

## **6.2. *Il sistema vettore idrogeno***

Lo sviluppo dell'idrogeno come vettore energetico richiede l'avvio di un programma di dimensioni significative, coordinato a livello nazionale, che si ponga l'obiettivo di sviluppare le tecnologie necessarie (dalla produzione all'utilizzo nelle varie applicazioni) e di promuovere la loro graduale diffusione nel mercato.

### **Produzione di idrogeno con cicli termochimici**

Nel panorama dei metodi di produzione di idrogeno che utilizzano energia rinnovabile come fonte primaria ed acqua come materia prima, i processi termochimici alimentati da energia solare concentrata presentano la specificità di rendimenti globali di trasformazione particolarmente interessanti. I processi proposti finora a livello internazionale sono numerosi: i criteri importanti per la scelta dei processi su cui concentrare le attività di ricerca e sviluppo sono essenzialmente la semplicità del ciclo, l'abbondanza a basso costo dei materiali reagenti utilizzati ed il ridotto o nullo impatto ambientale.

Il ciclo che fa uso di ferriti miste di manganese, che è in corso di sviluppo presso l'ENEA, ha la prerogativa di rispondere in tutto ai criteri prima elencati, ed usa due sole fasi in cui avvengono reazioni gas solido: una fase di reazione a circa 800°C, che porta alla produzione di idrogeno e CO<sub>2</sub>, ed una fase di rigenerazione, in cui, dopo avere separato l'idrogeno, la CO<sub>2</sub> a circa 500-600°C si ricombina con le ferriti liberando ossigeno. Il risultato finale risulta la scissione della molecola d'acqua in idrogeno e ossigeno con il solo ingresso di energia termica solare ed acqua.

Nel gennaio 2002, sono iniziati lo studio e la fabbricazione dei reagenti, insieme alla produzione di ferrite in forma nanostrutturata mediante sintesi ceramiche classiche, sintesi per via umida da fase micellare e sintesi mediante metodi meccanochimici "ball milling" a partire dagli ossidi precursori.

Nella seconda metà dell'anno, è iniziato lo studio delle cinetiche di reazione sulle ferriti man mano prodotte, che ha portato ai primi incoraggianti risultati. In particolare, è stata eseguita una prima caratterizzazione chimico-fisica del composito, sono state studiate le cinetiche di ossidazione e di riduzione mediante simultanea analisi termica differenziale (DTA) e termogravimetrica (TG) ed è stato avviato lo studio della cinetica delle reazioni solido-gas mediante desorbitore termico programmato (TPD). L'analisi dei gas di reazione è stata seguita mediante spettrometria di massa.

Sono state avviate le attività per una produzione massiva di ferrite, dell'ordine di 500 g, da utilizzare per la sperimentazione in un reattore in via di realizzazione, per il successivo studio della ripetibilità del ciclo, dei fenomeni di isteresi e delle rese di processo.

Dalle prime esperienze di laboratorio è stata verificata la fattibilità scientifica delle due semireazioni del ciclo preso in esame, sia in fase di produzione di idrogeno che di rigenerazione, e i primi risultati hanno dimostrato la possibilità di riduzione delle temperature operative, rispetto ai dati di letteratura, con notevoli vantaggi dal punto di vista delle future soluzioni impiantistiche da adottare.

## **6.3. *Celle a combustibile***

Sono proseguite le attività di ricerca e sviluppo delle celle ad elettrolita polimerico e a carbonati fusi e dei sistemi per le loro applicazioni, sia stazionarie che di trazione, condotte

nell'ambito di programmi nazionali ed europei in collaborazione con industrie, strutture di ricerca, pubblica amministrazione e utenti.

In particolare, per le celle ad elettrolita polimerico:

- sono state svolte attività di sviluppo di componenti, stack e sistemi, in collaborazione con diversi partner (sia industriali che di ricerca), nell'ambito di un progetto relativo allo sviluppo di un sistema da 15 kW, che è inserito in un Accordo di Programma con il MIUR (Legge 95/95) e si concluderà nel 2003;
- sono stati sviluppati stack di piccola potenza (fino a 5 kW) di configurazione innovativa, nel quadro dell'azione di supporto alla crescita di nuove realtà industriali nel settore;
- è stato sperimentato un sistema a idrogeno da 5 kW, realizzato durante il 2001.

Per le celle a carbonati fusi sono proseguite le attività relative a:

- la realizzazione, in collaborazione con Ansaldo Fuel Cells, di due impianti, uno da 125 e l'altro da 500 kW;
- lo sviluppo di nuovi materiali e componenti, che consentano di migliorare le prestazioni e ridurre i costi, in collaborazione con diverse strutture di ricerca nazionali.

### **Celle ad elettrolita polimerico**

Nell'ambito dell'Accordo di Programma con il MIUR (Legge 95/95), l'ENEA ha coordinato le attività di diversi partner, relative allo sviluppo di componenti e stack, in configurazione sia convenzionale che innovativa, e ha svolto attività di ricerca su catalizzatori ed elettrodi e sulla realizzazione di un sistema da 15 kW alimentato a gas naturale.

In particolare, presso l'ENEA, è stato brevettato un nuovo metodo per la preparazione di elettrocatalizzatori Pt/C e Pt-Ru/C ad elevata area superficiale per celle ad elettrolita polimerico. Il processo sviluppato consiste in tre step principali (mescolamento a temperatura ambiente dei precursori metallici, dell'agente riducente e del carbonio in un bagno singolo; trattamento termico a temperatura inferiore a 100 °C; filtrazione, lavaggio e essiccamento) e presenta, potenzialmente, costi sensibilmente più bassi di quelli attuali, in quanto risulta semplice e rapido ed utilizza trattamenti a basse temperature. I catalizzatori ottenuti hanno prestazioni (attività catalitica per l'ossidazione di idrogeno e metanolo, resistenza all'avvelenamento da CO) confrontabili con quelle dei migliori prodotti commerciali, con un maggior contenuto di fase cristallina e una stabilità chimica superiore.

Nell'ambito dello stesso programma è stata avviata la realizzazione del sistema da 15 kW a idrogeno, dopo aver completato la progettazione esecutiva e la scelta dei materiali e dei componenti. Sono stati inoltre messi a punto il sistema di supervisione, regolazione e controllo dell'impianto di conversione del gas naturale in idrogeno, realizzato presso i laboratori della Casaccia, ed il sistema di analisi delle concentrazioni dei gas utilizzato nella sperimentazione dello stesso impianto; è stato infine provato con buoni risultati il reattore di ossidazione parziale (a fronte di una concentrazione di idrogeno massima teorica nel gas prodotto del 39%, sono stati raggiunti valori del 34%).

In parallelo è proseguito lo sviluppo degli assemblati membrana/elettrodi e della ingegneria dello stack nell'ambito di una collaborazione con la Roen Est. Sono stati verificati, anche con prove a lungo termine, i promettenti risultati ottenuti durante il 2001 per quanto riguarda le prestazioni dei componenti, sia in cella singola che in stack, e i vantaggi della soluzione

particolarmente innovativa adottata per la configurazione dello stack, sia per quanto riguarda il controllo di qualità dei componenti che per la facilità di sostituzione degli stessi. Le tecnologie sviluppate sono state utilizzate per realizzare diversi prototipi (1-5 kW) ed hanno destato un grande interesse per le potenzialità applicative a livello industriale.

Per quanto riguarda lo sviluppo di sistemi di generazione con celle ad elettrolita polimerico:

- è proseguita la messa a punto e la sperimentazione di un sistema da 5 kW, alimentato a idrogeno, da inserire in un sistema di trazione ibrido da circa 30 kW di potenza totale; le due campagne di sperimentazione condotte hanno consentito di avere utili indicazioni per migliorare la tecnologia per quanto riguarda la strategia di controllo, la riduzione dei consumi degli ausiliari, il contenimento dei costi, volume e peso del sistema;
- è stato completato lo studio di fattibilità per un sistema di generazione da 21 kW, da utilizzare per un autobus ibrido alimentato a idrogeno, nell'ambito di un progetto finanziato dalla Regione Toscana; i risultati della progettazione, assistita da un programma di simulazione, hanno individuato come realizzabile un sistema completamente automatizzato, con efficienza complessiva netta del 43%.

### **Celle a carbonati fusi**

In collaborazione con FN, Venezia Tecnologie, il CNR e diverse università, sono state svolte attività relative allo sviluppo di componenti e processi innovativi ed alla valutazione della fattibilità dell'impiego delle celle a carbonati fusi in diverse applicazioni. In particolare:

- è stata modificata e potenziata la postazione sperimentale per monocelle fino a 100 cm<sup>2</sup> disponibile presso i laboratori della Casaccia;
- è stato messo a punto un processo per il recupero degli scarti di lavorazione degli elettrodi,
- sono stati preparati nuovi materiali per migliorare le prestazioni e aumentare la durata dei componenti di cella: NiAl da utilizzare per l'anodo (maggiore stabilità nel tempo dell'attuale NiCr) e ferrite di litio da utilizzare per ridurre i cortocircuiti dovuti alla precipitazione del nichel nella matrice dell'elettrolita; è stato messo a punto, su piccola scala, il processo di colatura su nastro che utilizza tali materiali per la produzione dei componenti e sono state avviate le prove in cella per verificare le prestazioni degli stessi;
- è stato completato lo studio per miscele diverse dell'elettrolita e effettuato lo studio di fattibilità per un impianto alimentato con gas da scarica.

## **6.4. Sistemi di accumulo**

I progetti di sviluppo di batterie al litio condotti nell'ambito dell'Accordo di Programma con il MIUR (Legge 95/95), in collaborazione con numerose strutture industriali e di ricerca, hanno prodotto nel 2002 significativi risultati scientifici e tecnologici.

### **Batterie al litio per l'elettronica di consumo**

Le attività di ricerca svolte su materiali, componenti e ingegneria hanno portato alla definizione e al dimensionamento di una cella al litio con componenti polimerici con caratteristiche competitive (almeno a livello prototipale) rispetto agli attuali prodotti commerciali.

La cella risulta costituita da un anodo in grafite riportato su collettore di corrente in rame, un separatore polimerico additivato con ossido di magnesio e imbibito della soluzione elettrolitica e, infine, da un catodo composito a base di manganito di litio riportato su un collettore di corrente in alluminio.

Le caratteristiche salienti della cella, i cui componenti sono preparati senza utilizzare solventi nocivi per l'ambiente, sono le seguenti:

- energia specifica di 146 Wh/kg
- densità di energia di 405 Wh/l

Questi valori non tengono ancora conto del peso e del volume del contenitore e verranno verificati durante il 2003, ultimo anno di attività del progetto, dedicato fundamentalmente alla ottimizzazione dei componenti e del sistema.

### **Batterie al litio per veicoli**

Nel corso dell'anno, è stata completata la scelta e l'ottimizzazione dei materiali sia polimerici che elettrolitici, anche con la messa a punto di materiali del tutto nuovi.

E' stata inoltre sviluppata una configurazione di cella originale ("bicella"), composta da un catodo bipolare (di composito a base di ossido di vanadio posto sulle due facce del portacorrente in alluminio), due strati di elettrolita polimerico in film sottile ai due lati del catodo bipolare e, a completamento della cella, due strati anodici sui due lati (costituiti da litio metallico riportato su portacorrente di rame). L'intera cella ha le dimensioni di 220 x 204 mm<sup>2</sup> ed uno spessore di 290 micron. Le caratteristiche di cella previste sono una capacità di 1 Ah, un'energia specifica 165 Wh/kg e una densità di energia di 211 Wh/l; tale valori non tengono conto del peso e del volume del contenitore, che sarà costituito da un "soft pack" in multiaccoppiato polietilene/alluminio/polietilene.

Infine, sono stati sviluppati i modelli necessari per procedere alla progettazione del modulo, tenendo conto della necessità di gestione termica e di controllo dello stesso.

Nell'ambito dei due progetti, sono stati finora prodotti 7 brevetti, di cui 2 durante il 2002, sulla preparazione di nuovi materiali per i componenti delle celle. I due ultimi brevetti riguardano componenti per accumulatori ad alta densità di energia destinati all'elettronica di consumo ed in particolare:

- lo sviluppo di un anodo composito, formato da grafite e da nitruro di litio, preparato quest'ultimo con un metodo di sintesi che porta ad una forma tale da consentire di estrarre una notevole quantità di litio dalla sua struttura; l'anodo composito è in grado di ciclare reversibilmente il litio estratto dal nitruro (è stato provato per oltre 500 cicli senza perdita di capacità a circa 300 mAh/g) ed è compatibile con materiali catodici che sono sintetizzabili nel loro stato "scarico", aprendo la porta a molti materiali catodici che finora non potevano essere usati come catodi in batterie litio-ione;
- la sintesi di litio ferro fosfato cristallino a granulometria nanometrica contenente carbone; l'impiego di tale materiale catodico (nel quale il carbone migliora il

trasferimento di carica tra il materiale stesso e l'esterno e controlla la crescita cristallina limitandola a dimensioni nanometriche) consente di erogare a bassa velocità di scarica una energia specifica pari a 550 Wh/kg, con circa il 28% di tale energia liberata per scariche eseguite ad una potenza di oltre 14.000 W/kg.

### **6.5. Celle e moduli fotovoltaici**

Nel settore delle tecnologie fotovoltaiche, le attività sono state focalizzate sulla nuova linea tecnologica del fotovoltaico a concentrazione, ove è divenuto operativo il Progetto PHOCUS. Tale progetto, definito nelle linee generali nel 2001, rappresenta un vero e proprio rilancio del fotovoltaico, in quanto la tecnologia "commerciale" del PV piano è ancora molto lontana dalla competitività economica, mentre per il PV a concentrazione si può prevedere un abbattimento dei costi più rapido. Nel 2002, il progetto "Fotovoltaico a concentrazione (PHOCUS)" è passato dalla fase di impostazione alla fase esecutiva. Una seconda linea di attività è costituita dallo sviluppo dei film sottili, per un utilizzo più immediato e più semplice del fotovoltaico nell'architettura civile e residenziale. E' stato deciso, anche alla luce delle scelte programmatiche a livello internazionale, in particolare in Europa e in Giappone, di sviluppare la tecnologia del film sottile a silicio microcristallino, con l'obiettivo di realizzare una cella PV di costo contenuto, confrontabile con quello delle celle a silicio amorfo, ma con caratteristiche tecniche di durata/affidabilità paragonabili alle celle tradizionali al silicio cristallino.

#### **Impianto dimostrativo a concentrazione: progetto di massima e prove di appoggio**

Obiettivo principale del progetto denominato PhoCUS è quello di sviluppare una tecnologia per il fotovoltaico a concentrazione (fino a 200 soli) al fine di dimostrarne la fattibilità tecnica e la maggiore potenzialità, rispetto al fotovoltaico convenzionale, per il raggiungimento della competitività economica. Nell'ambito del Progetto, sono state svolte attività relative sia allo sviluppo dei principali componenti dell'impianto, sia all'ottimizzazione del sistema.

In particolare, le attività sono state soprattutto indirizzate alla progettazione di una unità-base da 5 kW, concepita come un sistema basato su un singolo eliostato in grado di funzionare autonomamente in connessione alla rete in bassa tensione, ed alla realizzazione dell'impianto pilota da 25 kW (costituito da 5 unità-base), da installare nell'Area Sperimentale ENEA di Monte Aquilone, presso Manfredonia.

Sono state definite le principali caratteristiche tecniche dei componenti da sviluppare e si è proceduto alla individuazione degli operatori industriali per lo sviluppo delle relative tecnologie e la realizzazione dei prototipi per l'impianto pilota.

In particolare, per il ricevitore, da realizzare con la tecnologia del c-Si (silicio cristallino) ad alta efficienza, per cui è attesa un rendimento dell'ordine del 22% a 100 soli, risulta completata la progettazione della struttura del dispositivo.

In relazione al dispositivo ottico, è stato progettato "ad hoc" da ENEA (brevetto in corso) un concentratore del tipo rifrattivo prismatico, che presenta un'efficienza ottica teorica dell'85% ed un'efficienza operativa dell'83%. La realizzazione del componente è stata affidata alla ditta Borromini, mentre la caratterizzazione ottica sarà fatta in collaborazione con l'INOA (Istituto Nazionale di Ottica Applicata) di Firenze. Nello stesso tempo, è stata avviata un'attività ENEA di modelling per il confronto con un dispositivo ottico basato sulla lente di Fresnel.

Nell'ambito dello sviluppo della tecnologia del modulo a concentrazione, le attività svolte hanno riguardato principalmente la progettazione termica (mediante codici di simulazione) e lo studio dei problemi elettrici e tecnologici relativi all'assemblaggio delle celle (mediante la realizzazione e sperimentazione di mock-up). La messa a punto della tecnologia del modulo e la realizzazione dei prototipi è stata affidata all'Eurosolare spa.

Per quanto riguarda la struttura ad inseguimento su due assi, anche sulla base di attività sperimentali rivolte soprattutto alla problematica del controllo, sono state definite da ENEA le caratteristiche tecniche; la realizzazione dei prototipi è oggetto di un contratto con la Galileo Avionica di Firenze.

Risultano anche completate la progettazione elettrica dell'unità-base, con l'individuazione del tipo di inverter, e quella del relativo SAD (Sistema Acquisizione Dati).

### **La nuova tecnologia del fotovoltaico a film sottili: il silicio microcristallino**

Il silicio microcristallino è un materiale che, rispetto al silicio amorfo, ha caratteristiche strutturali tali da consentire la realizzazione di dispositivi fotovoltaici a film sottile con un'efficienza stabile più elevata.

Nell'ambito del Progetto Integrato Portici, cofinanziato dal MIUR, nel corso del 2002 è stato completato il nuovo laboratorio dedicato allo sviluppo delle tecnologie di preparazione di film sottili di silicio microcristallino su larga area. Le tecnologie messe a punto, caratterizzate da elevato rate di crescita e bassa temperatura (<300° C) di deposizione, verranno utilizzate per conseguire l'obiettivo di realizzare dispositivi fotovoltaici sia su substrati economici (per esempio, vetro), sia su substrati flessibili, come la plastica o l'acciaio in fogli, conservando i vantaggi economici e tecnologici del silicio amorfo: produzioni di massa a basso costo, disponibilità delle materie prime, buona compatibilità ambientale.

Il sistema ha caratteristiche di UHV (Ultra High Vacuum) per la massima pulizia delle camere di reazione e dei reagenti, ed ha la classica configurazione "cluster tool", costituita da una camera di trasferimento centrale sulla quale si innestano le camere di reazione e quella di caricamento dei substrati su cui depositare i film. In tal modo si ha la possibilità di effettuare l'intero processo di fabbricazione dei dispositivi senza esporre il campione all'atmosfera. Per la deposizione dei film, sono disponibili due camere PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition), ciascuna delle quali può essere collegata ad un generatore a frequenza variabile tra 10 e 100 MHz, una camera Hot Wire CVD, una camera per lo sputtering e una per il trattamento termico dei substrati. L'intero sistema di deposizione è interfacciato con un computer attraverso un software appositamente sviluppato e può, quindi, essere gestito sia in modalità manuale che in automatico, con la garanzia della ripetibilità dei processi.

Sono stati depositati film di silicio microcristallino intrinseco con caratteristiche idonee, in termini di struttura cristallina e di proprietà elettro-ottiche, all'impiego come strato attivo nelle celle solari, e si è giunti alla realizzazione dei primi dispositivi a base di silicio microcristallino, con promettenti valori di efficienza (7-8%).

### **6.6. Biomasse**

Nel settore delle biomasse, il CR della Trisaia si è caratterizzato come un riferimento nazionale, sia in termini di competenze e risorse umane, sia in termini delle infrastrutture dedicate disponibili presso il Centro. Nel corso dell'anno, in collaborazione con partner italiani ed europei, sono stati portati avanti vari progetti comunitari finalizzati alla

gassificazione di biomasse per l'ottenimento di miscele di idrogeno e alla conversione di biomasse per la produzione di etanolo. In questo ambito, sono stati resi operativi due impianti avanzati di gassificazione.

### **Installazione in Cina di un impianto dimostrativo, di tecnologia italiana, per la gassificazione delle biomasse**

E' stato completato il progetto CINA (Cooperazione INTERNAZIONALE per lo sviluppo di Apparecchi di gassificazione nei Paesi in Via di Sviluppo), interamente finanziato dal Ministero degli Affari Esteri. Il progetto prevedeva la fornitura e l'installazione in Cina, presso l'area sperimentale del LIER (Liaoning Institute of Energy Resources), di un impianto di gassificazione a letto di fisso da 20-30 kWe, alimentato a tronchetti di legna, e di un impianto di gassificazione a letto fluido da 160 kWe, alimentato a lolla di riso e scarti della lavorazione del legno. Entrambi gli impianti, realizzati e testati presso il CR Trisaia, erano stati poi inviati in Cina per il prosieguo delle attività sperimentali.

Nel corso del 2002, sono state effettuate, presso l'area sperimentale cinese, diverse prove di alimentazione dell'impianto da 160 kWe con lolla di riso, al fine di introdurre modifiche al sistema pneumatico di movimentazione delle biomasse e al sistema di filtrazione secondario. A valle delle prove, è stato necessario trasformare l'assetto di funzionamento del gassificatore da leggermente pressurizzato ad aspirato.

Il gas combustibile prodotto è caratterizzato da un potere calorifico inferiore pari a circa 1250 kcal/Nm<sup>3</sup> e dalla seguente composizione: 3% di H<sub>2</sub>, 18 % di CO, 4 % di CH<sub>4</sub>, 18 % di CO<sub>2</sub>, 7 % di H<sub>2</sub>O, 50 % di N<sub>2</sub>, oltre a piccole quantità di particelle carboniose e catrame.

Il gas prodotto è stato raccolto in un gasometro ed è stato impiegato per l'alimentazione di due motori da 80 kWe.

Le attività sono state completate con il collaudo dell'impianto a letto fisso da 20-30 kWe: nel corso del collaudo i risultati sperimentali sono stati positivi ed anche superiori ai requisiti progettuali.

### **Messa in opera di un biogassificatore per l'alimentazione di una cella a combustibile**

L'attività svolta, finanziato in ambito comunitario (Joule 2), aveva l'obiettivo di sviluppare un impianto pilota di generazione decentralizzata di energia elettrica, utilizzando l'accoppiamento di un impianto di gassificazione di biomasse (in grado di produrre un gas ad alta concentrazione di idrogeno), già disponibile presso il Centro della Trisaia, con una cella a combustibile a carbonati fusi. Le celle a carbonati fusi operano ad alta temperatura (650°C), presentano alte efficienze e sono compatibili con il gas prodotto dall'impianto di steam gasification, in quanto in grado di convertire il monossido di carbonio attraverso reazioni di "shift" con il vapore.

Lo sviluppo del modulo di potenza della cella era stato già effettuato da ENEA e Ansaldo Ricerche, nell'ambito di un precedente contratto comunitario, così come lo sviluppo dell'impianto di steam gasification, del tipo "Fast Internally Circulating Fluidised Bed (FICFB)", che permette di produrre un gas ad alta concentrazione di idrogeno e con un contenuto ridotto di azoto. Le attività e gli obiettivi del progetto sono stati pertanto mirati all'integrazione e ottimizzazione dei due sistemi, nonché a studi di base relativi alla simulazione numerica dell'impianto, e del processo.

Nel corso del 2002 sono state svolte le seguenti attività principali:

- progettazione relativa all'accoppiamento gassificatore/cella;

- esercizio sperimentale dell'impianto di gassificazione.

In relazione al secondo punto, l'impianto ha operato secondo i parametri riportati in tabella; l'idrogeno prodotto in rapporto alla biomassa gassificata (gusci di mandorla) è stato pari a circa 40g/kg.

<b>Condizioni di processo</b>	
Portata biomassa [kg/h]	65-100
Temperatura gassificatore [°C]	790-835
Temperatura combustore [°C]	900-950
Rapporto vapore/biomassa [kg/kg]	1-1.6

### **6.7. Tecnologie per l'efficienza energetica**

L'ENEA opera su varie tecnologie e cicli energetici innovativi per l'aumento dell'efficienza negli usi finali dell'energia nell'ambito di un modello di sviluppo sostenibile. In particolare:

- nel settore dei cicli energetici innovativi, l'ENEA persegue lo sviluppo di nuovi sistemi di produzione dell'energia, caratterizzati dall'abbattimento quasi completo delle emissioni, e basati su nuove tecnologie di combustione (*mild combustion*), sull'utilizzo di combustibili ricchi di idrogeno e su sistemi ibridi, tipo celle a combustibile e microturbine a gas. L'obiettivo finale è quello di favorire lo sviluppo e la diffusione dell'idrogeno come il "combustibile del futuro" pulito ed economico.
- nel settore dell'efficienza energetica, gli interventi riguardano lo sviluppo di tecnologie per la gestione e il controllo della mobilità e del traffico e la sperimentazione di nuovi sistemi per autoveicoli innovativi a ridotto impatto ambientale (principalmente veicoli ibridi) destinati alle aree urbane.

Le attività di R&S di tecnologie e processi vengono sviluppate in collaborazione con le principali industrie del settore, con Centri di Ricerca e Università nell'ambito di progetti/programmi nazionali ed internazionali, e con Enti Regionali e locali che gestiscono attività nel campo energetico e dei trasporti.

#### **Caratterizzazione sperimentale di una nuova tecnologia di combustione ad elevata efficienza e basse emissioni, la "mild combustion"**

La combustione MILD (Moderate and Intense Low oxygen Dilution) è una tecnologia basata sull'impiego di un comburente fortemente preriscaldato e povero di ossigeno (tipicamente aria viziata, cioè prodotti di combustione), ottenuto o per ricircolo di gas combusti, o per impiego di scarichi da altro bruciatore. La combustione che si realizza è detta di volume, per differenziarla da quella tradizionale di superficie, ed è caratterizzata da bassissime emissioni,

alta efficienza, omogeneità di profilo termico, elevata stabilità e basso rumore. I risultati ottenuti sono stati:

- caratterizzazione del campo termico e delle emissioni di un bruciatore recuperativo MILD da 40 kW a ricircolazione interna;
- caratterizzazione topologica e quantitativa delle specie radicaliche OH e CH prodotte in combustione MILD, con riferimento alle condizioni sperimentali del bruciatore industriale;
- studi di cinetica chimica, condotti con codice mono-dimensionale CHEMKIN, relativi alla sostenibilità di una combustione MILD di miscele idrogenate e della applicabilità al caso di un turbogas operante con idrogeno puro ed aria o ossigeno come comburente;
- studi e simulazioni del bruciatore con l'impiego di differenti combustibili (metano, idrogeno);
- sviluppo di sistemi di misura ad elevata precisione, basati su tecniche di spettroscopia laser, per l'analisi di temperatura e specie chimiche.

### **Supervisione e controllo avanzati con applicazione a impianti energetici**

Nel settore delle tecnologie per la supervisione ed il controllo di sistemi energetici, è stato completato lo sviluppo della metodologia del controllo evolutivo, ossia una ottimizzazione in linea, particolarmente innovativa, fondata sulla analisi caotica e sulla vita artificiale. La metodologia è stata ideata e sviluppata congiuntamente da ENEA ed University of California, San Diego. Dopo due anni di sviluppo ed approfondimento teorico-sperimentale del metodo e di accreditamento scientifico internazionale, la nuova tecnologia è stata applicata per il controllo ottimizzato di un impianto di termovalorizzazione di rifiuti solidi urbani per produzione di calore e di elettricità (AGEA-Ferrara).

E' stato sviluppato, in particolare, un software su piattaforma industriale per l'integrazione dei dati provenienti dal processo, il calcolo di una serie di indicatori e la caratterizzazione formale (in logica fuzzy) della prestazione complessiva del termovalorizzatore. La nuova metodologia di controllo interviene sui parametri ingegneristici dell'impianto tenendo conto di tutti i cambiamenti che l'impianto stesso subisce a causa dell'invecchiamento e delle variazioni strutturali.

Tali proprietà sono state dimostrate applicando il sistema di controllo evolutivo ad un simulatore dell'impianto di termovalorizzazione, permettendo l'esplorazione di un gran numero di condizioni operative dell'impianto stesso. I risultati hanno dimostrato una notevole capacità del sistema di controllo evolutivo nel recupero di prestazione rispetto alle variazioni della composizione dei rifiuti che alimentano il processo; questi risultati sono stati ottenuti assicurando un basso livello di emissioni di inquinanti e garantendo una elevata stabilità del processo su alti livelli produttivi. Queste due caratteristiche (basse emissioni ed alto livello di produzione) non sono assicurati dalle tecnologie di controllo tradizionali e rappresentano, dal punto di vista industriale, l'aspetto più significativo del nuovo sistema di controllo.

## 7. A.2 LA PROTEZIONE DEL PIANETA E DELLA SALUTE DELL'UOMO

Nel seguito viene riportata, per le principali linee di attività svolte nel 2002, una sintetica descrizione dei risultati più rilevanti ottenuti nel corso dell'anno.

### 7.1. *Prodotti e processi eco-compatibili*

Sono stati portati a termine tre progetti pilota finalizzati a valutare le potenzialità di sistemi di abbattimento delle emissioni di inquinanti atmosferici in alcuni specifici settori produttivi; in particolare, sono stati sviluppati e sperimentati sistemi di riduzione delle emissioni di ammoniaca e polveri sottili negli allevamenti zootecnici, sistemi di riduzione dei composti organici volatili (COV) nelle piccole e medie imprese che utilizzano solventi, sistemi di riduzione di inquinanti organici persistenti (POP) (diossine, IPA, ecc.) nelle medie industrie della metallurgia ferrosa e non ferrosa.

Tramite il progetto ammoniaca, è stato possibile per la prima volta valutare, attraverso la conduzione di campagne dettagliate di misura su impianti pilota selezionati accuratamente e rappresentativi della tipologia di più larga diffusione nel nostro Paese, l'efficacia delle misure di abbattimento sia dell'ammoniaca, sia dei COV metanici e non, individuando le migliori tecniche di abbattimento delle emissioni in relazione ai costi ed ai benefici.

Tramite il progetto COV, è stato possibile ottenere informazioni su prodotti, tecnologie e struttura di alcuni settori industriali, da utilizzare nell'applicazione della direttiva solventi; dimostrare la fattibilità dell'applicazione di metodologie che permettano alle PMI italiane di ridurre le emissioni di inquinanti utilizzando tecniche a basso costo; studiare l'applicazione di nuove metodologie e strumenti per indagini di questo tipo.

Tramite il progetto POP, è stato possibile colmare alcune delle lacune esistenti nella valutazione delle emissioni in atmosfera di diossine, furani, IPA ed esaclorobenzene e valutare l'applicabilità di misure di abbattimento nella piccola e media industria metallurgica. E' stata condotta per la prima volta, d'intesa con le industrie e l'associazione industriale bresciana, una campagna di misura sugli impianti industriali, volta a valutare le emissioni di POP in differenti condizioni operative. Dalla campagna di misure, è risultato che:

- esiste una notevole variabilità (anche più di un ordine di grandezza) nei valori di emissione riscontrati sia tra impianti appartenenti al singolo segmento, sia sul singolo impianto;
- nel settore considerato, i segmenti dell'acciaio da forno elettrico e dell'alluminio secondario contribuiscono in maniera preponderante alle emissioni in atmosfera;
- il segmento dell'acciaio da forno elettrico, pur presentando concentrazioni medie di emissione al camino inferiori a quelle dell'alluminio secondario, risulta paragonabile a quest'ultimo come emissioni a livello nazionale, sia per i maggiori flussi di aspirazione (come ordine di grandezza,  $10^6$  m<sup>3</sup>/h contro  $10^5$  m<sup>3</sup>/h), sia per l'entità della produzione annuale a livello nazionale (circa 16 Mt di acciaio da forno elettrico contro 0,5 Mt di alluminio secondario);
- le emissioni in atmosfera dal segmento rame e leghe (ottone/bronzo) sono abbastanza contenute, mentre risultano elevati i livelli di POP nelle polveri raccolte all'impianto abbattimento fumi;

- le polveri raccolte all'impianto abbattimento fumi presentano in genere livelli di POP significativi e non trascurabili; il parametro che influenza maggiormente l'entità delle emissioni in atmosfera sembra essere la temperatura presente nel sistema abbattimento fumi (filtri a maniche);
- il limite normativo fissato dal D.M. 12 luglio 1990 per le emissioni di PCDD/PCDF (0,01 mg/Nm<sup>3</sup>), qualora il flusso di massa risulti uguale o superiore a 0,02 g/h, appare insufficiente in termini di tossicità equivalente.

## **7.2. *Prevenzione e gestione ambientale d'impresa***

Le attività svolte comprendono sia azioni per la diffusione delle metodologie di gestione ambientale che studi del ciclo di vita (LCA) di alcuni specifici prodotti e processi.

Nell'ambito della prima linea, è stata completata l'analisi della situazione a livello economico ed occupazionale della impresa ambientale in Italia ed è stato aggiornato il censimento delle esperienze in atto relativamente alla creazione di impresa nei settori dello smaltimento ecologico e del recupero da beni durevoli.

È stata, inoltre, completata "l'indagine sulla diffusione delle pratiche di gestione ambientale nell'industria", avviata nel 2001 con l'invio di oltre 900 questionari ad imprese certificate ISO 14001 e/o registrate EMAS; sono stati elaborati i questionari ricevuti dalle imprese ed è stato emesso il rapporto finale. Dall'elaborazione dei questionari emerge una scarsa propensione delle PMI, in generale, a fornire informazioni in materia ambientale; in particolare, tra le imprese certificate ISO 14001, un numero elevato lascia intendere di non possedere informazioni relative a particolari indicatori di prestazione ambientale (emissioni in atmosfera, consumi e scarichi idrici, ecc).

Infine, sono state avviate 7 Analisi Ambientali Iniziali in altrettante aziende del settore alimentare nel Meridione e sono stati completati i corsi di formazione con docenze ed esami.

Nell'ambito della seconda linea, sono stati effettuati studi di LCA di varie tipologie di prodotti (personal computer, apparecchio telefonico, due tipi di pasta Barilla, monitor, Lancia Y, scooter SR50 DITECH dell'Aprilia) e processi (riciclo dell'alluminio, produzione del vetro presso una Ditta di Cebrace, gestione integrata dei rifiuti solidi urbani nei comuni di Milano e Molfetta, gestione del traffico a Bologna). L'insieme di tali studi ha consentito sia di ottenere, dei risultati utili per la valutazione dell'ecosostenibilità dei prodotti e processi analizzati, sia di costituire una vasta banca dati su materiali e processi.

## **7.3. *Monitoraggio e risanamento ambientale***

Il contesto nazionale è stato caratterizzato in questi ultimi anni da una importante ed innovativa evoluzione metodologica ed operativa nelle politiche di risanamento e di gestione dell'ambiente. L'approvazione di alcuni fondamentali provvedimenti legislativi (Dlgs n. 348/86, n. 334/99, n. 471/99 e n. 468/01), ben interpretando i nuovi indirizzi comunitari, ha progressivamente mutato gli orientamenti prevalentemente "repressivi" della normativa ambientale, per introdurre, accanto a quelli di regolamentazione, principi di programmazione a lungo termine e di gestione territoriale integrata, con il coinvolgimento delle parti sociali interessate al miglioramento del territorio e dell'ambiente.

Le attività dell'ENEA in questo settore comprendono, da un lato, lo sviluppo di tecnologie innovative per il monitoraggio dell'ambiente e del territorio e, dall'altro, lo sviluppo e l'applicazione di tecniche per la prevenzione dell'inquinamento e il risanamento di siti inquinati. In tale ambito, l'Ente fornisce supporto tecnico, scientifico e gestionale agli

operatori pubblici e privati per la definizione e realizzazione degli interventi, con particolare attenzione alla prevenzione dell'inquinamento da attività produttive nei distretti industriali.

### **Osservazioni ambientali con tecnologie spaziali**

Le attività svolte in questo settore riguardano lo sviluppo ed integrazione di tecnologie innovative per lo studio ed il monitoraggio dell'ambiente e del territorio mediante sistemi di indagine che utilizzano tecnologie di osservazioni della terra da satellite o da piattaforme aeree, sistemi informativi territoriali (SIT), tecnologie della localizzazione (GPS), della navigazione (GNSS) e delle comunicazioni (audio, video) satellitari. Le attività hanno affrontato organicamente tutte le problematiche connesse con il processo di mutua integrazione delle varie tecnologie e, in particolare, lo sviluppo di algoritmi di elaborazione dei dati e delle immagini, nonché la progettazione dei SIT e la loro coerente ed efficiente implementazione.

I risultati conseguiti nel corso dell'anno sono:

- nell'ambito del Progetto TRIDENT (Tridimensional Restitution via Internet of Digital Elevation Networks in Towns) è stato completato il 1° prototipo della metodologia finalizzata alla produzione dei modelli 3-D degli edifici delle aree urbane di Roma e Madrid e dei relativi data-bases; sono state implementate le procedure per l'integrazione degli aspetti di fotorealismo; è stato realizzato uno studio di fattibilità per l'introduzione delle immagini satellitari ad alta risoluzione e delle tecnologie laser per la validazione.
- nell'ambito dei Progetti EOBEM (Stima della biomassa prativa ed arborea tramite dati OT in aree protette) e SIMU (Sistema di acquisizione ed analisi di Immagini per lo studio della Mobilità Urbana) sono stati sviluppati metodi per la valutazione di parametri biofisici, ambientali e territoriali per mezzo dell'aerofotogrammetria digitale e delle tecniche di telerilevamento da satellite e/o piattaforma aerea.
- nell'ambito del Progetto GIS-ILA (Geographical Information System - Italian Logistics in Antarctica) è stato realizzato un prototipo iniziale di un sistema informativo territoriale dedicato alle problematiche di logistica nella base italiana in Antartide, accessibile agli utilizzatori tramite rete Internet/Intranet, con il quale è possibile visualizzare parte della cartografia generale e tematica, eseguire ricerche sul database geografico e visualizzare i dati associati a particolari aspetti tematici (campi remoti, rete geodetica, ecc.).
- nell'ambito del Progetto GIS SILOS (Sistema Informativo territoriale finalizzato alla Localizzazione geografica Ottimale di Siti eleggibili a deposito di materiali radioattivi) è stata realizzata una metodologia di screening - applicata all'intero territorio nazionale - in grado di selezionare, sulla base di parametri 3D geometrico-morfologici stabiliti, una serie di "celle" di volume e forma predefiniti.

### **Sviluppo e validazione di procedure, metodi, tecniche di misura e sistemi diagnostici innovativi**

L'attività di sviluppo e validazione di procedure, metodi, tecniche di misura e sistemi diagnostici innovativi, sotto controllo di qualità, per gli interventi in campo ambientale è stata focalizzata su due principali obiettivi. Il primo è quello di sviluppare strumenti che consentano di applicare la normativa in campo ambientale rispettando le esigenze, tipiche delle fasi preliminari degli interventi, di risposte attendibili in tempi ed a costi «socio-economicamente» accettabili, armonizzando le problematiche relative al *risk assessment* con

quelle relative al *risk management*. Il secondo è quello di inserirsi attivamente nel processo di armonizzazione, tra i Paesi europei, dei programmi e dei sistemi di controllo della qualità delle analisi.

Nel corso dell'anno, sono stati ottenuti i risultati di seguito riportati:

- è stato fornito il supporto di competenza necessario per la realizzazione di dispositivi sensori per DNA. La ricerca ha portato alla presentazione del brevetto "BRENDA - Metodo per la realizzazione di dispositivi sensori per DNA" N° NA2002A000039 depositato presso la Camera di Commercio Industria e Artigianato di Napoli.
- nell'ambito di una collaborazione con la Virotec Ltd è stato effettuato uno studio sul materiale Bauxsol<sup>TM</sup> (fanghi rossi da estrazione di allumina da bauxite, sottoposti a trattamenti) e sono state valutate le possibilità di un suo eventuale riutilizzo in Italia, sia da un punto di vista normativo che da un punto di vista scientifico. In particolare, è stata effettuata l'analisi della normativa sui rifiuti, sul loro riutilizzo e sul recupero ambientale, la caratterizzazione del Bauxsol<sup>TM</sup> e la esecuzione di test ed analisi per verificarne l'efficacia nel trattamento di acque e suoli contaminati e la compatibilità ambientale.
- nel campo delle ricerche sul biorisanamento sono stati ottenuti buoni risultati dall'isolamento di microorganismi e di comunità microbiche da ecosistemi naturali e da siti contaminati. La loro caratterizzazione metabolica, l'identificazione e la selezione per particolari capacità metaboliche in sinergia con le capacità di resistenza ai metalli pesanti e di bioaccumulo, promettono significative possibilità di impiego nel settore delle bonifiche, mediante processi di *bioremediation*. A tal fine, è in corso una completa caratterizzazione dei ceppi isolati, con l'obiettivo di valutare la possibilità di brevettare i più interessanti.

## **Gli interventi sul territorio**

### *Gestione delle emergenze ambientali nel settore dei rifiuti e del collegato risanamento ambientale*

Per la gestione delle emergenze ambientali nel settore dei rifiuti e del collegato risanamento ambientale (interventi su sedimenti inquinati di origine marina, lacuale, fluviale; abbandono incontrollato di rifiuti; discariche autorizzate e non; ecc.) è stata svolta attività di supporto tecnico scientifico al Commissario di Governo Delegato/Presidente della regione Campania.

L'attività si è svolta attraverso: a) la ricognizione e valutazione preliminare di siti potenzialmente inquinati con elaborazione di criteri/linee guida per le attività di caratterizzazione e gli interventi di risanamento; b) l'istruttoria tecnica di progetti di caratterizzazione e di interventi di bonifica e/o messa in sicurezza di siti inquinati; c) la progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva delle opere di bonifica e/o messa in sicurezza di siti inquinati.

Relativamente a questi punti, sono state effettuate 60 ricognizioni e valutazioni di siti potenzialmente inquinati, con elaborazioni di criteri/linee guida per le attività di caratterizzazione e per gli interventi di risanamento; sono state realizzate 16 istruttorie tecniche di progetti di caratterizzazione e di interventi di bonifica e/o messa in sicurezza di siti inquinati; sono state realizzate 7 progettazioni preliminari, definitive ed esecutive delle opere di bonifica e/o messa in sicurezza di siti inquinati.

Infine, è stata presentata al Commissario per l'emergenza rifiuti una ipotesi per l'utilizzo dell'impianto dell'ENEA "DEDALO" per il trattamento del percolato da discarica.

La proposta, che ha una elevata probabilità di accoglimento, darà la possibilità di esercire l'impianto a livello di scala industriale, piuttosto che a scala sperimentale e di ricerca, e permetterà di acquisire nuove conoscenze per migliorare l'impianto attuale.

*Risanamento del territorio, delle aree urbane e delle acque: Progetto Venezia*

Le attività previste riguardavano la definizione di interventi di risanamento e bonifica nella laguna di Venezia e nel suo hinterland, e la pianificazione di una gestione integrata dell'area di Venezia e del suo sviluppo secondo criteri di sostenibilità. In particolare, sono state studiate le problematiche connesse con il recupero geomorfologico degli equilibri lagunari; l'inquinamento e il disinquinamento della laguna; il controllo ed il monitoraggio dei flussi di marea, il traffico marittimo e l'idraulica dell'ambiente lagunare. A completamento del progetto, è stata effettuata una valutazione del danno economico provocato dal degrado ambientale nella laguna dovuto agli effetti delle attività industriali di Porto Marghera; i danni subiti dalla collettività sono stati analizzati attraverso lo studio di un caso di particolare interesse, cioè il Petrolchimico di Porto Marghera. L'analisi ha permesso di individuare opportuni indicatori economici per il calcolo dell'equo risarcimento dovuto dai responsabili del danno alla collettività; il metodo e gli indicatori individuati sono di validità generale e applicabili a casi diversi.

*Realizzazione di una banca dati sulle metodologie di caratterizzazione e monitoraggio e sulle tecniche e tecnologie di messa in sicurezza e bonifica dei suoli e dei sottosuoli contaminati.*

La banca dati è stata realizzata attraverso l'acquisizione di informazioni aggiornate a livello nazionale ed internazionale sulle metodologie di caratterizzazione e monitoraggio, sulle principali tipologie di contaminazione e sulle tecniche e tecnologie di messa in sicurezza e bonifica dei siti contaminati. La banca dati contiene valutazioni sui benefici e sulle controindicazioni delle diverse metodologie di caratterizzazione e monitoraggio, sull'applicabilità alla realtà nazionale delle tecnologie di risanamento utilizzate all'estero, sulla correlazione tra caratteristiche di contaminazione e tecnologie di risanamento adottate, oltre a valutazioni sugli aspetti economici discriminanti dei diversi sistemi. Per l'organizzazione e la gestione dei dati, è stato realizzato un sistema informativo costituito da tre componenti principali: base di dati sviluppata in ambiente Access; sistemi per il caricamento dei dati e la produzione dei report sviluppati in linguaggio Java; interfaccia utente, realizzata in ambiente Internet/Intranet, con accesso guidato ai moduli principali ed agli accessori del sistema, in modo rapido e semplificato. Dal punto di vista delle tecnologie, la banca dati contiene oltre sessanta tecnologie di bonifica e/o messa in sicurezza, sia di uso corrente che in fase di sperimentazione avanzata, determinate dallo studio di review qualificate e integrate con ulteriori fonti relative a singole tecniche sperimentali; per le tecniche di caratterizzazione e monitoraggio, sono state redatte oltre 100 schede che illustrano metodologie di indagine sia dirette che indirette.

*Interventi ambientali in aree ad elevata concentrazione di attività industriali*

Le attività hanno interessato l'area di Ancona- Falconara e la bassa valle dell'Esino. Il supporto tecnico che l'ENEA ha fornito alla regione Marche è consistito principalmente nell'analisi della compatibilità con il territorio delle attività industriali presenti nell'area, nella individuazione delle problematiche connesse con la sicurezza del porto di Ancona e della navigazione marittima, e nella predisposizione dei contenuti generali necessari alla definizione del piano di risanamento sulla base delle esperienze nazionali.

Le attività hanno comportato l'acquisizione e l'esame della documentazione disponibile presso i vari soggetti pubblici e privati, oltre a visite tecniche presso gli stabilimenti produttivi.

Sono state quindi impostate le metodologie di analisi, derivate da quelle già messe a punto per il Ministero Ambiente per lo studio del territorio nazionale, integrate con analisi specialistiche, di tipo innovativo, dedicate allo studio degli "effetti domino" all'interno di stabilimenti complessi ed all'approfondimento dei metodi di valutazione sui sistemi di trasporto ferroviario, stradale e marino. Parallelamente, è stato impostato un sistema informativo territoriale, da utilizzare anche per le valutazioni quantitative previste dalla metodologia, che ha richiesto, tra l'altro, la rilevazione ed acquisizione diretta, sul posto, di numerosi dati geografici relativi alle fonti di rischio ed alle vulnerabilità territoriali.

Le attività si sono concluse a giugno 2002, con la presentazione e la consegna del rapporto finale comprendente gli strumenti applicativi per la gestione delle problematiche di rischio industriale dell'area.

#### **7.4. Disattivazione impianti nucleari e condizionamento rifiuti radioattivi**

L'ENEA ha il compito di provvedere, nell'ambito del quadro legislativo e normativo, a trattare e condizionare i rifiuti radioattivi derivanti dalle pregresse attività nucleari dell'Ente, a disattivare gli impianti del ciclo del combustibile nucleare e, infine, ad effettuare la raccolta, il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi provenienti dal comparto medico-ospedaliero, industriale e della ricerca.

Uno degli obiettivi principali assegnati ENEA è la "disattivazione" degli impianti pilota del ciclo del combustibile nucleare dell'Ente, ai fini del *rilascio incondizionato* dei siti (ovvero la rimozione dei vincoli di natura radioprotezionistica) ove sono ubicati gli impianti:

- *EUREX* di ritrattamento dei combustibili irraggiati, presso il Centro di Saluggia;
- *ITREC* di ritrattamento dei combustibili irraggiati, presso il Centro di Trisaia;
- *Plutonio* di fabbricazione del combustibile, *Celle Calde* per gli esami di post-irraggiamento ed il *Laboratorio di Radiochimica C-III-43*, presso il Centro di Casaccia.

Le linee strategiche per il conseguimento di tale obiettivo sono state fissate nel 1999 dal Ministero dell'Industria con il documento "*Indirizzi strategici per la gestione degli esiti del nucleare in Italia*" e le risorse economiche necessarie per lo svolgimento delle attività sono state individuate e rese disponibili nella seconda metà del 2001, dopo l'emissione del Decreto Interministeriale (Industria e Tesoro) del 26.01.2000 "*Individuazione degli oneri generali afferenti al sistema elettrico*".

Sulla base delle indicazioni contenute nel Decreto Interministeriale, è stato costituito uno specifico Consorzio per lo *Smantellamento degli Impianti del ciclo del Combustibile Nucleare* (SICN), di cui fanno parte ENEA, SOGIN ed FN S.p.A.; i compiti del Consorzio sono il monitoraggio, il coordinamento ed il controllo dello stato di avanzamento di tutte le attività relative allo smantellamento degli impianti di produzione e di ricerca del ciclo del combustibile nucleare di proprietà dell'ENEA e della FN, nonché l'individuazione, nel più breve tempo possibile, delle condizioni tecnico-economiche e giuridiche necessarie per il conferimento a SOGIN di attività, beni e personale inerenti agli impianti dell'ENEA.

Coerentemente a tale quadro normativo ed organizzativo, nel corso del 2002, l'ENEA, in stretta collaborazione con il Consorzio SICN, ha riformulato il programma relativo alle operazioni di smantellamento degli impianti nucleari, quantificando le risorse necessarie ed i relativi costi, ed ha eseguito le attività previste nell'anno, con l'obiettivo di pervenire al rilascio incondizionato dei siti entro il 2016; inoltre, l'Ente ha effettuato le azioni di competenza di *due diligence* relative al conferimento a SOGIN degli impianti stessi.

Le attività complessive, necessarie per il conseguimento dell'obiettivo finale di rilascio incondizionato dei siti, sono state disaggregate per singole azioni e pianificate dettagliatamente (*Work Break-down Structure*) in un programma pluriennale (2002-2016), secondo il seguente schema progettuale :

- mantenimento in sicurezza degli impianti ed interventi conservativi, durante tutte le fasi di conservazione, trasformazione e smantellamento;
- realizzazione di *Waste management facilities* per il trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi liquidi di esercizio e la compattazione ed il condizionamento dei rifiuti radioattivi solidi di esercizio;
- immagazzinamento in condizioni di sicurezza degli elementi di combustibile irraggiati e delle materie nucleari residue;
- piano globale di disattivazione e relative procedure di VIA, con caratterizzazione radiologica degli impianti ed inventario dei materiali;
- decontaminazione degli impianti e loro smantellamento;
- caratterizzazione dei rifiuti radioattivi risultanti dallo smantellamento, loro trattamento e condizionamento;
- trasferimento dei materiali radioattivi condizionati e dei combustibili irraggiati al deposito nazionale ed alienazione dei materiali nucleari;
- decontaminazione, caratterizzazione delle infrastrutture e bonifica delle aree fino ai livelli di rilascio incondizionato.

Nel seguito, sono descritti in dettaglio i principali risultati conseguiti nel corso dell'anno.

### **Mantenimento in sicurezza degli impianti**

Su tutti gli impianti sono state effettuate sia le attività programmatiche per la loro disattivazione, sia le attività per la gestione ed il mantenimento delle condizioni di sicurezza, ossia le azioni previste dalle prescrizioni tecniche e dalle normative di legge vigenti per la tutela e salvaguardia dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente. In tale contesto, sono state effettuate le manutenzioni ordinarie e straordinarie dei sistemi rilevanti per la sicurezza. Tali attività, inderogabili e condotte su impianti obsoleti ed in trasformazione, hanno impegnato mediamente circa il 50% delle risorse umane in organico.

### **Potenziamento della difesa idraulica del sito nucleare EUREX del Centro di Saluggia**

In attuazione dell'Ordinanza n. 3130 del 30 aprile 2001 del Ministro dell'Interno, a partire dal 30 giugno 2001 e a valle di specifiche approvazioni da parte della Conferenza dei Servizi, l'ENEA sta realizzando un intervento complessivo di potenziamento della difesa idraulica del sito EUREX, costituito da opere strutturali, di mitigazione del loro impatto ambientale, di ripartizione della portata del fiume Dora Baltea, di protezione della falda profonda e di ripristino della funzionalità del Centro.