LNGS dove hanno iniziato a prendere coscienza delle esigenze di purezza dei materiali e delle sostanze impiegate per la costruzione degli apparati sperimentali dei LNGS, sviluppando una mentalità atta all'analisi nel campo delle ultratracce. Nella fase successiva sono stati affiancati ai tutor e coinvolti direttamente nelle delicate attività di preparazione dei campioni e di misura della loro contaminazione, inclusa l'analisi dei dati e la loro interpretazione.

L'obiettivo del progetto era quello di formare tecnici in grado di eseguire analisi mediante spettrometria di massa in maniera autonoma, affidando loro il compito di trasferire l'esperienza acquisita in questo settore alle aziende e agli altri laboratori dove hanno trascorso il periodo di stage. Allo stesso tempo, i borsisti hanno avuto l'occasione di interagire con esperti di altri campi della scienza arricchendo il proprio bagaglio professionale e svolgendo il ruolo di vettori di ritorno della conoscenza. In questo modo hanno contribuito a chiudere il circolo virtuoso tra i LNGS, altre realtà del mondo della ricerca abruzzese ed il mondo dell'imprenditoria locale.

Il lavoro svolto durante questo anno, oltre a contribuire al raggiungimento degli obiettivi di vari esperimenti installati ai LNGS, ha favorito proficue collaborazioni con l'Università degli studi de L'Aquila, con l'Università di Milano Bicocca e con il Centro di Eccellenza per gli Studi sull'Invecchiamento (CESI) della

fondazione dell'Università di Chieti.

In particolare, con l'Università degli studi de L'Aquila si è intrapreso uno studio per la tracciabilità dello zafferano mediante la tecnica del "finger print", basata sulla determinazione del contenuto di elementi essenziali o di elementi in traccia come le terre rare, per individuarne la zona di provenienza.

Un altro progetto molto interessante, che ha coinvolto l'Unità di Biochimica e Proteomica del CESI, ha riguardato la misura di elementi in campioni biologici mediante HR-ICP-MS. L'importanza di questo filone della biomedica è stato più volte trattato in letteratura poiché il bioaccumulo di alcuni elementi in vari tessuti biologici è ritenuto causa o concausa del manifestarsi di malattie neurodegenerative, quali il morbo di Alzheimer. Le misure eseguite ai LNGS, con spettrometria di massa ad alta risoluzione, hanno permesso di validare le procedure analitiche messe a punto in precedenza con uno spettrometro di massa a bassa risoluzione presso i laboratori del CESI.

Inoltre, alcuni borsisti hanno avuto modo di trasferire le conoscenze e l'esperienza, acquisite ai LNGS, presso strutture di rilevanza internazionale quali il Brookhaven National Laboratory (BNL) e la Princeton University.

L'interesse degli argomenti trattati e la qualità del lavoro svolto dai borsisti è sottolineata dal fatto che, in alcuni casi, i risultati conseguiti sono già stati pubblicati su riviste del settore di livello internazionale mentre altri sono in fase di prossima stesura.

Il secondo intervento formativo, il "Corso teorico-pratico di spettrometria di massa ad alta risoluzione" della durata complessiva di 30 ore, era invece rivolto a tecnici appartenenti ad aziende o ad altri enti abruzzesi che operano nel campo dell'analisi di elementi a bassi livelli di concentrazione: oggi in Italia sono in funzione una decina di strumenti HR, quello impiegato nell'ambito dell'Intervento C è l'unico in Abruzzo.

L'interesse raccolto da questa iniziativa, valutato in termini di adesioni al corso, è stato superiore alle aspettative: il corso era inizialmente strutturato per un numero di iscritti non superiore a 10, ne sono stati accolti oltre 30.

L'altro aspetto positivo è rappresentato dal fatto che i partecipanti provenivano da realtà aziendali e scientifiche diverse (ricerca medica, industria elettronica, ambiente...).

Per i formatori e tutor coinvolti è stato motivo di grande soddisfazione e gratificazione l'aver contribuito al trasferimento di conoscenze e tecnologie innovative, utilizzate nel settore della ricerca in fisica delle particelle, a giovani studenti e neo laureati, i quali hanno avuto anche l'opportunità di entrare in contatto con altre realtà del mondo della ricerca e del settore produttivo.

Quando la scienza entusiasma: orientamento alle discipline scientifiche

Roberta Antolini

Conoscere Giocando – Intervento D del progetto multiasse Gran Sasso in Rete ha avuto come scopo quello di promuovere nuove opportunità educative basate sull'attività sperimentale per superare la metodologia tradizionale della divulgazione. L'obiettivo era di contribuire al miglioramento della didattica delle discipline scientifiche e di far conoscere il ruolo fondamentale della ricerca e della tecnologia nella vita di tutti i giorni.

L'intervento era suddiviso in 4 sottoprogetti:

1. "Incontri con la scienza" per gli alunni delle scuole
 2. "Scuola estiva" per studenti della scuola secondaria superiore
 3. Corso di aggiornamento per insegnanti
 4. Galileium – Museo della Fisica e dell'Astrofisica - Teramo
- Le prime tre attività, svoltesi presso i Laboratori del Gran Sasso, hanno permesso:

- a 3187 ragazzi delle scuole primarie e delle secondarie di 1° e 2° grado, di partecipare a sessioni di laboratori didattici;
- a 50 studenti delle secondarie di secondo grado di studiare le scienze per un periodo di due settimane;
- a 38 insegnanti di frequentare laboratori e lezioni di aggiornamento e formazione.

Tutte queste attività si sono concluse con risultati che possono ritenersi molto soddisfacenti.

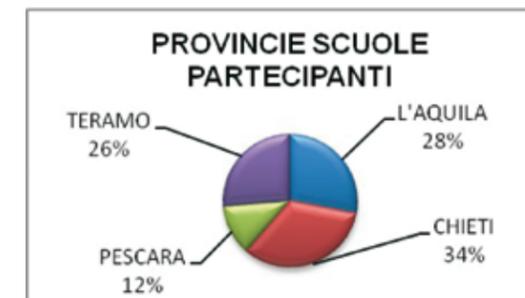
Di seguito si riportano i resoconti dei tre sottoprogetti, evidenziando i dati sulla partecipazione delle scuole e in particolare le valutazioni e i commenti dei beneficiari sulle attività stesse.

"Incontri con la Scienza"

Nel grafico a "torta" sono riportate le percentuali delle scuole partecipanti con riferimento alle province di appartenenza. Dal grafico si nota una percentuale sopra la media di scuole provenienti dalla provincia di Chieti e una percentuale sotto la media delle scuole provenienti dalla provincia di Pescara. Considerato che l'informazione delle iniziative è stata veicolata attraverso la Direzione Scolastica Regionale, non riteniamo che questa differenza sia dovuta ad una non omogenea opera di informazione, quanto probabilmente ad una maggiore celerità nel fissare gli appuntamenti da parte delle scuole della provincia di Chieti, andando a "saturare" tutti i posti a disposizione.

La tabella 1 riporta il numero delle Scuole Primarie, Secondarie di Primo Grado e Secondarie di Secondo Grado, il numero delle classi e quello degli alunni che hanno partecipato agli incontri. Ogni incontro con le scuole, ognuno della durata di quattro ore, durante il quale veniva chiesto agli studenti di realizzare piccole esperienze di fisica e una relazione sulle misure fatte, si è

concluso con la somministrazione di un questionario anonimo agli insegnanti accompagnatori. In particolare si chiedeva di valutare, dando un voto, una serie di criteri e di esprimere le proprie aspettative.



	Scuole			
	Primarie	S. 1° Grado	S. 2° Grado	Totali
Scuole partecipanti	22	19	34	75
Scuole prenotate e confermate ma assenti	2	2	1	5
Classi coinvolte	40	36	64	140
Alunni partecipanti	904	830	1453	3187



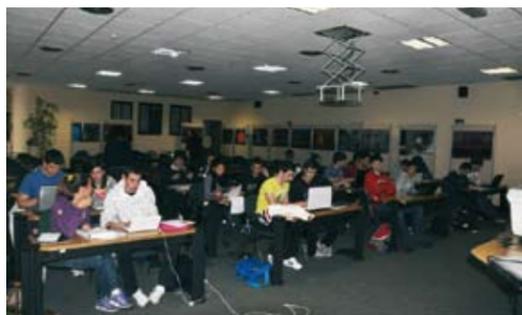
Da notare che più dell'80% degli accompagnatori ha dichiarato che l'attività di laboratorio ha soddisfatto le loro aspettative. I risultati sono riportati in tabella 2.

Domande	Medie dei voti per grado di Scuola			
	Primarie	S. 1° Grado	S. 2° Grado	Media/10
1° Valutazione del programma	9,1	8,4	8,5	8,7
2° Competenze dei docenti	9,3	9,1	9,0	9,2
3° Efficacia dei metodi di trattazione	9,1	8,4	8,8	8,8
4° Validità strumenti e metodi didattici	9,0	8,5	8,8	8,7
5° Adeguatezza dei supporti logistici	8,9	8,2	8,4	8,5
6° Spendibilità nella pratica quotidiana	8,8	7,9	8,5	8,4
7° Valutazione globale	9,0	8,6	8,7	8,8

Prendendo in considerazione i suggerimenti degli insegnanti, si evidenzia quanto sia stata apprezzata l'iniziativa e, in particolare come ci si auspica che possa essere ripetuta aumentando il tempo a disposizione per ogni gruppo, arricchendo l'incontro con lezioni frontali prima del laboratorio didattico. E' stata manifestata la richiesta di poter avere in distribuzione la documentazione delle attività che permetta all'insegnante di ripetere in classe le esperienze e il materiale per documentarsi prima della visita presso i Laboratori del Gran Sasso.

"Scuola Estiva di Fisica e Scienze Sperimentali"

Le due edizioni 2010 e 2011 della Scuola Estiva di Fisica e Scienze Sperimentali hanno visto il coinvolgimento di 50 studenti del terzo anno della scuola secondaria di secondo grado. I ragazzi, selezionati tramite un test telematico, hanno frequentato uno stage di due settimane durante le quali hanno seguito lezioni frontali, laboratori didattici e visite di istruzione. Per valutare la reale efficacia dell'iniziativa, anche in questo caso è stato somministrato un questionario anonimo alla fine della Scuola Estiva. In particolare si volevano conoscere le aspettative dei ragazzi per questo corso, e se esso potesse contribuire ad orientarli verso studi universitari a carattere scientifico. Il risultato più importante è la sorpresa dei ragazzi nello scoprire che la fisica, e più in generale le scienze, sono molto più interessanti quando si possono "sperimentare direttamente" rispetto alle lezioni scolastiche e la consapevolezza che l'approfondimento degli argomenti sviluppati durante la scuola possa essere molto utile per i prossimi anni scolastici.



Un'ulteriore conferma della validità dell'iniziativa e dell'impegno dei ragazzi durante le due settimane della prima edizione, si

è manifestata quest'anno, quando quasi la metà dei ragazzi dell'edizione 2010 ha vinto il concorso per partecipare alla Scuola Estiva Gran Sasso - South Dakota - Princeton, tra oltre 180 partecipanti.

Attività "Corso di aggiornamento Scuola primaria - Scuola Secondaria di Primo Grado e di Secondo Grado"

Le due scuole di aggiornamento, con la partecipazione di 38 insegnanti provenienti da tutta la Regione, hanno avuto una durata di 40 ore ciascuna, suddivise in lezioni frontali e attività laboratoriali in gruppi da due. La peculiarità di questi corsi è stata la partecipazione di insegnanti di due ordini diversi, scuola primaria e scuola secondaria di 1° grado - scuola secondaria di 1° grado e scuola secondaria di 2° grado, con l'obiettivo di dare continuità verticale all'insegnamento delle scienze.

Anche in questo caso, al termine dei corsi, è stato somministrato un questionario anonimo allo scopo di conoscere le motivazioni e le aspettative dei partecipanti e il gradimento del progetto.

Gli insegnanti hanno dichiarato di aver molto apprezzato il livello di approfondimento degli argomenti, soprattutto per aver avuto la possibilità di riscoprire l'interesse per l'approccio sperimentale. E' stato ritenuto fondamentale il potersi confrontare con i colleghi di altro ordine sulla fattibilità di sviluppare percorsi didattici teorici e sperimentali con l'obiettivo di perseguire la continuità didattica nell'insegnamento delle scienze sperimentali.

Di grande stimolo è stata l'interazione con i ricercatori e le attrezzature scientifiche con cui sono venuti in contatto durante la permanenza ai Laboratori del Gran Sasso.

Tutti i partecipanti hanno richiesto di ripetere l'iniziativa auspicando la possibilità che il corso possa diventare, per le prossime edizioni, di tipo residenziale, in modo da favorire il confronto con i colleghi.

SCHEDA GRADIMENTO CORSO	
Scuola Secondaria di Primo Grado e Secondo Grado	
DOMANDE	Media
1° Valutazione del programma	8,5
2° Competenze dei docenti	9,2
3° Efficacia dei metodi di trattazione	8,8
4° Validità strumenti e metodi didattici	8,8
5° Spendibilità nella pratica scolastica quotidiana	8,4
6° Adeguatezza dei supporti organizzativi e logistici	8,5
7° Valutazione globale	8,9
	MEDIA 8,7

Galileium - Museo della Fisica e dell'Astrofisica - Teramo

Il Museo della Fisica e dell'Astrofisica Galileium di Teramo è operativo dal maggio 2008 e da allora aperto alle visite delle scolaresche. Durante il periodo del progetto sono state svolte numerose attività seminari e di comunicazione scientifica alle quali hanno partecipato oltre 5.000 persone, in prevalenza studenti delle scuole di ogni ordine e grado.

Sono stati realizzati numerosi spettacoli a carattere scientifico, in grado di avvicinare anche i più piccoli alle meraviglie della scienza. La dotazione didattico-scientifica iniziale è stata ampliata e rinnovata con strumentazione e materiale dedicato alla fisica classica e alla scienza di base.

Con il completamento della struttura, prevista per prossimo anno, e la possibilità di ampliare i laboratori didattici, il Galileium si candida a diventare il più grande Science Center del centro Italia in grado di richiamare l'interesse di un vasto pubblico.

Conclusioni

I risultati elencati chiaramente indicano un indubbio successo del progetto nel suo complesso. Tale successo è da ricondursi principalmente alla professionalità e l'impegno di tutti gli operatori che hanno reso possibile la realizzazione delle attività, ma in particolare grazie ai docenti, che con la loro passione e grande disponibilità hanno sempre cercato di soddisfare le aspettative dei beneficiari. Beneficiari che hanno risposto con entusiasmo alla possibilità di avvicinarsi al mondo della ricerca scientifica, e alla scienza in generale, con una partecipazione attiva e personale, traendo grande profitto e soddisfazione personale.

CFA: avvio del Centro di Eccellenza formativa in Fisica Astroparticellare

Eugenio Coccia

1. Il CFA

La Fisica Astroparticellare consiste nello studio delle particelle elementari provenienti dal cosmo e di decadimenti rari e significativi per la fisica fondamentale e la cosmologia. Le scale di distanza esaminate vanno da quello delle particelle subatomiche a quello dei confini dell'Universo osservabile, ponendo questo campo di ricerca all'intersezione tra la cosmologia, l'astrofisica e la fisica delle particelle. L'importanza di questo campo è aumentata costantemente negli ultimi anni, per il fascino e l'attualità delle sfide da affrontare: la natura dei neutrini, la comprensione delle proprietà della materia oscura e della radiazione gravitazionale, l'esplorazione dell'unificazione delle forze fondamentali della natura.

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono da anni impegnati in studi di Fisica Astroparticellare ai massimi livelli internazionali. La spiccata vocazione internazionale dei LNGS, circa 800 ricercatori stranieri all'anno passano periodi di lavoro presso i LNGS, ne fa una palestra ideale per sviluppare, in chiave formativa, percorsi di alta specializzazione.

Il Centro di Eccellenza formativa in Fisica Astroparticellare, brevemente Centro di Fisica Astroparticellare (CFA), si è costituito

attraverso la formazione di una rete interregionale e transnazionale con lo scopo di diffondere gli studi e le ricerche in questo campo e per favorire la formazione e la mobilità dei dottorandi e dei giovani ricercatori. La costituzione del CFA si è posta nell'ottica di sfruttare il ruolo internazionale ed il capitale umano dei LNGS e per dotare la Regione Abruzzo di un centro di eccellenza con grandi possibilità di sviluppo in un settore di ricerca di grande interesse sia dal punto di vista della ricerca pura che delle sue ricadute formative e tecnologiche.

L'attività del CFA si è articolata su 4 macro-aree di interesse della Fisica Astroparticellare: Fisica del Neutrino, Materia Oscura, Onde Gravitazionali e Fisica della Radiazione Cosmica.

I soggetti coinvolti nella fase costitutiva del Centro sono i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), l'Università degli Studi dell'Aquila, attraverso il suo Dipartimento di Fisica, e l'Università degli Studi di Roma Tor Vergata, attraverso il suo Dipartimento di Fisica. Questi tre nodi hanno ognuno specifiche eccellenze in Fisica Astroparticellare ed importanti connessioni internazionali. Questo ha permesso al centro di sviluppare percorsi di alta formazione ai massimi livelli riuscendo ad attrarre presso i LNGS esperti stranieri di chiara fama.

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare con i Laboratori Nazionali del Gran Sasso ha agito come capofila della rete, ospitando la sede del CFA e sovrintendendo alla gestione amministrativa del Centro, secondo quanto stabilito dal protocollo di intesa tra INFN e Regione Abruzzo.

L'attività formativa del CFA si è basata su strumenti tradizionali quali seminari, conferenze, workshop ma anche sullo scambio diretto di conoscenze. La pratica quotidiana di collaborazione su specifici progetti di ricerca tra docenti e giovani ricercatori (laureandi/dottorandi/post-doc) è stato lo strumento migliore per trasferire conoscenze e buone pratiche nel campo della ricerca scientifica e tecnologica.

2. Attività

La programmazione e gestione delle attività del Centro è stata affidata ad un board scientifico composto da 6 membri (5 + il coordinatore del Centro). I membri del board ed il coordinatore del Centro sono stati nominati dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Due dei componenti del board sono affiliati rispettivamente al Dipartimento di Fisica dell'Università di L'Aquila ed al Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma Tor Vergata. I componenti del board sono stati nominati in base a specifiche competenze nel campo della Fisica Astroparticellare con particolare riferimento alle 4 macro-aree sopra descritte. Essi sono:

- Venyamin Berezhinsky - Direttore Centro di Fisica Astroparticellare
- Eugenio Coccia - Università degli Studi di Roma Tor Vergata
- Edward W. Kolb - Università di Chicago (USA)
- Sergio Petrer - Università degli Studi dell'Aquila
- Lucia Votano - Direttore LNGS

- Roberto Aloisio - LNGS, Segretario del CFA

Le attività sono consistite nell'organizzazione e svolgimento di percorsi di Alta Formazione nel campo della Fisica Astroparticellare, articolati su tre interventi:

- organizzazione di seminari tenuti da eminenti personalità internazionali e rivolti ad una platea di dottorandi e giovani ricercatori sia italiani che stranieri. Tali attività sono state centrate non solo sugli strumenti tradizionali, quali lezioni frontali e seminari ma anche sullo scambio informale di conoscenze ed esperienze, attraverso relazioni quotidiane tra i giovani e i loro Trainers.
- erogazione di 4 assegni di ricerca annuali, di cui 2 riservati a residenti nella regione Abruzzo. Tali assegni sono stati erogati dall'INFN. Gli assegni si sono rivolti a Dottori di Ricerca in Fisica. I titolari degli assegni sono stati selezionati tramite concorso per titoli e colloquio secondo le norme attualmente in vigore presso l'INFN, con bandi pubblicati sul sito web dei LNGS (www.lngs.infn.it), dell'INFN (www.infn.it), e della Regione Abruzzo (www.regione.abruzzo.it), e su quotidiani a tiratura nazionale.

Le attività del Centro saranno documentate da un Report che conterrà un sunto degli articoli scientifici scaturiti dall'attività del centro e delle conferenze e dei workshop alla cui organizzazione il CFA avrà contribuito.

L'esperienza sul campo. CERN: non un posto qualunque

Benedetto Gallese

Ad accoglierti il grande Globo, l'emblema del CERN che con i suoi 27 metri di altezza e 40 metri di diametro dà il benvenuto e lascia intendere che non si è in un posto qualunque.

Poi un'accogliente reception, un rapido ed efficiente controllo dei permessi di accesso e ci si trova su una lunga striscia nera al centro del corridoio da seguire fino alla fine; un modo semplice ma altrettanto efficace per indicare la retta via: anche questo rafforza la convinzione che non mi trovo in un posto qualunque.

Ora c'è da prendere la navetta, perché le distanze non sono proprio così brevi; dopo qualche minuto di tragitto, arrivo a destinazione presso il building 33.

Sapevo chi mi stava attendendo, ma non potevo immaginare in che modo sarei stato accolto; d'altronde arrivavo in un periodo di piena attività, quindi ero pronto ad un rapido saluto e via a pedalare.

Ed invece mai accoglienza fu più calda; Giorgio Passardi, noto e stimato fisico criogenista e Marco Pezzetti, giovane ma già affermato ingegnere, erano ad attendermi trepidanti nella sala caffè o, meglio, laboratorio di automazione con annessa mac-

china per il caffè espresso.

Sì, perché anche se ci si trova a cavallo tra la Svizzera e la Francia, la pattuglia italiana è numerosa e compatta e dove c'è un italiano c'è il necessario per fare un buon caffè.

In un attimo vengono convocati i restanti componenti del servizio, un folto ed eterogeneo gruppo di fisici ed ingegneri che mi danno il benvenuto in francese, ognuno con la cadenza del proprio paese di provenienza.

Lasciati da parte i convenevoli, inizia la prima riunione tecnica a ranghi più ristretti. Rimangono solo gli italiani; faccio la conoscenza di Vitaliano Inglese, promettente e tosto ingegnere campano, da qualche anno a Ginevra, e Fernando Cataneo, pietra miliare del CERN, attualmente in pensione ma che non riesce a star lontano dal posto di lavoro e quindi collaboratore speciale non retribuito: mi ripeterò, ma ora posso sicuramente affermare di non essere in un posto qualunque.

Il “technical briefing” è musica per le mie orecchie.

Individuazione dei vari punti del progetto, divisione dei compiti e relativi tempi di esecuzione: in poche parole organizzazione e lavoro di gruppo, raccordo e collaborazione. Ricetta semplice ed efficace.

Nulla è lasciato al caso. Il lavoro deve essere sempre documentato in modo chiaro ed esaustivo; questo permette agli altri membri del gruppo di essere sempre a conoscenza delle attività svolte. Ognuno ha il proprio compito ma è necessario che tutti sappiano eseguire tutto, in modo da essere sempre sul pezzo; tutti sono necessari ma nessuno è indispensabile. Ogni incertezza deve essere risolta nel più breve tempo possibile, per non venir meno alla tabella di marcia impostata. Quando il lavoro prevede collaborazione con colleghi di altri settori, bisogna essere puntuali, precisi, esaurienti, redini ben salde in mano e via.

Dunque lavoro, lavoro, lavoro, voglia di fare e passione: i risultati non tardano ad arrivare.

Trascorrono tre mesi, nei quali c'è anche tempo per stringere amicizie, conoscere una cultura diversa, apprezzare lo stile di vita composto ed ordinato, svizzero direi.

Il CERN è sempre pieno di gente, arrivano nuovi collaboratori, altri partono; credo proprio che qui non si facciano sconti, errare è umano, ma perseverare non è permesso.

Il progetto termina con esito positivo; per la gloria si tratta della ristrutturazione del sistema di controllo di un liquefattore ad elio. Ho la possibilità di illustrare il mio lavoro agli altri colleghi mediante una presentazione; sembrano apprezzare.

Si riparte, con gioia perché si torna a casa dagli affetti, ma con un pizzico di inquietudine perché quando hai avuto la sensazione di essere al centro del mondo c'è un po' di paura al pensiero che ciò non possa più ripetersi.

Mi conforta la consapevolezza di non essere stato fuori luogo, di aver rappresentato nel migliore dei modi il mio ente di appartenenza, di essermi integrato rapidamente in un contesto diverso dall'usuale.

Tante strette di mano, sorrisi, complimenti; un commiato affettuoso, sicuramente un arrivederci e non un addio.

La paura lascia il posto alla soddisfazione, una bellissima sensazione.

Comunicazione e mainstreaming

Eleonora Sasso

Trasmettere l'entusiasmo per ampliare la partecipazione: su questa linea, descrivendo con parole e immagini il circuito virtuoso innescato dalle attività di Alta Formazione dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, si sono susseguite le azioni di comunicazione e mainstreaming del progetto “Gran Sasso in rete” dal 2009 a oggi. Video e newsletter, periodicamente pubblicati sul sito gransassoinrete.lngs.infn.it, hanno consentito ad attori e beneficiari finali (giovani e imprese) di seguire gli sviluppi del progetto e hanno contestualmente suggerito strumenti di indirizzo divenuti poi buone prassi da seguire nella pianificazione successiva.

Il Web è stato strumento leader nella divulgazione degli esiti del progetto, con il sito Internet aggiornato parallelamente ai profili aperti sui social network Facebook (AltaFormazione Gran Sasso) e Twitter (gransassoinrete). La newsletter è attualmente inviata a una mailing list di circa un migliaio di indirizzi che comprendono stampa, stakeholders del Progetto, beneficiari finali, rappresentanti della Commissione Europea, del Ministero del Lavoro, delle Regioni, nonché del mondo della ricerca e delle imprese.

L'obiettivo era diffondere, presso target di diversa estrazione, informazioni sulle molteplici attività svolte nell'ambito del POR Abruzzo 2007/2013 sul Piano Operativo 2007/2008 e far comprendere quali ricadute ha avuto il progetto (allestito sulla scia del precedente “Progetto Alta Formazione” riferito al POR 2000/2006) sulle realtà produttive, scientifiche e formative a livello regionale, nazionale e internazionale. Destinatari delle azioni di comunicazione, dunque, sono stati non solo i giovani in cerca di opportunità di crescita formativa, culturale e professionale – ai quali erano riservati i bandi per borse di studio e assegni di ricerca - ma anche i vari partner e attori coinvolti ai quali si fornivano periodiche informazioni sullo stato di avanzamento delle attività.

I momenti pubblici del progetto - conferenze stampa, convegni, workshop – oltre che costituire naturale occasione per informare sulle attività svolte, sono divenuti a loro volta fonte di documentazione, per la realizzazione di video in grado di illustrare le varie fasi del progetto stesso. I protagonisti – borsisti, assegnisti, tutor, studiosi, scienziati - sono stati coinvolti quali testimonial e con i loro racconti hanno divulgato le finalità del progetto, descrivendo ciascuno il proprio impegno personale e

sottolineando anche il coinvolgimento emotivo. Nella sceneggiatura dei video, particolare rilievo è stato dato proprio al racconto dell'esperienza diretta dei borsisti, entusiasti di trovarsi in un ambiente internazionale come quello dei LNGS e in grado, con la loro spontaneità, di trasmettere in video l'interesse per la cultura scientifica e testimoniare così il reale radicamento dei LNGS nel territorio.

I video così realizzati sono stati proiettati nel corso di successivi convegni, distribuiti su supporto dvd e pubblicati sul sito del progetto (sezione VIDEO): obiettivi raggiunti, quindi, la comunicazione al pubblico delle attività svolte all'interno dei LNGS e l'informazione costante ai partner e attori, in primis la Regione Abruzzo.

Anche il momento tragico del terremoto che il 6 aprile 2009 ha colpito L'Aquila – che ha provocato un leggero e inevitabile ritardo all'avvio del “Gran Sasso in rete”, legato alle difficoltà vissute in prima persona da molti dipendenti dell'ente – ha costituito occasione per aggiornare il pubblico sul coinvolgimento, nel progetto, delle aziende presso le quali i borsisti avrebbero trascorso periodi di stage. Aziende che con fatica riuscivano giorno dopo giorno a far ripartire l'attività, presso strutture di fortuna e nonostante problemi logistici.

Nel rispetto del piano di comunicazione allestito nel 2009 sono stati anche documentati gli eventi di carattere internazionale organizzati dai LNGS, in occasione dei quali è stata registrata la presenza di studiosi, scienziati e ricercatori provenienti da tutto il mondo, legati agli esperimenti in corso presso i LNGS. Sul sito – nella sezione VIDEO - è quindi possibile reperire i video relativi a NPA IV (tenuto presso LNF-INFN Frascati nel giugno 2009), TAUP (tenuto presso Angelicum, Pontificia Università San Tommaso, Roma, nel luglio 2009) e WIN09 (tenuto presso Relais San Clemente, Perugia, nel settembre 2009).

Altre opportunità di raccogliere testimonianze in video sono state, nel corso del 2009: l'incontro del 28 luglio a L'Aquila, presso la sede provvisoria di Confindustria, in occasione del workshop per analizzare i fabbisogni formativi del territorio (intervento B del progetto), alla presenza di referenti del GARR; la visita di una delegazione del Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory, istituto di ricerca statunitense) nel settembre 2009; gli “Incontri con la scienza” (intervento D), con interviste ai docenti che accompagnano alunni delle scuole elementari coinvolte nel progetto.

Sempre nel 2009 è stato realizzato un breve video che i LNGS hanno presentato al congresso SIEL, Società italiana di e-Learning (18 settembre 2009 a Salerno), per illustrare la positiva esperienza dei corsi online allestiti nell'ambito del progetto. Nel 2010, per presentare i corsi online previsti dall'intervento B del progetto è stato realizzato un apposito video, pubblicato sul sito nel mese di febbraio.

In attuazione di quanto previsto dal protocollo siglato con la Regione Abruzzo, tra le azioni di comunicazione si ricorda anche la costante pubblicizzazione delle opportunità formative offerte,

tramite pubblicazione sul sito e sui profili FB e Twitter, dove l'informazione è stata reiterata in particolare in prossimità della scadenza dei termini per la presentazione delle candidature.

Sempre nella sezione VIDEO sono disponibili: un filmato realizzato con le testimonianze raccolte nel marzo 2010 in occasione di WONDER, Workshop On Next Dark Matter Experimental Researches; un contributo registrato nel luglio 2010 in occasione della visita ai LNGS dell'assessore alla Formazione della Regione Abruzzo Paolo Gatti.

Documentata in video anche l'inaugurazione in galleria (il 9 novembre 2010) dell'esperimento GERDA al quale partecipano attivamente molti borsisti POR.

Per illustrare i risultati del progetto ai partecipanti alla Giornata di studio “Ricerca e Innovazione - Centralità nella vita sociale, culturale ed economica del Paese” del 19 novembre 2010 viene realizzato il video “Quando la scienza entusiasma - l'Alta Formazione al Gran Sasso”, disponibile nella home page del sito.

Nel dicembre 2010 vengono, inoltre, realizzate interviste ai titolari di borse di studio (intervento A e intervento C), a vario titolo coinvolti nell'utilizzo dello Spettrometro di massa ad alta risoluzione (intervento C), e agli insegnanti che partecipano ai Corsi di formazione sulle Scienze Sperimentali (intervento D).

Uno degli obiettivi del progetto, grazie alle costanti attività di comunicazione – in particolare con la presenza sul web –, è stato quindi pienamente raggiunto: dare la massima visibilità ai beneficiari delle diverse azioni contemplate nel “Gran Sasso in rete”, mostrando anche la continuità con la precedente iniziativa di formazione per sottolineare la stretta relazione instaurata grazie al POR dai Laboratori del Gran Sasso con il territorio. Il nuovo Progetto “La Società della Conoscenza in Abruzzo” punta con convinzione anche su questo aspetto e mira a dare ancora maggior rilievo al ruolo delle imprese coinvolte alle quali i borsisti trasmetteranno le conoscenze acquisite.

Conclusioni

Dino Franciotti

Il Progetto “Gran Sasso in rete” è stata la seconda esperienza di collaborazione tra i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e la Regione Abruzzo nel campo dell'alta formazione.

La sfida fondamentale di questo Progetto, come del precedente, è stata quella di inserire in un circuito strutturato di formazione, il sapere e le competenze sviluppate in un centro di ricerca di base di livello internazionale, mettendole in relazione con le esigenze della realtà produttiva abruzzese, fatta sostanzialmente da un insieme di piccole e piccolissime imprese con esigenze formative variegata e spesso neanche chiaramente manifeste.

Il nuovo percorso da affrontare si è rivelato una nuova sfida per

le strutture dei Laboratori del Gran Sasso e dell'INFN. Sono state messe in campo, in accordo e in collaborazione con la Regione Abruzzo, modalità diverse di formazione con l'idea di sperimentarne l'efficacia nel tempo e di poterne variare la composizione sulla base dei risultati ottenuti. L'analisi dei fabbisogni formativi della realtà produttiva abruzzese, su cui sono stati fatti notevoli sforzi perché ritenuta essenziale per una corretta progettazione degli interventi formativi, è stata una delle sfide più difficili da affrontare, non possedendo i Laboratori del Gran Sasso, come si può comprendere, una competenza specifica nel settore.

L'offerta formativa proposta è stata quindi impostata su cinque diverse linee di formazione:

- diretta sul campo (borse di studio e assegni di ricerca);
- online (corsi in modalità e-learning);
- su specifica strumentazione di alta tecnologia;
- di alta specializzazione “post doc” nel campo della Fisica Astroparticellare (centro CFA);
- rivolta all'orientamento alle materie scientifiche a livello di istruzione primaria.

La formazione diretta sul campo basata sull'erogazione di borse di studio ed assegni di ricerca a laureati e diplomati della Regione Abruzzo, con il diretto coinvolgimento delle persone nelle attività dei Laboratori del Gran Sasso, ha costituito la parte maggiore dell'offerta formativa del Progetto e anche la più caratterizzante. Il coinvolgimento degli allievi nei gruppi di ricerca e/o nei gruppi tecnici di supporto alle attività di ricerca con la presenza costante di figure di supporto, l'esperienza diretta nell'ambito delle aziende partner, l'esperienza per alcuni degli allievi presso centri di ricerca esteri, ha l'ambizione di formare un nucleo di soggetti che possano contribuire a portare nelle aziende, le conoscenze tecniche, i metodi di lavoro, le informazioni, le relazioni, la mentalità apprese nell'ambito della ricerca con l'idea che possano promuovere innovazione all'interno delle aziende in cui si troveranno ad operare. I risultati di tale tipo di formazione in termini di soddisfazione degli allievi e delle aziende coinvolte e di collocazione degli allievi stessi sono incoraggianti.

La formazione su strumentazione di alto livello tecnologico (uno spettrometro di massa ad alta risoluzione con sorgente di ionizzazione al plasma) è stata una novità introdotta nel Progetto “Gran Sasso in rete” rispetto al primo progetto formativo. Novità che ha riscosso un ottimo successo in termini di richiesta formativa sia da parte di laureati non ancora inseriti nel mondo del lavoro che di personale di aziende, Enti e Istituzioni pubbliche. Questa tipologia di formazione può contribuire efficacemente ad elevare le competenze specialistiche della forza lavoro qualificata della Regione e può, contemporaneamente, qualificare significativamente i servizi che le aziende abruzzesi possono offrire mediante l'utilizzo di una strumentazione di alto livello tecnologico condivisa con le esigenze della ricerca. Un esempio di positiva sinergia tra ricerca ed attività produttiva.

L'adozione, nella organizzazione dei corsi di e-learning, di modalità innovative di erogazione della formazione che prevedono l'uso intensivo delle tecnologie cosiddette ICT (Information and Communication Technologies) ha cercato di mettere a disposizione della realtà produttiva locale le notevoli competenze sviluppate dall'INFN nel settore delle reti di dati e dell'informatica per mezzo della collaborazione del Consortium GARR (rete telematica italiana dell'Università e della Ricerca).

L'iniziativa ha incontrato un diffuso apprezzamento per la flessibilità che essa ha offerto nelle possibilità di apprendimento, per chi è normalmente impegnato in una attività lavorativa. Il supporto continuo offerto agli allievi attraverso l'impegno dei tutor e dei docenti, la presenza di incontri intermedi, di attività pratiche volte a sperimentare ciò che si è appreso, l'interesse generale degli argomenti trattati, hanno costituito alcuni dei fattori del successo di questa iniziativa, testimoniato dal numero degli allievi che hanno partecipato ai quattro corsi erogati.

Ancora bisogna sottolineare come i numeri coinvolti testimonino l'interesse suscitato dalla iniziativa di orientamento alla Fisica e in generale alle materie scientifiche, realizzata nell'ambito del Progetto “Gran Sasso in rete”. Interesse che ha riguardato sia gli studenti sia i docenti delle scuole abruzzesi e che ha visto l'utilizzo di strutture esistenti, come il Parco della Scienza a Teramo, per cui iniziative come questa possono costituire un mezzo per fare loro assumere un auspicabile ruolo di attrazione a livello regionale e extra regionale.

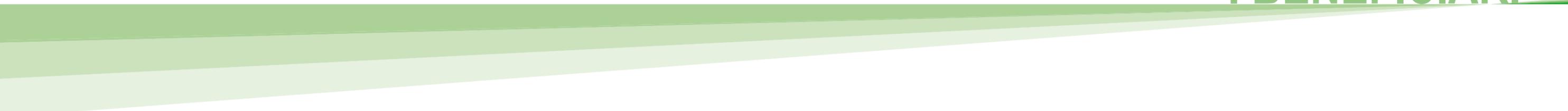
Infine il Progetto “Gran Sasso in rete” ha visto l'avvio del Centro

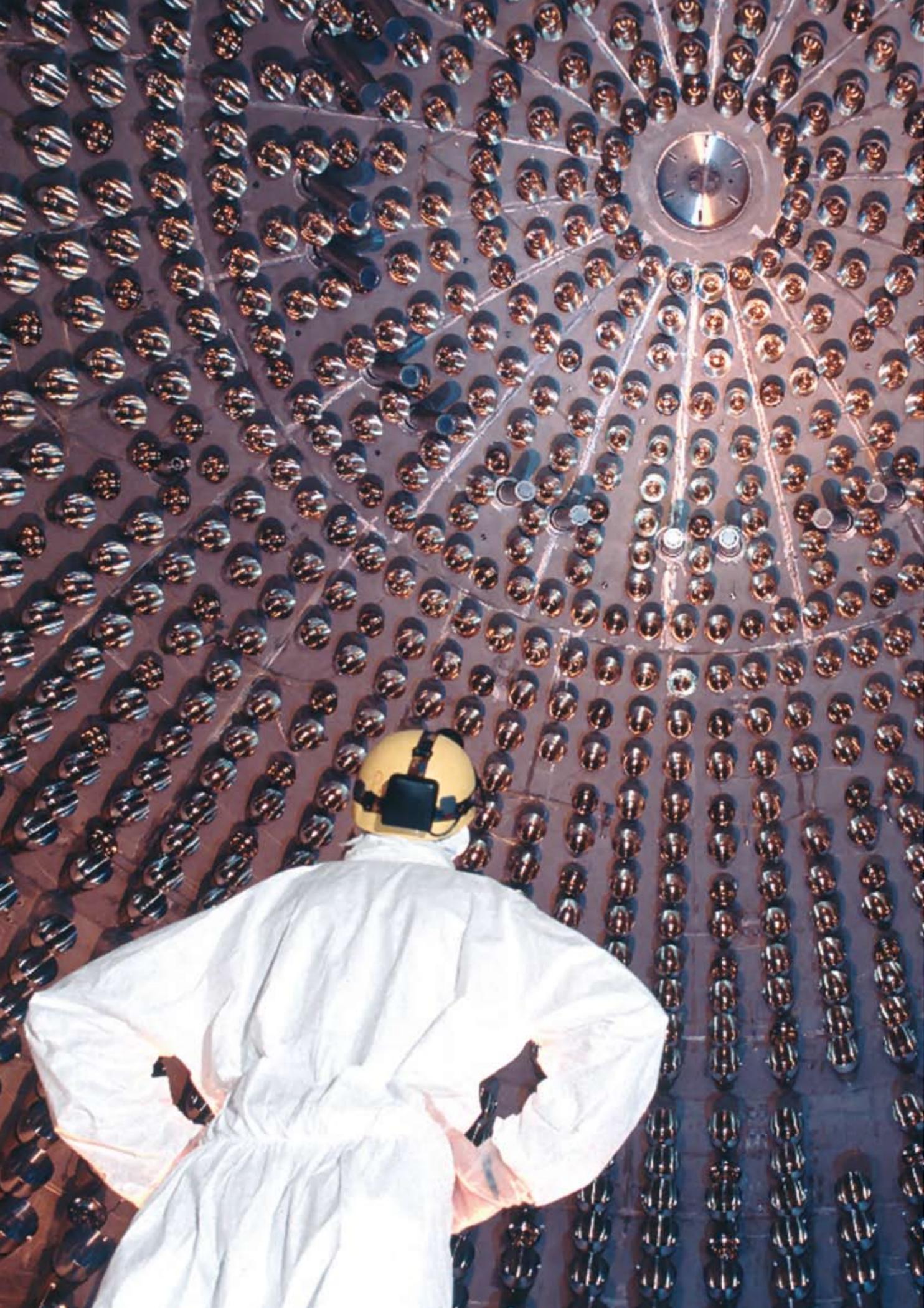
di eccellenza sulla Fisica Astroparticellare (CFA). Il Centro è stato costituito, sono stati nominati gli organismi dirigenti, sono state individuate le Università, con competenze di altissimo livello nella Fisica astroparticellare, che costituiscono i nodi della rete su cui si basa il CFA, ed è stata avviata l'attività di alta formazione con l'erogazione degli assegni di ricerca, l'organizzazione di seminari, il finanziamento di brevi soggiorni presso i Laboratori del Gran Sasso di eminenti scienziati stranieri per favorire l'interazione con Istituzioni di Ricerca estere.

La collaborazione tra Laboratori del Gran Sasso e Regione Abruzzo è stata giudicata di successo e meritevole di essere continuata da entrambi i partner. Al progetto “Gran Sasso in rete” seguirà il Progetto Speciale Multiasse “La società della conoscenza in Abruzzo” del Piano Operativo 2009-2010-2011. Alla luce dell'esperienza fatta dal personale dei Laboratori impegnato nel Progetto, sulla base delle analisi sulla soddisfazione dei soggetti coinvolti nelle differenti azioni, del follow up della loro collocazione nel mondo del lavoro, dei risultati dei documenti di analisi sulla qualità della formazione erogata, con il coinvolgimento nella progettazione delle organizzazioni imprenditoriali e professionali, con la valutazione della qualità della formazione erogata sulla base di parametri internazionalmente riconosciuti da parte di organismi indipendenti, si potrà migliorare la qualità e l'efficienza delle azioni da prevedere nei progetti futuri, con lo scopo di migliorare sempre di più il livello della formazione proposta e di contribuire nei prossimi anni, per la nostra parte, allo sviluppo della nostra Regione.



I BENEFICIARI

A decorative graphic element at the bottom of the page. It consists of a solid green horizontal line that transitions into a wider, lighter green gradient shape that tapers towards the right side of the page.



Tecniche e metodologie di misura ed analisi di elementi in traccia mediante l'uso di rivelatori a semiconduttore

Alessia Giampaoli

Le attività svolte durante il periodo: 20 Aprile 2010 – 30 Settembre 2011, sono state le seguenti.

Sono stata inserita nell'organico del Servizio Tecniche Speciali dei LNGS; il Servizio si occupa di diverse attività tra le quali:

- Misure di radiopurezza dei materiali utilizzati nella costruzione dei rivelatori;
- Misure ed analisi di elementi in traccia dei materiali.

Particolare attenzione è stata data inizialmente alla formazione in materia di spettrometria gamma, una tecnica di misura che consente di determinare la concentrazione di radioisotopi in traccia analizzando lo spettro di emissione dei raggi gamma dei materiali. A tal proposito le misure vengono effettuate utilizzando dei rivelatori specifici: si tratta infatti di rivelatori a semiconduttore che hanno la caratteristica di essere degli ottimi rivelatori nell'ambito della spettrometria gamma; nello specifico i rivelatori utilizzati per le varie misure sono dei rivelatori a germanio iperpuro (HPGe). La sottoscritta ha dunque acquisito tutte le informazioni in merito alle fasi necessarie per la misura: modalità di funzionamento, avviamento e "shut-down" di un rivelatore, catena di acquisizione dati. La sottoscritta ha inoltre avuto modo di apprendere le attività connesse alle misure effettuate, ovvero, la preparazione dei campioni, la disposizione di quest'ultimi all'interno dei rivelatori HPGe, l'acquisizione dati con vari sistemi e l'analisi dati.

Particolare cura ed attenzione sono state date all'ultimo punto citato: la sottoscritta si è dedicata all'analisi degli spettri dei materiali utilizzando dei software specifici; ai fini dell'analisi dati si è dedicata anche alla progettazione, scrittura e test di codici di calcolo necessari per la determinazione delle efficienze dei rivelatori a seconda delle geometrie usate per i campioni in misura. Quest'ultime infatti differiscono in quanto la preparazione dei campioni e la disposizione degli stessi all'interno dei rivelatori può variare di volta in volta; i campioni analizzati, infatti, sono stati di varia natura, tra cui materiali usati nell'edilizia, suoli, rocce ed acqua.

In particolare, sono state eseguite prove di "validazione" delle simulazioni "Monte Carlo" necessarie a determinare l'efficienza del singolo rivelatore: tale metodologia di prova e di controllo è stata portata a termine effettuando misure ed analisi su campioni calibrati, vale a dire con concentrazioni di radioisotopi noti e

certificati. I risultati sperimentali ottenuti con tali campioni in misura usando i rivelatori HPGe installati presso i laboratori sotterranei dei L.N.G.S. sono stati confrontati con i valori certificati.

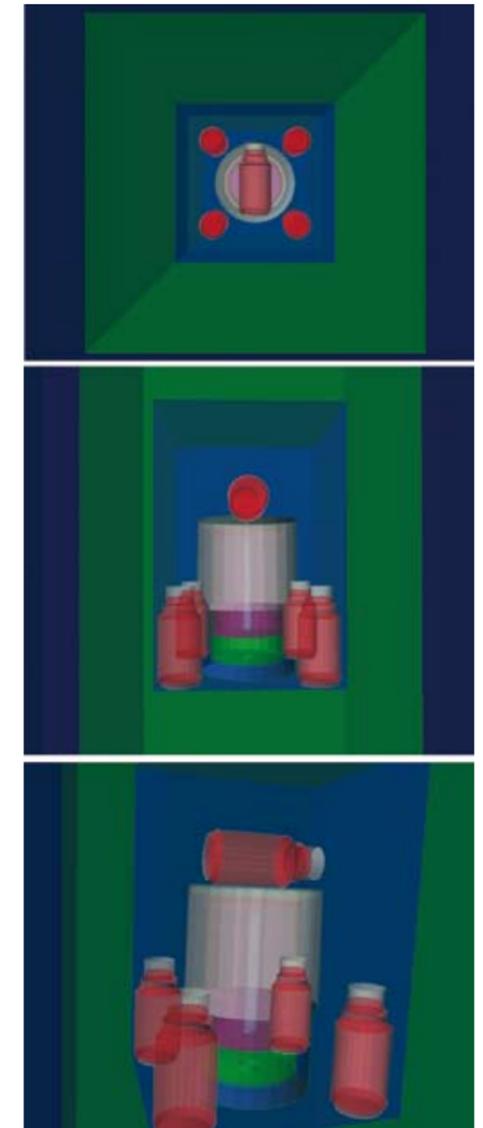


Figura 1: Esempio di geometria utilizzata in una delle simulazioni per la determinazione delle efficienze; come si può vedere in questo caso nel rivelatore a germanio sono state posizionate 5 bottigliette contenenti acqua. Quattro sono posizionate verticalmente ed una orizzontale direttamente sull' "naso" del rivelatore.

In caso di divergenze, si è proceduto, con un processo iterativo, ad individuare ed eliminare gli errori presenti, sia nei programmi di analisi dati, sia nei software di calcolo delle efficienze. Sono stata inoltre formata nell'uso dei componenti di elettronica per assemblaggio di sistemi semplici di acquisizione dati. Oltre alle attività sopra descritte, la sottoscritta è stata impegnata nella gestione ordinaria del Servizio Tecniche Speciali, ed in particolare, nell'arco del periodo trascorso, ha analizzato

e catalogato gli spettri di più di 50 campioni.

Ho inoltre avuto modo di trascorrere un periodo di quattro mesi presso l'azienda Gran Sasso Acqua S.p.A. durante il quale ha approfondito uno studio sulle ultime modifiche ed integrazioni a livello nazionale in materia di controllo e monitoraggio di acque potabili. A tal proposito infatti, il D.Lgs.31/01, modificato ed integrato con il successivo D.Lgs.27/02, disciplina la qualità delle acque destinate al consumo umano indicando quali sono i valori di riferimento che devono essere rispettati al fine di garantirne la salubrità. In merito a ciò, le acque fornite dalla rete di distribuzione devono essere sottoposte a controlli periodici sia da parte dei gestori del servizio idrico che da parte dell'azienda unità sanitaria locale territorialmente competente. Nel corso dei controlli menzionati viene fatto il prelievo delle acque e le stesse vengono fatte analizzare attraverso esami chimico-fisici e microbiologici affinché ci sia un riscontro dei valori misurati con quelli di riferimento. Successivamente la sottoscritta ha avuto modo di approfondire la conoscenza delle norme regionali contenenti l'attuazione del decreto legislativo 3 Aprile 2006, n 152 che disciplina la qualità delle acque reflue e alla gestione delle stesse.

Gestione e manutenzione degli impianti criogenici integrati e a supporto degli apparati sperimentali

Donatello Ciccotti

L'attività svolta dal 3 maggio 2010 al 2 maggio 2011 ha riguardato gli impianti criogenici degli apparati sperimentali presenti nei laboratori sotterranei del Gran Sasso.

Dopo un primo periodo di affiancamento al personale del LNGS per conoscere sia gli esperimenti che gli impianti a loro supporto, è seguito un periodo di vero e proprio lavoro sui diversi apparati in particolare durante lo stage con l'azienda TC Service. Gli esperimenti per i quali ho collaborato hanno impianti criogenici, più o meno complessi.

La mia attività di borsista si è svolta principalmente su ICARUS T600. Altri esperimenti dei quali ho seguito la gestione e la manutenzione sono stati XENON e WARP.

ICARUS T600

ICARUS è un apparato sperimentale di grandi dimensioni operativo dal 2010 nella Sala sotterranea B dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, con lo scopo di eseguire studi di fisica sulle oscillazioni del neutrino e la stabilità della materia. L'impianto è il più grande al mondo nel suo genere. Esso contiene 600,000 litri di argon liquido, che è un liquido criogenico: l'argon si trova

infatti allo stato liquido a pressione atmosferica ad una temperatura pari a -186 °C. La massa di argon liquido è mantenuta alle condizioni termodinamiche ideali mediante un sistema di raffreddamento basato sullo scambio termico con azoto liquido ad un idoneo valore di pressione (l'azoto è liquido a pressione atmosferica alla temperatura pari a -196 °C). L'impianto criogenico di ICARUS T600 consta di un criostato principale, in cui è contenuto l'argon liquido, circondato da schermi di azoto liquido, a loro volta racchiusi all'interno da un sistema di coibentazione realizzato da pannelli contenenti materiale isolante e che sono mantenuti ad una pressione minore di quella atmosferica mediante un sistema di pompe da vuoto. La circolazione dell'azoto negli schermi di raffreddamento avviene mediante trasferimento del liquido, con pompe criogeniche centrifughe, attraverso tubazioni a doppia parete con isolamento in vuoto e superisolante. L'azoto gassoso prodotto per effetto degli scambi termici è inviato ad un sistema di 12 compressori (basati sul ciclo Stirling) che consentono di raffreddare il fluido e di riportarlo allo stato liquido. Di conseguenza è possibile operare utilizzando una riserva costante di azoto, che è stoccata direttamente nella Sala B dei LNGS e che è pari a circa 50,000 litri di azoto. L'apparato criogenico infine contiene un sistema di circolazione e purificazione dell'argon sia in fase gassosa che liquida che consente di eliminare le contaminazioni residue dell'argon, anche se presenti a livelli trascurabili.

Durante il mio percorso ai Laboratori ho affiancato non solo il personale LNGS e quello della ditta TC Service (presso la quale ho fatto uno stage di 6 mesi) ma anche il personale esperto della ditta AIR LIQUIDE e la ditta STIRLING.

Le attività svolte sono state principalmente manutenzioni ordinarie e, quando necessario, straordinarie delle parti meccaniche che compongono l'impianto.

Le manutenzioni hanno riguardato le pompe centrifughe criogeniche di azoto, le pompe dell'argon liquido, le pompe azoto presenti nell'impianto Stirling che vengono utilizzate per trasferire l'azoto liquefatto dai motori Stirling ai 2 serbatoi di stoccaggio da 30000 litri, le macchine Stirling utilizzate per la riliquefazione dell'azoto, processo fondamentale per garantire un processo a circuito chiuso. Nella maggior parte dei casi le manutenzioni venivano effettuate:

- Ogni 5000 ore di lavoro per le pompe centrifughe criogeniche di azoto mediante la sostituzione dei cuscinetti sia nel corpo pompa che nella parte del motore elettrico, con relativa pulizia generale dei vari pezzi, e rodaggio finale (facendo girare inizialmente le pompe a velocità ridotta). Le pompe di circolazione dell'azoto presenti sull'impianto ICARUS per garantire la corretta temperatura della massa di argon liquido sono 4, di cui 3 installate (di cui 2 operative e la terza di riserva) e una di ricambio.
- Ogni 5000 ore (teoriche) di lavoro per le pompe di trasferimento dell'argon liquido. Sull'impianto ICARUS sono presenti 3 pompe, di cui 2 installate e funzionanti mentre la

terza è di riserva. Tali pompe spingono il liquido attraverso dei filtri purificatori per eliminare i residui di ossigeno e di umidità eventualmente presenti nell'argon. Queste pompe sono inoltre completamente immerse a differenza di quelle azoto sopra citate che hanno motore non immerso nel liquido criogenico; inoltre le due tipologie di pompe differiscono anche per le relative dimensioni. Sulle pompe argon la manutenzione prevedeva la sostituzione di entrambi i cuscinetti e una pulizia generale. A differenza delle pompe usate per l'azoto, queste pompe non hanno invece bisogno di rodaggio poiché entrambi i cuscinetti si lubrificano con il liquido senza il bisogno di lubrificanti aggiuntivi.

- Ogni 8000 ore di lavoro sulle pompe azoto presenti nell'impianto Stirling che vengono utilizzate per trasferire l'azoto liquefatto dai motori Stirling ai 2 serbatoi di stoccaggio da 30000 litri ciascuno che sono presenti sul top della struttura di ICARUS. Queste pompe sono molto simili per funzionamento e dimensioni alle pompe azoto sopra citate. Anche in questo caso la manutenzione consisteva nella sostituzione dei cuscinetti sia lato motore che lato pompa con relativa pulizia.
- Ogni 6000 ore di funzionamento sulle macchine Stirling utilizzate per la riliquefazione dell'azoto, fondamentale per garantire un processo a circuito chiuso. Su questi motori la manutenzione risulta abbastanza complessa e pertanto richiede diversi giorni tra la messa in caldo della macchina, la sostituzione e/o la pulizia dei vari componenti.

Tenendo conto dell'unicità, dimensioni e complessità dell'apparato criogenico del modulo ICARUS T600 e della forte correlazione tra la continuità operativa, affidabilità, prestazione e stabilità dello stesso con la funzionalità del rivelatore e quindi la buona riuscita dell'esperimento, si è reso necessario un monitoraggio costante e un'ideale gestione dell'impianto per garantire una tempestività di intervento in caso di guasti o anomalie e ridurre i tempi di fermo per manutenzione (ordinaria o straordinaria).

Ho partecipato al gruppo criogenico dei LNGS in questo compito di gestione dell'intero impianto ICARUS, maturando una profonda conoscenza dell'intero apparato criogenico e delle infrastrutture tecniche ausiliarie installate e delle loro correlazioni dirette ed indirette con il sistema.

Oltre alle manutenzioni ordinarie e straordinarie su parti meccaniche in movimento (pompe, compressori) ho anche eseguito periodici pompaggi delle varie tubazioni criogeniche per garantire un buon livello di vuoto di isolamento e ho periodicamente verificato il valore di vuoto nei pannelli che costituiscono la coibentazione del criostato ICARUS. Entrambe le operazioni sono indispensabili per garantire bassi ingressi termici nell'impianto criogenico ICARUS.

Ho inoltre presenziato a tutte le fasi di avviamento impianto e di test di collaudo e ho partecipato attivamente a operazioni di trasferimento di azoto liquido e riempimento di serbatoi criogenici.

Pertanto ho maturato competenza non solo dell'intero impianto criogenico ma anche di tutte le infrastrutture ausiliarie quali il sistema di alimentazione e distribuzione elettrica, il sistema di raffreddamento impianti ad acqua, il sistema di distribuzione di aria strumenti, sui quali sono intervenuto garantendone la necessaria continuità operativa.

XENON

Oltre a ICARUS ho avuto modo di partecipare ad alcune attività sull'esperimento XENON, occupandomi anche in questo caso di manipolazione di liquidi criogenici, nello specifico di azoto liquido. Il mio lavoro consisteva principalmente nel costante monitoraggio e nel mantenimento della corretta riserva azoto dell'apparato criogenico che, non essendo a circuito chiuso, bisognava pertanto periodicamente rabboccare per garantire il raffreddamento dell'esperimento.

WARP

Infine ho partecipato anche se per brevi periodi di lavoro alle attività WARP, affiancato dal personale LNGS, prima della messa in freddo dell'apparato per eseguire alcune lavorazioni meccaniche non riguardanti manipolazioni di liquidi criogenici.

LO STAGE

La mia collaborazione con l'azienda TC Service è durata sei mesi, dal 25 ottobre 2010 al 2 maggio 2011.

Dopo il primo semestre di formazione col personale dei LNGS e delle ditte Air Liquide e Stirling, ho potuto mettere in pratica le conoscenze acquisite nel campo della criogenia.

Il lavoro si è svolto sugli esperimenti sopra citati, soprattutto su ICARUS, per il quale la ditta forniva un servizio di manutenzione dei motori Stirling. Ho partecipato attivamente a tutte le attività lavorative, acquisendo consapevolezza della criticità e peculiarità degli impianti. Sono stato presente in fasi di attivazione o di upgrade molto importanti e delicate che hanno consentito di ampliare ulteriormente il mio bagaglio di competenze rendendomi sempre più esperto ed autonomo nella gestione degli apparati.

Progettazione e realizzazione di componenti meccanici, strutture e sistemi robotizzati per esperimenti di fisica, con particolare riguardo agli esperimenti CUORE e WARP

Fabio Carrozzi

L'officina Meccanica dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso è stato il luogo dove ho trascorso la maggior parte della mia borsa di studio POR. Una prima fase dell'intervento formativo ricevuto ha previsto lo studio delle macchine presenti e l'analisi delle lavorazioni tipiche svolte a supporto delle collaborazioni sperimentali. Ho potuto osservare nel dettaglio le tecniche di lavorazione tradizionali e CNC affiancando il personale presente e discutendo le migliori strategie da utilizzare nell'approccio ai vari problemi legati alle fasi di realizzazione di componenti meccanici. Successivamente ho contribuito in prima persona alle fasi di realizzazione di componenti operativi ad uso delle collaborazioni sperimentali, acquistando una padronanza tale che mi permette ad oggi di completare in autonomia ogni tipo di lavorazione come la tornitura, la fresatura (tradizionale e CNC) e la saldatura. Grazie al lavoro di formazione del mio tutor ho proseguito la mia formazione sullo studio della modellazione solida e per superficie assistita al computer. Il software in uso presso l'officina meccanica dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, CATIA V5, è considerato lo standard mondiale in ambito della progettazione meccanica ed ho potuto imparare nel dettaglio le tecniche di modellazione 3D e di messa in tavola. Uno studio particolare è stato dedicato alla teoria delle interferenze meccaniche su piccoli e grandi assiemi. Il mio percorso formativo mi ha visto inoltre impegnato nello studio e l'esecuzione di tecniche CAD/CAM in ambiente CATIA V5 sulla macchina CNC C.B. Ferrari a 5 assi in dotazione all'officina meccanica. Ho imparato pertanto a simulare al computer le lavorazioni da eseguire, ad impostare i corretti parametri di velocità e cambio utensili ed a generare un file ISO in linguaggio macchina in grado di gestire in automatico tutte le operazioni previste. Tuttora sono impegnato nell'affinamento di questa tecnica. Sto contribuendo allo sviluppo e definizione della meccanica dei rivelatori per esperimento CUORE ed allo sviluppo, installazione e messa a punto di una macchina automatica d'incollaggio termistori sui cristalli in ossido di Tellurio dell'esperimento stesso. Grazie alla borsa di studio POR, ho avuto la possibilità di conoscere ed essere formato sul centro di tornitura a bancata inclinata e torretta motorizzata HURCO TMM(che rappresenta una delle migliori soluzioni per la lavorazione di parti meccaniche).

Ogni giorno, inoltre, partecipo alla realizzazione di particolari costruttivi utili al funzionamento di tutti gli esperimenti presenti presso i Laboratori.

Nel corso della borsa POR ho potuto effettuare uno stage presso l'azienda Comasud Teramo, che è un'azienda che si occupa di carpenteria meccanica. Dopo aver conosciuto il personale ho visitato l'azienda e visto le numerose macchine meccaniche. Nel primo periodo di stage ho avuto modo di conoscere e lavorare all'OSSITAGLIO, che è una macchina utilizzata per il taglio di lamiere e profilati di ferro e acciaio. L'OSSITAGLIO consiste nel disegnare su pc la sagoma da ottenere con le rispettive misure e successivamente mandarlo alla macchina che tramite cannelli taglia la sagoma direttamente su lastroni di ferro. Nel periodo successivo ho potuto seguire la creazione di organi meccanici inerenti l'esperimento CUORE dall'origine alla produzione vera e propria dei pezzi. Successivamente ho avuto modo di conoscere e di lavorare su un'altra macchina che è un vero e proprio banco di lavoro, che permette di inserire pezzi grezzi e lavorarli fino al pezzo finito. L'attività di stage mi ha permesso di entrare direttamente nel mondo del lavoro capendo la realtà aziendale con le sue regole ed orari. Sono stato molto contento per quanto riguarda lo stage, perché ho fatto da interlocutore tra i Laboratori del Gran Sasso e l'azienda Comasud stessa, portando modifiche o aggiungendo dettagli sui disegni meccanici da realizzare.

Sistema dinamico di controllo delle prestazioni della rete locale LNGS

Lorenzo Cococcia

Un anno e mezzo di borsa di studio ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso hanno rappresentato un periodo proficuo sia dal punto di vista professionale, strettamente legato al tema della borsa, sia per l'acquisizione e il consolidamento di importanti competenze trasversali (soft skill).

Interfacciarsi quotidianamente con un gruppo di lavoro, nel mio caso specifico il Servizio Calcolo e Reti, il continuo lavoro di studio e ricerca richiesto per l'espletazione degli obiettivi prefissati dalla borsa, i continui stimoli che provengono dalle persone con le quali si lavora hanno contribuito a farmi considerare del tutto positiva, sia professionalmente che personalmente l'esperienza ai LNGS.

Dal punto di vista più tecnico, il tema della borsa, "Sistema dinamico di controllo delle prestazioni della rete locale Laboratori Nazionali Gran Sasso", è di estrema attualità, ha permesso di affrontare tali tematiche in un contesto reale quale quello dei LNGS ed è stata un'occasione per poter "toccare con mano" alcuni degli strumenti attualmente considerati standard de-facto

per quanto riguarda il monitoring delle reti e la sicurezza informatica.

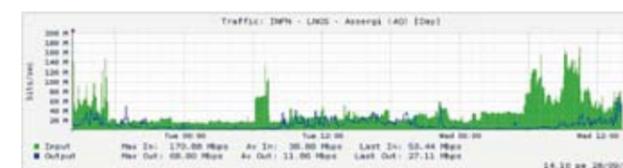
Il tema della borsa in oggetto "Sistema dinamico di controllo delle prestazioni della rete locale Laboratori Nazionali Gran Sasso" rappresenta di fatto un tema di semplice comprensione ma contemporaneamente dai molteplici approcci alla sua risoluzione.

Per comprendere bene di cosa si tratti è bene fare un esempio più pratico. Un modo semplice per immaginare una rete informatica locale (LAN) è quello di paragonarla all'impianto stradale di una città, il suo tessuto urbano fatto di vie più o meno grandi, le sue vie di accesso principali e come questa è agganciata alle autostrade. In questo contesto giornalmente avremo un numero variabile di mezzi che percorrono queste strade, che entrano o escono dalla città, con annessi rallentamenti e perfino blocchi stradali.

L'esempio è più calzante di quanto si possa credere, l'unica differenza è che nel nostro caso, quello il cui scenario di attuazione è una rete informatica, le automobili sono pacchetti di dati e le strade sono principalmente cavi o comunque canali di comunicazione.

Tornando all'esempio "urbanistico", sapere come il traffico cittadino evolve durante la giornata può essere fatto a livelli diversi, il più semplice è quello di controllare il numero di mezzi che entrano ed escono dalla città, quindi controllare l'accesso all'autostrada. Questa misura nel nostro sistema informatico rappresenta i dati scambiati con il mondo esterno (internet).

A scopo esemplificativo è utile dare uno sguardo ad un grafico che riporta la quantità di dati scambiati in funzione del tempo (il grafico rappresenta i dati relativi ad una settimana).

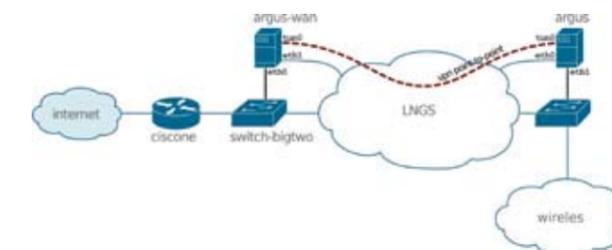


Si nota immediatamente come sia discontinuo tale grafico e come sia pressoché impossibile poter prevedere l'evoluzione nel tempo dell'utilizzo di banda (dati al secondo scambiati).

Come accennato prima, questa misura è di per se molto utile, si può tranquillamente valutare se ci sono troppi utenti su una rete con conseguenti rallentamenti, oppure al contrario si può, qualora il traffico dall'esterno sia eccessivo e non "giustificabile" poter persino pensare ad un attacco informatico.

Un'ulteriore strumento di cui ci siamo dotati per monitorare, e valutare anche a posteriori, il traffico sulla nostra rete è un'infrastruttura di monitoring open-source denominata Argus.

Tale infrastruttura è composta da due macchine (computer) che fungono sonde di rete, ovvero osservano passivamente ciò che passa sulla rete, registrando solamente pochi dati utili ad esempio qualora si debba poter risalire alle cause di un problema avvenuto sulla rete.



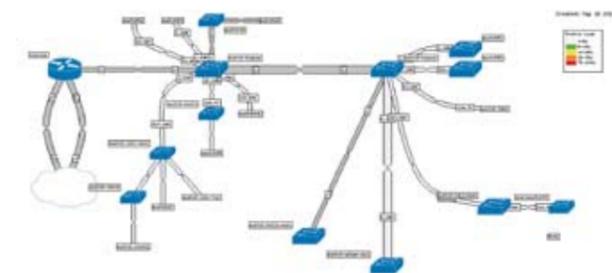
Schema essenziale dell'infrastruttura di monitoring, argus-wan ed argus sono le due macchine che effettuano il monitoring.

Il sistema Argus implementato qui ai LNGS, mantiene traccia delle azioni avvenute in rete, questo è utile oltre che per mantenere uno storico del traffico dati, ma qualora si presentino problemi, a posteriori è possibile fare un'analisi più completa e implementare una procedura di troubleshooting e risalire così a quelle che sono state le cause che hanno generato l'ipotetico problema sulla rete.

Abbiamo ritenuto opportuno andare ancor più nel dettaglio riguardo quello che è il monitoraggio della rete. Tornando al nostro esempio "urbanistico", è utile vedere come si comportano i flussi di auto negli incroci più importanti della città, punti questi che qualora risultassero intasati porterebbero a rallentamenti ben più importanti. L'analogo informatico degli incroci è rappresentato da un apparato informatico denominato switch.

Lo step successivo che fatto per realizzare il nostro sistema di monitoring della rete locale è stato quello di monitorare gli switch che compongono la rete, realizzando una mappa interattiva della rete.

Tale visualizzazione della rete e dei suoi nodi più importanti è definita weather-map ovvero una mappa dove in tempo reale viene visualizzato il traffico di rete, ogni singolo collegamento assume più colori diversi in funzione della quantità di dati che lo sta attraversando, caratteristica questa molto utile per avere una visione globale di quelle che possono essere congestioni di dati o altri problemi che altrimenti sarebbe più complesso andare a diagnosticare.



Altro aspetto relativo alla borsa svolta è il contributo dato, e avuto, durante il periodo di stage presso le aziende. L'idea di trasferire o, cercare di trasferire, conoscenze, spesso all'avanguardia, a piccole/medie aziende del territorio è sicuramente un punto qualificante, permette di mettere in movimento la conoscenza e permette al mondo produttivo di percepire il

mondo della ricerca come una risorsa e non come un mondo totalmente separato dalla realtà. La ricerca produce ricchezza, sta all'azienda beneficiaria dell'intervento saper cogliere l'opportunità che le viene data. Purtroppo non sempre tale intervento viene “compreso” dalle aziende che, a volte, vedono lo stagista come un “monte ore” gratuito a loro disposizione, personalmente credo vadano scoraggiati tali atteggiamenti, probabilmente integrando i progetti con una parte di corretta informazione verso le aziende. Nei fatti c'è stata una parte di stage non proprio entusiasmante che ha portato alla stipula di una nuova convenzione con un'azienda diversa: Altraqua s.r.l., in quest'ultima è stato possibile trasferire alcune delle conoscenze acquisite durante la borsa con un progetto software di tale azienda, integrando un sistema di sensing ambientale con alcuni principi di sicurezza informatica ed alta affidabilità, mirato a rendere sicure e affidabili le connessioni fra client e server dell'infrastruttura da loro progettata.

Riassumendo, i LNGS dispongono di una rete complessa e di grandi dimensioni, continuamente in evoluzione. Avere un'infrastruttura di monitoring adeguata a tale rete rientra in quelle best practies irrinunciabili soprattutto quando si lavora in contesti, quale quello di un grande istituto di ricerca, dove l'interconnessione e sua relativa affidabilità è un requisito pressoché essenziale nel lavoro di tutti i giorni.

Nuovi saperi prodotti dalla ricerca scientifica e tecnologica INFN: tecniche gestionali per la creazione di percorsi formativi ed eventi comunicativi

Rosita Lorenzetti

Le Borse di Studio del Progetto “Gran Sasso in Rete” hanno la finalità di proporre interventi finalizzati al rafforzamento delle competenze in attività di ricerca e al conseguimento di conoscenze trasferibili alle imprese abruzzesi.

Nel caso specifico la Borsa prevede lo svolgimento di attività di Alta Formazione con il tema: “Nuovi saperi prodotti dalla ricerca scientifica e tecnologica INFN: tecniche gestionali per la creazione di percorsi formativi ed eventi comunicativi”.

La Borsa è stata modulata in funzione di punti di partenza e di specificità diverse, ma tutti con la finalità della crescita professionale del borsista sia attraverso l'apprendimento di nozioni e sia mediante lo svolgimento di attività correlate a vari livelli a percorsi formativi ed eventi scientifici.

Come citato anche nel documento Europa 2020, “una crescita intelligente è quella che promuove la conoscenza e l'innovazione

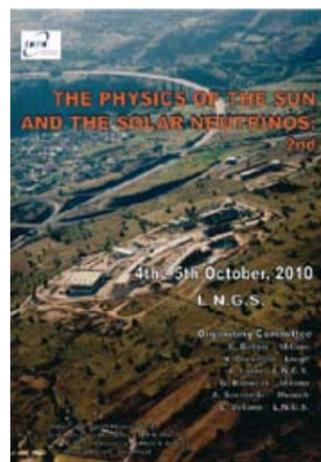
come motori della nostra futura crescita”. Ciò vuol dire che conoscenze e competenze accrescono la qualità dell'istruzione e della formazione, obiettivo che ci si è prefissi con questo tema prevedendo di far calare il borsista nelle attività della comunità scientifica dei LNGS e nelle azioni di relazione dell'INFN con enti e istituzioni quali la Regione Abruzzo e il Consortium GARR.

Inoltre la conoscenza delle azioni del progetto “Gran Sasso in Rete” ha permesso di offrire al borsista una visione d'insieme dell'attività di formazione scientifica e delle norme comunitarie e regionali da applicare nella gestione di progetti comunitari sulla formazione.

La prima fase del percorso formativo è stata prettamente nozionistica ed ha riguardato principalmente la conoscenza dell'INFN (e degli enti di ricerca in genere), la sua mission, l'organizzazione interna (con particolare attenzione all'articolazione dell'Istituto tra Sezioni, Laboratori Nazionali, uffici di Presidenza e Amministrazione Centrale con le relative competenze), gli aspetti amministrativo-contabili e quelli normativi (la contrattualistica dell'Istituto ai sensi del suo regolamento di contabilità e delle norme sui contratti pubblici), le principali attività e la programmazione.

Inoltre questa prima fase di apprendimento teorico ha avuto come oggetto di studio il Settimo Programma Quadro della Commissione Europea, il Quadro Strategico Nazionale 2007-2013, il Fondo Sociale Europeo, le istituzioni europee e nazionali che si occupano a vario titolo di monitoraggio, gestione e valutazione dell'utilizzo del Fondo Sociale Europeo, nonché le norme e i regolamenti regionali per l'utilizzo dello stesso: nozioni indispensabili per comprendere al meglio le finalità dello stesso Progetto “Gran Sasso in Rete”.

Nella seconda fase del percorso si è presentata l'opportunità di entrare nel vivo dell'attività dell'ente di ricerca INFN, nelle sue vere e proprie attività scientifiche e nelle sue relazioni con il territorio (imprese medie e piccole, altre istituzioni scientifiche, enti pubblici, etc.), partecipando all'organizzazione sia di conferenze e workshop e sia di percorsi formativi.



Tra i primi si citano il workshop sui neutrini della terra “Neutrino Geoscience 2010” e quello sui neutrini solari “Physun - The Physics of the Sun and the solar neutrinos: 2nd”, nei quali si è collaborato al lavoro di coordinamento per gli aspetti organizzativi e divulgativi.



Altri eventi dei LNGS a cui si è collaborato sono stati l'Open Day 2011, nonché seminari scientifici per i quali è stata effettuata attività di pubblicizzazione nei canali della comunità scientifica. Particolare impegno è stato richiesto in occasione dell'organizzazione della giornata di studio “Ricerca e Innovazione” del 19 novembre 2010, evento nel quale i LNGS hanno rappresentato la riuscita interazione tra competenze scientifiche e percorsi formativi attivati sul Progetto “Gran Sasso in Rete”. Da sottolineare come in questo evento, oltre alla sessione plenaria, siano stati organizzati tavoli tematici con discussione tra ricercatori e tecnologi dell'INFN e mondo imprenditoriale.

Per quanto riguarda corsi ed eventi strettamente formativi presso i LNGS, si è collaborato all'organizzazione dei quattro corsi erogati in modalità e-learning nell'ambito dell'intervento B del Progetto “Gran Sasso in Rete” e all'attività di segreteria delle relative giornate in presenza, dalla fase di pubblicizzazione del corso, alla preparazione del materiale didattico in collaborazione con i docenti, alla cura dell'anagrafica e alla predisposizione della documentazione dell'attività svolta secondo le normative POR Abruzzo (ad es. moduli di iscrizione, registri presenza). Questa attività ha consentito di entrare appieno in contatto con l'ambiente della formazione in modalità e-learning.

Un'ulteriore fase del percorso formativo ha riguardato le attività standard del servizio Alta Formazione, quali la collaborazione alle attività di rendicontazione delle azioni finanziate dal POR e di predisposizione e archiviazione di documenti extra-contabili a corredo della rendicontazione stessa.

E' stata inoltre effettuata, con l'aiuto del dott. Enrico Dell'Elce, consulente esterno per la parte economica del Progetto, un'attività sperimentale di rendicontazione del Progetto “Gran Sasso in Rete” utilizzando un software gestionale a 3 livelli, attività incentrata sull'archiviazione in formato elettronico di giustificativi di spesa del Progetto.

Lo stage formativo da svolgere presso l'azienda DG Promotion ha avuto come programma di attività la formazione sia sull'aspetto organizzativo di eventi in genere e sia sull'aspetto

più strettamente di divulgazione e pubblicizzazione degli eventi stessi, dall'individuazione del target dei potenziali utenti a cui l'evento è rivolto, alla cura dei rapporti con gli attori del territorio da coinvolgere nell'evento, alla diffusione di informazioni sull'evento ai principali media, alla pubblicizzazione e alla pubblicazione di atti e documenti vari prima e dopo gli eventi stessi. Inoltre, attraverso l'utilizzo di software per grafica professionale, è stato affrontato il tema della grafica adeguata alla tipologia di evento (dalle locandine ai totem, alle brochure) fino alla fase di vera e propria creazione di oggetti grafici ad uso degli eventi stessi.

Negli ultimi mesi di permanenza presso i LNGS, nell'ambito delle attività del Servizio Alta Formazione dei LNGS, si è collaborato all'analisi dei fabbisogni delle aziende abruzzesi in vista della progettazione del futuro progetto “La Società della Conoscenza in Abruzzo” e in particolare all'organizzazione di incontri con le associazioni di categoria a L'Aquila e Pescara; sono state inoltre contattate le aziende per un orientamento sulla scelta di alcuni corsi del nuovo intervento B, e, successivamente, sono stati elaborati i dati delle risposte pervenute.

Infine si è collaborato all'organizzazione dell'evento conclusivo del Progetto “Gran Sasso in Rete” del 14 ottobre 2011 presso il Parco della Scienza di Teramo, attività nella quale si sono combinate le competenze acquisite durante lo stage con quelle apprese durante il periodo di permanenza presso i LNGS.

Sviluppo ed integrazione di un Sistema di Gestione della Sicurezza e possibilità di integrazione con sistemi di gestione esistenti, in prospettiva dell'adozione delle linee guida BS OHSAS 18001

Federico Gabriele

Impostazione ed obiettivi dell'attività

L'implementazione del sistema è stata realizzata in due fasi temporali distinte tra loro, ma fortemente e logicamente interconnesse:

- attività propedeutica alla certificazione secondo lo standard BS OHSAS 18001 e 18002;
- integrazione dei sistemi esistenti (SGSL & SGA, Sistema di Gestione della Sicurezza e Sistema di Gestione Ambientale).

Le due fasi sono state condotte in modo da rispondere ai vincoli

tecnici, organizzativi e normativi propri della realtà dei LNGS. I Laboratori, infatti, possiedono una struttura “atipica”, differente cioè dalle classiche strutture aziendali per le quali sono state progettate ed emanate le norme UNI EN ISO e BS OHSAS.

Il processo ha puntato quindi all’analisi dei sistemi di gestione esistenti ed alla proposta di unificazione e standardizzazione dei sistemi di gestione vigenti in un unico Sistema di Gestione Integrato (SGI), al fine di realizzare una gestione manageriale più semplificata e snella del sistema procedurale. Inoltre, tale “omogeneizzazione” è stata centrata su un monitoraggio più accurato e più dettagliato, con l’obiettivo di ottimizzare i tempi di raggiungimento degli obiettivi prefissati.

L’impostazione prescelta ha sfruttato le tipiche “parametrazioni di un Sistema di Gestione Integrato, come:

- Uniformità di gestione.
- Ottimizzazione delle risorse.
- Unificazione degli obiettivi di miglioramento.
- Coinvolgimento del personale a tutti i livelli. Semplificazione del rapporto dipendenti/Direzione.
- Unicità del sistema documentale e della gestione dei dati.
- Individuazione dei nuovi approcci strategici.
- Comunicazione ottimale all’interno della struttura e nei confronti degli utenti della stessa.

Il processo è stato pianificato ed organizzato in una serie di fasi attuative definite, come descritto qui di seguito.

- FASE PRELIMINARE, o di “studio e pianificazione”.
- FASE DI ATTUAZIONE.

Si fa notare che, come previsto dalla buona e corretta prassi in ambito di integrazione, si è deciso di procedere inizialmente con l’adeguamento dell’attuale Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS) in funzione dei requisiti delle BS OHSAS 18001 e 18002. A tal fine sono state apportate le integrazioni previste dallo standard BS OHSAS, con particolare rispetto della metodologia Do-Plan-Check-Act (Ruota di Deming) e “dell’Approccio per processi”, così da implementare, mantenere e migliorare, in modo continuo, il sistema di gestione stesso.

- FASE DI IMPLEMENTAZIONE.

In questa fase, che coincide con l’integrazione vera e propria, si è deciso di procedere con l’attuazione della tecnica logica di raccolta e riunione delle procedure in “comune”, “integrate” e della realizzazione delle procedure “specifiche”. Questa fase ha richiesto il coinvolgimento di più funzioni interne ai LNGS, data la necessità di una attenta pianificazione delle attività condotta tramite la programmazione di incontri e riunioni di controllo e verifica, così da avere un riscontro del lavoro svolto, poter mirare agli obiettivi prefissati ed applicare il così detto principio del “miglioramento continuo” su cui si basano e fondano le norme di qualsiasi sistema di gestione.

Il lavoro svolto ha permesso di raggiungere diversi importanti obiettivi nella complessa, articolata e delicata gestione della

sicurezza dei LNGS:

1. predisposizione di tutti gli atti ed i processi utili e necessari per l’ottenimento della certificazione del SGSL secondo la BS 18001;
2. proposta per l’implementazione di un nuovo e semplificato SGI;
3. aggiornamento dinamico e processo di link-sharing di tutti i documenti redatti in ottemperanza alla normativa vigente, come ad esempio il Documento Valutazione Rischi (DVR) ai sensi dell’articolo 17 del D. Lgs. 81/08 e s.m.i. ed il Rapporto di Sicurezza (RdS), ai sensi del D. Lgs. 334/99 e s.m.i., al fine di garantire una maggiore flessibilità operativa nella consultazione ed attuazione delle procedure implementate.
4. impostazione di un processo metodologico sulle procedure di “Risk Assessment”, mediante l’ausilio di codici software dedicati, per una corretta gestione della Safety Risk Analysis con la possibilità di esportare tale metodologie alle realtà industriali, presenti in Abruzzo ed operanti nei settori metalmeccanico, chimico e petrolchimico.
5. Adozione di un nuovo “editing” e di un nuovo stile grafico per tutta la documentazione aggiornata, per garantire una più facile gestione e flessibilità, sia nell’aggiornamento che nelle revisioni.

Stage formativo

Il periodo di stage formativo è stato realizzato con la collaborazione dell’azienda Walter Tosto S.p.A. (WTS S.p.A.). Periodo che, in accordo con la Società, è stato condotto prevalentemente presso gli uffici dei LNGS in quanto necessario l’utilizzo di software dedicati e licenziati di proprietà dell’Ente.

La WTS SpA è leader mondiale per la produzione di apparecchiature e serbatoi statici, di impianti per il trasferimento e lo stoccaggio di fluidi, con particolare riferimento ai mercati dell’Oil&Gas, Petrolchimico ed Energia.

Fondata nel 1960 da Walter Tosto, oggi la compagnia è condotta dal figlio Luca Tosto ed opera in mercati internazionali grazie alla grande professionalità e know-how acquisito nel design, progettazione, manufacturing e utilizzo di tecnologie all’avanguardia. Attualmente la WTS SpA ha l’obiettivo di entrare nel mercato delle apparecchiature per gli impianti nucleari e pertanto punta all’acquisizione della certificazione ASME N; in questo ambito, qualche mese fa la Società si è aggiudicata una importante commessa di un dispositivo del progetto internazionale di reattore a fusione (progetto ITER), per un ammontare totale di centinaia di milioni di euro. Nella realtà appena descritta è stato dunque possibile conoscere e studiare un Sistema di Gestione (Qualità, Sicurezza ed Ambiente) estremamente complesso ed articolato, composto dai diversi reparti e funzioni aziendali che ne formano la struttura.

La struttura in oggetto racchiude l’intera filiera produttiva suddivisa nelle diverse macro attività (sinteticamente riportate): acquisizione della commessa, progettazione, produzione e re-

alizzazione del prodotto con le sotto funzioni ad esse interconnesse. Tale configurazione ha contribuito a far apprendere ed analizzare i diversi aspetti pratici e teorici inerenti la gestione e implementazione costante dei Sistemi di Gestione tra le diverse funzioni, con le giuste sinergie ed interazioni. Anche la scelta della tipologia di gestione intrapresa, attraverso un responsabile unico (RSPP – Health and Safety Manager) è risultata essere molto formativa ed importante per apprendere nozioni e capire diversi aspetti che, in altre realtà di dimensioni ridotte, non è possibile riscontrare. La stessa tipologia di gestione in futuro potrebbe essere applicata agli stessi LNGS (non dimenticando la diversa natura, le dimensioni e la peculiarità dei Laboratori). L’acquisizione delle conoscenze e delle esperienze, nonché della prassi operativa presso i LNGS ha permesso di avere fin da subito la corretta interpretazione e visione del Sistema di Gestione e della sua forma di articolazione, così da poter operare e fornire in collaborazione con lo staff il miglior contributo possibile a livello di gestione globale, di raggiungimento degli obiettivi prefissati e del miglioramento continuo all’interno di un Sistema di conto suo già operante ed efficace. In conclusione, si vuole sottolineare un aspetto di fondamentale importanza riscontrato in entrambe le realtà, che riguarda la corretta sinergia e collaborazione che deve essere presente tra le diverse funzioni ed attori che fanno parte dei Sistemi in quanto, in assenza di una visione comune ed omogenea, il tutto correrebbe il rischio di essere ridotto solo ad un approccio puramente teorico.

Ottimizzazione delle strutture meccaniche di apparati sperimentali in rapporto alla radiopurezza dei materiali

Simone Castellano

Durante l’anno 2010 ho usufruito della Borsa relativa al bando n.13377/2009 riguardante il tema “Ottimizzazione delle strutture meccaniche di apparati sperimentali in rapporto alla radiopurezza dei materiali”, della durata nominale di un anno. La fruizione di tale Borsa è iniziata presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso in data 26/05/2010 e si è conclusa in data 30/11/2010, prima del suo termine naturale. Infatti, essendo risultato vincitore di una borsa di Dottorato presso l’Università degli Studi de L’Aquila, ho interrotto la Borsa POR per l’incompatibilità tra le due attività. In particolare, l’interruzione non mi ha permesso di svolgere lo stage formativo presso la Avioitaly con sede a Scoppito (AQ) come previsto dal programma della Borsa. Le principali tematiche approfondite e le attività cui ho preso parte sono riportate in sintesi di seguito:

- studio della radioattività ambientale e dei materiali

- studio di tecniche utilizzate in esperimenti di bassa radioattività per la ricerca di processi rari, con particolare riguardo alla spettrometria gamma con rivelatori al Germanio di basso fondo intrinseco
- attività sperimentale di misura della radioattività intrinseca di materiali con rivelatori al Germanio
- studio ed utilizzo del pacchetto software di Autocad “Autodesk Inventor 2008”, per la progettazione di un apparato sperimentale di bassa radioattività intrinseca.

L’attività è stata svolta nell’ambito dell’esperimento DAMA che conduce esperimenti di ricerca di processi rari presso il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso. In particolare:

- lo studio della radioattività ambientale e della radioattività intrinseca dei materiali è stato svolto sia su test di riferimento che su alcune misure dedicate.
- è stata studiata l’ottimizzazione di schermature passive a molti componenti.
- si sono analizzate le migliori performances di rivelatori al Germanio da utilizzare in misure di livelli di radioattività dei materiali da utilizzare negli apparati sperimentali. In particolare, si è considerata la realizzazione di rivelatori al Germanio con risoluzione energetica ottimale e con finestre a basso Z.
- si sono svolte varie attività di misura correlate nei laboratori sotterranei.
- inoltre, in parallelo a queste attività, è stato portato avanti un apprendimento dell’utilizzo di un pacchetto di software Autocad, come sopra menzionato, “Autodesk Inventor 2008”, attività quest’ultima svolta nell’ambito dell’attività di tutoraggio col Dott. Massimo Cini. Allo scopo di saper creare e modificare progetti nell’ambito dell’esperimento DAMA, è stato appreso l’utilizzo di tale software in termini di realizzazioni bidimensionali e tridimensionali e l’utilizzo di varie utilities del programma stesso. Si pianificava infatti di realizzare progetti nuovi e modifiche presso l’Avioitaly, che realizza meccanica di precisione.

L’apprendimento è stato estremamente utile ed interessante, e mi ha consentito di approfondire molte problematiche connesse alla progettazione e realizzazione di esperimenti di basso fondo. L’attività svolta mi ha consentito di ottenere molte competenze che potrò ulteriormente sviluppare e ampliare durante il mio Dottorato di Ricerca.

Studio della radioattività ambientale nelle acque del bacino idrogeologico del Gran Sasso

Angela Cardarelli

Da maggio 2010 ad oggi sono titolare di una borsa di studio presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso-INFN con sede in Assergi, nell'ambito del seguente tema: "Studio della radioattività ambientale nelle acque del bacino idrogeologico del Gran Sasso". La mia borsa è stata svolta in collaborazione e con il supporto del Servizio di Chimica ed Impianti Chimici (SC-IC) dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, nell'ambito del progettoERMES (Environmental Radioactivity Monitoring for Earth Sciences).

L'esperimentoERMES nasce con l'obiettivo di valutare il contributo della radioattività naturale all'interno dei Laboratori sotterranei, come rumore di fondo per gli esperimenti di Fisica del Neutrino e di Materia Oscura. Questo genere di esperimenti richiede infatti un ambiente a bassa radioattività naturale, che in parte viene raggiunto grazie ai 1400 m di roccia sovrastante del massiccio del Gran Sasso, i quali forniscono un buono schermo dai raggi cosmici. Le sorgenti di radioattività all'interno dei Laboratori sotterranei sono rappresentate dalle rocce, dai materiali utilizzati per la costruzione delle strutture e dall'attività dei radionuclidi naturali. Inoltre sembra, nonostante non siano ancora molti i dati in letteratura, che anche l'interazione acqua-roccia e le variazioni idrologiche spazio-temporali influenzino la radioattività naturale. E' su quest'ultima fonte di radioattività che si concentra l'esperimentoERMES.

Settimanalmente mi sono recata ai siti dei Laboratori sotterranei e ho prelevato 10 campioni di acqua, uno per ogni sito. Sui campioni ho poi effettuato misure di parametri chimico-fisici (pH, conduttanza, potenziale ossido-riduttivo, durezza) ed analisi qualitative e quantitative mediante la tecnica della spettrometria di massa ed assorbimento atomico.

Il SC-IC ha in dotazione due tipi di spettrometri: uno spettrometro di massa quadrupolare con sorgente al plasma (ICP-MS) e uno spettrometro di massa ad alta risoluzione (HR-ICP-MS) entrambi in grado di determinare elementi a livello di ultratracce nei campioni.

Per la caratterizzazione del sistema idrogeologico del Gran Sasso, ho misurato con l'ICP-MS i seguenti elementi: sodio (Na), potassio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) e uranio (U). Il nostro studio si è focalizzato in particolare sulla determinazione delle concentrazioni e dei rapporti isotopici dell'Uranio nell'acqua di falda con lo scopo di verificare l'associazione tra le variazioni di questi parametri e l'attività sismica locale.

Prima di eseguire la misura i campioni sono stati filtrati e acidificati con acido nitrico. Dai risultati delle misure si è evidenziato che esiste una differenziazione chimico-fisica delle acque prelevate dai 10 siti di campionamento, dovuta in parte alla diversa interazione acqua-roccia. Le masse d'acqua attraversano diversi tipi di roccia, mediante vari percorsi, e sono quindi caratterizzate da una velocità di percolazione che ne delinea le principali proprietà chimico-fisiche.

L'ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) è una tecnica che interfaccia una sorgente a plasma accoppiato induttivamente con uno spettrometro di massa. All'inizio il campione viene trasformato in aerosol e ionizzato, gli ioni prodotti sono introdotti in uno spettrometro di massa a quadrupolo che li separa in virtù del diverso rapporto massa/carica. Gli ioni di ogni specifico rapporto massa/carica sono quindi rivelati e quantificati da un detector. Gli spettri così generati sono costituiti da una serie di picchi isotopici che possono essere impiegati sia per misure qualitative sia per misure quantitative. Ad oggi la spettrometria di massa rappresenta una tecnica che offre una serie di vantaggi indiscutibili nell'analisi multielementare di elementi in traccia ed ultratraccia. La sua versatilità consente lo studio di svariate tipologie di matrici e ne permette l'utilizzo in numerosi campi d'applicazione (ambientale, geologico, idrologico, bio-medico, chimico, archeologico, alimentare, farmacologico, etc.). La caratteristica peculiare dell'ICP-MS è la possibilità di analizzare in modo accurato, preciso e veloce, a partire da un piccolo quantitativo di campione, gran parte degli elementi della tavola periodica, raggiungendo limiti di detenzione molto bassi.

Per ottenere le migliori prestazioni analitiche entrambi gli spettrometri di massa sono stati installati all'interno di un ambiente a contaminazione controllata la "camera pulita", dove cioè il contenuto di polvere e altre particelle microscopiche è ridotto al minimo. Dovendo operare all'interno di un ambiente a bassa contaminazione, ho potuto acquisire le conoscenze di base sulle procedure operative da seguire in questi ambienti così particolari (vestiario specifico da indossare, tecniche di pulizia da adottare, materiali da utilizzare, ecc).

Durante lo svolgimento della mia borsa ho avuto anche la possibilità di assistere ai lavori di installazione dell'HR-ICP-MS e di partecipare al corso di formazione base sul suo utilizzo.

L'utilizzo di questa tecnica mi ha permesso di conoscere tutta la problematica che ruota attorno alla gestione di una strumentazione così sofisticata: dalla preparazione del campione alla messa a punto del metodo fino all'analisi statistica dei dati. Ho imparato ad eseguire la preparazione del campione senza contaminarlo, utilizzando specifici reagenti (acidi ultrapuri e acqua deionizzata), ho appreso come gestire lo strumento tramite il suo software che mi permette di impostare la sequenza e il metodo, ho acquisito l'importanza dello studio preliminare degli elementi che potrebbero interferire con l'analisi in esame.

Una ulteriore analisi richiesta dall'esperimentoERMES è stata

quella di analizzare la composizione isotopica delle acque di falda. Per le misure di rapporti isotopici dell'uranio ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ e $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$), ho utilizzato l'HR-ICP-MS che ha una risoluzione più alta dell'ICP-MS.

Tuttavia non sono state riscontrate anomalie rispetto ai valori noti, né si sono osservate variazioni dei rapporti isotopici nel tempo. In questa occasione nella preparazione del campione ho anche avuto modo di impiegare le colonnine specifiche per separare e concentrare elementi quali gli attinidi (Pu, Am, U, Th). Si tratta di colonnine impaccate con materiale polimerico su cui è adeso un composto organico specifico e selettivo per l'estrazione degli elementi da analizzare.

Uno degli obiettivi dell'esperimentoERMES è la determinazione del contenuto di trizio nei campioni di acqua prelevati, per una più completa interpretazione della dinamica d'interazione acqua-roccia e delle relative variazioni dei fondi radioattività ambientale. A tale scopo all'interno del laboratorio di chimica, è stata predisposta un'area in cui è stata installata la linea per l'arricchimento elettrolitico di questo elemento. Il trizio (simbolo ^3H o T) è un isotopo radioattivo dell'idrogeno con un nucleo formato da un protone e due neutroni. La misura della concentrazione di trizio nell'acqua è importante perché consente di fornire una stima del tempo di residenza dell'acqua dalla sua ultima infiltrazione. Il trizio è un beta emettitore con energia massima 18.6 keV e tempo di dimezzamento di 12.32 anni. La sua concentrazione in atmosfera è stata modificata a seguito dei test termonucleari degli anni '50-'60.



Sorgente Mescatore ubicata in località Pretara nel Comune di Isola del Gran Sasso (quota 922 mt. s.l.m)

Con il passare del tempo le concentrazioni di questo elemento sia nelle precipitazioni che nelle acque superficiali sono gradualmente diminuite fino a valori minori di 20 TU (dove 1 TU è pari a 1 atomo di trizio ogni 10-18 atomi di idrogeno) ed attualmente la concentrazione media di trizio è molto bassa, circa 5 - 10 TU. E' per tale motivo che si rende necessaria la fase di arricchimento elettrolitico, prima di effettuare la misura. Lo

studio del trizio è inoltre molto utile a livello ambientale come tracciante del ciclo idrologico dell'acqua, in riferimento alle acque meteoriche, superficiali e sotterranee. L'utilizzo di valori di riferimento di trizio nelle acque permette infatti di individuare eventuali contaminazioni di origine antropica: per quanto riguarda le acque sotterranee valori medi molto bassi, 1 - 3 TU indicano acque sotterranee con lungo tempo di permanenza nel suolo, valori compresi tra 4 e 8 TU indicano medi tempi di permanenza nel suolo e valori compresi tra 9 e 13 TU indicano acque con brevissimi tempi di permanenza. Attività di trizio nelle acque sotterranee superiori a 15 - 16 TU indicano una probabile presenza di fonti esterne di trizio, quali possono essere le discariche di rifiuti solidi urbani.

La borsa di studio ha previsto anche un periodo di stage presso un'azienda abruzzese, con lo scopo di trasferire le conoscenze acquisite durante la permanenza ai Laboratori; nel mio caso l'azienda convenzionata è stata la società "Ruzzo Reti S.p.a" che gestisce l'acquedotto che rifornisce la zona del Teramano. Il lavoro svolto in collaborazione con l'acquedotto è consistito nel prelievo di campioni di acqua presso le captazioni delle sorgenti Ruzzo che sono: opera di presa Traforo, Vacelliera alta, Vacelliera bassa, Sorgente Mescatore e Sorgente Fossaceca, nel Comune di Isola del Gran Sasso, sui quali ho eseguito l'analisi del trizio e quella elementare tramite l'utilizzo della spettrometria di massa.

L'esperienza della borsa è stata fondamentale per la mia crescita professionale e personale, in questo periodo ho avuto modo di imparare tantissime cose, dalle più semplici come la preparazione di soluzioni a diversa concentrazione a quelle più complesse come l'analisi di elementi mediante ICP-MS.



Ingresso alle Sorgenti Ruzzo in località Pretara

Ottimizzazione di sistemi robotizzati e gestione di banche dati

Nadia Lauri

1 - Lo scenario di riferimento: breve descrizione dell'esperimento OPERA

L'esperimento OPERA (Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus) si propone di rivelare la presenza di ν_{τ} (neutrini-tau) nel fascio CNGS del CERN (composto essenzialmente di ν_{μ} , neutrini-mu) attraverso l'osservazione diretta delle particelle τ che, prodotte nelle interazioni di tipo CC (a corrente carica) dai ν_{τ} , vengono riconosciute studiandone i caratteristici decadimenti. L'esperimento fa uso di un particolare bersaglio, formato da emulsioni nucleari alternate a fogli di piombo, disegnato con geometria modulare (laddove ciascun modulo è denominato brick).

Questa soluzione assicura un'altissima precisione di tracciamento dovuta alle caratteristiche delle emulsioni, insieme ad una massa adeguata all'osservazione di un fenomeno assai raro, fornita dal piombo. Rivelatori elettronici assicurano l'identificazione del modulo in cui è avvenuta l'interazione, mentre uno spettrometro di muoni consente l'identificazione del fondo. L'individuazione di un'interazione di neutrino nel rivelatore OPERA dà inizio ad una complessa procedura composta di varie fasi: la rimozione automatica del brick in cui è avvenuta l'interazione, lo spaccettamento delle emulsioni di cui è composto, lo sviluppo, la scansione al microscopio fino all'inserimento in database di tutti i dati relativi, necessari per le successive operazioni di analisi.

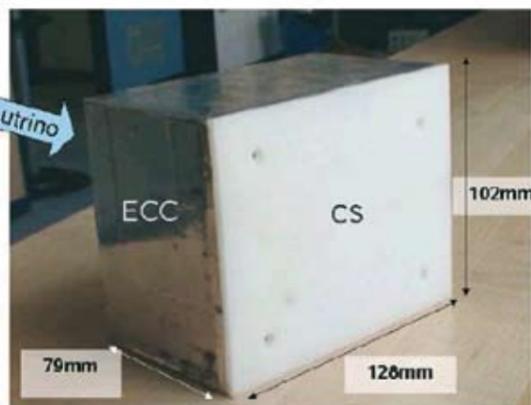


Figura 1 - Fotografia di un brick: la scatola bianca contiene la coppia di Changeable Sheets

Per poter individuare senza ambiguità il modulo in cui è avvenuta suddetta interazione, viene analizzata una coppia removibile di emulsioni (Changeable Sheets - CS), situata sul lato a valle, rispetto al fascio di neutrini, di ciascun brick (Figura 1). Tali CS

svolgono il ruolo di interfaccia tra il rivelatore elettronico ed i brick e permettono di preservare la massa sensibile dell'esperimento (in quanto possono essere rimossi e analizzati separatamente dal modulo).

2 - Descrizione dell'attività svolta

Dal giorno della mia presa servizio presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, in qualità di titolare di borsa di studio P.O.R. per laureati, ho svolto la mia attività presso il Laboratorio di Scansione di Emulsioni Nucleari dell'esperimento OPERA, responsabile dell'analisi dei CS.

L'attività svolta nel periodo di godimento della borsa di studio può dunque essere inquadrata nell'ambito delle ultime fasi sopra citate, connotandosi come supporto inizialmente tecnico, relativamente alla gestione delle misure condotte nella Stazione di Scanning, e successivamente tecnologico, fornendo il mio contributo in termini di sviluppo software, sulla base dei requisiti espressi dal personale responsabile delle attività di analisi.

2.1 - Supporto tecnico presso la Scanning Station di OPERA

Nella fase iniziale del mio inserimento sono stata introdotta alle peculiarità dell'esperimento, al fine di comprenderne scopi e finalità, con particolare riferimento alle funzioni della Scanning Station. Tale addestramento è stato condotto anche attraverso la diretta sperimentazione del sistema automatico per l'analisi delle emulsioni nucleari di OPERA, realizzato mediante l'uso di microscopi automatizzati ad alta velocità (20 cm²/h) (Figura 2). Tale sistema consiste di un microscopio dotato di meccanica motorizzata (piatto x,y e sistema di messa a fuoco), un gruppo ottico dedicato, una telecamera, una scheda di acquisizione ed elaborazione on-line delle immagini, una scheda di controllo dei motori e lettura encoder, un personal computer per la gestione del processo di acquisizione.

Dapprima affiancata dal personale esperto, ho acquisito una buona autonomia nell'utilizzo di tale sistema, essendo in grado di effettuare, tramite gli opportuni strumenti software, tutte le operazioni previste per il lancio ed il controllo del buon andamento di una singola misurazione. La familiarità così acquisita con il sistema di acquisizione dati è stata propedeutica alla successiva partecipazione alle operazioni relative all'elaborazione dei dati acquisiti.

2.2 - OPERA Scanning Database c

Il database che raccoglie i dati delle emulsioni nucleari di OPERA rappresenta il nucleo dell'infrastruttura di calcolo: strutturato in forma di tabelle e relazioni, è stato sviluppato e testato su Oracle 9iDS. Lo studio preliminare dello schema relazionale, secondo il quale è strutturata l'informazione contenuta nel database delle emulsioni di OPERA, mi ha consentito di ottenere una maggiore comprensione delle tipicità del dominio in questione, così da poter effettuare successivi interventi di manutenzione evolutiva (database e applicazioni).

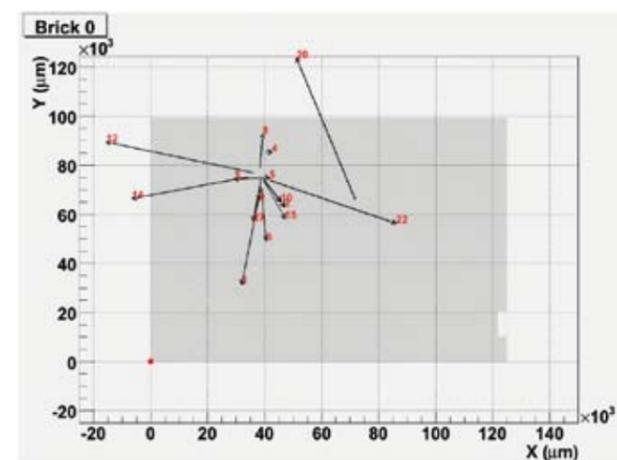


Figura 3 - Esempio di display delle tracce ricostruite dal sistema automatico: la lunghezza della freccia è proporzionale all'angolo della traccia; l'origine della freccia indica la posizione della traccia sulla superficie del CS (area in grigio).

Allo scopo di ridurre il tempo di esecuzione di suddetta validazione manuale, ho effettuato l'aggiornamento dell'applicazione (C++) che, a partire dai file generati durante la scansione al microscopio di un'emulsione, ne automatizza la selezione e la copia, nonché la visualizzazione grafica del contenuto (Figura 3). Quest'ultima attività ha comportato uno studio preliminare di ROOT, pacchetto software per l'analisi dei dati, sviluppato presso il CERN di Ginevra, orientato ad oggetti e scritto in C++. Prevalentemente incluso come libreria esterna di classi in programmi C/C++ compilati, ho talvolta utilizzato questo strumento anche in modalità interattiva e tramite macro interpretate.

L'infrastruttura di calcolo, realizzata per le esigenze connesse alle attività di scansione delle emulsioni nucleari di OPERA, utilizza un software scritto principalmente in C++ e C# (su piattaforma .NET), per quanto riguarda rispettivamente la codifica di basso ed alto livello.

Sulla base dei dati gestiti dal sistema di acquisizione, responsabile della ricostruzione delle tracce e dello storage nel database, sono stati quindi sviluppati diversi tool a supporto delle attività di analisi. In tale contesto ho partecipato alle operazioni di manutenzione evolutiva, sviluppando alcune soluzioni aventi lo scopo di costituire uno strato applicativo intermedio (C#) che, interfacciandosi al database, fornisce i dati, filtrati sulla base di opportuni criteri (QL), alle applicazioni/macro (C#/C) preposte all'analisi. Un intervento di questo tipo è stato ad esempio finalizzato all'introduzione di una validazione automatica, basata su un'analisi statistica delle caratteristiche delle tracce. Tale procedura permette, in alcuni casi, di ottenere la discriminazione automatica del fondo, riducendo così il carico di lavoro in fase di validazione manuale.

Lo scopo perseguito è stato dunque quello di automatizzare, laddove possibile, le operazioni in atto nel passaggio dalla fase di presa dati a quella di analisi.

Ulteriori attività hanno infine riguardato alcuni interventi di adeguamento di interfacce utente (estensione di criteri nella ricerca, di dati tabulari nella presentazione, di opzioni nella visualizzazione), al fine di migliorarne l'usabilità, in accordo con l'individuazione di nuovi requisiti funzionali.

2.4 - Lo stage in azienda

Durante l'anno di godimento della borsa di studio ho inoltre trascorso un periodo di stage presso una software house attiva nel campo delle web solutions e dell'information technology, specializzata nella progettazione e realizzazione di sistemi informatici e soluzioni applicative per aziende ed Enti Pubblici (EcoMedia S.r.l.).

Il periodo di permanenza in azienda ha avuto lo scopo di approfondire la mia conoscenza delle metodologie di progettazione e sviluppo di applicazioni JEE di tipo enterprise, anche attraverso esperienze pratiche su progetti aziendali.

Dopo una fase iniziale di studio e documentazione relativa alla tecnologia connesse all'utilizzo di Oracle Fusion Middleware quale piattaforma tecnologica di riferimento (JavaServer Faces, Enterprise Beans, Java Persistence API, etc.), mi sono dedicata in particolare alla definizione di un prototipo iniziale per lo sviluppo di un'applicazione web di tipo gestionale.

Trattandosi di un sistema finalizzato all'esecuzione di operazioni di registrazione connesse alla gestione dei rifiuti, tale attività ha comportato lo studio della normativa e dei relativi adempimenti informatici derivanti dalla possibile introduzione del sistema di controllo sulla tracciabilità dei rifiuti (su iniziativa del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).

Il risultato così ottenuto è stato quello di acquisire una maggiore comprensione dei diversi flussi operativi previsti dalla gestione informatica degli adempimenti ambientali, in maniera propedeutica alla modellizzazione ed allo sviluppo, in forma parziale e prototipale, dei requisiti funzionali individuati.

Sistemi di acquisizione ed elaborazione dati per esperimenti di fisica basati su liquidi scintillatori

Chiara Ghiano

L'attività di ricerca da me svolta da Maggio 2010 a Settembre 2011 come titolare della borsa POR dal titolo "Sistemi di acquisizione ed elaborazione dati per esperimenti di fisica basati su liquidi scintillatori" riguarda tre principali argomenti: sviluppo di software per analisi dati, attività di coordinatore di presa dati nell'esperimento Borexino e analisi di proprietà di uno scintillatore organico liquido.

L'attività di studio e ricerca prevista dalla mia borsa è stata svolta presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso nell'ambito dell'esperimento Borexino sotto la guida del tutor Gyorgy Korga. A tale attività è stato alternato un periodo di stage di 24 settimane ospite di Altraqua, sotto la guida del titolare Fabio Di Bernardini.

Altraqua è una azienda in grado di creare e fornire servizi e soluzioni informatiche. I principali settori in cui opera sono la consulenza informatica, lo sviluppo di software personalizzato e la progettazione e realizzazione di siti web, mediante l'applicazione di tecnologie innovative e il monitoraggio costante dei nuovi mezzi di comunicazione.

La decisione di alternare le attività di ricerca con lo stage presso Altraqua mi ha permesso prima di tutto di acquisire e scambiare conoscenze relative allo sviluppo di software presso l'azienda per poi applicarle allo sviluppo di software per analisi di dati nell'esperimento Borexino. Inoltre, tale suddivisione del percorso di formazione previsto dalla borsa in più parti, mi ha permesso di alternare attività più tecniche che riguardano la prima parte del titolo della borsa (Sistemi di Acquisizione) come il coordinare la presa dati dell'esperimento Borexino o l'utilizzo dello spettrofotometro, ad attività informatiche di sviluppo di software come previsto dalla seconda parte del titolo (Analisi Dati), permettendomi di assimilare e frangere i contenuti di entrambe.

L'esperimento Borexino si colloca all'interno di un campo d'indagine scientifica che ha avuto grande sviluppo negli ultimi 40 anni: la fisica dei neutrini solari, creati nelle reazioni di fusione nucleare che avvengono nel Sole e che costituiscono il meccanismo di produzione dell'energia solare. Il grande interesse nei confronti di questo settore della fisica risale al cosiddetto problema dei neutrini solari, nato quando i primi esperimenti su tali particelle hanno portato al comune risultato di un deficit nel flusso dei neutrini misurato rispetto a quello atteso. Sono stati, quindi, necessari approfondimenti e chiarimenti sull'affidabilità e correttezza del Modello Solare Standard (SSM), nell'ambito astrofisico, e della completezza della teoria Eletto-Debole, nell'ambito della fisica delle particelle. La soluzione più accreditata per il problema del neutrino solare è attualmente il fenomeno delle oscillazioni, che descrive la possibilità del neutrino di cambiare sapore lungo il percorso Sole-Terra. Lo studio delle oscillazioni di neutrino permette di ricavare l'espressione per la probabilità di sopravvivenza come ν_e o di conversione in ν_μ dei neutrini elettronici generati nel Sole, durante il loro percorso fino a Terra.

Borexino misura neutrini a bassa energia (sotto il MeV) in tempo reale tramite lo scattering elastico neutrino-elettrone in un volume di scintillatore liquido ultra puro. La parte sensibile consta di 300 t di scintillatore liquido purificato osservato da circa 2000 fotomoltiplicatori.

Dopo quattro anni di presa dati Borexino ha confermato il modello MSW-LMA, che è considerato al momento come il mo-

dello oscillazione di riferimento, con la misura del flusso del ^7Be con un errore inferiore al 5%. Inoltre il flusso del pp è stato fortemente limitato dal flusso del ^7Be .

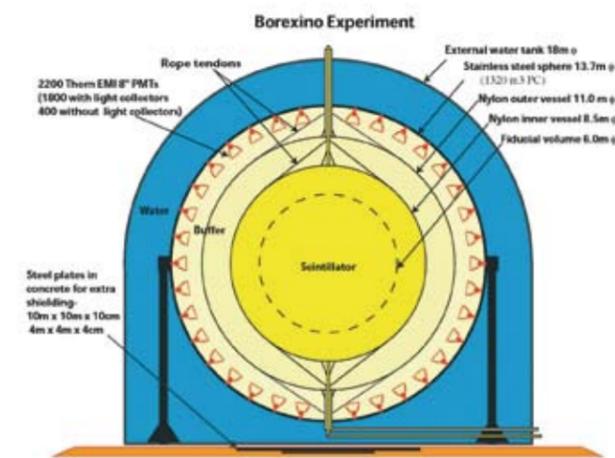


Figura 1: Il rivelatore Borexino

La misura del flusso dei neutrini da ^8B con una soglia di 3 MeV e del flusso del pep hanno inoltre permesso per la prima volta la determinazione della probabilità di sopravvivenza nella cosiddetta zona di transizione utilizzando i risultati di un solo esperimento.

Sviluppo di software per analisi dati, in particolar modo applicato alla selezione di eventi di interazione sull'isotopo ^{13}C .

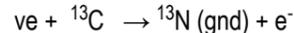
Oltre allo scattering elastico del neutrino sull'elettrone, canale principale di interazione del neutrino in Borexino, un altro canale di interazione dei neutrini solari provenienti dal ^8B , prodotti nella reazione $^8\text{B} \rightarrow ^8\text{Be} + e^+ + \nu_e$ all'interno del sole, è l'interazione a corrente carica del neutrino elettronico con i nuclei di ^{13}C naturalmente contenuti nello scintillatore.

La tecnica utilizzata per selezionare gli eventi da neutrino solare consiste nell'identificare il segnale tramite la coincidenza spaziale e temporale con il successivo decadimento del nucleo di ^{13}N prodotto.

Il ^{13}C è un isotopo stabile del carbonio con una naturale abbondanza isotopica dell'1.07%, così una piccola percentuale è naturalmente presente negli scintillatori liquidi e può essere utilizzata come bersaglio per la rivelazione dei neutrini.

Quello che cioè si va a cercare, è la coincidenza di un segnale con una certa energia con un altro segnale di una certa altra energia entro una distanza Δx e entro un certo tempo ΔT dal primo segnale.

Il processo principale è la transizione a corrente carica allo stato fondamentale del ^{13}N :



Tale reazione ha una soglia di 2.22 MeV (per cui come si può vedere nella figura 2, solo i neutrini da ^8B sono rivelabili perché hanno uno spettro continuo fino a circa 16 MeV) e una sezione d'urto conosciuta con accuratezza e di un ordine di grandez-

za più grande di quella dello scattering elastico del neutrino sull'elettrone.

Nello scintillatore liquido si osserva l'elettrone prodotto nello stato finale con un'energia visibile che è semplicemente uguale all'energia cinetica dell'elettrone; per cui, come primo segnale, si selezionano eventi con energia maggiore di 2.2 MeV (in realtà la soglia sarà poi presa uguale a 3 MeV per eliminare il fondo dei gamma a 2.6 MeV provenienti dal decadimento del ^{208}Tl dovuto alla contaminazione dei fotomoltiplicatori e della sfera di acciaio.)

La peculiarità di questo processo è che si può rivelare tramite la coincidenza ritardata del positrone emesso nel decadimento del ^{13}N :



che avviene con un 99.8% branching ratio e un tempo di decadimento di $\tau = 862.6$ s. In questo caso l'energia visibile è la somma dell'energia cinetica del positrone più l'energia rilasciata nell'annichilazione del positrone con un elettrone, così che gli eventi ritardati hanno uno spettro di energia continua tra 1.02 e 2.22 MeV.

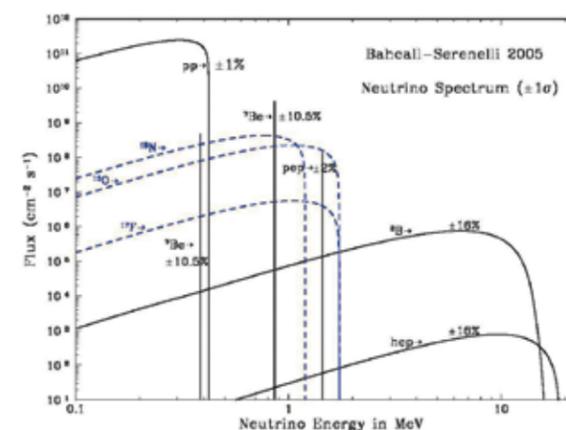


Figura 2: Spettro dei neutrini solari

Il sistema di acquisizione dati di Borexino produce i cosiddetti raw data files, che contengono per ogni evento le informazioni così come vengono processate dall'elettronica digitale del rivelatore. Prima di procedere con l'analisi fisica, bisogna processare offline i dati e calcolare le grandezze fisiche di interesse, come energia, posizione nel rivelatore, natura della particella ionizzante che ha generato l'evento, ecc. Il calcolo di queste quantità viene eseguito da un codice software chiamato Echidna, scritto nel linguaggio di programmazione object-oriented C++ che utilizza la piattaforma di analisi ROOT fornita dal CERN. Al termine della ricostruzione, gli eventi sono contenuti in un file in formato ROOT su cui è possibile procedere con l'analisi. Inoltre, i dati raccolti ogni settimana vengono filtrati da algoritmi appositi, che selezionano e scrivono in un rootfile (chiamato dst) solo gli eventi interessanti per analisi più sofisticate e contengono così circa il 10% della statistica, facilitando e

velocizzando notevolmente alcune analisi, in particolare quella del neutrino.

La selezione degli eventi di interazione del neutrino sul ^{13}C è stata fatta all'interno del progetto bx_filter. Tali "filtri" sono codici scritti in C++ che vengono fatti girare su questo sottoinsieme di dati, i dst. Il codice da me prodotto si chiama "Ings_c13" in cui vengono selezionati i candidati a seconda dell'energia del segnale immediato e di quello ritardato, a seconda della distanza spaziale e temporale tra di loro e della posizione all'interno della sfera contenente lo scintillatore.

La risposta del rivelatore all'interazione di neutrino è stata simulata utilizzando il codice Montecarlo basato su Geant4 ed il codice che simula l'elettronica del rivelatore bx_elec, e con tale simulazione è stata calcolata l'efficienza globale della selezione di eventi in coincidenza ottenuta combinando le efficienze per tutti i tagli usati.

Si è quindi calcolato il numero di eventi attesi in Borexino nello scenario LMA-MSW (2.7 ± 0.3 ev/100t/387days) e quindi si è misurato il numero di eventi in Borexino e rigettate tutte le maggiori sorgenti di fondo.

In questa analisi, basata su 387 giorni di presa dati nel 2008 e 2009 e con una massa del bersaglio di 100 tonnellate definita da un taglio in volume del raggio di 3 m, ho selezionato 5 candidati. Misurando il fondo dovuto a coincidenze accidentali ho trovato 3 eventi, dimostrando così la possibilità di rivelare i neutrini solari prodotti nella reazione del ^8B mediante le interazioni a corrente carica con i nuclei di ^{13}C naturalmente contenuti nello scintillatore.

Il lavoro può proseguire in vista dello studio più approfondito delle possibili sorgenti di fondo e di come eliminarle, di avere una misura più precisa degli eventi accidentali e degli errori associati alla misura.

Attività di coordinatore di presa dati nell'esperimento Borexino

I turni al sistema di acquisizione dati di Borexino nel corso di questa borsa sono stati sia come regolare turnista che come coordinatrice.

Il sistema di acquisizione dati di Borexino è stato progettato in modo da fornire per ogni evento due informazioni fondamentali ai fini della ricostruzione dei dati: carica e tempo di ciascun fotoelettrone.

La luce di scintillazione prodotta dagli eventi deve quindi essere rivelata con alta precisione, cioè vuole dire che i fotoni emessi devono essere efficientemente raccolti e contati, dato che dal loro numero si ricava l'energia totale dell'evento, e inoltre il tempo di arrivo ai fotomoltiplicatori di ogni fotone deve essere determinato con una precisione al livello del nanosecondo, per poter ricostruire con precisione la posizione dell'evento.

Tutto il sistema di acquisizione è automatico, a partire dalla completa gestione del segnale analogico proveniente dal fototubo, alla distribuzione dell'alta tensione, alla digitalizzazione

e memorizzazione dei dati e al trasferimento di questi ultimi al sistema di DAQ per la costruzione dell'evento.

Tipicamente, i dati in Borexino vengono acquisiti senza interruzione per un certo intervallo temporale, che corrisponde ad un run; la durata di un run in Borexino è di circa 6 ore, in modo da bilanciare l'esigenza di avere per un singolo run una statistica consistente con l'esigenza di evitare tempi di ricostruzione dei dati eccessivamente lunghi. Il processo di presa dati è controllato da un programma chiamato Run Supervisor che fa partire l'acquisizione, la ferma se raggiunto il tempo limite ed inoltre può gestire e controllare alcuni errori del sistema fermandolo e riavviandolo.

In ogni caso è sempre necessaria la presenza di turnisti che controllano la presa dati nel caso di particolari problemi e che producono, dai dati grezzi forniti dal sistema di acquisizione, i dati che saranno poi utilizzati nella analisi di fisica.

L'acquisizione dati in Borexino è svolta normalmente da tre persone in servizio al Gran Sasso: il regolare turnista o shifter, il capo turno cosiddetto Shift Captain e il coordinatore chiamato Run Coordinator. Mentre i due turnisti sono in servizio per una settimana, il Run Coordinator resta in servizio per un mese di modo da poter organizzare attività che richiedono un coordinamento tra i turnisti al sistema di acquisizione e il gruppo operativo come ad esempio le foto per monitorare la posizione del Vessel interno oppure le operazioni relative ai periodi di purificazione dello scintillatore.

Inoltre il coordinatore deve aiutare i turnisti in caso di problemi e chiamare il giusto esperto a seconda che il problema di hardware o del sistema di acquisizione o di calcolo, e deve assicurare la continuità e il trasferimento di informazioni tra differenti gruppi di turnisti e collaborare con loro al fine di tenere il duty cycle dell'acquisizione dati più alto possibile e migliorare la qualità dei dati e la stabilità del rivelatore.

Sviluppo di software per elaborazione dati acquisiti con uno spettrofotometro al fine di caratterizzare le proprietà di uno scintillatore organico liquido

Borexino utilizza uno scintillatore organico come materiale sensibile: è una miscela di pseudocumene (PC, 1,2,4-trimethylbenzene, $C_6H_3(CH_3)_3$) come solvente da PPO in soluzione come fluoro (2,5-diphenyloxazole, $C_{15}H_{11}NO$), in una concentrazione di 1.5 g/l. Il PPO è utilizzato per aumentare le proprietà di fluorescenza del PC e spostare la lunghezza d'onda dei fotoni emessi in una regione in cui i fotomoltiplicatori sono più sensibili.

Il meccanismo di scintillazione in materiali organici si spiega considerando tre aspetti principali: la struttura dei livelli energetici molecolari, la popolazione di tali stati in seguito al deposito di energia nello scintillatore e le interazioni che avvengono a livello molecolare tra l'eccitazione e l'emissione di luce. In particolare l'ultimo punto determina il profilo temporale degli impulsi e la resa di luce, parametri fondamentali in quanto influenzano le risoluzioni spaziale ed energetica del rivelatore e i meccani-

smi di riconoscimento delle particelle.

I processi che portano all'emissione della luce di scintillazione sono: perdita dell'energia della particella carica e eccitazione dei livelli elettronici delle molecole del solvente, successivo trasferimento dell'energia di eccitazione dal solvente al fluoro e conseguente decadimento del fluoro; a questo punto viene prodotta la luce di scintillazione che può essere rivelata e raccolta dai fotomoltiplicatori che la convertono in una corrente di fotoelettroni.

Queste misure sono state fatte al laboratorio chimica ai Laboratori del Gran Sasso e riguardano studi sulle proprietà di assorbimento di luce di alcuni campioni di scintillatore (sia PC puro distillato in laboratorio, sia miscele di PC e PPO e sia scintillatore di Borexino, anche in vista di possibili studi su scintillatori borati per futuri esperimenti di dark matter) utilizzando lo spettrofotometro Perkin Elmer Lambda 18. Lo spettrofotometro misura l'intensità della luce che attraversa un campione rispetto a quella incidente in funzione della lunghezza d'onda della luce della sorgente. Il Lambda 18 è a doppio fascio, confronta cioè l'intensità della luce lungo due percorsi, uno contenente il campione di riferimento e uno il campione da testare. Dalla misura di assorbanza, analizzando i dati con il programma Mathematica, si può ricavare la lunghezza di attenuazione che è la distanza dopo la quale un fascio incidente su un materiale, risulta attenuato di un fattore 1/e

Valutazione dei sistemi di protezione sismica delle strutture sperimentali all'interno dei Laboratori sotterranei

Francesco Potenza

La borsa di studio dal titolo "Valutazione dei sistemi di protezione sismica delle strutture sperimentali all'interno dei Laboratori sotterranei", ha permesso di affrontare, il tema della rappresentazione indiretta dell'eccitazione sismica all'interno nelle gallerie dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Tale attività è stata condotta presso il Centro di Ricerca CE.R.F.I.S. nel periodo che va dal 4 Aprile 2011 al 18 Maggio 2011.

Essa è stata studiata attraverso la definizione di diversi spettri di risposta di oscillatori elastici smorzati. L'attività svolta ha riguardato l'elaborazione dei dati registrati dagli accelerometri triassiali, installati nei LNGS, ed appartenenti alla RAN (Rete Nazionale Accelerometrica - Dipartimento Protezione Civile) durante il terremoto del 6 Aprile 2009. L'analisi si è rivelata particolarmente utile per studiare gli spettri di sito dei LNGS

successivamente confrontati con gli spettri di progetto delle strutture presenti nei LNGS sotterranei (Figura 1).

Il primo passo è stato quello di calcolare numericamente gli spettri di risposta (in termini di pseudo-accelerazione e spostamento) delle serie registrate durante il main shock del terremoto del 6 aprile 2009 dalle stazioni accelerometriche GSA (Gran Sasso Assergi) e GSG (Gran Sasso Gallerie) della Protezione Civile. Esse sono posizionate rispettivamente nei pressi dei Laboratori esterni ed all'interno di un ramo delle gallerie degli stessi Laboratori. Un primo confronto ha mostrato un'attenuazione del picco dell'accelerazione di circa 5 volte, sia per le registrazioni GSA che per quelle GSG.

Successivamente sono stati descritti i risultati prodotti da altri istituti di ricerca che in passato hanno effettuato alcuni studi riguardanti la sismicità nei LNGS. Fra essi bisogna evidenziare lo studio effettuato da Faccioli il cui spettro è considerato attualmente, da parte della divisione tecnica dei LNGS, l'input di riferimento sismico. Infine un'ultima indagine è stata eseguita andando a definire gli spettri di risposta elastici definiti dall'attuale normativa sismica, NTC08, per il sito degli LNGS (Cat-A-T1, $\xi=5\%$).

Il lavoro presentato ha il pregio di confrontare in maniera diretta differenti ipotesi sugli effetti di un terremoto che possa interessare le gallerie. Tutti i metodi hanno la peculiarità di assumere come ipotesi che l'epicentro sia sufficientemente lontano dalle gallerie del laboratorio quindi, con onde che si propagano da faglie che non interessano direttamente la zona della galleria. In tal senso devono essere considerati i risultati descritti circa gli effetti di deamplificazione di onde provenienti da punti sorgenti sufficientemente lontani. Gli studi numerici effettuati da ISMES, infatti, diversamente da quelli sperimentati, in cui sempre il punto focale sorgente era sufficientemente lontano, non mostrano una così chiara deamplificazione.

I risultati di tale lavoro sono riportati in un Report Finale: "Gli spettri di risposta sismica nelle gallerie dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso" (scaricabile anche nel sito del CE.R.F.I.S., link <http://www.cerfis.it/it/ricerca/rapporti-di-ricerca/cerfis.html>).

Lo studio ha dato modo di rafforzare i rapporti e le conoscenze scientifiche tra il sottoscritto, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso e l'Università degli Studi dell'Aquila, attraverso il Centro di Ricerca in Ingegneria Sismica (CE.R.F.I.S.), nato successivamente all'evento sismico del 06 aprile 2009.

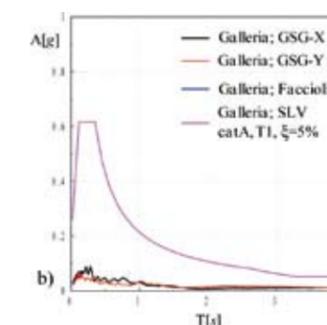
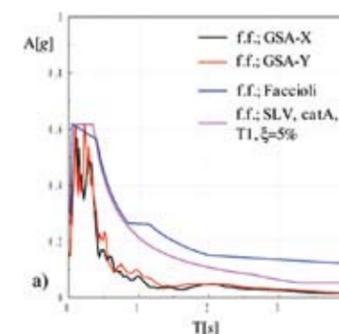


Figura 1. Confronto fra gli spettri di risposta orizzontali per il sito dei LNGS. a) Free field (registrazioni GSA del main shock del 6 Aprile 2009), b) Spettri in Galleria (registrazioni GSG del main shock del 6 Aprile 2009). Linea viola: NTC80.

La seconda parte dell'attività è stata svolta presso l'azienda Sportland appalti s.a.s. nel periodo che va dal 23 Maggio 2011 al 28 Luglio 2011. Essa ha riguardato la progettazione esecutiva della piattaforma - CTF in acciaio collocata nella Sala C dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso sotterranei (Figura 2a). L'analisi della struttura è stata affrontata attraverso un modello agli elementi finiti conducendo un'analisi sismica con spettro di risposta (Figura 2b). Le verifiche hanno riguardato gli elementi in acciaio ed i relativi collegamenti predisponendo in maniera opportuna i rinforzi ove richiesti.

Le verifiche hanno riguardato gli elementi in acciaio ed i relativi collegamenti predisponendo in maniera opportuna i rinforzi ove richiesti.

Successivamente è stata svolta anche un'attività di supporto alla Direzione Lavori durante le fasi di montaggio della stessa piattaforma.

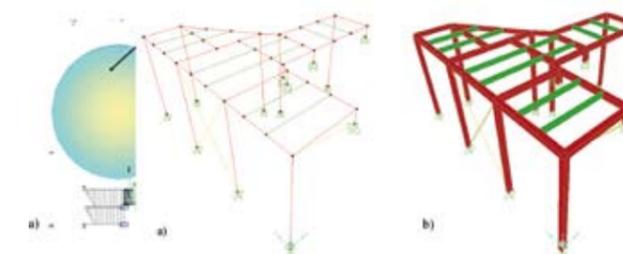


Figura 2. a) Zona in cui è stata collocata la piattaforma-CTF in acciaio (tra CTF e Storage area). b) Modello strutturale agli elementi finiti della piattaforma-CTF.

L'azienda Sportland s.a.s. è una ditta che opera nel settore della carpenteria metallica, in tal senso la collaborazione è stata utile per approfondire le tematiche principali relative alla progettazione delle strutture in acciaio. Infatti lo studio della piattaforma, progettata per sostenere un prototipo sperimentale dal peso complessivo di 270 KN, è stato condotto attraverso un'analisi sismica con spettro di risposta. Le azioni interne più gravose, prodotte in realtà da azioni di tipo gravitazionale (peso

proprio degli elementi strutturali e del prototipo), hanno dato modo di sviluppare tipologie di collegamento, tra i vari elementi metallici, di tipo non tradizionale ma opportunamente progettati. Il lavoro ha permesso quindi di aumentare le competenze riguardanti questa specifica tematica sia al sottoscritto che ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

Gestione di percorsi espositivi e visite per il Museo della Fisica e Astrofisica di Teramo

Caterina Totaro

Per un periodo di sedici settimane comprese tra il 15/11/2010 e il 13/5/2011, ho svolto il mio stage ospite di B4D, sotto la guida del dott. Danilo D'Eugenio, che ringrazio, e con il supporto di tutto lo staff.

La B4D S.a.s. di Morro d'Oro (TE) è una società in grado di creare e fornire servizi e soluzioni informatiche. In particolare, l'azienda si occupa di progettare, sviluppare e realizzare siti web e software personalizzati mediante l'applicazione di tecnologie innovative e il monitoraggio costante dei nuovi mezzi di comunicazione.

La decisione di alternare lo stage con le attività di studio e di ricerca, previste dalla mia borsa, in particolare sulla tipologia e le caratteristiche degli strumenti di comunicazione propri di museo della scienza, si è subito rivelata ottimale. La possibilità di suddividere il percorso di formazione in più unità di studio, avendo il tempo di assimilare i contenuti di ciascuna di esse, ha facilitato l'approccio con gli argomenti prettamente tecnici attinenti alla costruzione di un sito web, ai quali è stata dedicata la seconda parte dello stage, e ha permesso un'analisi soddisfacente di alcuni dei più importanti siti di carattere scientifico dal punto di vista dell'efficacia comunicativa in ogni suo aspetto, dalla grafica alla scelta dei contenuti e dei canali con cui questi vengono trasmessi, che invece ho condotto durante le prime settimane. Devo tuttavia riconoscere che la buona riuscita dello stage non è stata solo frutto di scelte vincenti, ma anche del supporto del mio tutor aziendale e del buon rapporto che si è da subito instaurato. Diversamente dall'idea che mi ero fatta, la nostra è stata una relazione ben equilibrata, alla quale entrambe le parti hanno contribuito sia nel dare che nel ricevere. Mi sono avvicinata alla B4D partendo dal presupposto di dover semplicemente attingere dall'esperienza di chi mi ospitava il maggior numero possibile di informazioni e completare la mia preparazione in ambito comunicativo. Questo perché, non essendo il tema della mia borsa di carattere tecnico-scientifico, vedevo poco probabile la possibilità di trasferire all'azienda che mi ospitava conoscenze da me acquisite che potessero risultare interessanti. Ammetto di essermi sbagliata. La B4D è in

particolare specializzata nella realizzazione di siti commerciali, ambito nel quale determinati aspetti quali per esempio l'organizzazione di contenuti molto diversi tra loro e l'attenzione verso un'utenza non ben delineabile, non sono determinanti. L'importante è creare un supporto efficiente alla vendita e presentare un prodotto nel migliore dei modi. Per un museo della scienza, invece, essere presente nel web vuol dire garantirsi una maggiore visibilità, ma soprattutto la possibilità di accedere a tutta una serie di risorse senza l'ausilio delle quali sarebbe difficile proporsi su ampia scala come istituzione di riferimento per la diffusione della cultura scientifica, nei confronti sia delle scuole sia del pubblico generico. Ho quindi condotto un'analisi approfondita sull'esame dei siti web, intesi come veri e propri progetti comunicativi, e sugli strumenti, di qualunque natura, di cui essi si avvalgono, in particolare avendo cura di tenere bene a mente le caratteristiche dei possibili utenti. I risultati ottenuti, che mi auguro possano contribuire a migliorare l'attuale sito internet del Museo Galileum di Teramo, si sono rivelati anche la conoscenza da trasmettere all'azienda. Infatti, dopo il giudizio positivo del mio referente aziendale, essi possono potenzialmente costituire per la B4D una base innovativa su cui costruire un sito web che pur rimanendo di tipo commerciale, possa presentarsi in una veste diversa, meno distaccata e più attenta alla propria utenza, magari interessandola con un'offerta più ampia di contenuti non necessariamente correlati al prodotto in vendita.

La rete e i musei della scienza

I musei della scienza sono l'ultimo prodotto dell'umana tendenza alla valorizzazione e alla conservazione dei contenuti scientifici. Dalle varieghe collezioni tipiche dell'epoca rinascimentale fino agli science-centres di ultima generazione, resta invariata la forte curiosità verso la natura e i fenomeni scientifici. Quello che invece è cambiato è la concezione stessa della funzione del museo. Da luogo di esposizione a "palestra" della scienza, dove imparare le leggi che governano il mondo vuol dire sperimentarle in prima persona attraverso l'esperienza diretta e l'interazione con gli oggetti messi in mostra. Nel corso degli anni, quindi, è maturato, fino a imporsi definitivamente, il modello dell' "hands-on": toccare con mano e imparare sperimentando, che ha caratterizzato, primo fra tutti, il science center Exploratorium di San Francisco, nato da un'idea del fisico Frank Oppenheimer.

Oggi è difficile trovare un museo della scienza privo di un sito internet, sebbene molto semplice. La presenza sul web, infatti, garantisce larga visibilità, oltre all'opportunità di ampliare e integrare l'offerta al pubblico.

Durante la prima fase dello stage ho analizzato il rapporto tra istituzione museale e mondo virtuale tenendo conto di due considerazioni fondamentali. La dinamicità dei science center è ben rappresentata dalle potenzialità del mondo virtuale? In che modo queste possono contribuire ad ampliare e integrare

le attività proposte?

Nel tentativo di dare risposta a queste domande, ho esaminato i siti web di importanti istituzioni scientifiche, soprattutto nazionali, tenendo conto dei criteri di funzionalità, accessibilità, usabilità, efficienza, sia da un punto di vista prettamente tecnico (facilità di navigazione per ogni utente, presenza nei motori di ricerca, grafica), sia in riferimento alla qualità e alla tipologia dei contenuti, soffermandomi in particolare sulla presenza di supporti multimediali.

Lo studio condotto ha cercato di individuare alcune pratiche interessanti e particolarmente efficaci nel realizzare l'obiettivo comunicativo ed educativo che in musei scientifici si propongono.

Da un punto di vista della grafica, sono risultate migliori soluzioni stilistiche molto semplici, come per esempio l'uso dello sfondo bianco, o comunque di tenue tonalità, e di un solo colore dominante, generalmente il rosso. Per quanto riguarda i contenuti, è emerso che, anche nel caso in cui l'offerta sia molto variegata, la facilità di accesso è garantita dal livello di interattività e dalla scelta dei criteri di navigazione, che spesso prediligono percorsi differenziati in base alla categoria di utenza. L'Exploratorium di San Francisco è risultato, sotto molti punti di vista, l'esempio più completo.

Il sito del Museo Galileum di Teramo

Argomento di studio della seconda metà dello stage, dopo l'analisi di alcuni degli strumenti comunemente impiegati nella realizzazione di una pagina web, è stata l'analisi del sito web del Museo Galileum.

Il Museo della Fisica e Astrofisica Galileum dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare si trova a Teramo ed è stato inaugurato il 6 maggio del 2008. In tre anni di attività, il Museo ha accolto studenti, non solo abruzzesi, di ogni fascia d'età e coinvolto il vasto pubblico in una serie di iniziative promosse in collaborazione con importanti istituzioni del territorio per favorire la diffusione della cultura scientifica. Trattandosi di uno dei pochi musei scientifici del centro Italia, l'unico gestito da un ente di ricerca e interamente dedicato alla fisica e all'astrofisica, nell'immediato futuro il Museo punta ad ampliare ulteriormente l'offerta formativa e il bacino d'utenza. In questa prospettiva diventa fondamentale riorganizzare l'attuale sito internet in funzione delle esigenze di un pubblico così vasto.

E' difficile delineare con precisione le caratteristiche dell'utente medio. Si è allora deciso di dividere i potenziali utenti in categorie, per ciascuna delle quali sono stati individuati i contenuti di interesse e i possibili canali di comunicazione.

• **Visitatori generici**

Caratteristiche: sono interessati a visitare le esposizioni e a partecipare alle eventuali attività del fine settimana. Vario il livello di istruzione. Possono essere residenti sul territorio o meno. Nel caso in cui non lo fossero, vanno a Teramo con il preciso intento di visitare il Museo e non la città.

Contenuti di interesse: informazioni generali, descrizione

delle esposizioni, news in caso di eventi particolari, riferimenti a ristoranti e alberghi, mappa e indicazioni stradali, gli orari delle corse degli autobus urbani.

Supporti multimediali: acquisto del biglietto on-line, link ai siti di alberghi e ristoranti.

• **Turisti**

Caratteristiche: decidono di visitare Teramo e si informano sulle attrattive presenti.

Contenuti di interesse: informazioni generali, descrizione delle esposizioni, mappa e indicazioni stradali.

Supporti multimediali: acquisto on-line del biglietto, tour virtuale, foto.

• **Visitatori "virtuali"**

Caratteristiche: per motivi di lontananza o per ostacoli di altro genere, probabilmente non visiteranno mai realmente il Museo, pur desiderando farlo.

Contenuti di interesse: storia del museo, descrizione delle esposizioni.

Supporti multimediali: tour virtuale, video, immagini, accesso al book-shop e possibilità di acquisto on-line. Bisognerebbe fare in modo che presenza fisica e presenza virtuale siano, per quanto possibile, equivalenti.

• **Visitatori casuali**

Caratteristiche: non nutrono interesse per la struttura in sé, ma amano informarsi, anche di scienza. Vedono nel Museo un autorevole punto di riferimento e una possibile piazza virtuale dove scambiarsi opinioni e discutere.

Contenuti di interesse: rassegna stampa di vario argomento, approfondimenti, filo diretto con esperti.

Supporti multimediali: possibilità di scaricare articoli e video, accesso a una eventuale biblioteca on-line, accesso, previa registrazione, a un forum di discussione.

• **Scuole e insegnanti**

Caratteristiche delle scuole: di ogni ordine e grado, appartengono a tutto il territorio italiano.

Caratteristiche degli insegnanti: in particolare docenti di materie scientifiche.

Contenuti di interesse: informazioni generali, news in caso di eventi particolari, riferimenti di ristoranti e alberghi, mappa e indicazioni stradali, corse degli autobus urbani.

Nello specifico, possibilità di documentarsi ampiamente sui contenuti delle esposizioni e sulle attività didattiche prima di prenotare la visita, accesso a materiale didattico di vario genere da poter consultare e scaricare, possibilità di poter seguire corsi di aggiornamento on-line.

Supporti multimediali: tour virtuale, piattaforme interattive con proposte di attività didattiche varie da utilizzare anche a scuola, accesso a uno spazio condiviso per scambio di opinioni con altri insegnanti.

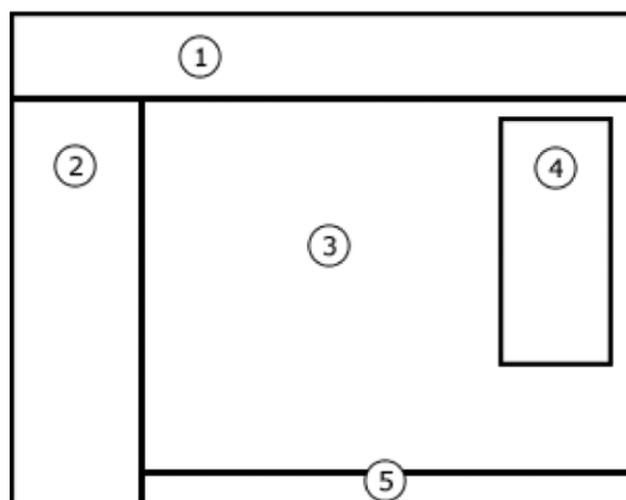
• **Ragazzi e bambini**

Caratteristiche: sono considerati al di fuori del contesto scolastico.

Contenuti di interesse: non sono interessati alla visita, che fanno con la scuola e non da soli, ma a una serie di approfondimenti e contenuti collaterali, come la possibilità di confrontarsi su tematiche di vario genere, o di avvicinarsi alla scienza in maniera discorsiva e leggera, soprattutto per i più piccoli.

Supporti multimediali: blog a tema scientifico, giochi interattivi legati alla scienza.

Prima di illustrare brevemente il possibile aspetto della home-page del sito del museo, si riporta un'immagine relativa alla ripartizione tipica di una pagina web in aree tematiche, indicate dai numeri da 1 a 5, che viene adottata dalla maggior parte dei siti internet.



1. Identificatore del sito - è lo spazio in cui vengono inseriti il nome del sito, o dell'istituzione a cui fa riferimento, e il logo.

2. Barra di spostamento - consente di avere una percezione chiara della disposizione e della tipologia dei contenuti. Può essere collocata nella parte superiore o laterale della pagina.

3. Contenuto principale - comprende il titolo della pagina, le varie intestazioni, il testo e le immagini. Può essere a sua volta suddivisibile in settori più piccoli.

4. Contenuto secondario - può contenere annunci pubblicitari, se presenti, o essere inglobata nell'area del contenuto principale.

5. Informazioni relative al contenuto - vanno dal copyright alla data dell'ultimo aggiornamento, a informazioni e collegamenti relativi agli aspetti della sicurezza e della privacy, fino all'indirizzo di posta elettronica della persona responsabile della gestione dei contenuti.

L'aspetto della home-page del sito web del Museo di Teramo potrebbe allora essere il seguente:

Area 1 Vanno inseriti il nome del Museo e una serie di foto in successione.

Area 2 Contiene il menù suddiviso per argomenti. E' opportuno posizionare in alto le informazioni di base, che come si

è precedentemente osservato interessano ogni categoria di utenza, e a seguire tutte le altre. Sotto l'area 1 può essere inserito un secondo menù orizzontale, utile a facilitare la navigazione per categorie di utenza.

Area 3 Può essere divisa in più settori, ciascuno individuato da un proprio colore e dedicato ad alcuni degli argomenti presenti nel menù verticale. Ogni settore consente di accedere alla pagina dedicata a quelle specifiche informazioni e consiste in una loro prima presentazione. Navigando per categorie di utenza, grazie alle voci del menù orizzontale, si accede a una serie di pagine nelle quali l'area 3 presenta ancora la stessa suddivisione in settori, ma gli argomenti evidenziati sono quelli specifici della categoria. Resta inteso che la presenza costante del menù verticale, a sinistra della pagina, consente di accedere velocemente a qualunque altra informazione.

Area 4 Ridimensionato e adattato alla pagina, questo settore può contenere una finestra con le news sulle attività del museo. Inoltre, i numeri utili, l'area di registrazione alla newsletter, i link ai social network.

Area 5 Contiene: le informazioni relative al copyright, alla sicurezza e alla privacy, la data dell'ultimo aggiornamento.

Il poco tempo a disposizione non mi ha permesso di realizzare concretamente un modello del sito, ma mi auguro che il mio studio possa servire da spunto a chi in futuro se ne occuperà.

Progettazione e gestione di impianti ausiliari a supporto di esperimenti in corso ai LNGS

Benedetto Gallese

Il tema dell'assegno "Progettazione e gestione di impianti ausiliari a supporto di esperimenti in corso ai LNGS" prevede, in particolare, lo sviluppo e l'aggiornamento del sistema di supervisione e controllo dell'esperimento ICARUS e l'aggiornamento hardware e software del liquefattore "Helium L5" presente presso i LNGS.

ICARUS è una camera a proiezione temporale ad Argon liquido con massa attiva di alcune centinaia di tonnellate, che fornisce immagini ad alta risoluzione degli eventi e misure calorimetriche della ionizzazione; il rivelatore è installato nella Hall B dei LNGS. ICARUS ha come obiettivi di fisica underground, la ricerca di eventi di muoni per lo studio della massa dei cosmici primari, lo studio dettagliato delle interazioni radiative e fotonucleari dei muoni ad alta energia nell'Argon liquido, lo studio dei neutrini atmosferici con selezione degli eventi, l'oscillazione dei neutrini atmosferici e del fascio CNGS, la ricerca del decadimento dei nucleoni.

L'attività ha previsto la realizzazione del sistema di supervisione della parte di impianto che si occupa della liquefazione dell'azoto gassificato mediante i criogeneratori della Stirling e l'aggiornamento della restante parte dell'impianto.

Tramite l'analisi del processo e lo studio del codice del PLC, sono stati individuati i componenti dell'impianto e le grandezze di particolare interesse per il sistema di supervisione.

Di ogni grandezza è stato analizzato il range di lavoro e, dove necessarie, le soglie massime e minime di attivazione dei relativi allarmi. Dopo aver individuato l'indirizzo fisico associato alla grandezza in esame, è stato implementato il driver di comunicazione OPC ed è stato popolato il database di processo.

In seguito sono state realizzate le "picture" grafiche utili agli utilizzatori del sistema di supervisione per la comprensione del processo. Sono state infine realizzate le pagine relative alla storizzazione dei dati di processo per lo studio e l'analisi statistica dei parametri di impianto.

Lo stage effettuato presso il CERN ha previsto la ristrutturazione dell'impianto di controllo del liquefattore a Elio presente presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

La prima fase del progetto ha previsto lo studio del processo per l'individuazione delle principali parti dell'impianto. Una volta individuati gli oggetti da controllare automaticamente, è stato redatto il database di processo secondo lo standard CERN.

Successivamente si è passati alla stesura del programma logico per il controllo dei componenti; tale programma è stato realizzato mediante l'utilizzo del framework UNICOS, già largamente utilizzato al CERN per la programmazione dei PLC (Programmable Logic Controller) degli esperimenti ATLAS ed LHC.

Tale framework permette la stesura del programma utilizzando la tecnica di programmazione ad oggetti, ottimizzando così il tempo di scrittura del codice. Inoltre UNICOS, al termine della fase di compilazione, restituisce codice già validato per il PLC ed anche per il relativo sistema di acquisizione e controllo.

Ottenuto quindi il codice di programmazione è stato effettuato il download sul PLC e ne sono state analizzate le corrette funzionalità.

Assemblaggio ed analisi dati di CUORE-0 e studio di bolometri innovativi per il Doppio Decadimento Beta

Elena Guardincerri

1. Introduzione

Ho usufruito di un assegno di ricerca POR nel periodo compreso tra il 3 Giugno 2010 ed il 2 Giugno 2011, svolgendo la mia attività presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Nel

periodo tra Febbraio e Maggio 2011, ho poi svolto attività di analisi su dati raccolti presso il Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse (CSNSM) del CNRS di Orsay, Parigi. Presso i Laboratori del Gran Sasso ho lavorato all'esperimento bolometrico CUORE-0. CUORE-0 è attualmente in fase di assemblaggio nella sala A dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso: partecipano alla sua costruzione i membri della collaborazione del futuro esperimento CUORE, dedicato alla ricerca del doppio decadimento beta senza neutrini, un processo nucleare raro la cui scoperta getterebbe nuova luce sull'attuale conoscenza delle interazioni della materia a livello subatomico. Il rivelatore CUORE-0 è costituito da una matrice di macrobolometri (sensori in grado di misurare un deposito di energia grazie alla misura dell'innalzamento di temperatura che esso comporta) sostenuti da una struttura di rame e mantenuti ad una temperatura di circa 10 mK (cioè un centesimo di grado centigrado sopra lo zero assoluto) all'interno di un criostato. CUORE-0 ha lo scopo di verificare l'efficacia delle tecniche di pulizia (in questo contesto si è interessati alla radiopurezza dei materiali, ovvero all'eliminazione o riduzione di impurezze che possano dar luogo a decadimenti radioattivi all'interno del rivelatore o nelle sue vicinanze) dei materiali messe a punto dai membri della collaborazione. Tali tecniche sono state sviluppate per raggiungere i livelli di radiopurezza richiesti dalle specifiche dell'esperimento CUORE stesso, di cui CUORE-0 rappresenta una versione di dimensioni ridotte: un'eventuale contaminazione radioattiva presente nel rivelatore potrebbe dar luogo a decadimenti in tutto simili a quello ricercato e ridurre così le potenzialità dell'esperimento. In passato alcuni tra i membri della collaborazione CUORE hanno preso parte all'esperimento Cuoricino, che sfruttando la stessa tecnica di CUORE-0 e di CUORE ne aveva dimostrato la fattibilità, ottenendo quello che attualmente è il limite superiore più stringente sulla frequenza con cui il doppio decadimento beta potrebbe avere luogo (generalmente, in caso di mancata osservazione di un decadimento nucleare raro, non si può escludere che esso possa avvenire ma solo affermare che, se avvenisse, sarebbe così raro che con il rivelatore utilizzato non lo si sarebbe potuto osservare).

La tecnica bolometrica citata sopra si basa sul fatto che in alcuni cristalli a temperature molto basse l'energia rilasciata da una particella incidente (e particelle incidenti con caratteristiche opportune indicherebbero proprio l'occorrenza di un doppio decadimento beta senza neutrini) è sufficiente ad innalzare la temperatura del cristallo in modo apprezzabile. La variazione di temperatura viene quindi letta da opportuni rivelatori che la registrano come un impulso elettrico la cui ampiezza è proporzionale all'energia rilasciata. Cuoricino, CUORE-0 e CUORE hanno sfruttato e sfrutteranno a questo scopo cristalli cubici di biossido di tellurio, ciascuno con spigoli lunghi 5 cm. Si noti a questo proposito che una minima variazione di temperatura nei cristalli, simultanea con l'occorrenza di un decadimento

radioattivo ma dovuta a cause differenti, può alterare l'ampiezza dell'impulso registrato dai rivelatori e conseguentemente la determinazione dell'energia rilasciata a seguito dell'evento radioattivo. Un rilascio indesiderato di energia nei rivelatori potrebbe aversi in caso di vibrazioni meccaniche di questi ultimi; tali vibrazioni potrebbero a loro volta essere indotte da vibrazioni nell'ambiente circostante (dovute per esempio ai passi delle persone) propagatesi in forma onde fino alla parte sensibile dell'apparato sperimentale. Requisito fondamentale di un esperimento bolometrico per la misura di eventi rari è quindi l'isolamento meccanico del cuore del rivelatore dall'ambiente circostante. Per motivi economici il rivelatore CUORE-0 sarà fatto funzionare nello stesso criostato precedentemente usato per Cuoricino, e tale criostato non prevede alcun meccanismo per disaccoppiare il suo contenuto dall'ambiente circostante. Scopo della mia attività ai Laboratori del Gran Sasso è stata la progettazione, la costruzione ed il test di un sistema per ovviare a tale inconveniente. Gli schermi di rame che isolano termicamente la matrice di cristalli dall'ambiente sono fissati al centro della faccia inferiore di un disco di ottone la cui parte esterna poggia sulla schermatura di piombo che circonda il tutto (per la precisione, il piatto di ottone poggia su una lastra di alluminio con un foro al centro, che a sua volta poggia sulla schermatura). Tale schermatura poggia a terra, ha pianta quadrata ed è fatta interamente di mattoni di piombo impilati gli uni sugli altri. La matrice di cristalli è invece appesa al centro del piatto di ottone in modo tale che possa oscillare come un pendolo. A causa di cedimenti minimi e non controllabili nella struttura succede occasionalmente che il disco di ottone che sorregge i rivelatori si inclini mettendo fisicamente in contatto parti che dovrebbero rimanere separate affinché la temperatura all'interno del criostato possa essere correttamente mantenuta (si veda Figura 1). Il sistema che ho realizzato è in grado di modificare attivamente l'inclinazione del piatto di ottone in modo da compensare eventuali piccoli cedimenti strutturali e permettere il corretto funzionamento dell'apparato refrigerante. Fornirò nel seguito una descrizione di tale sistema, e presenterò in seguito i risultati di alcuni test effettuati per verificarne il corretto funzionamento.

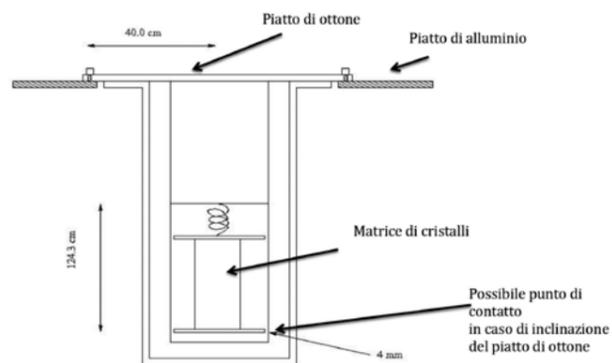


Figura 1: la figura mostra schematicamente la struttura di sostegno dei rivelatori di CUORE-0

2. Descrizione del sistema di verticalizzazione per il criostato di Cuore 0

Requisiti salienti del sistema da me progettato sono:

- I. Essere in grado di controllare l'inclinazione di un piatto di ottone di 80 cm di diametro su cui poggia un peso complessivo di circa 1.6 tonnellate con un'accuratezza di 0.2 mm sull'escursione verticale di ogni punto che si trovi sulla circonferenza di tale piatto.
- II. Essere in grado di smorzare le vibrazioni provenienti dall'esterno del criostato in modo che non raggiungano la parte sensibile del rivelatore.
- III. Essere controllabile remotamente con la precisione richiesta: durante il funzionamento del rivelatore il criostato e la sua schermatura saranno a loro volta chiusi in una gabbia di Faraday (essenzialmente una scatola metallica che protegge il contenuto dalle radiazioni elettromagnetiche, anch'esse fonte di disturbo) che rende impossibile ogni attività od intervento al suo interno.

Nonostante esistano in commercio sistemi capaci di controllare l'inclinazione di un carico e disaccoppiarlo meccanicamente dall'ambiente in cui si trova (per esempio tali sistemi vengono ampiamente utilizzati per i banchi ottici), non esiste alcuna soluzione commerciale che permetta di svolgere le stesse funzioni remotamente, ossia senza che un operatore debba intervenire manualmente sul sistema. Dopo aver preso in considerazione diverse possibilità (sistemi pneumatici ad olio, sistemi di viti azionate da motori passo-passo) ho optato per un sistema pneumatico ad azoto controllato da un computer attraverso un insieme di elettrovalvole. Esso è costituito dai seguenti sottosistemi: 1. Sistema pneumatico per il posizionamento del criostato. 2. Sistema per la misura della posizione. 3. Sistema per il controllo del sistema pneumatico e la lettura dell'uscita dei sensori di posizione di cui al paragrafo 2. Uno schema del sistema è mostrato in Figura 2.

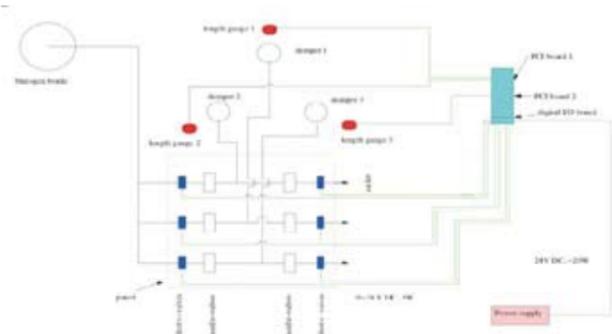


Figura 2: schema di funzionamento del sistema per il posizionamento del piatto superiore del criostato di CUORE-0

3. Sistema pneumatico per il posizionamento del criostato

Il sistema ha come scopo quello di controllare l'inclinazione del piatto di ottone che regge il criostato, come menzionato

in precedenza. Per comodità ho deciso di agire controllando l'altezza del piatto di alluminio posto tra il disco di ottone e la schermatura in 3 punti opportunamente disposti.

Gli attuatori sono 3 smorzatori di vibrazioni pneumatici di forma cilindrica (SLM24A) la cui altezza dipende dalla pressione interna e dal peso che li sovrasta e può essere variata di +/- 6 mm. Essi sono appoggiati sulla schermatura in piombo del criostato e sollevano la piastra di alluminio su cui il criostato poggia, l'elettronica per la lettura di CUORE-0 e la schermatura superiore in piombo (peso totale: ~1.6 t). Il sistema è costituito dai suddetti attuatori, da una bombola contenente l'azoto per il gonfiaggio, e dal sistema di tubi, raccordi e valvole che controllano il flusso di azoto in ingresso ed in uscita dagli smorzatori. Il flusso di azoto verso e da ciascuno degli smorzatori è gestito da una coppia di valvole, di cui una a spillo (per la regolazione fine del flusso) ed un'elettrovalvola (una valvola che può essere chiusa o aperta da un segnale elettrico). A regime la valvola a spillo dev'essere aperta in modo tale che il flusso attraverso di essa sia tale che il tempo di risposta del sistema sia accettabile, ossia che l'altezza degli smorzatori vari alla velocità opportuna. L'elettrovalvola in serie alla valvola a spillo, se aperta consente il passaggio dell'azoto attraverso la valvola a spillo, se chiusa lo impedisce. Uno schema del sistema è mostrato in Figura 3. In Figura 5 sono mostrati i tre smorzatori di vibrazione, che si vedono in Figura 5 subito dopo la loro installazione sulla sommità della schermatura in piombo intorno al criostato. Il sistema è costituito dai seguenti elementi:

- 3 smorzatori di vibrazione.
- tubi Swagelok in PFA per il passaggio dell'azoto da 1/4" PFA-T4-047-100
- 1 bombola di azoto con riduttore (a 2 stadi, range di pressione in uscita: [0 , 10] bar).
- 5 Raccordi a T Swagelok SS-400-3 in acciaio inox.
- 6 Valvole a spillo Swagelok SS-SS4-EP-VH in acciaio inox.
- 12 Raccordi Swagelok da tubo 1/4" a NPT maschio 1/8" SS-400-1-2 in acciaio inox (per la connessione dei tubi in PFA con le elettrovalvole) .
- 1 Raccordo Raccordi Swagelok da tubo 1/4" a NPT maschio 1/8" SS-400-1-4 in acciaio inox (per la connessione del tubo in PFA con la bombola di N2) .
- 3 elettrovalvole a 2 vie SMC VDW33-5G-2-H normalmente chiuse controllate da una tensione DC di 24 V (assorbimento 3 W) sul ramo di ingresso.
- 1 manifolds VVDW3-H-03-1N-F a 3 stazioni per il montaggio delle elettrovalvole sopra, filettatura NPT 1/8", femmine.
- 3 elettrovalvole a 2 vie SMC VDW31-5G-2-01N-G-F normalmente chiuse controllate da una tensione DC di 24 V (assorbimento 3 W) sul ramo di uscita.
- 3 Raccordi tra tubo PFA e valvola Schraeder per pneumatici auto realizzate dall'officina meccanica
- Una scatola di plexiglas contenente le valvole, da cui escono i tubi di PFE (in numero di 4) I fili di controllo delle elettro-

valvole (in numero di 12) e da cui si possa accedere alle 3 viti di regolazione delle valvole a spillo (3).

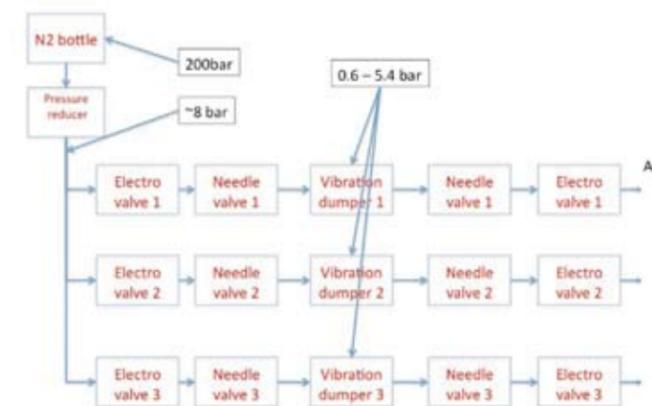


Figura 3: schema del sistema pneumatico per il controllo dell'inclinazione del criostato



Figura 4: gli smorzatori di vibrazione SLM24A utilizzati



Figura 5: la foto mostra i tre smorzatori di vibrazione, nonché attuatori del sistema di verticalizzazione, installati sulla sommità della schermatura di piombo di CUORE-0.

4. Sistema per la misura della posizione

Il sistema è costituito da 3 sensori di posizione provvisti di puntale per la misura di distanze con una precisione di +/- 1 µ e con un'escursione massima di 30 mm. Ogni sensore è un tastatore

la cui punta rimane a contatto dell'oggetto in esame e ne misura gli spostamenti rispetto ad una posizione di riferimento. I tastatori sono gli ST3088 della Heidenain. Ciascun tastatore ha un cavo su cui passano sia le linee di alimentazione che le linee di lettura. I tre tastatori sono letti da un PC attraverso due schede PCI IK 220 (ogni scheda gestisce 2 tastatori) che provvedono anche ad alimentarli. La Heidenain fornisce le schede, i cavi di collegamento tra tastatori e schede, e i driver per Windows con esempi di applicazione in Visual C++, Visual Basic e Delphi. Il sistema per la misura della posizione e' pertanto costituito da:

- 3 tastatori ST3088 assiali.
- 1 PC con Windows XP, Visual Studio, e almeno 3 slot PCI (per quanto riguarda la terza slot, vedi paragrafo 5).
- 2 schede PCI di IK220.
- 3 Cavi di collegamento IK200-ST3088.
- 3 Holders e 3 viti di fissaggio per il sostegno dei tastatori.
- 3 bracci metallici per il fissaggio dei tastatori alle pareti interne della gabbia di Faraday.

5. Sistema per il controllo del sistema pneumatico e la lettura dell'output dei sensori di posizione

Il sistema ha lo scopo di leggere l'altezza dei tre punti di contatto dei tastatori di cui al paragrafo 4 con la piastra di alluminio e di agire sul sistema pneumatico in modo da posizionare la piastra opportunamente. In controllo del sistema pneumatico avviene attraverso l'apertura/chiusura delle elettrovalvole che gestiscono il flusso in ingresso/uscita per gli smorzatori. I segnali elettrici per il controllo delle elettrovalvole (24 V DC, 3 W) vengono generati da una scheda di I/O digitale National Instrument alimentata da un alimentatore a 24 V DC. La scheda di I/O scelta e' la NI PCI-6519 ed e' montata sul PC che gestisce la lettura dei sensori di posizione di cui al paragrafo 4. Gli elementi che costituiscono il sistema sono pertanto:

- Una scatola che contenga le valvole (elettrovalvole e valvole a spillo) di cui al paragrafo 3 e che monti un connettore a 37 pin di tipo D-sub per l'interfaccia con la scheda di I/O digitale e abbia un foro per far passare il cavo di connessione con l'alimentatore di cui al seguente punto.
- Un alimentatore capace di fornire una tensione di 24 V DC e una potenza di ~20 W: a tal scopo si utilizzerà il canale libero dell'alimentatore già utilizzato in sala A per fornire la tensione di bias ai termistori.
- 1 PC (lo stesso menzionato al paragrafo 4) che monta una scheda PCI di I/O (NI PCI-6519) in grado di pilotare le elettrovalvole di cui al paragrafo 3.
- I cavi di connessione tra la scatola e l'alimentatore e tra la scatola e la scheda PCI di I/O digitale (NI SH37F-37M-2).

6. Installazione, test e trasferimento delle conoscenze.

Il sistema è stato installato sulla sommità della schermatura del criostato usato precedentemente per Cuoricino. Ho sviluppato un'interfaccia utente che ne consenta il controllo remoto tra-

mite pannelli visualizzati sul monitor di un computer dedicato: Figura 6 mostra uno dei pannelli tramite i quali l'operatore può agire sul sistema.



Figura 6: pannello per il controllo automatico del posizionamento del piatto di alluminio

Ho inoltre scritto un manuale in cui è spiegato come far funzionare il sistema e come eseguire le normali operazioni di manutenzione su di esso. Il sistema è stato testato con un carico analogo a quello che dovrà sostenere durante il funzionamento di CUORE-0: non è stato eseguito un test sul CUORE-0 stesso in quanto il rivelatore non era ancora stato assemblato al momento dell'esecuzione dei test. Dai test effettuati risulta che il sistema soddisfa le specifiche richieste, elencate nel paragrafo 1.

Studio ed ottimizzazione, mediante tecniche RAMS e QRA, di sistemi tecnologici per la gestione della sicurezza e delle emergenze in grandi laboratori sotterranei

Giuseppe Bonfini

L'attività svolta da Giuseppe Bonfini all'interno del Servizio Prevenzione e Protezione (SPP), sotto la responsabilità dell'Ing. Roberto Tartaglia e con la supervisione dell'Ing. Marco Tobia, ha avuto come fine quello di produrre risultati tangibili nell'applicazione delle metodologie di analisi di rischio e delle tecniche di simulazione fluidodinamica ed elettronica, relative ai sistemi e dispositivi asserviti agli esperimenti di fisica che si svolgono in ambiente chiuso e confinato (laboratori sotterranei).

Il suo percorso formativo e di ricerca si è sviluppato attraverso una fase preliminare di formazione riguardante la legislazione in materia di sicurezza e prevenzione e diverse fasi di studio e applicazione, quali:

- analisi qualitative e quantitative del rischio, utilizzate per integrare ed aggiornare la documentazione relativa ai sistemi

di sicurezza di esperimenti in sottoterraneo;

- tecniche di simulazione fluidodinamica, utilizzate (a fini di ricerca) per "modellizzare" possibili casi incidentali che interessino lo "sversamento" di fluidi criogenici (per esempio Azoto) in luoghi chiusi e confinati;
- tecniche di simulazioni elettriche, applicate al sistema di acquisizione dati dell'esperimento BOREXINO, con lo scopo di migliorarne ulteriormente l'affidabilità riguardo a variazioni di temperatura ambientale;
- stesura di articoli scientifici riguardanti sia l'analisi di rischio applicata ai sistemi di sicurezza di esperimenti scientifici in sottoterraneo sia l'analisi delle possibili conseguenze derivanti dalla perdita accidentale di fluidi criogenici in ambienti chiusi e confinati.

Le attività di simulazione che hanno riguardato l'analisi quantitativa del rischio (Fault Tree Analysis), il calcolo fluidodinamico e l'analisi dei circuiti elettrici sono state svolte rispettivamente attraverso l'ausilio dei codici software Relx 7.5, Star-CCM+ (@ADAPCO) e SPICE. I risultati così ottenuti hanno contribuito all'aggiornamento e all'integrazione della documentazione in materia di sicurezza dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, con particolare riferimento al Documento di Valutazione Dei Rischi (DVR - ai sensi del Decreto Legislativo 81/08 e s.m.i.) e del Rapporto di Sicurezza (RdS - ai sensi del Decreto Legislativo 334/99 e s.m.i.).

L'intera attività è stata svolta con successo grazie al supporto dell'intero Servizio Prevenzione e Protezione, il quale ha messo a disposizione di Giuseppe tutta la sua esperienza e gli strumenti necessari per affrontare al meglio il suo percorso di formazione e di ricerca tecnologica.

Ad oggi Giuseppe svolge la sua attività nel campo dello studio, progettazione e verifica di apparati elettronici afferenti l'esperimento BOREXINO e continua a collaborare attivamente con il SPP nei progetti per i quali si ravvisa la necessità di applicare tecniche di analisi del rischio e di affidabilità.

Realizzazione di uno Science Center: percorsi didattici e comunicativi

Adriano Di Giovanni

Ho usufruito di un assegno di ricerca tecnologica nel periodo compreso tra il 4 giugno 2010 e il 3 giugno 2011.

La mia attività presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso è stata caratterizzata dalla stretta collaborazione con il Servizio di Relazioni Esterne ed Informazione Scientifica (REIS), sotto la supervisione della Dott. ssa Roberta Antolini, responsabile del servizio.

Tra i mandati istituzionali di un ente di ricerca come l'Istituto

Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) ricopre assoluto rilievo la comunicazione scientifica verso la società. I Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), uno dei 4 laboratori dell'INFN, data la propria particolare posizione e logistica, necessità di un'opera di comunicazione verso l'esterno estremamente efficace. In particolare molte delle attività organizzate e sviluppate dai LNGS hanno come target le comunità locali.

Durante il mio periodo di lavoro presso i LNGS ho partecipato all'individuazione di una serie di contenuti scientifici per la realizzazione di uno Science Center all'interno dei Laboratori. Questa facility servirà per illustrare le linee di ricerca predominanti nella fisica delle particelle ed in particolare quelle che coinvolgono direttamente gli LNGS. Nella progettazione dei contenuti e dei percorsi scientifici si tiene conto del fatto che il pubblico che usufruirà del Science Center è piuttosto vario. E' dunque necessario creare un ambiente completamente interattivo e in linea con le più moderne tecniche comunicative (multimedialità, software utilizzabili dall'utente, giocattoli scientifici, piccole sperimentazioni) in cui è possibile accedere ai contenuti di vario livello. L'idea di fondo è quella di raccontare la nascita della fisica delle particelle, selezionando gli eventi più importanti e cercando di riprodurre i concetti e gli esperimenti, ove possibile, che gli scienziati di tutte le epoche hanno immaginato e realizzato, contribuendo a svelare i misteri dell'Universo.

Tra le principali tappe del viaggio, è stata inserita quella dei "raggi Cosmici" che hanno rivoluzionato il modo di studiare il Cosmo e la natura. Particolare risalto sarà dato alla strumentazione tecnologica, parte integrante del Science Center, che permetterà di visualizzare e studiare in tempo reale i raggi cosmici alle nostre quote: il "Telescopio per Raggi Cosmici". Il rivelatore è stato progettato e costruito in collaborazione con il Servizio di Elettronica dei LNGS. Il rivelatore si basa sulle tecnologia GRPC (camere a piatti resistivi in vetro) che trova impiego nell'allestimento di apparati sperimentali professionali (OPERA, ALICE, INO).

Tale telescopio è in grado di visualizzare in tempo reale i raggi cosmici che attraversano l'apparato grazie a una matrice di LED pilotata dall'elettronica che abbiamo appositamente sviluppata. Sono già stati pubblicati due articoli scientifici su questo progetto ed i primi risultati sono già stati presentati in alcune conferenze internazionali. Ho inoltre sviluppato un sistema di analisi per la ricostruzione delle tracce dei raggi cosmici visualizzate e per determinarne le direzioni di arrivo. L'obiettivo è quello di produrre strumenti didattici finalizzati al completo utilizzo del telescopio nelle scuole da parte degli studenti.

Il telescopio di raggi cosmici è risultato tra i dodici progetti italiani selezionati per la partecipazione a Science On Stage 2011, festival europeo dedicato alle nuove tematiche e tecniche di insegnamento delle scienze che si è tenuto a Copenhagen. Il progetto è risultato tra i migliori venti lavori europei presentati. Contestualmente alla fase di progettazione dei contenuti del Science Center, ho collaborato a tutte le iniziative di Comunica-

zione Istituzionale dei LNGS. Tra tutte le attività che vengono proposte, certamente L'OPEN DAY è quella che riesce a coinvolgere un pubblico estremamente vasto (mediamente oltre 2000 persone).

L' OPEN DAY è una giornata di apertura totale dei Laboratori al pubblico, a cui viene data la possibilità di visitare le gallerie sotterranee, partecipare a spettacoli scientifici, dimostrazioni ed esperimenti in un percorso costituito da diverse postazioni che l'ospite può visitare (Laboratorio di Elettronica, Officina Meccanica, Planetario), assistere a conferenze volte alla diffusione della cultura scientifica e tenute da esperti ricercatori.

L'organizzazione di un evento di questo genere prevede un notevole sforzo per quello che riguarda la fase di preparazione (informazione verso il territorio e comunità locali), per la scelta dei contenuti tenendo conto dell'età e del livello di preparazione dei partecipanti, per l'ottimizzazione di tutte le attività che vengono svolte in questa giornata, dagli spettacoli di fisica e scienza per i più piccoli, alle visite in sottoterraneo.

Attraverso il REIS, i Laboratori inoltre propongono attività più specifiche che riguardano:

- la diffusione e il potenziamento della cultura scientifica sul territorio
- l'orientamento alle discipline scientifiche
- scuole e interventi formativi

Ho perciò tenuto dei seminari nelle scuole della Regione presentare le attività scientifiche e di ricerca dei LNGS e gli esperimenti più attuali nella Fisica delle Particelle elementari (HIGGS, Materia Oscura, Neutrini).

Tra gli interventi formativi e di orientamento più significativi ha grande impatto la scuola estiva GRAN SASSO - SOUTH DAKOTA - PRINCETON riservata ad alunni del quarto e quinto anno delle scuole secondarie superiori della Regione. Nell'ambito di questa iniziativa, ho contribuito sia nella fase preparatoria (selezione) che nella fase di esecuzione (responsabile e docente). Data l'alta richiesta di partecipazione, si rende necessario un processo di selezione per scegliere i 20 migliori studenti a cui viene data la possibilità di trascorrere tre settimane, nella pausa estiva scolastica, presso la Princeton University. Durante la loro permanenza, agli studenti vengono proposte lezioni di matematica, fisica classica e moderna, esperienze di laboratorio e un corso di inglese.

Nell'ambito del progetto POR, Gran Sasso in rete, sono stati finanziati diversi interventi formativi al fine di favorire la promozione della cultura scientifica cercando di proporre all'utente finale una serie di attività in grado di stimolare la creatività e la capacità di osservazione e analisi dei fenomeni naturali. Tramite il REIS e in collaborazione con gli insegnanti dell'AIF ho preso parte alla progettazione e all'esecuzione di corsi e incontri finalizzati alla pratica delle “scienze sperimentali”, attraverso la proposta di una nuova metodologia didattica per l'insegnamento delle discipline scientifiche. I beneficiari, oltre che al diretto apprendimento, hanno riportato sul territorio conoscenze ac-

quisite contribuendo alla crescita della cultura scientifica nella propria realtà locale. Le iniziative in cui sono stato coinvolto sono state le seguenti:

- Scuola Estiva di “Fisica e Scienze Naturali”: iniziativa rivolta a 25 studenti del terzo anno degli istituti superiori abruzzesi che vengono selezionati attraverso un test telematico. Oltre alla parte organizzativa, ho tenuto un seminario sulle attività dei LNGS.
- Scuola di aggiornamento per insegnanti: iniziativa rivolta a 40 insegnanti della Regione provenienti agli studenti di istituti primari, secondari medi e superiori.

Ho partecipato e curato la realizzazione dei contenuti scientifici del Galileum, Museo della Fisica e dell'Astrofisica di Teramo, e all'organizzazione dei principali eventi di diffusione della cultura scientifica (Notte dei Musei, aperture straordinarie) e ad iniziative in collaborazione con la Ludoteca tecnico-scientifica di Teramo.

Ho inoltre partecipato alla realizzazione di alcune delle camere MRPC (Multigap Resistive Plate Chamber) impiegate dal progetto “Extreme Energy Events: La Scienza Nelle Scuole” (EEE). EEE nasce da un'idea del Prof. Antonino Zichichi ed è svolto in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e con il Ministero dell'Istruzione Università e Ricerca. Il progetto è rivolto agli studenti delle scuole superiori, con l'obiettivo di far appassionare i ragazzi alla fisica e alla Ricerca. Ogni scuola ha 3 MRPC che formano un telescopio di raggi cosmici e sotto la guida di personale esperto sono proprio i ragazzi a gestire e ad analizzare i dati che vengono acquisiti. Oltre alla parte operativa, abbiamo proposto dei corsi formativi sia sui raggi cosmici che sulla parte hardware del telescopio.

Modellizzazione e test di rivelatori di germanio, con nuove configurazioni degli elettrodi, per l'ottimizzazione del rapporto segnale/rumore nell'esperimento GERDA

Assunta Di Vacri

GERDA (GERmanium Detector Array) è un esperimento per la ricerca del decadimento $\beta\beta$ senza neutrini con rivelatori al germanio isotopicamente arricchiti in ^{76}Ge . Nella configurazione finale sono previsti circa 40 kg di Ge arricchito. Tali rivelatori vengono direttamente immersi in un bagno criogenico, estremamente radiopuro, di argon liquido che, unitamente ad uno strato aggiuntivo d'acqua, consente di schermare efficacemen-

te la radiazione esterna, riducendo il fondo residuo di oltre due ordini di grandezza rispetto agli esperimenti passati. L'obiettivo è quello di raggiungere 10–3 eventi/kg·keV·anno di fondo, nella regione di interesse intorno a 2 MeV. La sensibilità attesa sulla vita media del ^{76}Ge per decadimento $\beta\beta$ senza neutrini, in assenza di segnale positivo, è di 1026 anni.

Quando si ha a che fare con la ricerca di eventi estremamente rari, quale è il decadimento doppio beta senza neutrini, due aspetti sono particolarmente critici: la risoluzione in energia del rivelatore e il rumore di fondo. Una sostanziale riduzione del fondo si può ottenere attraverso un'accurata selezione dei materiali con i quali si costruisce il rivelatore, ma anche attraverso un'efficiente analisi dati possibile solo se si ha una profonda conoscenza delle caratteristiche del rivelatore stesso. Proprio la caratterizzazione di un particolare tipo di rivelatore al germanio, denominato BEGe (Broad Energy Germanium) è stato oggetto del mio lavoro di ricerca. Il rivelatore è di tipo commerciale (prodotto di materiale non arricchito) ed è capace di coprire l'intera scala da 3 keV a 3 MeV, con una buona risoluzione in energia. Ciò è possibile grazie alla particolare configurazione degli elettrodi, che permette di amplificare la differenza tra i tempi di deriva di cariche provenienti da punti di raccolta differenti, offrendo in tal modo un'eccellente potere di discriminazione per l'analisi di forma d'impulso e quindi di reiezione tra eventi di fondo e interazioni di interesse. Ciò che principalmente permette di distinguere gli eventi di fondo da eventi di decadimento doppio beta senza neutrini è la diversità nella localizzazione spaziale poiché per i primi non si ha una localizzazione spaziale, mentre il decadimento doppio beta senza neutrini è fortemente localizzato, dell'ordine di qualche millimetro.

Sono disponibili, presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, un rivelatore BEGe commerciale di tipo p fatto di germanio naturale e prodotto dalla Canberra Semiconductors, Olen e due BEGe non commerciali prodotti dalla Canberra a partire da materiale depleto (scarto del processo di arricchimento isotopico nel ^{76}Ge), seguendo tutta la catena che andranno a subire i rivelatori arricchiti di fase II.

I rivelatori vengono caratterizzati in termini di volume attivo, risoluzione in energia, efficienza, linearità, campo elettrico interno e capacità di reiezione del fondo.

L'estensivo lavoro di caratterizzazioni ha permesso di osservare comportamenti mai osservati prima nella funzione di risposta del rivelatore a differenti tensioni di alimentazione. La risoluzione in energia, la linearità della risposta e la sua stabilità, l'uniformità del suo strato di passivazione sono risultate ottimali e assolutamente soddisfacenti.

L'analisi della forma d'impulso è basata sul rapporto A/E, dove A è la massima ampiezza dell'impulso in corrente prodotto dal rivelatore come conseguenza di un'interazione ed E è l'energia totale rilasciata nell'interazione, e risulta molto efficace nella reiezione di eventi non localizzati. In definitiva, i BEGe, per le

loro caratteristiche, sono stati selezionati come rivelatori per la seconda fase dell'esperimento GERDA e saranno appositamente prodotti per lo scopo utilizzando preziosissimo germanio arricchito isotopicamente.

Il lavoro condotto è stato oggetto di due pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali:

- M. Agostini, C. A. Ur, D. Budjáš, E. Bellotti, R. Brugnera, C. M. Cattadori, A. di Vacri, A. Garfagnini, L. Pandola and S. Schönert
Signal modeling of high-purity Ge detectors with a small read-out electrode and application to neutrinoless double beta decay search in Ge-76
JINST 6 P03005 (2011)
- M. Agostini, E. Bellotti, R. Brugnera, C. M. Cattadori, A. D'Andragora, A. di Vacri, A. Garfagnini, M. Laubenstein, L. Pandola and C. A. Ur
Characterization of a broad energy germanium detector and application to neutrinoless double beta decay search in ^{76}Ge
JINST 6 P04005 (2011).

Sviluppo di Sistemi di acquisizione e di analisi automatizzata dati per l'esperimento WARP

Francesco Di Pompeo

Ad una prima osservazione l'Universo si mostra come un brulichare di sorgenti luminose alle volte geometricamente ordinate, alle volte casualmente sparse in ogni direzione e distanza. Nonostante questa apparenza la stragrande maggioranza dell'Universo conosciuto è composta da entità invisibili chiamate rispettivamente Energia e Materia Oscura.

Queste entità non emettono luce o altre forme di radiazione e perciò non possono essere studiate a fondo tramite telescopi. Nel caso della Materia Oscura che si ritiene essere costituita da singole particelle debolmente interagenti dette WIMP che possono essere studiate tramite l'interazione con la materia standard in rivelatori che vengono installati sulla nostra Terra, o meglio nel suo sottosuolo in laboratori come i Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

In questi rivelatori l'interazione tra particelle di materia oscura e atomi standard genera un flebile fascio di luce (più propriamente un piccolo numero di fotoni) detta “luce di scintillazione” che viene studiata grazie alla conversione della stessa in una corrente elettrica misurabile. Al fine di ottenere risultati significativi la luce emessa dopo un'interazione non deve essere dispersa e deve essere “raccolta” con grande efficienza.

In questo progetto finanziato con fondi P.O.R. dalla regione Abruzzo è stato studiato ed ottimizzato il sistema di raccolta della luce dell'esperimento WArP al fine di rendere la rivelazione dei fotoni prodotti dall'interazione della materia oscura la più efficiente possibile. Differenti strategie per la conversione della luce di scintillazione, la sua diffusione nell'apparato sperimentale e la sua misura sono state valutate. A tal fine sono state ideate e realizzate misure dedicate e simulazioni con il calcolatore che hanno permesso di ottenere risultati importanti per realizzare una configurazione sperimentale di resa elevata. Allo stesso tempo è stato possibile partecipare all'intera attività sperimentale "Underground" e in superficie che ha permesso di realizzare ed installare il rivelatore WArP 100 presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, attualmente in funzione e in attesa del primo segnale luminoso proveniente dall'interazione di una particella di Materia Oscura.

Riduzione del rumore in interferometri laser per la rivelazione di onde gravitazionali

Maurizio Di Paolo Emilio

L'esperimento Virgo è un interferometro Michelson per la rivelazione delle onde gravitazionali. La mia attività è stata indirizzata nell'ambito della compensazione degli effetti termici degli specchi dell'interferometro Virgo. Gli effetti termici nei rivelatori di onde gravitazionali interferometrici rappresentano una limitazione nella sensibilità di rivelazione per l'elevata circolazione di potenza nella cavità Fabry-Perot con conseguente distorsione del fronte d'onda del fascio laser circolante nell'interferometro (Figura 1).

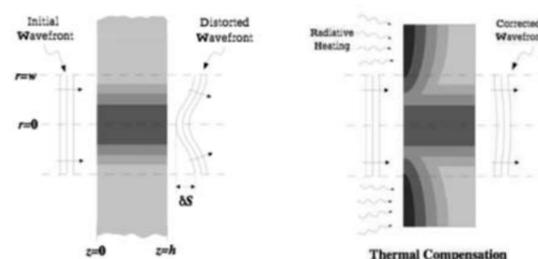


Figura 1: Distorsione del fronte d'onda e relativa compensazione

Per risolvere il problema relativo agli effetti termici è stato sviluppato, testato ed installato a Virgo (Pisa) un sistema di com-

pensazione termica (TCS). La TCS ha l'obiettivo di produrre un fascio di laser CO2 a forma di anello che minimizzi gli effetti termici che possono essere descritte matematicamente mediante le coupling losses.

Nell'ambito dei rivelatori di terza generazione il problema della elevata potenza in circolazione rende ancora più difficile la compensazione degli effetti termici. Per questo si sono sviluppati, durante quest'anno, a Roma Tor Vergata nuove soluzioni ottiche tra cui quella relativa all'utilizzo di due Axicon che formando un "doppio" anello hanno lo scopo di ottimizzare gli effetti termici in misura maggiore del precedente sistema. Il circuito ottico di test è riportato in figura 2.

Un ulteriore studio è stato quello di valutare gli effetti termici mediante sensori Hartmann che saranno installati nel banco TCS di Advanced Virgo, e di valutare gli effetti di curvatura con bobine (ring heater) opportunamente alimentate per sfruttare il calore prodotto (figura 3). Il sensore Hartmann è stato sviluppato e studiato presso l'Università di Adelaide (Australia) nel periodo relativo allo stage (vedi report of stage).

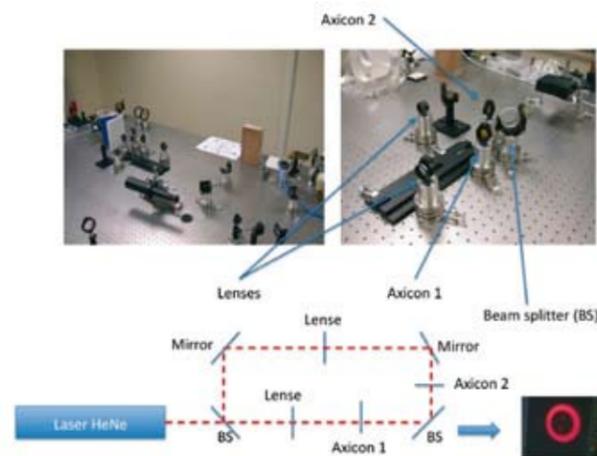


Figura 2: Doppio Axicon

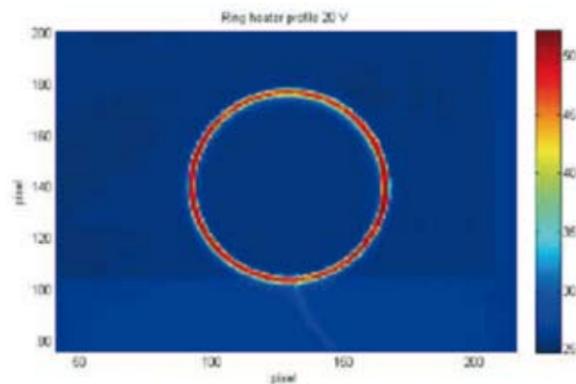


Figura 3: Ring heater

L'obiettivo era di ottenere un profilo totale (anello riflesso 1° ramo + anello trasmesso 2° ramo) il più possibile vicino a quello teorico (vedi figura 4)

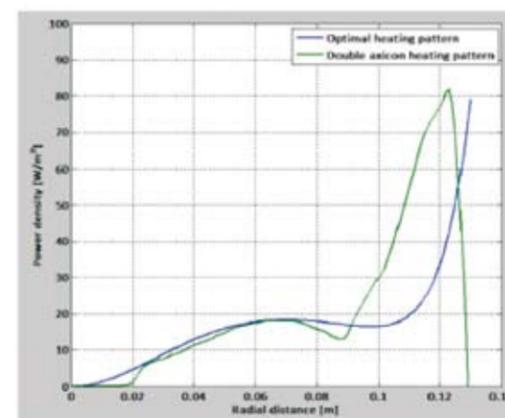


Figura 4: confronto tra i profili del doppio Axicon

Dopo aver allineato il sistema ottico, abbiamo preso le immagini degli anelli con la termo camera (Figura 5 e 6).

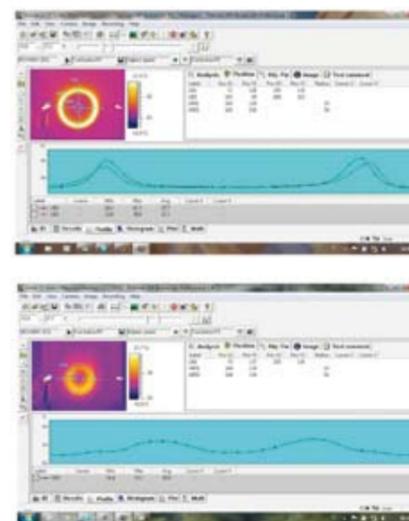


Figura 5: profili degli anelli

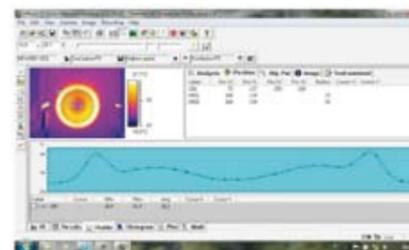


Figura 6: profilo totale dell'anello a doppio axicon

Le immagini (figure 7,8 e 9) seguenti sono un'elaborazione fatta in Matlab dei profili ottenuti con la termocamera. In particolare ci siamo dedicati al profilo orizzontale in quanto quello verticale subisce gli effetti della diffusione termica e non risulta attendibile. Ci affidiamo alla simmetria del sistema.

La potenza nel ramo trasmesso è circa la metà di quella nel ramo riflesso.

Horizontal profile (matlab)

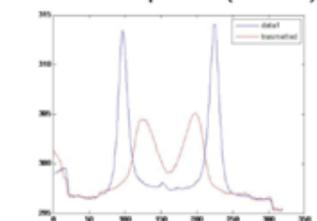


Figura 7: profilo orizzontale

Vertical profile (matlab)

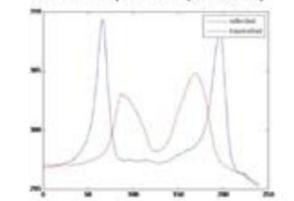


Figura 8: profilo verticale

Total horizontal profile (matlab)

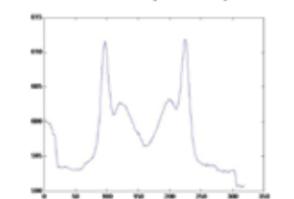
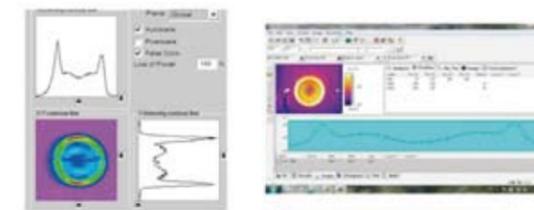


Figura 9: profilo orizzontale totale

Successivamente si è misurato il profilo totale con il beam profiler e confrontato con quello misurato dalla termo camera (Figura 10).



Total horizontal profile (matlab)

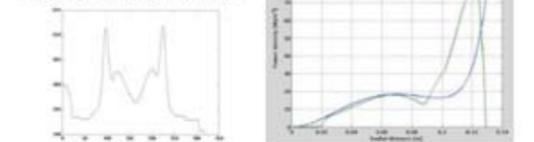


Figura 10: profili a confronto

Considerazioni conclusive:

- Il sistema non consente ulteriori spostamenti delle ottiche per cui la soluzione ottenuta sembra essere la migliore possibile.
- Per quanto riguarda il profilo verticale della termocamera, non abbiamo lavorato sul bilanciamento degli anelli poiché non lo consideriamo nell'analisi in quanto affetto da diffusione termica.
- Dall'immagine del report è possibile ricavare le dimensioni degli anelli: per il trasmesso (anello interno) DIAMint=4cm e DIAMest=20cm; per il riflesso (anello esterno) DIAMint=18cm e DIAMest=26cm. Sperimentalmente dalla termocamera ricaviamo le seguenti dimensioni degli anelli: per il trasmesso (anello interno) DIAMint=3.18cm e DIAMest=10.57cm; per il riflesso (anello esterno) DIAMint=11.25cm e DIAMest=14.73cm.
- I profili del BP sembrano essere concordi con quelli della termocamera ad eccezione di quello verticale.

Misura di elementi mediante spettrometria di massa ad alta sensibilità

Nicoletta De Gregorio

La borsa di formazione per laureandi, per l'avviamento all'attività di ricerca scientifica nell'ambito delle aree di ricerca promosse dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'I.N.F.N., finanziato con i fondi F.S.E. del Piano Operativo 2007-2008 del POR FSE Abruzzo 2007-2013 Obiettivo CRO, ha avuto come tema di attività la "Misura di elementi mediante spettrometria di massa ad alta sensibilità".

I primi mesi di attività sono stati dedicati alla formazione teorico-pratica sui concetti di radioattività e sulle tecniche fisiche impiegate per la sua misura; particolare attenzione è stata dedicata alla strumentazione ICP-MS quadrupolare e ad alta risoluzione HR-ICP-MS. In tale periodo l'impegno è stato rivolto ad una conoscenza approfondita della strumentazione di laboratorio e degli spettrometri in tutte le loro componenti (sistema di introduzione del campione, la torcia al plasma come sorgente di ionizzazione, il detector), e ad una corretta manutenzione e pulizia delle sue parti (spray chamber, i coni e la torcia, il controllo della pompa peristaltica e delle pompe turbo molecolari), nonché uno studio approfondito dei software fondamentali per l'utilizzo della strumentazione.

Sono state fornite informazioni sui limiti della Spettrometria di massa quadrupolare, dovuta al rapporto tra la sensibilità strumentale e le interferenze date da particolari isotopi degli elementi.

Una seconda parte della formazione ha riguardato la tecnica

di calibrazione e particolare attenzione è stata data alla scelta e al condizionamento dei contenitori e alle diverse tecniche di preparazione del campione (mineralizzazione, incenerimento, solubilizzazione ecc.), mettendo in risalto le conoscenze acquisite durante il corso degli studi universitari.

Un'ulteriore formazione teorica ha riguardato il comportamento che il personale tecnico deve adottare in ambienti a contaminazione controllata, poiché una Camera Pulita è un ambiente nel quale aerazione, ventilazione, filtrazione d'aria, materiali di costruzione e procedure operative, sono regolamentate per controllare la concentrazione e la qualità di particelle presenti nell'aria e per rispondere a livelli di pulizia adeguati.

Acquisite tali conoscenze, i seguenti mesi di formazione sono stati dedicati all'analisi della radiopurezza dei materiali utilizzati in diversi esperimenti presenti nei Laboratori, ciò per acquisire ulteriori conoscenze teoriche e maggiore padronanza con la strumentazione, in particolare sono state condotte analisi sugli ossidi di tellurio, utilizzati dall'esperimento Cuore (Cryogenic Underground Observatory for Rare Events). L'Esperimento Cuore sostituisce i detector convenzionali con bolometri di Ossidi di Tellurio per lo studio del decadimento doppio Beta. Al fine di avere un fondo interno abbastanza basso, la contaminazione dei materiali selezionati per la preparazione del cristallo e i cristalli stessi, deve essere il più basso possibile, per non interferire con l'attività del rivelatore. La fonte più importante di radiocontaminazione è dovuta infatti alla presenza di ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U e dai loro figli nella catena di decadimento.

Al fine di migliorare il monitoraggio della radiopurezza nei materiali selezionati per l'esperimento CUORE

si ha una procedura che consente la separazione e preconcentrazione di Th e U. Per la separazione e la misurazione di torio e uranio in acqua sono state utilizzate resine cromatografiche specifiche, U/TEVA_Spec (Uranium and TEtraValent Actinides Specific).

Utilizzando una opportuna miscela di acido cloridrico ed acido nitrico, il campione (polvere o frammenti di metallo) viene preparato e introdotto nelle colonnine UTEVA dopo che le stesse sono state preconizionate, con l'eluizione del campione, (utilizzando acido nitrico), dopo il passaggio in colonnina, si garantisce che i cationi preconcentrati restano in colonna, e con un'ulteriore eluizione del campione (con acido cloridrico) si intrappolano in colonna i cationi Th e U che vengono eluiti nell'ultimo passaggio (Fig.1). Separando e preconcentrando il torio e l'uranio si riduce la diluizione necessaria per l'analisi in spettrometria di massa.

Durante il periodo successivo, avendo acquisito padronanza con la strumentazione e le tecniche di analisi, l'attenzione ed il lavoro sono stati rivolti allo sviluppo di una tesi sperimentale sulla contaminazione ambientale dal titolo "Determinazione di metalli in tracce in campioni di pelo tramite ICP-MS", tale studio è stato proposto dalla Facoltà di Scienze Ambientali dell'Università de l'Aquila.



Figura 1 – Preparazione del campione con colonnine UTEVA

Lo scopo della tesi è stato analizzare la contaminazione ambientale monitorando il bioaccumulo di metalli pesanti su campioni biologici. Come bioindicatori sono stati infatti utilizzati i peli di mammiferi ed in particolare carnivori quali il lupo, la donnola e la faina, tale scelta è stata dovuta al fatto che sono campioni biologici facilmente reperibili tramite tecniche non invasive, presentano un tempo di ricambio piuttosto lento e sono metabolicamente inerti. I diversi campioni in esame sono stati raccolti all'interno del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, nelle zone del teramano e dell'aquilano. Lo studio preliminare ha riguardato l'ottimizzazione della metodica di lavaggio, la migliore tecnica, dopo diversi studi, ha ricalcato la metodica IAEA, utilizzando diversi cicli di lavaggio consecutivi con acetone ed acqua demineralizzata nel bagno ultrasuono. Il campione così trattato è stato fatto essiccare in stufa ad 80°C per circa 2 ore e poi mineralizzato con acido nitrico al microonde secondo la metodica EPA 3052. Una volta mineralizzato il campione, si procede con l'analisi con l'ICP-MS quadrupolare (limite di rilevabilità dei ppt, parti per trilione, della Agilent Technologies 4500 Series). Gli elementi di interesse, (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Al, As, Se, Cd, Sn, Sb, Hg, Pb, Bi, U), sono stati acquisiti, con i loro diversi isotopi, inizialmente in modalità semiquantitativa, e successivamente in modalità quantitativa avendo a disposizione uno standard certificato di capelli umani a concentrazione nota.

La metodica operativa è schematizzata nelle figure sottostanti.



Peso campione • Lavaggio • Essiccazione • Mineralizzazione

Dopo la mineralizzazione nel microonde il campione dopo opportune diluizioni, viene analizzato con l'ICP-MS, e si acquisiscono i risultati. (Fig. 2)

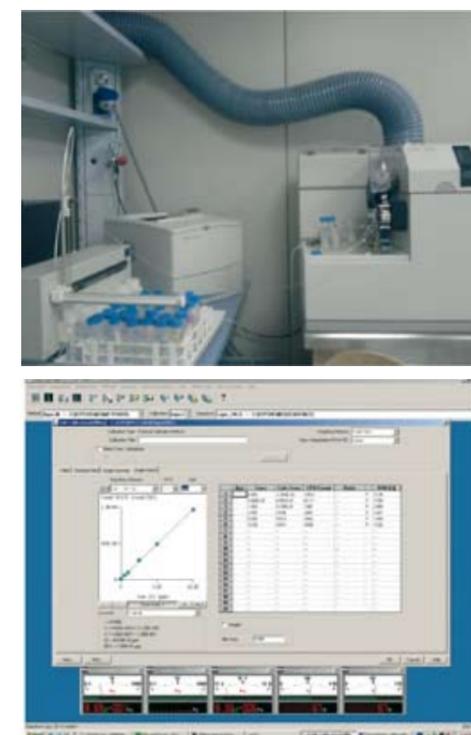
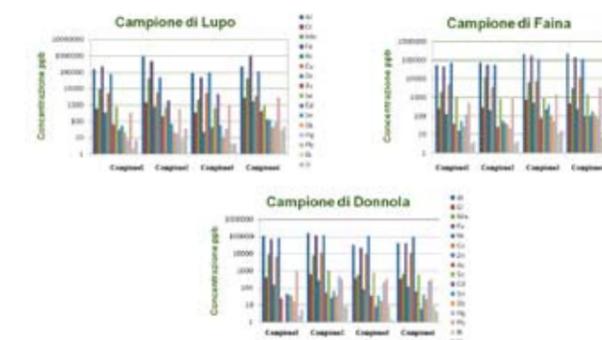


Fig.2- Analisi con ICP-MS quadrupolare ed acquisizione dei risultati

I risultati ottenuti vanno poi elaborati attraverso analisi statistiche ed analitiche per giungere alle conclusioni finali.



Nei mesi successivi, il lavoro è stato dedicato allo studio del contributo alla contaminazione dei materiali dei contenitori usati per il campionamento dell'acqua dell'esperimento Borexino, utilizzando la spettrometria di massa ed analizzando l'effetto del condizionamento dei contenitori stessi nonché l'analisi di elementi in traccia con la spettrometria di massa ad alta risoluzione HR-ICP-MS (limite di rilevabilità dei ppq, parti per quadrilione, della Thermo Scientific Element 2) in campioni di acqua ultrapura finalizzati al monitoraggio del processo di Water Extraction e di produzione di acqua demineralizzata (W.P.) dell'esperimento Borexino.

In particolare, la procedura operativa consiste nel condizionare i contenitori da utilizzare per il campionamento, poiché la con-

taminazione proveniente da fonti esterne deve essere limitata il più possibile. Nella fase di progettazione di BOREXINO la scelta delle dimensioni per la struttura sperimentale e della radiopurezza dei materiali utilizzati è stata eseguita in modo che il fondo nella massa fiduciale sia ridotto a quello dovuto alla concentrazione dei contaminanti dello scintillatore, appunto al fondo interno. Quindi, BOREXINO è costituito da diversi strati protettivi, la rivelazione della luce di scintillazione è affidata ad un sistema di 2400 fotomoltiplicatori che domina il fondo esterno. L'impianto di Borexino è dotato di un impianto indipendente per la produzione dell'acqua ultrapura, studiato per ottenere 2000 t di acqua ultrapura utilizzata per il riempimento del serbatoio esterno del rivelatore. Tale impianto è una combinazione di diversi sistemi di purificazione, dai quali sono stati effettuati i diversi campionamenti per monitorare e determinare il livello di contaminazione.

Quindi per effettuare tale operazione, come detto, i contenitori utilizzati per il campionamento sono stati adeguatamente condizionati, utilizzando acqua demineralizzata ed acido nitrico, una volta misurata la contaminazione proveniente dal contenitore stesso, sono stati riempiti con l'acqua proveniente dal Water Plant di Borexino. Si è valutata la contaminazione in diversi punti dell'impianto di produzione dell'acqua: in primo luogo l'acqua grezza prelevata dal filtro in ingresso all'impianto di demineralizzazione dell'acqua, ulteriori campionamenti sono stati fatti prima e dopo il sistema di osmosi inversa, dopo il sistema di deionizzazione (CDI) ed Ultra-filtro, dal sistema Ultra-Q e colonna di stripping, ed infine lungo la linea di loop, cioè prima che l'acqua demineralizzata esce dal Water Plant.

L'analisi dei campioni è stata eseguita con l'HR-ICP-MS, per la sensibilità e l'accuratezza richiesti nelle misure, calibrando lo strumento con un'unica soluzione di standard contenente tutti gli elementi di interesse.

L'analisi dei campioni di acqua è stata eseguita in modalità Low Resolution - High Sensitivity per l'analisi degli isotopi degli elementi legati all'acciaio e per l'analisi di Torio ed Uranio; è stata utilizzata la modalità Medium Resolution - High Sensitivity per l'analisi del Ferro e del Selenio e la modalità High Resolution - High Sensitivity per l'analisi del Potassio e del Tellurio.

Un esempio delle modalità operativa sulle analisi effettuate (Fig.3) e dei risultati analitici è riportato nella sottostante tabella (Tab.A).



Fig.3 - Analisi dei campioni di acqua demi con HR-ICP-MS

Ulteriori campionamenti sono stati effettuati dall'impianto di Water Extraction di Borexino, durante il drenaggio, prendendo in considerazione tre diversi punti di prelievo dall'impianto stesso. Le misure e l'analisi dei dati sono state realizzate prestando attenzione a diversi elementi e mettendo a punto un metodo tale da poter limitare le interferenze con altri isotopi.

Isotopi	[Unit]	Valve 56 on VTY-2 (vial 29)	Purge on Valve 93 (vial 27)	Valve 29 CDI inlet (vial 30)	Valve on CE 01 (vial 22)	Valve 11 F 140 (vial 23)
⁵¹ Cr (LR)	ppt	<90	<100	<110	285	306
⁵⁵ Mn (LR)	ppt	<750	<180	<800	<550	<500
⁵⁸ Ni (LR)	ppt	<150	<140	<135	503	551
⁶³ Cu (LR)	ppt	<10	<10	<20	<50	<60
⁶⁶ Zn (LR)	ppt	<400	<500	<400	<7000	<7000
⁹⁹ Mo (LR)	ppt	<5	<5	<8	2438	2532
¹⁰⁷ Ag (LR)	ppt	0.25	0.062	0.15	0.27	0.16
¹¹¹ Cd (LR)	ppt	<2	0.26	0.27	18	17
¹¹⁵ Sn (LR)	ppt	66	50	84	80	210
¹¹⁹ Pb (LR)	ppt	<5	<3	<4	22	74
¹²³ Te (LR)	ppt	<0.02	<0.03	<0.015	<0.02	0.04
¹³⁷ U (LR)	ppt	<0.03	<0.03	0.73	587	600
⁵⁶ Fe (MR)	ppt	<75	<85	<180	<800	1516
⁷⁶ Se (MR)	ppt	<35	<40	<15	476	258
³⁹ K (HR)	ppb	<75	<70	<25	315	308
¹²⁵ Te (HR)	ppt	<4	<4	<2	<15	<10

Tab. A - Esempio dei risultati analitici ottenuti dopo le analisi e l'elaborazione dei dati

Sono stati analisi di indagine tutti gli elementi legati all'acciaio, (Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Zn, Mo, Sn, Pb), il torio, l'uranio, il potassio e il selenio ed il tellurio, quest'ultimi possono dare informazioni sulla rimozione del polonio e del piombo 210. In alcuni casi si è riusciti a misurare anche concentrazioni molto basse, per il torio e l'uranio, dell'ordine dei ppq (1 ppq = 1 fgr/gr= 10-15 granalita/gr campione). In ogni caso le misure effettuate sono legate al fondo strumentale e alla sensibilità dello strumento. I dati ottenuti sono stati comparati con analisi svolte dalla Princeton.(Tab. B)

Isotopi	[Unit]	USA Bottle (V-201)	Princeton 681	USA Bottle (E-201)	Princeton 682	USA Bottle (C-200)	Princeton 683
⁵¹ Cr (LR)	ppt	<2	5	<100	10	10	3
⁵⁵ Mn (LR)	ppt	542		419		53	
⁵⁸ Ni (LR)	ppt	301	470	642	990	21	20
⁶³ Cu (LR)	ppt	<20	36	<70	280	<20	45
⁶⁶ Zn (LR)	ppt	<110	60	<230	180	<200	80
⁹⁹ Mo (LR)	ppt	<10	8	7	15	0.75	2
¹⁰⁷ Ag (LR)	ppt	0.05		0.03		<1	
¹¹¹ Cd (LR)	ppt	0.43		0.20		<2	
¹¹⁵ Sn (LR)	ppt	74		20		62	
¹¹⁹ Pb (LR)	ppt	0.8	1.6	10	11	0.6	2.2
¹²³ Te (LR)	ppt	<0.02	<0.008	<0.006	<0.008	<0.05	<0.008
¹³⁷ U (LR)	ppt	<0.02	<0.001	<0.01	0.014	<0.05	0.007
⁵⁶ Fe (MR)	ppt	352	210	510	660	54	90
⁷⁶ Se (MR)	ppt	<150	<5	<20	5	<20	<5
³⁹ K (HR)	ppb	<80	0.030	<75	0.140	<75	0.080
¹²⁵ Te (HR)	ppt	<15	<0.1	<2	<0.1	<2	<0.1

Tab. B - Risultati ottenuti dall'impianto di water extraction comparati ai risultati della Princeton

Per l'esperimento Borexino sono state richieste anche analisi dell'umidità relativa in campioni di Pseudocumene da 2 diversi punti di campionamento, il metodo di valutazione è stato condotto con titolazione Karl Fischer, una specifica titolazione Coulometrica. La Coulometria si basa sulla riduzione dell'analita attraverso gli elettroni forniti da una fonte di energia elettrica: la quantità di carica passata per trasformare l'analita nella forma ridotta è equivalente alla quantità di analita presente in soluzione. La titolazione Karl Fischer è un metodo molto semplice, capace di rilevare tracce di acqua in un campione fino a

poche parti per milione (ppm). La reazione si basa sull'ossidazione dell'anidride solforosa ad opera dello iodio, in presenza di acqua.



La titolazione viene condotta in un solvente anidro in presenza di una base in grado di neutralizzare l'acido solforico prodotto dalla reazione e di creare una soluzione tampone che stabilizzi il pH su valori ottimali (pH 5-7) per lo svolgersi della reazione. In seguito si riportano alcuni dei risultati ottenuti dalle analisi dei campioni di pseudocumene prelevati dall'impianto di Water Extraction di Borexino.(Tab. C)

Per l'analisi si utilizzano 5mL di campione, la titolazione viene svolta in repliche per assicurarsi la ripetibilità del dato. Lo strumento (Fig. 4) fornisce la concentrazione di acqua in ppm, questa viene convertita in umidità relativa tenendo conto della solubilità dell'acqua nello pseudocumene a diverse temperature.



Fig.4 - Il Karl Fischer

Campione	Concentrazione media [ppm]	Umidità Relativa (U.R.)		
		T=14°C	T=16°C	T=18°C
Campione n°676 HV 1312-02	43.44	21%	19.5%	18%
Campione n°677 HV 137	15.45	7.4%	7%	6.5%

Tab.C - Alcuni risultati analitici sull'umidità dei campioni di pseudocumene

Come ultima esperienza della formazione, dal 10 ottobre è previsto uno stage formativo presso l'Università degli Studi di Milano Bicocca, al fine di ottemperare ad uno scambio reciproco delle conoscenze acquisite, trasferire i contenuti della formazione ricevuta presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso e integrare il processo formativo. Durante questo periodo sarà possibile ripetere analisi sui campioni forniti dall'esperimento Borexino al fine di valutarne la riproducibilità ed effettuare una comparazione con i dati ottenuti presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

Misura di elementi mediante spettrometria di massa ad alta sensibilità

Marco Ferrante

Dal 15/10/2010 al 15/10/2011 si è svolto il periodo di alta formazione per laureandi per l'avviamento all'attività di ricerca scientifica nell'ambito delle aree di ricerca promosse dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'I.N.F.N., finanziato con i fondi F.S.E. del Piano Operativo 2007-2008 del POR FSE Abruzzo 2007-2013 Obiettivo CRO nell'ambito della Spettrometria di Massa Ad Alta Risoluzione presso il Servizio di Chimica ed Impianti Chimici dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Nei primi mesi si sono acquisite conoscenze teorico-pratiche per l'esecuzione di analisi di elementi in tracce

mediante spettrometria di massa quadrupolare e ad alta risoluzione, nella preparazione del campione (mineralizzazione di varie matrici organiche ed inorganiche), sull'analisi strumentale e sull'analisi dei dati. Si è avuta l'opportunità di mettere a confronto le tecniche ICP-MS quadrupolare (Agilent Technologies 4500 Series)(Fig. 1) con ICP-MS ad alta risoluzione (Thermo Scientific Element 2)(Fig. 2), la prima con un limite di rilevabilità del ppt (parti per trilione pg/g) la seconda invece del ppq (parti per quadrilione fg/g); l'uso dell' ICP-MS-HR ha permesso infatti di migliorare di gran lunga le misure in precedenza effettuate con lo spettrometro quadrupolare in quanto questa nuova tecnologia abbatte molti dei problemi precedenti come le interferenze. La formazione si è estesa, oltre alla conoscenza approfondita dei software che sono alla base dell'uso degli strumenti stessi, anche alla conoscenza della loro struttura hardware e alla manutenzione, nello specifico pulizia della spray chamber, dei coni e della torcia, controllo della pompa peristaltica, delle pompe turbomolecolari e dell'autocampionatore.



Fig. 1. Spettrometro di massa ad alta risoluzione.



Fig. 2. Spettrometro di massa quadrupolare

C'è stata anche l'opportunità, di poter mettere in pratica, nell'ambito della preparazione dei campioni in laboratorio i vari concetti teorici chimici appresi in sede universitaria, come la mineralizzazione di vari tipi di matrici organiche ed inorganiche con attacco acido(acido nitrico,acido cloridrico,acido solforico,miscele acide), utilizzo di bagni ad ultrasuoni,forno a microonde e muffola(forno che può raggiungere temperature di 1100 °C); mentre per l'analisi strumentale e dei dati si sono potute applicare conoscenze di chimica analitica quali: costruzione di una retta di taratura, concetto di tuning, standard interno ed esterno, ecc.



Fig. 3. Assorbimento atomico a fiamma

Si è stati inoltre sensibilizzati al corretto comportamento da adottare in ambienti a contaminazione controllata, in quanto gli strumenti utilizzati presso i Laboratori Nazionali Del Gran Sasso si trovano all'interno di una Campera Pulita classe 1000 (1000 particelle/ft³) così da evitare contaminazioni di varia natura che potrebbero alterare le delicate analisi in ultratracce. È stato inoltre approfondito il ruolo che ricoprono gli spettrometri di massa nell'ambito degli esperimenti nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, ovvero quello di eseguire lo screening di elementi radioattivi, con particolare attenzione a Th e U, presenti in ultratracce nei vari materiali analizzati, così da scegliere i più puri dal punto di vista radioattivo da utilizzare negli esperimenti situati in galleria; in quanto c'è bisogno di un fondo radioattivo

molto basso affinché avvenga la rilevazione e lo studio dei neutrini. La fase preliminare della formazione si è conclusa con la consapevolezza di saper e poter utilizzare gli strumenti in dotazione in maniera autonoma e indipendente e ciò ha dato il via alla attività di ricerca vera e propria, collegata sia strettamente con i Laboratori Nazionali del Gran Sasso(BOREXINO, Spettroscopia gamma,CUORE) sia con L'università degli Studi Dell'Aquila, esplorando diversi settori scientifici, ambientali e tecnologici, facendo sì che il bagaglio culturale personale si ampliasse sempre di più su questa tecnica innovativa. Oltre la spettrometria di massa si è avuta l'opportunità di conoscere e lavorare anche con altri strumenti quali:assorbimento atomico a fiamma(Fig.3)sul quale c'è stata una buona formazione software e hardware che ha portato a poter utilizzare tale strumento anche in maniera autonoma e fondamentali di spettroscopia gamma.

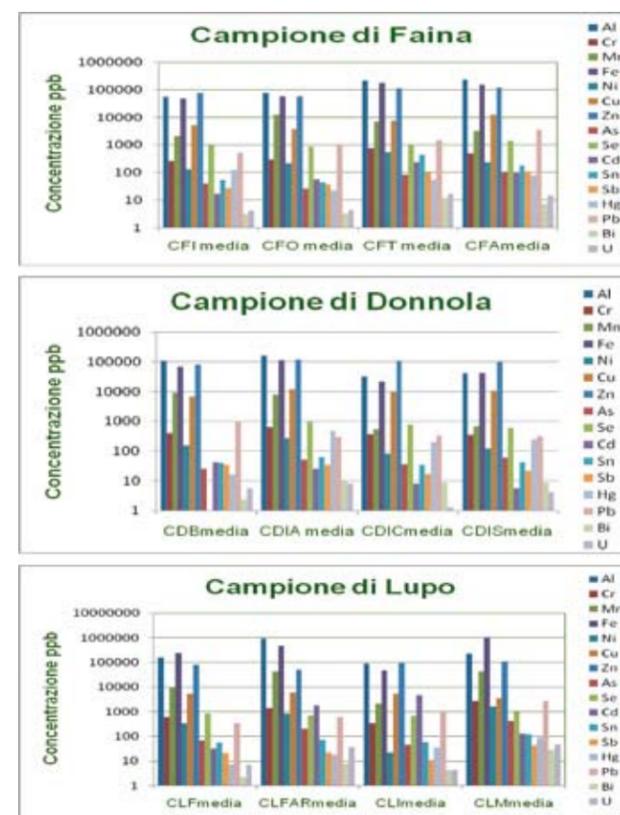
Di seguito vengono riportati nel dettaglio i vari progetti seguiti nel periodo di formazione.

DETERMINAZIONE DI METALLI IN TRACCE IN CAMPIONI DI PELO TRAMITE ICP-MS

Tale tematica è stata proposta dalla facoltà di Scienze Ambientali dell'Università dell'Aquila e la fase sperimentale è stata eseguita interamente presso i laboratori della Sezione di Chimica ed Impianti Chimici dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Il lavoro si è concretizzato con una tesi di laurea specialistica in Scienze Ambientali dal titolo "DETERMINAZIONE DI METALLI IN TRACCE IN CAMPIONI DI PELO TRAMITE ICP-MS" ad opera di De Luca Margherita, con lo scopo di mettere in relazione i dati ottenuti con la contaminazione ambientale. La procedura ha previsto il trattamento di tre tipi di campione (Lupo, Donnola, Faina), prelevati in varie zone della provincia Aquilana e Teramana. Si è seguita la procedura IAEA (Acetone,Acqua, Acqua,Acqua,Acetone) per il lavaggio, mentre per la mineralizzazione si è optato per l'utilizzo del forno a microonde e acido nitrico concentrato come solvente. Il campione così mineralizzato è stato analizzato all'ICP-MS,dopo opportune diluizioni, focalizzando l'attenzione su elementi quali Cr,Mn,Fe,Ni,Cu,Zn ,Al,As,Se,Cd,Sn,Sb,Hg,Pb,Bi,U con i rispettivi isotopi. Oltre al campione si è anche analizzato uno standard di riferimento di capelli umani contenente gli elementi di interesse a concentrazioni note. Di seguito vengono riportati alcuni grafici nei quali si possono notare i risultati ottenuti per quattro diversi campioni per ogni singola specie presa in considerazione.

SEPARAZIONE DEL POTASSIO IN ACQUA DI MARE

Tale ricerca, è stata proposta da Matthias Laubenstein dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso per migliorare le misure di Spettroscopia Gamma su campioni di acqua di mare. Nello specifico la massiccia quantità di potassio presente nella matrice di acqua producendo effetto Compton non permette l'individuazione e la quantificazione di alcuni elementi di interesse presenti nel campione, quali ad esempio Th e U.



Per lo scopo sono state tentate varie vie di separazione. Inizialmente sono state fatte delle prove preliminari utilizzando metodi già riportati in letteratura che prevedevano l'utilizzo di un etere corona, nello specifico 1,4,7,10,13,16-esaossaciclotadecano (18-corona-6), e Permanganato di Potassio, con una estrazione liquido-liquido. Le prove fatte con questo etere sciolto in differenti solventi quali benzene, cloroformio e toluene hanno messo in evidenza il fatto che il potassio contenuto nel permanganato in benzene viene complessato interamente dall'etere facendo assumere alla soluzione un caratteristico colore violaceo,ciò dimostra che l'etere è un buon complessante per il potassio ma ha costi molto elevati. Proseguendo con la ricerca si è arrivati alla individuazione di un metodo che prevede la separazione del potassio per via gravimetrica. A 100 mL di acqua di mare sintetica si sono aggiunti 10 mL di Na₂CO₃ al 5%, 10 mL di TetrafenilBorato di Sodio 0,1 M e 1 mL di Acido Acetico Glaciale fino ad un pH compreso tra 4-6; si sono attesi circa 10 minuti dopo di che si è filtrato,centrifugato e analizzato con ICP-MS-HR e Assorbimento atomico a fiamma. Grazie al tetrafenilborato di sodio si è ottenuto il risultato atteso, con una efficienza di estrazione del 98%. Il riscontro positivo definitivo si è avuto applicando la procedura ad un reale campione di acqua di mare. Tale metodo si è rivelato oltre che essere efficace anche relativamente economico. Visti i risultati si è anche cercato di utilizzare tale metodo per l'analisi del potassio in TeO₂(Ossido di Tellurio) per l'esperi-

mento CUORE, ma per il momento la ricerca si è fermata solo alle fasi preliminari.

Elemento		Acqua trattata		Acqua non trattata	
		Concentrazione		Concentrazione	
Li	7	140	ppb	180	ppb
B	11	3.800	ppb	3.500	ppb
Mg	24	1.100.000	ppb	1.300.000	ppb
K	39	2.500	ppb	270.000	ppb
Ca	43	160.000	ppb	190.000	ppb
Br	79	48.000	ppb	59.000	ppb
Sr	88	5.200	ppb	6.400	ppb
Y	89	15	ppb	12	ppb
Cd	111	0,16	ppb	0,15	ppb
Ba	137	12	ppb	14	ppb
Ce	140	0,028	ppb	<0,01500	ppb
Hg	202	<0,05700	ppb	<0,05700	ppb
Ti	205	0,79	ppb	0,42	ppb
Pb	208	7,8	ppb	7	ppb
Bi	209	0,32	ppb	0,27	ppb
Th	232	<0,02000	ppb	<0,02000	ppb
U	238	2,9	ppb	3,5	ppb

Tabella 1. Dati ottenuti confrontando acqua trattata con Tetrafenilborato di Sodio ed acqua non trattata.Dai dati si nota che c'è stata una diminuzione di circa un fattore 100 sulla concentrazione del potassio tra acqua non trattata e acqua trattata.

MISURE RADIO

Tale ricerca ha lo scopo di riuscire a preconcentrare ed in fine analizzare il Radio presente in alcuni campioni di acqua delle felle della galleria del Gran Sasso, per riuscire a valutare la radiazione naturale al livello delle ultratracce. Per preconcentrare si è utilizzato un metodo trovato in letteratura che prevede l'utilizzo di colonnine cromatografiche contenenti MnO₂ (Ossido di Manganese). La procedura prevede di far passare circa un litro di campione all'interno delle colonnine e per l'eluzione utilizzare circa 10 mL di miscela 5 M HCl / 1,5% H₂O₂. Sono state fatte ripetute misure tramite ICP-MS-HR dell'eluato, ma i dati sono ancora molto contrastanti tra loro e ciò ha portato alla conclusione che il problema sia in realtà molto complesso e che necessita di ulteriori ricerche.

ANALISI UMIDITA' CON METODO KARL FISCHER

Il metodo di Karl Fischer, detto anche acquametrica, è una tecnica analitica utilizzata per la misura di tracce di acqua in varie matrici, soprattutto solventi non acquosi e sali idrati. Il metodo è stato messo a punto dal chimico tedesco Karl Fischer, da cui ha preso il nome, e consiste in una titolazione il cui punto finale è generalmente rilevato automaticamente per via amperometrica. È un metodo molto sensibile, capace di rilevare tracce di acqua in un campione fino a poche parti per milione. La procedura si basa sull'ossidazione dell'anidride solforosa ad opera dello iodio, osservata originariamente da Robert Bunsen

$$I_2 + SO_2 + 2 H_2O \rightarrow 2 HI + H_2SO_4$$

La titolazione viene condotta in un solvente anidro, generalmente metanolo, in presenza di una base capace di neutralizzare l'acido solforico prodotto dalla reazione e di creare una soluzione tampone che stabilizzi il pH su valori ottimali per lo svolgersi della reazione, compresi tra 5 e 7 (Fig. sulla sinistra). Tale metodo è stato utilizzato per valutare la concentrazione

relativa di umidità in vari campioni di Pseudocumene, prelevati in valvole specifiche dell'esperimento BOREXINO, dopo la fase della Water Extraction. Tali misure sono essenzialmente di controllo, ma hanno permesso di poter conoscere nello specifico la tecnica Karl Fischer.

ATTIVITA' DI STAGE PRESSO L'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELL'AQUILA

L'attività di stage presso l'Università degli studi dell'Aquila è stata eseguita nel periodo dal 4/07/2011 al 18/07/2011 nel dipartimento di Chimica e Ingegneria Chimica e dei Materiali. Sotto la responsabilità del prof. D'archivio A. l'attività di stage ha previsto una approfondita analisi statistica dei risultati ottenuti in vari esperimenti eseguiti presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, usando tecniche chemiometriche, ovvero un insieme di tecniche matematiche rivolte a trattare, elaborare e modellare insieme di dati. Tra le varie tecniche su cui si è lavorato, è stato dato particolare interesse alla struttura multivariata dei dati, l'analisi delle componenti principali, l'analisi dei cluster, i metodi di classificazione e i metodi di regressione ed infine le relazioni struttura/proprietà (QSAR). Questo periodo di stage è risultato molto formativo in quanto ha creato un ponte tra l'Università degli Studi dell'Aquila e i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, facendo sì che la formazione trovasse il suo compimento.

Sviluppo di procedure per la preparazione di campioni e loro misura con spettrometri di massa ad alta risoluzione

Maria Laura di Vacri

Durante il periodo di formazione presso il Servizio di Chimica dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), mi sono occupata di analisi di elementi in tracce ed ultra-tracce mediante spettrometria di massa con sorgente al plasma (ICP MS).

L'attività di ricerca svolta presso i LNGS coinvolge principalmente lo studio di fenomeni rari, la cui rivelazione necessita di ambienti caratterizzati da un fondo radioattivo estremamente basso. La componente esterna del fondo radioattivo, rappresentata dal flusso di raggi cosmici e dalla radioattività naturale, viene schermata assemblando gli esperimenti all'interno del laboratorio sotterraneo. Per quanto riguarda, invece, la componente interna del fondo radioattivo, derivante dalla radioattività presente nei materiali che costituiscono il set up sperimentale, la selezione di materiali caratterizzati da bassissimi livelli di contaminazione assume un ruolo di fondamentale importanza. E' quindi indispensabile poter misurare i principali elementi radioattivi, che interferiscono con l'attività dei rivelatori, a livelli di

ultra-tracce e con la migliore sensibilità raggiungibile.

A tale scopo, il Servizio di Chimica dei LNGS, da diversi anni, sta cercando di sviluppare il settore della chimica analitica inorganica, inseguendo limiti di rivelabilità sempre più bassi per soddisfare le richieste degli esperimenti. Una tra le tecniche analitiche più adatte allo scopo è sicuramente la spettrometria di massa con sorgente di ionizzazione al plasma (ICP MS), che consente l'identificazione e la quantificazione di praticamente tutti gli elementi della tavola periodica a bassissimi livelli di concentrazione e con sensibilità sicuramente maggiori rispetto ad altre tecniche analitiche. L'ICP MS trova impiego in vari settori, tra cui quello alimentare, biomedico, geologico e nell'industria dei semiconduttori. In funzione del tipo di matrice e della natura dell'analita, è possibile rivelare concentrazioni molto basse, dell'ordine di 10^{-11} g/g fino a 10^{-15} g/g nel caso di spettrometri di massa ad alta risoluzione.

Presso il Servizio di Chimica sono a disposizione due spettrometri di massa: uno spettrometro di massa con analizzatore quadrupolare (bassa risoluzione) ed uno spettrometro con analizzatore a doppia focalizzazione (ad alta risoluzione). Nella determinazione di elementi a livelli di concentrazione talmente bassi, come le tracce e le ultra-tracce, il rischio di contaminazione durante la preparazione e l'analisi del campione rappresenta un aspetto critico dell'intero processo, in quanto il risultato della misura potrebbe essere considerevolmente inficiato. A tale scopo, entrambi gli spettrometri di massa sono collocati in un laboratorio ad atmosfera controllata (clean room di classe 1000) in cui un impianto di trattamento dell'aria impedisce, in gran parte, l'ingresso di polveri e microorganismi dall'esterno. Per accedere in questi laboratori, è necessario indossare tuta, sovrascarpe e cuffie, in modo da minimizzare la contaminazione.

L'analisi ICP MS prevede l'introduzione del campione nello strumento in forma di soluzione liquida acquosa leggermente acidificata (1-5%). E' quindi necessario trattare i campioni, solidi o liquidi, in modo da ottenerne una soluzione adatta alla misura. Questa fase di preparazione, che, in funzione della natura del campione, consiste in processi di mineralizzazione, incenerimento, dissoluzione, diluizione e acidificazione, è una fase critica poiché rappresenta una possibile fonte di contaminazione. E' necessario operare in condizioni tali da minimizzare questo rischio, ad esempio lavorando in clean room, ponendo particolare attenzione alla pulizia dei contenitori e di tutto ciò che entra in contatto con il campione (spatole e pipette) ed utilizzando reagenti ultrapuri, il cui grado di purezza è certificato dalla casa produttrice. La mineralizzazione di matrici complesse può, in alcuni casi, richiedere l'impiego di ultrasuoni, forno a microonde o muffola.

Prima di eseguire una misura con uno spettrometro di massa, è necessario definire il metodo analitico impostando alcuni parametri strumentali e, per il calcolo delle concentrazioni, calibrare lo strumento utilizzando delle soluzioni contenenti alcuni elementi (che possono coincidere o no con gli analiti da determi-

nare) a concentrazione nota certificata (soluzioni standard).

Durante i mesi di formazione presso il Servizio di Chimica dei LNGS ho imparato a lavorare in clean room e ad eseguire in maniera indipendente analisi ICP MS di campioni di varia matrice, dalla fase di preparazione del campione alla calibrazione dello strumento e all'analisi dei dati. La mia attività ha riguardato principalmente il controllo del fondo radioattivo in matrici di varia natura con lo scopo di selezionare materiali altamente puri per l'assemblaggio degli esperimenti condotti nel laboratorio sotterraneo del Gran Sasso, di cui sopra.

In particolare, ho collaborato allo sviluppo di una procedura per il miglioramento dello screening dei materiali utilizzati dall'esperimento CUORE (Cryogenic Underground Observatory for Rare Events), uno dei maggiori esperimenti in costruzione al LNGS, il cui scopo è quello di studiare le proprietà dei neutrini attraverso la ricerca del decadimento doppio beta senza emissione di neutrini. L'apparato sperimentale consiste in una serie di rivelatori costituiti da cristalli di ossido di tellurio. La produzione di tali cristalli è un processo lungo e piuttosto costoso, che coinvolge l'impiego di vari reagenti e materiali intermedi. Le richieste di radio-purezza per i cristalli e per tutti i reagenti e i materiali intermedi coinvolti nel processo produttivo sono molto elevate, in particolare per quanto riguarda gli elementi Th ed U. La possibilità di misurare questi elementi con la migliore sensibilità raggiungibile è fondamentale per la fattibilità dell'esperimento. In base alle esigenze sperimentali, il limite di concentrazione massima di Th ed U nei materiali solidi coinvolti nella produzione dei cristalli (Te metallico e polveri di TeO₂) è di $2 \cdot 10^{-10}$ g/g. Quando si esegue un'analisi ICP MS di un campione solido, è richiesto un adeguato fattore di diluizione, il campione da analizzare deve cioè essere sufficientemente diluito per evitare che l'elevata concentrazione del solido in soluzione vada a sporcare le componenti interne dello strumento o causi interferenze non spettrali come l'effetto matrice (innalzamento o abbassamento del segnale dovuto alla presenza di matrice a livelli elevati di concentrazione). L'elevato fattore di diluizione richiesto è a discapito della sensibilità. I livelli minimi di concentrazione per Th ed U misurabili in un campione solido mediante ICP MS sono dello stesso ordine di grandezza dei limiti imposti dalle richieste sperimentali di CUORE. In queste condizioni, il monitoraggio del fondo nei materiali risulta difficile in quanto qualsiasi fluttuazione strumentale può risultare in una non più sufficiente sensibilità.

Allo scopo di rendere più attendibili le analisi sui materiali coinvolti nella produzione dei cristalli, è stata sviluppata una procedura di estrazione cromatografica di Th ed U dalla matrice e successiva pre-concentrazione, al fine di aumentare la sensibilità nella loro misura ICP MS. Il metodo sviluppato prevede l'uso di colonnine cromatografiche impaccate con un supporto polimerico su cui è adeso un composto organico, il dyamil, amylophosphate, capace di estrarre in maniera selettiva il torio e l'uranio dal resto della matrice. Gli analiti possono

essere in tal modo pre-concentrati prima dell'analisi ICP MS. Sono stati migliorati i livelli di sensibilità nell'analisi ICP MS di Th ed U di un fattore >20, rendendo lo screening dei materiali più attendibile. I risultati ottenuti in questo lavoro sono stati presentati in forma di poster alla European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, Saragozza 30 Gennaio – 4 Febbraio 2011 "ICP MS monitoring of natural radio contamination in nuclear physics research materials".

La spettrometria di massa con sorgente al plasma (ad alta risoluzione in particolare) consente di eseguire analisi per determinare la composizione isotopica dei materiali. L'esperimento DaMa (Dark Matter) studia le proprietà dei neutrini attraverso la ricerca del decadimento doppio beta senza emissione di neutrini, utilizzando come scintillatori cristalli di tungstato di zinco arricchiti in ¹¹⁶Cd (¹¹⁶CdWO₄). Ho eseguito analisi isotopiche di Cd e misure di contaminazione in campioni di CdWO₄, CdO and Cd isotopicamente arricchiti. In questo caso è stato necessario determinare, oltre al contenuto di elementi radioattivi (K, Th ed U), anche la concentrazione di vari elementi che interferiscono con l'attività ottica dello scintillatore, in particolare Al, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn e Ag. Sono tra gli autori dell'articolo che riporta i risultati ottenuti: Bernabei et al, "Low background detector with enriched ¹¹⁶CdWO₄ crystal scintillators to search for double decay of ¹¹⁶Cd", Jinst 6 P08011, pubblicato il 23 agosto 2011.

Ho eseguito analisi per la misura della contaminazione a livelli di ultratracce in campioni di Se metallico e di ZnSe impiegati per l'assemblaggio dell'esperimento LUCIFER.

Attualmente è in atto una collaborazione tra il Servizio di Chimica dei LNGS e il Centro di Eccellenza per gli Studi sull'Invecchiamento (CeSi) della Fondazione D'Annunzio dell'Università di Chieti. Diverse pubblicazioni in letteratura indicano il bioaccumulo di alcuni elementi, tra cui l'alluminio, nei tessuti biologici come una probabile concausa del manifestarsi di malattie quali il morbo di Alzheimer. Sto collaborando ad uno studio per la validazione di un metodo di analisi ICP MS per la determinazione dei principali elementi di interesse a livelli di tracce ed ultra-tracce in campioni biologici.

E' previsto che io svolga attività di stage presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca nel mese di ottobre 2011.

Sviluppo di procedure per la preparazione di campioni e loro misura con spettrometri di massa ad alta risoluzione

Angela Incani

Grazie ai fondi regionali ho avuto l'opportunità di acquisire nuove competenze in campo analitico lavorando presso il Servizio

Chimica e Impianti Chimici (SC-IC) dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN; in particolare ho avuto la possibilità di occuparmi di analisi di elementi in tracce avvalendomi di strumentazione analitica altamente innovativa a disposizione presso l'ente.

Il periodo di permanenza presso i LNGS è iniziato il 15 novembre 2010; i primi mesi sono stati dedicati alla mia formazione iniziale riguardo le tecniche di preparazione del campione e l'utilizzo dello strumento ICP-MS (Induced Coupled Plasma - Mass Spectrometer) con cui effettuare l'analisi dello stesso. I campioni normalmente analizzati erano soprattutto ossidi o leghe (TeO₂, Dy₂O₃, ZnSe, etc...) impiegati nell'ambito degli esperimenti di fisica nucleare condotti presso l'ente. Le analisi da effettuare erano finalizzate alla determinazione della radio-purezza di tali materiali, essenzialmente venivano quantificati il torio (Th), l'uranio (U) e il potassio (K) ed eventualmente altri elementi presenti in tracce. La procedura di preparazione del campione per l'analisi consisteva nella mineralizzazione di una piccola frazione di questo (qualche grammo o centinaia di milligrammi) mediante attacco con acido nitrico ultrapuro (HNO₃ UP) o con miscele di HNO₃ UP e altri acidi forti (acido cloridrico, fluoridrico, etc...). Il campione così dissolto, dopo un'opportuna diluizione con acqua UP, veniva sottoposto ad analisi mediante strumentazione ICP-MS. In alcuni casi è stato necessario trattare il campione mineralizzato con colonne di preconcentrazione al fine di estrarre selettivamente Th e U ed eliminare la matrice.

Un semplice schema dell'apparato ICP-MS utilizzato per le analisi è riportato in Figura 1.

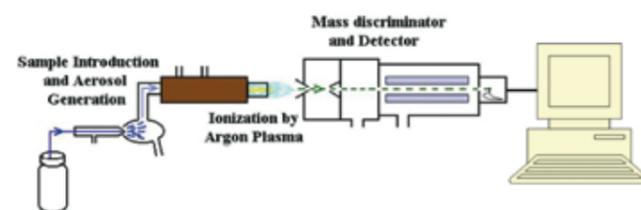


Figura 1 - Schema a blocchi dell'apparato ICP-MS

Il campione, generalmente liquido, viene nebulizzato e trasferito nel cuore dello strumento, il plasma ad argon (Ar), una sorgente ad alta temperatura (6000-10000 K) che atomizza e simultaneamente ionizza gli analiti. Gli ioni atomici prodotti vengono separati, grazie ad un analizzatore (filtro) di massa, in base al rapporto massa su carica (m/z) e successivamente rivelati al detector che misura la corrente ionica (proporzionale alla concentrazione della specie ionica nel campione). Il sistema di separazione e di rivelazione degli ioni è lo spettrometro di massa propriamente detto.

La spettrometria basata su sorgente di ionizzazione al plasma consente di caratterizzare la composizione minerale di - ipoteticamente - qualsivoglia materiale, permettendo, in pochi minuti, di identificare e quantificare praticamente tutti gli elementi della

tavola periodica in un'unica analisi, anche se le concentrazioni di questi differiscono di diversi ordini di grandezza. Tali peculiarità rendono la strumentazione ICP-MS unica nel risolvere problemi di chimica analitica nei più svariati settori (ambientale, studio dei materiali, alimentare, farmaceutico, etc...).

Presso i LNGS ho avuto modo di eseguire analisi e quindi acquisire padronanza con entrambe le tipologie di strumentazione ICP-MS disponibili:

- ICP-MS con analizzatore di massa quadrupolare: lo spettrometro offre praticità, versatilità, semplicità operativa ma non consente di separare ioni che differiscono meno di una unità di massa atomica; di conseguenza alcune specie soffrono di interferenza isobarica da parte di specie poliatomiche (ad esempio lo ione 56Fe⁺ è interferito dalla specie 40Ar16O⁺ mentre il 39K⁺ da 38Ar1H⁺);
- ICP-MS con analizzatore di massa a settore magnetico: ha come principale vantaggio quello di operare ad alta risoluzione consentendo determinazioni libere da interferenze, inoltre i livelli di sensibilità (in modalità "bassa risoluzione") sono di circa due ordini di grandezza più alti rispetto allo spettrometro quadrupolare, consentendo di rilevare anche specie presenti a concentrazioni dell'ordine di qualche decina di femtogrammi (1 fg = 1·10⁻¹⁵ g) per grammo di campione.

A partire dal mese di maggio 2011 mi sono occupata di uno studio proposto dal prof. Angelo A. D'Archivio dell'Università degli Studi dell'Aquila, riguardo lo sviluppo di una metodologia analitica finalizzata alla determinazione dell'origine geografica dello zafferano sulla base di misure ICP-MS. La ricerca si colloca nell'ambito della tracciabilità alimentare, una tematica che mira a proteggere i prodotti locali e a garantirne autenticità e qualità a difesa degli interessi dei consumatori. Alla base dello studio proposto vi è l'ipotesi che la composizione elementare dei prodotti agricoli rifletta i fattori geochemici e bioclimatici del luogo di produzione, come in effetti confermato dalle numerose pubblicazioni scientifiche sulla tracciabilità soprattutto dei vini ma anche di altri prodotti come olio extravergine d'oliva, pomodoro, miele, caffè, etc... Ad oggi, però, non vi sono lavori scientifici riguardanti la possibilità di classificare geograficamente lo zafferano da *Crocus sativus* (v. figura 2) sulla base della sua composizione elementare.

Ai fini dell'indagine sono stati raccolti oltre venti campioni della famosa spezia (stimmi del *C. sativus* essiccati) provenienti da tre zone d'Italia: Aquilano (prodotto nella zona a Denominazione di Origine Protetta, DOP), Sardegna e provincia di Perugia (zona di Cascia). Ho quindi messo a punto una procedura di mineralizzazione del campione (mediante HNO₃ UP a caldo) e un metodo di analisi ICP-MS basato sulla determinazione, in modalità semiquantitativa, di più di 60 elementi.

Buona parte dello sforzo sperimentale è stato dedicato all'ottimizzazione delle condizioni operative di analisi al fine di ottenere dati riproducibili e accurati; i valori medi, zona per zona, degli elementi misurati sono riportati nei grafici 1 e 2.



Figura 2 - Fiore (a sinistra) e stimmi essiccati (a destra) del *Crocus sativus*

Selenio (Se), tellurio (Te), tantalio (Ta), terbio (Tb), rutenio (Ru), iridio (Ir), osmio (Os), platino (Pt), tallio (Tl), rodio (Rh) e palladio (Pd) avevano concentrazioni al di sotto dei limiti di rilevabilità per tutti i campioni.

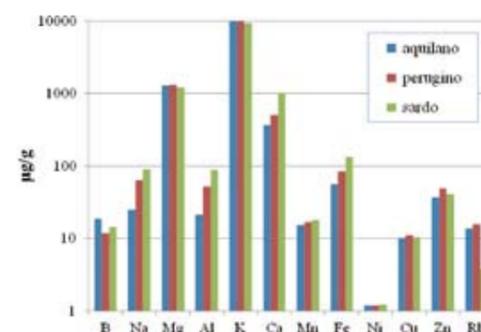


Grafico 1 - Concentrazioni medie degli elementi maggiori nello zafferano aquilano (n=6), perugino (n=7) e sardo (n=9)

Tra gli elementi maggiori (Grafico 1) spicca il K, presente a una concentrazione pari a circa l'1% in peso in tutti i campioni, indipendentemente dal suolo di produzione; è noto in realtà che tali livelli di K si riscontrano normalmente nei vegetali.

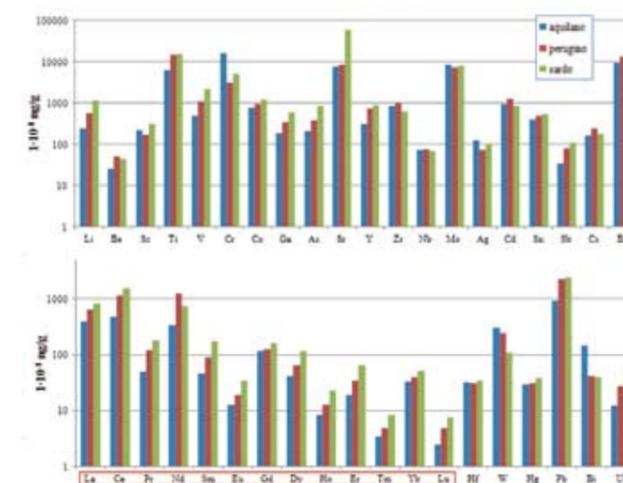


Grafico 2 - Concentrazioni medie degli elementi minori in tracce nello zafferano; nel riquadro rosso sono evidenziate le terre rare

Lo stronzio (Sr, Grafico 2) è uno degli elementi che differisce di più in funzione dell'origine geografica dello zafferano, la sua

concentrazione nei campioni sardi è di circa un ordine di grandezza superiore rispetto ai campioni aquilani e perugini che, tra l'altro, provengono da zone limitrofe e geologicamente simili. Anche questa evidenza non è un caso, lo Sr è considerato infatti un valido tracciante alimentare (o fingerprinter). Inoltre è da sottolineare il fatto che è stato possibile ottenere la misura di concentrazione di elementi presenti in tracce come le terre rare, specie non ritenute né essenziali e né tossiche per gli esseri viventi, ma è stato dimostrato che il loro tenore nelle piante è correlato con la concentrazione delle terre rare nel suolo in cui queste crescono.

Durante l'attività di stage svolta nel luglio 2011 presso il Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e Materiali dell'Università dell'Aquila ho approfondito le tecniche per il trattamento statistico dei dati sperimentali, applicandole ai dati relativi allo zafferano.

Per verificare che le misure di concentrazione raccolte abbiano effettivamente una distribuzione legata al sito di provenienza dei campioni è stata eseguita l'analisi delle componenti principali o PCA sulla matrice dati. Questa è una tecnica di statistica multivariata che consente di semplificare la complessa matrice di dati senza perdita di informazione, semplicemente riportando i dati originali nello spazio descritto da una, due (o più) componenti principali che non sono altro che combinazioni lineari delle variabili originarie (le concentrazioni degli elementi nel nostro caso).

Mediante la PCA è possibile mettere in evidenza le differenze tra i campioni e quali variabili contribuiscono maggiormente a tali differenze.

In Figura 3 è riportato il tentativo di classificazione geografica dello zafferano mediante PCA effettuata nello spazio di 24 variabili originarie.

Dalla matrice dati sono stati rimossi quegli elementi le cui concentrazioni sono legate all'inquinamento del sito di produzione (Pb, Cr, Cu, Zn, Ni, Hg, Cd e Bi) mentre la misura di altri elementi (Li, Be, Al, Sc, Ti, Zr, Nb, V, Pr, Sm, Eu, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, U) si sospetta sia inficiata a causa di possibili contaminazioni da parte di particelle di suolo (ancora da verificare), per cui anche questi sono stati esclusi per il momento dalla PCA.

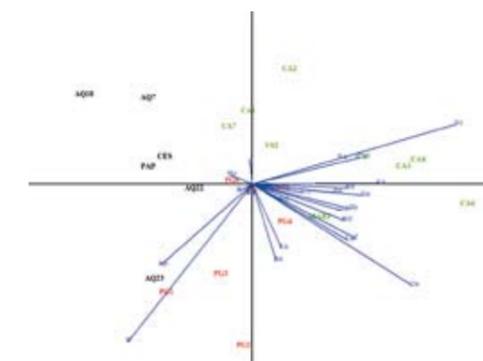


Figura 3 - Disposizione dei campioni di zafferano nello spazio della prima (asse orizzontale, varianza spiegata 46.6%) e della seconda componente principale (asse verticale, varianza spiegata 11.5%) estratte dallo spazio di 24 elementi. In nero, rosso e verde sono indicati i campioni aquilani, perugini e sardi, rispettivamente.

Come si può evincere dalla Figura 3, la PCA è in grado di classificare i campioni di zafferano in base all'origine geografica e gli elementi che contribuiscono maggiormente alla separazione dei dati provenienti da regioni diverse sono Sr, cerio (Ce), tungsteno (W) e rubidio (Rb).

Lo studio può essere migliorato estendendolo a un maggior numero di campioni ed applicando altre tecniche di statistica multivariata che classificano anche campioni incogniti. In conclusione si può ritenere che combinando le analisi multi-elemento condotte con l'ICP-MS con i metodi di classificazione multivariata è possibile fornire per lo zafferano (o altri alimenti) una garanzia di qualità del prodotto su basi scientifiche.

Studio teorico di neutrini emessi da supernova

Giulia Pagliaroli

L'attività svolta nel periodo Nov.30.2009-Dec.31.2010 ha riguardato lo studio dei segnali emessi durante fenomeni astrofisici complessi noti come Supernove. Queste esplosioni cosmiche che testimoniano la fase finale della vita di una stella di grande massa (dieci volte almeno quella del Sole) sono caratterizzate da una intensa emissione di luce, ma anche di neutrini e onde gravitazionali. Ognuna di queste emissioni porta informazioni sulla fisica della stella durante il collasso e l'esplosione, che integrate tra di loro potrebbero dare un quadro dettagliato del fenomeno.

La radiazione elettromagnetica emessa dall'esplosione di supernova è stata studiata in differenti regioni dello spettro (ottico, raggi X e gamma). Comunque le onde elettromagnetiche sono caratterizzate da un'alta probabilità d'interazione, e di conseguenza, si osservano solo i fotoni prodotti nella regione esterna della stella che quindi arrivano a Terra dopo qualche ora dal collasso.

Lo studio dell'emissione elettromagnetica non può spiegare quello che succede nei primi istanti del collasso e quindi nelle zone più interne. Invece, i neutrini e le onde gravitazionali, per la loro debole interazione con il mezzo, portano informazioni sulla dinamica delle zone più interne del nucleo stellare, che raggiungono densità e temperature enormi. D'altro canto la rivelazione di neutrini e segnali gravitazionali è molto difficile poiché limitata dalla bassa probabilità d'interazione con la materia ordinaria. Ci si aspetta anche che supernove di questo tipo,

che vengono frequentemente menzionate come “supernove a collasso gravitazionale”, portino alla formazione di stelle compatte, come le stelle di neutroni o i buchi neri. È stato verificato nel 1987, e riconosciuto dal premio Nobel 2002 per la fisica, che l'intensa emissione di neutrini che segue immediatamente l'esplosione può essere rivelata. Vari laboratori al mondo, inclusi i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, si sono dunque attrezzati per la rivelazione di questi neutrini, e sono in attesa del prossimo evento di questo tipo. In particolare presso i laboratori del Gran Sasso è stato costruito l'esperimento LVD a tale scopo.

Lo studio dei neutrini emessi da queste sorgenti può permettere di investigare l'astrofisica del collasso e di chiarire quali siano i meccanismi che lo innescano. Inoltre, questo tipo di supernove permette lo studio di proprietà fondamentali dei neutrini stessi. Infatti queste particelle difficili da rivelare si ipotizza abbiano una massa, ma il valore assoluto di tale massa non è ancora stato mai misurato. Durante questo periodo ci siamo interessati alla possibilità di misurare tale massa utilizzando lo studio dettagliato dei neutrini da supernova rivelati. Infatti il fatto che i neutrini abbiano una massa non nulla implica che essi si muovano ad una velocità più bassa di quella della luce. Questo causa un ritardo nei tempi di arrivo, che aumenta per neutrini con energie minori. Tale dipendenza del ritardo dalla energia della particella provoca una distorsione del segnale che arriva a Terra, rispetto a quello emesso alla sorgente. Questo implica che, conoscendo il segnale alla sorgente, è possibile cercare di ottenere il valore della massa del neutrino dal segnale rivelato a Terra. Il nostro gruppo di fisica teorica ha studiato questa possibilità in modo esaustivo, utilizzando un nuovo e più completo modello di emissione di neutrini da noi stessi migliorato in precedenza, ottenendo un limite superiore alla massa dei neutrini dai dati raccolti nel 1987 ed una stima delle potenzialità di questo metodo nel caso di future osservazioni. Tale risultato è stato inserito nell'importante rivista del Particle-Data-Group Collaboration: <http://pdg.lbl.gov/2011/listings/rpp2011-list-neutrino-prop.pdf>

Ricordiamo poi che vari esperimenti (in Italia e nel mondo) sono alla ricerca delle onde gravitazionali predette dalla teoria di Einstein. Mentre si dibatte ancora su quale sia la più plausibile sorgente astrofisica e quale sia il metodo migliore per cercarle, resta assodato che questa ricerca è estremamente difficile e l'uso di inputs esterni è auspicabile, se non addirittura necessario.

La proposta avanzata dal nostro gruppo nei primi mesi del 2009, ed in seguito elaborata assieme a vari fisici sperimentali, è di coadiuvare questa ricerca, nel caso di supernove a collasso gravitazionale, con le informazioni che possiamo ottenere proprio dai neutrini. Naturalmente, la possibilità di desumere dai neutrini il momento in cui dovrebbe essere emesso un fiotto di onde gravitazionali, ne agevola l'identificazione.

I risultati ottenuti sono stati accettati per la pubblicazione in riviste scientifiche internazionali.

Lista pubblicazioni in tale periodo:

1. **On the Goals of Neutrino Astronomy.** By Francesco Vissani, Giulia Pagliaroli, Francesco Lorenzo Villante. [arXiv:0912.4580 [astro-ph.HE]]. Nuovo Cim. C32N3-4 (2009) 353-359.
 2. **Neutrino mass bound in the standard scenario for supernova electronic antineutrino emission.** By G. Pagliaroli, F. Rossi-Torres, F. Vissani. [arXiv:1002.3349 [hep-ph]]. Astropart.Phys. 33 (2010) 287-291.
 3. **Using neutrinos to search for gravity waves.** By G. Pagliaroli. J.Phys.Conf.Ser. 203 (2010) 012080.
 4. **Using supernova neutrinos to monitor the collapse, to search for gravity waves and to probe neutrino masses.** By F. Vissani, G. Pagliaroli, F. Rossi-Torres. [arXiv:1005.3682 [hep-ph]]. Proceedings of Galileo-Xu Guangqi meeting: The Sun, the Stars, the Universe and General Relativity; October 26-30, 2009, Shanghai(China).
 5. **What is the issue with SN1987A neutrinos?** By F. Vissani, M.L. Costantini, W. Fulgione, A. Ianni, G. Pagliaroli. [arXiv:1008.4726 [hep-ph]]. Proceedings of Vulcano Workshop 2010.
 6. **Searching for prompt signatures of nearby core-collapse supernovae by a joint analysis of neutrino and gravitational-wave data.** By I. Leonor, L. Cadonati, E. Coccia, S. D'Antonio, A. Di Credico, V. Fafone, R. Frey, W. Fulgione et al.. [arXiv:1002.1511 [astro-ph.IM]]. Class.Quant.Grav. 27 (2010) 084019.
- Publications within VIRGO Collaboration
1. **Search for gravitational-wave inspiral signals associated with short Gamma-Ray Bursts during LIGO's fifth and Virgo's first science run.** By LIGO Scientific and Virgo Collaborations (J. Abadie et al.). [arXiv:1001.0165 [Unknown]]. Astrophys.J. 715 (2010) 1453-1461.
 2. **All-sky search for gravitational-wave bursts in the first joint LIGO-GEO-Virgo run.** By The LIGO Scientific and The Virgo Collaboration (J. Abadie et al.). [arXiv:1002.1036 [gr-qc]]. Phys.Rev. D81 (2010) 102001.
 3. **Virgo calibration and reconstruction of the gravitational wave strain during VSR1.** By The Virgo Collaboration (T. Accadia et al.). [arXiv:1002.2329 [gr-qc]]. J.Phys.Conf.Ser. 228 (2010) 012015.
 4. **Status and perspectives of the Virgo gravitational wave detector.** By T. Accadia, F. Acernese, F. Antonucci, S. Aoudia, K.G. Arun, P. Astone, G. Ballardin, F. Barone et al.. J.Phys.Conf.Ser. 203 (2010) 012074.
 5. **Sensitivity to Gravitational Waves from Compact Binary Coalescences Achieved during LIGO's Fifth and Virgo's First Science Run.** By The LIGO Scientific and the Virgo Collaboration (J. Abadie et al.). [arXiv:1003.2481 [gr-qc]].
 6. **Predictions for the Rates of Compact Binary Coalescences Observable by Ground-based Gravitational-wave Detectors.** By LIGO Scientific and Virgo Collaborations (J. Abadie et al.). [arXiv:1003.2480 [Unknown]]. Class.Quant.Grav. 27 (2010) 173001.

7. **Performances of the Virgo interferometer longitudinal control system.** By F. Acernese, F. Antonucci, S. Aoudia, K.G. Arun, P. Astone, G. Ballardin, F. Barone, M. Barsuglia et al.. Astropart.Phys. 33 (2010) 75-80.
8. **Automatic alignment for the first science run of the Virgo interferometer.** By F. Acernese, M. Alshourbagy, F. Antonucci, S. Aoudia, K.G. Arun, P. Astone, G. Ballardin, F. Barone et al.. Astropart.Phys. 33 (2010) 131-139.
9. **Search for Gravitational Waves from Compact Binary Coalescence in LIGO and Virgo Data from S5 and VSR1.** By LIGO Scientific and Virgo Collaborations (J. Abadie et al.). [arXiv:1005.4655 [gr-qc]]. Phys.Rev. D82 (2010) 102001.
10. **Calibration and sensitivity of the Virgo detector during its second science run.** By Virgo Collaboration (T. Accadia et al.). [arXiv:1009.5190 [gr-qc]]. Class.Quant.Grav. 28 (2011) 025005.
11. **Tools for noise characterization in Virgo.** By T. Accadia, F. Acernese, F. Antonucci, P. Astone, G. Ballardin, F. Barone, M. Barsuglia, T.S. Bauer et al.. J.Phys.Conf.Ser. 243 (2010) 012004.
12. **Noise from scattered light in Virgo's second science run data.** By T. Accadia, F. Acernese, F. Antonucci, P. Astone, G. Ballardin, F. Barone, M. Barsuglia, T.S. Bauer et al.. Class.Quant.Grav. 27 (2010) 194011
13. **Cleaning the Virgo sampled data for the search of periodic sources of gravitational waves.** By F. Acernese, M. Alshourbagy, F. Antonucci, S. Aoudia, K.G. Arun, P. Astone, G. Ballardin, et al.. Class.Quant.Grav. 26 (2009) 204002.
14. **Search for Gravitational Wave Bursts from Six Magnetars.** By The LIGO Scientific and the Virgo Collaboration (J. Abadie et al.). [arXiv:1011.4079 [astro-ph.HE]]. Astrophys.J. 734 (2011) L35.

Studio sperimentale di raggi cosmici di altissima energia

Claudio Di Giulio

Durante il periodo dell'assegno di ricerca sono state svolte diverse attività di ricerca collegate allo studio sperimentale dei raggi cosmici di altissima energia con i dati raccolti dall'Osservatorio di raggi cosmici Auger situato in Argentina.

L'osservatorio Pierre Auger è dedicato allo studio dei raggi cosmici di altissima energia ($E > 10^{19}$ eV) ed è costituito da un rivelatore di superficie (SD) che si estende su una superficie di circa 3000 km² e da un rivelatore di fluorescenza (FD).

Il Dr. Di Giulio Claudio ha lavorato principalmente sul rivelatore di Fluorescenza. Tale rivelatore è composto da 24 telescopi ciascuno dei quali dotato di un grande specchio sferico che concentra la luce di fluorescenza prodotta dall'azoto atmosferico eccitato dalle particelle cariche dello sciame prodotto dal raggio cosmico di altissima energia, su una camera equipaggiata di

440 fotomoltiplicatori.

Il funzionamento e le performance dell'osservatorio sono state monitorate attraverso l'utilizzo di fasci laser laser che vengono diretti nel campo di vista dei telescopi e che vengono visti dall'FD con la stessa proprietà sperimentale degli sciami di particelle prodotti dai raggi cosmici. I laser hanno potenza e direzione nota e dunque permettono di realizzare una sorta di test beam in situ. I dati dei laser sono stati analizzati al fine di studiare la sincronizzazione temporale tra l'SD e l'FD, la risoluzione con cui viene ricostruito l'asse degli sciami, l'allineamento e calibrazione assoluta dei telescopi e il monitoraggio delle condizioni atmosferiche.

Il Dr. Di Giulio ha contribuito allo sviluppo di tecniche di ricostruzione degli sciami atmosferici. Tali tecniche permettono la stima della direzione di arrivo, dell'energia e massa dei raggi cosmici. La direzione di arrivo è stata studiata negli eventi ibridi, ossia in quegli sciami simultaneamente visti dall'FD e dall'SD e viene ricostruita con una risoluzione angolare inferiore ad 1 grado. L'energia viene determinata a partire dal profilo longitudinale degli sciami misurato con l'FD ed informazioni sulla massa si ottengono dalla misura della profondità atmosferica alla quale lo sciame raggiunge il suo massimo sviluppo.

Il Dr. Di Giulio ha ideato e sviluppato una nuova tecnica di ricostruzione del profilo che permette di descrivere la distribuzione angolare dei fotoni in funzione del loro tempo di arrivo ai telescopi. Tale distribuzione dipende dalla larghezza trasversale dello sciame e dall'aberrazione sferica dei telescopi e la sua conoscenza è fondamentale per ottenere una stima precisa dell'energia dei raggi cosmici. I dati raccolti dall'Osservatorio Auger sono stati analizzati per studiare lo spettro in energia, le direzioni di arrivo e la composizione in massa dei raggi cosmici.

È stato osservato l'ankle a $10^{18.5eV}$ e definitivamente confermato il cut-off dello spettro ad energie superiori a $10^{19.5eV}$, come suggerito dai modelli di propagazione che tengono conto della perdita di energia subita dai protoni in seguito all'interazione con il fondo di radiazione cosmica a 2.7 K.

Per ottenere lo spettro in energia con il rivelatore SD calcolando l'apertura del rivelatore, il Dr. Di Giulio ha sviluppato una tecnica che permette di calibrare il segnale SD tramite la misura calorimetrica di energia dell'FD utilizzando un sottocampione di eventi rivelati simultaneamente da entrambi i rivelatori. Questa tecnica permette il calcolo degli errori sistematici e statistici nella misura del flusso dei raggi cosmici di altissima energia dove il Dr. Di Giulio ha dato un contributo fondamentale.

L'ambiente di apprendimento dei corsi online di "Gran Sasso in rete"

Bruno Nati, Marilena Tamburello

Moodle: un ambiente Open Source per l'apprendimento.

La piattaforma di apprendimento utilizzata per i corsi di forma-

zione online di "Gran Sasso in rete" è stata la nuova versione di Moodle, un efficace prodotto Open Source, considerato uno standard nell'ambiente accademico e che inizia ad affermarsi anche nel settore privato.

Punti di forza di questo software sono la flessibilità, la modularità, la presenza di una comunità di sviluppo e supporto di dimensioni mondiali e non di meno, l'assenza di costi. Dal punto di vista didattico, Moodle, consente di operare con contenuti multimediali di ogni genere, ha, nella sua configurazione standard, tutti gli strumenti di lavoro collaborativo e di comunicazione necessari allo sviluppo di percorsi formativi strutturati complessi, si integra con altri applicativi web, quali CMS e applicativi di autenticazione e autorizzazione, consente il monitoraggio e la valutazione dell'utenza.

Moodle dispone di un sistema di gestione dei permessi molto raffinato, che permette differenti gradi di accesso al sistema. Questa tipologia di approccio consente, ad esempio, ad un docente di operare in modo autonomo e in tutta sicurezza all'interno della piattaforma senza la necessità di un background informatico.

L'adozione di Moodle ha reso possibile tutta una serie di "personalizzazioni" per adattare lo strumento alle esigenze dei corsi, senza rinunciare alle numerose opportunità offerte dal sistema.

Gi strumenti:

- **Forum** Il forum è uno strumento di comunicazione asincrono che consente di aprire discussioni strutturate. Attraverso il forum è possibile generare processi di collaborazione e cooperazione, dinamiche di confronto e negoziazione, attività e discussioni in piccoli e grandi gruppi
- **Chat** La chat è uno strumento di comunicazione sincrono per la comunicazione con il gruppo classe e con tutor e docenti. Viene utilizzato soprattutto in funzione relazionale.
- **Messaggistica interna** Strumento di comunicazione asincrono, consente di inviare messaggi personali ad altri utenti, una sorta di e-mail di corso.
- **Wiki** Il wiki è uno strumento di scrittura collaborativa/cooperativa in grado di sostenere molteplici autori nella stesura di un testo. Il sistema è in grado di rendere persistenti le modifiche che ciascun autore ha apportato esplicitando il processo di stesura.
- **Blog** Il blog è uno strumento di comunicazione asincrono individuale. Una sorta di bacheca personale in cui inserire riferimenti, riflessioni, prodotti testuali o multimediali tesi a processi di comunicazione e meta-comunicazione con gli altri elementi della classe.
- **Portfolio** Il portfolio è uno strumento di comunicazione asincrono personale che può esser letto solo da tutor e docenti. Questo strumento si configura quale curriculum nel quale il discente esplicita il proprio percorso di formazione.

Oltre agli strumenti sopra elencati Moodle è in grado di ospitare altri applicativi o estensioni funzionali ad ampliare l'efficacia del

sistema e di sopperire alle necessità che di volta in volta emergono in un progetto di formazione. Moodle, inoltre supporta gli standard internazionali più utilizzati in materia di e-learning: SCORM, AICC, IMS.



Fig. 1 - Home Page del Portale Moodle dei corsi (<http://e-learning.lngs.infn.it>)

Aula Virtuale: una lezione che diventa esperienza

Un processo innovativo di formazione non deve escludere tecniche e modelli consolidati di insegnamento/apprendimento. La lezione frontale è un metodo al quale siamo avvezzi da secoli e richiama ad un rapporto diretto tra il docente/maestro ed il discente, in uno scambio modulabile in funzione degli stili individuali e degli approcci prescelti.

L'aula virtuale è un prodotto tecnologico innovativo che utilizza paradigmi didattici collaudati coniugandoli a strumenti evoluti di grande potenzialità.

L'uso di questo strumento diviene fondamentale quale momento di sintesi e di consolidamento del gruppo classe. La lezione consente la condivisione di applicazioni o materiali, l'intervento di più docenti remoti, di esperti disciplinari, l'interazione audiovisiva con la classe e tra la classe. La lezione può essere registrata e resa disponibile configurandosi come un materiale multimediale co-costruito in itinere.

L'adozione di un aula virtuale non può prescindere da un'attenta analisi dei prodotti disponibili e in commercio. La perfetta funzionalità del software, assieme ad una sua semplicità d'uso è pregiudiziale per una sua adozione.

In questa tipologia di prodotto abbiamo selezionato un software commerciale, anch'esso ampiamente utilizzato nell'ambiente accademico e della Ricerca. L'adozione dell'aula virtuale è frutto di una collaborazione tra GARR, la sezione INFN di Catania e LNGS.



Fig. 2 - Schema aula virtuale

Il Laboratorio virtuale d'informatica: "Tutti i costruttori hanno bisogno di materiali con cui costruire..."

Il laboratorio virtuale di informatica è un prodotto software sviluppato appositamente per il corso di "Affidabilità dei servizi informatici aziendali". Attraverso questo software è possibile simulare applicazioni reali con le quali i discenti possono, in tutta sicurezza, esercitarsi e sperimentare soluzioni.

Il laboratorio consente di mettere in pratica i concetti illustrati nelle lezioni in modo individuale, attraverso un'interfaccia grafica dedicata. Le esercitazioni pratiche possono essere discusse attraverso lezioni frontali in aula virtuale o condivise nel forum. La possibilità di accedere in modo simultaneo e individuale all'applicazione consente, inoltre, di condividere l'esperienza in tempo reale, utilizzando la chat, il forum o l'aula virtuale e attivare dinamiche di gruppo, consolidando la percezione di se e del proprio ruolo quale entità collaborativa nell'insieme classe.

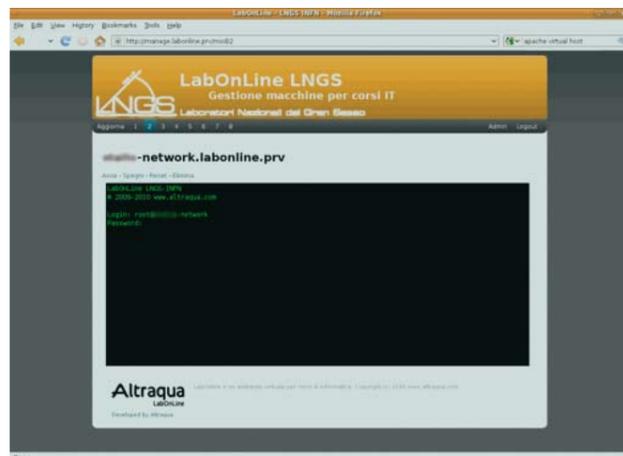


Fig. 3 - Schermata del laboratorio virtuale d'Informatica

Dell'esperienza dei corsi online realizzati in "Gran Sasso in rete". Le competenze e le buone pratiche per l'e-tutoring: un modello didattico "integrato".

Il corso Le competenze e le buone pratiche per l'e-tutoring si è dimostrato un'importante palestra di sperimentazione, nella quale la compresenza di due tutor e l'adozione di un modello didattico integrato [Mason, 1998] ha consentito di attuare significative attività collaborative. Il percorso prevedeva la produzione di elaborati collettivi attraverso gli strumenti di collaborazione e comunicazione, lo svolgimento di attività di peer review tra i gruppi e alcuni incontri e lezioni in presenza.

In quest'occasione, la creazione di piccoli gruppi con ruoli, attività e obiettivi precisi, ha generato una forte identificazione nel compito assegnato. I tutor e con essi la presenza del docente, hanno avuto un ruolo decisivo nel continuo gioco di sostegno che di gruppo in gruppo si rendeva necessario. Ruoli ed identità individuali si sono caratterizzati negli scambi sui forum, nell'assegnazione dei compiti, nella produzione degli elaborati fino all'esame finale.

Affidabilità dei servizi informatici: Learning by doing.

Il corso "Affidabilità dei servizi informatici aziendali" ha inteso fornire competenze per la progettazione dell'infrastruttura informatica e di rete di piccole e medie aziende ed illustrare le tecniche che permettono di rendere i servizi informatici in azienda ed i dati ad essi associati sempre disponibili agli utenti.

Il percorso formativo prevedeva l'erogazione di lezioni attraverso materiali testuali e multimediali ed esercitazioni pratiche attraverso il laboratorio virtuale. I discenti hanno potuto verificare le conoscenze acquisite attraverso test simulati anche distruttivi. Il sistema di laboratorio è in grado di fornire ad ogni singolo studente un'interfaccia web per reinstallare le macchine virtuali utilizzate per le esercitazioni rendendoli di fatto autonomi e riducendo il supporto esterno.

Le esercitazioni e i test eseguiti venivano discussi nel forum in una continua attività di confronto e condivisione delle espe-

rienze. Si è realizzata, in tal modo, un'esatta replica di una comunità di apprendimento, in cui vengono condivisi linguaggi e obiettivi e nella quale si costruisce conoscenza.

Applicazioni delle macchine Stirling nei processi con fonti rinnovabili: nuovi metodi per nuove energie.

Il corso ha affrontato le tematiche delle energie rinnovabili e del risparmio energetico, un settore di grande interesse per imprenditori, dirigenti e tecnici, focalizzato sulle applicazioni della macchina Stirling. Si tratta di un ambito particolare e peculiare dell'attività di ricerca dei LNGS. Le macchine Stirling, infatti, sono ampiamente utilizzate nei laboratori per le attività di criogenia legate agli esperimenti, ma le applicazioni di questa efficiente tecnologia possono facilmente essere declinate su altri fronti, come quello delle energie rinnovabili. La connotazione fortemente innovativa del corso e l'estremo interesse del territorio per il settore sono emblematici del contributo e delle sinergie che la ricerca di base è in grado di generare per lo sviluppo del paese.

Il corso è stato anche un momento di incontro e confronto tra imprenditori del territorio già attivi nel settore delle energie alternative e rinnovabili. Conoscenze, tecnologie, soluzioni tecniche si sono concentrate in un luogo virtuale e reale al tempo stesso; i LNGS quali incubatori e mediatori d'impresa oltre che centro di ricerca ed ente di formazione.

Utilizzo dei sistemi SCADA per il controllo del territorio: content e support per il controllo del territorio.

Il corso era rivolto a tecnici d'impresie operanti in ambito industriale, di acquedotti, impianti di depurazione, consorzi di bonifica, aziende multi-utilities (es. ATO), enti di ricerca e più in generale a coloro che devono realizzare controlli e rilevamenti a distanza tramite sistemi di telecontrollo semplice o con sistemi di telecontrollo multi-funzione.

Anche in questo caso la scelta del corso maturava da esigenze sentite dal territorio. L'uso di tecnologie evolute per la salvaguardia dell'ambiente è un argomento strategico soprattutto in territori con un'alta vocazione turistica e naturalistica. Il corso ha coinvolto tecnici di aziende private, professionisti ed imprenditori che allo stesso modo del corso di Applicazioni delle macchine Stirling nei processi con fonti rinnovabili, hanno condiviso e discusso le tecnologie più efficienti e di maggior successo del settore.

Riferimenti bibliografici e sitografici

Jonassen, D.H (1994) - Thinking technology toward a constructivist design model, "Educational technology", 34, pp34-37.
 Mason, R. (2002) Review of E-learning for education and training, Paper presentato alla Networked Learning Conference 2002 - <http://www.sloan-c.org/publications/magazine/v2n2/mason.asp>
 Mason, R (1998) Models of online courses.

Midoro V.TD-25, Dalle comunità di pratica alle comunità di apprendimento virtuali, ITD-CNR Genova
 Moodle - <http://moodle.org/>, <http://moodle.org/stats>

Papert S. (1984) Mindstorms.. Bambini computer e creatività.
 Wenger E, Comunity of Practice, Cambridge University
 Wiki - <http://it.wikipedia.org/wiki/Wiki>



AZIENDE E STAGE

Gran Sasso Acqua S.p.A., L'Aquila
TC Service, Assergi (AQ)
Comasud S.r.l., Castellalto (TE)
Cubiq s.r.l., San Giovanni Teatino (CH)
DG Promotion, L'Aquila

Walter Tosto Serbatoli, Chieti Scalo (CH)
Ruzzo Reti S.p.A., Teramo
Ecohmedia, Spoltore (PE)
Altraqua, Coppito (AQ)
Sportland S.r.l., Barisciano (AQ)
B4D S.a.s., Morro D'Oro (TE)

UNIVERSITÀ, CENTRI DI RICERCA E STAGE

Centro Fermi, Roma
Università Milano Bicocca
Università dell'Aquila
Università Roma 2

CERN, Geneve, SWITZERLAND
Princeton University, USA
CSNSM - CNRS, Orsay, Paris, FRANCE
CALTECH, USA
DUSEL Lab, USA/CERN Geneve, SWITZERLAND
University of Adelaide, AUSTRALIA

Si ringraziano tutti coloro che, a vario titolo, hanno reso possibile la realizzazione del Progetto Speciale multiasse "Gran Sasso in rete".

REDAZIONE A CURA DI

Monica De Simone
Franca Masciulli

CONTRIBUTI DI

Roberta Antolini
Francesco Arneodo
Giuseppe Bonfini
Angela Cardarelli
Fabio Carrozzi
Simone Castellano
Donatello Ciccotti
Eugenio Coccia
Lorenzo Cococcia
Nicoletta De Gregorio
Germano De Sanctis
Monica De Simone
Adriano Di Giovanni
Claudio Di Giulio
Maurizio Di Paolo Emilio
Francesco Di Pompeo
Assunta di Vacri
Maria Laura di Vacri
Marco Ferrante
Dino Franciotti

Lucia Votano
Paolo Gatti
Federico Gabriele
Benedetto Gallese
Alessia Giampaoli
Chiara Ghiano
Elena Guardincerri
Angela Incani
Nadia Lauri
Rosita Lorenzetti
Franca Masciulli
Bruno Nati
Stefano Nisi
Giulia Pagliaroli
Francesco Potenza
Eleonora Sasso
Marilena Tamburello
Caterina Totaro
Roberto Vanni

Grafica e impaginazione
DG Promotion - L'Aquila
www.dgpromotion.it

Stampato nel mese di ottobre 2011 presso
Fabiani e C. Stampatori - Fossa (AQ)

Servizio Alta Formazione LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO - INFN

<http://gransassoinrete.Ings.infn.it> - Mail: altaformazione@Ings.infn.it

Tel: 0862 437231 - Fax: 0862 437571

