

Nel primo caso è stato portato a termine l'attività prevista nel progetto FISR Meccanosintesi di materiali e componenti per celle a combustibile relativamente alla implementazione dell'impianto pilota per meccanosintesi e trattamento meccanico di materiali in polvere.

Per la preparazione di materiali per l'accumulo è stato sviluppato un serbatoio in scala banco in cui la componente attiva è costituita da un materiale composito a matrice silicea, brevettato dall'ENEA, e particolarmente stabile durante il ciclaggio con idrogeno.

Per quanto riguarda i materiali leggeri a base magnesio, sono state indagate le potenzialità del sistema MgH_2 -LaNi₅, preparato mediante "ball milling" reattivo in ambiente di idrogeno. Nelle condizioni ottimali di concentrazione dell'additivo e di parametri di processi si è riusciti ad indurre il desorbimento termico dell'idrogeno dalla fase MgH_2 a temperature dell'ordine di 180°C. E' stata inoltre determinata la cinetica di rilascio e questo, accoppiato con una tecnica metallografica innovativa, ha consentito di modellizzare il fenomeno di rilascio dell'idrogeno con importanti implicazioni sulla strategia degli studi futuri.

Sintesi e caratterizzazione di nano-materiali a base di carbonio

Le attività si sono concentrate sulla sintesi di "nanohorns" e di particelle di carbonio ad altissima superficie specifica basate su fogli di grafene altamente convoluti. Il metodo messo a punto consente di ottenere quantità significative di nano-polveri ed è ulteriormente scalabile. I nanotubi di carbonio sono stati utilizzati come materiale sensibile in applicazioni sensoristiche ottenendo, a temperatura ambiente, sensibilità estremamente elevate con basso limite di rivelabilità nell'intervallo di concentrazioni di sub-ppm ed una risposta lineare.

Nanostrutturazione di superfici

La nanostrutturazione di superfici rappresenta un passo basilare per lo sviluppo di nanotecnologie e nanodispositivi: da un lato si è sviluppata una metodologia che consente di preparare substrati con patterning periodico su vasta area adatti a successiva elaborazione con tecniche di manipolazione su scala nanometrica, mentre dall'altro si sono messi a punto i parametri di processo per la realizzazione di sensori di stress in materiali polimerici (progetto strategico regionale PONAMAT).

Sintesi e caratterizzazione di nanostrutture di carbonio (nanotubi/nanofibre e nanowalls)

I principali risultati sono stati:

- messa a punto ed ottimizzazione di un reattore CVD *Chemical Vapor Deposition* termico;
- sviluppo di un catalizzatore nanofasico, non supportato, a base di Fe e Al, attraverso reazione allo stato solido, ottenendo una crescita massiva di nanotubi di carbonio facilmente purificabili;
- realizzazione di nanofibre di carbonio a morfologia controllata, con i piani grafenici diversamente orientati rispetto all'asse di crescita;
- nanotubi di carbonio, allineati perpendicolarmente al substrato per effetto dell'elevata densità sono stati ottenuti utilizzando il reattore CVD termico sopra citato, ottimizzando lo spessore del film metallico che funge da catalizzatore della reazione di dissociazione del precursore (acetilene),
- nell'ambito del progetto TECSA sono state eseguite attività relative allo sviluppo di elettrocatalizzatori nanofasici metallici (Pt, Pt/Au) mediante tecniche PVD *Physical Vapor Deposition* e substrati ad alta superficie specifica a base di nanotubi e nanowalls di carbonio mediante tecniche CVD, per la realizzazione di elettrodi innovativi per celle a combustibile PEFC.

Processi e tecnologie di sintesi, trattamento e rivestimento di materiali e componenti

Le attività hanno riguardato processi e tecnologie di sintesi, rivestimenti e tecnologie di giunzione. Per quanto attiene lo sviluppo di processi e tecnologie di sintesi, nel 2006 le attività sono consistite nello "scaling-up" di un reattore CVD con plasma attivato da scarica ad arco e nell'upgrading di un sistema PECVD a radiofrequenza, con l'acquisizione d'alcuni nuovi componenti.

Nel campo dei rivestimenti, è stato ottimizzato il processo di deposizione di diamante nanocristallino su substrati di silicio intrinseco e drogato. E' proseguita l'attività rivolta alla realizzazione d'elementi ibridi costituiti da fibre di carbonio micrometriche rivestite di nanodiamante o nanotubi di carbonio, quali elementi di rinforzo per nanocompositi polimerici.

L'applicazione delle tecniche d'elettrodeposizione (elettrochimica ed elettroforetica) per l'ottenimento di rivestimenti funzionali, in particolare nel settore dei trasporti e nel settore biomedicale ha permesso di attivare il progetto strategico RINNOVA, finanziato dalla Regione Puglia.

E' proseguita l'attività di deposizione EPD *Electrophoretic Depositon* di coating ceramici su substrati metallici: gli strati ceramici trattati con fascio elettronico hanno un'adesione 100 volte maggiore rispetto agli strati non trattati.

Per quanto riguarda il campo dei rivestimenti mediante spruzzatura termica con Plasma Spray, l'attività di maggior rilievo è stata rivolta alla realizzazione di TBC *Thermal Barrier Coating* utilizzando materiali non convenzionali. Le attività puntate alla realizzazione di rivestimenti protettivi, in particolare "hard coating" basati su rivestimenti a multistrato, costituiti da coppie di nitruri metallici, depositati con tecniche di deposizione fisica da fase vapore, hanno consentito, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica del Politecnico di Bari, di acquisire il progetto strategico sulla tematica dei rivestimenti tribologici (progetto TRITRIS "Tecnologia Innovativa per Trattamenti e Rivestimenti Superficiali di utensili e componenti meccanici), approvato e finanziato dalla Regione Puglia.

E' stata avviata la realizzazione di un impianto CVD, nell'ambito dell'attività sulla produzione di idrogeno, che permetterà di realizzare rivestimenti di ossido di silicio su membrane porose tubolari per ottenere membrane selettive all'idrogeno.

Sono state portate a termine le attività di realizzazione di rivestimenti tribologici nanocompositi previste nel progetto PROTEMA Processi e Tecnologie per Materiali Funzionali conclusosi a luglio 2006.

Nell'ambito dello sviluppo di tecnologie di giunzione, è stata realizzata una testa per saldatura ibrida Laser-MIG a 6 g.d.l. in collaborazione con tecnici del consorzio partecipato CALEF e sono stati saldati dei componenti in lega 6060 per la realizzazione di profilati TC non esistenti in commercio per la realizzazione di pianali modulari per Unità di Carico in lega di alluminio. Nell'ambito delle attività di servizio, sono da segnalare la messa a punto di un processo di saldatura EBW per la realizzazione di due "cold plate" in AA 6061 T651 (utilizzati nella realizzazione di un sistema per esperimenti in assenza di gravità previsti dall'ESA Microgravity Programme Board) e la produzione in serie limitata di contatti a radiofrequenza, circa 450 pezzi, per l'acceleratore di particelle del CERN di Ginevra.

Materiali strutturali monoliti e compositi

Ceramici e compositi

Il materiale ceramico strutturale a base SiC sviluppato in precedenti progetti è stato utilizzato per la realizzazione di componenti per la propulsione aeronautica in collaborazione con AVIO. In particolare sono stati realizzati deviatori di flusso, assimilabili a pale di turbina a geometria semplificata, da utilizzare nell'allestimento di una sezione di prova del burner rig AVIO di Brindisi.

E' continuato lo sviluppo del materiale a base SiC, oggetto di brevetto, costituito da una miscela di SiC, AlN e ossidi ceramici. Il materiale presenta un comportamento assimilabile ad una capacità di "sigillare" le cricche che si formano in esercizio che porta a caratteristiche meccaniche migliorate rispetto al SiC tal quale ed in particolare ad un incremento di tenacità che costituisce una criticità per questa tipologia di materiale. E' in fase d'ultimazione l'allestimento presso i laboratori di Faenza dell'impianto di infiltrazione in fase vapore per la realizzazione di compositi a matrice ceramica. Le caratteristiche del processo innovativo sono tali da accrescere la velocità di deposizione della matrice nei processi di fabbricazione di compositi a fibre lunghe. Si renderanno in questo modo disponibili materiali compositi a costi compatibili con le applicazioni industriali. Le attività inerenti ai materiali metallici per l'energia hanno riguardato la caratterizzazione di materiali per la fusione e la caratterizzazione meccanica della frattura e propagazione di cricche di superleghe per turbine.

Polimeri

Le attività sui materiali polimerici si sono svolte principalmente su tre linee. La prima riguarda le tecnologie e i processi produttivi innovativi con riferimento allo sviluppo e alla messa a punto di nuovi materiali polimerici nanostrutturati destinabili principalmente ai settori del packaging e dei trasporti (nautico, aeronautico).

La seconda riguarda le tecnologie e lo sviluppo applicativo dei materiali compositi a matrice polimerica in campo strutturale. In particolare sono continuate le attività relative alla modellazione numerica delle strutture di riferimento ed è stata eseguita la progettazione dei modelli in scala da testare sulle tavole vibranti. Successivamente si sono eseguite le prove di caratterizzazione dinamica

su sistemi tecnologico-costruttivi tradizionali adeguati sismicamente con materiali fibro-rinforzati a matrice polimerica.

La terza riguarda lo sviluppo e messa a punto delle tecniche di deposizione di materiali funzionali attivi su film polimerici specialistici e commerciali, per il settore dei dispositivi elettronici di largo consumo. In particolare è stato installato e collaudato l'impianto relativo alla tecnologia di "ink-jet printing" e sono iniziate delle prove preliminari di deposizione con risultati molto incoraggianti. Sono state, inoltre, dimensionate accuratamente le caratteristiche dell'impianto di "hot embossing" di nuova acquisizione. Sono state ultimate tutte le procedure d'acquisizione e si prevede che l'impianto verrà consegnato e collaudato entro giugno 2007.

Tradizionali

L'obiettivo integrato raggiunto consiste nell'ulteriore rafforzamento e consolidamento del supporto alle imprese nazionali produttrici di materiali da costruzione in laterizio sia attraverso lo sviluppo di metodologie di qualifica innovative e sia attraverso la partecipazione alla stesura di normative europee di riferimento per il settore. Inoltre sono state avviate, in particolare, con il laboratorio CERTIMAC di Faenza le attività per dotare il sistema di ricerca faentino delle competenze e strumenti per la qualificazione termofisica di prodotti per costruzione in laterizio o compositi. In particolare è stata avviata una ricerca di mercato per la scelta di uno strumento per la misura della conducibilità termica dei materiali da costruzione, fino a 300°C, anche in funzione delle necessità del progetto SITI e lo sviluppo di modelli FEM 2D e 3D per la determinazione della conduttività media di prodotti con geometria complessa. In accordo con CERTIMAC e con il Ministero dei Lavori Pubblici sono state inoltre avviate le analisi ed attività per la messa a punto delle procedure di prove sui materiali da costruzione come calcestruzzi, ferri, etc, al fine di ottenere il riconoscimento del laboratorio per la qualificazione di prodotti da utilizzare su strutture portanti.

NUOVI PROCESSI E SISTEMI PER L'INDUSTRIA

Sviluppo e uso di acceleratori di elettroni e protoni in terapia oncologica

Per l'acceleratore di protoni da usare in terapia oncologica, TOP, sono stati effettuati la caratterizzazione completa della prima parte della macchina fino a 7 MeV, i test di potenza del primo modulo della seconda parte che arriva a 65 MeV, e si è iniziata la realizzazione presso l'Istituto per gli studi nucleari "Soltan" di Swierk, Polonia, del primo modulo ingegnerizzato.

Sviluppo e caratterizzazione di sorgenti laser innovative

Laser ad elettroni liberi

Per la linea elettroni liberi e terahertz, le due sorgenti laser compatte realizzate a Frascati, funzionanti nel lontano infrarosso e nella regione millimetrica, sono state utilizzate per la realizzazione di immagini di campioni vegetali, anche per lo studio del metabolismo delle piante, e di altri materiali di carattere strategico che non sono rivelabili o producono scarso contrasto con i sistemi tradizionali radiografici. I risultati ottenuti nella regione del THz a Frascati ed altrove sono di tale interesse che è stata proposta la realizzazione di una facility, in collaborazione con realtà di ricerca e industriali nazionali, per lo studio e lo sviluppo della tecnologia afferente a questa nuova finestra spettroscopica. Inoltre è stata eseguita una comparazione tra simulazioni di dinamica del fascio di elettroni e misure di emittanza, attività che si inquadra nell'ambito della tematica relativa allo studio di iniettori afferente al progetto Europeo EUROFEL, Design Study per la realizzazione di Laser ad Elettroni Liberi (FEL) nella regione spettrale dell'XUV e dei raggi X.

Per i progetti SPARC e SPARX, miranti alla realizzazione di un laser ad elettroni liberi operante in regime di emissione spontanea auto-amplificata, sono state svolte le seguenti attività:

- Completamento della costruzione della sezione prototipo dell'ondulatore magnetico;
- Costruzione di una camera laboratorio termostata per misure meccaniche e magnetiche;
- Avvio delle misure delle caratteristiche magnetiche e meccaniche dell'ondulatore;
- Avvio della costruzione delle rimanenti sezioni prototipo;
- Conclusione del progetto del canale di trasporto;

- Avvio e conclusione della costruzione dei quadrupoli per la realizzazione del canale di trasporto;
- Conclusione del progetto dei phase shifters per la correzione di trasporto;
- Perfezionamento accordo Regione Lazio-Collaborazione SPARX per ulteriori finanziamenti.

Componenti ottici

Nel settore dei componenti ottici, sono state effettuate azioni in diversi campi applicativi quali: la componentistica per risonatori laser, la strumentazione per lo Spazio e le tecnologie per la protezione dei Beni Culturali.

Per quanto riguarda i componenti ottici per laser, è stato realizzato in collaborazione con il CNR-IFAC di Firenze un apparato per la misura della soglia di danneggiamento laser, basato su tecniche fotoacustiche. Il test di specchi diecrici realizzati presso l'ENEA ha dimostrato che tali componenti resistono ad una radiazione laser di potenza più elevata rispetto ad analoghi componenti acquistati sul mercato internazionale.

Nell'ambito del progetto MUR-FIRB EUV-L sui laser per microlitografia, è stato realizzato un prototipo di componente ottico ad alta riflessione nell'estremo ultravioletto (lunghezza d'onda di 13.5 nm), contenente circa 40 coppie di strati con spessore dell'ordine del nanometro. A tal fine è stata utilizzata la tecnica di deposizione dello sputtering con fascio ionico che consente un controllo ottimale di strati estremamente sottili, come è necessario per questa applicazione. Nell'ambito dello stesso progetto, è stato perfezionato un modello teorico precedentemente sviluppato per valutare la distribuzione angolare dell'intensità emessa da sorgenti puntiformi immerse in strutture dielettrico-metalliche a multistrato. Si sta valutando la possibilità di brevettare il design del rivelatore.

È stato realizzato un apparato per misure ottiche a temperature criogeniche, nell'ambito di due progetti dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Tale apparato consente misure di trasmissione e riflessione in un ampio intervallo spettrale (400-1000nm) a temperature che vanno da -265°C a 77°C, per simulare le condizioni di volo.

Nell'ambito del Programma Nazionale Ricerche in Antartide (PNRA) è stata effettuata una campagna di controllo sulla stabilità della calibrazione del radiometro UV realizzato precedentemente. Attualmente è in corso l'analisi dei dati della campagna di misura in modo da stabilire il periodo temporale entro cui effettuare la procedura di calibrazione. È da considerare che tra le due campagne di misura, il radiometro è stato posto in Antartide durante il 2005.

Per quanto riguarda le applicazioni ai Beni Culturali, il prodotto brevettato da ENEA che consiste in un vetro con un opportuno rivestimento in grado di proteggere le opere d'arte dalle radiazioni dannose, è in corso di realizzazione presso i laboratori del Gruppo Componenti Ottici. Il prodotto dovrebbe migliorare anche la visione delle opere stesse. È stato concluso uno studio dedicato ad alcuni materiali conduttori e trasparenti, quali l'ossido di indio drogato con stagno e l'ossido di zinco drogato con alluminio, uno dei quali farà parte del rivestimento finale del vetro.

Questi materiali risultano inoltre di interesse per molte altre applicazioni. Sono stati presi accordi con la Saint-Gobain Glass, che è una delle aziende più note a livello mondiale per la produzione del vetro per uno sviluppo del prodotto finale su grandi superfici di vetro, ai fini di una successiva immissione sul mercato.

Nell'ambito del progetto SPINTA coordinato dal Consorzio IMPAT, è stata portata a termine la fase conclusiva della "Attività imprenditoriale - Spin-off" dal titolo "Sviluppo e realizzazione di componenti ottici a film sottili per applicazioni ad alto contenuto tecnologico" (acronimo: TFD), con tutoraggio ENEA.

Sviluppo di sorgenti a eccimeri e caratterizzazione dei relativi fasci laser

Per la linea eccimeri, il laser di potenza Hercules è stato utilizzato sia per il trattamento di materiali, tra i quali anche i tessuti, che per la generazione di raggi X da plasma per fotolitografia ad altissima risoluzione. In particolare, sono stati irraggiati dei lini per la generazione di immagini sindoniche, ed il brevetto sull'omogeneizzatore di fascio, essenziale per ottenere effetti ripetibili su larghe superfici, è stato esteso con successo all'Europa.

È terminato il progetto europeo More Moore, che mira alla realizzazione di uno stepper commerciale basato sulla litografia nell'EUV, per il quale è stato studiato l'abbattimento dei detriti generati dal plasma che danneggiano le delicate ottiche funzionanti nell'EUV Estremo Ultra Violetto, una regione a cavallo tra ultra violetto e raggi X. I detriti sono stati abbattuti di circa 800 volte, ed i risultati hanno

prodotto un brevetto che per ora è stato depositato in Italia. Si è continuato a lavorare nel progetto nazionale EUV-L per la realizzazione di un prototipo di litografia con risoluzione spaziale minore di 100 nm.

Nuove sorgenti laser a stato solido nel visibile e vicino infrarosso

Per la linea stato solido, sono proseguite le attività relative ai dispositivi optoelettronici innovativi, basati sulla combinazione di tecniche di deposizione di film sottili per evaporazione termica e metodi di litografia su scala sub-micrometrica. I materiali utilizzati sono stati un alogenuro alcalino, LiF, ed una molecola organica, Alq₃. In questo ambito sono state realizzate strutture luminescenti con dimensioni misurabili di 200 nm, e con un nuovo metodo sono state generate modulazioni di indice di rifrazione che possono essere utilizzate per la realizzazione di microcavità e/o dispositivi fotonici di nuova concezione. Il rivelatore d'immagini basato sul LiF è stato utilizzato per effettuare microscopia di campioni biologici d'origine vegetale ed animale, di campioni d'interesse per la scienza dei materiali, ed inoltre per la prima volta viene anche utilizzato per la rivelazione di neutroni termici.

Prosegue l'indagine sulla stabilizzazione chimico-fisica della fotoluminescenza degli OLED, ed in particolare è stato scoperto che i film di Alq₃ posseggono quattro componenti con proprietà spettroscopiche e temporali molto diverse, e che esiste una certa reversibilità tra di esse con conseguenze di un certo interesse per le applicazioni dei display luminosi.

Applicazioni laser

Metrologia laser

Sono state svolte prevalentemente attività di sviluppo di Tecnologie per i Beni Culturali. E' stato completato il progetto SIDART con l'esecuzione delle previste campagne esterne (Tarquinia, Pompei) mediante il prototipo SIDART 100 realizzato nel corso del progetto; il medesimo sistema è stato inoltre applicato nel Monastero di Sucevita (Romania) durante la campagna condotta in ambito europeo (progetto su CULTURE 2000).

E' stato messo in funzione il "sistema proscenio" per l'acquisizione rapida di modelli 3D d'oggetti in un ambiente opportunamente strutturato con specchi multipli, ultimando l'implementazione degli algoritmi di ricostruzione delle immagini. Sfruttando la tecnica a modulazione di ampiezza alla base delle precedenti versioni di *ITR Imaging Topologic Radar* è stata sviluppata e brevettata una versione tricromatica del medesimo sistema che rilascia, oltre al modello, l'immagine a colori (RGB) di quanto scannerizzato.

È stata realizzata l'opera "Kiss Me" presentata alla mostra internazionale "TECHNE 05" organizzata dalla Provincia di Milano. Il cuore tecnologico di tale opera è il brevetto ENEA "Apparato per la generazione di un quadro sinestetico". In particolare è stato implementato il sistema di controllo costituito da un software sviluppato in Visual Basic, da un hardware dedicato di acquisizione dati e da una ventina tra sensori e attuatori.

Nell'ambito delle attività di sviluppo ed applicazione dei sistemi di sensori in fibra ottica per monitoraggi strutturali, sono stati conseguiti gli obiettivi dei progetti MITRAS e SIMMI. Per il primo è stato completato il progetto del dimostratore di sistema di monitoraggio con sensori FBG, da installare su viadotto del tratto SA-RC dell'autostrada A1. Per il secondo progetto è stato installato e testato un sistema di monitoraggio su sito dimostratore ubicato presso infrastrutture tecnologiche ferroviarie della Ferrovia Circumvesuviana, nei pressi di Sorrento. Il sistema installato, realizzato con sensori FBG, è preposto al monitoraggio dinamico delle infrastrutture, al controllo dell'assetto dei convogli in transito, allo stato d'ovalizzazione delle ruote dei vagoni ferroviari.

Sviluppo sensori per diagnostiche locali e remote

Lo spettrofluorimetro da campo CASPER, realizzato nell'ambito del progetto RIADE, ha ricevuto il Premio Ricerca & Innovazione 2005 promosso da BIC Lazio nell'ambito del programma "Università e Impresa", classificandosi primo. Successivamente, lo strumento è stato utilizzato nell'ambito della campagna oceanografica in Artide (Giugno-Luglio 2006) con la nave dell'Istituto di Oceanografia dell'Accademia delle Scienze Polacca Sopot.

Per quanto riguarda il progetto ARES afferente al settore Oceanografia del PNRA è proseguita l'analisi dei dati acquisiti nelle precedenti spedizioni. In particolare, dopo aver calibrato, negli anni

precedenti, le stime di clorofilla *a* dei sensori SeaWiFS e MODIS (Stati Uniti) sono stati calibrati i dati del sensore MERIS (Unione Europea).

Per il progetto MIAO *Microsistemi per Ambienti Ostili* sono state portate avanti tre sottoattività:

- Citometro laser a scansione: miglioramento della sezione ottica di raccolta ed analisi del segnale con l'introduzione di un canale polarizzato e di due canali per la rivelazione della fluorescenza delle particelle;
- Progettazione meccanica 3D del payload che prevede una struttura portante per i componenti del sensore, tale da poter essere inserita all'interno del mezzo volante (telescopio per la raccolta dei segnali e l'invio del laser, gli alloggiamenti per il laser, per l'elettronica e per il PC di controllo).
- Applicazione LIBS per le analisi dei sedimenti e delle acque: studio sperimentale mirato ad aumentare la sensibilità della tecnica sott'acqua. A tale scopo è stata applicata la tecnica di scattering per studiare la dinamica della bolla di vapore indotta dal laser ed è stata sperimentata la tecnica d'eccitazione laser con impulsi multipli. I risultati di questi studi hanno portato ad un incremento della sensibilità analitica di circa un ordine di grandezza e ad un brevetto che ha le potenziali applicazioni anche nel settore medicale.

Sono state completate le attività previste nel progetto TECSIS relativamente all'implementazione del lidar fluorosensore a scansione per Beni Culturali, che è stato riprogettato con l'utilizzo di un nuovo disegno ottico. L'apparato è stato utilizzato nelle campagne di misura in Romania in tre monasteri dipinti della Bucovina. L'attività è stata finanziata mediante il progetto europeo Saving Sacred Relics of European Medieval Cultural Heritage supportato dall'azione europea CULTURE 2000.

Ricerche mirate all'applicazione di sensori laser sono state svolte nell'ambito di contratto di ricerca finanziato dall'Università di Munster, Istituto di Planetologia (Germania), relativo all'applicazione LIBS per l'esplorazione di Marte. Sono state effettuate le misure sui suoli/rocce e sul ghiaccio/acqua nelle condizioni simulate.

Nell'ambito del progetto FIRB Sviluppo di tecniche di diagnostica laser per lo studio della combustione e dei fenomeni di autoaccensione la tecnica spettroscopica Degenerate Four Wave Mixing (DFWM) è stata utilizzata per la misura della rate di collisioni elastiche della molecola di formaldeide (CH_2O) con le molecole N_2 , CO_2 ed He usati come gas di buffer, e sviluppandone un modello. Anche le attività relative al progetto FIRB Strutture semiconduttore/superconduttore per l'elettronica applicata si sono concluse, con la messa a punto di uno spettrometro Raman portatile a bassa risoluzione per la caratterizzazione di nanostrutture semiconduttrici, utilizzato con successo anche sui nanotubi di carbonio sintetizzati via laser.

Nell'ambito del progetto INAGRIMED gli esperimenti condotti su piante di broccolo inoculate con il patogeno del terreno *Phoma lingam* hanno confermato la diagnostica precoce attraverso l'analisi della fluorescenza indotta della clorofilla *a* e correlata analisi d'immagine.

Nell'ambito del progetto AGROLOGIS sono stati completati gli esperimenti su frutti di arancio per la diagnostica non distruttiva di patologie non conclamate in post-raccolta.

Le tecniche utilizzate di riflettanza e fluorescenza allo spettrofotometro e fluorimetro, e di valutazione dell'emissione di etilene con il laser fotoacustico, hanno permesso la diagnosi già dopo 24 ore dall'inoculazione con due diversi patogeni quando la malattia non è visibile. Inoltre con la riflettanza è anche possibile valutare la freschezza del frutto analizzando la banda della clorofilla a 680 nm.

Sviluppo e applicazione di sistemi laser per la sintesi e la caratterizzazione di nanostrutture

Sono state svolte ricerche miranti principalmente alla crescita di nanofili di silicio, di nanotubi di carbonio, di nanoparticelle di Silicio e SiC. A seguito della collaborazione con l'Accademia delle Scienze della Repubblica Ceca è stato completato lo studio mediante XPS di films di TiC cresciuti mediante una tecnica combinata di laser ablation e magnetron sputtering.

Per il concluso progetto CE FP5 SINERGIA, si è studiata la diseccitazione di nanocristalli di silicio luminescenti in presenza di erbio come centro accettore.

Per quanto riguarda l'utilizzo di nanocristalli di silicio come marcatori luminescenti per applicazioni in diagnostica biologica e medicale, è stato approvato il progetto CE FP6 BONSAI *Bio-Imaging with Smart Functional Nanoparticles* e sono quindi iniziate le relative attività scientifiche. In particolare si

sono prodotti diversi batches di polveri nanofasiche di silicio e si è caratterizzato e processato il materiale, anche di altri partners, allo scopo di migliorarne le proprietà di luminescenza.

Nell'ambito del progetto RINNOVA è stata completata la fornitura di due chilogrammi di nanopolveri di SiC necessarie alla realizzazione dei dimostratori tecnologici per il progetto, che prevedeva la realizzazione di coating antiusura in bagni galvanici contenenti metalli e le nanopolveri medesime.

In particolare presso l'Università di Trento, partner del progetto, sono stati realizzati coating di Ni/SiC su eliche navali (in scala 1:3) e di Cu/SiC su trafilatori industriali per alimenti.

SERVIZI TECNICO-SCIENTIFICI

Sviluppo tecnologie per gli anziani e i disabili

Sviluppo di sistemi tecnologici di ausilio alla persona

E' stata aggiornata la componentistica attraverso la quale fu realizzato il sistema "Walk Assistant" per introdurre nuove caratteristiche di efficacia ed usabilità. E' stata avviata una collaborazione con il comune di Roma per la applicazione del nuovo sistema alla città.

Sono stati sperimentati, nell'ambito del progetto europeo ITACTI, alcuni prototipi di tavolette grafiche elettroniche che creano sul piano rilievi grafici opportuni e consentono così ai ciechi di esplorare con le dita le immagini prodotte da un monitor o da una telecamera.

Applicazioni telematiche per lo sviluppo dei servizi e delle reti

E' stata svolta l'attività prevista dalla convenzione con il Ministero delle Attività Produttive per lo sviluppo del turismo accessibile (progetto STARE). In particolare:

- È stato realizzato un nuovo sito accessibile contenente la metodologia IG-VAE realizzata dall'ENEA per la qualificazione della accessibilità turistica;
- È stato realizzato il progetto "Italia nostra per tutti" in collaborazione con Italia Nostra e con la società BCC per l'accessibilità turistica e culturale del Lazio;
- È stato presentato il progetto Culture M.A.R.K.E.T.S. in collaborazione con il CNR per la valorizzazione del patrimonio artistico degli stati che si affacciano sull'Adriatico attraverso lo sviluppo di servizi innovativi;
- È stato presentato il progetto Zefiro in collaborazione con Italia Nostra, Infobyte ed il Consorzio Oltremare promosso dalla DGS per l'accessibilità turistica e culturale dei territori limitrofi le aree dei porti turistici;
- Sono state svolte iniziative d'informazione/comunicazione relative al progetto Palermo per Tutti concluso nel corso del 2005.

Radiazioni ionizzanti

Nel corso del 2006, presso l'impianto di irraggiamento Calliope sono stati effettuati servizi tecnico-scientifici per attività di ricerca interna (25%), per committenti pubblici e privati (70%) e per misure dosimetriche (5%), sia interne al laboratorio sia per l'Istituto di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti, per un totale di 4.500 ore d'irraggiamento. Tali servizi hanno riguardato componenti e sistemi per applicazioni in settori che vanno da quello per l'elettronica nello spazio o dei rivelatori per la fisica delle alte energie sino a quello per applicazioni chimico-biologiche.

Per quanto concerne l'attività svolta in collaborazione con INFN presso il Centro Regionale ECAL-CMS, è continuata l'attività di montaggio dei cristalli di tungstato di piombo nei moduli ECAL-CMS ed il relativo trasporto al CERN dei moduli prodotti: sono stati consegnati al CERN un totale di 20 moduli ECAL per un numero di cristalli processati presso il Centro Regionale pari a 8400.

In merito all'applicazione delle radiazioni ionizzanti ai beni culturali, in collaborazione con l'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, sono state indagate le alterazioni prodotte nella cellulosa e nella carta a lunga conservazione da trattamenti d'invecchiamento, idrolisi ed irraggiamento gamma anche tra loro combinati. Sono stati effettuati test preliminari per verificare la suscettibilità di varie tipologie di fotografie all'attacco di insetti corrosivi nonché prove sperimentali su foto irraggiate e sottoposte sia all'attacco di un fungo biodeteriogeno che di un insetto corrosivo.

Per quanto riguarda le applicazioni medicali delle radiazioni ionizzanti, sono state seguite le procedure di sperimentazione clinica sul trattamento dei tumori della pelle, le cui attività proseguiranno anche

nel 2007. In collaborazione con l'Ospedale di Reggio Emilia è stata eseguita, mediante il kit con brevetto di proprietà ENEA, una campagna di misure per l'analisi della ioduria.

Metodologie Diagnostiche

Le attività dell'ENEA nell'ambito della metodologia diagnostica sono state svolte nell'ambito di una serie di progetti.

Il progetto MATMEC, Progetto Regione Emilia Romagna - Bando PRRIITT, prevede, a scopo di diagnostica ed ingegnerizzazione, attività di analisi di materiali ceramici multilaminati ed analisi preliminari di materiali polimerici con ottimizzazione dell'apparecchiatura sperimentale utilizzata.

Il progetto RIADE, concluso nel 2006, riguarda le misure di erosione dei suoli, le misure di isotopi nelle acque e le datazioni sugli antichi insediamenti nelle aree di studio mediante l'effettuazione di datazioni al radiocarbonio e di analisi di spettrometria gamma mediante ^{137}CS .

Il progetto AVIO-Puglia, prevede lo studio e la caratterizzazione, allo scopo di migliorare l'efficienza energetica dei motori aeronautici, di un materiale ceramico innovativo, a base di carburo di silicio, con il quale è stato realizzato un prototipo di pala per turbina statorica.

Il progetto NEREA (Progetto Regione Emilia Romagna - Bando PRRIITT), ha riguardato l'esecuzione di analisi mediante microscopia ottica ed elettronica per lo studio del comportamento e trattamento materiali per il restauro di opere d'arte.

Sono inoltre continuate le attività di datazione con ^{14}C di suoli per conto della Regione Emilia Romagna e si è partecipato alla seconda campagna di analisi prevista nel Fift International Radiocarbon Intercomparison (VIRI), a cui hanno partecipato 90 laboratori da tutto il mondo, utilizzando, unici, la tecnica della scintillazione liquida. E' stato messo a punto lo spettrometro di massa per attività riguardanti gli isotopi stabili per indagini ambientali.

Strumenti e servizi ICT

Supercalcolo e GRID

Le attività dell'ENEA si focalizzano sulle seguenti linee di sviluppo:

- architetture innovative per il supercalcolo e griglie computazionali;
- sistemi per la grafica 3D;
- connettività ad alta banda e bassa latenza, wired e wireless;
- tecnologie per la messa in rete di strumenti scientifici;
- tecnologie per la gestione grandi moli di dati distribuiti geograficamente;
- adattamento di codici a piattaforme computazionali innovative.

In particolare, nel corso del 2006 sono state avviate le attività relative al progetto CRESCO (FESR 2000-06), riguardante la realizzazione di una infrastruttura di supercalcolo di assoluta eccellenza presso il C.R. di Portici e lo sviluppo di applicazioni nei settori "protezione delle infrastrutture critiche" e "bioinformatica".

È inoltre proseguita la partecipazione ai progetti europei EGEE ed EGEE II, un'iniziativa di dimensioni molto ampie volta a realizzare una grande integrazione fra le principali griglie computazionali del mondo scientifico

Protezione delle infrastrutture critiche

Nell'ambito della partecipazione al Progetto EU-FP6 C12RCO è stata fatta un'analisi delle iniziative dell'Europa EU-27 nel campo della Protezione delle Infrastrutture Critiche Informatizzate, al fine di definire un'Agenda di ricerca nel campo specifico.

Nell'ambito della partecipazione al Progetto EU-FP6 IRRIIS sono stati definiti insieme ai partners italiani ACEA e TELECOM Italia i requisiti della tecnologia da sviluppare per facilitare la messa in comune di informazioni sullo stato delle reti, onde evitare fenomeni di caduta a cascata. Sempre sulla base delle conoscenze fornite da ACEA e TELECOM Italia, sono state fatte delle attività di modellazione topologica e funzionale allo scopo di mettere in evidenza punti di maggior vulnerabilità delle due reti.

A.5 DIPARTIMENTO BIOTECNOLOGIE, AGROINDUSTRIA E PROTEZIONE DELLA SALUTE (BAS)

PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

Sviluppo di prodotti / processi a base biologica

I programmi di RST&D sono focalizzati essenzialmente su due linee d'attività. La prima linea riguarda la valorizzazione della "qualità del prodotto agro-alimentare", intesa come fattore importante di competitività e preminente per il consumatore e per la politica dell'Unione Europea. In questo senso, le attività perseguono l'obiettivo di ottenere germoplasma resistente a malattie e ad insetti in specie ortofrutticole, leguminose e cerealicole; di valorizzare alcune produzioni tipiche mediterranee, di ottenere germoplasma di qualità per sistemi agricoli sostenibili e di caratterizzare dal punto di vista fenotipico e molecolare alcune comunità microbiche presenti nei suoli e in ambienti diversi.

La seconda linea d'attività riguarda l'utilizzo di piante intese come "biofabbriche" per la produzione di molecole d'interesse biomedico-farmaceutico, con un approccio che potrebbe rappresentare un'alternativa efficace, biologicamente sicura ed economicamente vantaggiosa rispetto ai sistemi di produzione convenzionali (batteri, lieviti, cellule di mammifero) finora adottati dall'industria farmaceutica. 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, alcuni dei vaccini prodotti sono già stati saggiati su modelli sperimentali animali con risultati che appaiono molto promettenti, documentati su importanti riviste internazionali.

Genetica e genomica di piante tipiche mediterranee

Con la realizzazione di piattaforme tecnologiche per il sequenziamento ad alta processività, l'analisi trascrittomiche, l'analisi proteomica e la bioinformatica collegata, l'ENEA ha, di fatto, acquisito una posizione di primaria importanza, in ambito nazionale, 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. Il pomodoro è stato caratterizzato dal punto di vista di profili d'espressione per lo studio dei geni che possono influenzare la salubrità dell'alimento in termini di contenuto in "nutraceutics", di architettura della pianta e di resistenza a fitopatie. Le attività di miglioramento delle ortofrutticole hanno riguardato principalmente la fragola. Prima in campo nazionale, ENEA ha messo a punto il sequenziamento sistematico di migliaia di sequenze espresse da frutto in maturazione, ha costruito un database di geni espressi e un DNA-microarray. 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, attraverso approcci integrati di genomica funzionale e metabolomica.

La pianta come biofabbrica di molecole ad alto valore aggiunto

E' stata completata la realizzazione d'anticorpi stabili in grado di funzionare come modulatori di attività proteiche all'interno del citoplasma. Queste molecole possono essere utilizzate come reagenti per interferenza molecolare in applicazioni biomediche e nel settore agrario. Per quanto riguarda l'utilizzo delle piante per la produzione di vaccini ricombinanti, area di ricerca dove ENEA ha sviluppato ricerche pionieristiche per la produzione di molecole vaccinali dirette contro HIV-1 e HPV-16, sono state definite le condizioni ottimali per la produzione su larga scala e sono state valutate in modelli sperimentali animali nuove formulazioni di vaccini a DNA utilizzando sequenze tipiche di virus vegetali.

Sicurezza alimentare e ambientale

La valutazione dell'impatto sugli agro-ecosistemi e sulla catena alimentare di elementi e composti chimici indesiderati derivanti da differenti fonti di inquinamento, compresi alcuni prodotti biotecnologici, costituisce fattore essenziale per il conseguimento di obiettivi per la sicurezza ambientale, alimentare e sanitaria e per operare funzioni di pre-normativa.

Conseguentemente sono svolte attività di RST&D concernenti soprattutto lo studio dell'impatto dell'inquinamento atmosferico e delle acque sulle colture agrarie e sulle catene alimentari.

Nell'ambito delle attività di supporto alla Commissione Consultiva Nazionale per i Prodotti Fitosanitari del Ministero della Salute sono stati valutati, dai dossier presentati dalle ditte produttrici, i rischi ecotossicologici di venti prodotti commerciali contenenti diversi principi attivi al fine della registrazione ed autorizzazione al commercio ed all'uso, secondo l'attuazione della Direttiva CEE 91/414.

Su incarico dalla Regione Emilia-Romagna e del CRPV *Centro Ricerche Produzioni Vegetali* è stato applicato l'indicatore di rischio per gli organismi acquatici REXTOX *Rado of EXposure to TOXicity* a tre scenari geo-pedologici rappresentativi della Regione Emilia-Romagna ed è stato effettuato uno screening tra i principi attivi impiegati per la difesa antiparassitaria e per il diserbo delle colture evidenziando quelli più a rischio per pesci, alghe e daphnia. Sono stati, quindi, stimati i potenziali rischi per la salute degli operatori in rapporto a diverse strategie di trattamento antiparassitario, analizzando il rischio nelle fasi di preparazione ed applicazione della miscela e distinguendo situazioni in cui erano usati o meno i sistemi di protezione personale

Tutela degli ecosistemi

Biodiversità

Nell'ambito delle indagini relative alla vegetazione infestante lungo i tracciati ferroviari, sono stati individuati, isolati e prodotti per via fermentativa i principi attivi di origine naturale e sono stati condotti i primi esperimenti in laboratorio e in campo controllato sull'efficacia dei principi attivi individuati. Tale attività ha lo scopo di mettere a punto la composizione e il processo produttivo di un formulato a base di sostanze naturali per il controllo della vegetazione infestante, da utilizzare in aree ad uso civile ed industriale. Questo prodotto permetterà di sostituire i preparati di sintesi attualmente utilizzati, diminuendo l'impatto sull'ambiente e migliorando le pratiche di gestione del territorio. Si è proceduto all'individuazione e descrizione dei caratteri peculiari delle aree protette gestite dall'Università di Catania, nell'ambito di un progetto per la messa a punto di un sistema a basso impatto antropico ed ambientale per il rilevamento, la trasmissione e gestione di dati inerenti aree protette di difficile accesso.

Desertificazione.

È stato messo a punto un approccio metodologico innovativo per giungere ad un aggiornamento sullo stato della desertificazione in Italia, evidenziando le dinamiche dei processi di degrado delle risorse naturali in corso. La metodologia prende spunto da "hot spot" rappresentativi, individuati sul territorio nazionale e attualmente oggetto di studio, in grado di evidenziare le tendenze del fenomeno, e rileva le relazioni tra desertificazione, agricoltura, irrigazione e ambiente. Per queste aree, viene così ottenuta un'analisi degli impatti prodotti e subiti dall'agricoltura ed una valutazione sull'adozione di possibili sistemi di allerta precoce. A questo percorso è associata la messa a punto di un sistema di monitoraggio multitemporale di parametri agro-ambientali significativi, attraverso la combinazione di tecniche di telerilevamento satellitare, fotointerpretazione e rilievi a terra. Sono state quindi individuate azioni di prevenzione, mitigazione ed adattamento sul territorio, mediante l'utilizzo di un sistema in grado di valutarne la compatibilità ambientale ed economica. L'analisi degli aspetti economici legati alla desertificazione è argomento estremamente controverso e l'ipotesi di lavoro avviata mira a collegare le applicazioni delle nuove politiche di gestione delle risorse naturali agli strumenti tradizionali di misura della ricchezza economica. Si va infine consolidando il collegamento con imprese high-tech ed amministrazioni locali per la gestione d'iniziative congiunte e per lo sviluppo di progetti di creazione d'impresa.

PROTEZIONE DELL'UOMO DAGLI AGENTI NOCIVI

Danni cellulari da agenti nocivi

Le moderne tecniche di biologia molecolare consentono di mimare il danno che agenti nocivi fisici e chimici possono introdurre nel patrimonio genetico di un organismo. In tale ottica, vengono indagati alcuni meccanismi molecolari che si attivano in una cellula per riparare un danno indotto da radiazioni ionizzanti o agenti chimici sul DNA, per bloccare la proliferazione cellulare, o per indirizzare la cellula verso la morte programmata (apoptosi), allo scopo di individuare specifiche molecole che diano una misura della sensibilità cellulare e forniscano informazioni sulla suscettibilità individuale al danno.

Inoltre, sono sviluppate tecnologie per la valutazione del rischio da agenti nocivi, con particolare riguardo all'identificazione di nuovi biomarcatori d'esposizione, effetto e suscettibilità ad agenti tossici. Vengono elaborati modelli per la stima del rischio mediante valutazioni in gruppi di popolazioni esposte, svolgendo un ruolo di raccordo tra il dato sperimentale e quello epidemiologico. I dati ottenuti su biomarcatori a breve termine vengono correlati con le stime d'effetti a lungo termine (compromissione del potenziale di fertilità, insorgenza di tumori). Vengono anche effettuate elaborazioni statistiche per la valutazione dello stato di salute delle popolazioni residenti in diversi contesti territoriali, avvalendosi della Banca Dati Epidemiologica dell'ENEA.

Parallelamente alle attività di ricerca a medio-lungo termine, sono condotti studi orientati alla necessità di fornire elementi tecnico-scientifici per la soluzione di problematiche prioritarie di protezione della salute umana, identificate sulla base di conoscenze scientifiche e valutazioni di carattere economico e sociale (inquinamento elettromagnetico e chimico in ambiente urbano, inquinamento da composti con possibile attività endocrina, valutazioni di rischio in particolari ambienti di lavoro).

Cancerogenesi da radiazioni

Sono stati sviluppati modelli murini di patologie umane, caratterizzati da elevata suscettibilità all'induzione di tumori in seguito a esposizione alle radiazioni ionizzanti. Tali modelli, portatori di specifiche deficienze a carico di geni che intervengono nella regolazione dello sviluppo embrionale, del differenziamento, e nel riparo del danno al DNA, sono stati utilizzati per analizzare i fattori che influenzano lo sviluppo e la progressione di tumori del sistema nervoso centrale e della cute (medulloblastoma e carcinoma a cellule basali, BCC). Per quanto riguarda il BCC, è stato dimostrato che lo stato proliferativo delle cellule staminali della cute, da cui il tumore ha origine, influenza non solo l'incidenza ma anche le caratteristiche istopatologiche dei tumori. Questi dati sperimentali facilitano la comprensione dei meccanismi di iniziazione e progressione di entrambi i tipi di tumore, e costituiscono un presupposto essenziale per lo sviluppo di terapie efficaci e mirate per le corrispondenti patologie umane.

Silenziamento genico mediante RNA interferente: un nuovo metodo per l'individuazione e lo studio di nuovi bersagli molecolari per la cura dei tumori

In molti organismi superiori e anche nell'uomo, durante alcune fasi dello sviluppo come pure nella vita dell'individuo adulto, l'espressione di singoli geni può venire inibita da piccoli RNA (microRNA) che vanno ad interferire con i meccanismi di traduzione del RNA in proteina. Sono stati effettuati esperimenti di silenziamento dell'espressione del gene *slug* che si ritiene implicato nel processo di metastatizzazione di molti tipi di tumore. Infine, è stata evidenziata, in vitro e in vivo, la capacità di piccole molecole altamente diffusibili di inibire specifici recettori ad attività tirosina-chinasi.

Meccanismi di immunoregolazione nella risposta allergica

La risposta di tipo allergico dipende dalla presenza di anticorpi di classe IgE specifici per l'allergene. I linfociti di tipo Th2 stimolano i linfociti B a produrre IgE. Gli studi della regolazione della produzione di IgE e del differenziamento dei linfociti Th2 sono stati estesi ad un modello murino di risposta immunitaria all'allergene maggiore della *Parietaria judaica*. Al polline di questa pianta risulta allergica una discreta percentuale della popolazione italiana.

Studio degli effetti di sostanze ambientali con potenziale azione interferente con l'omeostasi ormonale

Nell'ambito di un progetto europeo, sono stati valutati i possibili effetti sull'integrità genetica degli spermatozoi, mediante la tecnica citofluorometrica denominata Sperm Chromatin Structure Assay (SCSA), in una serie di campioni rappresentativi di varie popolazioni europee diversamente contaminate da PCB e DDT assunti principalmente attraverso la dieta. I risultati hanno permesso di dimostrare, per la prima volta, che la contaminazione da PCB (ma non da DDT) può contribuire a danneggiare l'integrità genomica dello spermatozoo umano.

Rischio genotossico in lavoratori ospedalieri professionalmente esposti a farmaci chemioterapici

Nell'ambito di un progetto di ricerca finalizzata del Ministero della Salute, sono state valutate l'incidenza di aberrazioni cromosomiche e di micronuclei in lavoratori ospedalieri professionalmente esposti a farmaci chemioterapici.

Bioelettromagnetismo

Sono stati realizzati nuovi sistemi espositivi, elettromagneticamente caratterizzati per le frequenze UMTS della telefonia cellulare e con condizioni ambientali controllate, per l'esposizione di campioni biologici secondo procedura in cieco o a doppio cieco. Tali sistemi sono stati realizzati per esperimenti su animali (ratti per lo studio dell'orecchio interno, topi per il sistema immunitario) e su cellule neuroectodermiche: non sono stati evidenziati ad oggi effetti biologici sulla funzionalità dell'apparato uditivo di piccoli roditori, per dosi diverse corrispondenti alle norme europee vigenti; né sono stati messi in evidenza effetti additivi con antibiotici ototossici; anche le cellule di neuroblastoma non mostrano cambiamenti nella proliferazione, differenziamento, induzione di oncogeni e morte cellulare programmata.

Radioprotezione*Ricerca, sviluppo e qualificazione*

L'attività di ricerca sviluppata in IRP Istituto di Radioprotezione, si fonda su una serie di competenze tecnico-scientifiche che spaziano dalla biologia, alla chimica e alla fisica delle radiazioni, ed è rivolta prevalentemente allo sviluppo di tecnologie e ottimizzazione delle tecniche di dosimetria, a valutazioni radioprotezionistiche per impianti di fusione nucleare nonché a studi sugli effetti delle radiazioni sui tessuti biologici.

Sono state dimostrate evidenze sperimentali del cosiddetto "Bystander Effect" (danno genetico indotto in cellule non irraggiate direttamente, ma messe in contatto con il terreno di cellule irraggiate) attraverso sperimentazioni in vivo su topi irraggiati con "basse dosi" di raggi X.

È stato eseguito uno studio per la valutazione della dose alla popolazione, sulla base della ricettività ambientale e dati demografici relativi al sito del C.R. della Casaccia, per assicurare la non rilevanza radiologica di un possibile scarico liquido dal Centro, secondo la definizione prevista dalla legge.

Nel campo della dosimetria delle radiazioni naturali, è stato messo a punto uno strumento prototipo per la verifica del fattore di equilibrio del radon ed i radionuclidi figli. Inoltre, è stato ottimizzato il dosimetro "radon" attualmente utilizzato. Il dosimetro è ora oggetto di potenziale brevettazione.

Attività di sorveglianza fisica di radioprotezione in ENEA

L'attività di sorveglianza fisica di radioprotezione ha compreso:

- la funzione d'esperto qualificato per le attività con rischio da radiazioni ionizzanti;
- l'attività di archivio dosimetrico riguardante lavoratori esposti ENEA e ospiti a vario titolo (i.e. borsisti, tirocinanti, laureandi, dipendenti terzi);
- la sorveglianza di radioprotezione operativa (dosimetria ambientale, sopralluoghi periodici negli impianti/laboratori, misure di caratterizzazione radiologica degli ambienti di lavoro);
- la dosimetria ambientale ex art 54 Dlgs.230/95 per il sito del C.R. Casaccia;
- la dosimetria individuale esterna ed interna per i lavoratori ENEA e SOGIN esposti alle radiazioni;
- analisi radiometriche su campioni d'impianto e campioni prelevati in ambienti di lavoro.

L'attività dell'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti ha riguardato, come per gli anni passati, il ruolo di "Istituto Metrologico Primario" assegnato all'ENEA dalla legge 273/1991 nel settore delle radiazioni ionizzanti. In base a questi compiti, l'Istituto ha proseguito la propria attività di ricerca finalizzata allo sviluppo dei campioni primari nazionali per la misura delle radiazioni ionizzanti. All'attività di ricerca è stata affiancata l'attività di taratura degli strumenti di misura delle radiazioni ionizzanti per soddisfare la richiesta nazionale nel settore.

L'attività dell'Istituto ha riguardato inoltre i ruoli assegnati all'ENEA rispettivamente dalla legge 132/1988 (procedure e prove per l'omologazione degli strumenti di misura in ambito UE), e dai Dlgs. 230/1995 e 241/2000 (obblighi di taratura e criteri d'approvazione dei dosimetri delle radiazioni ionizzanti).

Campioni primari nazionali

Le attività R&S nel settore, hanno riguardato:

- Campioni per la dosimetria della radiazione x, gamma ed elettroni
- Campioni per la misura dei radionuclidi di uso medico e ambientali (radon, ecc.)
- Tarature e accreditamento di laboratori
- Standardizzazione e affidabilità delle misure delle radiazioni ionizzanti

L'ENEA ha ampliato le prestazioni dei sistemi sperimentali campione necessari per l'affidabilità delle misure del radon nell'ambiente e per soddisfare le richieste in tal senso dell'APAT e delle agenzie regionali ARPA. E' stato realizzato un nuovo campione primario di radon in aria basato sull'estrazione dei radon da sorgenti i sali di radio in soluzione acquosa ed il suo completo trasferimento in un circuito di volume noto cui è associato un sistema di misura (monitor) di riferimento.

È stata realizzata la nuova cella spettrometrica con campionamento elettrostatico destinata a svolgere le funzioni di strumento di riferimento per la standardizzazione dell'atmosfera della camera climatizzata da 1 m³. È stato quindi realizzato il nuovo apparato di taratura degli strumenti di riferimento per la misura del radon ai fini della standardizzazione dell'atmosfera della camera radon praticabile.

Per l'attività riguardante la taratura della strumentazione radiometrica richiesta a livello nazionale, e l'accreditamento di centri di taratura è stata continuata l'impegnativa taratura di strumenti di misura di sorgenti per radiodiagnostica medica presso l'Ospedale Pediatrico Bambino Gesù e il Policlinico di Tor Vergata di Roma e presso l'Ospedale S.M.M. di Udine.

Il programma di affidabilità per i laboratori delle Agenzie Regionali ARPA preposti al controllo della radioattività ambientale è stato svolto, come in passato, in stretta collaborazione con l'APAT. In particolare, è stato svolto un interconfronto su misure di spettrometria gamma in sorgenti su filtro. L'interconfronto ha coinvolto laboratori situati sul territorio nazionale, per valutarne l'affidabilità in specifiche misure di radioattività ambientale.

È proseguita la collaborazione fra l'Istituto e i laboratori del Consorzio Elettra (Trieste) per lo sviluppo di un sistema di misura dei fasci di radiazione ("luce di sincrotrone") mediante i campioni nazionali dell'Istituto. Si sono concluse le prove di stabilità del fascio di radiazione prodotto dal sincrotrone di Elettra, l'acceleratore dedicato alla produzione di luce di sincrotrone di cui è prevista l'utilizzazione per radiodiagnostica medica ad alta risoluzione.

È stato messo a punto un programma di calcolo basato sul codice Monte Carlo EGS per la simulazione dell'irraggiamento in fantoccio di acqua con fasci di fotoni ed elettroni di alta energia dei dosimetri di riferimento a solfato ferroso che sono prodotti dall'Istituto per la taratura e la caratterizzazione degli acceleratori clinici del tipo Novac e Liac per radioterapia intraoperatoria (IORT). Questi acceleratori sono prodotti dall'industria nazionale e hanno riscontrato un notevole favore nel settore della radioterapia anche grazie ai metodi dosimetrici sviluppati dall'Istituto di metrologia.

PROCESSI E SISTEMI PER LO SVILUPPO DEL SISTEMA INDUSTRIALE

Sviluppo e uso di acceleratori di elettroni e protoni in terapia oncologica

L'ENEA, nell'ambito del progetto IORT finanziato dal MIUR e dall'Unione Europea ha condotto, in collaborazione con l'industria nazionale, (HITESYS e INFO&TECH) ed esperti del settore (IFO Istituti Fisioterapici Ospedalieri, Istituto Regina Elena di Roma, Università di Bologna e Consorzio CETMA), la realizzazione di un sistema innovativo per Radioterapia IntraOperatoria denominato IORT-1.

Tale macchina costituisce per compattezza, affidabilità, versatilità di impiego, uno dei sistemi più avanzati a livello mondiale per questo tipo di terapia, che consiste nell'irraggiare il letto tumorale subito dopo l'asportazione chirurgica del tumore direttamente in sala operatoria tramite un fascio di elettroni prodotto da un acceleratore lineare montato su un braccio mobile.

Nell'ambito di questa attività, l'ENEA risulta anche titolare di due brevetti riguardanti rispettivamente il disegno della struttura accelerante e il sistema dosimetrico che è in grado di fornire in tempo reale l'immagine digitale del fascio di elettroni e la dose erogata. Il secondo brevetto è condiviso con l'Università di Bologna. Il sistema IORT-1 ha già prodotto una evoluzione commerciale, la macchina LIAC commercializzata dalla società INFO&TECH già operativa in alcuni ospedali.

E' in funzione, presso il C.R. di Frascati, il linac iniettore per il progetto *TOP Terapia Oncologica con Protoni*, un acceleratore lineare di protoni da 7 MeV. L'iniettore è stato realizzato, su specifiche particolari dell'ENEA, da una società americana (AccSys Inc.), è stato installato in un bunker ed è stato equipaggiato con una linea di trasporto fascio progettata e realizzata da ENEA. L'iniettore è il primo stadio del complesso di acceleratori lineari in corso di progettazione e realizzazione per il progetto TOP che riguarda lo sviluppo di un complesso di acceleratori di protoni dedicati alle applicazioni medicali, ed in particolare alla produzione di radioisotopi per analisi PET e alla radioterapia con protoni, cioè la protonterapia.

Entrambe le applicazioni sono di grande interesse per il mondo medico: la PET è una moderna diagnostica funzionale che si basa su radiofarmaci contenenti radioisotopi a vita breve e che devono essere prodotti in ospedale o in una zona prossima ad esso, mentre la protonterapia è una radioterapia di ultimissima generazione, altamente conformazionale, estremamente precisa, e quindi particolarmente adatta nei casi di tumori prossimi ad organi critici. L'attività di studio e sviluppo è stata portata avanti sin dagli anni '90, in collaborazione con altre istituzioni impegnate sul tema dell'adroterapia (INFN, TERA, Università, CERN). In particolare, nel 1996 l'ISS ha offerto all'ENEA di iniziare la realizzazione di un impianto sperimentale basato su questo progetto. Dal 1998 si sono susseguite due Convenzioni (1998-2001 e 2002-2005) stipulate tra ISS e ENEA.

Sviluppo del sistema agro-industriale

Le finalità programmatiche perseguite mirano essenzialmente a migliorare la competitività complessiva di filiere agro-alimentari e agro-industriali, dalla produzione primaria, alla difesa fito-sanitaria delle colture, alla trasformazione dei prodotti agricoli e zootecnici, alla valorizzazione industriale di colture a destinazione non alimentare e dei sottoprodotti delle industrie alimentari, fino alla qualificazione delle produzioni. In particolare, gli obiettivi definiti riguardano sia l'introduzione di fattori di innovazione, secondo un approccio di filiera, allo scopo di enfatizzare e privilegiare le esigenze di "sostenibilità" delle diverse fasi produttive e di "qualità" dei prodotti agro-alimentari sia l'impiego di *mild technologies* nei processi di trasformazione di prodotti agro-alimentari, con l'obiettivo di preservarne le caratteristiche sensoriali e nutrizionali e sia la produzione di *know-how* per lo sviluppo di prodotti/processi di tipo biologico, basati anche sul potenziale innovativo delle biotecnologie, a supporto della crescente richiesta da parte dell'industria di prodotti a più alto contenuto tecnologico e di processi a minore impatto ambientale.

Sviluppo di tecnologie per processi agro-industriali

Particolare rilevanza ha riguardato lo sviluppo e la messa a punto di metodologie di estrazione con CO₂ allo stato supercritico di sostanze ad attività biocida, fungicida ed antagonista (da matrici vegetali varie) su scala laboratorio e pilota, di metodologie di fermentazione (produzione, fino a scala 500 litri, di lieviti, anche ceppi originali) su scala banco e pilota, di metodologie di conservazione/trasformazione *mild*, quali concentrazione e liofilizzazione, di prodotti agro-alimentari e agro-industriali, in particolare microrganismi (lieviti) e prodotti agro-alimentari (pomodoro, ortive e prodotti lattiero-caseari) fino alla scala pilota.

Sono state completate le esperienze relative alla valutazione e selezione di germoplasma di grano saraceno, nell'ambito delle attività di recupero di specie agrarie caratterizzate da elevate caratteristiche nutrizionali.

Sviluppo di tecnologie biologiche per la protezione vegetale e animale.

I risultati più rilevanti hanno riguardato la completa realizzazione di una biofabbrica per la produzione massale di artropodi utili per programmi di lotta biologica in agrumicoltura e nelle colture protette, lo sviluppo e applicazione di metodi di caratterizzazione microbica, anche su base genetico-molecolare, lo sviluppo e l'applicazione di metodologie basate su biosaggi per quantificare l'attività antagonista di lieviti, la caratterizzazione chimica e l'utilizzo, come bioinsetticidi, di principi attivi di origine vegetale nelle produzioni vegetali, come antiparassitari nelle produzioni animali e come cicatrizzanti in medicina veterinaria. Il preparato brevettato MIX 557 derivato dal *neem* è stato sperimentato su animali ed è stato formalizzato un contratto di cessione in licenza dei diritti di produzione industriale a una società privata. È stato validato, su scala pilota, il protocollo di trattamento a freddo di arance, necessario a consentire l'esportazione in diversi Paesi, per la disinfezione da Ceratitis.

Nuovi prodotti da materie prime vegetali per la chimica, l'energia e l'ambiente

È stata valorizzata la tecnologia sviluppata dall'ENEA per la concentrazione dei reflui caseari e il loro successivo impiego nella formulazione di mangimi per animali di allevamento (Brevetto ENEA RM 2003 A 000114): è stato definito un accordo preliminare con il comune di Varese Ligure (SP) per l'installazione di un impianto dimostrativo presso il locale caseificio della Cooperativa Casearia Val di Vara, con l'obiettivo di inserire stabilmente lo stadio di concentrazione dei reflui con la tecnologia ENEA nel ciclo produttivo aziendale.

Nel campo dello studio e della sperimentazione di nuovi sistemi per la produzione di sostanze di interesse industriale da materie prime vegetali, sono state condotte prove sperimentali per la messa a punto, alla scala di laboratorio, di un processo integrato di estrazione/recupero/purificazione di inulina (polisaccaride utilizzabile in sostituzione dei grassi per la produzione di alimenti dietetici) in soluzione acquosa da scarti dell'industria di lavorazione del carciofo, che hanno permesso di individuare una serie di parametri operativi utili per il possibile "scaling-up" del processo a livello di impianto pilota. Relativamente alla tematica dello sviluppo dell'agricoltura non-alimentare, sono state svolte, presso il C.R. di Trisaia, le attività di monitoraggio e valutazione delle rese produttive di coltivazioni sperimentali di miscanto e switchgrass, con l'obiettivo di verificarne l'andamento della produttività nel tempo (raggiungendo rispettivamente la durata di 13 e 8 anni per le prove attualmente in corso) e ottenere dati utili per una stima attendibile dei costi di produzione nella prospettiva di una loro utilizzazione a fini energetici e/o come materie prime per l'industria cartaria.

Selezione conservativa, moltiplicazione in purezza, valorizzazione e tutela varietà costituite dall'ENEA.

Presso le ditte sementiere nazionali concessionarie delle varietà ENEA, è stata effettuata la selezione conservativa e la moltiplicazione in purezza per l'ottenimento di semente certificata di 11 varietà di frumento duro, 12 di frumento tenero, 2 di triticale, 2 di orzo, 7 di cece, una di cotone e di semente certificata di 3 varietà di pisello, 3 varietà ibride FI di pomodoro e una di melanzana. In tale contesto, sono stati assicurati gli adempimenti di legge previsti per i Costitutori di varietà vegetali in materia di iscrizione, reiscrizione e mantenimento delle varietà al Registro Nazionale Varietale del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali.

Supply chain per le PMI agro-alimentari

Le attività sulla Supply Chain Integrata sono proseguite nell'ambito di tre progetti:

- MENSA (piattaforme di e-Business per l'agro-alimentare), un progetto europeo di tipo SSA (Strategic Support Action);
- INTERAGRO (metodi e strumenti per la supply chain INTEgRata nell' AGRO alimentare), un progetto FISIR, finanziato da MUR e MIPA.
- LEMURE (Logistica Integrata Multi Agente per Reti di PMI), un progetto 297, Finanziato dal MUR;

Il terzo progetto, che si è concluso nell'anno, ha permesso all'ENEA di realizzare un modello di gestione, basato su metodi di coordinamento decentralizzato, per catene di PMI, utilizzabile in particolare nelle filiere agro-alimentari. Il modello ha preso il nome di SMEC (Small Medium Enterprise Chain) ed è stato presentato a varie catene di imprese operanti in Emilia-Romagna, Toscana, Lazio e Puglia, riscuotendo l'interesse, da parte delle imprese, a partecipare alle sperimentazioni del modello stesso che sono previste nell'ambito del progetto e che verranno eseguite a partire dall'estate 2007. Il modello SMEC, nel luglio 2006, è anche stato presentato ad una commissione del Parlamento Europeo, che ha sollecitato, per il VII PQ, la presentazione di una proposta di progetto di sperimentazione, di ampio respiro, per le catene di PMI dello agro-alimentare in ambito europeo.

SERVIZI TECNICO-SCIENTIFICI PER LA PA E LE PMI

I principali risultati in questo settore riguardano le attività del Laboratorio PROTOCENTER per la diffusione delle tecnologie CAD/CAM presso le piccole imprese; in particolare:

- nel settore biomedicale è continuata la collaborazione con il Centro Protesi INAIL per il miglioramento e la velocizzazione del processo di costruzione di protesi estetiche per arti superiori e per l'ottimizzazione della dinamica del movimento inerente le protesi mioelettriche di arto superiore
- nel settore agro-alimentare e agro-industriale sono proseguite le attività del *Centro di Innovazione Integrato AGROBIOPOLIS*, realizzato presso il C.R. della Trisaia nell'ambito del Programma FESR 1994-1999.

AGROBIOPOLIS si pone la finalità generale di contribuire allo sviluppo del sistema agro-alimentare ed agro-industriale, soprattutto delle Regioni meridionali, attraverso l'introduzione di elementi innovativi strategici e metodologici, in una logica di intervento che coinvolge l'intera filiera produttiva e di sviluppare tecnologie "abilitanti" a carattere multisettoriale, *in primis* biotecnologie, per la produzione di *know-how* suscettibile di interesse industriale, anche di PMI "high-tech". In tal senso sta diventando un importante punto di riferimento per tale settore, come Polo Tecnologico con valenza multidisciplinare, aperto alle collaborazioni con altri soggetti pubblici e privati e con riflessi che, nel medio periodo, potrebbero essere attrattivi per l'area più vasta del bacino del Mediterraneo.

Il Centro si pone quindi l'obiettivo di svolgere le seguenti principali funzioni a sostegno della competitività complessiva del comparto produttivo agro-alimentare ed agro-industriale:

- stimolare la domanda di innovazione da parte dei diversi settori produttivi ed organizzare e proporre un'offerta autonoma di innovazione;
- introdurre elementi di innovazione nei sistemi produttivi attraverso attività di R&ST, di dimostrazione, di diffusione e trasferimento;
- offrire servizi tecnologici avanzati, di consulenza tecnico-scientifica e di formazione professionale alle associazioni di categoria ed agli operatori privati, soprattutto PMI e strutture consortili.

AGROBIOPOLIS è articolato in tre aree funzionali comprendenti: il Complesso Impiantistico Multifunzionale, i Laboratori Specialistici, il Demo Center. *La Hall Tecnologica* del Centro dispone di impianti pilota che sono in grado di operare nelle seguenti aree tecnologiche: fermentazione; *downstream processing*; estrazione a fluidi supercritici; tecnologie "mild" per la trasformazione e la conservazione di prodotti alimentari; tecnologie innovative per il trattamento di sottoprodotti delle lavorazioni alimentari; sistemi avanzati per il controllo di processo e la qualità dei prodotti; sistemi avanzati per le colture protette. I Laboratori Specialistici allestiti e le importanti strumentazioni acquisite rispondono alla scelta strategica di dotare tale struttura di elevate e qualificate capacità di R&ST, in settori e discipline coerenti con le specializzazioni produttive esistenti nelle Regioni meridionali ed in linea con le priorità nazionali e comunitarie, in tema di sviluppo del sistema agro-alimentare e di utilizzazione industriale delle biotecnologie.

Il DemoCenter, collegato in rete con una pluralità di soggetti operanti sul territorio, è l'area funzionale di *AGROBIOPOLIS* dedicata principalmente alla diffusione e al trasferimento dell'innovazione ed all'offerta di servizi avanzati, attraverso attività relative a studi di fattibilità, servizi avanzati, dimostrazione, informazione e formazione.

Nell'ambito del DemoCenter sono operativi, tra l'altro, sistemi per la formazione a distanza attraverso una piattaforma di *e-learning* che consentirà la realizzazione e la fruizione di corsi di formazione erogati via internet attraverso il portale multifunzionale.

AGROBIOPOLIS è la più innovativa infrastruttura tecnico-scientifica nel campo delle biotecnologie applicate ai settori agro-alimentare ed industriale e costituisce il nuovo modello di collaborazione tra ricerca scientifica pubblica e sistema produttivo. Si basa, infatti, su una partecipazione diretta delle imprese alle attività di R&S all'interno dei laboratori ENEA: due realtà chiamate ad operare insieme su obiettivi comuni a supporto quindi delle esigenze di innovazione tecnologica e di competitività del sistema Paese. L'ENEA intende proseguire nella sua strategia di collaborazione con le imprese, soprattutto PMI, per favorirne lo sviluppo e la competitività soprattutto attraverso innovazione di prodotto e di processo, allo scopo di migliorare l'offerta e la qualità delle produzioni e l'impatto sull'ambiente delle attività produttive. Altri obiettivi prioritari sono quelli di favorire la presenza di laboratori di R&S di imprese private all'interno del Centro, la creazione di incubatori per imprese innovative biotecnologiche (società di *start-up* e *spin-off*), l'offerta di servizi tecnologici avanzati e specialistici alle imprese, la formazione di competenze qualificate. *AGROBIOPOLIS*, in linea con le strategie dell'ENEA a supporto dello sviluppo del sistema produttivo, della salute e dell'ambiente, ha già in corso progetti finanziati a livello europeo, nazionale e regionale, che si caratterizzano per un approccio sistemico e interdisciplinare grazie alla capacità dell'Ente di coniugare le diverse professionalità che operano al suo interno.

Nel Centro, infatti, ben si integrano la ricerca avanzata con la ricerca industriale e con il trasferimento dei risultati, avendo come partner soggetti pubblici e privati che mettono in comune i loro *know-how*. L'ENEA partecipa con *AGROBIOPOLIS* a progetti europei di significativa complessità, che aggregano molteplici attori e che spaziano su argomenti molto diversi.