



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente

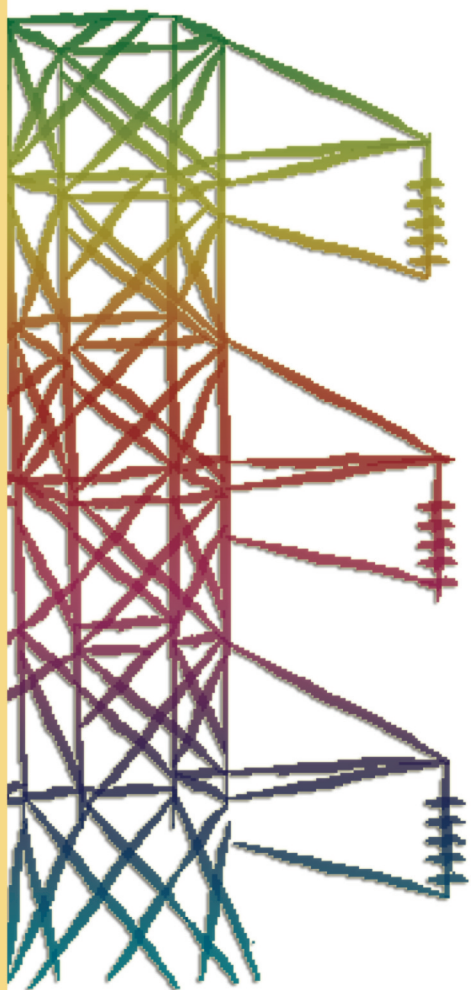


Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Raccolta dei rendiconti della partecipazione ai Comitati internazionali sul nucleare da fissione

Renato Tinti





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Raccolta dei rendiconti della partecipazione ai Comitati
internazionali sul nucleare da fissione

Renato Tinti

RACCOLTA DEI RENDICONTI DELLA PARTECIPAZIONE AI COMITATI INTERNAZIONALI SUL
NUCLEARE DA FISSIONE

Renato Tinti (ENEA)

Maggio 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico


Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione


Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA

Hanno contribuito allo studio: F. Padoani, A. Ventura, S. Monti, F. S. Nitti, P. Meloni, M. Pescarini (ENEA)

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	2	65

Indice

1. Introduzione
2. Partecipazioni in ambito IAEA
3. Partecipazioni in ambito OECD/NEA
4. Altre partecipazioni
5. Elenco allegati


 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	3	65

1. Introduzione

ENEA svolge il ruolo istituzionale di “focal point” e di “Advisor” per le tematiche scientifiche e tecnologiche nel campo dell’energia nucleare ed è presente nei principali comitati ed organizzazioni che si occupano di energia nucleare sia a livello nazionale che internazionale (NEA-Nuclear Energy Agency, IAEA-International Atomic Energy Agency, etc.). In particolare ENEA assicura la presenza di rappresentanti ed esperti italiani nella quasi totalità di NEA Standing Committees (NSC – Nuclear Science Committee, NDC –Nuclear Development Committee, CSNI – Committee on the Safety of Nuclear Installations, RWMC - Radioactive Waste Management Committee, CRPPH - Committee on Radiation Protection and Public Health , NLC - Nuclear Law Committee), oltre al rappresentante nello Steering Committee, e in un numero elevato di Technical Working Groups (TWG) permanenti dell’IAEA.

Ricercatori ENEA sono anche presenti come rappresentanti italiani e/o esperti per “G8 Nuclear Safety and Security Group”, “Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT) Radionuclide Expert Group”, Generation IV International Forum (GIF) Proliferation Resistance &Physical Protection (PR&PP), European Security Research and Innovation Forum (ESRIF), Industrial Mission Group for Security (IMG-S).

Scopo del documento è presentare una sintesi delle attività svolte nel periodo dal 1 gennaio 2008 al 30 aprile 2009 nei diversi ambiti internazionali fornendo anche, quando non soggetto a vincolo di riservatezza, il materiale prodotto per tali contesti.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	4	65

2. Partecipazioni in ambito IAEA.

Partecipazione alla “52nd IAEA General Conference” tenutasi a Parigi (Francia) dal 29 settembre – 04 ottobre 2008.

Un ricercatore ENEA ha fatto parte della delegazione italiana alla Conferenza Generale della IAEA, seguendo in particolare le attività relative alla non proliferazione. Il sito della IAEA <http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2008/gc52ends.html> raccoglie documenti, interventi e testi delle risoluzioni finali, nonché i rapporti quotidiani. In *Allegato 1* è reperibile una breve nota rivolta principalmente al forum scientifico e ad alcune iniziative e incontri tecnici che si sono svolti a margine della Conferenza e non sono riportati nel sito IAEA.

Partecipazione alle attività del “Technical Working Group on Nuclear Power Plant Control and Instrumentation (TWG-NPPCI)”.


ENEA dal 2007 ha nel TWG-NPPCI un proprio rappresentante, col ruolo di “alternate”. Il ruolo del Gruppo è quello di assistere l’IAEA nella identificazione e messa in atto di attività che indirizzino il personale che si occupa di Strumentazione e Controllo in maniera tale da incoraggiare l’uso della migliore tecnologia disponibile.

La partecipazione al suddetto gruppo, anche se a tutt’oggi non è stata corroborata da presentazioni di lavoro, è stata oltremodo utile in quanto ha fornito preziosi elementi di valutazione per la scelta della strumentazione del reattore di ricerca TRIGA RC-1 acquisita negli ultimi mesi (canale logaritmico, indicatori di temperatura e registratori digitali), e indicazioni utili per l’effettuazione delle attività correlate al previsto rinnovo della strumentazione di controllo dello stesso reattore.

Partecipazione alle attività dell’International Nuclear Data Committee (INDC) e collaborazione con IAEA Nuclear Data Section per l’organizzazione del Workshop on Nuclear Structure and Decay Data: Theory and Evaluation.

Il ricercatore ENEA presente in qualità di rappresentante italiano nell’International Nuclear Data Committee (INDC) nel corso del 27th INDC Meeting tenutosi a Vienna dal 22 al 25 aprile 2008 ha presentato un breve rapporto sulle attività relative ai dati nucleari effettuate in Italia nel periodo maggio 2006 - aprile 2008. Il testo del rapporto è reperibile in *Allegato 2*.

Il rappresentante ENEA ha inoltre contribuito, in qualità di condirettore, all’organizzazione del Workshop on Nuclear Structure and Decay Data: Theory and Evaluation tenutosi presso il Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste dal 28 aprile al 9 maggio 2008.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	5	65

Partecipazione alle attività del “Technical Working Group - Water Reactor Fuel Performance and Technology (TWGFPT)”.


ENEA partecipa con un proprio rappresentante che agisce come coordinatore nazionale al TWGFPT. All'interno di questo gruppo è stato promosso da IAEA il Coordinated Research Project (CRP) FUMEX III (Fuel Modelling at Extended Burnup) per lo sviluppo e la validazione di modelli di analisi del comportamento del combustibile nucleare, essenzialmente nei reattori commerciali LWR in condizioni di alto burnup. Il contributo ENEA e POLIMI, riguarda l'analisi di performance dei combustibili MOX in LWR ad alto burnup ed il comportamento in condizioni incidentali di RIA (Reactivity Insertion Accident) e PCI (Pellet Cladding Interaction).

Nel periodo di riferimento ENEA ha partecipato al 1st Research Coordinate Meeting del Coordinated Research Project FUMEX III organizzato presso IAEA Headquarters a Vienna (Austria) dal 10 al 12 dicembre 2008.

Partecipazione alle attività del Technical Working Group on Fast Reactors and ADS (TWGFR)

L'ENEA ha sempre mantenuto la rappresentanza italiana in questo TWG, fin dalla sua costituzione negli anni '70. Negli ultimi anni questo TWG ha permesso uno scambio di informazioni assai interessanti sui cicli del combustibile avanzati basati su sistemi nucleari a spettro neutronico veloce, nonché sul funzionamento dei reattori veloci in esercizio nel mondo (PHENIX in Francia, BR600 e BOR60 in Russia, PFTR in India, JOYO in Giappone), su quelli attualmente in costruzione o in fase di riavvio (PFBR in India, CEFR in Cina, MONJU in Giappone) e su quelli di IV generazione in corso di sviluppo in ambito GIF e programma Euratom (SFR [Sodium-cooled Fast Reactor], LFR [Lead-cooled Fast Reactor], GFR [Gas-cooled Fast Reactor]). Parimenti sono stati discussi i principali programmi europei ed internazionali sugli ADS (Accelerat Driven System). In particolare il rappresentante italiano ha avuto modo di presentare le attività in corso in Italia sullo sviluppo degli ADS e del LFR e SFR di IV generazione. Alla fine del 2009 è prevista l'emissione di due importanti Status Report sui FRs e sugli ADS, ai quali hanno fortmente contribuito ricercatori italiani. In particolare il rappresentante italiano nel TWGFR è responsabile del capitolo sui vari concetti di LFR e sull'analogo capitolo sui concetti di ADS proposti nel mondo. In *Allegato 3* è reperibile la relazione riguardante la partecipazione al “Forty-First Meeting of the Technical Working Group on Fast Reactors (TWG-FR)” tenutosi a Vienna (Austria) presso IAEA Headquarters dal 26 al 29 maggio 2008.

Partecipazione alle attività del “Technical Working Group on Research Reactors (TWGRR)”.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	6	65

Il Segretariato della IAEA ha attivato nel 2008 un gruppo di esperti dei Reattori di Ricerca (TWGRR) per avere un supporto per tutti i tipi di reattori di ricerca (RR) e per le facility incluse nel ciclo del combustibile degli stessi reattori. Il TWGRR si è insediato col suo primo meeting annuale ai primi di febbraio 2008 e ha tenuto il secondo meeting nel dicembre 2008. ENEA partecipa alle attività del gruppo con il ruolo di “Country Observer”.

Tra i compiti del TWGRR rientrano il supporto alla IAEA per coordinare il suo sostegno agli stati membri per l’implementazione dei programmi dell’Agenzia in merito a operazione, utilizzo, ciclo del combustibile, manutenzione, rinnovamento, manutenzione, garanzia di qualità, nuovi progetti e decommissioning dei RR. Sarà anche attivato un forum basato sul web per lo scambio di informazioni su programmi nazionali e internazionali dei RR. Verrà anche fornito il supporto alla identificazione dei temi che potranno essere oggetto di programmi di ricerca coordinati dall’Agenzia (IAEA-CRP) oltre allo sviluppo e/o revisione dei documenti inclusi nelle Nuclear Energy Series della IAEA, individuando le necessità di integrazioni e fornendo supporto alla preparazione delle nuove guide. Il TWGRR fornirà il supporto agli stati membri per migliorare e ottimizzare l’operazione dei RR nei contesti nazionali, regionali o extra-regionali; dovrà altresì identificare rilevanti temi che potranno essere oggetto di cooperazione tra differenti centri di ricerca nelle varie regioni del mondo.

ENEA ha contribuito alla redazione dei Report trasmessi alla IAEA per i seguenti temi:


- Applicazioni: individuazione delle attività che possono essere realizzate presso i reattori di ricerca;
- Sostenibilità: individuazione delle criticità connesse all’esercizio dei reattori di ricerca come la mancanza di sostegno finanziario, l’invecchiamento dello staff, il mancato turnover, l’accettabilità del pubblico.

Partecipazione alle attività del “SMRs Case Study Economic Competitiveness Assessment Group”.

Il gruppo di lavoro “SMRs Case Study Economic Competitiveness Assessment Group” ha come obiettivo la valutazione economica e di scenario dei nuovi sistemi nucleari di piccola taglia a confronto con la grande taglia. ENEA insieme a Politecnico di Milano (POLIMI) partecipa con un contributo di analisi di scenario nazionale che ipotizza un parco elettronucleare misto da 10-20 GWe, costituito da reattori di grande taglia (LR), come EPR (European Passive Plant) e AP1000 (Advanced Passive 1000 MW, e piccola taglia (SMR), come IRIS (International Reactor Innovative and Secure), con annessa valutazione economico-finanziaria mirata a mettere in evidenza i possibili vantaggi dei reattori di piccola taglia.

Nel periodo di riferimento ENEA ha partecipato all’IAEA Technical Meeting dal titolo Coordinate Case Studies on Competitiveness of SMRs in Different Applications, tenutosi presso IAEA Headquarters a Vienna (Austria) dall’1 al 4 luglio 2008.

Partecipazione alle attività dell’“International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO)”.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	7	65

Nel periodo di riferimento ENEA ha collaborato alle attività della “Task 3 study - Global scenarios and regional trends of nuclear energy development in the 21st century”, che ha come obiettivo l’analisi di scenari globali-regionali, emergenti dall’evoluzione attesa nei singoli paesi, dello sviluppo dell’energia nucleare fino al 2100 e ha partecipato all’ “IAEA-INPRO Task 3 Consultancy Meeting” tenutosi a Vienna (Austria) dal 26 al 30 gennaio 2009, presentando i risultati di uno studio relativo ad un primo ipotetico scenario per la ripresa in Italia della produzione di energia elettrica da fonte nucleare nel periodo 2020-2030.

Partecipazione al “Pre-TRADE experimental benchmark” lanciato nell’ambito del Coordinated Research Project “Analytical and Experimental Benchmark Analyses of Accelerator Driven Systems (ADS)”.

La campagna sperimentale *pre-TRADE*, condotta nel periodo 2004–2006 presso il reattore TRIGA RC-1 dell’ENEA (Progetto di Ricerca Coordinato “Analytical and Experimental Benchmark Analyses of Accelerator Driven Systems (ADS)” Centro Casaccia), ha avuto per obiettivo l’analisi di tecniche sperimentali di neutronica per la calibrazione assoluta del livello di reattività del reattore, in condizioni di sottocriticità, sia in fase di avviamento sia in fase di spegnimento del reattore stesso. Nell’ambito di tale campagna sperimentale il livello di reattività è stato misurato con le seguenti tecniche:

- Tecniche di tipo PNS (Pulsed Neutron Source), basate sulla misura dell’area della risposta neutronica del sistema ad impulsi di una sorgente di tipo deuterio-trizio (con emissione di neutroni di energia 14.1 MeV).
- Tecniche di tipo MSM (Modified Source Multiplication), basate sull’analisi della risposta del sistema ad una sorgente neutronica costante (nel caso in particolare una sorgente di Cf-252).


Le misure sono state effettuate per tre configurazioni sottocritiche del nocciolo relative a tre differenti livelli di reattività: -500 pcm, -2500 pcm e -5000 pcm. Entrambe le tecniche di misura PNS e MSM richiedono la valutazione, mediante il calcolo, di fattori correttivi da applicare ai risultati sperimentali bruti.

La IAEA, nell’ambito del Progetto di Ricerca Coordinato “Analytical and Experimental Benchmark Analyses of Accelerator Driven Systems (ADS)”, ha lanciato nel 2008 un esercizio internazionale per la valutazione dei fattori correttivi sopra menzionati. In fase preliminare all’esercizio, l’ENEA ha effettuato una rivalutazione del livello di burnup del reattore a partire dal suo primo avviamento negli anni sessanta.

I risultati ad oggi ottenuti sia da ENEA sia dal Kyoto University Research Reactor Institute (Giappone) mediante calcoli Monte Carlo (codice MCNP) indicano:

- Una generale sottostima del livello di reattività del reattore (sicuramente legata alla notevole complessità connessa alla valutazione del livello di burnup del reattore).
- Una eccellente efficacia dei fattori correttivi nel diminuire la dispersione dei risultati sperimentali bruti di reattività, specie a livelli spinti di sottocriticità, essendo tali fattori legati essenzialmente a rapporti relativi, piuttosto che a livelli assoluti, di sottocriticità.

Ricercatori ENEA hanno partecipato al “Technical Meeting on LEU Fuel Utilization in ADS” e al “III Research Coordination Meeting of the Coordinated Research Project on Benchmark Analyses of ADS” tenutisi presso IAEA a Vienna (Austria) dal 26 al 30 gennaio 2009.


 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	8	65

Partecipazione al Coordinated Research Project “Development of Methodologies for the Assessment of Passive Safety System Performance in Advanced Reactors”.

Il coinvolgimento ENEA nel Coordinated Research Project (CPR) “Development of Methodologies for the Assessment of Passive Safety System Performance in Advanced Reactors” ha fatto seguito alla partecipazione di ricercatori ENEA negli anni 2004-2008 al CPR “Natural circulation phenomena, modelling and reliability of passive systems that utilize the natural circulation”. Obiettivo principale di questo progetto era di fondere gli aspetti termoidraulici e probabilistici dell’analisi di affidabilità dei sistemi passivi. Il progetto ha esaminato i sistemi passivi che si basano sulla circolazione naturale ed ha valutato la loro disponibilità attraverso la fenomenologia che li caratterizza ed i diversi fattori che possono impattare la loro prestazione. Sono stati prodotti o sono in via di pubblicazione i seguenti documenti:

- IAEA-TEC-DOC 1474 “Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants Phenomena, Models, and Methodology for System Reliability Assessments”, Nov 2005
- IAEA-TEC-DOC Draft “Passive Safety Systems and Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants”, in preparation
- IAEA-TEC-DOC Draft “Natural Circulation in Water-Cooled Nuclear Power Plants: Phenomena, Modelling, and Reliability of Passive Systems that Utilize Natural Circulation”, in preparation.

Il nuovo progetto “Development of Methodologies for the Assessment of Passive Safety System Performance in Advanced Reactors”, che ha una durata di quattro anni a partire dal 2009, si pone l’obiettivo di proporre nuovi approcci per la valutazione dei sistemi passivi implementati nei reattori innovativi. Al Research Coordination Meeting del progetto organizzato presso IAEA Headquarters a Vienna dal 31 marzo al 3 aprile 2009 ENEA ha illustrato l’attività svolta in questi anni relativamente allo sviluppo delle metodologie per la valutazione della affidabilità dei sistemi passivi e ne ha delineato le prospettive future.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	9	65

3. Partecipazioni in ambito OECD/NEA

Partecipazione alle attività del “Nuclear Science Committee (NSC)”.

ENEA è membro designato del NSC e partecipa a pieno titolo alle attività di tale comitato orientate alla definizione dei programmi nei seguenti settori:

- Fisica del Reattore
 - Fisica e Chimica del Ciclo del Combustibile
 - *Criticality Safety*
 - Scienza dei Materiali
 - Schermaggio
- in stretta connessione con la NEA Data Bank di cui si parlerà più avanti.

I principali obiettivi del NSC sono:

- Favorire lo sviluppo delle conoscenze scientifiche necessarie per migliorare le prestazioni e la sicurezza degli attuali sistemi nucleari;
- Contribuire a consolidare le basi tecnico-scientifiche necessarie allo sviluppo della futura generazione di sistemi nucleari;
- Fornire supporto alle attività tese al mantenimento delle conoscenze nel campo delle scienze nucleari.


Nel giugno 2008 ENEA ha partecipato alla riunione generale dell’NSC dedicata principalmente alla discussione sulle azioni da intraprendere per una riforma radicale dei comitati e della NEA Data Bank; un voluminoso questionario distribuito dal Comitato ha permesso di raccogliere preziosi elementi ed i risultati verranno discussi nel corso del NSC 2009. Nel corso della riunione è stato presentato da ENEA il Country Report nazionale (*Allegato 4*).

Partecipazione alle attività del “Nuclear Development Committee (NDC)”.

Al “*Committee for Technical and Economic Studies on Nuclear Energy Development and the Fuel Cycle*” conosciuto come “*Nuclear Development Committee (NDC)*”, a cui l’Italia partecipa anche con una ricercatore ENEA, è stata assegnato il compito di operare nelle seguenti aree:

- Valutare il potenziale futuro contributo dell’energia nucleare rapportandolo alla domanda globale di energia;
- Valutare l’entità della domanda e la consistenza dell’offerta nelle differenti fasi del ciclo del combustibile;
- Analizzare gli aspetti tecnici ed economici alla base di una accresciuta richiesta e valutare le conseguenze tecniche ed economiche delle varie strategie per l’intero ciclo del combustibile;

ENEA ha fornito, nel corso delle riunioni annuali NDC, il proprio contributo alle valutazioni ed alle analisi di cui sopra, consentendo di delineare, in accordo con gli indirizzi del Governo Italiano che ha un suo rappresentante nel Comitato, la posizione nazionale sul ruolo del nucleare nella definizione degli scenari futuri legati alla domanda / offerta di energia. Nel corso della riunione di giugno 2008 è stato consegnato anche a NDC il Country Report nazionale (*Allegato 3*).

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	10	65

Partecipazione alle attività del “NEA Data Bank Management Committee”.

La rappresentanza italiana all’interno del NEA Data Bank Management Committee è stata assegnata ad un ricercatore ENEA. Il ruolo di NEA Data Bank è quello di costituire, per i paesi membri, il centro di riferimento internazionale per codici e librerie di dati nucleari e per le connesse attività di miglioramento e validazione. La NEA Data Bank, attraverso i rappresentanti nazionali dei vari paesi membri, assicura anche l’accreditamento degli utenti per l’accesso ai servizi, con particolare riguardo alla distribuzione controllata di codici e librerie. Il rappresentante ENEA ha partecipato alle riunioni periodiche del Management Committee intervenendo in maniera incisiva sul tema della proposta di riforma della Data Bank ed ha assicurato agli utenti nazionali l’accreditamento, ove richiesto, per l’accesso ai servizi della NEA Data Bank (nominati, nel corso del 2008, 14 nuovi Liaison Officer presso organismi italiani di ricerca e soggetti industriali).

Partecipazione alle attività del “Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI)”.

La missione del CSNI che opera coordinandosi con il Committee on Nuclear Regulatory Activities (CNRA), è di assistere i paesi membri nel garantire l’esercizio degli impianti esistenti e futuri in condizioni di sicurezza, attraverso il mantenimento e lo sviluppo delle conoscenze, competenze ed infrastrutture sperimentali necessarie per lo sviluppo dei reattori e degli impianti del ciclo del combustibile.

Le attività del CSNI sono, quindi, finalizzate a fornire un riferimento tecnico idoneo per l’effettuazione delle valutazioni di sicurezza e per il supporto decisionale degli enti di sicurezza. Le attività tecniche sono svolte dai gruppi di lavoro (Working Group, Task, Working Party). Per il CSNI sono pianificate due riunioni all’anno: la prima a giugno e la seconda a dicembre.

Nel periodo di riferimento ENEA ha partecipato solo alla riunione di giugno e al seminario sulla sicurezza nucleare e la cooperazione internazionale. Il seminario, organizzato congiuntamente dal CSNI e dal CNRA, si è tenuto il giorno precedente la riunione del CSNI. Il tema del seminario è stato scelto sia per permettere di festeggiare indirettamente il cinquantesimo anniversario del progetto Halden sia di ribadire l’importanza di un Organismo super-partes, come la NEA, in grado di organizzare la ricerca. I relatori hanno ribadito l’importanza della cooperazione internazionale nel settore della sicurezza nucleare e hanno citato il progetto Halden come esempio di una proficua collaborazione. Durante la riunione del CSNI sono state esaminate le attività in corso dei vari gruppi di lavoro e sono state approvate le nuove proposte di attività e i documenti preparati.

Partecipazione alle attività del “Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI): Working Group on Risk Assessment (WGRISK)”.

ENEA è ufficialmente membro del gruppo di lavoro OECD NEA CSNI WG Risk, focalizzato sui recenti sviluppi nell’area della valutazione del rischio di impianti nucleari, per la ricerca nella sicurezza nucleare. Ciò ha comportato la partecipazione a due riunioni internazionali tenutesi a Parigi (Francia) rispettivamente nel periodo 5-7 Marzo 2008 e 25-27 Marzo 2009. In tali occasioni ENEA ha promosso, insieme ad altre nazioni, una iniziativa per l’organizzazione di un workshop per il PSA (Probabilistic Safety Assessment) per i reattori avanzati, previsto per la primavera del 2010, da tenersi probabilmente in Corea del Sud e del cui comitato tecnico ed organizzativo fa parte anche un ricercatore ENEA.

Partecipazione alle attività del “Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI): Working Group on the Analysis and Management of Accidents (WGAMA)”.


ENEA è un membro attivo in questo gruppo e partecipa a tutte le riunioni periodiche, durante cui si discutono e si pianificano le principali attività di ricerca da seguire nell’anno di riferimento.

ENEA ha partecipato alla riunione tenutasi presso OECD Headquarters a Parigi (Francia) dal 23 al 26 settembre 2008.

Nell’ambito della missione di questo gruppo di lavoro internazionale, di grande interesse per ENEA, nell’anno 2008, è stata la possibilità di prendere parte e/o seguire con grande attenzione, lo svolgersi delle attività relative all’International Standard Problem (ISP) n.49, organizzato per studiare gli effetti della deflagrazione dell’idrogeno in fase incidentale severa, prendendo a riferimento l’apparecchiatura sperimentale THAI.

Partecipazione alle attività della “CSNI Task on Advanced Reactor Experimental Facilities (TAREF)”.

Il gruppo di lavoro è stato costituito all’inizio del 2008 dal CSNI (Committee on the Safety of Nuclear Installations) con l’obiettivo di fornire una panoramica degli impianti sperimentali esistenti o di prossima costruzione, idonei per l’analisi delle problematiche rilevanti per la sicurezza dei reattori Gen IV, e di definire una strategia per un utilizzo efficiente di tali infrastrutture al fine di disporre di informazioni necessarie per lo sviluppo di tali reattori nel breve e lungo periodo. L’attenzione è focalizzata sui reattori a gas e a sodio. La possibilità di includere altri tipi di reattore (a piombo, supercritico ad acqua) sarà esaminata successivamente. L’attività ENEA è consistita nel rispondere ad un questionario e nel fornire informazioni sugli impianti disponibili in ENEA, che potrebbero essere utilizzati per attività sperimentali per i reattori a gas e veloci a sodio. L’attività sui reattori a gas è già stata completata, considerato che il gruppo ha potuto usufruire di un lavoro fatto dalla USNRC sull’identificazione con la metodologia PIRT (Phenomenon Identification and Ranking Tables) delle problematiche considerate rilevanti per la loro sicurezza, ed è stato emesso dal

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	12	65

gruppo il documento “Report on the experimental facilities for Gas Cooled Reactor safety studies”, che sarà sottoposto all’approvazione del CSNI.

Partecipazione alle attività del “Working Party on Scientific Issues of the Fuel Cycle (WPFC)”

Le attività di questo Working Party riguardano:

- Gli studi di scenario, con particolare riferimento a quelli di transizione fra reattori LWR e FR (EG-FCTS: Expert Group on Fuel Cycle Transition Scenarios Studies);
 - I processi di separazione attinidi/lantanidi, con lo scopo di individuare quelli più idonei alla ottimizzazione dei siti di smaltimento (EG-CP: Expert Group on Chemical Partitioning);
 - Le tecnologie per i metalli liquidi pesanti utilizzabili sia come refrigeranti di reattori veloci sia come target di spallazione degli ADS (EG-HLM: Expert Group on Heavy Liquid Metal technologies);
 - I combustibili avanzati contenenti attinidi minori (EG-IF: Expert Group on Innovative Fuels);
 - I materiali strutturali avanzati (EG-ISM: Expert Group on Innovative Structural Materials).
- L’ENEA esprime rappresentanti in tutti questi EG ad eccezione dell’EG-IF, oltre al rappresentante nel WPFC.

Per quanto riguarda l’EG-FCTS, l’ENEA ha partecipato allo studio di scenario regionale e sta partecipando al benchmark per la comparazione dei codici di scenario.


L’EG-HLM ha prodotto un importante Handbook sulle tecnologie del metallo liquido pesante che è diventato un riferimento internazionale. Anche l’ENEA vi ha contribuito in maniera importante.

Per quanto riguarda l’EG-CP, sono stati selezionati vari parametri di interesse, tra cui il volume dei rifiuti prodotti, la loro radiotossicità, la composizione e la resistenza nel lungo periodo dei rifiuti inertizzati. Particolare rilievo viene inoltre dato ai metodi per la separazione cesio-stronzio, la cui presenza congiunta nei rifiuti radioattivi è la principale causa del forte sviluppo di calore dai medesimi, con ricadute negative sul materiale condizionato e sul deposito finale.

Il contributo ENEA ai lavori del gruppo si è concretizzata nella presentazione delle attività di gestione, trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi presenti in Italia, nonché in una *review* dei principali processi di separazione cesio-stronzio mediante scambio cationico, con particolare riguardo al ruolo svolto dalle zeoliti e all’importanza della loro presenza nel sito di smaltimento definitivo.

Partecipazione alle attività del “Working Party on Nuclear Energy Economics (WPNE)”

ENEA ha un proprio rappresentante all’interno del WPNE, che si pone come obiettivo le valutazioni economiche dei sistemi nucleari attuali e futuri. Il contributo, congiunto ENEA-POLIMI (Politecnico di Milano), si focalizza sull’analisi comparata tra reattori di piccola e grande taglia.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	13	65

Nel periodo di riferimento ENEA ha partecipato al 2° e 3° meeting del gruppo organizzati presso OECD-NEA a Parigi (Francia) rispettivamente il 29 e 30 maggio 2008 e il 3 e 4 novembre 2008

Partecipazione alle attività dell’ “Expert Group Research and Test Facilities Required in Nuclear Science”.

Nel 2001 il Nuclear Science Committee (NSC) della OECD/NEA ha iniziato uno studio su “Research and Development Needs for Current and Future Nuclear Energy Systems” che ha prodotto un rapporto pubblicato nel 2003. Il NSC ha ulteriormente sviluppato questa area di attività con la formazione di un Expert Group per la preparazione di un rapporto su “Research and Test Facilities Required in Nuclear Science”. ENEA partecipa a questo Expert Group in qualità di “Country Representative”.

L’Expert Group, con riunioni tenute da 2005 al 2007 ha prima predisposto un database acquisendo informazioni da altri database (IAEA, OECD/NEA SESAR/SFEAR [Senior Group of Experts on Nuclear Safety Research / Support Facilities for Existing and Advanced Reactors]), poi ne ha assicurato l’aggiornamento/integrazione. Il database è stato messo a disposizione del pubblico sul sito web NEA nella primavera 2008 (<http://www.nea.fr/rtfdb/>).


Sulla base delle informazioni raccolte nella preparazione del database, l’Expert Group ha redatto un rapporto che identifica l’attuale portafoglio delle facility esistenti nell’area OECD rispondenti alle necessità di R&D incluse nella visione del NSC. In aggiunta l’Expert Group ha identificato le facilities necessarie alle future necessità.

ENEA ha contribuito alla creazione della pubblicazione con le seguenti azioni:

- Raccolta delle informazioni sulle facility nazionali esistenti, esercitando un’intensa azione di stimolo sui vari referenti di Enti di ricerca e industrie titolari di impianti che potessero fornire supporto all’attività nucleare. I dati ricevuti, adattati al format definito durante le riunioni, sono stati proposti. Il risultato conseguito è stato che 33 impianti o laboratori italiani sono stati inseriti nel database.
- Ricognizione delle facility mondiali di radiografia neutronica. L’attività è stata facilitata dalla presenza di un ricercatore ENEA nel Board dell’“International Society for Neutron Radiology” (ISNR) nel cui ambito ENEA ha costituito un’analogia banca di dati presente nelle pagine web della Società ed ha richiesto che, prendendo a riferimento i dati contenuti nella banca dati ISNR, venissero contattati per una richiesta di aggiornamento/integrazione i contatti delle varie istituzioni internazionali che dispongono di impianti per la radiografia neutronica.
- Redazione del capitolo del rapporto dedicato alla Radiografia Neutronica e alle sue applicazioni.
- Redazione, congiuntamente all’Expert Group Leader, del capitolo del rapporto dedicato ai sistemi sottocritici.

Partecipazione alle attività dell’ “NEA&IEA - Ad Hoc Group for Electricity Generating Costs (EGC)”.

ENEA ha un proprio rappresentante all’interno del gruppo, che come obiettivo principale si prefigge l’effettuazione dell’analisi dei costi comparati di tutte le tecnologie per la

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	14	65

generazione elettrica, a partire dai dati di base forniti dai vari paesi partecipanti, i cui risultati vanno a costituire il report ufficiale IEA-NEA “Projected Costs of Generating Electricity” a cadenza quadriennale.

Partecipazione alle attività del gruppo di lavoro per il “Benchmark on thermal – hydraulic loop models for lead-alloy cooled advanced nuclear energy systems (LACANES)”.

Il gruppo di lavoro costituito da tutti i partecipanti al benchmark è stato riconosciuto dalla NEA NSC come task force del Working Party on Scientific Issues of the Fuel Cycle (WPFC). Le attività di benchmark sono relative a modelli termoidraulici per il circuito di Piombo-Bismuto HELIOS (Heavy Eutectic liquid metal Loop for Integral test of Operability and Safety of PEACER) della Seoul National University - Republic of Korea. L’attività iniziata nel 2007 e tutt’ora in corso riguarda il calcolo delle perdite di carico e l’andamento delle pressioni nell’intero loop sia in condizioni isoterme con circolazione forzata (attività conclusa) che in condizioni non-isoterme con circolazione naturale (attività in corso). I calcoli sono svolti, contemplando diverse condizioni di funzionamento in termini di portata, con l’ausilio sia di un codice di sistema (RELAP5) che di calcoli puntuali per le perdite concentrate, attraverso l’utilizzo di relazioni in letteratura.


Nel periodo di riferimento ENEA ha partecipato al 3^o meeting tenutosi ad Anaheim, California (USA) il 12 e 13 giugno 2008, al 4^o meeting tenutosi a Parigi (Francia) il 15 e 16 dicembre 2008,

L’attività effettuata in preparazione del 3^o meeting è descritta nel documento in *Allegato 5*.

Partecipazione alle attività della “NEA Data Bank – Joint Evaluated Fission and Fusion (JEFF) Working Group”.

ENEA ha un proprio rappresentante nel “JEFF Working Group”, dedicato a produzione, processamento e validazione dei dati nucleari della libreria di dati valutati JEFF, distribuiti da NEA Data Bank. Ha inoltre un proprio rappresentante, col ruolo di membro nazionale, nel gruppo di coordinamento scientifico (JEFF-SCG) del Progetto JEFF.

Nel corso del 2008 ENEA ha partecipato al “Workshop on Processing Tools for Evaluated Nuclear Data Libraries” sui più importanti e diffusi sistemi di processamento dati nucleari, al “NJOY User Group Meeting”, dedicato agli aggiornamenti sul più importante standard internazionale (sistema NJOY) di processamento dati, e al “JEFF Working Group Meeting”, tenutosi presso la sede dell’OECD/NEA di Issy-les-Moulineaux (Francia) dal 18 al 21 novembre 2008. Una sintesi degli argomenti trattati è reperibile in *Allegato 6*.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	15	65

4. Altre partecipazioni

Partecipazione alle attività del “Proliferation Resistance & Physical Protection WorkingGroup (PR&PP WG)”.

Il *Proliferation Resistance & Physical Protection Expert Group* (PR&PP) è un gruppo di lavoro internazionale organizzato nel 2002 in ambito GIF (Generation IV International Forum) seguendo la raccomandazione della *Generation IV Roadmap*. La Roadmap identificava la resistenza alla proliferazione e la protezione fisica (PR&PP) come uno dei quattro obiettivi tecnologici dei sistemi GenIV, assieme a sostenibilità, sicurezza (safety) & affidabilità e aspetti economici. Il mandato del gruppo di esperti PR&PP è di sviluppare una metodologia per la valutazione di sistemi innovativi GenIV in termini di resistenza alla proliferazione (PR) e protezione fisica (PP). Il gruppo di esperti include i membri di GIF e l'IAEA. EURATOM, rappresentato dalla Commissione Europea è un membro di GIF. Da fine dicembre 2008, Franca Padoani è il secondo rappresentante EURATOM all'interno del gruppo in veste di “alternate”. Come tale ha partecipato a tutte le attività del gruppo.


Le attività del PR&PP WG non sono aperte essendo ristrette ai soli membri GIF e all'IAEA. Anche i documenti prodotti generalmente non sono pubblici. L'ultima versione della metodologia è stata pubblicata a novembre 2006 ed è reperibile nel sito di Gen-IV. Le attività nel 2008 si sono concentrate sulla finalizzazione del caso studio su un ipotetico sistema GenIV, per testare la metodologia e la futura applicazione della metodologia ai sistemi GenIV reali.

Come contributo alla metodologia sviluppata dal WG PR&PP l'ENEA ha cominciato a valutare una delle varianti del nocciolo dell'ipotetico sistema del caso studio 2007-2008. Il primo passo è stata la familiarizzazione con la metodologia da parte di un esperto in neutronica sul reattore di riferimento. I risultati della valutazione della variante, sono attesi per il 2009.

Per approfondire la conoscenza sulle caratteristiche e potenzialità della metodologia, ENEA ha inoltre partecipato ad un workshop su “*Markov Modeling of Proliferation Resistance of Nuclear Energy Systems*” tenutosi al *Brookhaven National Laboratory* con lo scopo di diffondere tra potenziali utilizzatori la conoscenza di elementi (codici e modellizzazione, sviluppo dati, e interpretazione) utili per l'applicazione di questo metodo in ambito di non proliferazione e protezione fisica.

L'ENEA fa parte del team PR&PP – *Steering Committe* che si occupa della redazione di un LFR. Questi team dovrebbero essere l'occasione per approfondire le relazioni tra i due attori e consentire ai progettisti di trarre vantaggio dal lavoro del WG. Gli incontri sono già iniziati ed in particolare si è svolto un primo workshop congiunto PR&PP – *Steering Committe* al *Brookhaven National Laboratory*. Nel corso del 2008, ENEA ha anche contribuito alla stesura della prima bozza del *White Paper* per il LFR.

Nel corso del 2008 ENEA ha partecipato alle due assemblee plenarie tenutesi una a Orange, con visita agli impianti di Marcoule; l'altra a Seul, con visita agli impianti di fabbricazione e riprocessamento coreani, inclusi quelli sperimentali sul sistema DUPIC (*Direct Use of spent PWR fuel In CANDU*).

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	16	65

Partecipazione alle attività del “G8 Nuclear Safety and Security Group (NSSG)”.

Il gruppo G8-NSSG (*Nuclear Safety and Security Group*) si occupa delle tematiche relative alla “*safety*” e alla “*security*”, cioè della sicurezza intesa sia come affidabilità degli impianti che come protezione da effetti negativi esterni, come il terrorismo. L’attività del NSSG si esplica in tre riunioni plenarie, da svolgersi nel corso dell’anno, alle quali partecipano 11 delegazioni (oltre alle otto in rappresentanza dei paesi facenti parte del G8, i rappresentanti di IAEA, Commissione Europea/Unione Europea e Banca Europea per la Ricostruzione e lo Sviluppo (BERS). A queste si aggiungono riunioni in ambito G4 (europeo).

Fra i temi trattati dalle delegazioni che ne fanno parte ci sono, fra gli altri, la messa in sicurezza del sito di Chernobyl e delle Centrali nucleari in Armenia ed Ucraina, la sicurezza sismica delle centrali nucleari, la sicurezza (*safety & security*) dell’intero ciclo del combustibile e la non-proliferazione nucleare.


L’ENEA fa parte del NSSG da giugno 2008. ENEA, ha contribuito alle attività della delegazione italiana nel NSSG. In particolare, in vista della Presidenza italiana del G8 nel 2009, le attività prevalenti sono state la stesura del programma di lavoro per il 2009 e la partecipazione alle riunioni del G8-NSSG, sotto la Presidenza giapponese, a Tokio a maggio e dicembre 2008. In particolare, l’ENEA è stata molto attiva per quanto riguarda il punto qualificante della presidenza italiana del G8-NSSG nel 2009 cioè l’attenzione su “*Education and Training/Institutional Capacity Building*” con un focus sui paesi che intendono iniziare o espandere programmi nucleari civili. Lo scopo dell’iniziativa è di aiutare tali paesi a dotarsi delle strutture necessarie allo sviluppo e mantenimento di un programma nucleare “*safe and secure*”, in linea con gli strumenti internazionali in materia.

Partecipazione alle attività della “Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GICNT)”.

La *Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GICNT)* è stata lanciata a luglio 2006 durante il G-8 di San Pietroburgo dai presidenti Putin e Bush. Il nucleo iniziale di 12 nazioni (G8, Australia, Cina, Kazakistan e Turchia) si è rapidamente esteso a 75 aderenti e la IAEA e la Unione Europea sono stati ammessi come osservatori. I Paesi partecipanti aderiscono alla Dichiarazione di Principi e si impegnano ad assicurare adeguate risorse e la partecipazione al Piano di Lavoro di esperti dei rilevanti ministeri e dipartimenti.

Il Piano di Lavoro è costituito da attività, scenari e *Best Practices* che possono essere proposte da tutti i partecipanti. Le proposte per il Piano di Lavoro devono essere concepite a supporto di uno o più degli otto principi che costituiscono Dichiarazione di Principi e che sono:

- Migliorare contabilità, controllo e protezione fisica di materiale radioattivo
- Migliorare la sicurezza di impianti nucleari civili
- Migliorare la capacità di scoprire materiali/sostanze radioattivi/nucleari per prevenire traffici illeciti, cooperando nelle ricerche e sviluppando una capacità nazionale con caratteristiche di interoperabilità
- Migliorare la capacità di cercare, confiscare e stabilire un controllo sicuro su materiali/sostanze radioattive/nucleari illegalmente detenute e su ordigni che le utilizzano
- Evitare l’uso di paradisi fiscali per fini terroristici
- Assicurare un adeguato quadro legislativo per la lotta al terrorismo

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	17	65

- Migliorare la capacità di risposta, mitigazione e investigazione in caso di attacco terroristico con materiale nucleare/radiologico inclusa la capacità di identificare il tipo di sostanza/materiale.
- Promuovere lo scambio di informazioni che facilitino la lotta al terrorismo nucleare mantenendo la necessaria confidenzialità delle informazioni.

ENEA ha seguito le attività del piano di lavoro pertinenti alla sicurezza di materiale e impianti nucleari fin dalle prime riunioni della GICNT e partecipa alle riunioni di coordinamento del Ministero degli Esteri. Nel 2008, in particolare ha partecipato ai seguenti workshops:


- Seminario su “Response to malicious acts involving radioactive materials” a Rabat 5-7 febbraio 2008. L’iniziativa era rivolta a funzionari ed esperti con responsabilità nella gestione della minaccia o delle conseguenze di atti criminali o non autorizzati che coinvolgono materiali radioattivi. L’obiettivo principale del seminario era di presentare e scambiare esperienze in materia di organizzazione e processi relativi alla reazione ad atti illeciti o malevoli che coinvolgono sostanze radioattive. È stata effettuata una visita ed una dimostrazione presso il Centro ricerche nucleari di Maamora.
- Workshop sulla “Global Nuclear Detection Architecture Model Guideline Document (MGD)”, tenutosi a Washington i giorni 31 marzo e 1 aprile, organizzato a Washington dal Domestic Nuclear Detection Office (DNDO) del dipartimento Homeland Security;
- Riunione plenaria della GICNT a Madrid dal 16 al 18 giugno.
- “Conference to promote awareness among the scientific community of the danger of knowledge proliferation”, Londra, 24 ottobre 2008, organizzata dal Ministero della Difesa del Regno Unito per promuovere nella comunità scientifica la consapevolezza dei pericoli derivanti dall’accesso a informazioni sensibili in campo nucleare (nuclear knowledge proliferation) da parte di gruppi terroristici o di stati interessati a programmi nucleari clandestini. Buone pratiche per promuovere questa consapevolezza e per proteggere la conoscenza sono stati il focus della conferenza.
- “European Symposium on Radiological and Nuclear Detection for the Purpose of Preventing Terrorism” svoltosi a Parigi l’8-9 dicembre 2008. Lo scopo era fare il punto sulla capacità di rilevare materiale nucleare trafugato da impianti nucleari e/o illegalmente in transito.

I rapporti redatti da ENEA su questi seminari hanno natura riservata e pertanto non sono allegati.

Partecipazione alle attività dell’“European Atomic Energy Society (EAES) Research Reactor Operators Group (RROG)”.

Dal 2002 ENEA ha un proprio membro nell’EAES-RROG come rappresentante del reattore TRIGA RC-1.

Il gruppo, costituito da rappresentanti di Reattori di Ricerca Europei di varie tipologie, forma una rete permanente di contatti e scambi di esperienze nell’ambito della Gestione dell’Impianto. E’ previsto un meeting annuale in cui ciascun membro prepara un “Report” sulla gestione dell’impianto di appartenenza durante l’anno precedente. Nel 2005 il meeting annuale si è tenuto a Roma organizzato dall’ENEA.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	18	65

Partecipazione alle attività dell’“International Society for Neutron Radiology (ISNR)”

Il gruppo raccoglie ricercatori di tutto il mondo che operano nell’ambito delle tecniche di ispezione mediante neutroni. Degli 85 membri che costituiscono l’ISNR due sono ricercatori ENEA e di questi uno ricopre il ruolo di rappresentante nazionale nel Society Board dal 1999. Tra i compiti istituzionali ci sono quello di mantenere attiva una rete di contatti tra i ricercatori attraverso comunicazioni e newsletters e quello di organizzare, con frequenza quadriennale, una Conferenza Mondiale di Radiografia Neutronica.

Nel 2008 ENEA ha partecipato al meeting del Board tenutosi in concomitanza di una manifestazione internazionale sul tema della radiografia neutronica al quale, come consuetudine, ha partecipato la maggioranza dei membri. In questa riunione sono state adottate decisioni in merito all’organizzazione della prossima Conferenza Mondiale di Radiografia Neutronica che si terrà in Sud Africa nel 2010. Ad ENEA è stato affidato il compito di aggiornare il database delle facility di radiografia neutronica anche in considerazione dell’attività che l’Ente svolge nell’Expert Group della OECD/NEA “Research and Test Facilities Required in Nuclear Science”.

Partecipazione alle attività del “Global Nuclear Cleanout Coalition (GNCC)”

Dal 2007 ENEA ha un proprio rappresentante nel consorzio GNCC. Il consorzio, guidato dalla Edlow International Company (EIC) e dalla RWE NUKEM GmbH (NUKEM), basandosi sul successo ottenuto dall’ “US Foreign Research Reactor Spent Nuclear Fuel Acceptance Program (FRR SNF AP)”, (del quale, fra l’altro, ha beneficiato anche l’Italia nel 1999 con l’alienazione di 140 elementi di combustibile Triga esausto), si propone di ridurre o eliminare oneri finanziari e rischi potenziali nella gestione dei materiali nucleari “orfani” e combustibile esausto nell’ambito del suddetto programma statunitense (FRR SNF AP).


L’adesione al consorzio implica, fra l’altro, la partecipazione a “meeting” generalmente organizzati in concomitanza di congressi internazionali che trattano temi correlati con le problematiche trattate.

L’impianto TRIGA, oltre al combustibile esausto, custodisce materiali non irraggiati appartenenti a vecchi reattori di ricerca (Rana, Cirene etc.) e quindi sicuramente inquadrabili nell’ambito dei materiali “orfani” e per i quali è auspicabile una “sistemazione” definitiva.

Nell’ambito dei meetings vengono discusse le strategie da adottare ed ogni partecipante presenta una tabella con la situazione aggiornata delle materie nucleari presenti sul proprio impianto.

Partecipazione al “Cooperative Severe Accident Research Programme (CSARP)”

Il programma internazionale CSARP, voluto dalla US NRC, si articola su una serie di riunioni a cui partecipano i rappresentanti nazionali dei vari stati membri e in cui si discute sulle prospettive di ricerca e sui punti critici relativi all’analisi degli incidenti severi. Vengono presentate le attività svolte da ciascun membro e si indicano le vie per proseguirle o per correggere la rotta, in funzione delle specifiche necessità emerse e comunicate dai vendors,

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	19	65

dagli owners e dagli stessi laboratori di ricerca. ENEA partecipa in qualità di supporto ad ISPRA, che è il delegato nazionale, e spesso in rappresentanza delle varie organizzazioni nazionali coinvolte in queste tematiche.

Nel periodo di riferimento ENEA ha partecipato al CSARP Meeting organizzato dalla United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC) e tenutosi a Bethesda, Maryland (USA) dal 16 al 18 settembre 2008 in rappresentanza del delegato nazionale ISPRA.

Durante la riunione sono stati trattati i temi più critici e di alta priorità relativi agli incidenti severi, da portare avanti per rinforzare la cooperazione in campo internazionale.

In questa sessione, ENEA non ha presentato memorie, sebbene in passate riunioni ciò sia stato fatto e si abbia intenzione di presentare le prospettive di ricerca, analisi e valutazione nel campo degli incidenti severi, da attivare in Italia da parte di Università, Industria ed Enti di Ricerca, per i prossimi anni.

I temi principalmente trattati durante la prima sessione, relativa alle attività internazionali di ricerca, sono stati:

- Stato del programma OECD/MCCI (Molten Core Concrete Interaction);
- Modifiche ai codici e applicazioni preliminari all'EPR (European Pressurized Reactor);
- Panoramica delle attività KAERI sulla raffreddabilità del corium;
- Aggiornamento del programma QUECH;
- Programma di ricerca PEARL di IRSN sul reflooding di un nocciolo degradato;
- Esperimenti condotti nell'apparecchiatura sperimentale THAI;
- Esperimenti condotti presso FZK sul comportamento del corium fuso;
- Progetto SERENA di OECD: Panoramica e analisi delle prime attività;

I temi principalmente trattati durante la seconda sessione, relativa ai codici per gli incidenti severi, sono stati:


- Attività attuali e future con il codice MELCOR in Belgio;
- Prospettive del codice ASTEC V2 e applicazioni preliminari;
- Simulazione della prova THAI HM2 con il codice MELCOR;
- Ricerche sulla sicurezza ed applicabilità dei codici presso FZK/IRS;
- Stato di sviluppo e validazione del codice SOCRAT;
- Stato del codice MELCOR e garanzia della qualità;
- Recente attività di calcolo con il codice MELCOR su prove dell'apparecchiatura sperimentale PHEBUS;
- Validazione dei modelli del codice MELCOR sul comportamento indoor di iodio e degli aerosol prendendo a riferimento il test FPT2 di PHEBUS.

Partecipazione al “MELCOR Cooperative Assessment Program (MCAP)”.

Il programma internazionale *MCAP*, voluto dalla US NRC in collaborazione con i Sandia National Laboratories, è finalizzato allo sviluppo e validazione del codice integrale per incidenti severi MELCOR. I rappresentanti delle varie organizzazioni degli stati membri si riuniscono e discutono aspetti tecnici, calcoli, valutazioni per un progressivo superamento dei punti deboli che emergono con il progredire delle attività, al fine di validare il codice. ENEA partecipa al programma come membro a pieno titolo.

Nel periodo di riferimento ENEA ha partecipato al meeting periodico tenutosi a Bethesda, Maryland (USA) dal 18 al 19 settembre 2008 I temi principalmente trattati sono stati:

- Applicazione di MELCOR ai Design Basis Accidents per il progetto dei reattori di nuova generazione.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	20	65

- Recente simulazione del test Quench-11 con MELCOR 1.8.6 YT.
- Applicazione del MELCOR 1.8.6 sul PHWR Atucha II.
- Termine sorgente in MELCOR e revisioni al termine sorgente presso NRC.
- Uso di MELCOR nel trattamento del MSIV Leakage nelle analisi di dose dei BWR.

Partecipazione alle attività degli “Interpretation Circle” dei risultati sperimentali del programma internazionale PHEBUS-FP.

Il programma sperimentale PHEBUS-FP è un “Programma Cooperativo Internazionale di Ricerca” con l’obiettivo di rendere disponibili dati sperimentali finalizzati alla validazione di strumenti di calcolo usati per le analisi incidentali severe nei reattori nucleari. Il lavoro sperimentale, conclusosi nel 2004, è stato svolto in Cadarache (Francia). Membri sostenitori del programma sono Unione Europea, Canada, Giappone, Corea del Sud, Svizzera e Stati Uniti. Dei sei esperimenti previsti nel programma, ne sono stati effettuati soltanto cinque (FPT0-1993, FPT1-1996, FPT4-1998, FPT2-2000, FPT3-2004). Il test FPT5 è stato posticipato e dovrebbe essere il primo esperimento di un nuovo programma sperimentale (PHEBUS ST LOC). Gli esperimenti PHEBUS sono ricchi di risultati e di informazioni sul processo di degradazione del nocciolo e il rilascio e trasporto dei PF (formazione di aerosol, ritenzione, ecc.) nel combustibile, nel circuito primario e nel contenimento.


Le attività di validazione degli strumenti di calcolo sono svolte nell’ambito di tre gruppi di lavoro (*Interpretation Circle*) ciascuno dei quali copre un aspetto specifico: Bundle Interpretation Circle (BIC), Containment Chemistry Interpretation Circle (CCIC) e Circuit And Containment Interpretation Circle (CACIC). Nelle riunioni periodiche di questi gruppi di lavoro vengono trattati i principali temi di ricerca ancora considerati come “open issues” e si discute anche sulla validazione dei modelli utilizzati per il calcolo e dei tipi di codici, separando i risultati provenienti da codici a parametri concentrati da quelli di fluidodinamica. L’ENEA ha partecipato ai circoli interpretativi internazionali fin dalla loro formazione producendo proprie analisi e validazioni già a partire dal test FPT0. Fra gli argomenti affrontati nei tre gruppi di lavoro quelli su cui ENEA focalizza il proprio interesse sono la degradazione del nocciolo, il termine sorgente e l’analisi incidentale nelle varie parti dell’impianto di prova.

L’ultima riunione di questi circoli si è tenuta presso il JRC di Petten, Olanda, alla fine del mese di aprile 2009.


Durante la riunione BIC sono state presentate l’interpretazione degli esami post irraggiamento (PIE) e di degradazione per il test FPT4, la distribuzione dei prodotti di fissione (PF) nel nocciolo di FPT3, con le analisi e l’interpretazione dei risultati di scannerizzazione gamma pre e post-test e i primi risultati della modellazione di attacco d’idrogeno sullo zirconio puro.

Durante la riunione CACIC sono state illustrate le attività chimiche in colate di boro metallico. Sono stati presentati un’analisi della deposizione di aerosol nel contenitore del reattore PHEBUS durante l’esperimento FPT3 mediante l’uso del codice COCOSYS, i risultati sperimentali dei test sui ricombinatori catalitici passivi in FPT3 e una interpretazione qualitativa del comportamento degli stessi.

Durante la riunione CCIC sono stati presentati: l’interpretazione del comportamento del contenitore durante i test PHEBUS PF mediante calcoli con il codice ASTEC/CPA/IODE; lo status del programma sperimentale CHIP; lo stato dei risultati degli esperimenti EPICUR e le proposte di altri test per il 2009; i risultati dei test EPICUR sul rutenio; l’interpretazione preliminare dei test di formazione di ioduri organici nell’impianto EPICUR; il

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione FPN – P9LU - 038	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 21	di 65
--	---	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

comportamento dell'ossido di iodio negli esperimenti di grande scala THAI; L'interazione dell'acqua e dello iodio con le pitture esposte.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	22	65

5. Elenco allegati

Allegato 1: IAEA GC52


Allegato 2: REPORT ON NUCLEAR DATA ACTIVITIES IN ITALY (From MAY 2006 to APRIL 2008)

Allegato 3: Relazione riguardante la partecipazione al “Forty-First Meeting of the Technical Working Group on Fast Reactors (TWG-FR)”

Allegato 4: Country Report: Italy

Allegato 5: ENEA participation in LACANES Benchmark

Allegato 6: Nota informativa

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	23	65

Allegato 1

IAEA GC52 29 settembre – 04 ottobre Franca Padoani

Sommario

1	Introduzione.....	23
2	Lancio di WINS.....	23
3	Strategie multilaterali per garantire le forniture di combustibile nucleare	24
3.1	Stato delle proposte sulle garanzie per il combustibile nucleare	24
3.1.1	Proposta USA	24
3.1.2	Proposta Russa.....	25
3.1.3	Proposta Tedesca	25
3.2	Presentazione del rapporto <i>Internationalization of the nuclear fuel cycle: goals, strategies and challenges</i> 25	
4	<i>Global Fissile Material Report 2008 e Fissile Material Cutoff Treaty</i>	27
5	Infrastrutture per (ri)lanciare un programma nucleare.....	28
5.1	Risorse umane e <i>nuclear knowledge</i>	28
6	Forum sul Futuro Ruolo della IAEA	29


1 Introduzione

La 52ma Conferenza Generale si è svolta tra il 29 settembre e il 4 ottobre con una pausa il 1 ottobre. Almeno 130 paesi vi hanno preso parte con più di 1400 delegati. Parallelamente alla GC si sono svolti il forum scientifico *The Future Role of the IAEA*, l'*International Safety Advisory Group* (INSAG) e numerosi incontri e iniziative. Nell'ultima plenaria del 4 ottobre è stato raggiunto il consenso su tutte le risoluzioni, incluse quelle su cooperazione tecnica, safety, security, salvaguardie e applicazione delle salvaguardie in Medio Oriente.

Il sito della AIEA <http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2008/gc52ends.html> raccoglie documenti, interventi e testi delle risoluzioni finali, nonché i rapporti quotidiani. Questa breve nota si concentra sul forum scientifico e su alcune iniziative e incontri tecnici che si sono svolti a margine della Conferenza e non sono riportati nel sito AIEA.

2 Lancio di WINS

La *World Institute for Nuclear Security* (WINS) è una nuova organizzazione con base a Vienna lanciata il 29 settembre da *Nuclear Threat Initiative* (NTI), *Institute of Nuclear Materials Management* (INMM) e Dipartimento per l'Energia degli Stati Uniti con l'assistenza della AIEA. Lo scopo di WINS è di rafforzare la protezione (*security*) del materiale nucleare e altro materiale radioattivo, anche se, almeno inizialmente, l'attenzione sarà esclusivamente su plutonio e uranio altamente arricchito. L'idea alla base di WINS è di permettere ai responsabili della security di condividere esperienze e buone pratiche, come esplicitamente indicato nello statuto della *Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism*. Il presidente del NTI, Charles Curtis, ha annunciato che Roger Howsley, precedentemente al *British Nuclear Fuels*, sarà il primo direttore esecutivo di WINS e risponderà direttamente a un Consiglio dei Governatori internazionale.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	24	65

Durante il lancio di WINS l'ex-senatore Sam Nunn ha annunciato che la NTI contribuirà con 3 milioni di dollari, mentre il Segretario per l'Energia USA, Samuel Bodman, ha dichiarato un analogo contributo. L'ambasciatore norvegese Bengt Johansen ha annunciato 100000 dollari per finanziare esperti da paesi in via di sviluppo. Contributi sono attesi da altri paesi e dall'industria nucleare.

Il Direttore Generale ElBaradei ha confermato l'appoggio della AIEA a WINS, con cui dovrebbe collaborare strettamente “per attivare un regime globale di *security* nucleare fondato su norme e linee guida internazionalmente accettate”. Parlando successivamente con Anita Nilsson, responsabile della Security all'AIEA, è tuttavia chiaro che anche la AIEA non è ancora ben sicura della direzione in cui si svilupperà la collaborazione con WINS. La protezione fisica del TAPIRO potrebbe essere una occasione per verificare le potenzialità di WINS.

Il sito di WINS è: <http://www.wins.org/>

3 Strategie multilaterali per garantire le forniture di combustibile nucleare

3.1 Stato delle proposte sulle garanzie per il combustibile nucleare

Su richiesta delle Rappresentanze Permanenti di Germania, Russia e Stati Uniti, il 30 settembre si è tenuta una sessione per fare il punto sullo stato delle proposte sulle garanzie per le forniture di combustibile nucleare. L'approccio multilaterale al ciclo del combustibile nucleare e la possibilità di una riserva/banca del combustibile sotto gli auspici dell'AIEA, non è un concetto nuovo: anzi, quest'ultima era la proposta chiave di un Expert Group AIEA nel 2005. Nel settembre 2006 sono state presentate una serie di proposte.


La riunione ha fatto il punto unicamente su tre iniziative - americana, russa e tedesca - probabilmente le più significative in termini di risorse e di livello di attuazione. È interessante notare che l'unica proposta americana discussa è stata quella della banca del combustibile lanciata dalla *Nuclear Threat Initiative* (NTI), mentre non si è fatto cenno alla GNEP. Le tre proposte sono state ripetutamente definite non in conflitto tra loro ma complementari: opzioni di un menu di proposte tra cui scegliere la più attraente per uno stato. Sempre sul tema dei centri multinazionali, nel pomeriggio è stato presentato il rapporto delle Accademie delle Scienze americana e russa (vedi il resoconto).

Durante la discussione il Regno Unito ha fatto presente che esiste anche una loro proposta presentata in plenaria per un *Enrichment Bond*, cioè un accordo vincolante per garantire forniture su un certo periodo di tempo. Una riunione internazionale sulle forniture di combustibile nucleare sarà organizzata in UK prima di marzo prossimo.

La conclusione di tutti gli intervenuti è che la materia è matura per essere portata al Consiglio dei Governatori e per la AIEA di assumerne la leadership.

3.1.1 Proposta USA

La NTI, co-fondata dall'ex-senatore Sam Nunn e da Ted Turner, nel settembre 2006 ha disposto un contributo (tramite Warren Buffet) di 50 milioni di dollari a favore di una banca

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	25	65

del combustibile gestita dalla AIEA a due condizioni: la prima che vengano raccolti contributi per altri 100 milioni di dollari (o l'equivalente in uranio) entro settembre 2008; la seconda che la AIEA approvi la creazione della banca. A fine dicembre 2007 il presidente Bush ha firmato l'allocatione di 50 milioni di dollari, a febbraio 2008 la Norvegia ha annunciato altri 5 milioni di dollari e, ad agosto, gli Emirati Arabi hanno deciso di stanziare 10 milioni di dollari a supporto dell'iniziativa della NTI, raggiungendo così la quota complessiva di 115 milioni di dollari. L'ex-senatore Nunn ha riferito che Warren Buffet ha deciso di posporre a settembre 2009 il limite per la raccolta dei 35 milioni di dollari mancanti.

Il presidente francese di turno e poi la rappresentante della Commissione Europea, Annalisa Giannella hanno annunciato che in seno alla Commissione si sta valutando seriamente la possibilità di contribuire finanziariamente al progetto della banca.

Un aspetto positivo dell'iniziativa del NTI, sempre secondo Nunn, è che è già servita da catalizzatore per la creazione di una riserva di combustibile negli Stati Uniti.

3.1.2 Proposta Russa

La proposta russa prevede la creazione di una rete di centri internazionali del ciclo del combustibile. Come contributo, la Russia ha convertito l'impianto di arricchimento (*Low Enriched Uranium* - LEU) esistente ad Angarsk, l'*Electrolysis Chemical Complex*, in un *International Uranium Enrichment Centre* (IUEC). Il Kazakhstan è ufficialmente parte del IUC con una quota del 10% e presto anche l'Armenia ne farà parte con un altro 10%. A gennaio 2008 la Russia ha inviato una Nota Verbale all'AIEA per porre l'IUEC sotto salvaguardia.

Inoltre la Russia ha offerto di custodire ad Angarsk una riserva di combustibile fino a 120 tonnellate di LEU (arricchimento tra 2-4.95%) sotto forma di UF₆. Aspetti salienti dell'offerta sono: la riserva sarà a costo zero per la AIEA; se il combustibile sarà rilasciato sarà a prezzi di mercato; i criteri di rilascio saranno stabiliti da un Board; e, infine, sarà necessario l'accordo della AIEA.

3.1.3 Proposta Tedesca

La Germania ha proposto un *Multilateral Enrichment Sanctuary Project* (MESP) che prevede l'arricchimento dell'uranio sotto gli auspici AIEA da parte di società di stati (*multilateral enrichment companies*) proprietari e gestori di impianti di arricchimento (probabilmente acquistati chiavi in mano dai fornitori di tecnologia già esistenti) posti in aree amministrate dalla AIEA in un paese terzo. Questi siti avranno uno status extraterritoriale. La Germania ha recentemente definito ulteriormente la proposta nel documento INFCIRC/735 e sta lavorando alla preparazione di modelli di accordo, uno per la formazione delle società e uno per il paese ospitante (*Host State Agreement*). L'obiettivo è di preparare entro pochi mesi tutti gli strumenti necessari per mettere in pratica l'iniziativa.

L'iniziativa prevede il mantenimento di una riserva di combustibile nucleare a disposizione del Direttore Generale dell'AIEA in base a condizioni stabilite dal Board of Governors.

3.2 Presentazione del rapporto *Internationalization of the nuclear fuel cycle: goals, strategies and challenges*


Il rapporto congiunto delle Accademie delle Scienze americana (NAS) e russa (RAS) sulla “*Internationalization of the nuclear fuel cycle: goals, strategies and challenges*” è stato presentato a delegati e stampa il 30 settembre dall’accademico Nikolay Laverov (RAS) e dal prof. John Ahearne (NAS). Lo studio esamina aspetti tecnici, economici, legali e di non proliferazione connessi alle proposte presentate nel 2006 dalla AIEA e dai presidenti Putin e Bush sulla fornitura di combustibile nucleare e sulle opzioni di centri internazionali del ciclo del combustibile e ha lo scopo di individuarne gli aspetti chiave e offrire criteri di valutazione, non la valutazione stessa.

Questo lavoro è stato finanziato dalla MacArthur Foundation e Carnegie Corporation: i due co-chair hanno insistito sul fatto che non rappresenta le posizioni dei rispettivi governi e che, trattandosi di un “*consensus report*”, ne ha pregi e limitazioni. Su questa base sono state rifiutate le domande su GNEP. Tuttavia dietro l’insistenza di alcuni dei presenti, il prof Ahearne ha dichiarato che era prematuro parlarne e non era stato possibile considerare GNEP e fare confronti con i programmi russi. La motivazione è che GNEP non è ancora abbastanza ben definito e le tecnologie previste sono in alcuni casi nelle primissime fasi di sviluppo o ancora da sviluppare e che, inoltre, le proposte per i reattori veloci in USA sono decisamente ancora troppo poco avanzate.

Alle domande sul riprocessamento e la possibilità di utilizzare il plutonio per combustibili a ossidi misti (MOX), sempre il prof. Ahearne ha detto che lo studio si è occupato solo marginalmente del possibile utilizzo del plutonio e che la posizione espressa nel rapporto è che la riserva di plutonio separata è già eccessiva e non dovrebbe essere aumentata, almeno fino a che la possibilità di bruciare plutonio in reattori veloci non sia una realtà.

Tra le raccomandazioni, i due co-chair hanno enfatizzato l’importanza di creare maggiori incentivi, e hanno citato come esempio il ritorno del combustibile esaurito ai paesi fornitori. Altri punti sottolineati sono:

1. Il plutonio separato o fabbricato non deve essere spedito in paesi che non ne hanno già ricevuto in passato o che non hanno già impianti di riprocessamento e, similmente, il commercio di uranio altamente arricchito (HEU) dovrebbe essere minimizzato, a meno che non si trovi in reattori sigillati.
2. Russia e USA devono appoggiare una varietà di proposte e prevedere benefici e incentivi addizionali.
3. Un sistema globale di piccoli centri del combustibile, controllati e operati da un consorzio di stati o organizzazioni internazionali, permetterebbe di superare critiche di parzialità e ingiustizia.
4. Paesi con programmi nucleari dovrebbero incoraggiare i giovani a intraprendere studi in ingegneria nucleare e discipline affini.
5. Dovrebbe esserci maggiore enfasi da parte dei paesi fornitori ad accettare il rientro di combustibile irraggiato.
6. Evitare la fuga di informazioni e tecnologie sensibili dai centri internazionali.
7. La AIEA dovrebbe svolgere un ruolo guida.
8. Le nuove tecnologie in via di sviluppo per ridurre i rischi di proliferazione nel riprocessamento e gestione dei waste, porrebbero comunque un rischio se utilizzate in paesi che non disponevano in precedenza di tali tecnologie.
9. Attualmente il riprocessamento non è competitivo dal punto di vista economico. Perché lo sia occorrerà aspettare che si riducano le risorse di uranio e che i reattori veloci

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	27	65

siano diventati una realtà commerciale. Le riserve di plutonio separato, escludendo quello che serve a breve termine per i MOX, pone rischi alla sicurezza.

10. L'accumulo di plutonio separato dovrebbe terminare il prima possibile, anzi si dovrebbe iniziare a ridurre le riserve. Il combustibile esaurito dovrebbe essere riprocessato solo se c'è necessità di combustibile o per ragioni di sicurezza (safety).

11. Salvaguardie e tecnologie sulla sicurezza (security) di nuova generazione devono essere oggetto di uno sforzo di cooperazione internazionale. In particolare è importante l'adozione della filosofia di adottare alti livelli di sicurezza e salvaguardie fin dalle prime fasi del progetto.

12. La ricerca su cicli aperti e chiusi deve continuare, così come lo sviluppo di metodi per valutare le tecnologie, possibilmente prima di procedere a impianti pilota.

Il rapporto è disponibile su internet al sito <http://www.nap.edu>.

4 *Global Fissile Material Report 2008 e Fissile Material Cutoff Treaty*


Il Panel internazionale sui materiali fissili (IPMF), invitato dalla Rappresentanza tedesca, ha presentato il 1 ottobre il rapporto del 2008 che verte sulla verificabilità del FMCT. Lo scopo del IPMF, creato nel 2006, è di analizzare le basi tecniche per rendere sicuri e ridurre gli inventari di plutonio e uranio altamente arricchito. Esperti di varie nazioni fanno parte del gruppo che è presieduto dal Dr. R. Rajaraman dell'Università indiana Jawaharlal Nerhu e dal Prof. F. von Hippel della Princeton University, che fornisce il supporto amministrativo e alla ricerca.

La conclusione del IPMF sulla possibilità di verificare il FMCT è che non esistono problemi tecnici insormontabili e non è quindi giustificato addossare a motivi tecnici lo stallo nel negoziato: quel che rimane irrisolto è il problema politico.

Secondo il rapporto del IPMF, non sarebbe necessaria una nuova organizzazione in quanto la AIEA, con le dovute risorse, potrebbe allargare il suo mandato anche a questo tipo di verifiche. I metodi di verifica utilizzabili sarebbero in parte quelli già utilizzati o in via di sviluppo per le salvaguardie, altri deriverebbero dall'esperienza della CWC e del CTBT. Per gli impianti esistenti, nel caso dell'arricchimento non sarebbe difficile riconoscere la produzione di HEU se nell'impianto non ne è mai stato prodotto prima; anche in quest'ultimo caso non sarebbe un problema insormontabile grazie a misure di isotopi che permettono la datazione dell'HEU. Per impianti di riprocessamento esistenti, la verifica che non si produce materiale non dichiarato sarebbe molto più complessa. Tuttavia il Panel considera che usando più metodi di verifica si potrebbe raggiungere un risultato accettabile. I costi di un sistema di verifica sarebbe inferiore all'attuale budget AIEA per le salvaguardie e col tempo diminuirebbe per via della chiusura di impianti di produzione militare, i più complessi e costosi da verificare.

All'incontro era presente anche il vice direttore della Commissione Iraniana per l'Energia Nucleare.

Il rapporto è disponibile dal 15 ottobre nel sito <http://www.ipfmlibrary.org/gfmr08.pdf>

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	28	65

5 Infrastrutture per (ri)lanciare un programma nucleare

La AIEA ha fatto una serie di presentazioni (R.I Facer, T. Mazour, Y.Yanev e R. Hahn-Weinert) sulle infrastrutture da considerare in previsione del lancio (o rilancio) di un programma nucleare. L’Agenzia prevede che nel 2030 saranno installati impianti nucleari per min 473 GWe (+5 paesi) – max 748 GWe (+20 paesi) contro gli attuali 370 GWe (in 30 paesi).

Con infrastrutture, la AIEA intende vari componenti: infrastrutture industriali, quadro legislativo e normativo, misure istituzionali per garantire la sicurezza (safety e security), risorse umane e finanziarie. All’AIEA hanno sviluppato il concetto di NEPIO, un gruppo multidisciplinare (governo, industrie, enti regolatori, fornitori di elettricità, università, istituti di ricerca nucleare) che dovrebbe individuare tutte le infrastrutture necessarie a quel paese e valutare ciò che manca, per poter pianificare gli interventi.

Nel sito <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/ninfrastructure.asp> si possono trovare le pubblicazione AIEA sulle infrastrutture, incluso il documento che è stato alla base dell’iniziativa giapponese al G8 sulle 3S “*Milestones in the development of a national infrastructure for nuclear power*”.


La AIEA ha creato nel 2006 un *Nuclear Power Support Group* (NPSG) per agevolare il coordinamento interno e migliorare la propria risposta alle richieste di assistenza degli stati membri per la nascita o l’espansione di programmi nucleari.

5.1 Risorse umane e nuclear knowledge

Lo sviluppo delle risorse umane è uno degli elementi chiave sia in caso di (ri)lancio di un nuovo programma nucleare sia per paesi con programmi consolidati da anni. In seguito alla richiesta di assistenza da parte di alcuni stati per sviluppare il range di competenze necessario (dagli operai specializzati, ai regolatori, ai gestori di impianti), la AIEA pubblicherà a marzo 2009 il documento “*Workforce Planning for new Nuclear power programmes*”. Inoltre ha formato il “*Educational and Training Support Group* (ETSG)” il cui mandato è, in maniera analoga al NPSG, di coordinare internamente le attività di formazione e training fornite dalla AIEA. Alcune conclusioni del ETSG sono: corsi con contenuti standardizzati e armonizzati, un centro di documentazione con materiale e informazioni, e-learning ed infine centri regionali di formazione/training.

Yanko Yanev, responsabile dell’Unità *Nuclear Knowledge Management* (NKM), ha ricordato che per mantenere ed utilizzare la conoscenza a scopi istituzionali occorre saperla gestire in modo efficiente ed efficace: analizzare i bisogni, promuovere la conoscenza, e fornire gli strumenti per mantenerla. La AIEA sostiene diversi progetti e azioni in questo settore, come l’ *Asian Network for Education in Nuclear Technology* (ANENT), la *World Nuclear University* (WNU), visite per valutare il rischio derivante dalla perdita di conoscenza e il *Fast Reactors Knowledge Organization System* (FR KOS).

INIS, l’*International Nuclear Information System*, conta tra i suoi membri 119 stati e 23 organizzazioni e dispone di un database bibliografico dal 1944 ad oggi con 2.9 milioni di riferimenti e *abstracts* su tutti i campi di interesse AIEA (disponibile su internet e CD-ROM),

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	29	65

700000 documenti, di cui alcuni introvabili altrove, e un tesoro tecnico multilingue (6 ufficiali, più il tedesco).

La AIEA fornisce training anche per lo sviluppo di risorse umane nel campo della security, in risposta alla necessità di fornire assistenza agli stati membri nell’attuazione nazionale di strumenti internazionali, quali la Convenzione sulla Protezione Fisica di Materiale Nucleare, la Convenzione sulla Soppressione di Atti di Terrorismo Nucleare e il Codice di Condotta per la Sicurezza delle Sorgenti Radioattive. Il programma di training messo a punto dalla AIEA copre prevenzione, rilevamento e risposta e si rivolge alle diverse organizzazioni responsabili di questi aspetti.


6 Forum sul Futuro Ruolo della IAEA

Il tema dell’undicesimo Forum Scientifico, svoltosi il 30 e 31 settembre sotto la presidenza di Mr. Ruud Lubbers, era di portare un contributo alla discussione del futuro ruolo dell’AIEA iniziata da ElBaradei con il rapporto “*20/20 Vision for the future*” e recentemente continuata con il rapporto “*Reinforcing the Global Nuclear Order for Peace and Prosperity*” della Commissione di Persone Eminent (per l’Italia, Lamberto Dini). I partecipanti registrati erano 280, con 21 presentazioni sul ruolo dell’AIEA rispetto all’energia nucleare, le necessità dello sviluppo, sicurezza (safety e security) e infine salvaguardie e verifiche.

Le conclusioni del Forum è che il ruolo dell’AIEA è duplice: sviluppo e sicurezza. Per quest’ultimo punto, il Forum ha enfatizzato la necessità di un approccio stringente a safety e security che garantisca la loro armonizzazione: armonizzazione necessaria per raggiungere lo scopo ultimo di proteggere popolazione e ambiente. I cinque messaggi salienti del Forum sono che la AIEA dovrebbe:

- operare entro un quadro strategico, con una visione condivisa che dia forma e direzione alle attività dell’Agenzia, cui devono essere associate capacità e risorse adeguate;
- fornire maggiore assistenza tecnica agli stati a livello individuale;
- lavorare verso una maggiore accettabilità, accessibilità e affidabilità nello sviluppo di tecnologie nucleari;
- assicurare che tutti gli impianti nucleari esistenti e pianificati rispettino i requisiti di salvaguardia, safety e security (3S);
- essere IL luogo dove le visioni tecniche sono discusse e armonizzate con la visione di un futuro nucleare.

Il rapporto completo e tutte le presentazioni del Forum si trovano nel sito dell’AIEA:
<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/Announcements.asp?ConfID=168>

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	30	65

Allegato 2

REPORT ON NUCLEAR DATA ACTIVITIES IN ITALY (From MAY 2006 to APRIL 2008)

Alberto Ventura
Ente Nuove Tecnologie, Energia e Ambiente
Via Martiri di Monte Sole 4, I-40129 Bologna
ITALY

1. Introduction

In Italy, experiments of interest to basic and applied nuclear physics are usually performed by the National Institute for Nuclear Physics (INFN), in collaboration with the physics departments of various universities, in particular Padua, Milan, Florence and Catania.

Theoretical work is done by INFN, by universities and, to a smaller extent, also by the National Agency for New Technologies, Energy and The Environment (ENEA). Traditionally, ENEA takes care also of data evaluation and processing, as well as of the collaboration with the Data Bank of the OECD Nuclear Energy Agency (NEA) and with the Nuclear Data Section of the International Atomic Energy Agency (IAEA).


2. Nuclear Structure and Decay Data (Theory and Experiments)

Nuclear structure measurements in Italy are carried out mainly at the National Laboratories of Legnaro (LNL), near Padua, operated by INFN, within the framework of national and international collaborations, and are almost exclusively directed towards targets of basic research. Owing to the limited extension of the present report, only a partial list of results will be given.

Spectroscopy of neutron-rich nuclei is studied mainly at the CLARA-PRISMA setup [1], consisting of the array of EUROBALL Clover detectors CLARA, coupled to the large acceptance magnetic spectrometer PRISMA, working at Legnaro since spring 2004; the nuclei under investigation are produced in multi-nucleon transfer reactions and deep inelastic collisions with stable nuclei, delivered by the XTU tandem and the ALPI linac.

Examples of CLARA-PRISMA measurements are the studies of excited states of the neutron-rich nucleus ^{36}Si [2], the positive-parity yrast states of ^{89}Rb and $^{92-93}\text{Y}$ [3], the low-lying states of $^{61-66}\text{Fe}$ [4], the low-lying yrast states of ^{51}Ca and ^{52}Sc [5].

Several measurements of γ -ray transitions between high-spin states of various nuclei were carried out either at Legnaro by means of the 4π GASP array or at the IReS-Strasbourg Laboratory by means of the EUROBALL IV spectrometer: these experiments include the first determination of excited states up to $J^\pi = 6^+$ of the neutron-poor nucleus ^{54}Ni [6], lifetimes of excited states in the $K^\pi = 0^-$ band of ^{46}V [7], electromagnetic decay properties of high-spin states of ^{52}Mn [8], lifetimes of excited states of ^{156}Dy [9] in comparison with the predictions of the X(5) critical point symmetry proposed by Iachello, normal and superdeformed high-spin states of

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	31	65

^{161}Lu [10], lifetimes of quadrupole bands in ^{142}Gd [11], yrast states in $^{188,190}\text{Os}$ [12], lifetimes of excited states in ^{134}Pr [13] in connection with the dynamic nature of chiral doublets in the spectrum, high-spin states, up to $J = 60$, in ^{126}Xe [14], superdeformed bands in $^{151,152}\text{Tb}$ [15].

Among the experimental works involving other Italian institutes, it is worthwhile to mention the measurement of electromagnetic transition strengths in ^{128}Ce [16], providing evidence for an X(5) critical point symmetry in the $A = 130$ mass region.

Among the theoretical papers published in the period of reference, it is worthwhile to quote the first interacting boson-fermion-fermion description of β^+ decay of an even-even nucleus (^{124}Ba) to an odd-odd nucleus (^{124}Cs) [17], the shell-model calculations of excited states in the odd-odd nucleus ^{210}Bi [18], the structure of normal and superdeformed bands in $^{190,192,194}\text{Hg}$ [19] calculated in a self-consistent cranked Nilsson plus quasiparticle random-phase approximation, the application of an extended X(5) critical symmetry model including octupole deformation to the spectra of the transitional nuclei $^{224,226}\text{Ra}$ and ^{224}Th [20].


3. Nuclear Reaction Data (Theory and Experiments)

Owing to the absence of working nuclear power plants in Italy, measurements of neutron cross sections and related quantities receive a very modest fraction of the funds dedicated by INFN to nuclear physics experiments. Neutron data measurements are basically orientated towards capture cross sections of astrophysical interest and capture and fission cross sections of interest to the design of accelerator driven sub-critical reactors. Both applications are pursued by the international n_TOF (neutron time-of-flight) collaboration [21] coordinated by CERN, Geneva, which absorbs the major part of neutron data activities in Italy. Italian institutes participating in the n_TOF collaboration are the INFN Sections of Bari, Bologna, Trieste and Turin, the INFN National Laboratories of Legnaro, the ENEA Research Centre of Bologna and the physics departments of the Universities of Bologna, Pavia and Turin.

The (n,γ) cross sections published in the period of reference are for the target nuclei ^{232}Th [22] in the unresolved resonance region (URR) up to 1 MeV, ^{209}Bi [23] in the resolved resonance region (RRR), ^{207}Pb [24] (RRR), ^{204}Pb [25] (RRR + UNR, up to 440 KeV), ^{139}La [26] (RRR), ^{206}Pb [27] (RRR) and ^{90}Zr [28] (RRR).

High-resolution (p,t) reactions are exploited by a group of the Milan University in collaboration with the Maier-Leibnitz Laboratory in Munich for the study of low-spin states in nuclei: it is worthwhile to mention the spectroscopy of ^{110}Sn [29] via the $^{112}\text{Sn}(p,t)^{110}\text{Sn}$ reaction at $E_p = 26$ MeV, in comparison with shell-model calculations carried out at the Naples University and the spectroscopy of ^{119}Sb [30] via $^{121}\text{Sb}(p,t)^{119}\text{Sb}$ at $E_p = 21$ MeV in comparison with quasiparticle-phonon model calculations.

Among the theoretical works on low-energy nuclear reactions, the multichannel algebraic scattering method developed by a group of the Padua University in the frame of an international collaboration has been applied to nucleon reactions with ^6He and ^6Be , producing the $A = 7$ isobars ^7He , ^7Li , ^7Be and ^7B [31], of which ^7He and ^7B are particle unstable. Bound and resonant spectra of the four nuclides have been determined in the frame of the model and successfully compared with available experimental data.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	32	65

Low-energy charged-particle reactions are used for producing radionuclides for medical applications, such as metabolic radiotherapy and positron emission tomography, by researchers of the INFN Section of Milan and of the Ispra Joint Research Centre [32]: among their recent works, one may quote a theoretical study of production of the α emitter ^{230}U [33] by proton induced reactions on various **Th** isotopes and a study of cyclotron production of $^{186\text{g}}\text{Re}$ [34] for metabolic radiotherapy.

Another important medical application of proton induced reactions is the treatment of ocular tumors at the CATANA facility, exploiting the 62 MeV proton beam delivered by the superconducting cyclotron installed at the INFN Laboratori Nazionali del Sud, Catania. A recent study of the Catania group is the design of a compact superconducting cyclotron, able to accelerate protons and light ions, such as $^{12}\text{C}^{6+}$, $^{10}\text{B}^{5+}$ and $^6\text{Li}^{3+}$ up to 250 A MeV for therapy and radioisotope production [35].

4. Nuclear Data Processing and Validation

Nuclear data processing for fission reactor applications is traditionally carried out at the ENEA Research of Bologna. After completion and testing of two multi-group coupled neutron and photon cross section libraries based on the JEFF-3.1 evaluated data library and processed in AMPX and MATXS format, and called VITJEFF31.BOLIB and MATJEFF31.BOLIB, respectively, [36], the production of two analogous libraries based on the ENDF/B-VII.0 evaluated data, VITENDF70.BOLIB and MATENDF70.BOLIB, is in progress.

Nuclear data processing and validation for fusion applications are traditionally carried out at the ENEA Research Centre of Frascati, also within the framework of the European Fusion File (EFF) project [37] coordinated by the OECD-NEA Data Bank. The present activity is mainly orientated towards the neutronic design of various components of the ITER fusion reactor [38].


5. Nuclear Data Needs in Italy

Neutron data needs in the near future are mainly connected with controlled fusion devices (cross sections up to 50 MeV) and astrophysics (capture cross sections in the resolved and unresolved resonance regions).


Charged-particle data are needed in medical applications, with particular reference to low-energy proton, deuteron and alpha cross sections for production of radionuclides and intermediate energy proton and heavy ion cross sections for hadron therapy of tumors. High-energy data are relevant to space research applications [39], in particular human exposure to space radiation [40].

6. References

- [1] A. Gadea *et al.*, Acta Phys. Pol. B **38**, 1311 (2007).
- [2] X. Liang *et al.*, Phys. Rev. C **74**, 014311 (2006).
- [3] D. Bucurescu *et al.*, Phys. Rev. C **76**, 064301 (2007).
- [4] S. Lunardi *et al.*, Phys. Rev. C **76**, 034303 (2007).
- [5] B. Fornal *et al.*, Phys. Rev. C **77**, 014304 (2008).

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	33	65

- [6] A. Gadea *et al.*, Phys. Rev. Lett. **97**, 152501 (2006).
- [7] K. Jessen *et al.*, Phys. Rev. C **74**, 021304 (2007).
- [8] M. Axiotis *et al.*, Phys. Rev. C **76**, 014303 (2007).
- [9] O. Moeller *et al.*, Phys. Rev. C **74**, 024313 (2006).
- [10] P. Bringel *et al.*, Phys. Rev. C **73**, 054314 (2006).
- [11] E. O. Lieder *et al.*, Eur. Phys. J. A **35**, 135 (2008).
- [12] S. Mohammadi *et al.*, Int. J. Mod. Phys. E **15**, 1797 (2006).
- [13] D. Tonev *et al.*, Phys. Rev. C **76**, 044313 (2007).
- [14] C. R. Hansen *et al.*, Phys. Rev. C **76**, 034311 (2007).
- [15] J. Robin *et al.*, Phys. Rev. C **77**, 014308 (2008).
- [16] D. L. Balabanski *et al.*, Int. J. Mod. Phys. E **15**, 1735 (2006).
- [17] S. Brant, N. Yoshida, L. Zuffi, Phys. Rev. C **74**, 024303 (2006).
- [18] L. Coraggio *et al.*, Phys. Rev. C **76**, 061303 (2007).
- [19] J. Kvasil *et al.*, Phys. Rev. C **75**, 034306 (2007).
- [20] P. G. Bizzeti and A. M. Bizzeti-Sona, Phys. Rev. C **77**, 024320 (2007).
- [21] F. Gunsing *et al.*, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B **261**, 925 (2007).
- [22] G. Aerts *et al.*, Phys. Rev. C **73**, 054610 (2006).
- [23] C. Domingo-Pardo *et al.*, Phys. Rev. C **74**, 025807 (2006).
- [24] C. Domingo-Pardo *et al.*, Phys. Rev. C **74**, 055802 (2006).
- [25] C. Domingo-Pardo *et al.*, Phys. Rev. C **75**, 015806 (2007).
- [26] R. Terlizzi *et al.*, Phys. Rev. C **75**, 035807 (2007).
- [27] C. Domingo-Pardo *et al.*, Phys. Rev. C **76**, 045805 (2007).
- [28] G. Tagliente *et al.*, Phys. Rev. C **77**, 035802 (2008).
- [29] P. Guazzoni *et al.*, Phys. Rev. C **74**, 054605 (2006).
- [30] P. Guazzoni *et al.*, J. Phys. G **34**, 2665 (2007).
- [31] L. Canton *et al.*, Phys. Rev. C **74**, 064605 (2006).
- [32] F. Groppi *et al.*, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **562**, 1072 (2006).
- [33] Z. B. Alfassi *et al.*, J. Radioanal. Nucl. Chem. **270**, 483 (2006).
- [34] M. Bonardi *et al.*, Eur. J. Nucl. Med. Mol. Im. **34**, S210 (2007).
- [35] L. Calabretta *et al.*, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **562**, 1009 (2006).
- [36] M. Pescarini, V. Sinitsa and R. Orsi, contribution to the Int. Conf. On Nuclear Data for Science and Technology, Nice, 22-25 April 2007 (in press); ENEA report FPN-P9H6-007 (2007).
- [37] H. Henriksson *et al.*, Fus. Eng. Des. **82**, 2430 (2007).
- [38] L. Petrizzi *et al.*, Fus. Eng. Des. **82**, 1308 (2007).
- [39] F. Ballarini *et al.*, Adv. Space Res. **40**, 1339 (2007).
- [40] S. Trovati *et al.*, Rad. Prot. Dos. **122**, 362 (2006).

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	34	65

Allegato 3

Relazione riguardante la partecipazione al

Forty-First Meeting of the Technical Working Group on Fast Reactors (TWG-FR) IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 26 – 29 May 2008

*A cura di Stefano Monti – Dipartimento FPN dell'ENEA, rappresentante italiano nel
TWG-FR*

Dal 26 al 29 maggio u.s. si è tenuta a Vienna presso la sede dell'*International Atomic Energy Agency* (IAEA) l'annuale riunione del *Technical Working Group on Fast Reactors (FR) and Accelerator Driven Systems (ADS)*. Dopo anni di partecipazione ridotta ai lavori di questo TWG, quest'anno si è potuto notare un deciso allargamento del gruppo, indice del rinnovato interesse internazionale per i sistemi nucleari a spettro neutronico veloce. Hanno infatti partecipato al meeting rappresentanti di:

Bielorussia
Belgio
Cina
Corea (2)
Francia
Germania
Giappone (2)
India (3)
Italia
Kazakistan
Russia
Stati Uniti
Svizzera

Non hanno potuto partecipare i rappresentanti della Gran Bretagna, dell'OECD-NEA, e della Commissione Europea perché impegnati altrove.


Era anche presente il rappresentante dell'ISTC W. Gudowski, oltre ovviamente al segretario dell'IAEA TWG-FR Alex Stanculescu che ha coordinato i lavori.

In allegato A è riportata l'agenda dei lavori.

Il benvenuto è stato dato dal Capo della Divisione della IAEA a cui afferisce questo TWG-FR. Egli ha fatto presente che c'è stata una raccomandazione da parte di advisor esterni di integrare le attività di questo TWG con quelle di INPRO.

Chairman del TWG è stato nominato Mr. J. Rouault del CEA, direttore del programma sul *Sodium Fast Reactor* (SFR) al CEA. D'ora innanzi, il *chairman* agirà anche da *focal point* del TWG-FR nei confronti del management della IAEA.

Come di consueto, i rappresentanti dei vari paesi hanno presentato brevemente lo stato delle attività nazionali sui sistemi nucleari a spettro neutronico veloce (critici e sottocritici) e, in

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	35	65

alcuni casi, le novità in campo nucleare dell'ultimo anno nel loro Paese. Di seguito si riportano in sintesi i punti salienti delle varie presentazioni.

Rapporto del Belgio

SCK.CEN è impegnata a rimpiazzare a Mol il loro *Material Test Reactor* BR2 con una *Fast Spectrum Experimental Facility - FSEF* (che in ambito europeo viene denominata XT-ADS) di valenza europea da mettere in funzione entro il 2020 e complementare allo *Jules Horowitz Reactor* a spettro termico in via di realizzazione presso il centro CEA di Cadarache

Non è stato ancora deciso se sarà una facility critica o sottocritica (la decisione verrà assunta a valle dei lavori del *Central Design Team* europeo, v. oltre), ma è certo che sarà un sistema nucleare a spettro neutronico veloce raffreddato a metallo liquido pesante (probabilmente eutettico piombo-bismuto), quindi anche un *test bed* per il *Lead Fast Reactor* (LFR) di IV generazione, nonché una *facility* per produzione isotopi. Infine costituirà un polo di attrazione per giovani scienziati e ingegneri da tutte le parti del mondo (Europa in particolare; questo è ovviamente una cosa anche di interesse italiano, in vista della ricostituzione delle competenze nucleari prevista dall'attuale governo, ndr.).

Il concetto di riferimento è quello dello XT-ADS da 70 MW sviluppato in Europa nell'ambito del progetto EUROTRANS sulla trasmutazione in *Accelerator Driven System* (ADS), a cui partecipano anche ENEA, Ansaldo Nucleare e CIRTEN.

Il nuovo governo belga si è già dichiarato molto favorevole alla realizzazione di questo impianto a Mol ma, prima di procedere con la decisione definitiva, vuol conoscere il costo complessivo dell'impresa. Una delle azioni previste in EUROTRANS è appunto quella di valutare il costo di XT-ADS. SCK.CEN ha comunque chiesto al governo belga di supportare l'impresa con un terzo del budget totale. Il resto del finanziamento dovrebbe venire da partenariato internazionale ed Euratom.


L'altra grande iniziativa di SCK.CEN nel campo dei sistemi veloci è l'effettuazione dell'esperimento GUINEVERE – *Generator of Uninterrupted Intense Neutrons at the lead VEnus REactor* nella facility VENUS, anch'essa a Mol. Si tratta dell'esperimento di accoppiamento fra un acceleratore e un sistema sottocritico, che rimpiazza, sempre nell'ambito di EUROTRANS, il progetto italiano TRADE (TRiga Accelerator Driven System) cancellato da ENEA a fine 2005 per mancanza di fondi.

Il prossimo passo verso la realizzazione di XT-ADS a Mol è rappresentato dall'avvio del progetto di costituzione di un *Central Design Team* europeo presso SCK.CEN che dovrà sviluppare il progetto definitivo della FSEF. Il progetto è stato sottoposto in aprile alla Commissione Europea nell'ambito del FP7 ed è già in fase di negoziazione. La proposta prevede un budget di 6 M€ con supporto europeo di 3 M€. Per l'Italia partecipano al progetto ENEA, Ansaldo Nucleare e Del Fungo Giera Energia.

Rapporto della Biellorussia

L'impegno maggiore è ancora sull'esperimento YALINA portato avanti dall'istituto di ricerca JIPNR-SOSNY con il supporto della Commissione Europea attraverso il progetto europeo EUROTRANS. Si tratta di una *facility* a potenza zero di tipo ADS che servirà soprattutto per attività di *benchmarking* per qualifica di codici di calcolo neutronico per ADS.

Rapporto della Cina (CIAE)

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	36	65

Sono state fornite informazioni riguardo il recente grave terremoto. Al momento si registrano 63000 morti e 23000 dispersi (dato alla data del meeting, ndr).

Il rappresentante cinese ha ringraziato ufficialmente i rappresentanti dei paesi presenti al meeting per l'aiuto fornito in questa occasione.

L'obiettivo della Cina è di diventare una *middle-level advanced developed country* entro il 2050. La richiesta di energia nucleare sta pertanto crescendo molto velocemente anche per le preoccupazioni su inquinamento e prezzo dei combustibili fossili.

Nel 2050 avranno 250 GWe di nucleare, equivalente a più del 10% del totale della potenza che si pensa sarà installata in Cina a quell'epoca. Di questi 250 GWe, più del 50% saranno reattori veloci.

La roadmap delle realizzazioni di impianti nucleari prevede in successione la realizzazione di: PWR, FR, impianti a fusione, con commercializzazione dei primi FR fra il 2025 e il 2035. Per la fusione si dovrà andare oltre il 2050.

Ci sono attualmente in Cina 8 reattori nucleari LWR in costruzione. Molti altri sono "sotto considerazione".

La Cina ha aderito a quasi tutte le iniziative internazionali sul nucleare innovativo quali: INPRO, GIF, GNEP; hanno anche attivato un certo numero di cooperazioni bilaterali con Russia, Francia, Giappone e Repubblica di Corea.

Per quanto riguarda i reattori veloci, è in costruzione il reattore CEFR raffreddato a sodio (budget 325 milioni di dollari), la cui prima pietra è stata posata il 30.5.2005 a fronte di una decisione assunta dal Governo nel lontano 1995. Si tratta di un reattore a pool da 65 MWth e 20 MW elettrici raffreddato a sodio con circuito intermedio anch'esso a sodio. In questo periodo stanno installando il tappo della tanca reattore. Hanno anche già trasportato tutto il sodio necessario nell'impianto.

La prima criticità è prevista nel 2009 e la connessione alla rete a metà del 2010.

Hanno anche alcuni circuiti a sodio (in parte acquistati dall'ENEA, ndr) per test di vario genere (interazione sodio-acqua, aerosol, ecc.).

In generale la roadmap cinese per l'utilizzo dei FR prevede:

- 2010 CEFR in operazione;
- DEMO da 800-900 MWe che dovrebbe andare in funzione nel 2017 (hanno già selezionato il sito);
- Impianto commerciale da più di 1000 MWe, dopo il 2020.

Sono anche interessati allo sviluppo degli ADS. Funzionalmente allo sviluppo degli ADS, hanno realizzato un *test bed* per RFQ e stanno effettuando la progettazione preliminare di una facility sottocritica denominata VENUS.

Infine, stanno realizzando uno *spent fuel reprocessing laboratory*.

Rapporto della Francia

In Francia ci sono attualmente 58 reattori in operazione per 63,184 GWe fra cui il reattore veloce Phenix che verrà fermato in giugno 2009 dopo alcune prove a fine vita.

Nel 2005 il governo ha emesso il *French Energy Policy Act* che ha stabilito di realizzare un reattore GENIII entro il 2012. Fra ottobre 2005 e Febbraio 2006 si è tenuto un dibattito pubblico per la costruzione del primo EPR francese a Flamanville. In aprile 2007 è stata

assunta la decisione definitiva per questa prima unità e in dicembre 2007 è stata posata la prima pietra.

Entro il 2020 per legge il sistema nucleare francese si deve esprimere riguardo il Partitioning & Transmutation sia con reattori veloci sia con ADS.

L'autorizzazione per il deposito geologico è prevista nel 2015 e l'inizio della sua operazione nel 2025.

Inoltre verrà realizzata un nuovo *interim storage* dei waste radioattivi nel 2015.

Nel 2014 entrerà in funzione il *Material Test Reactor Jules Horowitz Reactor* a Cadarache (v. anche sopra), attualmente in fase di costruzione.

Per i reattori veloci sono state selezionate due tecnologie di IV generazione:

- Sodium Fast Reactor (SFR)
- Gas Fast Reactor (GFR)

Ad essi sono associati nuovi processi di separazione e riciclo del combustibile.

Sono anche impegnati sullo sviluppo del Very High Temperature Reactor (VHTR) per la produzione di idrogeno.

Fa parte del pacchetto nucleare anche l'innovazione nei LWR.

Per quanto riguarda il SFR, nel 2009 devono consolidare gli orientamenti mentre entro il 2012 devono prendere decisioni per la configurazione di riferimento e selezionare in via definitiva l'alternativa al SFR. In quello stesso anno lanceranno il progetto del prototipo di SFR. Il prototipo di SFR sarà di potenza fra 250 e 600 MWe e fattore di conversione circa 1, multi riciclo di U-Pu con gestione degli attinidi minori. Il prototipo dovrà anche dimostrare in maniera convincente i miglioramenti proposti per superare i problemi degli SFR del passato. Verrà in parte finanziato dal governo e in parte da AREVA e da EdF.

Esistono complementarità fra prototipo SFR di Francia, Giappone e USA. Per tale motivo, CEA, DoE e JAEA hanno firmato un accordo a fine 2007 dove hanno individuato 7 temi comuni di R&S e hanno dichiarato che intendono armonizzare il loro sforzo in vista della realizzazione del proprio prototipo, sebbene non vi siano possibilità di avere un unico prototipo.

Nel frattempo per il SFR è stato costituito in Francia un consorzio fra EdF, AREVA e CEA. Essi devono proporre un percorso dal prototipo al reattore commerciale.

I goals generali del progetto sono:

- Aumento della sicurezza
- Resistenza a incidenti severi e aggressioni esterne
- Ottimizzazione del sistema di conversione di energia per minimizzare il rischio sodio
- Rivisitazione del progetto di impianto per una migliore operabilità.

Sono anche interessati allo sviluppo di combustibili innovativi quali (U,Pu)C e (U,Pu)N.


Dal punto di vista tecnico, hanno sviluppato un'opzione di SFR senza circuito intermedio e con secondario ad azoto. Una soluzione potrebbe essere anche introdurre nano-particelle nel sodio per ridurne la reattività chimica.

Per studiare gli incidenti severi devono sviluppare l'interfaccia fra i codici SAS-4A e SIMMER così come quello fra i codici CATHARE e SIMMER.

Per quanto riguarda il GFR è previsto un dimostrativo oltre il 2025. Esiste per il GFR un pre-feasibility report sul concetto di riferimento.

AREVA ha assunto una quantità enorme di giovani ingegneri nucleari; in Francia stanno creando una nuova scuola per ingegneria nucleare, master nucleari, ecc.

Rapporto della Germania

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	38	65

Nel 2020 avranno un gap di 40 GWe rispetto alla potenza installata necessaria; non sanno come affrontare la questione perché c'è opposizione politica sia al nucleare sia al carbone, senza poi contare il problema di rispettare il protocollo di Kyoto.

Hanno comunque ancora 17 reattori in operazione e il nucleare copre il 22% della produzione elettrica.

Il nucleare fa risparmiare una quantità di emissione di CO₂ pari a quella emessa dal settore trasporti quindi non si capisce come si potrà rimpiazzarla con altre fonti.

Le rinnovabili sono largamente sostenute dalle tasse dei cittadini tedeschi. Attualmente il totale delle rinnovabili fornisce 87 TWh/anno contro i 145 prodotti dal nucleare.

Comunque sia, formalmente la Germania è ancora in *phasing out* dal nucleare.

Hanno però creato una alleanza nel sud-ovest del Paese, denominata KIT, che è l'unione del centro (anche nucleare) FzK di Karlsruhe con varie università, fra cui quella di Karlsruhe stessa; ciò al fine di contribuire a rinnovare le competenze sul nucleare. A partire dall'inverno 2008 offriranno un corso di laurea e un master in ingegneria nucleare.

Le utilities tedesche continuano a sostenere l'importanza di avere il nucleare nel mix energetico del Paese.

L'opinione pubblica è in favore dell'estensione della vita degli attuali impianti nucleari.

Si ha la sensazione che il nucleare ritornerà presto nell'agenda del governo.

Non possono interessarsi di GENIV utilizzando finanziamenti pubblici ma lo possono fare con l'aiuto di contratti esterni (ad es. da Euratom).

Parteciperanno al CRP IAEA sulle prove a fine vita nel reattore francese PHENIX.

Rapporto dell'India

L'aumento annuale del PIL indiano è attualmente dell'8,4%.

In India la potenza installata è di 92 GWe, di cui 4,1 nucleari.

Si pensa di raddoppiare a breve sia la capacità nucleare che quella delle rinnovabili.

Vi sono 6 reattori in costruzione, compreso il FR denominato PFBR da 500 MWe, per una potenza totale di oltre 3 GWe.

Hanno pianificato 250 GWe di FR a combustibile metallico entro il 2052.

Hanno un FR da 40 MWth (13,5 MWe) in operazione che viene utilizzato per effettuare vari test.

Per quanto riguarda lo stato di avanzamento del PFBR, hanno completato la costruzione del vessel del reattore che è ora pronto a ricevere il vessel di sicurezza. E' stata portata nel sito anche la griglia di supporto del nocciolo.


Per quanto riguarda le innovazioni riguardanti il PFBR si registra:

- lo sviluppo di supporti di grandi dimensioni
- lo sviluppo di un sistema 3-D per la visualizzazione dei movimenti del top shield della tanca di cui hanno anche un modello a piena scala. Hanno anche fatto un mock-up del top shield per validarne il progetto termico
- la validazione di un sistema per rivelare il combustibile fessurato. Il sistema DND adottato è in grado di identificare la zona dove si è verificata la fessurazione.

Terminata la costruzione del PFBR, si prevede di costruire altre 4 unità da 500 MWe entro il 2020.

Successivamente è prevista la realizzazione di un FR da 1000 MWe a combustibile metallico.

L'India ha anche un programma per lo sviluppo degli ADS. In particolare intendono costruire un loop a Pb-Bi per studi di compatibilità dei materiali. Per quanto riguarda l'acceleratore, in

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	39	65

India hanno solo acceleratori di elettroni ma c'è un ciclotrone in costruzione. Stanno anche sviluppando un LINAC a Bombay, dove stanno realizzando un centro di fisica di alte energie. Sono in corso gli usuali studi di performance per il progetto del nocciolo sottocritico. La cosa peculiare è l'uso di sali di torio o sali di uranio naturale come combustibile dell'ADS.

Rapporto dell'Italia, presentato dallo scrivente

Rapporto del Giappone

Il progetto giapponese per lo sviluppo dei FRs e relativo ciclo del combustibile si chiama *FaCT project: Fast Reactor Cycle Technology Development Project*. In ambito FaCT viene sviluppato il JSFR, un SFR a loop da 1500 MWe con combustibile MOX. Sono previsti generatori di vapore a doppia parete. I circuiti, anch'essi a doppia parete, sono ridotti in dimensione facendo ricorso ad acciaio al cromo. 2 loop ciascuno da 1785 MWt. ODS come cladding. Hanno anche previsto una serie di sistemi passivi di rimozione del calore di decadimento in caso incidentale.

Nel 2010 devono prendere decisioni per le scelte di progetto. Nel 2015 terminerà il progetto concettuale con l'emissione delle specifiche per l'impianto commerciale. Nel 2009 inizierà la costruzione di un circuito a sodio di grande taglia.

Stanno ovviamente partecipando a tutte le grandi iniziative internazionali (GNEP, GIF, INPRO, ecc.) e hanno siglato un accordo bilaterale con i francesi per lo sviluppo del SFR.

Per quanto riguarda il ciclo del combustibile, hanno adottato il ritrattamento acquoso e procedure di pelletizzazione semplificata del combustibile.

Il riavvio del reattore veloce Monju è visto come supporto a FaCT, in particolare per dimostrare l'operazione sicura e affidabile dei SFR. Monju fungerà anche da facility internazionale. Nel maggio 2007 hanno terminato le modifiche al reattore e nel mese di agosto del medesimo anno hanno iniziato i test funzionali: ad aprile 2008 ne avevano completati 77 su 141. Hanno anche ultimato il licensing del combustibile e completato il rapporto di sicurezza sismico (nessuna conseguenza su Monju per via del recente terremoto). Il riavvio di Monju è previsto per ottobre di quest'anno. Dal punto di vista autorizzativo, manca solamente l'approvazione dell'autorità locale (Tsuruga City).

Per quanto riguarda gli ADS, sono terminati con successo i test della grande facility J-PARC e continuano le attività di progetto concettuale della facility TEF.

Rapporto del Kazakistan

In Kazakistan ci sono 19 GWe installati: 87 % gas e carbone, 12 % idro.

Possiedono tre rettori di ricerca e una facility sottocritica.


Hanno completato l'*Interim Spent Fuel Storage Facility*. Vi verrà stoccato combustibile del reattore veloce BN-350.

In Kazakistan c'è il 20% dell'Uranio del mondo. Hanno due impianti di produzione di U3O8. Esiste uno studio di fattibilità per la realizzazione di due VVER (LWR russi, ndr) ma non un fermo impegno governativo per la loro costruzione.

Rapporto della Repubblica di Corea

La domanda energetica del Paese è cresciuta di un fattore 10 negli ultimi 25 anni.

Circa il 97% delle fonti primarie viene dall'estero. Per una maggiore sicurezza dell'approvvigionamento energetico si punta sul nucleare

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	40	65

Si prevede che il nucleare coprirà il 45-63% di energia elettrica nel 2030. Al momento è il 35,7% con 20 unità in operazione: 16 PWR e 4 PHWR.

4 OPR1000 e 2 AP1400 in costruzione, altri due APR1400 pianificati per il 2020.

Raggiungeranno il limite massimo dello *storage on-site* del combustibile esausto nel 2016 per cui hanno bisogno di una interim *storage facility*. Per questo occorre consenso pubblico.

Il 26 febbraio 2008 è uscita la legge per la gestione dei rifiuti radioattivi che prevede:

- Piano di base per gestione waste;
- Fondi sia per combustibile esausto sia per rifiuti a bassa e media attività con contributo dalle utility;
- Organizzazione.

Alla fine del 2100, il 60% dei reattori nucleari coreani dovrebbe essere costituito da FR. Introducendo gli SFR a ciclo chiuso si potranno ridurre drasticamente i rifiuti radioattivi.

E' stato elaborata la bozza per un piano di sviluppo di SFR in dicembre 2007. Il processo è in corso di finalizzazione. Pensano di avere approvazione di un progetto standard all'orizzonte del 2020 quando poi comincerà il progetto di dettaglio. La fine della costruzione è prevista nel 2028. Per il 2015 è prevista la realizzazione di un test integral loop a sodio.

Un comitato interno ha raccomandato di passare quanto prima ai SFR. Alcune organizzazioni coreane hanno anche proposto il Lead Fast Reactor (LFR) come tecnologia alternativa al SFR.

Partecipano a IAEA CRP, INPRO, GIF per SFR, e hanno anch'essi avviato una serie di collaborazioni bilaterali.

Rapporto della Russia

In Russia vi sono 31 reattori di potenza in operazione in 10 siti pari a 23 GWe che hanno prodotto 160 TWh nel 2007 con una crescita di circa il 2,35% rispetto al 2006. Ciò rappresenta il 15,6% del totale di energia elettrica prodotta in Russia.

Stanno sviluppando strategia al 2020 e al 2050. In ogni caso è chiaro che avranno bisogno di 2 nuove unità all'anno.

Vi sono 4 reattori in costruzione di cui il SFR BN-800 a Beloyarsk, la cui costruzione terminerà nel 2012.

In costruzione anche uno *Small-Medium size Reactor*.

2 reattori veloci in operazione: il reattore sperimentale BOR-60 in operazione da 38 anni e il commerciale BN-600, in operazione da 28 anni e che ha prodotto più di 104 TWh.

Confermata la realizzazione di un FR da 100 MWth che dovrebbe rimpiazzare BOR-60 nel futuro.

Il FR BR-10 è stato fermato nel 2002 ed è ora in smantellamento.


Stanno anche sviluppando un SFR di nuova concezione BN-K da 1200-1300 MWe per il quale però non sono stati forniti dettagli.

Per quanto riguarda il LFR, lo SBVR-100 raffreddato a Pb-Bi è sempre in sviluppo, sebbene sia stata ventilata la costruzione di un prototipo a Obninsk.

Continua anche lo sviluppo del LFR BREST.

Per quanto riguarda la loro partecipazione al Generation IV International Forum, parteciperanno senz'altro allo sviluppo del SFR mentre è possibile un'estensione della loro partecipazione anche al LFR.

Fondi limitati per l'ADS per cui non ci sono grandi novità.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	41	65

Rapporto della Svizzera

In Svizzera vi sono 5 reattori in operazione che producono il 42% dell'elettricità. Il 52% è idroelettrico. Il voto del 2003 ha confermato il nucleare come parte del mix energetico della Svizzera. All'istituto di ricerca PSI hanno 8 dipartimenti di cui uno nucleare condotto da Jan-Luc Cavédon.

Hanno effettuato l'esperimento MEGAPIE ovvero un target di spallazione da 1 MW per la tecnologia ADS.

Hanno recentemente lanciato un progetto sui FR denominato *FAST Project: Fast-spectrum Advanced Systems for Power Production and Resource Management*. Esso include i seguenti progetti europei ed internazionali: PDS-XADS, GCFR, GFR (GIF) con CEA, EUROTRANS, ELSY, ESFR, SFR (GIF) con cooperazione con CEA.

Hanno sviluppato il FAST code system basato sui codici: ERANOS, PARCS, TRACE, FRED. Con FAST hanno analizzato i reattori veloci GFR, ELSY (LFR), ESFR.

Rapporto degli Stati Uniti

Per quanto riguarda la partecipazione americana a GIF, lo sforzo si concentra su SFR e VHTR.

L'attenzione maggiore al momento è sull'iniziativa GNEP (*Global Nuclear Energy Partnership*) all'interno della quale l'SFR è l'opzione preferita. Devono dimostrare:

- Chiusura del ciclo
- Realizzazione di infrastrutture nazionali
- Riduzione dei costi capitale
- Validazione della sicurezza dei reattori

Attualmente la partecipazione americana a SFR in GIF è finanziata da GNEP. Il futuro di GNEP dipenderà da chi uscirà vincitore nelle prossime elezioni presidenziali di novembre.


Dal punto di vista tecnico, sono stati sviluppate due taglie di SFR: una da 2000 e una da 3000 MWt.

Hanno selezionato 4 materiali avanzati: NF616, TMT Modified NF616 (F/M steel) e HT-UPS (austenitic). Per il *Balance of Plant* si punta su un ciclo Brayton a CO₂.

Sul LFR di IV generazione sono impegnati i laboratori nazionali: ANL, LLNL, LANL.

Sono anche fortemente impegnati sullo sviluppo di piattaforme di calcolo avanzate a supporto dello sviluppo dei FR. L'idea è di limitare gli esperimenti di grande scala utilizzando migliori modelli di calcolo che possono aiutare a selezionare un numero limitato di test necessari. Questo vale anche per lo sviluppo dei nuovi combustibili, visto che hanno limitatissime possibilità di esperimenti di irraggiamento (i FR USA sono stati tutti chiusi). Hanno fatto irraggiamenti nel reattore Phenix del CEA di pin di combustibile di loro interesse (metallici e nitruri). Preferiscono comunque procedere con combustibili standard perché il licensing di un nuovo combustibile da parte dell'Autorità di Sicurezza è un processo molto lungo (decine di anni).

Vista la mancanza di competenze indigene, in massima parte già in pensione o addirittura scomparse, l'unico modo per portare avanti il programma FR americano è quello della cooperazione internazionale.

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	42	65

Dopo le presentazioni degli stati membri, la riunione è proseguita con il **reporting del Segretario** Stanculescu sullo stato di avanzamento delle attività portate avanti dal TWG-FR. In particolare sono stati organizzati vari *Research Coordination Meeting* e *Coordination Research Projects* su:

- prove a fine vita di PHENIX
- benchmark sugli ADS (meeting organizzato a Roma dall'ENEA, ndr)
- finalizzazione status report su FR e ADS
- retrieval dei dati e conservazione della conoscenza sui FR
- bruciamento rifiuti radioattivi
- esperienza operativa sui FR

I prossimi eventi IAEA riguardanti i FR o gli ADS saranno:


- Back-to-back kick-off RCMs for two CRPs (22-26 September 2008, Vienna):
 - o Benchmark Analyses of Sodium Natural Convection in the Upper Plenum of the MONJU Reactor Vessel
 - o Control Rod Withdrawal and Sodium Natural Circulation Tests Performed During the PHENIX End-of-Life Experiments
- Third RCM of the CRP on Analytical and Experimental Benchmark Analyses of Accelerator Driven Systems (26-30 January 2009, Madrid)
- Third RCM of the CRP on Analyses of, and Lessons Learned from the Operational Experience with Fast Reactor Equipment and Systems (23-26 June 2009, Vienna)
- Design Features of Advanced Sodium Cooled Fast Reactors with Emphasis on Economics (20-23 October 2008, Vienna)
- Fuel Handling Systems of Sodium Cooled Fast Reactors (CAURB*, 24-27 November 2008, IGCAR, Kalpakkam, India)
- School on Physics, Technology and Applications of Innovative Fast Neutron Systems (two-week course, 2009, exact date to be decided, ICTP Campus, Trieste)

La IAEA organizzerà inoltre le seguenti due grandi conferenze internazionali:

- *Fast Reactors and Closed Fuel Cycles – Challenges and Opportunities*. La conferenza, ospitata dal JAEA, si terrà dal 7 all'11 dicembre 2009 a Kyoto (Giappone).
- *Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators*. La conferenza si terrà a Vienna dal 4 all'8 maggio 2009

Infine sono state decise le seguenti priorità riguardo *Technical Meeting* da organizzare prossimamente:

- Seismic Design of Nuclear Island and Components → questo tema ha ricevuto il maggior consenso. E' stato deciso che il relativo TM verrà organizzato dal gruppo di ingegneria sismica dell'ENEA Bologna (ndr).
- Innovative Design Concepts for Decay Heat Removal Systems
- Mitigation Means of Gas Entrainment
- Improving Economics of FBR Through Advanced Materials for Structural Components (e.g. reactor vessels, pipings, heat exchangers, SGs and Core Materials (clad, wrapper)
- Design of FBR Components (control plug, IHX, inner vessel and SG) Operating at High Temperature
- Design Criteria for Issues Not Covered in Current Design Codes

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	43	65

Infine, nel corso del meeting sono state date informazioni anche su altri due interessanti progetti IAEA-INPRO:

- INPRO COOL Collaborative Project: *Investigation of technological challenges related to the removal of heat by liquid metal and molten salt coolants from reactor cores operating at high temperatures*
- INPRO Collaborative Project: *Global Architecture of INS Based on Thermal and Fast Reactors Including a Closed Nuclear Fuel Cycle (GAINS)*

In particolare il progetto GAINS riguarda lo studio della transizione fra l'attuale sistema nucleare a quello innovativo del futuro. Trattasi, dunque, di uno studio di scenari.

I due scenari di riferimento sono:

- Mondo convergente: scenari regionali in cui i paesi condividono impianti del ciclo del combustibile
- Mondo eterogeneo che riflette l'attuale situazione

I tipi di reattori considerati sono: LWR, HWR, ALWR, AHWR, HTR (VHTR), SFR, HMFR, MSR, ADS, SMR di tipo modulare

E' stata sviluppata una tabella dove ogni nazione partecipante ha ipotizzato l'introduzione dei vari sistemi di interesse nel proprio parco reattore.

Dal punto di vista del ciclo si considerano varie opzioni:

- Once-through
- Mono e multi riciclo di Pu
- Multi riciclo con riciclo di MA
- U/Th e U/Pu
- Gestione attinidi minori con MSR e ADS

I risultati riguardano: economia, ambiente, waste, resistenza alla proliferazione, infrastrutture
Attualmente i paesi partecipanti a GAINS sono: Argentina, Belarus, Canada, China, Czech Republic, France, India, Japan, Republic of Korea, Russia, Slovakia, Spain, Ukraine, USA, EC and Italy as an observer (+ announcements from Bulgaria and Pakistan)

Il progetto verrà portato avanti nei prossimi 2-3 anni.

ENEA, come osservatore in INPRO, sta valutando la partecipazione ad entrambi i progetti.

Allegato A


Agenda
for the

Forty-First Meeting of the Technical Working Group on Fast Reactors (TWG-FR)

IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 26 – 29 May 2008

Monday, 26 May 2008:

- 09:00 Registration, badges (Gate 1)
- 10:00 Opening by the TWG-FR Scientific Secretary
Welcome by IAEA
Introduction of the TWG-FR Chairperson
Chairperson's remarks

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	44	65

Self-introduction of the participants
Discussion and adoption of the agenda

11:00 Progress reports on national programmes on fast reactors and accelerator driven systems, and identification of areas and topics of interest for future cooperation within the TWG-FR framework [*Approximately 20 – 30 minutes presentation including discussion by each Member State representative, in country name alphabetical order. **The delegates are kindly requested to bring along their full paper progress reports (both as hardcopy and on electronic support) for publication in the meeting report***]

12:30 *Lunch*

13:30 Progress reports on national programmes ..., continued

17:30 *Adjourn*

18:30 *Hospitality*

Tuesday, 27 May 2008:

09:00 Progress reports on national programmes ..., continued

12:30 *Lunch*

13:30 Report of the TWG-FR Scientific Secretary (summary of TWG-FR activities, status of the actions)

Discussion of the TWG-FR Scientific Secretary's report

Status of recently completed / ongoing Coordinated Research Projects (CRPs)


- Studies of Innovative Reactor Technology Options for Effective Incineration of Radioactive Waste
- Analytical and Experimental Benchmark Analyses of Accelerator Driven Systems (ADS)
- Analyses of, and Lessons Learned from the Operational Experience with Fast Reactor Equipment and Systems
- Benchmark Analyses of Sodium Natural Convection in the Upper Plenum of the MONJU Reactor Vessel
- PHENIX End-of-Life Tests

Status of the preparation of TWG-FR technical publications

- Accelerator Driven Systems: Energy Generation and Transmutation of Nuclear Waste; Status Report
- Status of Liquid Metal Cooled Fast Reactor Technology
- Status Report on Lead and Lead-Bismuth Cooled Fast Reactors
- Fuel Failure and Failed Fuel Detection Systems for Fast Reactors

17:30 *Adjourn*

Wednesday, 28 May 2008

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	45	65

09:00 Presentation of the INPRO Collaborative Project COOL (Sama Bilbao y Leon, M. Khoroshev))

09:20 Presentation of the INPRO Collaborative Project GAINS (V. Usanov, P. Villalibre)

09:40 Presentation of the INPRO Collaborative Project “Integrated Approach on DHRS for LMRs” (P. Villalibre, A.-I. Casset)

10:00 Discussion of the TWG-FR activities planned within the framework of IAEA’s Program and Budget 2008 – 2009

- Large International Conference on *Fast Reactors and Closed Fuel Cycle – Challenges and Opportunities*
- Large International Conference on *Materials Research and Utilization of Accelerators*
- Topical Technical Meeting (TM) on *Design Features of Advanced Sodium Cooled Fast Reactors with Emphasis on Economics*
- Topical Technical Meeting (TM) on *Fuel Handling Systems of Sodium Cooled Fast Reactors* (unfunded)
- Topical Technical Meeting (TM) on *In-service Inspection and Repair of Sodium Cooled Fast Reactors* (unfunded)
- Topical Technical Meeting (TM) on *Advanced Sodium Heated Steam Generators and Sodium/Gas Heat Exchangers for Fast Reactors* (unfunded)
- Topical Technical Meeting (TM) on *Negative Feedback Design Features of Sodium Cooled Fast Reactors* (unfunded)
- Publication on *Public Acceptance of Fast Reactors* (extra-budgetary)
- Proposed IAEA/ICTP School on *Physics, Technology and Applications of Innovative Fast Neutron Systems and Their Fuel Cycle Options for Energy Production and Transmutation*
- IAEA’s Fast Reactor Knowledge Preservation Initiative

12:30 *Lunch*

13:30 Discussion of the TWG-FR activities planned within the framework of IAEA’s Program and Budget 2008 – 2009, continued


Discussion of future TWG-FR activities (beyond 2009): proposals for new CRPs, TMs, symposia/seminars, identification of possible NE Series Documents on topics relevant to the TWG-FR work scope (***To ensure distribution among all participants, the delegates are kindly requested to inform the Scientific Secretary ahead of the meeting of intended proposals***)

17:30 Adjourn

Thursday, 29 May 2007

09:00 Discussion and updating of the list with “Proposed Topics for TWG-FR Technical Meetings and Collaborative R&D”

Discussion of the conclusions and recommendations of the 41st TWG-FR Meeting and drafting of the Meeting Report

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione	Rev.	Distrib.	Pag.	di
	FPN – P9LU - 038	0	L	46	65

12:30 *Lunch*

13:30 Discussion of the conclusions and recommendations of the 41st TWG-FR Meeting and drafting of the Meeting Report, continued

Miscellaneous (date and venue of next TWG-FR Technical Meeting, ...)

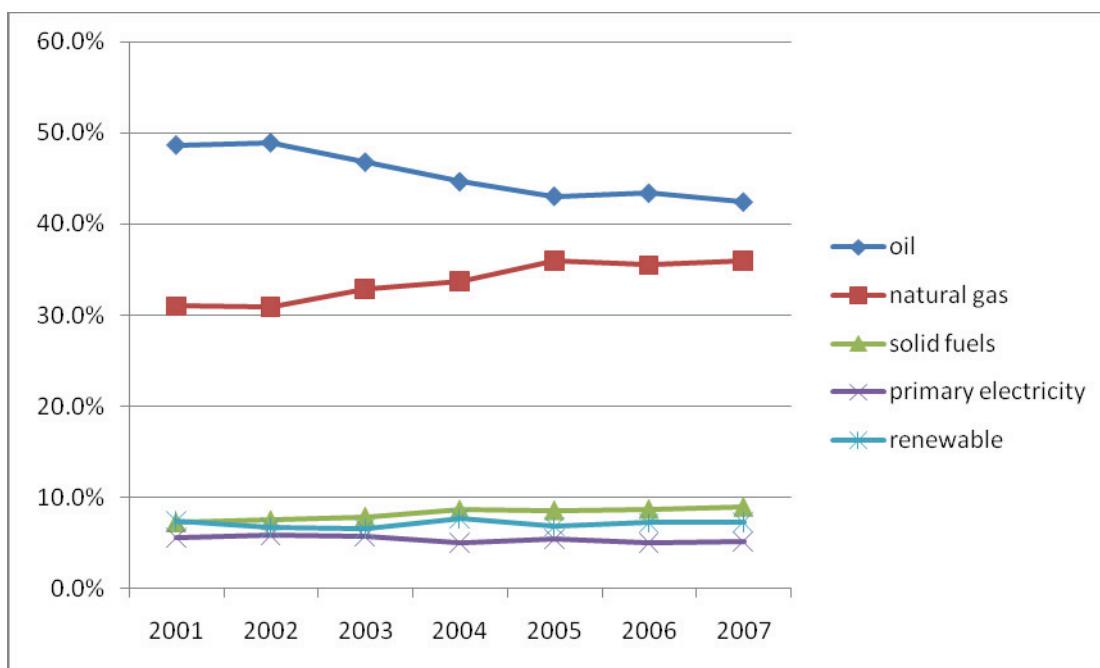
**CONTRY PEPORT: ITALY
2008**

ITALIAN ENERGY BALANCE

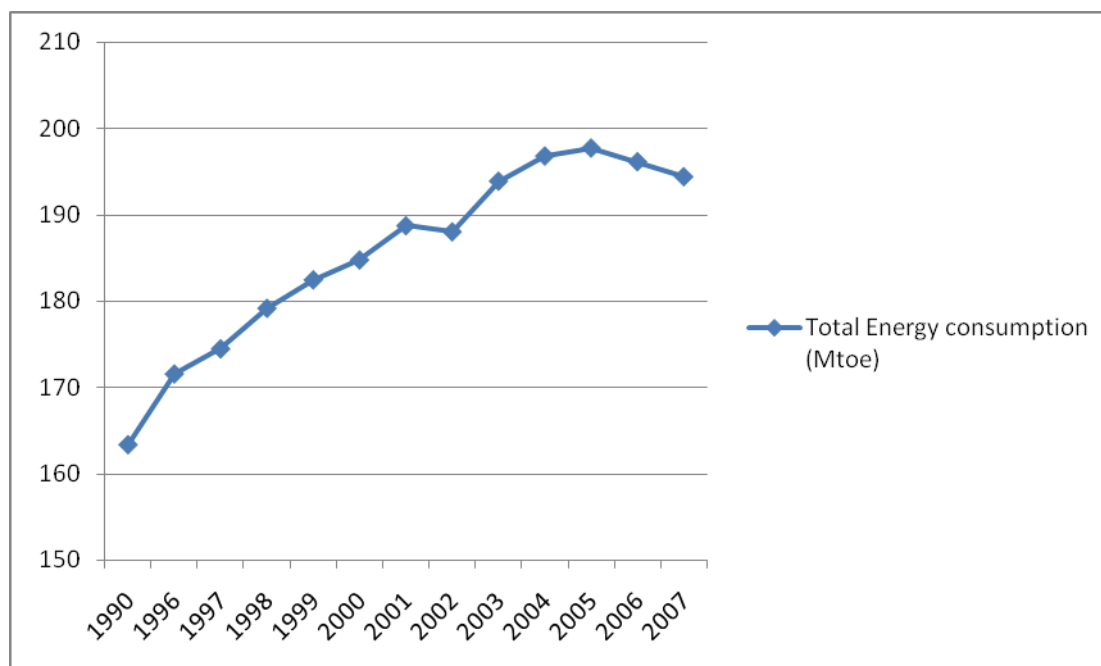
The summary of the energy balance of the Country in the year 2007 is given by the two following Tables. The first shows the total primary energy consumption in 2007.

TOTAL PRIMARY ENERGY CONSUMPTIONS IN 2007 (temporary values)			
	2007		2007/2006 Δ %
	Mtoe	%	
oil	82,6	42,49	-3,08%
natural gas	70,0	36,01	0,49%
solid fuels	17,5	9,00	1,93%
primary electricity	10,1	5,19	2,09%
renewables	14,2	7,3	0,01%
TOTAL	194,4	100,0	-0,89%

In the next figure the trend in the last years is presented in percentage terms.



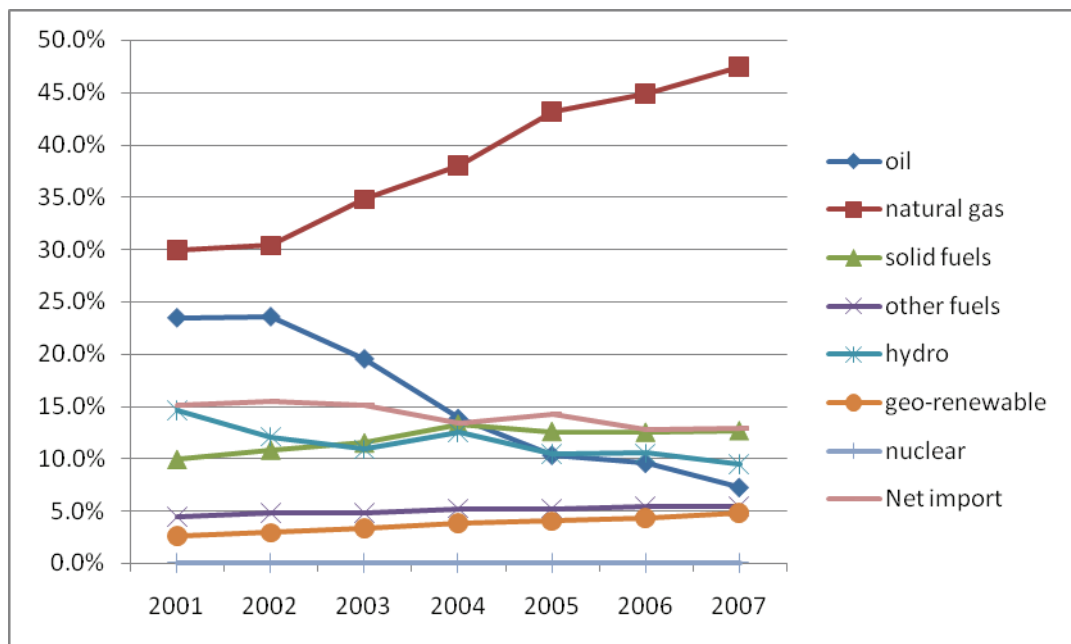
In the next figure the trend of total energy consumption in Italy is presented.



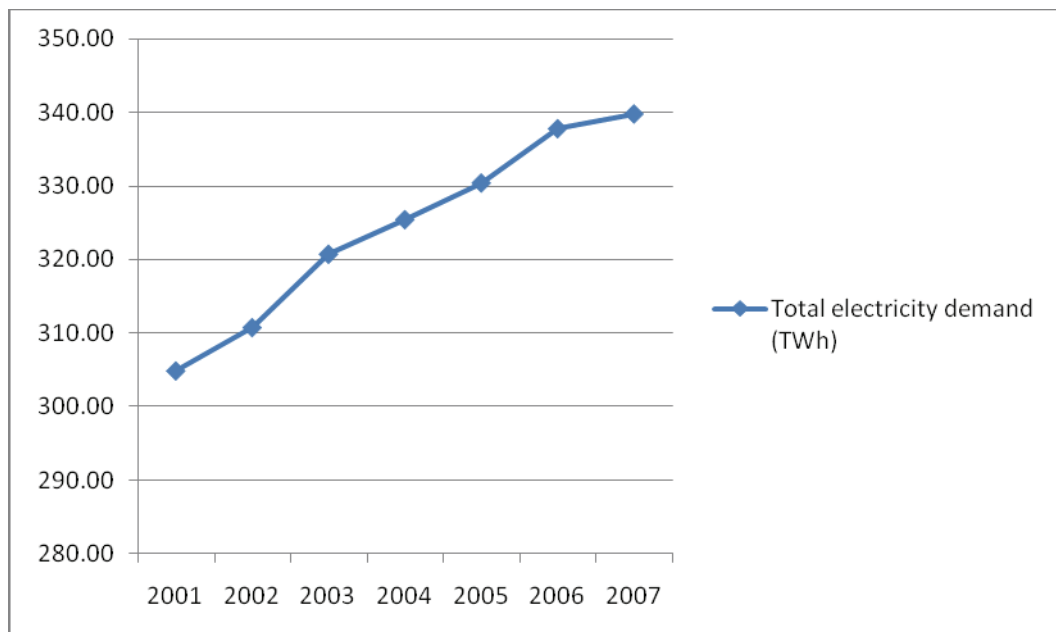
The second table shows the electricity generation and demand from various sources (and their variations with respect to the former year). The contribution of nuclear energy to the national electricity generation has been zero, while the net electricity import (45,9 TWh, i.e. about 12,94%) is essentially of nuclear origin.

ELECTRICITY GENERATION AND DEMAND IN 2007 (preliminary values)			
	2007		2007/2006 Δ %
	TWh	%	
oil	25,8	7,27%	-23,67%
natural gas	168,2	47,42%	6,39%
solid fuels	45,0	12,69%	1,81%
other fuels	19,3	5,44%	0%
TOTAL THERMAL	258,3	72,82%	1,13%
hydro	33,5	9,44%	-9,46%
geo-renewable	17,0	4,79%	11,84%
nuclear	0,0	0,0%	0,0%
PRIMARY ELECTRICITY	50,5	14,24%	-3,26%
TOTAL GROSS GENERATION	308,8	87,06%	0,39%
NET ELECTRICITY IMPORT	45,9	12,94%	2%
TOTAL AVAILABILITY	354,7	100%	0,59%
GRID DEMAND	339,8		0,71%

The trend of the share of various primary energy sources is shown in the following figure.



The trend of the total electrical grid demand in Italy is shown in the next figure.



In 2007 Italy has increased the grid demand by 2,4 TWh, that have been provided by 1,2 TWh of domestic generation increase, by 0,9 TWh by increasing import and by 0,3 TWh by a reduced requirement for energy losses and pumping power.

Natural gas consumption increase also in 2007 for electric power generation of 6,39% while the oil consumption decreased of 23,67% . It is worth to underline that today electric power generated in Italy by Natural Gas with a share of 47,42%.

This situation reduces further the flexibility of the national energy system, since nuclear energy is not contributing and the significant expansion of clean coal technology meets increasing difficulties.

GENERAL OVERVIEW OF ITALIAN NUCLEAR ENERGY ACTIVITIES

In Italy nuclear activities are progressing mainly in the following fields:

- R&D is performed mainly by ENEA both in fission and fusion, and, more in general, in all others nuclear related fields, as well in the universities of Pisa, Roma, Palermo and in the Polytechnic Schools of Milano

and Torino; these are the five universities entitled to graduate with slightly different denominations nuclear engineers.

- Decommissioning and waste treatment activities are performed by SOGIN and are progressing, even in the absence of a clear road-map for the national surface repository
- ENEL is expanding its acquisition of power plants abroad, including nuclear power plants and is building again a nuclear competence center
- The industry is involved in all above activities

The sharp increase in the cost of oil barrel, the respect of Kyoto protocol and the need to assure the strategic supply of energy are three strong elements in favour of nuclear energy. Recently concerns about global warming have increased and more favour is seen about nuclear energy as a massive source of carbon-free electrical energy. The new Government elected in the last April 2008 election has expressed many times its strong will of proceeding with the construction of new NPP's in Italy.

On his first day as Prime Minister, Silvio Berlusconi told the upper house of parliament that *"nuclear power, with all the necessary precautions, is today an indispensable option, not just for guaranteeing the energy needed for future development, but for safeguarding the environment we live in."*

Economic Development Minister Claudio Scajola told on May 22, 2008: *"an action plan for a return to nuclear energy can no longer be avoided" "we must therefore rebuild skills and regulatory institutions, forming the necessary technical and entrepreneurial sector and providing credible solutions for radioactive waste" "during the term of this parliament, we will lay the first stone for the construction in our country of a group of new-generation nuclear power stations"*

A new consensus process about the choice of a national repository is going to be started by the Government. An expert Commission is working to define the roadmap and will conclude very soon its activities. This should lead to the opening of a national surface repository in a reasonable time and hopefully before 2018.

ENEA ACTIVITY UPDATE

ENEA, the Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment is a public undertaking operating in the fields of energy, the environment and new technologies to support competitiveness and sustainable development. Following the Bill n. 257 (September 3rd 2003) ENEA, which is heavily involved in Nuclear Fusion and Fission R&D activities, is responsible, at the national level, of the Scientific and Technological Presidium in the Field of Nuclear Energy.

As such, ENEA is partner of the SNF-TP (Sustainable Nuclear Fission - Technology Platform) project and member of the Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP) launched by the EC in September 2007. The ITER International Organization came into force as well as the European Domestic Agency Fusion For Energy (F4E, the European Joint Undertaking for ITER). F4E will take care of the fabrication of the component to be provided by Europe on the basis of the technical specification fixed by ITER IO. These events determine the actual starting of ITER construction and contribute to speed up the program with the aimed to shorten as much as reasonably possible the road toward DEMO. In this frame Italy is proposing a new Tokamak device to support ITER exploitation and to investigate some of the technology issue in view of DEMO. Other important elements of the program are the 'Broader Approach' which is progressing: the design of the JT60 SA is currently under revision and the engineering validation phase of the activities IFMIF is going to start.

Finally, ENEA is participating to the US Global Nuclear Energy Partnership (GNEP) – whose Statement of Principles was signed by the Italian Government in November 2007 - being member of the working groups on:

- Infrastructure development;
- Reliable Nuclear Fuel Services.
-

NUCLEAR FISSION

European Lead-cooled System (ELSY)

The ELSY (European Lead-cooled SYstem) project of the 6th European Framework Programme aims to investigate the technical and economical feasibility of a 600 MWe power reactor cooled by molten lead (ELSY-600).

The main purpose is to demonstrate that it is possible to design a competitive and safe fast critical reactor, able to recycle its own nuclear wastes, by adopting simple engineered technical features.

The LFR features a fast-neutron spectrum and a closed fuel cycle for efficient conversion of fertile Uranium (U) and can, in principle, fission part of its wastes composed of long-lived TRansUranic (TRU) isotopes, while producing energy at an affordable cost.

Main ENEA effort over 2007 has been devoted to define a consistent reference core configuration.

Actually two options are being investigated in parallel: the first one is based on conventional wrapped hexagonal Fuel Assemblies (FAs), typical of Sodium Fast Reactor (SFR), where pins and subassemblies (S/As) are arranged in a triangular lattice. The second option consists of open square FAs, typical of Pressurized Water Reactor (PWR), where the pins and S/As are arranged in a square lattice.

The ENEA effort is being focussed on this more innovative configuration. Even if the project aims to develop a Minor Actinides (MAs) burner, in this first year the activity has been directed towards the demonstration of the ELSY potential to be fully self sustaining in Pu and to burn its own generated MAs.

The result of this "adiabatic" approach is a core design, characterised by a unitary Breeding Ratio (BR) without blankets (in order to increase the proliferation resistance goal), as well as low Pb void effect and core pressure drops (both these parameters being particularly critical in fast spectra and in lead environment).

Within the ELSY project, ENEA is responsible for the Work Package devoted to lead technology development. From this point of view, in 2007 ENEA has dedicated large effort to investigate the lead physical and chemical properties, as well as its interaction with the structural materials and the secondary coolant (water).

Also different corrosion protection coatings and corrosion resistant steels for fuel cladding, pump impellers, etc.. have been studied.

Moving from a critical review of the collection of the existing data on the lead thermo-physical properties, a data base on thermo-chemical properties of Pb has been compiled.

As far as the physical effects and the possible consequences of lead/water interaction due to an anticipated steam generator tube rupture accident are considered, the programme foresees an experimental campaign to be carried out at the LIFUS V facility of ENEA-Brasimone. To this end, the facility has been modified and its instrumentation upgraded on the basis of the lesson learned from previous tests performed within the EUROTRANS project.

Partitioning and Transmutation

Activities on Partition and Transmutation, started within the 5th European Framework Program (FP), have continued in the frame of the 6th one.

ADS Transmutator

ENEA is partner in the project IP EUROTRANS (EUROpean TRANSmutation) founded in the frame of the 6th Framework Programme (FP) of the European Union (EU).

51 European Organizations have the strategic R&D objective to pursue an European Transmutation Demonstration (ETD). The aim of the 4-years lasting program, funded by the European Community, is twofold:

- Develop the conceptual design of a European Facility for Industrial Transmutation (EFIT) with a pure-lead cooled reactor of several hundreds MW with considerable Minor Actinides (MA) burning capability and electricity generation at reasonable cost. The design will be worked out to a level of detail which allows a study cost estimate.
- Carry out the detailed design of the smaller XT-ADS (eXperimental Transmutation in an Accelerator Driven System (ADS)), as irradiation facility to be constructed in the short-term. The XT-ADS is also intended to be as much as possible a test facility for the main components and for operation of EFIT, at the lower working temperatures allowed by the use of the Lead-Bismuth Eutectic (LBE) as the primary coolant and spallation target material.

EFIT is being designed as a transmutation demonstrator, loaded with MA fuel. It is intended to become operational many years after the XT-ADS (around 2040) and therefore to profit of the experience gained from the running European Research and Development (R&D) programs on fuel and materials and of the operation of

the XT-ADS, which is to be built and operational in the near future (about eight years from the start of the IP_EUROTRANS project).

ENEA is also partner in the EC funded project PATEROS (PARTitioning and Transmutation European Roadmap for Sustainable nuclear energy). The goal will be to establish global P&T roadmap up to the industrial scale deployment with indication of the critical milestones, preferred options and back ups, according to timescales and shared objectives at the European level.

Partitioning Technology

Chemical partitioning is a complex process applied to spent nuclear fuel, aimed at recovering fissile nuclides from minor actinides and fission products.

The central operation of the process is electrorefining, which takes place in an electrochemical cell, where dissolution of most fuel elements occurs, followed by a selective electrodeposition of the actinides onto a solid and/or a liquid cathode, through the application of an electrochemical difference among elements in molten LiCl-KCl salt and liquid cadmium (or bismuth) under high-purity argon atmosphere at 773 K.

The research efforts have been addressed to such a process (pyroprocess), and have been conducted in the frame of the European Project EUROPART (EUROpean Research Programme for the PARTitioning of Minor Actinides of the 6th FP), which covers the period 01/01/04 – 30/06/07. Experimental campaigns related to the electrorefining process with Pyrel II plant, which is operated at 460 °C under an Ar gas atmosphere, have been performed.

After the conclusion of the EUROPART Project, ENEA participates in the Collaborative Project ACSEPT (Actinide reCYcling by SEparation and Transmutation of the 7th FP) that will provide a structured R&D framework to develop chemical separation processes compatible with fuel fabrication techniques, with a view to their future demonstration at the pilot level.

Technological Development for ADS and ELSY

ENEA is strongly involved on Heavy Liquid Metal (HLM) Technologies to be used as coolant in nuclear systems. This R&D programme is supporting the development of waste burner based on ADS concept and Lead Fast Reactors in the frame of GEN IV initiative.

In this frame one important issue is the compatibility between structural materials and HLM, namely lead alloys. Indeed, irradiation experiments of structural materials in presence of lead alloys are mandatory. ENEA is preparing an irradiation programme through ISTC in order to perform experiments in BOR 60 reactor.

Lead and LBE technologies are studied mainly at the ENEA Brasimone Center utilizing the medium and large scale facilities CHEOPE, LECOR and CIRCE; the aim is to study the structural materials behaviour, the control of corrosion/erosion phenomena and impurities treatment methods.

Moreover, an integral experiment, ICE (Integral Circulation Experiment) aimed at studying the thermal hydraulic of heavy liquid metal reactor, is in progress near the Brasimone Laboratories.

Evolutive and Innovative Reactors

A three-year national programme – (Strategic Funding devoted to the National Electric System R&D managed through a specific agreement between Ministero dello Sviluppo Economico and ENEA) focused on participation to international initiatives like INTD and Generation IV nuclear systems, is being started and has received financial support by the Ministry of Economic Development (5.5 MEuro for the first year with a comparable yearly funding foreseen for the rest of the programme).

The programme involves also the major national organizations still active in the nuclear sector, i.e. Ansaldo Nucleare, Ansaldo Camozzi, Del Fungo Giera Energia, CIRTEN (Italian Universities Consortium for Research in Nuclear Technologies) and SIET (an ENEA subsidiary).

Main goals of this programme are:

- Keep open the future nuclear energy option in the country
- Contribute to development of innovative nuclear energy generating systems able to compete in the perspective of the national energy mix re-arrangement expected to take place in the years ahead
- Contribute to development of innovative systems able to match public acceptability and economical interest

- Sustain growth of necessary competences through the participation to real-founded projects promising to be successful
- Support the activities aimed at the definition of national nuclear waste disposal strategy

The program is organized into four main domains:

- Studies on nuclear energy at large, scenario studies, nuclear fuel cycle and proliferation, advising to the concerned National Authorities / Ministries
- INTD Reactors (especially concentrated on IRIS reactor)
- Generation IV Reactors (LFR and VHTR)
- Scientific support for the activities aimed at location, choice, designing and building of the nuclear waste national repository.

This national programme is also intended to be synergic and coherent with the Generation IV initiative, as well as with a number of projects of the 6th and 7th Euratom Framework Programme, to which the so-called "Presidio Nucleare" (Nuclear Presidium)- set up within the Nuclear Department of ENEA- is significantly contributing to. These on-going projects are:

ELSY – European Lead-cooled SYstem, coordinated by Ansaldo Nucleare;

RAPHAEL - ReActor for Process heat, Hydrogen and Electricity generation;

EISOFAR – Roadmap for a European Innovative Sodium cooled FAST Reactor.

NUCLEAR FUSION

Magnetic confinement

FTU (Frascati Tokamak Upgraded)

The experimental activity on FTU in 2007, focused on:

Fast electron induced fishbone instability: This phenomenon is relevant to burning plasmas, as the bounce averaged dynamics of fast electrons depends on energy (not mass), so that the effects associated with low frequency magnetohydrodynamic (MHD) modes can serve simulating and analyzing analogous charged fusion product effects. From theory high Lower Hybrid power ($PLH > 1.5$ MW) need to be coupled to the plasma in presence of the layer $q_{min}=1$ localised off axis i.e in presence of a reversed q profile. Data analysis shows that MHD events, identified as precursors of the electron fishbones instability, appear in these conditions already at LH power level of 0.5 MW.

Disruption mitigation with ECRH: A systematic scan of ECRH localisation has been completed in 0.5 MA discharges where disruptions are induced by injecting Mo through laser blow-off. Results have shown that the direct heating of one of the magnetic islands produced by magnetohydrodynamic modes (either 3/2, 2/1 or 3/1) prevents its further growth and also produces the stabilization of the other modes (indicating that those modes are toroidal sidebands of each other and their harmonics) and current quench delay or avoidance.

Dynamics of dust in the plasma periphery: Systematic analysis of the data collected by Langmuir probes in the plasma periphery have shown that the recorded signals are due to micrometer size dust grains impinging on the probes at velocity of the order of 10 km/s. Scanning electron microscope analysis revealed presence of impact craters of diameters in the range from several to 100 micrometers. The number of the craters found is consistent with the number of the ion saturation current spikes interpreted in terms of dust impact ionization events. Evidence of dust particles has also been shown by Thomson scattering signal obtained after disruptions.

Design of a new magnetic confinement experiment

The design of a new experiment, FAST (former FT3), aimed at supporting ITER operation and develop DEMO relevant technologies has been revised on the light of the mission identified by European fusion community in the frame of the definition of the fusion development accompanying program. The machine has now higher current and magnetic field as well as higher auxiliary heating and current drive power.

Fusion Technologies

ENEA was engaged in the development of the traditional field of interest for ITER and DEMO: superconductivity, remote handling, plasma facing components, materials and magnets, remote handling, visual inspection and metrology, control.

In particular the most relevant developments and achievements are:

Plasma facing components: A model of the ITER divertor prototype developed in ENEA, armoured with graphite composite and tungsten, built in the frame of the industrial qualification process has been successfully fabricated and tested in collaboration with Ansaldo Ricerche.

Nuclear data: Radiation resistant sensors based on single crystal diamond, developed and characterised in Frascati Neutron Generator and JET, have been extensively and successfully tested for neutron, gamma and also UV measurements. They are proven to be very accurate and much more reliable than the silicon based sensors under heavy irradiation. ENEA is also responsible for the design of the radial neutron camera for ITER, which is progressing.

The design of the mock up of the liquid metal cooled breeder blanket has been carried out. The irradiation in FNG is foreseen in 2009.

Development of Nb3Sn high performance advanced strand: Major activities are:

- Characterisation of the high performance conductor for the new superconducting test facility 'Dipole'
- Characterisation of the high performance cable for ITER magnet
- Continuation of the Design and characterisation of the strand for the JT60 SA toroidal magnet

High temperature superconductivity: The development of activity, focused on films of YBa2Cu3O7(YBCO) is progressing. Higher critical current have been achieved.

Fuel cycle: The tritium separation system based on Pd membrane has been utilised successfully at FZK (Germany). USA expressed interest to utilise ENEA technology for the supply of the ITER system.

Inertial fusion: Finally the "Watching Brief" on inertial fusion are continuing and the participation to the HiPER preparation phase is under negotiation.

SOGIN ACTIVITY UPDATE

SOGIN SpA (Nuclear Installation Management Company) has been created in 1999 in the framework of the National electric system reform and its main mission is the decommissioning of the Italian nuclear installations, whose activities were stopped as a consequence of the Government decision after the Post-Chernobyl referendum in 1987.

In SOGIN, since the beginning, the majority of ENEL competences in nuclear and environmental fields merged and therefore significant activities have been carried out in many fields related to nuclear energy and environmental assessment and rehabilitation in Italy and abroad.

Since the beginning all ENEL nuclear assets were transferred (mainly the four Nuclear Power Stations).

In 2003 also the management responsibilities of ENEA nuclear fuel cycle facilities that have been stopped were transferred to SOGIN.

Furthermore SOGIN has acquired FN (former nuclear fuel fabrication facility) and 60% of Nucleco, a leader company in radiological characterization and waste management company.



MAP OF SITES OWNED AND/OR MANAGED BY SOGIN IN ITALY

A special Commissioner for Nuclear Material Safety and Security with special powers was appointed by the Government in 2003 and the nominated person was the person who at that time was SOGIN Chairman. Under his guidance a number of urgent actions has been initiated by SOGIN with the aim of completing in the shortest time any action that was deemed needed to assure a higher degree of safety and security. At the end of 2006 the Government decided that his role did not need to be renewed and all SOGIN activities have been reassessed in a more consolidated long term vision and under the normal procedures as defined in the Italian laws.

A Government Commission has been appointed at the beginning of 2008 to identify a new roadmap that could lead to the selection of a national site for low and intermediate level waste. The results should be available just after the summer. This continues to be a very important issue both for the decommissioning program and for the consideration of building new reactors in Italy.

In such a situation in November 2006 an intergovernmental agreement on energy issues has been signed between France and Italy, that opened the way for a contract between AREVA and SOGIN on the reprocessing of the remaining 235 t of spent fuel still in Italy from Caorso, Trino and Garigliano NPP's that has been signed in spring 2007 as reported last year and transport to France should be completed by 2015. The first transport to France occurred in December 2007 and others have followed at a regular pace with an expected total of 7 in 2008 .

An additional contract has been signed at the beginning of 2008 between SOGIN, EdF and AREVA for the virtual reprocessing of the former ENEL share of Creys Malville fuel (33%). There will be AREVA and SOGIN proper efforts to find a possible use for the resulting plutonium.

The only exception to reprocessing, at this moment, is the Uranium/Thorium spent fuel (irradiated in the US Elk River power reactor), which is currently stored in the ITREC plant pool and will be dry stored on site. Construction of the spent fuel bottles and of the storage/transport casks is underway. The casks will be temporarily stored on-site. Alternative solutions are under consideration.



In order to proceed with decommissioning activities a number of on-site waste storage facilities is being designed and built by SOGIN often with strong opposition of local authorities, since they believe that they will slow down the process of building a National repository.

Nuclear Power Plants Major Activities in 2007

Waste treatment and decommissioning activities have proceeded with important achievements. In general asbestos removal has been completed or it is well underway in all plants. Dismantling of non-contaminated or slightly contaminated components and systems has seen significant achievements. Detailed radiological characterization remains to be completed in some plants.

Another important achievement has been the start of the Eurex spent fuel pool emptying in Saluggia. This operation is described below.

An event to be mentioned is that, after the adoption of more extensive and sophisticated monitoring techniques, a slight Pu contamination has been identified in a few workers in Eurex and in Casaccia; the relative doses are well below any medical significance and below the dose limits, but SOGIN started a complete review of the working procedures.

A safety culture assessment project has been started in order to maintain and promote the highest standards of safety culture in the Company in line with international experiences and with the indications of the international conventions. Specific issues related to decommissioning have been analyzed and corrective actions proposed.

The major activities just completed or underway on each site are reported below.

Trino NPP

The entire decommissioning program has been accelerated and its conclusion has been moved backward from 2018 to 2013.

Caorso NPP

In the Caorso plant the removal of asbestos has been completed in the entire plant.

Demolition of the Residual Heat Removal cooling towers is going on in 2008 and will be completed shortly.

The construction of the Waste Management Facility, including the chemical decontamination facility (Phadec), has started and should be completed in 2008.

In 2008 also the entire off-gas system (filtration of incondensable extracted from the condenser) and dedicated building should be removed.

Latina NPP

Also in Latina NPP removal of asbestos is well underway and has been completed in the turbine building and in several rooms of the Reactor building as well as from the boilers. Primary circuit ducts removal has been largely completed and their detailed characterization is underway. Testing is underway on boilers removal and treatment in a melting facility abroad.

Activities are underway for the construction of a building dedicated to treatment and conditioning of operating radioactive sludges, its vacuum extraction system, a cementation facility and finally a storage building of the cemented wastes. An ad-hoc control room has been built and a completely new electrical system has been added. Removal of turbine building components has been completed.

One of the major problems still under investigation with the cooperation of other operators in France, Spain and UK is the treatment and disposal of the irradiated graphite of the reactor core. This remains one of the outstanding issue for the completion of a decommissioning plan of a gas-graphite reactor.

The program of activities in 2008 includes the completion of asbestos removal, the starting of upper gas ducts dismantlement, the dismantlement of turbine building internal civil structures and the starting of construction of sludge extraction and treatment station.

In addition a new waste storage building will be built on-site.

Garigliano NPP

Removal of asbestos from the reactor building has started.

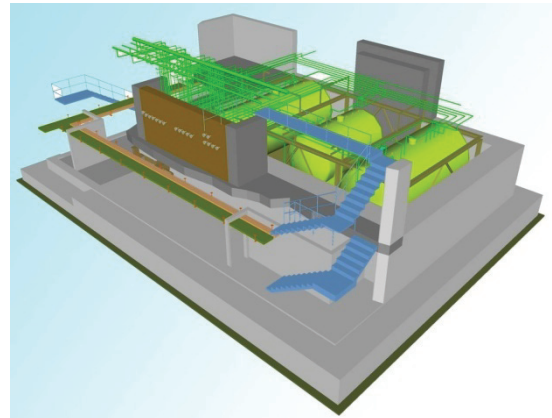
The emergency diesel generator building adaptation to waste storage is underway, since it was not possible to obtain all local licenses for a new dedicated building.

Fuel Cycle Facilities major activities

In 2007 the transfer of spent fuel still in the EUREX pool has been moved to the adjacent Avogadro pool. This will allow in 2008 the pool water purification and removal and its decontamination. These actions were carried out in a very short period to solve the issue of the small leaks that were discovered.

The liquid waste storage tank park construction in EUREX for the 120 m³ of highly radioactive liquids produced in the reprocessing of MTR and CANDU fuels has been completed and hot test program is undergoing.

The other very important project is CEMEX, the cementation plant of all radioactive liquids in EUREX produced during the reprocessing campaigns and all related plants and infrastructures. This project includes: the cementation plant, the storage building of high level cemented waste, the storage building of medium level wastes, the modification of water supply system, the new office building. All pre-qualification activities of the cement matrix have been completed. In 2008 the contract for the construction of the cementation plant will be assigned.



At the beginning of 2005 the work for the clean-up of about 60 glove boxes in the Plutonium plant of the Casaccia Center started.

In the Casaccia Center the OPEC2 plant, never commissioned as Hot Cell facilities, will be transformed into a waste storage facility for plutonium plant wastes. In 2008 the building modification works will start.

Characterization and treatment of operational wastes is going on and will continue in 2008 both in Casaccia and at ITREC plant.

For the ITREC plant the preliminary design of the cementation plant for the uranium/thorium solution is underway and is planned to be completed by the middle of 2007. The mockup of the ITREC cementation facility will be completed in 2008.

Other projects include the removal of the so-called "irreversible (grouted) trench", the conditioning of the operating wastes, the update of the environmental data, etc. Meanwhile a waterproof barrier will be completed.

Finally it is expected that in 2008 the dismantling activities of Bosco Marengo site will start.

Engineering Services

It is worth mentioning the SOGIN activities in the field of services supply in the environmental restoration and nuclear plants. In particular, the latter ones are related mostly with eastern European countries and namely Armenia, Russia, Kazakstan and others, with a special mention to the role of SOGIN in the G8 Global Partnership Initiative for the reduction of Russian mass destruction weapons, including the dismantling of nuclear submarines.

Another important SOGIN involvement is related to the decommissioning planning and design of several old nuclear installation of the Ispra JRC, with the opportunity of being responsible also of the consequential activities.

SOGIN has also provided essential technical support in the Due Diligence performed by ENEL before the acquisition of Slovenské Elektrárne and its Nuclear Power Plants and has continued the technical support after the acquisition. A similar support is being given to ENEL in the assessment of ENEL participation in the EPR French Flamanville project, as well as in Romania and Bulgaria.

ENEA participation in LACANES Benchmark

Authors: Francesco Saverio Nitti, Paride Meloni

ENEA participation in the benchmark aims at the assessment of the RELAP5 code specifically modified for treating heavy metal cooling fluids. This code is the ENEA's reference tool for transient and accident analyses in Heavy Liquid Metal (HLM) Cooled Systems. Both the RELAP latest versions, Mod 3.2 and Mod3.3, have been applied in the first part of the benchmark with almost identical results. Therefore RELAP5 Mod3.3 has been chosen as the reference code for the ENEA's participation in the benchmark.

RELAP5 Code Version for HLM

Modification for heavy metal fluid

The RELAP5 code was developed for LWR LOCA analysis, extensively validated and worldwide used as a best estimate code for LWRs. The Thermo-Hydraulic system code is based on a 6-equation 2-fluid model describing mass, momentum and energy balances of separated steam and liquid phases. This code /1/ was chosen in the frame of the Italian research program on ADS (TRASCO) as the reference code for the thermal-hydraulics analysis of Pb and Pb-Bi cooled systems.

This original version was modified generating the physical and thermodynamic properties for Pb, Pb-Bi (soft sphere model) and for diathermic Oil and updating several original routines in order to implement new correlations for heavy liquid metal. Moreover specific heat transfer correlations were added: convective heat transfer for heavy liquid metals evaluated according to Seban-Shimazky (pipe) or Subbotin-Ushakov (tube bundle), and for oil helical path (Gnielinsky).

Assessment activity

The modifications, that mainly concern Pb and Pb-Bi physical properties and thermal exchange correlations, have been validated against experimental data. The qualification was mainly based on experimental program carried out at ENEA Research Centre of Brasimone (Italy) on support of XADS design and MEGAPIE experiment.:

- Capability to simulate a two component, two phase mixture of liquid lead-bismuth and steam successfully assessed using EGTAR-3 experiment (ANSALDO)
- Capability to simulate LBE natural circulation in a loop successfully assessed on CHEOPE experimental facility (Brasimone- Italy) /2/
- Capability to simulate a two component, two phase mixture of liquid lead-bismuth and gas successfully assessed using the CIRCE gas-lifting tests (Brasimone Italy) /3/
- Validation of thermal-exchange correlations against MEGAPIE single-pin tests (Brasimone) and integral tests (PSI) /4/

Models and Nodalisation

RELAP5 Nodalization

The objective of the ENEA's participation in the LACANES benchmark is to assess both the code used for transient analysis and the procedure followed to build the code model of the Heavy Metal Cooled System to be analyzed. For this reason the nodalization of the Helios loop has been developed with the simulation detail adopted in the reactor applications, moreover, the models for the computation of the singular pressure drops have been drawn from the hydraulic Handbook usually used as a reference /5/.

The nodalization scheme of the RELAP5 model is reported in Fig. 1. It represents a complete one - dimension description of the forced flow path of the Helios loop. The 250 hydraulic meshes ranges between 0,05 m and 0,15 m in order to join sufficient detail in the description with an acceptable

computation time. That implies an error in calculating the punctual value of the parameters like pressure and temperature due to the averaging process in the mesh.

As the first part of the benchmark is purely hydraulic, neither pipe walls nor internal structure have been simulated for the time being, so the calculation concerns a completely adiabatic system. In order to avoid the simulation of the pump dissipation heat the RELAP5 pump module has not been used and the Lead-Bismuth flowrate has been imposed by a boundary condition.

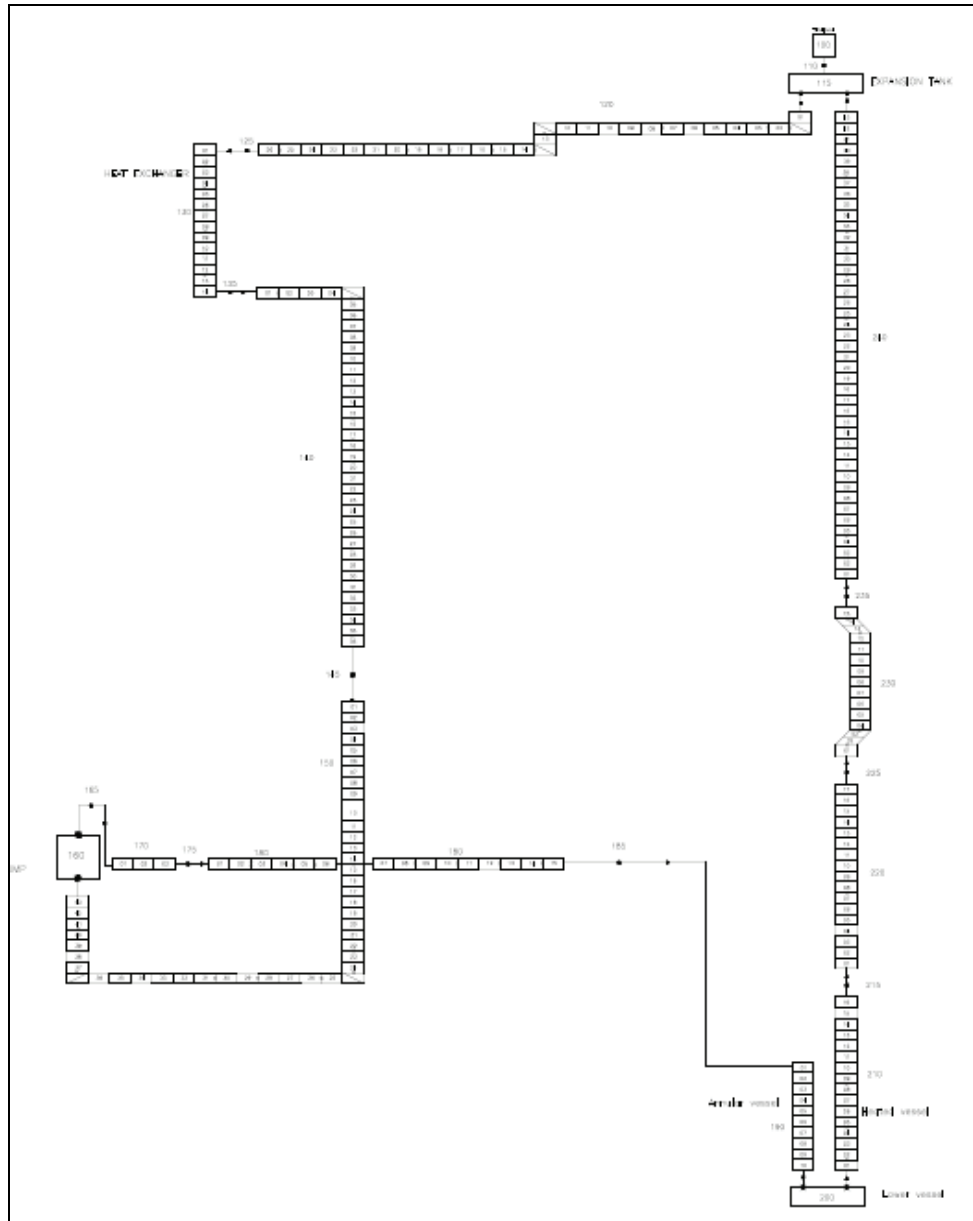


Fig. 1 – Nodalization Scheme of Helios Loop for RELAP5 code

Distributed Friction Losses

The friction loss coefficients are calculated directly by the RELAP5 code. To perform the calculation of Darcy-Weisbach friction factor for the distributed friction loss inside the loop, the code utilize the different correlations reported in Table 1 at different flow regimes. In detail it use correlations for laminar flow regime, for turbulent flow regime and for transition flow regime from laminar to turbulent. The turbulent friction factor is given by the Zigrang-Sylvester engineering approximation to the Coolebrook-White correlation. The first one has the advantage that it is an explicit relation for the

friction factor, while the second one is a transcendental function requiring iteration for the friction factor calculation.

Laminar flow regime	$\lambda_L = \frac{64}{\text{Re}\Phi_s}$	$0 \leq \text{Re} \leq 2200$
Turbulent flow regime	$\frac{1}{\sqrt{\lambda_T}} = -2 \log_{10} \left\{ \frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{\text{Re}} \left[1,14 - 2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon}{D} - \frac{21,25}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right] \right\}$	$\text{Re} > 3000$
Transition flow regime	$\lambda_{L,T} = \left(3,75 - \frac{8250}{\text{Re}} \right) (\lambda_{T,3000} - \lambda_{T,2200}) + \lambda_{T,2200}$	$2200 \leq \text{Re} \leq 3000$

Table 1 – RELAP5 Correlations for friction factors

Φ_s Shape factor for noncircular flow channel, ϵ Surface roughness, D Hydraulic diameter,

$\lambda_{L,2200}$ Laminar friction factor at Re=2200,

$\lambda_{L,3000}$ Laminar friction factor at Re=3000

Concentrated Friction Losses

The flow area variations as well as elbows, orifices and grids are taken into account in the RELAP5 model by means of concentrated pressure drops ($\frac{1}{2} \zeta \rho V^2$). The pressure losses coefficient are pre-calculated by means of correlations mainly drawn by the IDELCIK book /5/ and introduced in the corresponding junctions of the RELAP5 nodalization. In the following these correlations are briefly described.

Bend loss coefficients. The general loss coefficient formula used is the following:

$$\zeta = k_{\Delta} k_{\text{Re}} \zeta_M + \zeta_f \quad \text{where} \quad \zeta_M = A_1 B_1 C_1 \quad \text{and} \quad \zeta_f = 0.0175 \lambda \frac{R}{D} \delta^\circ$$

The values A_1 , B_1 , C_1 , λ , k_{Δ} , k_{Re} are determined by diagrams/tables in function of Re, Δ , R/D, and δ° . The above relations are valid for bends with roughness $\Delta > 0$, $0.5 < R/D < 1.5$ and $0 < \delta^\circ \leq 180$

Sudden changes in flow area. The relations in Table 2 /5/ had been used for all concern flow situations and in several particular cases:

- Heat Exchanger Inlet - The exit area A_1 calculated with a radius r equal to distance between the axis of inlet pipe and the top of heat exchanger.
- Heat Exchanger Outlet - Exit area A_1 calculated with a radius r equal to the distance between the axis of outlet pipe and the bottom of heat exchanger.
- Core Inlet - Exit area A_1 calculated with a radius r equal to distance between the axis of inlet pipe and the top of core vessel.
- Gasket - There are a lot of pipe connections with gaskets along the loop, so it is important to calculate the pressure drop on each one. The shape of path flow between connection flanges and gasket has been treated like a sudden expansion followed by a sudden contraction. The limit of this approach could be the fact that the relations are valid for a completely developed flow, whereas before the sudden contraction this is not the case, nevertheless such a consideration can be made in several other loop locations.
- Pump Outlet - The pump outlet show a complex situation from point of view of change flow area variation. The system is made by a pump outlet section plus a valve and two connection gaskets. It was schematized like a sequence of sudden expansion and contraction sections.

Heat exchanger and core grids. The pressure drop coefficient on the grids are calculated by Rehme correlation /6/ reported in Table 2.

Orifice: The pressure drop on a orifice was calculated by means of a formula in Table 2 /5/.

Glove Valves. The valves were totally open in the loop configuration considered for the first phase of the benchmark. The total pressure loss coefficient provided by the manufacture ($\zeta= 0.973$) is introduced in the nodalization junctions corresponding to the valve locations.

Sudden Change in Flow Area	$\zeta = \left(1 - \frac{A_0}{A_1}\right)^2$	Sudden Expansion	A_0 smollest area A_1 biggest area
	$\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{A_0}{A_1}\right)$	Sudden Contraction	
Grids	$\zeta = C_V \varepsilon^2$	$C_V = 3,5 + \frac{73,5}{R_e^{0,264}} + \frac{2,79 * 10^{10}}{R_e^{2,79}}$	A_V Grid area A_S Flow area without grid
		$\varepsilon = \frac{A_V}{A_S}$	
Orifice	$\zeta = \left(1 + 0,707 \sqrt{1 - \frac{F_0}{F_1} - \frac{F_0}{F_1}}\right)^2 \left(\frac{F_1}{F_0}\right)^2$	$R_e \geq 10^5$	F_0 smollest area F_1 biggest area

Table 2 - Singular Pressure Loss Coefficient for Flow Area Variation

Preliminary Results

The RELAP5 model here described has been used to simulate the two steady state conditions at high (13.57 kg/s) and low (3.27 kg/s) mass flowrate proposed to characterize the HELIOS facility pressure drops. The singular pressure drop coefficients that depend on flow conditions through the Reynolds number like the bend loss coefficients and the grid coefficients are calculated and introduced in the model for each mass flowrate.

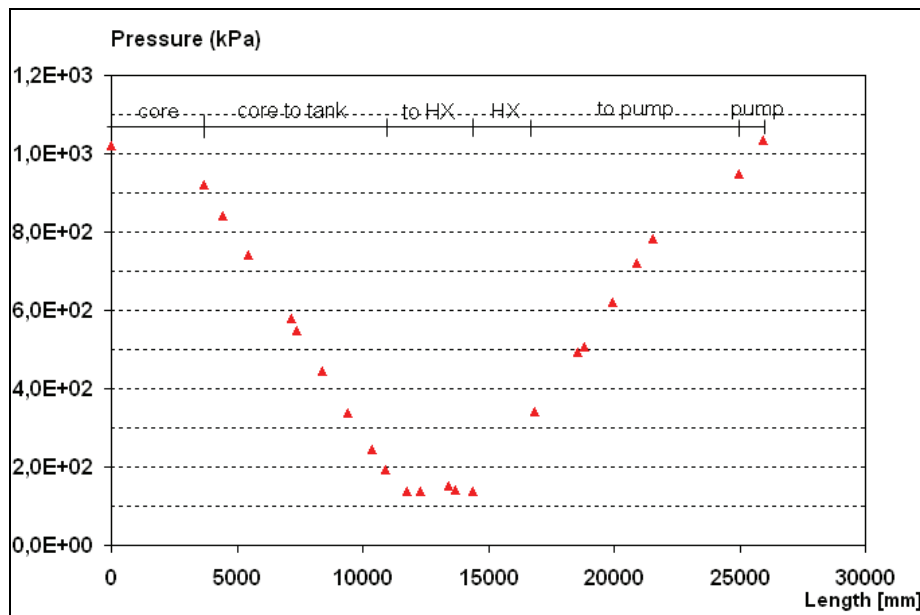


Fig. 2 – Pressure Distribution in HELIOS Loop at High Flow Conditions

As an example of the results obtained, the pressure distribution along the loop is reported in Figure 2 for the high mass flowrate conditions. RELAP5 has calculated that an head of 1,439 bar has to be supplied by the pump to have a LBE mass flowrate of 13.57 kg/s in the Helios loop. It has to be noticed that the absolute values of the pressure depend on the level imposed in the upper tank (0.3 m) as a boundary condition for the calculations.

- /1/ P. Meloni et al., “Implementation and Preliminary Verification of the RELAP5/PARCS Code for Pb-Bi Cooled Subcritical System”, Proc. of the International Conference on Accelerator Applications AccApp01, Nuclear American Society, Reno, USA, 2001
- /2/ P.Meloni et al., “Natural circulation of Lead-Bismuth in a one-dimensional loop: experiments and code predictions”, Proc. of the International Conference ICONE-10, Arlington, USA, 2002
- /3/ P.Meloni et alt., “Investigation of RELAP5 Capability to simulate the LBE Cooling System Thermal-Hydraulic”, Proc. of the 8th Information Exchange Meeting on Transmutation and Partitioning (IEMTP), Las Vegas, USA, 2004,
- /4/ P.Meloni et alt., “Verification of the RELAP5 Code against the MEGAPIE Irradiation Experiment”, To be presented at 10th Information Exchange Meeting on Transmutation and Partitioning (IEMTP), 6-10 October 2008, Mito, Japan
- /5/ I.E. Idelchik, “Handbook of Hydraulic Resistance”, 3rd Edition, Published by Jaico Publishing House, 2003
- /6/ Klaus Rheme, “Pressure drop correlations for fuel element spacers”, Nuclear Technology Review, Vol. 17 January 1973

NOTA INFORMATIVA

Partecipazione dal 18 al 21 novembre 2008 presso OECD/NEA,
Issy-les-Moulineaux, Francia

a

“Workshop on Processing Tools for Evaluated Nuclear Data Libraries,
“JEFF Working Group Meeting”
“NJOY User Group Meeting”

Dr. Massimo Pescarini
ENEA FPN-FISNUC


Si informa che il sottoscritto, Dr. Massimo Pescarini, ha partecipato a due riunioni di lavoro e ad un seminario presso la sede della OECD/NEA di Issy-les-Moulineaux, Francia, tra il 18 e il 21 novembre 2008.

Il 18 novembre e' stato organizzato il seminario “Workshop on Processing Tools for Evaluated Nuclear Data Libraries” nel quale sono stati presentati aggiornamenti ed approfondimenti sugli sviluppi dei piu' diffusi sistemi di processamento dati nucleari per la produzione di librerie a gruppi di energia di sezioni d'urto neutroniche e foto-atomiche per i codici di trasporto deterministici e per la produzione di librerie puntuali (continuous energy) per i codici stocastici tipo Monte Carlo. I sistemi di processamento presentati sono stati il sistema francese GALILEE e gli americani NJOY e AMPX. In particolare lo sviluppo di questo ultimo sistema e' ripreso ad ORNL, dopo diversi anni di stasi in cui si era in cui si era fatta progressivamente piu' acuta la necessita' di una profonda revisione del sistema AMPX. Tale nuova versione ancora in fase di sviluppo e' principalmente finalizzata a produrre librerie di sezioni d'urto per il sistema SCALE per la sicurezza di criticita' e si vuole che costituisca un secondo sistema americano di processamento dati completamente indipendente, alternativo al sistema NJOY sviluppato a LANL. E' stato annunciato in particolare che sara' rilasciata una versione aggiornata di AMPX per il 2010. Il sottoscritto e' intervenuto nel corso del dibattito sul sistema AMPX comunicando il recente trasferimento, su esplicita richiesta di OECD/NEA Data Bank ed ORNL-RSICC, di una nuova versione corretta e aggiornata del sistema SCAMPI (versione per workstation del sistema AMPX), sviluppata al Gruppo Dati Nucleari di ENEA-Bologna e resasi necessaria per il processamento delle nuove librerie di dati valutati JEFF-3.1 ed ENDF/B-VII.0 in doppia precisione. Si sottolinea che tale versione sviluppata in ENEA-Bologna gia' incorpora alcune delle piu' importanti modifiche che saranno incluse nella versione aggiornata ORNL che sara' rilasciata nel 2010.

Il 19 e il 20 novembre si e' tenuto il JEFF Working Group Meeting per la valutazione, il processamento e la validazione dei dati nucleari. Dopo la presentazione di lavori di diversa natura sono state date anticipazioni sul rilascio della libreria JEFF-3.1.1, contenente solo correzioni dei dati valutati JEFF-3.1,

e sul rilascio della libreria JEFF-3.2 di nuovi dati valutati, previsto per la primavera 2010. Nell'ambito della riunione ristretta del Gruppo di Coordinamento Scientifico del Gruppo di lavoro JEFF (JEFF-SCG), il sottoscritto ha dato al Presidente del Gruppo JEFF, Dr. A. Koning, copia di un lavoro del Gruppo Dati Nucleari di FPN-FISNUC, recentemente presentato ad Interlaken (Svizzera) alla Conferenza PHYSOR'08 sulla fisica del reattore. Il lavoro descrive le modalita' di processamento dati e i risultati di validazione relativi a due librerie (BUGJEFF31 e BUGENDF70) di lavoro prodotte in ENEA-Bologna dal Gruppo Dati Nucleari, basate rispettivamente su dati JEFF-3.1 ed ENDF/B-VII.0. In particolare il processamento dati e' stato effettuato con la nuova versione ENEA-Bologna di SCAMPI precedentemente citata mentre una validazione preliminare delle librerie e' stata compiuta con il codice di calcolo di trasporto deterministico TORT (ORNL) ad ordinate discrete su una esperienza benchmark (VENUS-3) ingegneristica belga di schermaggio neutronico a geometria complessa, le cui specifiche geometrico-composizionali sono contenute nella banca dati internazionale di benchmark di schermaggio SINBAD. Si rileva che queste nuove librerie sono di particolare utilita' industriale, in quanto specificamente concepite per i reattori ad acqua leggera (LWR) per calcoli di schermaggio e di danno da radiazione nel recipiente in pressione (pressure vessel). Si sottolinea infine che il contributo del Gruppo Dati Nucleari alla predisposizione di un futuro rapporto ufficiale OECD/NEA Data Bank sulla validazione della libreria di dati valutati JEFF-3.1 si e' concretizzato con il precedente invio al Presidente JEFF di una copia elettronica del rapporto, dedicato alla libreria VITJEFF3.1 a 199 gruppi neutronici 42 gruppi fotonici generata a Bologna su dati JEFF-3.1, contenente i risultati di calcoli di criticita' per circa 90 esperienze benchmark con spettri neutronici termici, epitermici e veloci, tratte dalla banca dati internazionale ICSBEP. Il sottoscritto ha infine proposto in sede JEFF-SCG di predisporre una commissione di lavoro per la individuazione di un numero minimo e significativo di esperienze di criticita' da proporre per la validazione delle future librerie di dati valutati in modo da promuovere e favorire il confronto incrociato di contributi ottenuti con diversi metodi di calcolo e da diversi gruppi di lavoro. La proposta e' stata accolta favorevolmente dal Presidente JEFF.

Il giorno 21 novembre si e' infine tenuto lo NJOY User Group Meeting. Il Dr. A. Khaler (LANL), in qualita' di Presidente e capo dello sviluppo di NJOY, ha presentato i piu' recenti sviluppi di questo sistema di processamento dati nucleari americano, gia' da diversi anni divenuto uno standard di riferimento internazionale. E' stato annunciato che una nuova versione di NJOY, denominata NJOY-2008, verra' rilasciata alla fine dell'anno. NJOY-99 sara' mantenuto per un altro anno per fare confronti di performances tra i due sistemi poi verra' ritirato. Il dibattito si e' poi concentrato sulle varie esperienze nel processare, con i moduli di NJOY ERRORJ ed ERRORF, i dati di covarianza per i calcoli di sensitivita' ed incertezza, ora raccomandati anche in sede industriale. L'organizzatore OECD/NEA del Meeting, Dr. E. Sartori, ha chiesto poi parere al sottoscritto se era il caso di promuovere l'inserimento nel modulo HEATR di NJOY di una modifica, elaborata da S.P. Simakov, A. Yu. Konobeyev e U. Fischer (FZK), per tenere in conto nel processamento dati dei difetti strutturali sopravvissuti dopo il bombardamento neutronico. Il sottoscritto ha dato risolutamente parere favorevole a questa azione che tende a saldare i risultati delle analisi di danneggiamento con i metodi del trasporto

 Centro Ricerche Bologna	Sigla di identificazione FPN – P9LU - 038	Rev. 0	Distrib. L	Pag. 65	di 65
--	---	------------------	----------------------	-------------------	-----------------

neutronico con i reali difetti microstrutturali indotti, responsabili diretti dell'infragilimento dei materiali.