

che riempie l'abside della cappella di San Pietro Martire contenuta all'interno del complesso monumentale in cui è ospitata la Scuola Militare NBC di Rieti.

- Allestimento di un sistema LIF per analisi puntuali di materiali di interesse per i Beni Culturali presso l'Istituto NILES nell'ambito della collaborazione bilaterale Italia-Egitto "LIBS for Environmental diagnostics" afferente all'area tematica tecnologie per i beni culturali del MAE, fra l'ENEA e l'Istituto NILES dell'Università del Cairo per il triennio 2008-2010;
- Realizzazione del payload di prototipo ITR ottimizzato per l'utilizzo dal ROV appositamente progettato dal partner AGEOTEC fino a profondità di -100m in archeologia sottomarina (progetto RI 297 Sud BLU-ARCHEOSYS – Tecnologie innovative e sistemi avanzati a supporto dell'archeologia subacquea).
- Progettazione e realizzazione di un sistema LIF-Scanning, evoluzione del precedente brevetto ENEA relativo ad un sistema LIF-Scanning puntuale, per la raccolta remota di immagini di fluorescenza ad alta velocità basato su scansione di linea e rivelazione mediante CCD. I test di laboratorio hanno permesso di acquisire un contratto con la Sovrintendenza ai Beni Culturali della regione Veneto per la scansione degli affreschi nel Battistero di Padova durante le pianificate opere di restauro. La campagna si svolgerà nel maggio 2010.
- Messa a punto di una metodologia di analisi statistica di dati LIBS, basata sulla tecnica PCA, per il riconoscimento dell'origine di campioni di pietre di edifici monumentali presumibilmente estratti da cave storiche. L'attività è stata svolta in collaborazione con l'Università di Siviglia (Spagna) che ha inviato un suo professore con i campioni da analizzare e quelli di riferimento per la sperimentazione eseguita in ENEA .
- Partecipazione, come sub contraenti, alla proposta AQUALAS presentata dall'Università di Malaga per la messa a punto di tecnologie di analisi chimica in situ su campioni archeologici sommersi. La proposta è stata finanziata a fine anno dalla regione Andalusia (Spagna), le attività triennali inizieranno per l'ENEA nel 2010.
- Collaborazione all'allestimento del Centro di Documentazione sul Medio Evo in Gallura, progettando e realizzando l'ogramma del Santo Graal. Tale opera è in esposizione permanente nel Museum Natività B.V. Maria di Luogosanto (Olbia).
- Partecipazione alla conferenza Cairo 2009 sui Beni Culturali con discussione della proposta europea EACH per un programma Euro Mediterraneo dedicato allo sviluppo di Tecnologie per i Beni Culturali.

#### MATERIALI PER LE COSTRUZIONI

L'ENEA effettua attività di ricerca nel campo dello sviluppo e qualificazione fisica, termica e meccanica di materiali per l'edilizia e/o per costruzioni con caratteristiche di risparmio energetico e comfort e resistenza al fuoco ed all'impatto (progetto MAMAS).

In particolare si sta studiando lo sviluppo di compositi a fibra lunga basati su matrici fosfatiche innovative CBC (Chemical Bonded Ceramics), di imminente immissione sul mercato.

Nell'ambito dell'obiettivo generale di risparmio energetico nelle abitazioni, sono stati caratterizzati numerosi materiali (laterizi e calcestruzzi alleggeriti, isolanti, cementi per geotermia etc.) ed effettuate simulazioni di murature composite, con modelli termici ad elementi finiti, per valutarne la riduzione di trasmittanza termica.

E' stata completata la sperimentazione sismica su un modello rinforzato in scala 1:10 del principale macroelemento strutturale della Chiesa di Santa Irene di Istanbul (Turchia). L'attività è frutto di un accordo del Ministero dei Beni Culturali della Turchia, che, con il finanziamento della Banca Mondiale, ha affidato il lavoro allo Studio Croci e Associati ed SPC di Roma in Joint Venture con lo OSM di Istanbul.

Sono state completate le prove sperimentali sul modello in scala del tamburo della cupola della chiesa di S. Nicolò L'arena di Catania rinforzato con il sistema DIS-CAM di cucitura attiva ed elementi dissipativi.

Sono state completate le attività della convenzione ENEA-IIS "F. Brunelleschi" di Acireale per la diffusione della cultura della sicurezza sismica nelle scuole.

Sono stati fatti alcuni interventi di manutenzione straordinaria per la messa in sicurezza degli impianti sperimentali, le attrezzature e gli insiemi a pressione. E' in corso la verifica di conformità delle tubazioni in pressione ai sensi dell'art. 16 del D.M. 01/12/2004 n. 329

E' stato completato lo sviluppo del sistema innovativo 3D-Vision per l'acquisizione dei dati sperimentali delle prove sismiche su tavole vibranti e la messa in rete dei laboratori per la sperimentazione condivisa a distanza mediante accesso al GRID ENEA. Le prime applicazioni della sperimentazione condivisa sono state effettuate nel corso delle prove sismiche sul modello in scala del macro elemento strutturale di S. Irene e delle prove sismiche della convenzione ENEA-IIS "F. Brunelleschi" e del modello del tamburo di S. Nicolò L'Arena.

#### MATERIALI PER I TRASPORTI

E' stata avviata la sperimentazione per la messa a punto dei parametri del processo di infiltrazione chimica in fase vapore (CVI), sia di carburo di silicio che di carbonio, per la produzione di compositi rispettivamente in  $\text{SiC}_{\text{fibre}}/\text{SiC}_{\text{matrix}}$  e in  $\text{C}_{\text{fibre}}/\text{C}_{\text{matrix}}$ , rinforzati con fibre lunghe (CFCC). I CFCC grazie alle loro caratteristiche, quali per esempio la resistenza alle alte temperature, la bassa densità, l'elevata resistenza agli shock termici o l'elevata resistenza all'usura, vengono proposti in applicazioni per i settori automobilistico, aeronautico e aerospaziale.

Progetto SITI (Sicurezza In Tunnel Intelligente) - Per quanto riguarda la valutazione dei calcestruzzi standard ed innovativi, malte termiche, etc. in presenza di incendio, sono state effettuate caratterizzazioni termomeccaniche e termofisiche, integrate con valutazioni termostrutturali mediante modelli ad Elementi Finiti della galleria dei VVFF di Montelibretti, dove sono stati effettuati una serie di eventi di incendio reale.

Nell'ambito del progetto LACER (laser ceramico a stato solido ad alta potenza) sono state concluse le attività progettuali con il risultato principale di realizzazione di prototipi di materiale laserante ceramico Nd-YAG che potrebbero portare allo sviluppo di laser di alta potenza da utilizzarsi anche nel settore della Fusione per l'ignizione del plasma.

Le attività e svolte in collaborazione con i soci del consorzio CALEF (Politecnico di Bari ed Università della Calabria) volte a valutare i benchmark di laser a stato solido presenti nei laboratori Laser dell'ENEA Trisaia ed acquisite dal CALEF come attrezzatura prototipali nell'ambito dello stesso processo di ricerca, hanno permesso di definire le procedure di saldatura su leghe di Titanio gr5 da 1 a 3 mm, su leghe di magnesio AZ31 da 0,75 a 3,2 mm e su leghe a Memoria di forma NITI di materiale a memoria di forma e super elastico con spessori da 0,5 a 0,75 mm di spessore.

I risultati ottenuti sono stati valorizzati con pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali ed attualmente è in fase avanzata la preparazione di proposte brevettuali delle attrezzature di saldatura sviluppate per i materiali al alta reattività. Inoltre, il know how acquisto è spendibile nella partecipazione ai nuovi bandi di finanziamento dell'ambito dei distretti dell'aeronautica per lo sviluppo della saldatura del Titanio.

Durante il 2009 è inoltre proseguita l'attività di servizi avanzati alle imprese con la Thales ALENIA Space di Pisa per la quale è stata sviluppata una specifica di saldatura WPS-LBW(2008)001\_Rev1 per la realizzazione di 4 CMA (*Caging Mechanism Assembly*) che verranno installati su un satellite sponsorizzato da ESA e realizzato da Astrium denominato *LISA pathfinder*. Nel corso del 2009 sono stati effettuati ulteriori studi sulla possibilità di effettuare riparazioni degli EQM (*Engineering*

*Qualification Model*) già realizzati per venire incontro alle esigenze del committente che ha avuto problemi sulla tenuta dei sensori interni, durante i test pre volo, e per la cui sostituzione è stato necessario rilavorare gli EQM. Tale operazione effettuata con esito positivo ha permesso di acquisire una nuova commessa nell'arco del 2009 per la saldatura di 4 Flight Module che sarà svolta nel 2010.

Sono stati realizzati coatings protettivi per supporti metallici, con elevate proprietà anticorrosione. I rivestimenti realizzati sono a base di polimeri rinforzati con nanocariche; in particolare si tratta di rivestimenti a base di resina epossidica caricata con nanoargilla (montmorillonite) e a base di polianilina rinforzata con nanotubi di carbonio.

Sono stati messi a punto i parametri di processo di deposizione (rispettivamente elettroforetica ed elettrochimica) nonché la composizione ottimale delle soluzioni in cui sono presenti i precursori. Le misure di impedenza elettrochimica hanno dimostrato che la resistenza alla corrosione dei coatings caricati è aumentata di un fattore superiore a 10 rispetto a quella dei coating non caricati.

Il processo di impiantazione ionica è stato utilizzato per la realizzazione di un sensore di deformazione. Ioni di rame (Cu) e nichel (Ni) sono stati impiantati in polimeri (resina epossidica, policarbonato) ottenendo uno strato "quasi-metallico" ultrasottile sotto la superficie impiantata del polimero. È stato presentato un brevetto sulla realizzazione di un sensore di *strain gauge* "Sensore di deformazione a matrice polimerica" (domanda di deposito del 16.01.2009). I materiali prodotti sono stati studiati e analizzati tramite tecniche microstrutturali, spettroscopiche ed elettroniche.

#### ROBOTICA: SPERIMENTAZIONE E MESSA A PUNTO DI COMPETENZA DI FRONTIERA

L'attività è articolata in 4 linee, per le quali si riportano di seguito i principali risultati conseguiti.

##### **Sviluppo sistemi sensoriali per la robotica**

Nel suo complesso questa linea di attività ha l'obiettivo di dotare sistemi intelligenti di una capacità percettiva dell'ambiente in cui operano. L'attività ha un panorama applicativo comunque larghissimo e in particolare l'unità cui afferiscono gli studi di robotica ha concentrato il focus sulle tematiche della sensoristica sottomarina e delle percezioni visive e tattili.

Nel corso del 2009 è stato completato il progetto STSS500, Sonar Tridimensional System, finalizzato alla realizzazione di un sistema di rendering tridimensionale, mediante un sensore acustico sottomarino e impiegato su sistemi robotica autonomi già sviluppati dall'Unità sviluppato in collaborazione con la WASS, basato in larga misura su facilities esistenti. La sperimentazione è stata attuata su sistemi robotici già in possesso dell'unità e condotta presso il porto turistico di Civitavecchia e presso la sede ENEA del Brasimone.

Sulla tematica della percezione visiva, è stata completata e conclusa l'attività sviluppata nel 2008 sui sistemi commerciali di visione artificiale con la società Duel TV i cui risultati finali sono in via di utilizzo sul progetto TECVIM (Tecnologie per sistemi di visualizzazione immagini).

E' stato firmato un accordo di collaborazione con ENEL per l'assistenza ed il monitoraggio dei sistemi di generazione idroelettrica fluviale con robotica subacquea, con effettuazioni di interventi presso la centrale elettrica di Nazzano (Roma) e prossimamente in altre centrali.

##### **Metodi di comunicazione multicanale tra uomo e robot - HRI**

Le attività effettuate per l'anno appena passato su questa linea si riferiscono ai sistemi di force feedback di tipo innovativo, in grado di comunicare all'uomo la situazione del sistema che opera in remoto.

Il sistema sviluppato presso ENEA, basato su un robot caratterizzato da inerzie bassissime e da un attrito in linea di principio ridottissimo, è stato già dimostrato con successo in un progetto (TECSIS) con applicazioni nel settore della conservazione del patrimonio culturale conclusosi nel 2008. Obiettivo dell'attività per il 2009 è stata la riduzione degli effetti parassiti, ancora consistenti sul dispositivo, e lo sviluppo di metodi di controllo (con particolare riferimento alla dinamica) più robusti

rispetto a quelli attualmente adottati. Inoltre è in via di completamento una tecnologia di "Realtà Aumentata", sviluppato con CentroRicercheFIAT e con la collaborazione dell'Istituto Centrale del Restauro, per il supporto alle operazioni di diagnostica e manutenzione del patrimonio artistico, nell'ambito del progetto TECVIM che si completerà a giugno 2010.

#### Tecnologie per sistemi robotici cooperanti

L'attività di riferisce allo sviluppo di tecnologie e sistemi di *swarm* e *collective intelligence*, mirati alla esplorazione di ambienti totalmente sconosciuti e/o pericolosi (aree disastrate, inquinate, minate ecc.) o di ambienti estesi e caratterizzati dalla necessità di acquisire livelli di dettaglio molto spinti (es.: monitoraggio di coltivazioni, esplorazione planetaria). Va precisato che, nell'ambito degli obiettivi applicativi delle tecnologie dei sistemi robotici cooperanti, particolare risalto assume l'aspetto di monitoraggio e controllo del territorio e delle infrastrutture. Con riferimento alla "mission" dell'Ente infatti, il monitoraggio consente sia di conseguire significativi risultati in termini di risparmio energetico (monitoraggio dell'integrità dei sistemi di trasporto di vettori energetici), sia di sicurezza del sistema energetico (monitoraggio degli impianti ad alta criticità sotto l'aspetto sicurezza come i terminal petroliferi) obiettivo dichiarato di interesse europeo e finanziato da uno specifica area di FP7. Su questa tematica è stato vinto un bando di progetto ("Harness") emesso dall'IT con la partnership dell'università di Perugia e di Tor Vergata. Altri partner sono stati contattati per l'avvio di progetti in abito FP7 quali, il CNR, la WASS, l'ISPRA, la Edisoft, società operante in Portogallo e la Marina Militare Italiana.

Per quanto riguarda l'impiego di sistemi cooperanti applicati al controllo del traffico di mezzi di varia natura è invece già partito a fine 2009 un progetto "industria 2015" per la razionalizzazione del traffico di merci all'interno dei grossi interporti. Tale progetto è collocato nell'ambito dell'area Trasporti e utilizzerà per quanto riguarda ENEA alcune tecnologie sviluppate internamente in collaborazione con la società Deep Blue nel settore del traffico aereo.

In quest'ultima area applicativa invece è già partito il progetto Eurostar, consistente nello sviluppo di sistemi di controllo cooperanti per la gestione di grandi flussi di aeromobili nell'ambito del modello "free fly" sempre con Deep Blue; tale progetto riceverà i primi finanziamenti nel 2010 ma lo startup meeting con i partner internazionali e le prime attività sono già state avviate sulla base di autofinanziamento. Esso implementa applicazione di intelligenza collettiva per sciami di UAV non coordinati con gestione delle priorità e dei conflitti.

Nel corso del 2009 la realizzazione del Medusa (piattaforma di moto adatta per sistemi multi robot cooperanti e ingegnerizzata nell'ambito del progetto TECSIS) ha è stata portata avanti con la commessa ad una officina meccanica di alta qualità per la realizzazione delle sue parti componenti. Il dispositivo verrà impiegato nell'ambito del già citato progetto Harness .

#### Tecnologie per il supporto ad anziani e disabili

Nel corso del 2009 sono partiti due nuovi progetti in questo settore denominati "Traveller Needs" e SISTAST il primo, localizzato nella regione Puglia e condotto in collaborazione con il Consorzio di Cooperative Sociali Sociali Elpendu su bando FESR della regione Puglia è finalizzato ad assistere le persone con disabilità nel corso della vacanza sia in fase di progettazione del viaggio che nelle diverse fasi di fruizione della vacanza medesima. SISTAST rappresenta di fatto la prosecuzione di Traveller Needs, ma estende a tutto il territorio regionale i risultati ottenuti dal primo.

In termini di sviluppo e' stata inoltre proseguita l'attività del progetto condotto in collaborazione con la società Nautisat per la realizzazione di un dispositivo di localizzazione e guida per i non-vedenti basato su tecnologie di tipo elettronico.

## ICT E CALCOLO

L'obiettivo generale delle attività sulle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione riguarda lo sviluppo e l'implementazione di sistemi avanzati di calcolo, modellistica e visualizzazione tridimensionale dei dati, attraverso le tecnologie GRID, per il sostegno alle attività di R&ST e per il mondo produttivo, in particolare la PMI.

L'ENEA nel corso degli ultimi anni ha investito sia con fondi istituzionali che con fondi provenienti da progetti per realizzare una rilevante infrastruttura ICT, che annovera al momento 6 poli di ICT (Bologna, Casaccia, Frascati, Portici, Trisaia, Brindisi), ognuno dotato di infrastrutture di calcolo e visualizzazione 3D e di competenze specialistiche operanti su diverse tematiche applicative. In particolare presso il Centro Ricerche di Portici è stata completata la realizzazione di un sistema di supercalcolo, che si colloca ai primissimi posti nel panorama Nazionale, attraverso il progetto CRESCO - *Centro Computazionale di RicErca sui Sistemi COnplessi* (PON Ricerca MUR 2000-06). Le più cospicue attività progettuali sono state condotte nell'ambito del completamento del progetto CRESCO (terminato a marzo 2009) e dell'evoluzione successiva dell'infrastruttura computazionale ENEA.

Fra i principali risultati raggiunti vanno citati seguenti:

- sono stati acquisiti e messi in produzione, integrandoli nella GRID-ENEA, i nuovi sistemi calcolo (200 core) ed i sistemi per i servizi di rete;
- sono stati messi in produzione ed ottimizzati nel loro utilizzo numerosi codici di ingegneria, dinamica molecolare, combustione, nucleare, clima (Fluent, OpenFoam, CPMD, MCNP, GROMAX, Hart, ecc.) consentendo l'utilizzo intensivo del sistema da parte dell'utenza scientifica;
- è stata effettuata la migrazione dei sistemi operativi delle infrastrutture di supercalcolo da sistemi Linux con licenza di utilizzo (RedHat) a sistemi OpenSource gratuiti;
- è stato sviluppata una nuova tecnologia "SPAGO" per realizzare l'integrazione della GRID-ENEA con la rete GRID internazionale EGEE;
- sono stati supportati circa 200 utenti all'utilizzo estensivo dell'infrastruttura eseguendo codici con un utilizzo anche di oltre 2000 CPU simultaneamente;
- sono stati erogati, nel corso del 2009, oltre 2000 anni di calcolo equivalenti, con un'efficienza del 70 % ed una occupazione di oltre il 80 % del sistema;
- è stato consolidato l'utilizzo dei sistemi da parte di industrie nazionali (quali AVIO, ELASIS, APS, DMA), che ha generato un ritorno economico per ENEA, e sono state sviluppate le partnership con altri organismi pubblici;
- è stata sviluppata la nuova tecnologia OpenSource basata su server NX per l'utilizzo delle applicazioni di supercalcolo via web, in sostituzione del prodotto commerciale CITRIX;
- è stato acquistato un nuovo sistema di calcolo di nuova tecnologia AMD six core per l'aggiornamento tecnologico del centro di calcolo della Casaccia.

È inoltre è continuata la partecipazione al progetto europeo EGEE III, un'iniziativa di dimensioni molto ampie (oltre 100 partner) volta a realizzare una grande integrazione fra le principali griglie computazionali del mondo scientifico e si è integrato il sistema CRESCO alla GRID EGEE.

La connettività geografica e delle reti locali è un elemento chiave per l'utilizzo dei servizi ICT. A tal fine le principali attività concluse hanno riguardato l'incremento della connettività dei centri meridionali e il relativo adeguamento degli apparati, e in particolare i seguenti incrementi di banda: Portici da 1000 Mbits a 1000 + 1000 Mbits e realizzazione di una connessione tramite due fibre spente fra il centro ENEA di Portici ed il centro di supercalcolo dell'università Federico II di Napoli (Progetto SCOPE) ; Trisaia da 34 Mbits a 155 Mbits, Frascati da 155 Mbits a 1000 Mbits, Casaccia da 34 Mbits a 100 Mbits.

È infine proseguito lo sviluppo di soluzioni per la formazione e la comunicazione multimediale integrate nei sistemi computazionali di GRID-ENEA, attraverso l'aggiornamento o l'implementazione

di nuovi strumenti, e l'esecuzione di progetti di formazione/informazione rivolti ad utenze interne ed esterne all'Agenzia. Specifici progetti di formazione ed informazione, in partnership con altre Unità dell'Agenzia, e in taluni casi con soggetti esterni, hanno riguardato i temi della combustione, degli studi e delle statistiche energetiche, della sicurezza sui luoghi di lavoro, della didattica scientifica.

#### **TECNOLOGIE OTTICHE ED ELETTO-OTTICHE MATERIALI E APPLICAZIONI**

Obiettivo dell'attività è quello di sviluppare tecnologie ottiche ed elettroniche volte alla sintesi e/o caratterizzazione e/o modifica locale di materiali innovativi su scala nanometrica e micrometrica, e ad applicazioni funzionali in dispositivi per optoelettronica, fotonica e sensoristica specialmente per l'ambiente, includendo gli ambienti estremi, lo spazio e l'esplorazione planetaria, e per l'innovazione dei processi industriali anche finalizzati al risparmio energetico e allo sviluppo sostenibile.

L'attività è articolata in 6 settori, per i quali si riportano di seguito i principali risultati conseguiti.

##### **Sviluppo e ottimizzazione di tecnologie di sintesi e processing di nanopolveri funzionali a base di silicio per test di biocompatibilizzazione e bioimaging.**

Nell'ambito del progetto europeo BONSAI (Bio-imaging with Smart Functional Nanoparticles) sono stati prodotti campioni di nanoparticelle di silicio drogati chimicamente con ioni di itterbio allo scopo di sfruttare l'emissione di quest'ultimo per l'imaging biologico. Il materiale è stato caratterizzato con spettroscopia FTIR e di luminescenza. Sono state eseguite caratterizzazioni mediante spettroscopia di luminescenza dei campioni prodotti dal team del progetto.

##### **Sintesi di nanopolveri per la realizzazione di nano fluidi con elevate prestazioni per lo scambio termico**

Nell'ambito del nuovo progetto europeo HENIX (Enhanced Nano-Fluid Heat exchange) è stato messo a punto il processo di produzione laser e purificazione termica di nano polveri di SiO<sub>2</sub> e TiO<sub>2</sub> da precursori liquidi. Sono state eseguite misure di thermal lens per la misura di parametri termici su campioni di nanofluidi prodotti dai partners.

##### **Sviluppo di metodi di imaging ottico per la caratterizzazione di micro e nanostrutture luminescenti, di dispositivi e materiali emettitori di luce e di tecniche di rendering delle immagini**

Nell'ambito del progetto TECVIM "Tecnologie per sistemi di visualizzazione immagine" sono stati cresciuti per evaporazione termica su substrati otticamente trasparenti film sottili organici di Alq<sub>3</sub> di spessori di poche decine di nanometri, compatibili con le configurazioni OLED per display. Mediante tali campioni è stato possibile approfondire lo studio della degradazione della fotoluminescenza e verifiche dell'omogeneità del deposito in relazione alle altre caratteristiche ottiche, in particolare spettri di assorbimento e di fotoeccitazione.

##### **Sviluppo di sensori spettroscopici LIBS e lidar per utilizzo locale e remoto mirato alla caratterizzazione dell'ambiente e dei Beni Culturali:**

Nell'ambito di tale settore è stata eseguita l'ultima campagna di monitoraggio ambientale mediante lidar atmosferico su commessa della provincia di Brindisi; si è concretizzata la partecipazione del sistema lidar fluorosensore alla campagna nazionale PRIMI su progetto ASI per la rivelazione di sversamenti di idrocarburi sulla superficie del Mediterraneo con validazione della tecnica SAR da nave; si è effettuata l'applicazione del lidar atmosferico per la caratterizzazione di emissioni vulcaniche su Stromboli in collaborazione con l'INGV e l'Università di Palermo.

L'attività ha incluso l'organizzazione di due conferenze internazionali sulle applicazioni della spettroscopia non lineare (ECVV/ECONOS Frascati 24-27 Maggio 2009) e della tecnica LIBS (EMSLIBS Tivoli Terme, 28 Settembre – 1 Ottobre 2009).

##### **Sviluppo e applicazione di sensori in fibra ottica**

Nell'ambito delle attività di sviluppo ed applicazione dei sistemi di sensori in fibra ottica per monitoraggi strutturali è stato installata una rete di sensori FBG (Fiber Bragg Grating) su palificazioni di consolidamento realizzate per le opere di adeguamento antisismico nel comune di Sant'Angelo dei Lombardi in Molise. Nell'ambito del progetto MAMAS (sviluppo e qualificazione di materiali per l'edilizia, progetto di ricerca PON) sono stati sviluppati sensori di temperatura e sensori strutturali inglobati in materiale composito pultruso in fibra di vetro, idonei ad applicazioni di Failure Early Warning di componenti critici per le grandi opere di ingegneria civile.

**Dispositivi per ambienti estremi (Spazio)**

Nell'ambito del progetto "Ultra compact spectrometer" finanziato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) sono stati prodotti filtri ottici variabili per la costruzione di uno spettrometro miniaturizzato adatto all'ambiente spaziale, in collaborazione con la Selex Galileo (Finmeccanica).

Un secondo progetto "Lightning Imager" finanziato da ESA e dedicato allo studio del fenomeno dei lampi, all'interno del programma spaziale METEOSAT, ha visto la partecipazione ENEA per la costruzione di ottiche speciali per la rivelazione di righe di emissione dell'ossigeno nel vicino infrarosso.

**RADIAZIONI IONIZZANTI E COERENTI PER LO STUDIO DELLA MATERIA**

Obiettivo dell'attività è lo sviluppo di sorgenti di radiazioni ionizzanti e non ionizzanti e loro utilizzo per l'irraggiamento di materiali inorganici e organici, allo scopo di studiarne gli effetti. Applicazioni delle sorgenti nei campi della micro- e nanolitografia, optoelettronica, rivelazione di immagini, radiometria, biologia, sterilizzazione in campo alimentare e medico, sicurezza ambientale, scienza dei materiali e diagnostica dei difetti, conservazione dei beni culturali.

Le attività sono organizzate in 7 sottoprogetti, per i quali si riportano i più significativi risultati ottenuti.

**EGERIA (Impianto per la microlitografia a raggi X)**

L'apparato di litografia nell'estremo ultravioletto MET-EGERIA, interamente progettato e realizzato in ENEA, è in grado di eseguire riproduzioni litografiche su fotoresist commerciali con una risoluzione spaziale fino a 90 nanometri (record mondiale per i sistemi "Laboratory-scale"). Il MET-EGERIA è un apparato d'irraggiamento unico in Italia e all'avanguardia a livello europeo, adattabile a diversi contesti applicativi. Nel 2009 le principali applicazioni sono state:

- il perfezionamento di un sistema di scrittura invisibile per targhette anticontraffazione (brevetto ENEA),
- il "patterning" sub-micrometrico di supporti plastici per la crescita controllata di cellule per la bioingegneria di tessuti in collaborazione con l'Università di Linz (A) e l'Università dell'Aquila,
- la caratterizzazione di nuovi "fotoresist" chimicamente amplificati nell'estremo ultravioletto in collaborazione con l'Università di Birmingham (UK).

Inoltre, è stata progettata e realizzata una cella da vuoto adatta alla caratterizzazione presso ELETTRA - Trieste del sistema ottico di proiezione Schwarzschild del MET-EGERIA, ed è stata completata l'analisi modellistica del sistema di abbattimento dei detriti (DMS, due brevetti ENEA) emessi dal MET-EGERIA.

**STATO SOLIDO (Laboratorio Laser a Stato Solido e Spettroscopia per Fotonica e Rivelatori di radiazione)**

Sono stati studiati nuovi rivelatori di immagine per radiazione ionizzante basati sulla lettura ottica di fotoluminescenza di centri di colore prodotti in film sottili policristallini di Fluoruro di Litio cresciuti per evaporazione termica su substrati di diversa natura, al fine di aumentarne la sensibilità nell'imaging tramite microscopia ottica. Questo miglioramento risulta particolarmente significativo per la microscopia-X di campioni biologici, anche *in vivo*, già inserito nel Progetto Salute e nell'attività di valorizzazione del brevetto ENEA n.514. Sono stati inoltre realizzati alcuni prototipi di

rivelatori a film sottile, attualmente in fase di test tramite spettroscopia ottica avanzata, anche per elettroni di bassa energia (<3keV) e da 3 MeV del LINAC di Frascati, e per neutroni termici.

Per quanto riguarda l'impiego della sruamentazione in dotazione al laboratorio, l'elevata risoluzione spaziale laterale del microscopio confocale laser, ha consentito la caratterizzazione di micro e nanostrutture luminescenti (guide d'onda e reticolii) per dispositivi fotonici emettitori di luce in film dielettrici contenenti difetti (LiF) ed organici (Alq3).

**TERAHERTZ (Produzione e utilizzazione della radiazione elettromagnetica nell'intervallo dei Terahertz)**

Nel 2009 il sistema di "THz-imaging", realizzato presso i laboratori di Frascati, è stato applicato all'indagine strutturale di componenti aeronautici realizzati in fibre di carbonio. Tale attività si svolge nell'ambito di un accordo di collaborazione in via di perfezionamento tra la Sezione FIS-ACC dell'ENEA di Frascati e la Selex Sistemi Integrati (società del gruppo Finmeccanica). Alle indagini di tipo industriale si sono aggiunte applicazioni del "THz-Imaging" alla diagnostica per i beni culturali in previsione dell'attuazione del Progetto "Battaglia di Anghiari" per la ricerca del capolavoro nascosto di Leonardo da Vinci, per il quale è stato stipulato a Giugno 2009 un accordo di collaborazione con il Centro CISA3 dell'Università di San Diego. Per questi studi è stata anche acquisita una sorgente portatile operante nell'intervallo spettrale 18-40 GHz per l'analisi di affreschi e di strutture murarie; tale sorgente verrà collocata su un sistema di scansione tridimensionale per il quale è stato elaborato il progetto di massima.

Nel corso dell'anno sono state inoltre avviate le prime azioni per l'organizzazione della "35th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves", principale conferenza del settore delle onde millimetriche e del terahertz che si terrà a Roma dal 5 al 10 Settembre 2010.

**ACCELERATORI**

Sulla base delle indicazioni provenienti dalle applicazioni del laser ad elettroni liberi (Compact-FEL) a 150 GHz sono state sperimentate alcune soluzioni per il miglioramento delle prestazioni del microtrona da 5 MeV utilizzato come pilota del FEL. Sfruttando i più recenti progressi tecnologici nel settore dei modulatori a stato solido è stato progettato un nuovo impianto a radiofrequenza e contattata la ditta costruttrice. È stato inoltre progettato un nuovo emettitore di elettroni facente uso di un monocristallo di esaboruro di lantano.

Per quanto riguarda gli acceleratori di protoni, è stata completata l'attività contrattuale su commessa della società SPARKLE di Casarano (Le) relativa al progetto di un acceleratore lineare di tipo SCDTL a 3 GHz, per la realizzazione una piccola *facility* di irraggiamento con protoni per studi di radiobiologia.

E' stato approvato il progetto per la realizzazione di una *facility* di Irraggiamento Sperimentale con Protoni per modelli cellulari e Animali (ISPAN) presentato alla FILAS in collaborazione con l'industria nazionale (NRT e CECOM) e l'Istituto Superiore di Sanità.

L'attività di irraggiamento con il Linac da 5 MeV di cristalli di silicio amorfo in collaborazione con l'Università di Palermo, iniziata negli anni precedenti, è proseguita apportando significative migliorie nei sistemi di manipolazione del fascio di elettroni con sistemi magneto-ottici per garantire una alta uniformità di dose nell'area interessata dal cristallo. La dosimetria è stata eseguita oltre che con Gaf-cromici, anche con camere del tipo Marcus che hanno consentito la taratura del sistema con risultati eccellenti, fornendo così un servizio di alta qualità.

Nell'ambito della collaborazione con la società NRT di Aprilia (LT) per lo sviluppo di acceleratori di elettroni per applicazioni industriali è stato completato il progetto di un linac per elettroni da 2 MeV per radiografie industriali. Inoltre sempre nell'ambito della collaborazione con la NRT sono stati effettuati i primi test sul cannone elettronico progettato in ENEA da impiegarsi nei sistemi IORT (Radioterapia IntraOperatoria) NOVAC7 prodotti e commercializzati da tale ditta.

**SPARX (Sorgente Pulsata Auto-amplificata di Radiazione X)**

In collaborazione con CNR, INFN e Università di Tor Vergata, è stata completata la *rimodulazione* del Technical Design Report della sorgente laser a elettroni liberi SPARX-FEL, relativa ad un primo

stadio della macchina fino a 750 MeV. Contributi significativi dell'ENEA hanno riguardato il disegno dell'iniettore con i relativi calcoli di dinamica del fascio di elettroni, l'analisi del processo di emissione FEL in diverse configurazioni, il progetto di ondulatori e lo sviluppo di diagnostiche ottiche ed elettroniche.

Per SPARX-FEL sono stati di fondamentale importanza i risultati della sorgente SPARC, di cui è iniziata la sperimentazione nel 2009 con i primi positivi risultati di amplificazione SASE. Sul fronte degli accordi con gli enti partecipanti al progetto sono stati approvati lo Statuto ed i Patti Parasociali del costituendo Consorzio LUCE mirato alla realizzazione di SPARX\_FEL.

#### **ASRI (Applicazioni Sorgenti Radiazioni Ionizzanti)**

Le attività riguardano lo studio degli effetti indotti dell'irraggiamento su materiali e sono suddivise in due filoni principali inerenti gli effetti indotti da radiazione gamma su materiali per applicazioni speciali (impianto  $^{60}\text{Co}$  Calliope - Casaccia) e l'attività di Medicina Nucleare svolta presso i laboratori della Casaccia in collaborazione con strutture ospedaliere regionali.

#### *Effetti indotti da radiazione gamma su materiali per applicazioni speciali,*

Sono state effettuate attività connesse all'esercizio dell'impianto Calliope (80% servizio alle imprese, 20% attività di ricerca interna ed esterna: il Calliope ha lavorato full-time per tutto il 2009) quali:

- i) servizi alla piccola e media industria per test di irraggiamento e certificazione di materiali utilizzati in diversi settori ad alto contenuto tecnologico;
- ii) dosimetria interna ai laboratori e qualificazione per l'Istituto di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti;

iii) qualifiche di componenti elettronici per industrie nazionali e straniere secondo normativa ESA e MIL, per applicazioni spaziali (in particolare Contratto annuale rinnovabile per test su componenti elettronici con HIREX Engineering, operante per il Centro delle qualifiche aerospaziali di Tolosa).

iv) test e caratterizzazione ad irraggiamento di materiali e componenti per applicazioni in ambiente ostile sia per ciò che concerne la resistenza ad irraggiamento sia per l'uso delle radiazioni allo scopo di migliorarne alcune caratteristiche (collaborazioni con INFN e CERN), vetri speciali anche per lo stoccaggio di rifiuti radioattivi (collaborazioni con EAST China University of Shanghai, Guru Nanak Dev University Punjab-India), coatings ottici per applicazioni spaziali e polimeri per applicazioni in celle a combustibile.

Nell'ambito di una collaborazione ENEA-INFN-CERN è in corso la presa dati dell'esperimento CMS presso l'acceleratore LHC del CERN di Ginevra e si sta provvedendo allo smantellamento del Centro Regionale ENEA-INFN della Casaccia.

#### **MEDICINA NUCLEARE**

Nell'ambito delle attività inerenti la Medicina Nucleare, svolte in collaborazione con l'Ospedale S.Eugenio di Roma e il Policlinico Tor Vergata di Roma, sono stati eseguiti:

- Ottimizzazione delle condizioni di marcatura con iodio radioattivo ( $^{131}\text{I}$ ) di cellule Bacillus Calmette-Guerin attenuate, usate nella immunoterapia di tumori della vescica.
- Ottimizzazione della composizione diagnostica di  $^{99m}\text{Tc(V)}$ -DMSA come marcatore di metastasi in pazienti selezionati, con comunicazione al Comitato Etico per la applicazione clinica.
- Stesura della documentazione radiochimica preliminare per la applicazione clinica di  $^{188}\text{Re}$ -DMSA presso l'Istituto Superiore di sanità.
- Messa a punto di metodi di caratterizzazione rapida, mediante TLC e autoradiografia, delle rese di marcatura di radiofarmaci contenenti  $^{99m}\text{Tc}$ .

#### **MATERIA & AMBIENTE**

Nell'ambito della convenzione fra ENEA e IASF Bologna sono stati effettuati studi con confronti tra osservazioni sperimentaliste e modelli teorici sui TGF, Terrestrial Gamma Ray Flash, fenomeni atmosferici che consistono in lampi gamma, di breve durata, associati a fenomeni temporaleschi. La fenomenologia dei TGF è poco nota, il satellite AGILE (progetto nazionale per astronomia X e

gamma finanziato da ASI) e' fra i primi a studiare il fenomeno e permette di osservare come arrivino ad energie veramente alte.

Nell'ambito dell'attività di radiometria ambientale e di radiochimica è stata avviata una collaborazione con FIS-NUC per l'analisi dei dati delle stazioni di monitoraggio dei radionuclidi previste dal trattato CTBT (Comprehensive Test Ban Treaty), che si inquadra nell'accordo di programma tra ENEA e Ministero degli Affari Esteri.

In collaborazione con il Centro Volta di Como e l'impresa U-Series è stato presentato alla JLS della Commissione Europea il progetto 'Analysis of risks related to the misuse of Natural Radioactive Materials for terrorist attacks' ( il progetto per un importo complessivo di 250.000 euro è stato approvato nel 2010).

Sono state svolte 3 borse di studio "spinner" sull'utilizzo dei metodi isotopici per la determinazione della provenienza dei prodotti agro-alimentari.

E' stato presentato ed approvato dalla regione Emilia-Romagna in ambito PRIITT un progetto ENEA e U-Series sull'utilizzo dei metodi isotopici per la determinazione della provenienza dei prodotti agro-alimentari, per un importo di 230.000 euro. Il progetto partirà nel corso del 2010.

Le attività svolte nell'ambito dell'Accordo Quadro con l'Istituto di Acustica del CNR per lo studio del paleoclima nella Terra del Fuoco (Argentina) e la spettrometria di massa hanno permesso di definire meglio le tipologie di campione da selezionare per effettuare la valutazione della curva paleoclimatica degli ultimi 6000 anni. Questo è stato possibile tramite analisi al radiocarbonio e spettrometria di massa di resti di conchiglie di vario genere e campioni di "charcoal" perfettamente abbinati ad essi. E' stato pertanto confermato il valore del cosiddetto "effetto serbatoio" per la zona oggetto dello studio (Canale di Beagle-Argentina). Considerato che questo studio può avere valenza anche per il prospiciente continente Antartico, lo stesso team di ricerca (ENEA e CNR-Istituto di Acustica) ha presentato un progetto biennale nell'ambito del PNRA che verrà valutato ed eventualmente finanziato nel corso del 2010.

Nell'ambito dell'analisi dei materiali ai fini della caratterizzazione della loro struttura morfologica e della composizione chimica sono state effettuate indagini diagnostiche su reperti di periodo rinascimentale in particolare su vetri. I risultati sono stati presentati nella relazione "Microanalysis characterization of XIV century stained glasses" al congresso A.I.A.R. Associazione Italiana di Archeometria Ravenna. Altri risultati relativi ad indagini diagnostiche sempre su reperti artistici sono stati presentati nella relazione Preservation and restoration of open-air contemporary sculptures nell'ambito del congresso Conservation-restauration de l'art contemporain Paris 24-26 Juin 2009.

In collaborazione con l'Università di Ferrara, Dipartimento delle Risorse Naturali e Culturali, sono state svolte le seguenti tesi di laurea:

Laurea specialistica in Conservazione e Diagnistica di Opere d'Arte Moderna e Contemporanea. Titolo: Analisi archeometriche sulle pitture murali di casa Vasari (Firenze) 24-3-2009,

Laurea triennale in Tecnologie per i Beni Culturali, Titolo: Analisi archeometriche sull'Ancona lignea della sala capitolare del Monastero di S. Antonio in Polesine (Ferrara).

Nell'ambito della caratterizzazione microstrutturale di materiali metallici innovativi e ceramici mediante spettroscopia positronica e diffattometria X, è stata studiata la dipendenza dal tempo e dalla temperatura della crescita di nanoparticelle CdS in matrice di polistirene, mediante diffrazione con raggi X; gli stessi materiali verranno successivamente analizzati mediante le tecniche di spettroscopia positronica allestite nel nuovo laboratorio di Faenza.

E' stata effettuata la caratterizzazione di acciai martensitici mediante Scattering Neutronico a Piccoli Angoli (SANS) e diffattometria neutronica. Nell'ambito di questa attività si è anche effettuato uno sviluppo dei codici di calcolo per l'analisi delle misure effettuate mediante SANS

Per quanto riguarda la modellistica numerica è proseguita l'attività di implementazione del codice a collaborazione con l'Università Portoghese del Minho per lo studio e lo sviluppo di modelli micromecanici e di calcolo per la simulazione di strutture ir. muratura col Metodo degli Elementi

Finiti (FEM). Altre attività di modellistica hanno riguardato il dimensionamento e la verifica di componenti meccanici dell'impianto SPES-3 per le prove richieste dalla Nuclear Regulatory Commission (USA) per il rilascio delle licenze di IRIS *International Reactor Innovative and Secure*, un reattore nucleare ad acqua pressurizzata (PWR) integrato, innovativo e di piccola taglia (1000 MWt), sviluppato nell'ambito di un'azione internazionale promossa dall'ENEA. Analisi e modellizzazioni sono state inoltre effettuate nell'ambito del progetto internazionale IFMIF per la realizzazione di un impianto di irraggiamento per spallazione finalizzato alla qualificazione dei materiali destinati a ITER, nonché per la messa a punto di tecniche di saldatura per IGNITOR.

Sono stati effettuati calcoli termici per il comportamento di mattoni forati per l'edilizia in vista della qualificazione e certificazione d'interesse per il Consorzio CERTIMAC.

Nell'ambito di attività di servizi specialistici in risposta a sollecitazioni che provengono dal territorio, sia imprese che Amministrazioni Locali, sono stati ottenuti i seguenti risultati su tecnologie diverse che hanno come base lo sviluppo di nuovi materiali per uno sviluppo economico sostenibile e la riduzione dell'impatto ambientale.

In siti di recupero ambientale, ove si è sviluppato biogas in modo incontrollato, è stata verificata la rispondenza della tecnologia innovativa di bioremediation (dell'impresa committente) e del sistema di monitoraggio adottato: riduzione del 70% della presenza di metano (collaborazione con Università di Bologna, Arpa ER e Comune di Imola).

Su richiesta del Comune di Castel San Pietro Terme (BO), ENEA CR Faenza ha predisposto e coordinato un intervento sperimentale per ridurre l'impatto ambientale di un allevamento di tacchini: si è ottenuta una riduzione delle emissioni di ammoniac e di VOC del 50% nelle fasi di rimozione della pollina (collaborazione con Università di Bologna, Arpa ER e AUSL di Imola (BO)).

Progetto MIDA: attivata una borsa SPINNER 2007-2013, relativamente a processi sostenibili di produzione di fertilizzanti organici tramite trattamento di rifiuti (pollina); gli obiettivi sanitari richiesti dal Regolamento (CE) 1774/2002 sono stati raggiunti in 120 giorni (collaborazione con Università di Bologna, Facoltà di Medicina Veterinaria, imprese, allevatori, l'associazione naz. allevatori ASSOAVI e Provincia di Ravenna).

#### TECNOLOGIE PER LA "SECURITY"

Obiettivo dell'attività è la realizzazione di prodotti o servizi necessari a supportare l'intelligence e le autorità di sorveglianza e sicurezza per la prevenzione di attentati terroristici, per il controllo di manifestazioni a rischio, per la vigilanza in generale su impianti o siti sensibili, inclusi i nodi nevralgici per i trasporti e le linee ferroviarie ad alta velocità. I prodotti realizzati troveranno anche applicazione per supportare protezione civile e corpi con essa operanti in azioni connesse al verificarsi di calamità naturali e le organizzazioni dediti allo sminamento umanitario.

L'attività, condotta in stretta collaborazione con il progetto Robotica, mira a dotare il paese di sistemi di controllo ad alta tecnologia, fortemente automatizzati e minimamente invasivi, che possano garantire un migliore margine di sicurezza al cittadino senza deteriorarne la qualità della vita.

Si riportano qui i principali risultati conseguiti, in relazione allo sviluppo di sensoristica, i risultati relativi alla Robotica sono riportati oltre nel settore di pertinenza.

##### Sviluppo di sistemi spettroscopici per detezione di esplosivi e sostanze pericolose

- Nel corso del 2009 è stato completato il progetto europeo ISOTREX *Integrated System for On-line Trace Explosives Detection in Solid and Vapour State*) sono stati realizzati i due prototipi per la rivelazione in tracce di esplosivi previsti, basati sulla tecnica LIBS ed LPAS, è stata inoltre implementata con successo in laboratorio la tecnica SERS.
- A luglio 2009 sono iniziate le attività relative al Network Europeo di esperti di rivelazione di esplosivi (NDE) con la partecipazione dell'ENEA.

- La rivelazione di droghe è oggetto del progetto CUSTOM - *Drugs And PreCursors Sensing By Complementing Low COst Multiple Techniques* finanziata nell'ambito della II call di FP7 sulla security. Le attività di questo progetto triennale, già pianificate partiranno all'inizio del 2010.
- Nell'ambito della III call di FP7 sulla security è stata presentata la proposta BONAS (BOmb factory detection by Networks of Advanced Sensors) per la rivelazione di laboratori clandestini dediti alla sintesi di esplosivi improvvisati (IED), attualmente in attesa di valutazione.

Promozione delle attività ENEA nel settore della Security presso end user militari e civili in ambito nazionale ed europeo

- Continuazione della cooperazione con la Commissione per la predisposizione di un Piano coordinato europeo per la Security L'ENEA è parte attiva di un gruppo costituito dalle maggiori industrie europee e da molti dei principali enti di ricerca che operano nel settore della sensoristica locale e remota per supportare la Commissione nella messa a punto delle Call riguardanti la Security.
- Workshop ENEA per la promozione di tecnologie per la security di uso Duale (militare/civile). Realizzazione e diffusione di una pubblicazione ENEA che riporta tutte le competenze interne. Si è partecipato in modo significativo alla costituzione di un gruppo europeo di stakeholder che include grande industria, PMI e ricerca e che si propone di dare indicazioni strategiche alla Commissione sugli aspetti di tecnologia.  
E' stata consolidata un'attività di lobby (IMGS) con le maggiori industrie continentali nel settore della Security e più in generale della Difesa attivando una comunicazione stabile con la Comunità Europea DG XII per la definizione dei contenuti della roadmap strategica sulle ricerche per la Security. A fine 2009 è stata ultimata una prima bozza del documento Quadro. Il set di stakeholders italiano è costituito ormai da più di quaranta fra ditte, PMI Università ed enti di ricerca. In termini numerici l'Italia si posiziona al primo posto in Europa come numero di partecipanti e certamente fra i primi come impatto complessivo in termini di fatturato delle ditte partecipanti; sono stati realizzati, a cura dell'ENEA 8 siti Web tutt'ora mantenuti attivamente per il supporto del gruppo di lavoro -- IMGS). ENEA in particolare è rappresentato in tre aree tecnologiche, ha fatto partire almeno un progetto FP7 ed è attualmente rappresentato dalla Sezione di Robotica nello Steering Committee dell'associazione IMGS.

#### ANTARTIDE

Le linee programmatiche del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) rispondono agli indirizzi dello Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) e dei grandi programmi cornice a scala globale. I progetti di ricerca scientifica e tecnologica dovranno essere svolti in contesti di elevata visibilità. Le attività sono state svolte nell'ambito del progetto "Realizzazione di una versione con caratteristiche spettrali innovative di un radiometro UV di stazione, operante in ambiente ostile, per la misura dell'irradianza globale UV nell'intervallo spettrale tra 280 nm e 380 nm".

Il progetto consiste nella realizzazione di un radiometro UV da stazione che tramite la misura in un numero limitato di bande (6-7) di larghezza minore di 1 nm e distribuite nell'intervallo 290-380 nm, permette la determinazione dell'irradianza UV con un errore percentuale di poche unità.

Le attività svolte nel 2009 sono state le seguenti:

- Assemblaggio del radiometro in tutte le sue parti: posizionamento dei filtri interferenziali sulla ruota porta-filtri, connessione dei moduli National per il controllo di tutte le fasi di misura comprensivo anche del controllo della temperatura sul rivelatore e sviluppo di un software in ambiente LabView che sovrintende tutte le fasi di misura quando lo strumento è in posizioni remote.
- Partecipazione da parte del responsabile del progetto alla XXV Campagna in Antartide, presso la Stazione Mario Zucchelli. Durante il periodo di permanenza presso la Base, il radiometro

assemblato in Italia è stato posizionato sul tetto di uno degli edifici e collegato alla rete intranet locale. È stato inoltre stabilito il collegamento con l'Italia in modo da poter acquisire i dati in tempo quasi-reale (ritardo di un giorno).

Inoltre, la proposta progettuale POLAS “Caratterizzazione bioottica delle acque polari con sensori laser” ha superato la selezione preliminare del Bando 2009 del PNRA. La proposta ha l’obiettivo di migliorare il lidar fluorosensore PoLi e lo spettrofluorimetro CASPER, precedentemente brevettati per la caratterizzazione di acque, e di farli partecipare a una campagna oceanografica nell'estate 2011 in Artide, in collaborazione con l'Istituto di Oceanografia dell'Accademia Polacca delle Scienze e congiuntamente al progetto MELTSTORM che, presentato dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, ha anch'esso superato la selezione preliminare.

#### SUPPORTO ALLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE CENTRALE E PERIFERICA

L'ENEA ha come compito consolidato la prestazione di servizi tecnico-scientifici, soprattutto alla PMI e alla Pubblica Amministrazione. Tali servizi sono fondati sulla disponibilità di un complesso di attrezzature uniche (ad esempio, le tavole vibranti), che permettono di effettuare prove non riproducibili in altri laboratori, per cui molte aziende si rivolgono direttamente per l'esecuzione di attività di qualifica su attrezzature meccaniche, elettriche ed elettroniche. Il quadro è completato con attrezzature per prove non distruttive sia nell'ambito industriale che per la salvaguardia del patrimonio artistico e attrezzature metrologiche per l'esecuzione di attività di taratura di strumenti per la misura di grandezze meccaniche ed elettriche.

Le attrezzature suddette consentono l'effettuazione di stime della durabilità, previsioni del degrado, qualifiche di sicurezza e affidabilità su componenti tradizionali, quali armadi elettrici, materiale ferroviario, ecc. In questo scenario l'industria opera in un quadro tecnologico innovativo, che richiede la messa a punto di metodi di invecchiamento accelerato da usare per la stima della vita operativa del componente, di correlazione tra prove distruttive e non distruttive normate e appositamente costruite.

Le attività svolte nel corso del 2009 sono state in linea con quanto ottenuto nel corso degli ultimi anni. In particolare, gli interventi (diverse centinaia) hanno riguardato prove di qualificazione ambientale (dinamiche e climatiche) svolte per la maggior parte presso i laboratori della Casaccia, mediante l'utilizzo di eccitatori elettrodinamici e di tavole sismiche. I committenti sono stati PMI, soprattutto dell'area Centro Sud.

Le attività riguardanti la salvaguardia del patrimonio artistico sono state effettuate sia per Enti pubblici (tipicamente soprintendenze) che privati, in genere presso i committenti. I risultati più significativi sono riportati nel progetto “Tecnologie per i Beni Culturali”.

La maggior parte delle attività riguardanti i controlli non distruttivi è stata svolta presso i laboratori della Casaccia. Mentre quelle sull'ingegneria dei materiali (ceramici e metallici) sono state svolte presso i laboratori di Faenza, tipicamente per PMI della regione Emilia-Romagna e hanno riguardato prove di: taratura di strumenti di lunghezza e angoli, certificazione di prodotti in laterizio, trazione su prodotti metallici, indagine sui meccanismi di frattura di componenti metallici.

Come esempio di supporto alla Pubblica Amministrazione, nel 2009 sono proseguite le attività previste dalla Convenzione con ARPA-Lazio (realizzazione di un prototipo di stazione di misura della radiazione UV da integrare con il sistema di rilevazione dati meteorologici già esistente presso l'ARPA stessa). Sono state svolte le seguenti azioni: calibrazione del radiometro presso la Stazione ENEA di Lampedusa, per un periodo di due mesi; installazione del radiometro presso la sede di Roma dell'ARPA Lazio e collegamento del radiometro alla rete; sviluppo di un codice per il calcolo dell'indice UV.

### 3.5 BIOTECNOLOGIE, AGROINDUSTRIA E PROTEZIONE DELLA SALUTE

#### TECNOLOGIE PER LA SALUTE

Il progetto intende sviluppare conoscenze di base, metodologie, procedure e tecnologie per il trasferimento al Servizio Sanitario Nazionale e all'industria del settore di prodotti, farmaci e sistemi d'avanguardia per terapia e diagnosi di patologie ad alto impatto sociale.

Nel 2008 le attività sono state principalmente dedicate allo sviluppo progettuale di un prototipo innovativo per la terapia con protoni e all'organizzazione del piano di finanziamento sulla base del contributo della Regione Lazio.

Si tratta di un impianto di rilevanti dimensioni fisiche (circa 1000 mq) ed economiche (costo circa 30-50 MEuro a seconda della conformazione) denominato TOP-IMPLART basato su un acceleratore lineare di protoni (IMPLART, *Intensity Modulated Proton Linear Accelerator for RadioTherapy*). A differenza di altri impianti sinora realizzati, che usano macchine circolari (sincrotroni o ciclotroni) e che quindi devono essere progettati e realizzati per l'energia massima, il sistema IMPLART è un acceleratore lineare, e dunque progettato in maniera modulare, con due sottoinsiemi, montati in sequenza, che forniscono anche prestazioni terapeutiche indipendenti. Il vantaggio principale di questa scelta è che permette una costruzione che segue il flusso dei finanziamenti, anche se modulato negli anni, senza il vincolo della disponibilità dell'intero capitale prima di avere un output sanitario che comporti rimborsi dal SSN o da Piani Sanitari Assicurativi e velocizzando così il ritorno dal punto di vista economico e sociale.

Il progetto viene svolto in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità e l'IFO-Regina Elena.

#### TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA E LA QUALITÀ ALIMENTARE

Il Progetto opera attraverso la promozione e la realizzazione di iniziative di R&D, attuate in stretta collaborazione con una pluralità di soggetti pubblici e privati, e di trasferimento di tecnologie innovative al sistema produttivo, avvalendosi di strumenti diversi quali laboratori pubblico-privati, consorzi e società partecipate.

Nell'attuazione di tali iniziative, particolare attenzione è stata posta ai rapporti con il territorio stabilendo una serie di relazioni e collaborazioni con attori istituzionali e di ricerca, pubblici e privati, soprattutto per quanto riguarda le Regioni dell'Obiettivo 1.

Le attività svolte hanno affrontato, seguendo un approccio multidisciplinare, sia aspetti tecnico-scientifici che fattori metodologici e di sistema, ritenuti di rilevanza primaria per la valorizzazione e la competitività del prodotto alimentare Made in Italy e fondamentali per l'affermazione dello stesso prodotto sul mercato globale.

In particolare, i principali risultati conseguiti sono i seguenti:

- Sviluppo delle attività di R&ST inerenti il Progetto MeDiTA “Metodologie Diagnostiche e Tecnologie Avanzate per il sistema Agro-Alimentare delle Regioni Obiettivo 1” (MUR-Legge 297/99).
- Sviluppo delle attività di R&ST inerenti il Progetto Val.Gra.Sar “Valorizzazione del grano saraceno attraverso l'innovazione di processo e di prodotto” - (MUR-Legge 297/99).
- Attuazione delle attività promosse dai Consorzi (partecipati ENEA) CeRTA e BIOSISTEMA - MIUR, IN.BIO – MiSE.

- Elaborazione e presentazione di quattro Progetti di RST&D al Bando Industria 2015/Made in Italy-Alimentare, in partenariato con grandi imprese e PMI del sistema agro-alimentare nazionale.
- Partecipazione all'attuazione del Progetto di Formazione e Ricerca finanziato dalla Regione Lazio all'ATS BIOTECNOFORM.
- Attività relative alla partecipazione ENEA al Bando ESFRI per la realizzazione presso il C.R. Trisaia di un Centro per le Risorse Biologiche (Biobanca), al Consorzio CIRAL - Parma e al Progetto BIOPATAGONIA - Programma di Cooperazione bilaterale Italia/Argentina, MAE; Sviluppo del Joint Lab ENEA/Neotron (C.R. Trisaia).

#### NUOVE TECNOLOGIE DI FRONTIERA PER LA PRODUZIONE DI BIOCOMBUSTIBILI.

##### BIOCOMBUSTIBILI

Nel 2009 si è concluso con successo il progetto IDROBIO finanziato dal MIUR. I risultati sono stati superiori alle aspettative, in quanto nei nostri laboratori è stato messo a punto un processo che produce in continuo 5lt d'idrogeno/giorno da 1lt di bioreattore. Questo risultato è superiore a tutti quelli pubblicati nella bibliografia scientifica mondiale ed è molto di più di quanto si ottenga con un normale impianto a metano. Tale processo può essere applicato a:

**1) Rifiuti delle filiere Agroindustriali:** vegetali, frutta, legnami. La fermentazione ad idrogeno è già in sperimentazione nei nostri laboratori. Ad ottobre ci è stato finanziato dal MATTM uno studio pilota nell'ambito del progetto METISOL presentato con SOLTERM.

**2) Deiezioni animali:** Le aziende zootecniche sono centinaia di migliaia, a diversi livelli tecnologici, diffuse su tutto il territorio nazionale, con grossi problemi ambientali e normativi, per lo smaltimento dell'azoto contenuto nei liquami. L'applicazione di nuove tecnologie può trasformare tale rifiuto in risorsa energetica. Le potenzialità sono rilevanti.

Il MIPAF è convinto di questa linea e ha chiesto all'Enea di formalizzare un'alleanza con i loro centri di ricerca (CRA), che è prossima alla definizione, e ha inserito queste linee di attività all'interno del PNRA.

Si vedono già rilevanti prospettive applicative, per attività diffuse sul territorio, importanti quindi per PMI, sia come utilizzatori (aziende agricolo-zootecniche), sia come produttori di impianti, in un settore in cui l'Italia, un tempo all'avanguardia, rischia di essere colonizzata da tedeschi e austriaci.

**3) Microalghe.** Un impianto di produzione di alghe ottimizzato potrebbe portare a una produzione di biomassa secca, ricca d'olio, di 100 t/ha/anno; di questi 1/3 è il potenziale combustibile liquido (bio-olio da convertire in biodiesel), mentre 2/3 sono costituiti da proteine e carboidrati. Nel 2009 è stato aggregata una cordata pubblico privata interessata a sperimentare questa tecnologia che parteciperà al bando PON Sicilia. Inoltre la Biofuel spagnola ci ha commissionato uno studio per il miglioramento dell'olio estratto dalle microalghe con un processo di pirolisi.

#### TECNOLOGIE OMICHE E NUOVI PROCESSI PER L'AGRO-INDUSTRIA

I programmi di attività di RS&T effettuati nell'ambito di Progetti Nazionali e Comunitari di cui si è ottenuto il finanziamento, hanno riguardato principalmente ricerche avanzate come l'analisi del genoma, del proteoma e del metaboloma (le cosiddette "scienze omiche") di piante di interesse agrario e ricerche pionieristiche nel campo delle biotecnologie vegetali, che prevedono l'utilizzo di piante, o parti di esse, per la realizzazione di prodotti innovativi ad alto valore aggiunto e/o di valenza sociale. Molti dei progetti relativi alle scienze "omiche" e ai nuovi processi per l'agro-industria hanno lo scopo

finale di valorizzare le specie vegetali di interesse agrario e dei bioprodotti da esse derivati ed aumentare la "qualità dei prodotti agro-alimentari" da essi derivati, intese come fattori importanti di competitività e preminenti per il consumatore e per la politica dell'Unione Europea. In questo senso, le attività perseguono, ad esempio, l'obiettivo di ottenere germoplasma resistente a fitopatici e ad insetti in specie ortofrutticole, leguminose e cerealicole; di valorizzare alcune produzioni tipiche mediterranee; di ottenere germoplasma di qualità per sistemi agricoli rispettanti i principi della sostenibilità ambientale; di caratterizzare dal punto di vista fenotipico e molecolare varietà vegetali, ed alcune comunità microbiche e fungine presenti nei suoli e in ambienti diversi, per derivarne prodotti da utilizzare nei settori industriale, energetico e chimico-farmaceutico.

#### **Tecnologie "omiche" vegetali**

Con la realizzazione di piattaforme tecnologiche per il sequenziamento ad alta processività, l'analisi transcrittomica, l'analisi proteomica e la bioinformatica collegata, l'ENEA ha, di fatto, acquisito una posizione di primaria importanza, nel panorama nazionale e internazionale, nel settore delle analisi biomolecolari su larga scala. Le specie oggetto di queste analisi sono principalmente pomodoro, frumento duro e vite, colture che non solo tipizzano l'agricoltura italiana, ma che sono anche la principale fonte di reddito per l'industria agroalimentare. L'obiettivo principale di tali ricerche è quello di individuare nuove funzioni geniche associate all'espressione di caratteristiche desiderabili negli organismi vegetali, con particolare riferimento allo sviluppo del frutto. Parallelamente, sono in sviluppo strumenti e metodi innovativi per la qualificazione dei prodotti alimentari attraverso l'impiego di tecniche diagnostiche avanzate di food profiling.

#### **La pianta come biofabbrica di molecole ad alto valore aggiunto**

In questo campo sono state sviluppate alcune ricerche pionieristiche e attualmente l'impegno è rivolto principalmente alla produzione di anticorpi e alla formulazione di nuovi vaccini. In particolare, per alcuni anticorpi sono state definite le condizioni ottimali per la produzione su larga scala in piante, mentre per molecole vaccinali dirette contro i virus HIV-1 e HPV-16 sono state valutate le risposte immunitarie in modelli sperimentali animali, con interessanti prospettive applicative.

#### **Sviluppo del sistema agro-industriale e di tecnologie per processi agro-industriali**

Le finalità programmatiche perseguitate hanno mirato principalmente al miglioramento complessivo della competitività delle filiere agro-alimentari e agro-industriali nazionali. Particolare rilievo è stato dedicato allo sviluppo di metodi e tecnologie che enfatizzassero le esigenze di "sostenibilità" delle diverse fasi produttive e di "qualità" dei prodotti agro-alimentari, dalla fase produttiva alla fase diagnostica, alla valutazione diagnostica dell'interazione alimento-packaging, fino ai metodi di tracciabilità/rintracciabilità. Ciò si è ottenuto sia mediante l'impiego di *mild technologies* nei processi di trasformazione di prodotti agro-alimentari, sia su scala di laboratorio che pilota, con l'obiettivo di preservarne le caratteristiche sensoriali e nutrizionali, sia mediante la produzione di *know-how* per lo sviluppo di prodotti/processi di tipo biologico, a supporto della crescente richiesta da parte dell'industria di prodotti a più alto contenuto tecnologico e di processi a minore impatto ambientale. Particolare rilevanza ha riguardato lo sviluppo e la messa a punto di: metodologie di estrazione, caratterizzazione ed impiego di sostanze e metabolici secondari ad attività biocida, fungicida ed antagonista oltre a sostanze o principi anti-ossidanti, a partire da matrici vegetali, su scala laboratorio e pilota; di metodologie di fermentazione, con produzione da scala banco a scala pilota, di metodologie diagnostiche microbiologiche e chimiche, di metodologie di conservazione *mild* di prodotti agro-alimentari oltre che di biomasse microbiche.

#### **Sviluppo di tecnologie biologiche per la protezione vegetale e animale**

I risultati più rilevanti hanno riguardato lo sviluppo e applicazione di metodi di caratterizzazione microbica, biochimica e genetico-molecolare, di microrganismi, in particolare lieviti i batteri,