

PREMESSA

Nel corso del 2006, con Decreto 31 marzo 2006, n. 165, Il Ministero delle Attività Produttive (oggi Ministero dello Sviluppo Economico) ha approvato il Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'ENEA che completa, di fatto, un iter normativo, iniziato con il Dlgs. 257/2003 di riordino dell'Ente.

Dal punto di vista organizzativo, si è registrata la definizione della struttura di primo livello (6 luglio 2006) e la successiva nomina del CdA (20 dicembre 2006) completata dalla nomina del Prof. Luigi Paganetto a Presidente dell'ENEA (D.P.C.M. 7 febbraio 2007). Le funzioni dei dipartimenti sono indicate all'art. 13 del Dlgs. 257/2003. I compiti di ciascun Dipartimento sono specificati all'art. 34, comma 2, lettere a), b), c), d), ed e) del Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'Ente. Le strutture dipartimentali specificatamente individuate sono:

- Dipartimento Fusione, tecnologie e presidio nucleari (FPN)
- Dipartimento Ambiente, cambiamenti globali e sviluppo sostenibile (ACS)
- Dipartimento Tecnologie per l'energia, fonti rinnovabili e risparmio energetico (TER)
- Dipartimento Tecnologie fisiche e nuovi materiali (FIM)
- Dipartimento Biotecnologie, agroindustria e protezione della salute (BAS)

La nuova struttura prevede un'organizzazione programmatica, in cui ai programmi dipartimentali, dedicati alle attività di acquisizione di nuove competenze ed a progetti di lungo periodo, si affiancano "Progetti di Ente" attraverso i quali l'ENEA vuole contribuire, con tempi e obiettivi definiti, alla risoluzione di alcune delle maggiori problematiche nei campi dell'energia e dell'ambiente.

I progetti di Ente sono stati selezionati a partire dalla domanda attuale e potenziale di ricerca e sulla base delle competenze esistenti. Attualmente, sono stati definiti 18 progetti che tengono conto delle scelte nazionali ed europee in tema di energia e ambiente (energia distribuita, rifiuti, uso sostenibile del territorio, fonti rinnovabili, carbone pulito, efficienza energetica ed ecobuilding), dell'esigenza di presidiare alcune aree a forte innovazione tecnologica (come celle a combustibile e superconduttività), dei grandi progetti internazionali (come quello sulla fusione nucleare) e infine delle ricadute delle competenze tecnologiche di ENEA maturate nei suoi settori d'elezione, quando siano applicate a settori del tutto diversi (beni culturali, salute, agroalimentare).

I progetti nascono con un forte carattere interdisciplinare e coinvolgono ricercatori di più dipartimenti, secondo il nuovo modello organizzativo "a matrice" che garantisce l'integrazione delle competenze presenti in ENEA e l'attivazione delle infrastrutture tecnico-impiantistiche proprie dei diversi Centri di Ricerca dell'Ente. Essi sono soltanto la parte emergente delle attività dell'Ente, quella riconducibile ad una più diretta finalizzazione per obiettivi e agli aspetti di domanda.

Sotto il profilo dei contenuti programmatici, i 18 progetti possono essere raggruppati in quattro grandi aree:

- **Clean energy**
 - Energia distribuita e fonti rinnovabili
 - Carbone pulito
 - Biocombustibili
 - Solare termodinamico

➤ **Energia, ambiente e territorio**

- Uso sostenibile del territorio ed energia
- Cambiamenti climatici e Kyoto
- Gestione sostenibile dei rifiuti
- Efficienza energetica ed ecobuilding
- Governo e sicurezza reti tecnologiche e energetiche
- Mobilità sostenibile e trasporti

➤ **Tecnologie emergenti**

- Fotovoltaico di nuova generazione
- Nuovi materiali per l'energia
- Idrogeno e celle a combustibile
- Nucleare da fusione
- Superconduttività

➤ **Ricadute di tecnologie ENEA**

- Tecnologie per i beni culturali
- Tecnologie per la salute
- Tecnologie per la sicurezza e la qualità alimentare

Il tema dello sviluppo economico a scala nazionale e locale pone sempre con maggiore forza il problema della capacità delle Amministrazioni di cooperare tra loro e fare rete su un territorio che è variegato e multiforme. Il ruolo dell'ENEA è cruciale nel supporto che può assicurare alle politiche di sviluppo, in quanto l'Ente può offrire una rete "naturale" di competenze dislocate sui territori (i Centri) presenti in 8 Regioni italiane e omogeneamente diffusa al Nord, quanto al Centro e al Sud del Paese. I Centri possono costituire uno strumento per contribuire all'attuazione di politiche di innovazione del Paese, attraverso le attività di ricerca che vi si realizzano e che trovano di volta in volta un livello di interlocuzione che può essere internazionale, nazionale ma anche locale. I principali interlocutori del territorio verso l'ENEA e i suoi Centri sono il Sistema Produttivo, la Pubblica Amministrazione, l'Università e i portatori di interesse.

L'Ente attraverso le società partecipate, le quali concorrono con le loro competenze allo sviluppo dei nuovi progetti, dà il proprio contributo alla modernizzazione dell'industria, essendo disponibile, con la messa a disposizione di know-how e di mezzi strumentali, a favorire sia le strategie di valorizzazione delle differenti aree del territorio che la promozione delle condizioni per la creazione di nuove imprese in settori tecnologici di avanguardia. Con la recente acquisizione di Cesi Ricerca S.p.A., l'ENEA costituisce la struttura pubblica con la maggior concentrazione di ricercatori nel settore energetico a livello europeo. In tal modo l'Ente, è in grado di dare sinergia ai programmi di ricerca di base e applicata realizzando progetti di interesse generale per il Paese, nel campo elettro-energetico, e di partecipare attivamente ai programmi europei di R&ST del sistema elettrico.

L'approvvigionamento energetico è un problema rilevante per lo sviluppo socio-economico del Paese, il quale dipende massicciamente da rifornimenti esterni. Questa dipendenza richiede una diversificazione delle risorse energetiche per ridurre la vulnerabilità del sistema.

L'Ente, a fronte di un preannunciato e consistente aumento della domanda d'energia e della crescente esigenza di tutela ambientale, intende dare il suo contributo all'introduzione di nuove tecnologie ed innovazioni capaci di rendere "sostenibile" dal punto di vista ambientale, sociale ed economico il futuro sviluppo del Paese. Tale risultato può essere conseguito, attraverso uno sforzo straordinario in termini di ricerca e innovazione, sia tramite il ricorso a tecnologie esistenti (efficienza energetica, rinnovabili, generazione distribuita) che tecnologie in fase di sviluppo (uso pulito delle fonti fossili anche attraverso la "carbon sequestration", filiera dell'idrogeno) e sia fornendo supporto tecnico-scientifico alla P.A. centrale e locale nella predisposizione di strategie integrate in campo energetico-ambientale.

La definizione delle linee programmatiche dell'Ente tende a determinare un insieme di attività che, secondo il nuovo modello organizzativo "a matrice", consente di operare sulle principali tematiche energetico-ambientali. Queste attività mirano ad ottenere risultati che nel loro complesso siano di beneficio al sistema Paese e permettano la promozione e la valorizzazione delle capacità scientifiche e tecnologiche dell'Ente, nonché del suo ruolo di terzietà. In questo quadro nel corrente anno l'ENEA, darà il suo apporto tecnico-scientifico allo svolgimento di due importanti eventi:

- La conferenza su energia e ambiente che mira a definire una strategia nazionale in campo energetico, con particolare attenzione allo sviluppo e diffusione delle fonti rinnovabili;
- La conferenza nazionale sul clima per valutare le misure, di protezione e d'adattamento dell'ambiente e del territorio, alle possibili conseguenze dei cambiamenti climatici.

Il trattato costitutivo della Comunità Europea stabilisce all'articolo 166, l'adozione di Programmi Quadro Pluriennali in materia di Ricerca e Sviluppo Tecnologico. Il VII Programma Quadro di R&ST rappresenta lo strumento di finanziamento comunitario per la ricerca scientifica e lo sviluppo tecnologico nel periodo 2007/2013. Esso costituisce uno degli elementi più importanti per l'attuazione dell'Agenda di Lisbona per la crescita e la competitività. I numerosi obiettivi del VII PQ sono stati raggruppati in quattro specifici programmi: Cooperazione, Idee, Persone, Capacità e in un quinto programma sulla ricerca nucleare. L'Ente, in un'ottica di cooperazione internazionale, vuole: rafforzare la rete di relazioni che intrattiene con le Istituzioni responsabili delle attività di ricerca UE, in materia di ambiente ed energia; realizzare una più attiva partecipazione ai Programmi dell'Unione Europea, tenendo conto delle priorità indicate dal Libro Verde e dal VII PQ; allargare il proprio network con i Centri di Ricerca degli altri paesi UE; estendere ed integrare la rete di stakeholders con quelle di soggetti europei.

La crescita continua della domanda di energia a livello mondiale pone problemi di ordine economico ed ambientale. Nel suo Libro verde del 2005 sull'efficienza energetica e nel suo successivo Piano d'azione, la Commissione Europea ha mostrato come sia possibile risparmiare fino al 20% dei consumi energetici in Europa. Per realizzare questi potenziali risparmi sono necessari importanti investimenti in nuove tecnologie e nuovi dispositivi, nonché servizi ad elevata efficienza energetica. L'ENEA è impegnato da molti anni sia nella ricerca e nello sviluppo di nuove tecnologie di efficienza energetica che nella diffusione delle stesse presso i diversi utenti. Su questa rilevante e attuale tematica, l'Ente offre, al sistema Paese, il proprio contributo per avviare lo sviluppo di modelli territoriali di integrazione tra produzione e consumo energetico; modelli sostenibili e destinati a valorizzare il ruolo della Pubblica Amministrazione, delle organizzazioni di ricerca e dei settori produttivi.

L'Ente tramite i suoi Centri, può stabilire interrelazioni territoriali con le Amministrazioni locali, il sistema delle imprese e della ricerca e dell'Università con attività programmatiche condotte nel singolo Centro e con azioni di best practices rappresentate dalle iniziative progettuali: Certificazione ambientale dei Centri di Ricerca dell'ENEA; "ECO-acquistiamo": Gli acquisti verdi nei Centri di Ricerca dell'ENEA e Efficienza Energetica dei Centri di Ricerca dell'ENEA che possono essere replicate con successo nei singoli sistemi territoriali.

ELEMENTI DI SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Nel corso del 2006, sul piano della gestione del personale, è stata avviata la procedura per le progressioni verticali (27 luglio 2006) relative al Contratto Collettivo Nazionale di Lavoro 1998-2001 e firmato il rinnovo del C.C.N.L. 2002-2005 (27 novembre 2006); Essi sono stati i primi momenti di una ritrovata attenzione per la professionalità e le competenze dei ricercatori, tecnologi, esperti, collaboratori e operatori che, a vario titolo, lavorano nell'Ente. Il personale in organico al 31 dicembre 2006 era pari a 3.174 unità, delle quali 2.904 assunte a tempo indeterminato e 270 a tempo determinato (inclusi 33 contratti di formazione); nel corso del 2006 erano inoltre operativi 203 assegni di ricerca.

In Tabella 1 è illustrata l'esatta distribuzione del personale per Dipartimenti e per *Direzioni Centrali* (API - Amministrazione, Pianificazione e Supporto Legale; RUM – Risorse Umane; SIC – Supporto Infrastrutture e Centri):

Tabella 1

<i>Unità</i>	<i>Personale Tempo Ind.</i>	<i>Personale Tempo Det.</i>	<i>Personale T.Det. CFL</i>	<i>Personale totale</i>	<i>Assegni di Ricerca</i>
FPN	458	44		502	24
ACS	436	36	7	479	20
TER	373	24	13	410	54
FIM	437	37	5	479	60
BAS	303	24	7	334	45
API	158	17		175	
RUM	89	12		101	
SIC	494	32	1	527	
Altre Unità	156	11		167	
Totale	2904	237	33	3174	203

Circa le attività programmatiche, anche nel corso del 2006 la quasi totalità dei progetti è stata finanziata mediante contratti/commesse acquisiti sul mercato competitivo. Negli ultimi anni, infatti, il contributo finanziario dello Stato all'ENEA è andato progressivamente riducendosi, fino a coprire, nel bilancio di previsione 2007, le sole spese di personale. Di conseguenza, negli stessi anni è andata progressivamente crescendo la quota delle attività programmatiche finanziata con fondi reperiti sul "mercato della ricerca", sia nazionale che internazionale. Per queste attività, i finanziamenti reperiti sul mercato coprono completamente i costi progettuali e possono generare margini di contribuzione positiva, dovuti al finanziamento parziale dei costi di personale; questi margini hanno fornito all'Ente i fondi necessari per finanziare le attività di sviluppo competenze e di formazione (contratti a tempo determinato, borse di studio, assegni di ricerca) e una parte dei costi di funzionamento e gestione non coperti dal contributo statale.

Nel recente passato, fra le fonti di finanziamento risultavano particolarmente importanti gli Accordi o le Intese di programma stipulati con i Ministeri; lo strumento degli Accordi/Intese di Programma, previsto esplicitamente sia dalla precedente legge istitutiva dell'Ente, sia dal nuovo decreto legislativo di riordino (art. 13 e art. 17 del Dlgs. 257/2003), infatti, si era dimostrato particolarmente efficace per indirizzare le attività dell'Ente verso tematiche di interesse nazionale e per assicurare finanziamenti pluriennali, in grado di garantire la continuità dei programmi. Negli ultimi anni, non essendo stati stipulati nuovi Accordi di rilevante portata, l'importanza di questo strumento si è andata continuamente riducendo.

In questo nuovo quadro, è diventato preponderante l'insieme delle attività finanziate attraverso gli strumenti di sostegno gestiti dal MIUR (attualmente MUR)nell'ambito del Programma nazionale della ricerca, del Programma operativo nazionale, co-finanziato dall'Unione Europea mediante i fondi strutturali, e, in generale, dei provvedimenti governativi per il sostegno dell'innovazione (FISR, FIRB, legge 297/1999, legge 449/1997). Altre attività vengono finanziate mediante fondi reperiti sul mercato internazionale: in questo caso, risultano particolarmente significativi i contratti di ricerca stipulati nell'ambito del Programma Quadro europeo ed il Contratto di associazione Euratom-ENEA.

A questo proposito, è opportuno sottolineare che la partecipazione continua e sistematica ai grandi programmi-quadro nazionali ed internazionali genera effetti estremamente positivi non solo dal lato finanziario, ma anche dal lato strategico-programmatico; infatti, tale partecipazione:

- evita la frammentazione delle attività su tematiche e obiettivi di modesta rilevanza e assicura la focalizzazione dei programmi su un numero limitato di grandi tematiche;
- assicura l'aderenza delle attività dell'Ente ai macroobiettivi giudicati prioritari a livello nazionale (Programma nazionale della ricerca) e comunitario (Programmi Quadro dell'Unione europea).

Sotto il profilo tecnico-scientifico, i risultati delle attività svolte nel corso del 2006 sono stati oggetto di 500 pubblicazioni su riviste internazionali (censite dal Journal Citation Reports) e di oltre un migliaio di altre pubblicazioni (riviste non censite dal JCR, proceedings di conferenze).

Nello stesso anno, inoltre, i risultati delle attività sono stati oggetto di 37 brevetti depositati in Italia e di 4 brevetti internazionali; questi brevetti sono andati ad aggiungersi al portafoglio dei 254 brevetti già vigenti in Italia e dei 25 internazionali. Occorre anche evidenziare il fatto che la produzione brevettuale dell'ENEA risulta di interesse per l'industria: nel corso del 2006, sono stati formalizzati 3 nuovi contratti di licenza industriale che si sono aggiunti ai 72 già in corso.

Nel corso del 2006 l'ENEA è risultata attiva su circa 325 progetti e ha potuto accertare complessivamente entrate programmatiche per 42.588 migliaia di euro.

Al fine di mantenere una coerenza complessiva rispetto ai dati finanziari, vengono anche riportati i principali risultati ottenuti nel corso del 2006 mantenendo una struttura per linee di attività.

Nel seguito (Parte A di questo documento), viene riportata la sintesi dei principali risultati conseguiti dall'ENEA nel corso del 2006. I risultati sono stati aggregati per Dipartimento; l'aggregazione dei risultati presentata in questo documento è solamente indicativa, e non vincolante ai fini della pianificazione futura delle attività.

Nella Parte B, infine, è riportata una sintesi degli eventi e dei risultati più rilevanti concernenti le società ed i consorzi partecipati.

A. PRINCIPALI RISULTATI CONSEGUITI NEL CORSO DEL 2006

A.1 DIPARTIMENTO FUSIONE, TECNOLOGIE E PRESIDIO NUCLEARI (FPN)

FUSIONE NUCLEARE

Il quadro di riferimento

Mentre l'evento che ha caratterizzato il 2005 nel campo della fusione è stata la fine delle trattative internazionali per l'attribuzione del sito di ITER *International Thermonuclear Experimental Reactor* con l'assegnazione a Cadarache nei confronti del sito in competizione di Rokkasho in Giappone (28 Giugno), nel 2006 l'evento chiave è stato la firma da parte dei sette partner (Cina, Unione Europea, India, Giappone, Corea del Sud, Russia e USA) dell'accordo per la costituzione dell'Organizzazione Internazionale che dovrà realizzare il progetto ITER (21 Novembre 2006).

Come conseguenza di tali avvenimenti gli obiettivi strategici dell'ENEA nel campo della fusione possono essere riassunti nella:

- partecipazione al programma internazionale ITER;
- attuazione di uno specifico programma di accompagnamento a ITER (FT3 *Frascati Tokamak 3*, fisica e tecnologie);
- attività nell'ambito dell'accordo sul Broader Approach con il Giappone (JT-60SA *Japan Tokamak 60SA*, IFMIF *International Fusion Materials Irradiation Facility*, IFERC *International Fusion Energy Research Centre*);
- partecipazione alle attività di R&S per il reattore a fusione DEMO;
- realizzazione di attività di trasferimento tecnologico e di spin-off industriale.

Inoltre, come contributo italiano al programma Europeo sulla Fusione, esiste un'attività di "Watching Brief" destinata al mantenimento di competenze di elevato livello nel settore degli studi sulla fusione inerziale.

Fisica del confinamento magnetico

Le attività scientifiche su FTU *Frascati Tokamak Upgrade* sono state focalizzate sugli scenari di plasma di interesse per ITER. Va sottolineato che, a causa di vari problemi tecnici, l'intera campagna sperimentale 2006 è durata solo 27 giorni.

Operazione affidabile con pareti "litiate" è stata ottenuta grazie al LLL *Limiter di Litio Liquido*, installato alla fine del 2005. Il LLL ha permesso l'operazione con plasma estremamente "pulito" (bassissimo contenuto di impurità ad alto numero atomico). In queste condizioni le scariche hanno mostrato un miglior confinamento, comparabile con quello ottenuto con pareti boronizzate. Con il LLL che agiva come limiter principale sono stati trovati nuovi regimi di operazione che hanno esibito profili di densità estremamente piccate, fino a valori di densità limite. Le attività sullo studio delle barriere di trasporto interne in condizioni rilevanti per ITER sono state effettuate con il riscaldamento degli ioni determinato dal trasferimento collisionale di energia elettroni-ioni. L'attività sperimentale è stata dedicata al controllo magnetoidrodinamico.

È stato completato il progetto concettuale della macchina FT3 ed è stato preparato una prima relazione di progetto nel quale vengono discusse le motivazioni scientifiche della macchina, nel contesto del Programma Europeo. Tale relazione include sia un disegno preliminare della macchina, dei sistemi ausiliari di riscaldamento e diagnostica, sia una prima valutazione dei possibili siti e dei costi di costruzione e operazione. Infine è stata completata la costruzione delle bobine poloidali dell'esperimento MULTI-PINCH (primo obiettivo di PROTO-SFERA).

Tecnologie della fusione

Le attività dei progetti tecnologici relativi al Programma Fusione sono in linea con quanto svolto oramai da molti anni e vogliono contribuire allo sviluppo del programma nell'ambito di uno sforzo europeo coordinato e orientato alla costruzione di ITER, alla progettazione del reattore dimostrativo e della sorgente di neutroni IFMIF.

Di seguito vengono ricordati solo alcuni esempi di attività svolte e di obiettivi raggiunti.

Divertore per ITER

E' stata completata la fase di qualifica del componente prototipico del divertore di ITER. La tecnologia del "Pre-Brazed Casting", unita alla "hot radial pressing" (processi proprietari ENEA), ha consentito di realizzare un componente che ha raggiunto prestazioni record sia nelle prove di fatica che in quelle di flusso critico. Per la prima volta, infatti, un componente oltre ad avere superato senza alcun danno i cicli di fatica termica ha permesso di determinare il flusso termico critico di burn-up su di un componente dotato di tegole.

Divertore raffreddato ad elio

È stato realizzato per la prima volta in Europa il "mock-up" di un elemento di divertore pensato per il futuro reattore a fusione utilizzando tungsteno e sue leghe e brasature a temperature superiori ai 1400°C. Tale modulo verrà poi testato presso una facility ad elio di adeguate capacità.

Anello di precompressione di ITER in materiale composito

L'anello di precompressione di ITER è stato proposto in materiale composito (fibra di vetro) e dovrà avere un sistema di serraggio compatibile con gli spazi disponibili ed i carichi da applicare. Lo sviluppo del materiale e del manufatto è stato assegnato all'ENEA che ha condotto una estensiva campagna di fabbricazione e caratterizzazione del materiale. A tal fine è stato prodotto un nuovo lotto di composito in fibra di vetro unidirezionale. I risultati hanno mostrato caratteristiche del materiale di grande interesse, in particolare in relazione alla resistenza alla trazione, sia a temperatura ambiente sia a temperature criogeniche (-196°C).

Dati Nucleari

E' stato irraggiato un simulacro di "Test Blanket Module a breeder solido" realizzato su progetto ENEA. I risultati, in termini di trizio prodotto, sono un punto di riferimento per i laboratori europei e giapponesi più qualificati.

Sono stati inoltre sviluppati degli innovativi sensori per la misura del flusso neutronico basati su cristalli di diamante. Tali cristalli superano i limiti di resistenza alle radiazioni dei sensori fin qui utilizzati, basati sul silicio, e verranno installati al JET *Joint European Torus* nel 2007.

Sicurezza ed Impatto Ambientale

E' stato dato un contributo molto importante agli studi del sito di ITER con analisi a supporto quali quella del calcolo della dose occupazionale.

Ciclo del combustibile

Sono stati completati i separatori a membrana (Permcatt) da fornire a FZK *Forschungszentrum Karlsruhe* per l'utilizzo nei sistemi di detritizzazione.

Impianti per prova componenti

E' stata completata la realizzazione dell'impianto a Litio per lo studio della corrosione degli acciai nelle condizioni operative di IFMIF.

E' in fase di completamento la facility da accoppiare ad He Fus3 (impianto ad elio a sua volta in fase di upgrade) per la prova del "Test Blanket Module a breeder liquido".

Broader Approach

Sono state svolte attività preliminari per il Broader approach sia per quanto riguarda la progettazione del magnete toroidale di JT-60SA e delle relative alimentazioni elettriche sia per quanto riguarda le attività di sviluppo e qualifica del target di IFMIF.

Progetto Superconduttività

Superconduttività a bassa temperatura critica

Sono proseguite nel 2006 le attività di ricerca sui fili superconduttori in Nb₃Sn per ITER con prestazioni elevate. A partire da questi "advanced strands" sono stati realizzati dei campioni full-size per le bobine toroidali di ITER, che verranno testati nei primi mesi del 2007 e che sembrano in grado di soddisfare le ulteriori specifiche del progetto.

L'ENEA, in collaborazione con l'industria italiana, ha prodotto diverse lunghezze campione di fili superconduttori in Nb₃Sn per il nuovo Dipolo in costruzione in Germania. Anche questi conduttori sono stati testati ed hanno confermato le elevate prestazioni previste.

Nell'ambito del programma di accompagnamento ad ITER, nell'anno 2006 sono iniziate le attività relative al Broader Approach, concernenti la realizzazione dei magneti toroidali per il tokamak giapponese JT-60SA. In accordo con il CEA, partner europeo nel progetto, è stato definito il design di massima del conduttore in NbTi e dell'avvolgimento. Le attività proseguono con l'ottimizzazione di tale design.

Superconduttività ad alta temperatura critica

Nel corso del 2006 l'attività di ricerca sui superconduttori ad alta temperatura critica è stata principalmente rivolta allo sviluppo di nuove tecniche di crescita di film superconduttori di YBCO su nastri metallici secondo la tecnologia dei "coated conductors" e al miglioramento delle proprietà di trasporto di questi film.

In particolare è stato messo a punto un processo di deposizione chimico di tipo metallo-organico da precursori trifluoroacetati che ha dato ottimi risultati sia per quanto riguarda le proprietà strutturali del film di YBCO, analizzate mediante diffrazione a raggi X, sia dal punto di vista delle temperature critiche che per quanto riguarda i valori di corrente critica.

Il miglioramento delle proprietà di trasporto è stato ottenuto mediante la tecnica dell'introduzione controllata di nano-inclusioni di seconde fasi all'interno della matrice di YBCO. In particolare è stata sperimentata la crescita mediante ablazione laser di film di YBCO con inclusioni di BaZrO₃ da target compositi, ottenendo ottime proprietà di trasporto, migliori prestazioni in campo magnetico e valori della forza di pinning tra i più alti riportati in letteratura.

Collaudo di discendenti per i magneti superconduttori del Large Hadron Collider (CERN)

È proseguita con successo la campagna di collaudo dei discendenti prototipo assemblati al CERN, L'apparato sperimentale progettato e realizzato dall'ENEA si è rivelato essere perfettamente in grado di sostenere i ritmi di lavoro richiesti dal contratto. Infatti, nel corso dell'anno sono stati collaudati più del 95% dei discendenti previsti dal contratto

Progetto Confinamento Inerziale

Nei primi due mesi del 2006 il Gruppo Confinamento Inerziale è stato impegnato nell'esperimento FIGEX *Fast Ion Generation EXperiment*. L'esperimento è stato effettuato con successo presso la Petwatt Facility del Rutherford Appleton Laboratory (UK) essendo ampiamente confermate le previsioni teoriche. I dati sperimentali di maggior rilievo riguardavano le misure sugli ioni e, per l'analisi di questi risultati, è stato necessario dotarsi di un software appositamente sviluppato. È quindi proseguita l'attività per concludere l'analisi completa di tutti i dati sperimentali. Questa attività si è conclusa alla fine dell'anno. L'analisi globale dell'esperimento, per valutare eventuali aspetti da approfondire con ulteriori misure sperimentali, è stata rinviata ai primi mesi del 2007. In parallelo il gruppo ha curato la preparazione di bersagli di forma non convenzionale da utilizzare negli esperimenti programmati per il 2007. È stato anche realizzato il primo prototipo di sistema di raffreddamento per una matrice di diodi da utilizzare per il pompaggio dell'elemento attivo di un laser ad alta potenza di picco e media di interesse per il reattore a Fusione Inerziale. Le prestazioni di questo prototipo, scalato rispetto a quello reale, sono state provate in laboratorio simulando le condizioni di lavoro. Così è stato possibile precisare meglio alcuni parametri prima di procedere al progetto finale ed alla realizzazione del prototipo in scala reale.

PRESIDIO NUCLEARE

La ricerca e lo sviluppo tecnologico nel settore nucleare costituiscono in Europa un esempio positivo dell'auspicata integrazione delle risorse in progetti di rilevanza industriale, e scientifica di grande impatto economico e sociale. L'ENEA, che a seguito di quanto previsto dal Dlgs. 257/2003 è responsabile nazionale del presidio scientifico e tecnologico in tema di energia nucleare, partecipa a molti di questi progetti, anche con ruolo primario.

L'Ente è inoltre impegnato sia sulla caratterizzazione/trattamento dei rifiuti radioattivi pregressi e sulla sistemazione delle materie nucleari, sia nello svolgimento di tutte quelle azioni di competenza necessarie per il passaggio delle attività a SOGIN, in accordo con le direttive dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3267. L'ENEA è infine impegnato nella gestione e mantenimento degli impianti esistenti (in particolare i reattori TRIGA e TAPIRO). Le attività in questo settore sono inquadrare nell'ambito di Programmi Internazionali (in particolare EURATOM) e Nazionali (Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'Università e della Ricerca).

Cicli del combustibile innovativi, Partitioning & Transmutation

Le attività sul partitioning & Transmutation, iniziate nel corso del V Programma Quadro dell'Unione Europea (FP5) sono continuate nel corso del VI Programma Quadro (FP6). Le attività ENEA sui metodi separativi, sostanzialmente metodi pirometallurgici, sono state svolte nel contesto del progetto europeo EUROPART *EUROpean research programme for the PARTitioning of minor actinides* che riguarda gli studi di separazione di radioisotopi a lunga vita (LLRN) contenuti nei rifiuti dovuti al riprocessamento del combustibile nucleare esaurito. Dopo la separazione i LLRN potrebbero essere riciclati in reattore per trasmutare in radioisotopi a vita breve o stabili o potrebbero essere confinati in matrici solide stabili.

Le attività relative alla trasmutazione sono state condotte nell'ambito del progetto europeo EUROTRANS *EUROpean TRANSmutation* del FP6 che ha come scopo finale quello di dimostrare la fattibilità di trasmutare in un sistema di tipo ADS *Accelerator Driven System*.

ENEA è stato pure coordinatore del progetto VELLA *Virtual European Lead Initiative* che ha lo scopo di omogeneizzare le aree di ricerca europee nel campo delle tecnologie del piombo per applicazioni nucleari fino ad arrivare ad una piattaforma comune di attività che prosegua anche dopo la fine delle attività.

Processi separativi elettrochimici: EUROPART

Sono state condotte sette campagne sperimentali sull'impianto PYREL II presso i laboratori del Brasimone per meglio comprendere il comportamento del lantanio e del cerio, simulanti gli attinidi minori, caricati in diversi catodi e con diverse condizioni elettrochimiche ed alcuni risultati salienti sono stati ottenuti anche se alcuni fondamentali fenomeni dovranno essere approfonditi per meglio comprendere i meccanismi che sono alla base di una soddisfacente separazione, tramite tali metodologie, degli attinidi minori dal resto del combustibile esaurito. Poiché il processo pirochimico produce come rifiuto cloruri, sono state studiate matrici di confinamento adatte a inglobare tali rifiuti.

Sistemi per la trasmutazione e relative tecnologie

Le attività svolte nell'ambito di EUROTRANS sono state focalizzate sui seguenti temi:

- Progetto neutronico di un trasmutatore europeo in scala industriale (EFIT: *European Facility on Industrial Transmuter*)
- Studio del guadagno energetico atteso in un esperimento di accoppiamento acceleratore-reattore e di un nuovo neutron detector per la caratterizzazione dello spettro neutronico in un sistema sottocritico (ECATS)
- Attività sperimentali per lo studio dell'interazione LBE-acqua, simulando una grossa perdita dovuta ad una rottura di una tubazione dello scambiatore di calore in un esperimento in larga scala (DEMETER)

Sono state studiate diverse configurazioni di nocciolo al fine di ottimizzare il bruciamento degli attinidi minori (AM), nel rispetto dei criteri di progetto concordati con i partners europei.

Un nocciolo sottocritico a due diverse zone radiali (Ufree e con alto contenuto di AM) è stato ideato e studiato al fine di determinare la configurazione ottimale e per questa configurazione è stata fatta una attenta analisi di alcuni importanti parametri di funzionamento. In parallelo sono stati investigati i parametri termoidraulici di un tale nocciolo con il sistema RELAP5, un primo passo per una analisi di dinamica di nocciolo per il sistema sottocritico. Al fine di valutare alcuni aspetti relativi al comportamento dell'impianto, relativamente all'esigenza di ottenere un apparato a sicurezza intrinseca, sono state eseguite le analisi preliminari di alcune sequenze incidentali, quale ad esempio la rottura di una tubazione del generatore di vapore.

Contestualmente venivano eseguiti studi, accompagnati da campagne sperimentali eseguite sull'impianto LIFUS 5 presso il Centro del Brasimone, sugli effetti di interazione LBE-acqua. Tali campagne di esperienza – calcolo hanno permesso di valutare le sovrappressioni ingenerate da un tale evento e quindi di studiare le idonee contromisure.

Nell'ambito del dominio DEMETRA, ENEA è stata fortemente impegnata nel "Large Scale Integral Test" per l'esecuzione di un esperimento integrale il cui scopo è quello di riprodurre il circuito primario dell'ETD *European Transmutation Demonstrator*, naturale prosecuzione di EUROTRANS. Nel corso dell'anno si è lavorato al progetto della "Test Section" da installare nell'impianto CIRCE al fine di condurre l'esperimento ICE *Integral Circulation Test*.

Le attività svolte nel 2006 nell'ambito del progetto VELLA hanno riguardato soprattutto l'organizzazione dell'iniziativa europea, arrivando a definire la struttura di management e dei vari comitati tecnico-scientifici. Un importante sforzo è stato dedicato alla realizzazione del sito WEB dell'iniziativa con lo scopo di mettere a punto un nodo "virtuale" per la raccolta e la diffusione delle informazioni sulle tecnologie dei metalli liquidi pesanti.

Reattori evolutivi ed innovativi

La principale iniziativa in questo campo è stata la definizione ed il lancio di un programma nazionale di ricerca e sviluppo triennale, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico, a valere sui fondi per le attività di R&S sul sistema elettrico nazionale. Tale programma di ricerca è in parte focalizzato sulle iniziative per la partecipazione italiana a progetti internazionali per reattori INTD *International Near Term Deployment* per sistemi nucleari previsti nell'iniziativa internazionale Generation IV.

Il programma nazionale, che vede la partecipazione di industria ed università e che dispone di 5.5 MEuro per il primo anno, supporta attività sperimentali e di progetto per lo sviluppo di un reattore di generazione III+ IRIS *International Reactor Innovative and Secure* e di un reattore previsto in Generation IV LFR *Lead-cooled Fast Reactor* oltre che attività tecnologiche in appoggio allo sviluppo del reattore Generation IV VHTR *Very High Temperature Reactor* e di modellistica per il reattore AP1000.

Il programma nazionale è sinergico e coerente oltre che con le attività classificabili nell'ambito Generation IV anche con le corrispondenti attività iniziate in ambito FP6:

ELSY – *European Lead-cooled System*

RAPHAEL – *Reactor for Process heat, Hydrogen and Electricity generation*

EISO FAR – *Roadmap for a European Innovative Sodium cooled Fast Reactor*

ALISIA – *Assessment of Liquid Sats for Innovative Applications*

Contemporaneamente ENEA partecipa alla Coordination Action SNF-TP *Sustainable Nuclear Fission – Technology Platform* per lo sviluppo di una strategia europea sulla fissione e per consolidare la posizione europea e di Euratom all'interno del GIF *Generation IV International Forum*, ed all'iniziativa PATEROS "*Partitioning and Transmutation European Roadmap for Sustainable nuclear energy*" finalizzata all'elaborazione di una visione Europea per lo sviluppo di tecnologie per il partitioning and transmutation.

Sicurezza nucleare

Nel corso dell'anno sono stati condotti studi e sviluppati metodi nell'ambito di programmi internazionali. Gli argomenti trattati sono stati: validazione di codici e analisi incidentali, incidenti severi ed analisi di affidabilità e rischio. Alcune di queste attività sono state condotte in collaborazione con l'IRSN francese.

Validazione di codici ed analisi incidentali

- Analisi dell'esperimento BETSY: validazione del modulo d'analisi termoidraulica CESAR di ASTEC V1 sulla facility Betsy di Grenoble
- Analisi della sequenza PWR-1300 H3: Calcolo, con il codice integrale ASTEC V1.2, di una sequenza incidentale "severa" di fondamentale importanza in un EPR Francese
- Analisi post-test dell'esperimento QUENCH-11 presso FZK utilizzando il codice ICARE/CATARE

Analisi di incidenti severi

- Analisi dell'esperimento LOFT LP-FP-2 (nell'ambito del network Europeo FP6 SARNET): interpretazione con le catene ICARE/CATARE dei risultati degli esperimenti eseguiti presso la "Loss-of Fluid Test facility" di INEL (USA) per acquisire informazioni sul comportamento delle barrette di combustibile, la generazione di idrogeno ed il rilascio di prodotti di fissione considerando uno scenario incidentale di loss of coolant in un PWR
- Analisi dell'esperimento MOZART (FP6 SARNET): confronto tra modelli implementati in ICARE2 (cinetica delle reazioni tra zircaloy e ossigeno) su esperimenti effettuati sulla facility MOZART presso IRSN
- Sviluppo e benchmarking del codice ASTEC (FP6 SARNET)

Affidabilità ed analisi di rischio

- Partecipazione, attraverso una collaborazione con l'*Institute for Energy* del JRC di Petten, alla collaborazione internazionale "*Incorporating Ageing Effects into Probabilistic Safety Assessment (PSA)*", conducendo in particolare studi relativi all'impatto dell'invecchiamento sui sistemi passivi e sulle loro prestazioni.
- Concluse le campagne di calcolo sull'affidabilità di sistemi passivi destinati ad assicurare la circolazione naturale in reattori ad acqua in pressione.

Dati nucleari, fisica nucleare e codici

Anche nel corso del 2006 sono continuate le attività relative all'interpretazione dei dati provenienti dall'esperimento n-TOF, principalmente per quanto riguarda i dati sulle reazioni di fissione indotte da neutroni in attinidi "leggeri" e la misura delle sezioni d'urto di cattura di vari elementi, in particolare per radioisotopi di sicuro interesse, quali il ^{207}Pb ed il ^{209}Bi . E' stata completata la libreria accoppiata n- γ VITJEFF31.BOLIB e MATJEF31.BOLIB e sono stati aggiornati e revisionati parecchi moduli del sistema di processamento di dati nucleari SCAMPI. Lo sviluppo del codice BOT3P versione 5.1 è terminato ed è stato consegnato alla NEA Data Bank; tale codice consente di stendere notevolmente le capacità dei codici di trasporto deterministici DORT e TORT ed è già stato utilizzato in appoggio ad Ansaldo Nucleare per la fornitura di AP1000 alla Cina.

Trattamento e condizionamento rifiuti radioattivi*Laboratorio di Caratterizzazione dei materiali nucleari;*

Il Laboratorio di Caratterizzazione dei materiali nucleari, nell'ambito del mantenimento del "Presidio Nucleare" in Italia, svolge il ruolo di laboratorio per l'analisi di materiali nucleari e radioattivi che, avvalendosi anche della collaborazione scientifica dell'Università, deve garantire al Paese la funzione di caratterizzazione di materiali radioattivi e la qualificazione di processi che ne implicano la manipolazione oltre alla funzione di laboratorio di riferimento nel campo della caratterizzazione dei rifiuti radioattivi sia condizionati che originari. Il laboratorio viene utilizzato nelle fasi d'analisi e studio dei materiali radioattivi prodotti nell'ambito degli altri macro-obiettivi.

Le principali attività di R&D svolte nel 2006 sono state le campagne di misura sperimentali miranti a validare il sistema tomografico e ottenere il "performance assessment" del sistema ISOCS. L'affidabilità dei risultati ottenuti ha permesso di soddisfare i requisiti per l'accreditazione secondo ISO-17025 (che verrà applicata nell'autunno 2007).

Fornitura di supporto tecnico a SOGIN nell'ambito dell'Accordo Quadro

Nell'ambito del vigente Accordo Quadro, l'ENEA ha messo a disposizione di SOGIN i tecnici qualificati per consentire a SOGIN l'ottemperanza alle prescrizioni tecniche e di legge e per fornire il necessario supporto allo svolgimento delle attività programmatiche di SOGIN in tema di gestione impianti e di rifiuti radioattivi. Il trasferimento delle licenze e degli impianti a SOGIN è corredato da uno specifico Accordo Quadro che prevede la fornitura di servizi tecnici a SOGIN, necessari per assicurare la piena operatività degli impianti. Tale attività, svolta sui tre siti (Saluggia, Casaccia e Trisaia), ha compreso la fornitura di servizi, sia tecnici per il funzionamento degli impianti, necessari all'assolvimento degli obblighi di legge, sia logistici e di gestione.

Servizio integrato nazionale

L'Ente mette a disposizione del Paese, da quasi venti anni, un "Servizio Integrato" per la gestione dei rifiuti radioattivi d'origine non elettronucleare e di media e bassa attività. Le attività afferenti al Servizio hanno carattere continuativo e comprendono la raccolta, il trasporto, la caratterizzazione, l'immagazzinamento, il trattamento-condizionamento e, per alcune tipologie con radioattività residuale irrilevante (medicali di I categoria), lo smaltimento in esenzione. Le altre tipologie di residui sono trattate e condizionate ed i relativi manufatti conservati in deposito (presso NUCLECO), in attesa che si renda disponibile il sito nazionale di smaltimento.

In tale ambito, l'Ente, tramite il Dipartimento FPN, svolge un'azione d'indirizzo, coordinamento, supervisione e pianificazione delle attività, stabilendo la tipologia dei rifiuti conferibili e la loro modalità di confezionamento e trasporto. La gestione commerciale ed operativa è affidata con una specifica convenzione alla Società partecipata NUCLECO, che si avvale di un complesso di strutture, impianti, depositi e relative autorizzazioni dell'ENEA.

I rifiuti radioattivi, prodotti a livello nazionale dai comparti medico-sanitario, industriale e della ricerca scientifica, e raccolti direttamente o tramite gli operatori privati opportunamente qualificati dall'Ente, ammontano a circa 350/400 metri cubi all'anno.

Per l'anno 2006, oltre alla gestione dei rifiuti radioattivi prodotti dalle strutture di ricerca del C.R. Casaccia, vi è stato il proseguimento delle attività di raccolta e gestione di quelli afferenti al Servizio Integrato, compreso lo smaltimento in esenzione dei rifiuti decaduti e l'effettuazione di alcune migliorie sugli impianti di trattamento-condizionamento rifiuti, concessi in uso a Nucleco.

Applicazioni medicali, energetiche ed ambientali*BNCT Boron Neutron Capture Therapy*

Nel corso dell'anno e' stata completata la costruzione della colonna epidermica EPIMED presso il reattore TAPIRO di ENEA Casaccia. Attraverso i contatti intercorsi con varie organizzazioni internazionali, prima fra tutte la Hammercap S.p.A. che ha ereditato l'esperienza di Studswik nel trattamento del glioma cerebrale, si è riusciti ad acquisire le attrezzature e la strumentazione esistenti presso il reattore svedese, ora in smantellamento per essere arrivato a fine vita, per poterle utilizzare sulla facility epidermica su TAPIRO. E' proseguita l'attività in collaborazione con INFN-LNL impiegando la nuova colonna termica HYTOR: attraverso questa collaborazione è stato possibile eseguire tutte le campagne sperimentali destinate a studi di radiobiologia e di microdosimetria nell'ambito del progetto SPES - BNCT per la radioterapia del melanoma.

Solare termodinamico

Presso i laboratori di Ingegneria Sperimentale del Brasimone sono state condotte diverse campagne sperimentali con lo scopo di studiare il comportamento di diversi materiali strutturali in nitruri fusi in ambiente di fluido stagnante (8000 ore a 590°C). In particolare sono stati indagati: i Meccanismi di corrosione, i Tassi di corrosione e la Resistenza delle saldature.

Attività di sviluppo per le perforazioni antartiche

L'attività di perforazione antartica a Talos Dome contribuisce in modo sostanziale, vista l'estrema profondità di perforazione raggiunta, a ricostruire la storia dei cambiamenti climatici ed a comprendere meglio l'alternarsi delle glaciazioni. L'ENEA partecipa attivamente a queste campagne di perforazione; il perforatore, ideato e progettato presso i laboratori del Brasimone, ha consentito durante la campagna antartica 2006-2007 di raggiungere nel novembre 2006 la profondità di 1.300,58 metri, corrispondenti approssimativamente a raggiungere un deposito di precipitazioni di 60.000 – 80.000 anni fa superando di gran lunga, anche grazie al lavoro svolto presso i laboratori ENEA, i 1.200 metri inizialmente previsti.