

## DIECI ANNATE DI "ENERGIA NUCLEARE"

In quest'ultimo decennio lo sviluppo dell'energia nucleare italiana ha subito una serie di vicende, condizionate anche da eventi internazionali, che, in termini assolutamente sintetici, possono essere richiamate alla memoria con la lettura degli Editoriali che la rivista "Energia Nucleare" ha pubblicato di momento in momento.

# DIECI ANNATE DI "ENERGIA NUCLEARE"

In quest'ultimo decennio lo sviluppo dell'energia nucleare italiana ha subito una serie di vicende, condizionate anche da eventi internazionali, che, in termini assolutamente sintetici, possono essere richiamate alla memoria con la lettura degli Editoriali che la rivista "Energia Nucleare" ha pubblicato di momento in momento.



# DIECI ANNATE DI "ENERGIA NUCLEARE"

Il mondo si muove verso lo sviluppo dell'energia nucleare fissile. L'Europa ha una grande tradizione in questo campo. In Italia, la ricerca è stata avviata nel 1954. Nel 1964, il governo ha deciso di costruire un reattore di ricerca a Casaccia. Nel 1974, il Parlamento ha approvato la legge quadro sull'energia nucleare. Nel 1984, il governo ha deciso di costruire un reattore a produzione di energia elettrica a Casaccia. Nel 1994, il governo ha deciso di costruire un reattore a produzione di energia elettrica a Casaccia. Nel 2004, il governo ha deciso di costruire un reattore a produzione di energia elettrica a Casaccia. Nel 2014, il governo ha deciso di costruire un reattore a produzione di energia elettrica a Casaccia. Nel 2024, il governo ha deciso di costruire un reattore a produzione di energia elettrica a Casaccia.

**Direttore responsabile/**Enrico Cerrai  
CISE, Segrate (MI)

**Registrazione/**Tribunale Civile e Penale di Milano,  
numero 2594 del 16.1.85

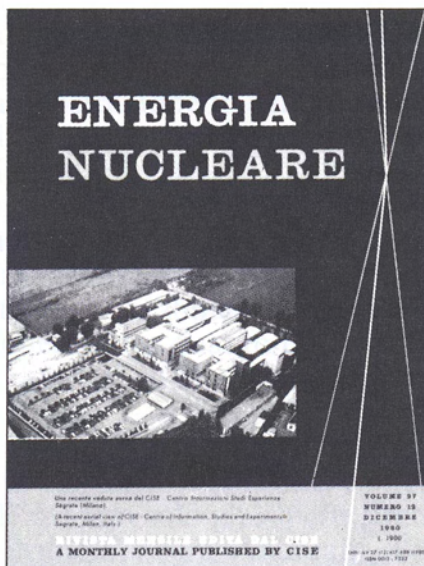
**Stampa/**Amadeus s.p.a., Industria Poligrafica  
Europea, Ariccia (loc. Cecchina), s/s Nettunense  
km 7,347, tel. 9343687

# ENERGIA NUCLEARE RITORNA

DICEMBRE 1984

“Energia Nucleare” nacque nel 1951 come Notiziario del CISE di Milano. Primo periodico italiano in quel settore suscitò ben presto l'interesse degli ambienti scientifici e industriali tanto che fu trasformato in una rivista, prima bimestrale, poi mensile. Alla fine del 1980, il CISE, che aveva molto diversificato la propria attività, cedette la testata al CNEN, oggi ENEA, affinché, come lo stesso Ente intendeva, una simile pubblicazione non avesse a cessare. Essa doveva, infatti,

continuare ad assolvere il compito di far conoscere le più significative attività scientifiche e tecniche svolte in Italia e all'estero agendo da canale di informazione tra mondo scientifico e industriale. Nel 1984 sono state definitivamente decise la natura e la veste del periodico ed io ho avuto l'onore di essere chiamato con l'incarico di Direttore Responsabile, a coordinare il Comitato Scientifico composto di noti esperti italiani in campo nucleare. L'atto del Presidente Colombo e del suo Consiglio di Amministrazione, che hanno voluto richiamare attorno alla rivista nel suddetto Comitato alcuni di coloro che già ne ebbero cura nel periodo precedente, vuol mantenere un filo ideale di collegamento con ciò che per tre decenni ha significato tale periodico per i ricercatori, gli scienziati e i tecnici italiani. La rivista, che continuerà a pubblicare anche in inglese, diviene quadrimestrale e tratterà non solo di scienza e tecnologia ma anche di temi più generali, come quelli economici e ambientali, profondamente connessi con lo sviluppo del settore nucleare. Qualità e interesse dei contenuti sono



garantiti anche dalla ferma intenzione manifestata dall'ENEA di convogliare su “Energia Nucleare” il maggior numero possibile di conoscenze e informazioni sull'attività scientifica e tecnica dei principali enti e industrie e sui programmi nazionali ed internazionali di sviluppo e sperimentazione di prototipi. In questo primo numero, nel riprendere il contatto con i lettori, presentiamo le interviste al Presidente Colombo e al Presidente Corbellini e forniamo un'ampia

illustrazione del Progetto Unificato Nucleare, delle nuove centrali previste dal PEN e di alcune attività di ricerca ad esse relative.

La rivista ricompare proprio nel momento in cui la recente decisione sulla localizzazione di Trino Vercellese consente, dopo circa dieci anni, la ripresa dell'installazione di centrali elettronucleari nel Paese.

Essa dovrà, pertanto, fornire un essenziale contributo al rinnovato interesse per la fonte nucleare. Tale contributo si baserà su una rigorosa analisi scientifica dello sviluppo della tecnologia nucleare con i suoi stringenti requisiti di sicurezza e sarà orientato verso l'innovazione di prodotti e processi tramite il trasferimento della suddetta tecnologia ad altri settori industriali.

Il contributo sarà tanto più significativo quanto maggiore sarà l'apporto che collaboratori vecchi e nuovi vorranno dare alla rivista che riprende ad uscire. Fiducioso che questo invito incontri la più vasta eco, rivolgo il mio più caldo ringraziamento a tutti coloro che hanno collaborato e intendono collaborare alla realizzazione della rivista. (Enrico Cerrai)



# EDITORIALE

APRILE 1985

Il presente numero è il primo del 1985. Il precedente, che apriva la nuova serie della rivista, è stato completamente dedicato all'energia nucleare da fissione. La misura della penetrazione in campo mondiale di questa fonte energetica è ivi fornita dalla panoramica completa delle centrali elettronucleari in esercizio e in costruzione.

Abbiamo voluto, oggi, introdurre per i nostri lettori il tema della fusione nucleare a fini civili e industriali, o della fusione controllata, per gettare uno sguardo sull'estremo più avanzato delle tecnologie energetiche.

Come ricordato all'interno, non abbiamo inteso, né ci sarebbe stato possibile, pubblicare in un solo numero tutto quanto riguarda il problema della fusione. Per il momento ci siamo limitati ad alcuni programmi attualmente in corso in Europa.

Gli articoli pubblicati formano un primo gruppo della serie. Certamente torneremo sull'argomento con altri interessanti contributi. In questi primi articoli sono stati considerati non solo gli aspetti strettamente tecnici, tecnologici e scientifici (Brunelli, Segre, Andreani, Toschi), ma anche quelli più generali (Silvestri) e formulate alcune considerazioni di interesse didattico (Caschi e collaboratori) relative al caso particolare di una disciplina, non nuova, la magnetoidrodinamica, che sta prendendo nuova importanza anche per la formazione dell'ingegnere destinato ad operare nella ricerca e nello sviluppo per la fusione.

Una caratteristica peculiare di questo numero è costituita dall'articolo di Conversi sulle conquiste della scienza nella comprensione delle leggi fondamentali della natura. Si tratta di un considerevole progresso nella interpretazione dei fenomeni relativi alle forze nucleari. Sebbene l'argomento non rientri nei temi usualmente trattati, abbiamo voluto rendere omaggio al decisivo contributo fornito dagli scienziati europei, la cui importanza è stata riconosciuta al massimo livello con il Premio Nobel assegnato a Carlo Rubbia ed a Simon Van Der Meer. Ci è gradito anche ricordare che proprio alla fine di aprile ha avuto luogo la prima osservazione diretta di particelle "beauty", ad opera di un gruppo di ricercatori della sezione di Roma dell'INFN.

Il numero contiene inoltre articoli di ricerca su problemi riguardanti i combustibili nucleari. Il primo, di Benzi, indaga sulla produzione spontanea di neutroni provocata dalla reazione ( $\alpha, n$ ) che ha luogo nel combustibile di ossido di uranio o plutonio ed a seguito della quale il materiale viene a costituire una sorgente neutronica intrinseca. Il secondo, di Cumo e collaboratori, esamina le varie alternative possibili nella gestione del ciclo del combustibile nucleare evidenziandone gli aspetti economici.

A partire da questo numero la rivista apre una rubrica, che riteniamo utile a buona parte dei nostri lettori, dedicata alla normativa italiana in campo nucleare prodotta a cura dell'UNICEN.

Enrico Cerrai



# EDITORIALE

SETTEMBRE 1985

I due numeri precedenti hanno trattato, fra l'altro, il tema delle centrali nucleari di potenza con particolare riguardo al Progetto Nucleare Unificato (PUN), e l'argomento della fusione controllata. Il presente numero torna al campo dell'energia da fissione con alcune problematiche di rilevante interesse, oltre che scientifico, anche pratico.

La prima sezione del numero è dedicata, infatti, ad un importante aspetto della sicurezza dei reattori, il cosiddetto LOCA (Loss of Coolant Accident), ovvero l'incidente costituito dalla perdita di fluido termovettore dal sistema di raffreddamento del nocciolo del reattore.

Da diversi anni molti studi e molti programmi sperimentali vengono svolti in tutti i paesi industrializzati al fine di individuare gli eventi più significativi di tale incidente, i riflessi più importanti sul comportamento del sistema nucleare e per affinare i mezzi di protezione preventiva, nonché gli interventi di emergenza atti a contenere i danni che potrebbe subire l'impianto. La maggior parte del lavoro dei ricercatori è dedicato ai reattori raffreddati ad acqua naturale (LWR), i quali, come è noto, hanno nel mondo la massima diffusione commerciale.

Anche in Italia molti laboratori di ricerca sulla sicurezza si dedicano a studi ed esperienze nel campo del LOCA. A testimonianza dello sforzo scientifico e tecnico prodotto in proposito nel nostro paese, pubblichiamo quattro articoli originali che provengono dall'Università di Pisa, dal CISE e dalla SIET svolti tutti nel quadro dei programmi patrocinati dall'ENEA, e che riguardano sia i sistemi ad acqua in pressione sia quelli ad acqua bollente.

Come commentiamo più avanti, la seconda sezione del numero è dedicata ad una serie di argomenti che riguardano i rifiuti radioattivi, area non meno importante di quella della sicurezza ai fini dello sviluppo dell'energia nucleare.

La gestione, il trattamento e lo smaltimento di tali rifiuti, come è noto, debbono essere eseguiti con sistemi che forniscano soluzioni sicure e durevoli nel tempo.

Un articolo di neutronica riguardante un modello di calcolo per la diffusione, divide idealmente le due sezioni del numero.

Completano il fascicolo le consuete rubriche: normativa, informazione e congressi.

Enrico Cerrai



# EDITORIALE

DICEMBRE 1985

Questo numero, che per tema guida ha il reattore veloce, chiude la serie dei fascicoli del 1985. Sono doverose alcune considerazioni sui fatti più salienti dello sviluppo dell'energia nucleare.

Per quanto riguarda il nostro Paese è da sottolineare la decisione, ormai irrevocabile, presa dal Consiglio di Amministrazione dell'ENEL il 6 novembre u.s., di ordinare all'Ansaldo la costruzione della centrale di Trino Vercellese, detta Trino II (2 unità PWR da 1000 MWe nominali l'una). Le caratteristiche fondamentali dell'impianto si rifanno al Progetto Unificato Nucleare (PUN), illustrato nel numero di dicembre 1984 di questa rivista.

Tale decisione può significare la ripresa del programma di realizzazione del parco di impianti previsti dal Piano Energetico Nazionale, approvato, nella sua versione aggiornata, nel dicembre 1985, dal Parlamento.

È da notare che la scelta del tipo di impianto, dotato di reattori ad acqua in pressione, segna l'inizio di un nuovo cammino dell'industria nazionale, che nelle due ultime realizzazioni di grande potenza ha avuto di fronte i problemi dei reattori ad acqua bollente (BWR da 870 MWe a Caorso, in esercizio, e due BWR da circa 1000 MWe l'uno a Montalto di Castro, in costruzione).

Ci è sembrato opportuno ricordare la suddetta decisione perché il 1985 può essere definito come l'anno del superamento degli effetti negativi dell'incidente di Three Mile Island (TMI-2). La prima unità (TMI-1) della centrale, dopo ben 6 anni di arresto, ha ripreso a funzionare negli ultimi mesi del 1985.

Sull'argomento, pubblichiamo un ampio resoconto (S. Villani) del recente convegno organizzato a Hershey (Pennsylvania) dall'American Nuclear Society, col titolo "TMI-2: A Learning Experience". Dopo il profondo esame di coscienza provocato da un incidente molto impressionante, ma che è risultato dannoso unicamente sul piano economico e culturale, e non su quello sanitario, si può affermare che la crisi di "astinenza" verificatasi negli Stati Uniti (una cinquantina di impianti già ordinati furono depennati), e non solo in essi, sia superata.

Si individuano, infatti, chiari segni di ripresa del cammino nucleare anche in USA. Agli inizi del 1986 sarà inaugurato il centesimo impianto di potenza. La produzione di energia elettrica delle 97 centrali in esercizio è stata nel 1985 di 380 miliardi di kWh, circa il 16% della produzione elettrica comples-



siva, seconda solo a quella da carbone. Le nuove centrali nucleari stanno entrando in servizio al ritmo di una ogni otto settimane. Sembra plausibile che nei quindici anni che ci separano dal duemila, in aggiunta alle centrali ultimate ed alle 31 ancora in costruzione, nuove unità verranno messe in cantiere per soddisfare il crescente fabbisogno di energia elettrica del paese.

Non senza riflessi sulla politica energetica dell'Italia è un altro importante avvenimento: la centrale autofertilizzante veloce europea Superphénix situata a Creys Malville (vicino a Lione), connessa alla rete il 14 gennaio 1986, è prossima ad entrare in regolare esercizio commerciale.

L'Italia ha partecipato all'impresa, che nacque sotto l'egida dell'UNIPEDE, in modo non secondario, con una quota del 33%. L'energia prodotta potrà essere ritirata dal nostro paese fino a quella quota. Le origini della partecipazione italiana sono ricordate più avanti nell'introduzione al tema guida di questo numero.

La prima parte del fascicolo, aperta dall'articolo generale di A.M. Angelini, è dedicata alla centrale Superphénix (A. Broggiato, R. Casini e B. D'Onghia), alla collaborazione europea (G. Pierazzi) ed alle possibilità sperimentali dell'impianto PEC in costruzione a Monte Cuccolino presso Bologna (ENEA, Dipartimento Reattori Veloci - Unità Reattore PEC). Uno degli aspetti più rilevanti della progettazione degli impianti nucleari è quello connesso con gli effetti dei sismi. Su questo argomento, sempre applicato al caso del reattore veloce, pubblichiamo un ampio articolo preparato dagli specialisti dell'ENEA, in collaborazione con AGIP, ANSALDO/NIRA e ISMES.

Al termine della prima parte pubblichiamo un quadro dello stato dei reattori veloci nel mondo alla fine del 1985 (P. Fiorentini).

La seconda parte del numero si ricollega ai problemi delle centrali nucleari tradizionali, di cui all'inizio di questo editoriale. È ormai accertato, e gli Stati Uniti hanno provato ciò con l'esperienza diretta, anche amara, che la sicurezza può essere sempre garantita, quanto più accurata, controllata e normalizzata sia la progettazione dell'impianto, quanto meglio sia addestrato il personale, quanto più scrupolosamente siano seguite le procedure di garanzia della qualità (un esempio in proposito è riportato da Scardigno in "La sicurezza e la garanzia della qualità per l'industria nucleare USA dopo TMI"). Tutti questi temi debbono essere sostenuti da risultati di ricerche sistematiche sulle fenomenologie più importanti relative al funzionamento degli impianti.

Abbiamo perciò riportato articoli originali sui problemi di fluido dinamica e termoidraulica che descrivono ricerche eseguite dall'ENEL e dall'Università di Pisa.

Le rubriche concernenti le informazioni, la normativa (glossario nucleare) ed il calendario dei congressi 1986 completano il numero.

Enrico Cerrai



# ANCORA UNA LEZIONE

APRILE 1986

Non è terminato l'esame approfondito di tutte le implicazioni dell'incidente di Three Mile Island 2, che già dobbiamo aprire affannosamente un nuovo capitolo. La "lezione istruttiva", che a nostro parere, chiunque opera nelle tecnologie nucleari avrebbe dovuto trarre dall'evento di sette anni fa non è stata sufficiente. Eppure, nell'ottobre scorso, nel convegno del quale abbiamo dato ampio resoconto ("Energia Nucleare" 2, 103-111, dicembre 1985), tutti gli attori sulla grande scena nucleare, dopo l'esame di coscienza, hanno riconfermato alcuni principi fondamentali da seguire per rendere sicuri gli impianti nucleari.

I principi, ancora una volta, si riducono a pochi: una progettazione che si ispiri ai criteri della massima sicurezza, in tutti i sensi, cioè da quella intrinseca a quella imposta con interventi previsti e programmati, una fabbricazione e una costruzione eseguite con la migliore garanzia di precisione e di accuratezza, sotto controlli severi e prove di collaudo appropriate ed esaurienti, una gestione dell'impianto con operatori che abbiano costante coscienza di manovrare attorno ad un reattore nucleare e non attorno ad un banale impianto praticamente privo di rischi. Si è infatti molto insistito sulla qualificazione e riqualificazione del personale.

Se manca qualcuno fra i criteri sopra esposti, è molto grande il rischio di danno, almeno per quanto riguarda l'impianto. Circa poi il rapporto informativo con le popolazioni, è stato detto che si doveva mutare completamente atteggiamento a favore della chiarezza, della tempestività, dell'obiettività.

Lo stesso portavoce dei fornitori dell'isola nucleare degli Stati Uniti aveva dichiarato che un incidente come quello di TMI non sarebbe più dovuto accadere, o almeno, non più in quel modo, né sarebbe stato dimenticato.

Come si sa, gli effetti sanitari esterni di tale incidente furono irrilevanti.

Questa volta, purtroppo, gli effetti esterni, almeno all'intorno della centrale, sono stati notevoli. In più, la contaminazione radioattiva ha fatto il giro del mondo, mentre l'informazione è stata la più dimenticata o la peggio trattata.

Forse che i sovietici non avevano imparato la lezione di TMI? Eppure, dopo quell'incidente, non solo le modalità operative sul sito, ma le analisi degli eventi, i resoconti particolareggiati sulla catena dei guasti, sulla valutazione della contaminazione dell'impianto e della sua rilevazione quantitativa, il mi-



glioramento delle procedure, ogni cosa è stata resa pubblica ed esperti stranieri hanno potuto lavorare accanto ai colleghi degli USA.

In effetti, dal punto di vista impiantistico, i reattori a tubi in pressione, moderati a grafite e raffreddati con acqua bollente, sono vulnerabili, ma non tanto per quanto riguarda il comportamento nucleare, perché i complessi problemi della loro stabilità fisica e della loro regolazione erano stati risolti dai sovietici con approfonditi studi, con l'uso di strumenti e di codici. Infatti, una ventina di unità da 1000 MWe hanno potuto funzionare più o meno regolarmente durante gli ultimi quindici anni.

Essi sono vulnerabili per la loro architettura, poiché la parte superiore del nocciolo, che è sovrastata dalla enorme macchina di carico e scarico del combustibile, non è protetta da uno scudo meccanico a prova di urto violento. Le teste dei tubi in pressione, sia pure attraverso lo schermo biologico di calcestruzzo, debbono essere accessibili e manovrabili per la manipolazione in potenza degli elementi di combustibile.

In nessun tipo di impianto nucleare il nocciolo è così indifeso. Un incidente tradizionale, provocato o meno da una anomalia nucleare, un incidente da cantiere o da impianto chimico che abbia luogo in un reattore come questo non si risolve in se stesso con i suoi danni convenzionali, pur dolorosi e costosi, ma può scatenare una sequenza di eventi distruttivi, irrefrenabili, che risultano assai più gravi perché coinvolgono e trascinano sostanze radioattive. Se poi verso l'ambiente esterno la protezione è poco efficace, la diffusione della contaminazione è certa.

Ed allora? Tali reattori hanno il sistema di raffreddamento di emergenza, ed i calcoli probabilistici della catena degli incidenti sono stati eseguiti e sono validi, e sono anche affidabili. Può anche darsi che mai prima d'ora si siano verificate significative avarie ad uno delle migliaia e migliaia di tubi percorsi da acqua e vapore in pressione nelle venti centrali del tipo di Chernobyl. Però non è solo la rottura statistica di un manufatto che qui può giocare, come è invece nei reattori a recipiente in pressione, ma conta anche un possibile evento estraneo, impensato, ma evitabile solo se si seguono scrupolosamente le normali regole di sicurezza. Tale evento estraneo può aggredire e ferire a morte un impianto così poco protetto.

È questa la seconda, speriamo, ultima lezione?

Sarà una lezione e sarà veramente istruttiva anche questa, quando sapremo tutto ciò che è accaduto, quando sapremo che forse la causa non è stata un malfunzionamento del reattore, ma un infelice uso di certe tecnologie e procedure usuali.

Far sapere tutto, affinché tutti imparino, sarà il più grande doveroso omaggio che i sovietici potranno dedicare ai loro concittadini caduti o feriti a morte a Chernobyl.

Per quanto riguarda gli addetti ai lavori, parliamo pure di sicurezza nucleare, ancora una volta, però in modo stringato, essenziale e definitivo.



La nostra rivista non poteva restare muta di fronte all'evento che ha coinvolto l'opinione pubblica di tutto il mondo. Per questo, prima di aprire il numero con gli articoli programmati, abbiamo voluto riportare alcune considerazioni del presidente dell'ENEA Colombo e brevi commenti forniti da alcuni componenti del Comitato Scientifico come Silvestri, Benzi, Zorzoli.

A scopo informativo riportiamo anche la descrizione fornita dall'Agenzia Internazionale dell'Energia Atomica (AIEA) di Vienna a seguito di un sopralluogo compiuto in URSS da un gruppo di specialisti dell'Agenzia stessa e guidato dal direttore generale Hans Blix e il comunicato dell'Agenzia Nucleare dell'OCSE, dopo la riunione del 9 maggio del Comitato per la Sicurezza delle Installazioni Nucleari.

Al termine del numero abbiamo anche raccolto alcuni commenti pubblicati sull'argomento da alcune fra le principali testate estere.

Tornando al contenuto di questo fascicolo, a testimonianza della continua attività di ricerca e sviluppo nel campo dei componenti vitali per l'impianto nucleare, pubblichiamo articoli riguardanti i tubi in pressione, i generatori di vapore, la tecnologia di fabbricazione dei recipienti a pressione per i reattori del PUN. Un argomento che si proietta sulla tecnologia futura è lo studio dei problemi del contenitore dell'impianto Tokamak per gli studi sulla fusione.

Completiamo il numero con alcuni articoli di carattere tecnico più generale riguardanti processi o strumentazione nucleare.

In chiusura, prima del consueto ampio panorama dell'energia elettronucleare nel mondo che ha raggiunto in media nel 1985 il traguardo del 15% della produzione totale di energia elettrica, riportiamo anche un breve glossario dell'odierna fisica delle particelle elementari nella edizione riveduta dopo la prima pubblicazione su "La Chimica e l'Industria".

Enrico Cerrai

# EDITORIALE

SETTEMBRE 1986

Il disastro di Chernobyl, come previsto, ha polarizzato in tutto il mondo, ed a tutti i livelli, l'attenzione e l'ansia circa la produzione di energia mediante fissione nucleare.

I mezzi di diffusione, come la stampa quotidiana e periodica, la radio, la televisione, hanno riportato e continuano a riportare notizie, dati, argomentazioni, presunzioni, ipotesi e congetture. Niente da dire, essi svolgono la loro funzione. Ovviamente l'informazione è tanto più precisa e scientificamente fondata, quanto più specializzato è l'organo di diffusione o il redattore della notizia.

Resta il fatto che il pubblico di ogni paese industrializzato, ed in modo particolarmente copioso quello italiano, ha subito e continua a subire un bombardamento di notizie, per dire il vero non sempre completamente corrette, e pareri che spesso tradiscono emozione e ne suscitano altrettanta se non di più. Del resto, anche di emozioni si vive e non di solo ragionamento.

Questa è la realtà della nostra condizione umana, di fronte ad essa noi non neghiamo certamente il diritto privato all'emozione individuale, ma per la nostra funzione di periodico scientifico, crediamo nostro dovere unirci a tutti coloro che contribuiscono a soddisfare un altro diritto, oltre che individuale, collettivo, quello della informazione tratta dalle fonti ufficiali e dai documenti degli ambienti scientifici e tecnici più autorevoli e riconosciuti.

Per questa ragione, nel seguito, riportiamo alcuni significativi documenti provenienti da tre importantissimi eventi che si sono susseguiti durante i mesi recenti.

Il primo è "Il nucleare: energia di oggi e di domani" Conferenza Internazionale ENC '86 (Ginevra 1-6 giugno 1986) organizzata, sotto l'egida della NEA, da ENS, ANS e Forum europei e degli USA. Nessun titolo avrebbe potuto essere più significativo né divenire così drammaticamente attuale.

La conferenza, sul cui svolgimento riferiamo ampiamente nel testo, era stata programmata da tempo, molto prima che accadesse l'incidente a Chernobyl. Fino al 25 aprile 1986 erano stati accumulati 3800 anni reattore senza che si verificasse un solo incidente mortale in una centrale nucleare commerciale o un incidente con emissioni di radioattività su larga scala. Da quel momento non è stato più vero.

Inutile dire che il corso ed il contenuto della conferenza, pur nel rispetto della struttura generale, sono stati pesantemente influenzati dai fatti della drammatica notte di Chernobyl. Il vero titolo della conferenza poteva essere così ridefinito: "Nucleare: oggi



con Chernobyl, e domani con i suoi effetti". Fra le comunicazioni presentate, ne pubblichiamo tre relative all'apertura dei lavori ed una relativa alla conclusione. Le tre sono:

— "Riflessioni del Presidente della Kraftwerk Union (KWU)" (Repubblica Federale di Germania) di Klaus Barthelt.

— "The post-Chernobyl outlook for nuclear power", un'ampia relazione di Hans Blix, direttore generale dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA), uno dei primi ad accorrere sul luogo con una delegazione ufficiale.

— "Nuclear power: energy of today and tomorrow" — di Lord Walter Marshall of Goring — presidente del Central Electricity Generating Board (CEGB), l'ente inglese per la produzione di energia elettrica.

Mentre il primo articolo presentato in inglese dall'autore, è da noi pubblicato tradotto in italiano dal testo tedesco ufficiale, gli altri due sono nella loro versione originale. Così pure della relazione conclusiva "Résumé de la Conférence: les faits, les enseignements, les perspectives" di Gérard Renon, direttore generale del Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) francese, è riportato il testo originale.

Il secondo evento è "Incontro internazionale tra produttori di energia elettrica", organizzato dall'ENEL a Venezia dal 16 al 18 luglio 1986. Preceduta da una breve relazione, pubblichiamo la risoluzione finale sottoscritta dai rappresentanti degli enti a conclusione dell'incontro. Tale risoluzione, pur nella sua stringatezza, testimonia con equilibrio ed obiettività di alcune realtà sostanziali che nessuno, e tanto meno chi ha compiti e doveri di governo in ciascun paese, deve ignorare.

Il terzo evento è di capitale importanza tanto per il contenuto di informazione, quanto per le considerazioni alle quali darà luogo negli ambienti responsabili, ed infine per il fatto stesso di essersi verificato.

A Vienna, nel quartiere generale dell'AIEA, all'apertura del "Post-accident review meeting" (25-29 agosto 1986), di fronte a più di cinquecento esperti, delegati di quarantacinque nazioni, appartenenti a 14 organizzazioni, una delegazione ufficiale del Governo Sovietico ha comunicato durante l'intera giornata del 25 agosto, tutte le informazioni, tutti i dati e tutte le argomentazioni raccolte durante l'inchiesta governativa sui fatti di Chernobyl. È un avvenimento, questo, di portata storica. Esso rafforza per l'Agenzia di Vienna, purtroppo a causa di un evento così drammatico, una funzione sovranazionale che risulterà utile a tutti i paesi. Da questa resa dei conti, alla quale i sovietici si sono assoggettati con una franchezza che in certi momenti rasenta il masochismo, deve prendere forza una modalità comune di controllo, tale da garantire un utilizzo sicuro ed umanamente accettabile dell'energia nucleare da fissione. Sotto la responsabilità dell'AIEA la sicurezza degli impianti, il rispetto delle norme, la scelta dei tipi di reattore, dovranno essere fattori riconosciuti e rispettati da tutti i governi.

Le premesse per una simile evoluzione dei rapporti internazionali ci sono. I sovietici hanno prontamente risposto all'invito dell'AIEA per il "Post-accident review meeting" con la voluminosa documentazione in lingua inglese, la cui prima parte che contiene la ricostruzione dell'incidente, è pubblicata in questo fascicolo nella versione originale presentata all'AIEA.

Lo spazio destinato a Chernobyl in questo numero è piuttosto rilevante, ma i lettori comprenderanno quanto ciò sia dovuto all'eccezionale importanza dell'argomento. Non abbiamo però tralasciato altri temi.

Di interesse sono le tecnologie riguardanti il combustibile dopo l'utilizzo nel reattore. In proposito pubblichiamo un rapporto dell'AIEA che fa il punto della situazione "Status of spent-fuel dry storage concepts: concerns, issues and developments" seguito da una analisi di rischio dei diversi metodi di immagazzinaggio "Risk assessment of alternative spent-fuel storage technologies" effettuata da un gruppo di ricercatori del CCR-Ispra e del Politecnico di Milano.

I problemi di sicurezza dei rifiuti radioattivi sono discussi da De Crescenzo e Eletti dell'ENEA/DISP in "Safety aspects of radwaste management".

Completano questa parte della rivista gli articoli "Experience in burning ion-exchange resins solidified in polymers produced by the Caorso nuclear power plant di esperti della NUCLECO e del centro svedese di Studsvick e "Safeguards and measurement engineering" di esperti dell'Università di Roma e del CCR Ispra.

Per quanto riguarda gli articoli scientifici, questo numero riporta un programma di calcolo su problemi di cavitazione e colpo d'ariete in impianti di raffreddamento dei reattori, il "Transid" di Capozza del CISE, ed uno studio di neutronica relativo ai reattori PWR da parte di ricercatori del CISE e dell'ENEL-CRA.

Il numero è completato dalle rubriche Informazione, Congressi, Corsi.

Enrico Cerrai



# VERSO LA CONFERENZA NAZIONALE SULL'ENERGIA

DICEMBRE 1986

Mentre una settantina di paesi di tutto il mondo, Italia inclusa, seguono con i loro esperti gli sviluppi del dopo-Chernobyl attraverso i lavori della Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica di Vienna, nel nostro Paese il Parlamento attende la Conferenza Nazionale sull'Energia prima di assumere posizione in merito alla scelta energetica.

La Conferenza, promossa dal Comitato dei Ministri e organizzata a cura del Ministro dell'Industria Commercio e Artigianato, è programmata per il periodo dal 21 al 24 gennaio 1987 a Venezia.

È difficile prevedere quali informazioni la Conferenza possa aggiungere a quelle contenute nella grande mole di relazioni, rapporti e pareri, raccolti nelle interviste e negli innumerevoli incontri organizzati a cura delle Commissioni parlamentari in occasione della redazione dei diversi Piani Energetici Nazionali e dei loro aggiornamenti dal 1974 ai giorni nostri.

Forse la Conferenza è nata come un mezzo per rendere pubblico il dibattito che sta alla base dei problemi energetici; soprattutto si vorrà attirare l'attenzione sul modo con il quale si sarà giunti al verdetto sul dilemma: "Nucleare sì, nucleare no"

Nell'interesse dell'immagine, e non solo di essa, del nostro Paese, dovremmo tenere presente, prima, durante e dopo la Conferenza, che non dobbiamo chiuderci in una visione provinciale del tema energetico, vitale per l'Italia, poiché qualsiasi decisione che dovrà prendere il governo non potrà essere presa isolando noi dal resto dell'Europa e del mondo.

Il 27 novembre 1986 si è riunito a Bruxelles il Consiglio "Energia" della Comunità, il quale ha concordato sulla necessità di proseguire gli sforzi nel campo delle energie nuove e rinnovabili, ed ha riconosciuto il ruolo importante che l'energia nucleare ha avuto fino ad ora, ed è ancora chiamata ad avere in Europa, esigendo l'impegno di tutti a fornire le migliori garanzie di sicurezza.

Per contribuire a tenere i nostri lettori informati su come procede l'avvicinamento alla Conferenza Nazionale sull'Energia, riprendiamo in questo numero alcuni fatti riguardanti l'AIEA, e ricordiamo che in Italia alcuni organismi rappresentativi, come la Confindustria e l'Associazione Nazionale di Ingegneria Nucleare (ANDIN), hanno svolto riunioni e convegni nei quali sono state prese posizioni estremamente fondate ed obiettive. Altri, già annunciati, seguiranno nelle prime settimane del 1987. Circa la Giornata della Confindustria (1 dicembre a Milano), è importante ricordare che è stata confermata l'opinione che per la soluzione del problema energetico si debba ricorrere a tutte le fonti economicamente utilizzabili, inclusa quella nucleare, in grado di affiancarsi al petrolio per diminuirne l'incidenza.



La riunione dell'ANDIN (3 dicembre a Roma) della quale riportiamo una rassegna nella seconda parte del fascicolo, era dedicata a valutazioni sui criteri di sicurezza per il progetto unificato nucleare (PUN) italiano.

Tornando alla preparazione della Conferenza, ricordiamo che un questionario, pubblicato qui di seguito, è stato capillarmente diffuso dal Ministro dell'Industria, Commercio e Artigianato presso tutti gli ambienti aventi una qualsivoglia attinenza con i problemi dell'energia. È stata nominata una Commissione di esperti divisa in tre Gruppi che sulla base delle rispettive competenze e delle risposte raccolte con il questionario, dovranno esprimere il proprio parere con tre relazioni di base. Il decreto di nomina di tale Commissione è pure riportato.

D'altro canto, per ricordare, ancora una volta, quali siano i quesiti più importanti che oggi si pongono tutti coloro che si interessano di energia, abbiamo posto un gran numero di domande a Caccia Dominioni, direttore per l'energia nucleare della Direzione Energia della Commissione CEE, nella intervista che pubblichiamo.

Uno dei prodotti più importanti della azione sovranazionale dell'AIEA, è stato la messa a punto di due Convenzioni, una concernente "La pronta notifica di un incidente nucleare" (Convention on Early Notification of a Nuclear Accident) e l'altra concernente "L'assistenza in caso di incidente nucleare o di emergenza radiologica" (Convention on Assistance in the case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency), che sono state prontamente sottoscritte da un grandissimo numero di paesi. Anche di esse riferiamo in questo numero.

Come già ricordato, la relazione sull'incidente di Chernobyl presentata dai sovietici a Vienna il 25 agosto è stata esaminata dal gruppo internazionale di esperti sulla sicurezza nucleare (INSAG). Il loro rapporto, che è stato oggetto di attento esame da parte del Consiglio dei Governatori e della sessione speciale della Conferenza Generale dell'AIEA in settembre, è stato da noi riportato nella sua parte essenziale.

A Cannes dal 5 all'11 ottobre si è tenuto il 13° Congresso della Conferenza Mondiale dell'Energia. Arnaldo Maria Angelini ha estratto, commentandoli per i nostri lettori, gli argomenti di carattere nucleare trattati nella Conferenza.

Gli articoli originali pubblicati in questo numero riferiscono su una campagna di trattamento del combustibile irradiato nei reattori CANDU (Canada) presso l'impianto italiano EUREX, le prestazioni di un sistema di codici integrati per i reattori ad acqua, e la individuazione degli effetti della deflagrazione di idrogeno negli impianti nucleari.

Quest'ultimo argomento è di grande importanza per la sicurezza dei reattori. Nei due più rilevanti incidenti, Three Mile Island e Chernobyl, si sono avute deflagrazioni dovute a miscele di gas tonante senza conseguenza distruttiva nel primo caso, con gravissimi effetti nel secondo. Il tipo di impianto è determinante per la gravità degli effetti e per le conseguenze sulla sicurezza.

A proposito dell'incidente di Chernobyl, pubblichiamo il rapporto preparato dalla Commissione Tecnica sulla Sicurezza Nucleare e la Protezione Sanitaria dell'ENEA.

Completano il numero alcune note sulle centrali e sui programmi nucleari dopo Chernobyl, un articolo sull'organizzazione del Servizio di Taratura in Italia, una sintesi sul rapporto NEA/AIEA sull'uranio e l'elenco dei Congressi 1987.

Enrico Cerrai



# DOPO LA CONFERENZA

APRILE 1987

Il primo numero del 1987 esce dopo che la Conferenza Nazionale sull'Energia (Roma 24-28 febbraio 1987) si è conclusa. La Conferenza, che, come ha detto Mario Silvestri nell'articolo che pubblichiamo nel seguito, doveva fornire al mondo politico, che la chiedeva, una sintesi del problema energetico italiano, ha prodotto tale sintesi con lodevole impegno e serietà, ma il mondo politico che doveva accoglierla e ponderarla era ormai assorto in altri e ben gravi problemi.

Speriamo che quando il governo si sarà nuovamente costituito ed il problema energetico del paese tornerà sul tappeto, non ci sia tutto da rifare perché il prodotto della Conferenza ha perso la sua freschezza.

Resta che l'evento che ha mobilitato a Roma tutti gli scienziati, i tecnici, gli specialisti dei più disparati argomenti, ha avuto il pregio di produrre alcuni documenti di riferimento che hanno una loro intrinseca ed oggettiva validità.

Per questa ragione il numero è per buona parte dedicato alla Conferenza: dopo l'articolo introduttivo di Mario Silvestri, abbiamo riportato la dichiarazione finale dei presidenti dei tre gruppi di lavoro (Paolo Baffi, Umberto Veronesi, Leopoldo Elia) della Commissione Tecnico-Scientifica di Valutazione, nominata dal ministro dell'Industria Valerio Zanone. Inoltre fra i più diversi contributi alla Conferenza, abbiamo riportato quelli che hanno maggiore attinenza con i problemi della sicurezza e della difesa dell'ambiente. Molto importante come compendio di tutta la storia delle centrali nucleari commerciali sotto l'aspetto della sicurezza è l'articolo di Giovanni Naschi.

L'iter autorizzativo per l'installazione di qualsiasi impianto energetico, particolarmente complesso quando si tratta di un impianto nucleare, è sempre lungo e difficile. Maurizio Cumo, per i paesi occidentali, ha compiuto un'analisi comparata dei sistemi autorizzativi e di controllo di notevole interesse.

Per fornire un quadro che comprendesse contributi di diversi rappresentanti esteri, abbiamo riportato relazioni dell'AIEA, del CEA francese, dell'UNIPED, dell'Ente energetico svedese e del Ministero della Ricerca e Tecnologia della Germania Federale. Alcuni degli articoli trattano delle conseguenze dell'incidente di Chernobyl, avvenuto ormai un anno fa, la cui ripercussione si sentirà per molti anni a venire. Anche negli Stati Uniti, come riporta Victor Stello dell'NCR, Chernobyl ha avuto conseguenze sulle normative di sicurezza.

Per quanto riguarda l'Italia abbiamo anche riportato la dichiarazione firmata dai 9 fisici che hanno dato vita alla tavola rotonda svoltasi a conclusione del convegno della Società Italiana di Fisica (Roma 16-17 gennaio 1987).

In questo fascicolo lo spazio per gli articoli originali è rimasto un po' sacrificato. Luciano Sani pubblica un'analisi delle cause di fuori servizio non programmati di reattori ad acqua leggera, mostrando una abbondante statistica, istruttiva soprattutto per gli esercenti degli impianti.

Per la simulazione termoidraulica di generatori di vapore a tubi ad U, Gino Benedetti illustra il programma di calcolo TRAGEN-3.

Nel campo delle tecnologie applicate Francesco Borri illustra il processo per il trattamento superficiale di manufatti di acciaio inossidabile nell'industria nucleare.

Osservando il panorama sullo stato degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte nucleare, riportato nell'articolo di Paola Fiorentini e Diana Savelli, si deduce che alla data odierna i paesi che da tempo seguono la via nucleare, non hanno variato sostanzialmente i loro programmi, neanche a seguito dell'incidente di Chernobyl. In particolare, come messo in luce nell'articolo, molto significativo, e per il momento storico in cui cade e per la procedura di acquisizione del consenso, è la decisione del governo del Regno Unito di adottare d'ora in poi la linea dei PWR, con avvio immediato dei lavori per la centrale di Sizewell B.

Il numero è completato dalle consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# IL REFERENDUM

SETTEMBRE 1987

Il governo Goria ha fissato per il giorno otto novembre prossimo venturo la celebrazione del referendum popolare ormai annunciato da tempo. I cittadini sono chiamati anche ad esprimere il loro parere sulla abrogazione o meno di alcune porzioni di due leggi connesse ai problemi della produzione di energia.

La prima (n. 856 del 18.12.1973), costituita da un solo articolo, fu promulgata per consentire all'ENEL alcune iniziative ed attività che la legge istitutiva (n. 1643 del 6 dicembre 1962) non permetteva. Da allora diventava lecito per l'ENEL, fra l'altro, promuovere la costituzione di società con società o enti stranieri, o assumervi partecipazioni, che avessero come oggetto:

- a) l'attività di esportazione o importazione dell'energia elettrica con l'Italia
- b) la realizzazione e l'esercizio di impianti elettronucleari
- c) la progettazione, la costruzione e l'esercizio dei relativi impianti di trasporto.

Il solo punto b) è sottoposto al referendum popolare. Se esso verrà abrogato, l'ENEL non potrà più assumere, in campo internazionale, iniziative aventi gli scopi elencati in quel punto. Certamente, nasceranno problemi giuridici relativi alla partecipazione italiana in atto all'impresa europea del Superphenix.

La seconda legge in questione (n. 8 del 10 gennaio 1983), anch'essa di un solo articolo, dà luogo a due quesiti separati. Uno è relativo ai primi 12 commi del testo, l'altro al comma n. 13.

Con il primo quesito si tratta di consentire o meno all'ENEL di erogare, mediante apposite convenzioni fra le parti, contributi a favore dei comuni e delle regioni sedi di centrali elettriche alimentate con combustibili diversi dagli idrocarburi.

Nel caso di abrogazione dei 12 commi, gli enti interessati non potranno più trattare con l'ENEL convenzioni ad hoc, né ricevere i relativi contributi.

Circa il comma 13, il referendum dirà se il CIPE potrà continuare, o no, ad essere responsabile della determinazione delle aree suscettibili di insediamenti delle centrali nei casi in cui, nelle sedi competenti, non siano state prese decisioni entro i termini stabiliti per legge.

Certamente, una vittoria dei "sì" nel referendum, introdurrebbe alcuni ostacoli sulla via della realizzazione degli impianti di produzione di energia, rendendo ancora più lento e faticoso il cammino che l'ENEL deve percorrere per dotare il paese della potenza elettrica necessaria.

Sembra però che il significato ed il valore del referendum siano percepiti dall'opinione pubblica in modo molto più drastico.

Da come è stato presentato, esso appare ridotto ad un unico dilemma che i cittadini, col loro libero voto, dovrebbero sciogliere. E cioè: "Nucleare SI - Nucleare NO".



Può darsi che l'interpretazione preventiva del significato del referendum, e quella successiva del suo esito, concorrano a creare l'immagine di un giudizio popolare globale di condanna o di assoluzione di una tecnologia messa generalmente sotto accusa.

È difficile allora prevedere, a seconda dell'esito, le reazioni a catena che potranno avere luogo in sede politica ed in sede industriale. C'è da augurarsi che alla ormai lunga astinenza non subentri la stasi.

Nel frattempo, sul fronte della filosofia impiantistica, come era prevedibile, l'attenzione spasmodica sollevata in tutto il mondo dall'incidente di Chernobyl, ha portato con sé, negli ambienti scientifici e tecnici, una focalizzazione spinta sul concetto della "sicurezza intrinseca" degli impianti.

Sempre sarebbe desiderabile fare in modo che qualsiasi impianto, o strumento, che coinvolga l'integrità fisica del pubblico e/o degli operatori, fosse "intrinsecamente sicuro".

Con ciò si intende che nel caso, pure estremamente improbabile, di un grave collasso dei sistemi di controllo, di regolazione, di protezione, il sistema impianto o macchinario che sia, reagisca "spontaneamente", per riguadagnare una condizione di assoluta sicurezza.

In realtà, di tutti gli oggetti, le macchine e gli impianti usati dall'uomo, quasi nessuno si può definire intrinsecamente sicuro. Basti pensare all'aereo, il quale, in volo, nel caso di una grave mancanza di potenza, non ha praticamente mezzi intrinseci per mantenersi in aria con sicurezza o, al limite, per atterrare senza rischio.

Eppure per i reattori nucleari si è alla ricerca dell'intrinsecamente sicuro!

Per fare solo un esempio, all'incidente di perdita di refrigerante, un reattore "intrinsecamente sicuro" dovrebbe reagire spontaneamente in modo da rendere impossibile un rialzo termico del nocciolo che fosse capace di provocare un irreparabile danno all'impianto e di pregiudicare la tenuta della barriera che impedisce la contaminazione ambientale. Inutile dire che in tal caso sarebbe impossibile l'evento estremo della fusione del nocciolo nonché tutte le sue conseguenze negative.

C'è però da osservare, a onor del vero, che se col termine sicurezza si intende la sicurezza assoluta, che in fondo non può essere che una astrazione, nessuno dei circa 400 impianti in esercizio nel mondo, e neppure dei numerosi in costruzione, può definirsi "intrinsecamente sicuro". Ciononostante, in tutta la storia delle centrali commerciali di potenza si lamentano due soli gravi incidenti, a Three Mile Island nel 1979, il primo, che danneggiò solo l'impianto, ed a Chernobyl, il secondo, nel 1986, il quale oltre a cancellare l'impianto ha portato ad una estesa contaminazione ambientale. In effetti, come è stato osservato da noi fin dall'inizio della storia di Chernobyl, quel tipo di reattore è veramente il più lontano dai criteri della "intrinseca sicurezza". Eppure con una conduzione rispettosa delle norme niente sarebbe accaduto, ed anche dopo i primi errori di manovra, con un intervento correttivo, l'impianto avrebbe potuto essere salvato.

Discutiamo dunque pure di progetti di impianti "intrinsecamente sicuri", perché il tema è di moda, cerchiamo anche nel frattempo, però, di consolidare la sicurezza dei progetti esistenti e provati, perché ciò è tecnicamente possibile ed economicamente accettabile.

Per introdurre presso i nostri lettori la tematica relativa agli impianti detti intrinsecamente sicuri, abbiamo dedicato all'argomento buona parte di questo numero. Carlo Lombardi dell'Istituto di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano presenta le considerazioni generali più importanti relative alla sicurezza dei reattori nucleari. In tale ambito viene introdotto il concetto della sicurezza intrinseca.

Al fine di esemplificare alcuni progetti di impianto che si uniformano al suddetto



concetto, riportiamo i seguenti casi: il PIUS PWR proposto dall'ASEA ATOM svedese, con esempi studiati anche con l'ANSALDO, il MARS dall'Università "La Sapienza" di Roma, un BWR dall'Università dello stato dell'Ohio (USA) ed infine due reattori veloci, il PRISM sviluppato dalla General Electric ed il SAFR sviluppato dalla Rockwell International, ambedue USA.

Il panorama dei progetti esistenti nel mondo non è completo perché stanno comparando in letteratura informazioni su altre soluzioni.

Seguendo l'evoluzione della tecnologia di simili reattori riprenderemo in seguito l'argomento.

Osservando molti dei progetti descritti, risulta che criteri dominanti per andare verso una crescente sicurezza sono la riduzione della potenza totale e quella della potenza specifica.

In sede tecnica vengono di nuovo presi in seria considerazione certi vantaggi delle taglie minori di impianto. Nel seminario di Losanna (24-26 agosto 1987) "Small and Medium Sized Nuclear Reactors" sono stati esaminati ed illustrati interessanti concetti. Di tale evento forniamo un ampio resoconto di Paola Fiorentini. In esso, fra i vari temi, figura quello dell'impiego di reattori di taglia media o piccola per usi non strettamente "elettrici"; per esempio, per la produzione combinata di energia elettrica e calore. In proposito, abbiamo ritenuto utile aggiungere un articolo, preparato da Devana Lavrenic, sulla filosofia seguita in Unione Sovietica nel campo della applicazione dei reattori nucleari al riscaldamento urbano.

Gli articoli originali pubblicati in questo numero, sono: uno sui metodi di calcolo neutronico in insiemi del tipo di quelli dei reattori ad acqua naturale, di Ciarniello, Grossi e Pierini del CISE; due, di Loizzo (ENEA), relativi alla sicurezza ed al controllo nei reattori veloci. Infine, l'articolo sulla verifica sperimentale del comportamento sismico di strutture e componenti nucleari di Martelli (ENEA) e Muzzi (ISMES) è il resoconto di un recente congresso tenutosi a Bologna e al Brasimone.

Completano il numero le rubriche Informazione e Congressi.

(Enrico Cerrai)

# DOPO IL REFERENDUM

DICEMBRE 1987

L'anno 1987 si chiude con decisioni drastiche del Parlamento che possono significare l'abbandono della tecnologia nucleare di fissione per la produzione di energia elettrica in Italia.

Come previsto, l'interpretazione del risultato del referendum, che sommariamente fu chiamato "nucleare", ha incoraggiato i contrari e i dubbiosi, fra i politici, a spingere verso un rapido pronunciamento che suoni rinuncia all'uso dell'energia da fissione nucleare.

Così, l'antivigilia di Natale il CIPE ha deciso:

la centrale di Borgo Sabatino (Latina), che entrò in esercizio commerciale il 1° gennaio 1964, non dovrà più essere rimessa in marcia (è ferma dal novembre 1986), e la costruzione della nuova centrale, detta Trino 2 (impianto PWR con 2 unità da 1000 MWe nominali), deve essere sospesa. Quanto poi alla centrale di Montalto di Castro, già in buona parte realizzata, l'ardua ipotesi di una conversione a gas naturale pende sul suo capo.

La Camera dei Deputati il 17 dicembre ha anche impegnato il Governo a non includere la costruzione di nuove centrali nucleari a fissione nelle previsioni del programma di investimenti da effettuare entro i prossimi cinque anni.

Perciò, il nostro Paese, che già stava producendo poca energia di origine nucleare, ma aveva pianificato una graduale ma significativa ripresa basata sul Progetto Unificato Nucleare (PUN), si dispone di fatto ad abbandonare il campo.

C'è da chiedersi a che cosa sia valsa la Conferenza Nazionale sull'Energia (Roma 24-27 febbraio 1987), svoltasi dopo che il Paese era stato capillarmente invaso da un circostanziato questionario. I risultati dell'inchiesta e della Conferenza sono raccolti in ben cinque grossi volumi che praticamente non hanno circolato altro che fra alcuni di coloro che hanno contribuito a scriverli, ed, al più, anche fra alcuni tecnici ed esperti del ramo, i quali, ormai, sono ridotti a parlare quasi esclusivamente fra loro.

Apparentemente, infatti, il nostro Parlamento, che lodevolmente aveva promosso la conferenza per poter disporre con urgenza di un notevole ed affidabile concentrato di scienza, tecnica, ed economica, non ha poi manifestato interesse per i risultati che la manifestazione ha prodotto. Paradossalmente, anzi, tali risultati, nelle poche occasioni nelle quali la Conferenza è citata in documenti parlamentari, vengono associati a quelli attribuiti al referendum sull'energia, come se fra loro ci fosse una naturale coerenza. Questa presunta coerenza è posta così a supporto dei provvedimenti riduttivi che abbiamo sentito.



Le motivazioni divulgate per giustificare la fermata definitiva della centrale di Latina, sono la "obsolescenza" del tipo di impianto e la "similitudine con l'impianto RBMK sovietico".

La centrale viene quindi liquidata senza benserivito, ma anzi, bollata, di fronte all'opinione pubblica, come tecnicamente superata, e quindi pericolosa, e addirittura come una copia in piccolo dell'ormai famoso, e presso di noi famigerato, reattore RBMK sovietico: il reattore di Chernobyl, per intenderci.

Non è il caso, qui, di affrontare criticamente queste due tematiche, pur tuttavia, poiché difficilmente altri periodici nazionali avranno motivi per diffondersi sulle "vicende di Latina", noi in questo numero, a beneficio dei lettori della rivista dedichiamo molto spazio alla vetusta centrale. Pensiamo anche di rendere in questo modo un doveroso omaggio a tutti coloro che nella storia delle tecnologie nucleari, in Gran Bretagna, ed anche in Italia, hanno dedicato lavoro, fatica, e cure, ad un impianto di tal genere.

Diciamo che ormai la fine è stata decretata. Eppure, parlandone da "viva", la centrale di Latina era "onesta". Come tutti gli impianti, soprattutto agli inizi ha passato i suoi guai d'infanzia con malanni quasi sempre causati dal comportamento dei materiali. Tutti ricordano i bulloni arrugginiti della fine degli anni sessanta, che, imprevedibilmente, cedevano per corrosione all'interno del reattore, senza però mettere in crisi la sicurezza, e che furono sostituiti con un sistematico lavoro di riparazione. Per ridurre a valori accettabili la velocità di corrosione, che è un fenomeno difficilmente eliminabile, fu anche abbassata sensibilmente la temperatura massima del fluido termovettore con l'effetto di sacrificare un po' di potenza dell'impianto (da 210 a 160 MWe).

Venendo ai fatti recenti, altri fenomeni corrosivi hanno provocato la frattura di alcune viti a brugola che collegano parti interne dei tubi di adduzione ed estrazione del combustibile e che fanno parte del sistema di chiusura dei canali.

Per chiarire quest'ultimo evento riportiamo un ampio resoconto dei fatti in modo da consentire una completa rappresentazione di quel caleidoscopio variopinto, ed ormai quasi indecifrabile da parte dell'osservatore comune, che è divenuta la tematica energetica nel nostro paese. La storia è riassunta nell'articolo "I tappi di Latina", che introduce la parte documentaria. Si noterà che in alcune fra le testimonianze che riportiamo è già presente il seme della rinuncia italiana al nucleare.

Eppure, anche in questo frangente, la centrale di Latina si è dimostrata "onesta" come i documenti rivelano.

Ripensando ai bulloni arrugginiti della fine degli anni sessanta, che coinvolsero anche quasi tutte le unità di quel tipo, principalmente in Inghilterra e nel Galles (oltre una dozzina), essi non provocarono allora lo scalpore che, solo in Italia, hanno provocato oggi le citate viti interne di collegamento dei tappi dei canali. In un interessante e tecnicamente corretto articolo di David Fishlock sul Financial Times del 24 settembre 1969, i bulloni arrugginiti delle centrali del tipo gas/grafite, erano presentati come un esempio di comportamento tecnologico anomalo, che aveva messo momentaneamente in crisi quella classe di reattori. Tutto ciò senza drammi e senza che a simili centrali si impuntassero attentati alla sicurezza ed alla salute pubblica. Anzi, si studiarono le modifiche tecniche adatte a far recuperare, con gli stessi impianti, la potenza perduta a causa dell'abbassamento della temperatura.



In ogni caso, risultava chiaro allora, come dovrebbe esserlo oggi, che se la potenza è forzosamente diminuita e quindi la produzione annua di energia è più bassa, dato il rilevante impegno di capitale, è economicamente opportuno prolungare al massimo, con una accurata manutenzione, la vita operativa degli impianti. Per inciso, la centrale inglese di Bradwell, gemella di quella di Latina, è ancora in servizio e ha come obiettivo il raggiungimento di almeno 30 anni di vita che collocano la eventuale cessazione nel 1992.

La realtà è che i reattori di quel tipo, ben lontani dagli RBMK dei sovietici, sono di concezione quanto mai semplice e furono basati, negli anni cinquanta, sulle tecnologie più immediatamente accessibili. La scelta dell'uranio naturale metallico, moderato con grafite e raffreddato con anidride carbonica, evitò ai britannici il ricorso a processi sofisticati e costosi, dei quali pur disponevano, come la preparazione dell'uranio arricchito o quella dell'acqua pesante, mediante separazioni isotopiche. Per questa ragione, le centrali denominate anche Magnox (dalla lega di magnesio che riveste il combustibile di uranio metallico) potevano, dopo l'esemplare capostipite di Calder Hall (1956), entrare in produzione commerciale fra i primissimi tipi nella storia degli impianti elettronucleari. Inoltre, trattandosi necessariamente di un impianto a ciclo indiretto, la parte di impianto a valle dei generatori di vapore, che sono alimentati da anidride carbonica a poco meno di 400 °C, è del tutto simile a quella di un impianto termoelettrico tradizionale.

Tornando alla disposizione del CIPE di far chiudere definitivamente la centrale di Latina, che tutto sommato rappresenta solo una piccola potenza nel parco delle centrali dell'ENEL, essa è in effetti assai meno grave della rinuncia alla costruzione di Trino 2, sia dal punto di vista economico che sociale e industriale. Se noi, come i britannici, avessimo anche prolungato l'esercizio di quella centrale ottenendo alcuni miliardi di kilowattora di energia elettrica, ai quali invece tranquillamente rinunciamo, il momento di chiudere sarebbe comunque arrivato nel giro di pochi anni.

Ci preme sottolineare che il punto non è questo. Ciò che preoccupa è il modo episodico e poco organico col quale chi decide affronta questi problemi. Quando non si tratti di interventi d'autorità, giustificati nel caso di sciagure incombenti, di manifesta offesa alla salute pubblica o di alto e comprovato rischio, la decisione di messa fuori servizio di un impianto, temporanea o perpetua che sia, dovrebbe essere presa nelle naturali sedi responsabili in base ad analisi tecniche ed economiche. Per Latina, l'ENEL proprietario ed esercente, l'ENEA preposto al controllo, alla sicurezza ed alla protezione, il Ministero dell'Industria e Commercio che esercita l'alta sorveglianza sui due enti, avrebbero avuto il diritto e il dovere di prendere le loro motivate decisioni. Pochi anni fa non è forse stato fermato senza drammi e senza polemiche, l'impianto del Garigliano?

Latina è apparsa invece come una vittima da sacrificare, comunque, sotto la spinta psicologica del post-referendum, tanto è "obsoleta", "pericolosa" e "affine a Chernobyl".

E proprio su quest'ultimo impianto sovietico vogliamo continuare l'opera di aggiornamento relativo agli eventi che ebbero il loro tragico avvio nella notte fra il 25 e il 26 aprile 1987. Riteniamo di grande interesse il documento, da noi riprodotto nella versione inglese testuale, che un folto gruppo di esperti sovietici di varia estrazione, ha presentato alla Conferenza Internazionale su "Prestazioni e Sicurezza dell'Energia Nucleare", organizzata a Vienna dall'AIEA dal 28 settembre al 2 ottobre 1987. Il rapporto è "L'in-



cidente alla centrale nucleare di Chernobyl: un anno dopo". In ordine di tempo, questo è il secondo rapporto sovietico e si collega strettamente al precedente (v. *Energia Nucleare* 3, 28-53, settembre 1986). Non occorrono commenti, basta dire che un simile testo è istruttivo per tutti, e dovrebbe essere largamente diffuso.

Sempre a proposito dell'incidente di Chernobyl, Paolo Loizzo dell'ENEA, fornisce alcune sue valutazioni degli eventi analizzati in base ai principi della fisica neutronica.

Nel seguito oltre al citato dossier sulla storia dei "tappi di Latina", corredato di tutta la documentazione resa disponibile grazie alla cortesia della Pretura di Latina, dell'ENEL e dell'ENEA, il presente numero contiene un articolo su metodi applicati al calcolo di affidabilità degli impianti (Università israeliana Ben Gurion del Negev), due articoli su problematiche relative ai rifiuti radioattivi (ENEA) ed uno sulla analisi degli sforzi nelle applicazioni ad alta temperatura (LIN, UKAEA, ENEA, INTERATOM, EdF, CEA).

Il fascicolo contiene anche una nota tecnica sulla misura della concentrazione dell'uranio nell'aria di Milano (CESNEF, Politecnico di Milano) ed un'ampia ed interessante rassegna di Paola Fiorentini (ENEA) e Diana Savelli (Università di Roma) sugli stadi finali del ciclo del combustibile nucleare.

Completano il numero le consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai

# IN ATTESA DI UN "NUOVO" PIANO ENERGETICO NAZIONALE

APRILE 1988

Questo numero viene distribuito quando ormai sono passati due anni dall'incidente nucleare di Chernobyl. Da quel momento la rivista ha dato molto spazio alla documentazione ufficiale relativa al drammatico evento ed alle sue conseguenze.

Adesso riportiamo, sotto il titolo "Due anni dopo Chernobyl", quanto pubblicato dall'Agenzia Internazionale dell'Energia Atomica di Vienna nel suo nuovo bollettino "IAEA News Features".

In tema di scelte energetiche post-Chernobyl un rapido esame sul comportamento dei diversi paesi industrializzati mostra, purtroppo, come in Italia si sia verificato l'effetto peggiore, non soltanto per il rapido abbandono del nucleare, ma ancor più perché nessuna valida decisione alternativa è stata ancora presa.

La parabola è stata breve. È del novembre 1985 la deliberazione, apparentemente irreversibile, di costruire a Trino Vercellese la prima centrale basata sul Progetto Unificato Nucleare (PUN), costato un lungo e paziente lavoro di messa a punto. L'anno successivo, nonostante Chernobyl, i capi di governo dei paesi industrializzati, incluso il nostro, hanno confermato la volontà di non abbandonare l'energia nucleare, ovviamente, con garanzia di sempre maggior sicurezza e controllo.

Nel febbraio 1987 (Conferenza Nazionale sull'Energia) politici, parlamentari e non, hanno ottenuto in materia i più ampi approfondimenti e le più qualificate valutazioni scientifiche. Appena nel novembre 1987, dopo il Referendum popolare, dubbi e sfiducia giungono a soffocare ogni altra lucida argomentazione.

Così, alla fine dell'anno, il Governo ha preso le ben note decisioni che hanno di fatto paralizzato ogni attività di progettazione, costruzione ed esercizio nel campo degli impianti nucleari a fissione. Gli ultimi pochi chilovattora nucleari prodotti in Italia risalgono agli inizi del 1987.

Oggi si dice che occorre attendere il varo del nuovo Piano Energetico Nazionale (PEN) già in avanzata preparazione (il primo fu approvato dal CIPE nel dicembre 1977). A giudicare dalle sconcertanti vicende dei diversi PEN venuti alla luce in più di dieci anni della nostra storia, è difficile pensare che la "ricetta PEN" possa divenire oggi realmente più efficace di sempre.

Quali altri paesi, invece di agire, si sono logorati e si logorano sulle pagine sofferte di un Piano Energetico che non parte mai? Occorrono poche ferme direttive di politica energetica, e soprattutto di politica industriale, da far rispettare in un quadro di sufficiente certezza.

Nessun altro paese ha mutato sensibilmente i propri programmi energetici a cavallo del disastro di Chernobyl.

Neanche la Svezia che, a seguito del referendum popolare del 1980, aveva stabilito



per legge di giungere ad eliminare nel 2010 ogni produzione di energia elettronucleare con gli attuali reattori a fissione, ha mutato i suoi piani. L'evento Chernobyl ha, caso mai, suscitato un maggiore interesse per il concetto di reattore "intrinsecamente sicuro" denominato PIUS, proposto dalla ASEA-ATOM. Anche gli ultimi due impianti colà in costruzione al tempo del referendum, sono stati regolarmente completati entro il 1985. Per rispettare l'impegno del 2010, il governo svedese dovrà fin d'ora mettere allo studio un piano di sostituzione che potrebbe avere inizio già a partire dalla metà degli anni '90. Il problema più difficile sarà la scelta della fonte, o delle fonti, da usare. Non si dimentichi che nel 1987 il parco nucleare svedese, che può contare su 12 unità per complessivi 9700 MW elettrici, ha prodotto più del 44% dell'energia elettrica generata in quel paese. La Svezia è anche il paese che raggiunge la massima produzione di energia elettronucleare pro-capite.

In effetti, un programma che implichi l'abbandono di impianti in costruzione, o la sostituzione di impianti in esercizio con altri prima del termine della vita economica dell'investimento, porta a notevoli e difficilmente giustificabili oneri finanziari. In più, il ritorno a fonti tradizionali aumenta sensibilmente il contributo all'inquinamento ambientale.

Parlavamo all'inizio dell'assenza di consistenti decisioni alternative. Per il momento sono stati considerati alcuni possibili interventi per cercare di limitare il notevolissimo danno economico causato dal blocco del completamento della centrale di Montalto di Castro. Con l'idea di salvare almeno una parte di quanto già costruito o fabbricato, si sono indagate la possibilità tecnica e la convenienza economica di trasformare la centrale di Montalto da nucleare a tradizionale, esaminando sei alternative sulla carta. Dall'uranio al gas naturale, oppure, in due casi su sei, indifferentemente alle tre fonti: olio, gas, carbone.

Non è qui la sede per aggiungere discussioni alle discussioni, peraltro già divulgate anche nei quotidiani. La Commissione nominata dal Ministro dell'Industria e presieduta dal prof. Luigi Spaventa, alla quale era richiesto un giudizio in proposito, ha rilevato "la maggiore onerosità delle soluzioni alternative ed in alcune soluzioni anche notevoli insufficienze tecniche sull'applicabilità al caso in esame".

È un responso che non poteva, e non può, essere diverso. Invece di eseguire confronti fra sistemi inconfrontabili, soprattutto perché non saranno mai oggettivamente elencabili e valutabili tutti i pro e i contro dell'uno e dell'altro caso, sarebbe più onesto verso i cittadini dichiarare semplicemente che il blocco alla costruzione della centrale nucleare è frutto di una decisione politica da attuare, costi quello che costi.

Non si invocino perciò a supporto della tesi della "conversione" casi accaduti in USA o altrove. In particolare, sia quello che riguarda la centrale di Zimmer (Ohio), che quello, divenuto ormai popolare anche in Italia, della centrale di Midland (Michigan), hanno motivazioni del tutto diverse da quelle che si adducono per Montalto. La "conversione" di tali centrali non veniva giustificata da una opposizione pubblica al nucleare, ma da valutazioni economico-finanziarie che hanno costretto gli imprenditori ad assetti societari ed a programmi diversi dai precedenti. Trovati i finanziatori, i quali sapranno trarre i loro buoni frutti dall'impresa, il primo dei due impianti, a metà 1991, funzionerà a carbone, il secondo, nel 1990, a gas. I prezzi di vendita dell'energia (cioè le tariffe), terranno conto dei rilevanti oneri dei capitali aggiuntivi e gli utenti sopporteranno la loro quota di costo. Così per le due centrali una storia iniziata nel 1972 si compirà dopo quasi venti anni.

Sono possibili o auspicabili simili soluzioni per il nostro Paese? Possiamo confron-



tarci con gli Stati Uniti dove peraltro 103 unità nucleari sono in esercizio e 23 sono in avviamento o in costruzione fino al raggiungimento di una potenza installata di circa 117 000 MWe?

Un esempio molto più vicino a noi è quello che riguarda l'impianto di Zwentendorf (Austria), un BWR da 723 MWe, unico nucleare in quel paese, già completato e pronto ad entrare in esercizio nel 1979, quando un referendum popolare provocò la promulgazione di una legge che proibiva la produzione di energia elettronucleare in Austria.

Attualmente le società elettriche del luogo per non perdere tutto, stanno studiando la conversione dell'impianto ad un sistema basato su turbine a gas ed a vapore che possa utilizzare la maggior parte dei componenti di impianto già "pagati" nella versione nucleare. Se si pensa che il sito è già disponibile ed attrezzato e che alcune infrastrutture esistenti sono recuperabili, agli occhi degli amministratori della GKT, proprietaria dell'impianto, la conversione può sembrare un affare!

Mentre come si è visto, nel nostro paese la fissione langue e si spegne, la fusione attira nuovo interesse. L'esperimento sulla macchina ideata da Bruno Coppi, detta Ignitor, sta per essere incluso nei programmi italiani di ricerca e sviluppo. Al termine di un periodo di 18 mesi, diviso in tre fasi, sarà pronto il progetto esecutivo dell'impianto Ignitor, completo delle specifiche tecniche di fornitura dei componenti.

Questo è l'impegno contrattuale assunto dal Consorzio Ignitor (FIAT Componenti e Impianti per l'Energia e l'Industria - Ansaldo) con ENEA che opera a nome e per conto dell'associazione Euratom-ENEA. Il costo base del contratto è di poco superiore a quattordici miliardi. Al termine della prima fase di quattro mesi l'ENEA proporrà al governo italiano la realizzazione dell'impianto col relativo stanziamento.

Quando il Governo prenderà in esame questo nuovo sforzo finanziario, sarà bene che riconsideri tutte le partecipazioni dell'Italia ai diversi programmi nazionali ed internazionali sulla fusione per un necessario coordinamento, se non si vuole alimentare l'ennesima proliferazione.

Per dare un quadro sintetico sull'argomento, pubblichiamo nel seguito una scheda che riporta tutti gli impegni italiani nei programmi di ricerca e sviluppo sulla fusione.

Poiché a livello mondiale, nei paesi che continuano nell'installazione di centrali elettronucleari a fissione, il tema della sicurezza degli impianti, vecchi e nuovi, è predominante, l'International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG) dell'AIEA ha preparato un rapporto sui principi fondamentali della sicurezza degli impianti nucleari, che è stato presentato al Convegno di Sorrento organizzato da AIEA/NEA nel marzo di quest'anno. Il testo è riportato in questo numero.

Sempre in tema di sicurezza, pubblichiamo due articoli che riguardano le misure per ridurre gli effetti della fusione del nocciolo (Kerr) ed il progetto di un limitatore di temperatura intrinsecamente sicuro (G. ed L. Stoppini).

Due lavori di ricerca riguardano gli studi di termofluidodinamica eseguiti in circuiti che usano freon 12 come fluido sperimentale (ENEA). Le rassegne di informazioni sono dedicate al programma di ricerca LOBI (Loop Blow down Investigation) svolto presso il Centro Comune di Ispra a cura dell'Università di Pisa, allo sviluppo dell'energia nucleare nel Regno Unito (Gittus) ed al panorama mondiale dell'energia nucleare (Fiorentini, Savelli). Data la risonanza giornalistica registrata in Italia sulla diffusione di una contaminazione da cesio radioattivo disperso per incuria di sprovveduti nella città di Goiana (Brasile), sull'evento riportiamo la sintesi del rapporto redatto dalle autorità di quel paese. Completano il numero le rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# UN PASSO AVANTI

SETTEMBRE 1988

Il Consiglio dei Ministri ha approvato il testo del nuovo Piano Energetico Nazionale. Entro l'anno le indicazioni in esso contenute dovrebbero dar luogo alle azioni della nuova politica energetica.

Il testo del PEN 1988, che riportiamo nella versione ora al Parlamento, è la terza edizione di quell'utile manuale di energetica applicata all'Italia, la cui prima comparsa risale al 1980, sette anni dopo la nota crisi.

I principi, e molti contenuti tecnici, sono rimasti gli stessi, e non poteva essere diversamente. Solo, la rottura drastica con il nucleare, il cui abbandono è stato completamente recepito nel Piano come proclamato dal Governo nel dicembre dello scorso anno, ha portato in evidenza i problemi ambientali, e necessariamente, la tematica del risparmio. Si è perciò dovuta affrontare una "impostazione della nuova politica energetica" con argomenti dai quali il capitolo nucleare fosse totalmente escluso.

Si riparte dunque da zero, anzi, da una dipendenza energetica che continua ad essere maggiore dell'80 per cento, con una piccola diminuzione della quota di idrocarburi a favore del carbone.

Leggendo alcune argomentazioni introduttive, ben si comprende come l'autorevole Comitato Tecnico del Piano sia profondamente preoccupato per la situazione del Paese, soprattutto per le due aree definite "di rischio", e cioè il degrado dell'ambiente e la vulnerabilità del sistema energetico nazionale. Occorre allora confidare in veloci riassetti del quadro di comando della politica energetica, e richiedere una intensa attività di ricerca scientifica e tecnologica i cui risultati dovrebbero realizzare obiettivi di eccezionale portata come: "risparmio, protezione dell'ambiente, sviluppo delle fonti nazionali, diversificazione delle fonti e geo-politica, competitività del sistema produttivo, individuazione del mixer delle fonti cui ricorrere".

Tutti sanissimi propositi. Ma non si chiederà un pò troppo ai nostri ricercatori, pur valenti, brillanti, preparati e tenaci? Non sarà colpa loro se i risultati conseguiti non consentiranno di risolvere un insieme di problemi abbastanza prossimo alla quadratura del cerchio.

Fra l'altro, la scelta del mix delle fonti più adatte alle condizioni economiche ed alle esigenze ecologiche, è resa continuamente incerta dalle variazioni, spesso imprevedibili, delle condizioni esterne (prezzi delle fonti, tassi di cambio, ecc.) come giustamente rimarca il Comitato Tecnico. Allora, avanti con impianti o con sistemi che consentano il passaggio più



rapido possibile da una fonte all'altra. E la fonte nucleare non avrebbe forse aumentato la flessibilità del sistema, diminuito l'inquinamento, ridotta la vulnerabilità economica? Ma tale fonte è esclusa, almeno per il momento.

“L'analisi della condizione italiana e la impostazione della nuova politica energetica”, che introduce il Piano, termina con uno spiraglio sul futuro, ancora una volta affidato alla ricerca e sviluppo, con la constatazione che, anche in relazione al problema dell'inquinamento, difficilmente sembra potersi fare a meno, dopo la fine del secolo (che è domani, diciamo noi), di nuove forme di utilizzo del nucleare che garantiscano sicurezza intrinseca”.

Le decisioni, però, debbono essere prese oggi, altrimenti sarà comunque troppo tardi.

Ed a proposito della sicurezza intrinseca di ipotizzati impianti nucleari (v. Energia Nucleare 4, maggio - settembre 1987) cogliamo l'occasione per ribadire una distinzione fondamentale. È possibile prevedere uno sviluppo, sempre rivolto alla massima sicurezza, basato su due diverse linee. La prima, più tradizionale, consiste in una evoluzione degli attuali reattori commercializzati verso progetti meno spinti in termini di potenza totale e di potenza specifica e corredati di apparecchiature attive di sicurezza ancor più perfezionate. La seconda linea riguarda impianti veramente innovativi, nei quali interventi di sicurezza sono possibili senza l'avvio di una catena di eventi che richieda, all'inizio, una somministrazione di energia ad hoc. Si passa cioè dal concetto della sicurezza attiva a quello della sicurezza passiva. È bene anche dire che molto tempo occorrerà affinché questo secondo tipo di reattore possa affacciarsi alla soglia di una versione commerciale.

Grande attenzione è stata perciò rivolta ai programmi di ricerca con una ridefinizione dei campi e degli obiettivi. Circa l'energia nucleare da fissione, come si è detto, si parla essenzialmente di reattori a sicurezza intrinseca, i cui concetti dovranno essere approfonditi in sede istruttoria anche tramite accordi internazionali. Circa l'energia nucleare da fusione, l'Italia, ove le numerose attività di ricerca nel settore sono svolte nell'ambito del Programma Fusione Europeo basato sul confinamento magnetico, potrà essere impegnata anche in programmi che riguardano il confinamento inerziale. Ancora una volta, purtroppo, il numero di iniziative che si perseguono nel campo delle nuove tecnologie energetiche, è direttamente proporzionale al tempo occorrente affinché una di esse diventi commercialmente significativa nel mondo.

A quel momento, noi saremo assenti ma coinvolti in nuovi programmi per obiettivi ancora più futuri.

Non possiamo dimenticare che l'energia è un bene indispensabile per la stabilità dell'economia e per lo sviluppo del Paese, e non è lecito illudersi sulle risultanze del presente. Il confronto con gli altri Paesi della Comunità Europea, ed il Comitato per il Piano ben documentata tale confronto, mostra che nonostante tutti gli sforzi, il Paese si è allontanato dall'Europa senza che per il momento, a causa del basso costo del petrolio sul mercato internazionale, se ne percepiscano conseguenze negative per l'economia. Con le premesse del Piano, immancabilmente, il divario aumenterà ed un giorno, non molto lontano, potrebbe aver luogo un brusco e doloroso risveglio. Negli anni novanta il caro petrolio può incomberci ancora.

Data l'importanza dell'argomento, abbiamo fatto precedere il testo del nuovo Piano Energetico Nazionale da un commento di Mario Silvestri, il quale sintetizza, fra l'altro, i numeri più significativi della nostra situazione.



Nel presente fascicolo sono contenuti due articoli riguardanti la sicurezza nucleare, e gli incidenti rilevanti ai fini della sicurezza. Il primo su Three Mile Island-2 è stato presentato al simposio AIEA/NEA di Sorrento (marzo 1988); l'altro fornisce un'analisi di quanto emerso dal simposio stesso. Una estensione dei concetti di protezione fisica degli impianti dal campo nucleare a quello industriale in genere è trattata attraverso opportuna simulazione in un terzo articolo di ricercatori del CISE e dell'ENEL.

Seguono trattazioni su argomenti attuali, come l'effetto radiologico dell'incidente di Chernobyl nei paesi dell'OCSE, nel rapporto NEA/OCSE, commentato da Pietro Metalli (ENEA), la relazione tra energia nucleare ed ecologia presentata da Boiteux (EdF) nella riunione annuale del Consiglio Esecutivo Internazionale della Conferenza Mondiale dell'Energia (Stoccolma, 20 settembre 1988).

Completano il numero le consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai

# PERDURA L'ATTESA

DICEMBRE 1988

Dicevamo, nel numero precedente, che la redazione del Piano Energetico Nazionale, e la sua approvazione nell'agosto scorso da parte del Governo, costituivano un importante passo avanti nel travagliato cammino delle questioni energetiche del Paese.

Ormai il 1988 è finito, ed il Parlamento, cui spetta promulgare le norme di attuazione del PEN, ha ora incominciato a far mente locale.

Eppure i problemi appaiono urgenti. Tanto urgenti che il provvedimento di legge riguardante la definitiva interruzione dei lavori di costruzione della centrale nucleare dell'Alto Lazio, con la relativa autorizzazione all'ENEL a costruire, in sua vece, una centrale tradizionale di tipo ben definito, è stato preso d'urgenza il 10 dicembre 1988, sotto forma di decreto del Presidente della Repubblica, su proposta del Governo.

Encomiabile rapidità decisionale.

Quanto poi sarà efficace e rapida l'attuazione della disposizione di legge, prima che il Parlamento abbia legiferato su tutte le questioni energetiche, è da vedere. In realtà, affossata quella nucleare già quasi costruita, la centrale, che viene indicata dal decreto come sostitutiva, non appare all'opinione pubblica più accettabile della prima sebbene la nuova proposta sia perfettamente coerente con le indicazioni del PEN.

Peraltro, in campo nucleare, pende ancora una decisione definitiva sulla sorte delle due ultime unità (Caorso e Trino 1) ancora in vita, ma tenute da lungo tempo ormai fuori servizio. Una potenza complessiva, tutt'altro che trascurabile, di 1000 MWe che è costata, continua a costare e niente produce. Ma questo non è che uno dei minori fra i problemi dell'intero quadro energetico nazionale.

In realtà, giunto all'attenzione del Parlamento, il testo del PEN, per la complessità dei suoi argomenti e per l'intreccio inevitabile fra energia e ambiente, non ha mancato di mettere in luce le perplessità nascoste fra le sue pieghe. Perciò, prima di assumere qualsiasi decisione, il Parlamento sente la necessità di ulteriori istruttorie, di altri approfondimenti, di nuove cognizioni.

Proprio per consolidare le competenze e le capacità del Ministero dell'Industria, il più coinvolto nella definizione e nell'attuazione della politica energetica, si pensa di istituire presso il suddetto Ministero un segretariato generale dell'energia. Questo, fornito di una propria struttura tecnica, dovrebbe provvedere all'aggiornamento periodico ed alla gestione del PEN. Si parla anche di un consiglio superiore dell'energia, di carattere consultivo, presieduto dal Ministro medesimo, ed altamente rappresentativo di tutte le istituzioni, gli enti e le forze che sono implicate come soggetti o come oggetti nella politica energetica.

Aspettiamo dunque che una corposa legge stabilisca la natura e le funzioni di queste nuove strutture, che anche sancisca l'autonomia istituzionale dell'attuale Direzione Sicurezza e Protezione dell'ENEA, che infine riveda situazioni storicamente anchilosate. Però non si pensi che, con ciò, i veri problemi possano essere avviati a rapida soluzione. Soprattutto



tutto perché, quando essi saranno ancor più approfonditi ed analizzati, gli elementi intrinsecamente contraddittori che li compongono renderanno evidente la ben difficile risolubilità di molti di essi.

Se obiettivo primario è l'ecologia ad ogni costo, la ripresa della realizzazione di impianti energetici si allontanerà nel tempo in modo imprevedibile. Se invece sarà considerato prioritario l'impegno per il soddisfacimento del fabbisogno energetico del paese, sia pure nel massimo possibile rispetto per l'ambiente, il Parlamento assumerà decisioni tali da consentire ai Ministeri competenti di formulare un vero piano di realizzazione di impianti.

Indicazioni e dichiarazioni contraddittorie non compaiono solamente da noi. Un esempio ci viene perfino da un paese che nel campo energetico ed in quello della relativa industria specializzata, ha dato molte dimostrazioni concrete di notevole livello tecnologico, la Svezia. È ben noto che, per volontà popolare, quel paese deve abbandonare la fonte nucleare entro il 2010. Abbiamo già osservato che tale decisione richiede la costruzione sostitutiva di circa 10000 MWe di centrali non nucleari. D'altro canto, recentemente, il Governo svedese ha anche deciso che la quantità totale di anidride carbonica rilasciata all'atmosfera dal sistema energetico attuale non dovrà essere superata. Giusta preoccupazione nei confronti dell'effetto serra.

Come sia possibile soddisfare una simile, peraltro corretta, posizione, mentre si chiudono le centrali nucleari rimane un vero rebus. Infatti, poiché l'energia idraulica non può essere ulteriormente sfruttata, se le centrali sostitutive saranno termiche, per non produrre anidride carbonica, esse dovrebbero bruciare idrogeno puro! Il caso svedese è dunque molto interessante e siamo curiosi di apprendere le decisioni di quel governo il quale, mentre stabilisce che la fase di abbandono del nucleare inizierà nel 1995, viene richiesto dai proprietari delle due centrali Forsmark 3 ed Oaskarshamn 3, di consentire un incremento della loro potenza di esercizio dell'ordine del 9% sui 2000 MWe complessivi. Infatti la richiesta di energia elettrica in Svezia continua a crescere di circa il 2% all'anno.

Come si può ben capire, accanto alle affermazioni dei dibattiti, alle opinioni, alle dichiarazioni politiche, esiste una logica delle cose che ci ammonisce sul fatto che gli indirizzi di politica energetica non possono essere assunti arbitrariamente, contro il rispetto dei tempi richiesti dalla attuazione delle tecnologie affermate e dello sviluppo delle tecnologie nuove.

Abbiamo voluto parlare anche questa volta del PEN perché esso è un argomento importante per molti dei nostri lettori. Forse dovremmo parlarne sempre meno dato il disinteresse pressoché totale nei riguardi dell'energia nucleare da fissione, a parte alcune oneste osservazioni di apertura che riconoscono come una drastica riduzione dell'inquinamento ambientale da parte degli impianti di produzione energetica sia possibile solo con l'adozione delle centrali nucleari.

Il PEN sollecita anche attività di ricerca e sviluppo sui reattori ad elevata sicurezza, e per meglio illustrare questo punto abbiamo riportato una relazione sui lavori svolti nella Giornata di Studio 1988 tenuta dall'ANDIN il 7 dicembre su tale argomento (Paola Fiorentini).

A proposito di prospettive, Umberto Colombo, inaugurando il 14 dicembre scorso l'impianto FTU (Frascati Tokamak Upgrade) dell'ENEA alla presenza del ministro Battaglia, ha illustrato la considerevole attività italiana nel programma comunitario sulla fusione, e di ciò diamo ampio resoconto (Paola Fiorentini). Non è male ricordare, come ha fatto anche il Ministro, che se è utile sostenere le ricerche sulla fusione, soprattutto nel quadro internazionale, non è lecito però pensare che una simile tecnologia possa risolvere entro tempi adeguati i nostri problemi energetici attuali.



La tematica della produzione di energia da fonte nucleare si è sempre accompagnata con quella degli effetti delle radiazioni ionizzanti. L'UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) ha dedicato il suo rapporto annuale 1988 a "Fonti, effetti, rischi delle radiazioni ionizzanti". In proposito riportiamo la relazione di Giovanni Silini segretario di tale organismo fino alla fine del 1988.

Fra gli articoli di ricerca pubblichiamo un lavoro sul codice AUTOBUS MOD. 2 relativo a reattività e distribuzione di potenza nel caso di combustibili a uranio ed a plutonio (Ciarniello-Peroni) ed un lavoro sulla sperimentazione nel settore della termofluidodinamica applicata agli impianti di potenza (Palazzi-Savelli).

Per il trattamento chimico dei rifiuti radioattivi ad alta attività l'ENEA ha messo a punto un impianto pilota denominato SERSE, descritto da Pietrelli, Marrocchelli e Luce. Sempre nel campo dei rifiuti radioattivi la società NUCLECO, che si dedica da tempo al problema, descrive le modalità di gestione da essa adottate (Cao-Gandellini).

Il reattore di Latina, le cui ultime vicende sono state ricordate nel terzo numero del 1987 della rivista, ha funzionato complessivamente 22 anni. A testimonianza dei problemi di esercizio che si sono presentati ai responsabili dell'impianto nelle circostanze più diverse, Enrico Volterra dell'ENEL, capo centrale dell'impianto, scrive tutta l'esperienza operativa acquistata.

Un gruppo di esperti dell'Unione Internazionale dei Produttori di Energia Elettrica (UNIPED) sotto la guida di G. Moynet dell'EdF ha effettuato uno studio sul costo dell'energia elettrica prodotta da centrali che entreranno in esercizio nel 1995 in 12 paesi industrializzati. Pubblichiamo una sintesi (Diana Savelli) di tale studio da cui risulta che con un utilizzo annuo di 4000 ore l'energia elettrica da fissione nucleare resta competitiva anche nei confronti di quella prodotta con carbone.

Nel numero riportiamo anche una relazione sul ruolo e le funzioni della Commissione Tecnica per la Sicurezza Nucleare e la Protezione Sanitaria dell'ENEA (Angelo di Loreto).

L'argomento della protezione sanitaria ci fa ricordare con commozione la prematura perdita di un carissimo amico e collega che si dedicò al tema con generosità e competente dedizione: Carlo Polvani. Lo ricorda per tutti noi Pietro Metalli.

Completano il fascicolo recensioni e segnalazioni di libri, e gli annunci dei congressi per il 1989.

Enrico Cerrai



# NON ILLUDIAMOCI

APRILE 1989

È degno di rispetto il ricercatore che abbia cercato, o cerchi di ripetere, esperimenti che, nel giro di due mesi, hanno dato pensieri e speranze a tutta la comunità scientifica di questa terra.

Ancora una volta si è avuta la misura della forza dirompente dei moderni mezzi di comunicazione che sono stati capaci di far nascere, non solo nell'opinione pubblica corrente, ma perfino nella mente degli studiosi, realtà e immagini diverse da quelle di ieri, o da quelle che potremmo definire ortodosse.

L'ortodossia, salvo qualche spunto raro e regolarmente ignorato a suo tempo, sta nella distinzione assoluta fra l'universo affascinante e variegato della chimica e quello profondo e misterioso della fisica del nucleo.

La chimica, si dice, nell'atomo si arresta agli elettroni.

È stato annunciato invece (Fleischmann e coll., USA), quasi fulmine a ciel sereno, che un catodo di palladio, in una cella elettrolitica, una volta saturato, o più che saturato, con idrogeno pesante, poteva trasformarsi in un generatore di energia termica così potente da lasciar pensare ad un processo nucleare, come la fusione deuterio-deuterio, per giustificare l'evento. Contemporaneamente, o quasi, si apprendeva (Jones e coll., USA) che, pur senza una apprezzabile produzione termica, un catodo di titanio, esso pure ben carico di deuterio, aveva emesso neutroni durante l'elettrolisi.

In mezzo a queste due modalità sperimentali si sono mossi laboratori più o meno grandi, in tutto il mondo, per cercare conferme agli eventi annunciati.

L'Italia non è stata a guardare. Numerosi laboratori hanno ripetuto gli esperimenti, ispirandosi eminentemente a quello di Jones, ed hanno ottenuto segni di conferma, almeno per quanto riguarda le misure nucleari. Peculiare fra gli esperimenti, è quello condotto a Frascati ad opera dei ricercatori dell'ENEA, nel quale il risultato è ottenuto senza il processo elettrolitico, semplicemente caricando, in determinate condizioni sperimentali, trucioli di titanio con deuterio gassoso.

Di tale esperimento diamo ampio resoconto nelle pagine iniziali di questo numero.

Tutto quello che è successo finora ricade più o meno negli esempi sopra citati. Sfortunatamente, però, l'esperimento che lasciava sperare in una fonte energetica "illimitata e pulita" a disposizione dell'umanità, quello di Fleischmann, non si è lasciato ancora ripetere in modo e misura incontrovertibili.

Nel frattempo, il termine "fusione fredda" è stato riesumato ed è corso sulla bocca di tutti. L'idea che una sorta di fusione fredda abbia luogo nelle viscere della terra, in modo tale da alterare l'abbondanza relativa dell'elio di massa tre, rispetto a quello di massa quattro, ad es. nei gas vulcanici, veniva notevolmente rafforzata, e proprio Jones, con le sue prove, intendeva dimostrare l'attendibilità di tale idea.



Purtroppo, non si può ignorare che da diverse comunità scientifiche, anche autorevoli, si sono levate molte voci incredule, ed i primi apostoli della fusione fredda sono stati e sono più volte sottoposti a stringenti e severi esami.

È la prima volta che su fatti scientifici accadono episodi così pubblicizzati da ricadere regolarmente nelle colonne delle cronache quotidiane. In Italia, forse più che altrove, si è accesa la fantasia popolare. Ciò è dipeso da due fatti. Uno, dalla solenne messa in scena dell'annuncio, la conferenza stampa di Fleischmann a Salt Lake City, seguita dalle tappe europee a Losanna, Ginevra ed Erice con la mobilitazione di tutti i mezzi di informazione. Due, dall'immediato accostamento di quel fenomeno da laboratorio, ancora tutto da chiarire, con una possibilità, più o meno futura, di ottenere copiosa energia utile ed a buon mercato.

In proposito, non illudiamo noi stessi né altri.

Meglio sarà ricondurre questi argomenti nella sede più appropriata, quella scientifica, ove la ricerca è libera e può anche, al limite, sognare, senza che risultati ancora acerbi vengano dati acriticamente ai quattro venti.

Per fortuna nel nostro Paese sono state fornite alla stampa comunicazioni in genere molto serie e misurate, se non addirittura prudenti. Tuttavia, la sensibilizzazione pubblica ha portato ad una risonanza enorme.

In Italia, oltre ai numerosi esperimenti, elettrochimici e non, accompagnati dai segnali dei contatori di neutroni, si è avuto un interessante prodotto dei teorici, fisici della materia, solidisti, e fisici nucleari, circa la interpretazione possibile degli eventi. Alcuni modelli relativi alla probabilità di reazioni di fusione in materia condensata hanno fornito plausibili ipotesi interpretative.

Complessivamente, gli studiosi del nostro paese hanno dialogato e dialogano con i colleghi di tutto il mondo con pari autorità e competenza. Questo è l'aspetto positivo della vicenda. Solo su questa base aree di ricerca considerate minori perché poco frequentate, si rivalutano e riaffermano la loro importanza. Le ricerche necessarie per approfondire un argomento così importante come quello ormai battezzato "fusione fredda", daranno frutti in campi collaterali come quelli della superconduttività e della catalisi. Per l'energia dobbiamo aspettare e, se non ci saranno novità essenziali, aspetteremo a lungo.

Per questa ragione non è corretto barattare gli studi e gli stanziamenti che si stanno convogliando su questo tema con gli sforzi necessari alla soluzione dei problemi energetici, che incombono. E non è vero, come è stato detto da qualcuno, che grazie alle risorse distolte dal nucleare di fissione, si è potuto dare impulso decisivo ad una via verso la fusione pulita.

Resta, purtroppo, che la sollecitudine con la quale il governo è intervenuto opportunamente a sostenere le iniziative più diverse per la cosiddetta "fusione fredda", non eguaglia quella con la quale, partendo dal Piano Energetico Nazionale, si sarebbe dovuti pervenire a concrete azioni di politica attuativa. Per questo il Paese attende ormai da tempo e continua ad attendere.

Il presente numero cade in un momento particolare. Mentre il mondo della fissione, il cui esponente più carismatico è il nostro prof. Edoardo Amaldi, celebra il cinquantenario della scoperta e della prova sperimentale di quel fenomeno, si accende un nuovo filone di ricerca che lascia sperare nella "fusione fredda".

Noi abbiamo voluto documentare i nostri lettori su ambedue questi argomenti.

Per la "fusione fredda" abbiamo fatto parlare per l'ENEA il presidente Colombo, il responsabile del programma fusione Andreani, ed il ricercatore Antonio Scaramuzzi che a Frascati ha guidato l'esperimento ormai noto ovunque.

Per la fissione siamo onorati della testimonianza che un protagonista di primo piano, il prof. Edoardo Amaldi, ha voluto darci. La sua relazione alla Conferenza Internazionale "50



anni con la fissione nucleare” tenutasi dal 25 al 28 aprile 1989 a Gaithersburg (Maryland, USA), che descrive con emozionata partecipazione il “Preludio alla fissione in Italia” è esemplare ed estremamente significativa, soprattutto in questo momento.

Purtroppo, negli stessi giorni, uno dei protagonisti è venuto a mancare, il prof. Emilio Segrè. In omaggio alla sua memoria valgono la testimonianza di Amaldi nella suddetta relazione, ed il resoconto della Conferenza che è stato preparato da Carlo Salvetti.

Affinché non si dimentichi l'importanza e l'enorme sforzo che viene rivolto alla prima via per la fusione, quella a contenimento magnetico, pubblichiamo una breve nota informativa sulla XVI Conferenza Europea “Fusione controllata e fisica del plasma” (Venezia 13-17 marzo 1989) ed un lavoro sul magnete toroidale installato nell'impianto FTU di Frascati.

Seguono due articoli sui codici AUTOBUS (Ciarniello e Peroni) e COTHA (Tecnion, Israel) e un articolo su problemi di vibrazione (Sani).

Negli ultimi tempi molta attenzione è stata dedicata ai problemi ambientali ed a quelli della sicurezza degli impianti nucleari. In proposito, abbiamo voluto riportare una ampia documentazione relativa alla presenza di radon nei diversi luoghi (Sciocchetti), una serie di considerazioni sulle preoccupazioni per l'effetto serra dovuto all'anidride carbonica, ed un esame delle possibilità di collocazione in caverna di impianti nucleari (Ficara, Grifoni e Piana).

Vi è poi la consueta rassegna annuale sull'energia elettronucleare nel mondo (Fiorentini-Savelli) e le rubriche di Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# CONTINUA L'ATTESA

SETTEMBRE 1989

Avevamo detto che la redazione dell'ultimo Piano Energetico Nazionale, e la sua approvazione da parte del Governo il 10 agosto 1988, costituivano un passo avanti rispetto alla grave situazione di stallo che la nostra vicenda energetica, già estremamente torpida e incerta, aveva subito dopo il referendum popolare del novembre 1987.

Mentre si attendevano, e si attendono tuttora, leggi finanziarie e normative necessarie all'avvio di azioni concrete verso gli obiettivi che il PEN ha ben descritto e giustificato, abbiamo avuto la sensazione che in sede politica prevalesse la delusione di fronte a un documento giudicato molto "descrittivo" e poco "prescrittivo".

Ma non è il Parlamento il supremo organo che ha il diritto e dovere di "prescrivere" legiferando?

Sta a vedere che la colpa del deficit energetico e della abnorme dipendenza dal petrolio, che ci estrania addirittura rispetto ai paesi della Comunità, è degli illustri colleghi del Comitato Tecnico del Piano.

Eppure le gravi aree di rischio come il "degrado dell'ambiente" e la "vulnerabilità del sistema energetico nazionale", sono state descritte senza possibile equivoco con ricchezza di dati e di argomentazioni.

Da tali aree, purtroppo, non si esce se i vincoli restano quelli che sono stati imposti al problema alla fine del 1987. Né, comunque, ne usciremo presto, anche se iniziassimo da oggi, l'attuazione, benché minima, di una politica energetica.

In realtà la preparazione, dal 1980 ad oggi, di edizioni successive di piani energetici, o di loro revisioni, sempre più dotte in scienza, tecnica e sociologia, ma regolarmente inutilizzate dal Parlamento, ha ormai assunto il valore di un rito ed il significato di un alibi.

Il proposito di dar luogo seriamente alla "impostazione di una nuova politica energetica" è ancora disatteso. Forse il contenuto dell'ultimo PEN era troppo rivoluzionario. Troppo sforzo è richiesto per progredire sulla sua strada.

Abbiamo già osservato che nell'ultimo biennio, sotto il titolo di disposizioni di politica energetica, a parte i tre decreti presidenziali abrogativi urgentemente emanati nel dicembre 1987 a seguito del referendum popolare, ed il decreto legge del dicembre 1988, che interrompeva definitivamente la costruzione della centrale nucleare dell'Alto Lazio (Montalto di Castro), sono state emanate unicamente norme relative alle problematiche ambientali.

Utili senz'altro, anzi necessarie, ma non se lasciate da sole. Infatti, solamente una seria razionalizzazione dell'offerta e della domanda di energia, una approfondita riconsiderazione del ruolo, del peso energetico e della compatibilità ambientale delle diverse fonti, tutte, nessuna esclusa, può aprire la lunga strada che il Paese deve percorrere per ridurre quelle aree di rischio che si sono purtroppo ulteriormente ampliate.



Il PEN, forse per acquistare consenso e credibilità, aveva molto premuto sul motivo della salvaguardia ambientale, facendo di questa un obiettivo primario.

Cerchiamo, allora, anche di riprendere, senza cedimenti alle emozioni popolari, l'esame della alternativa nucleare la quale, nel mondo, segue con lenta ma continua progressione la sua strada, ed in Europa contribuisce alla produzione di energia elettrica per oltre il 34%. Basti vedere l'ampia documentazione sull'energia nucleare nel mondo, che Fiorentini e Savelli riportano nel loro studio in questo numero e nel precedente.

Nucleare con la garanzia della sicurezza, naturalmente, affinché avarie d'impianto ed incidenti siano sempre meno probabili, e soprattutto siano senza conseguenze apprezzabili per le popolazioni e per l'ambiente naturale.

Tutti convengono che occorre una seria opera informativa nei riguardi del pubblico, il quale, non senza motivi, nutre diffidenza e respinge l'energia nucleare da fissione, coinvolto come è stato in alcuni incidenti, l'ultimo dei quali, quello di Chernobyl, il più grave e drammatico.

Però, molto spesso, l'opinione pubblica associa, nella condanna spontanea degli armamenti nucleari, anche le centrali nucleari a fissione. Spesso nei titoli dei quotidiani si usa denotare con il termine "Chernobyl" ogni evento di contaminazione radioattiva dell'ambiente, quale ne sia la causa, dalle esplosioni nucleari sperimentali del passato allo spargimento fortuito di radioisotopi malamente custoditi.

Perciò negli ambienti qualificati e responsabili è in corso uno sforzo per promuovere una valutazione obiettiva dei problemi energetici al fine di realizzare col pubblico un rapporto informativo sempre più efficace.

E' nostro parere che ciò possa avvenire anche rievocando alcuni remoti fatti negativi, la cui nozione serpeggia nell'opinione pubblica senza contorni precisi, per riportarli all'attenzione ed alla critica con documenti ufficiali. Per questa ragione abbiamo voluto pubblicare sia la relazione "Obiettivi di sicurezza per un pubblico incerto" che il vice direttore dell'AIEA Rosen ha presentato all'International Workshop on the Safety of Nuclear Installations of the Next Generation and Beyond (28 agosto 1989, Chicago), sia il resoconto ufficiale, inviato dal governo sovietico alla AIEA per informazione agli stati membri, circa un grave incidente da radioattività che si verificò nel 1957 negli Urali meridionali in un deposito di rifiuti radioattivi provenienti dalla produzione di armi nucleari. Il documento, molto importante ai fini della distinzione fra ciò che non si deve e ciò che si può fare con l'energia nucleare, è seguito da interessantissime riflessioni di Giovanni Silini, segretario dell' UNSCEAR fino al 1988.

Anche di Chernobyl abbiamo voluto riparlare con la testimonianza diretta di Paolo Fornaciari "Chernobyl tre anni dopo", che il 17 maggio ultimo scorso ha visitato il luogo della centrale e la zona circostante, di trenta chilometri di raggio, a suo tempo evacuata.

Fabio Pistella, nella relazione presentata all'Incontro sull'energia nucleare di nuova generazione presso l'AIEA a Vienna, sul contributo che la collaborazione ENEA-ENEL ha fornito al programma scientifico dell'Agenzia, sottolinea come in Italia, nel campo della fissione nucleare, abbia avuto luogo un riorientamento verso l'esplorazione di nuove soluzioni tecniche che possano in futuro consentire l'uso dell'energia nucleare. Occorre intensificare la ricerca e lo sviluppo nel campo della sicurezza passiva e intrinseca, argomento che sembra offrire la migliore speranza per il consenso pubblico in Italia.

Per tale ragione, oltre alla stessa relazione di Pistella, pubblichiamo due articoli originali. Il primo riguarda l'analisi probabilistica di sicurezza del reattore MARS, concepito e



sviluppato da Cumo e collaboratori, il secondo descrive un impianto sperimentale costruito nei laboratori dell'ENEA (Avitabile e Calabrò) al fine di studiare le modalità di rimozione sicura del calore residuo, in un impianto del tipo PWR innovativo, in condizioni di incidente. Il comportamento dinamico di reattori PWR in esercizio è stato approfondito con l'uso di codici di calcolo perfezionati dalla collaborazione fra ENEL, CISE e EdF. Si tratta del modulo neutronico KINA del programma LEGO descritto da Nicopoulos e collaboratori.

Nei paesi ove esistono centrali elettronucleari in esercizio vengono eseguite periodiche ispezioni sullo stato dei materiali e dei componenti di impianto. La pianificazione delle ispezioni preliminari e di quelle periodiche in esercizio, richiede l'archiviazione e la gestione di un crescente numero di informazioni. Dalla collaborazione fra ENEA ed Istituto Ricerche Breda è risultata una banca dati (ARAMIS), integrata con grafica CAD, che può operare su personal computer. Ne riportiamo la descrizione compilata da Cerri e collaboratori.

Il numero si completa con l'ampio studio, citato all'inizio, di Fiorentini e Savelli, che presenta i dati disponibili fino al settembre 1989 sulla distribuzione geografica, le potenze installate, i programmi e le prospettive dell'energia elettronucleare nel mondo. In particolare, viene analizzato il caso del Regno Unito dove, nonostante l'incidente di Chernobyl, proprio da allora, è stato avviato un nuovo e consistente programma di sviluppo di centrali nucleari basato su sistemi PWR. Quanto agli impianti esistenti nel mondo, sono stati evidenziati gli aspetti connessi con il mantenimento e la disattivazione. Schede tecniche illustrano una serie di reattori innovativi in studio e in progetto.

Chiudono il numero le rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# GLI ANNI NOVANTA

DICEMBRE 1989

Nell'anno ormai andato, l'ultimo di un decennio, il quale, nel campo nucleare ha alimentato speranze alterne e delusioni finali, soprattutto in Italia, otto unità nucleari sono entrate in funzione ed altre nove sono state connesse in rete in otto diversi paesi.

Ormai oltre quattrocentotrenta unità nucleari nel mondo, una potenza installata di ben 318 000 MWe, forniscono energia elettrica con un contributo che supera il 17% del fabbisogno elettrico totale.

Negli Stati Uniti, ove l'energia nucleare è scelta con criteri economici, oltre che tecnologici, nel 1989 sono entrate in funzione due unità per circa 2500 MWe, mentre altre cinque sono in ultimazione.

Da noi, a giudicare da quanto emerge dalle ovattate e sporadiche argomentazioni sull'energia, sembra che la fonte nucleare sia ormai pressoché dimenticata, ed è diffusa l'opinione comune che essa stia per essere abbandonata quasi da tutti, anche nel resto del mondo.

Invece, mentre in Italia la moratoria nucleare ha posto una pesantissima pietra sull'argomento, ed i solitari ed ancor timidi cenni al problema cadono nella più assoluta indifferenza, altrove, i temi dell'approvvigionamento energetico e del ruolo dell'energia elettronucleare sono oggetto di approfondite analisi.

Citeremo solo alcuni dei casi più recenti, i quali mettono a nudo problemi che non sarebbe corretto tacere, ma che nel loro esito, ed in prospettiva, possono condurre i nostri lettori ad utili riflessioni.

Incominciamo con l'Unione Sovietica, ove è in moto una profonda trasformazione politica, civile e culturale, che avrà influenza anche sulle problematiche energetiche. Con i suoi cinquantatre reattori installati, e ventisei in costruzione, con la severa lezione di Chernobyl, l'URSS ha compreso, e lo dichiara, che dovrà molto lavorare per riportare le sue centrali esistenti nelle migliori condizioni di sicurezza ed affidabilità, e dovrà affrontare il problema di una adeguata formazione del personale. Però quel paese non può fare a meno della fonte nucleare e non può permettersi di sbagliare di fronte al mondo, e nemmeno di fronte a se stesso. Tale situazione, che rivelando alcuni esempi di una energia nucleare "mal realizzata e peggio gestita" offuscherebbe l'immagine di questa tecnologia, porterà invece ad una salutare, cruda, presa di coscienza, ed all'avvio di attività di notevole impegno tecnico-scientifico che richiederanno la collaborazione di paesi dalla lunga esperienza nucleare. È come aprire un nuovo grande capitolo. E l'Italia quale competenza potrà offrire?

Non si può negare che anche in Gran Bretagna l'energia nucleare non sia improvvisamente salita alla ribalta dell'opinione pubblica mondiale con fatti del tutto nuovi. Si ricorderà che il governo inglese aveva varato da poco tempo il programma di costruzione di quattro unità del tipo



PWR, la prima delle quali, Sizewell B, è ora in costruzione per essere terminata nel 1994. Nel frattempo, il governo ha anche deciso di privatizzare la gestione della produzione e della distribuzione dell'energia elettrica, segnando praticamente la fine dei tre enti elettrici statali. Sono state perciò costituite le società private per la costruzione delle centrali, del loro esercizio e per la distribuzione dell'energia elettrica. Il sistema nucleare però non è rientrato nella privatizzazione, sia perché il parco esistente non è stato considerato appetibile dagli investitori privati, sia perché, la costruzione dei reattori nuovi è ritenuta finanziariamente onerosa. Sta di fatto che lo stesso governo ha limitato di punto in bianco il programma di sviluppo nucleare alla sola centrale di Sizewell B, depennando le tre altre centrali previste. Prosegue tuttavia l'inchiesta per Hinkly Point C. Questi eventi possono significare l'abbandono del nucleare da parte della Gran Bretagna? Sembra di no. In quel paese operano quaranta unità nucleari per una potenza di oltre tredicimila MWe. Per la loro gestione è stata creata una nuova società pubblica, la Nuclear Electric PLC, che succede al CEGB e che è stata affidata alla presidenza di John Collier, presidente dell'UKAEA. Egli si è dichiarato certo che il programma di installazioni nucleari riprenderà nel 1994. Intanto si impegna, con la sua nuova società, a gestire con efficienza, affidabilità ed economia gli impianti esistenti ed a completare in tempo ed entro i costi previsti Sizewell B. Anche in questo caso, fatti che apparentemente complicano lo sviluppo nucleare, possono invece contribuire alla chiarezza ed all'approfondimento dei problemi, tanto che tali fatti potrebbero far riguadagnare all'energia elettronucleare il consenso pubblico.

Basti pensare anche alla Svezia, la cui prospettiva di uscita dal nucleare nel 2010, a seguito del referendum popolare, si allontana sempre di più dall'orizzonte. Infatti, non è facile sostituire l'equivalente di dodici reattori di potenza, affidabili e regolarmente in funzione, entro un limite così ristretto. Ci si chiede quale combustibile sarebbe accettabile in alternativa al nucleare, se si vuole anche salvaguardare l'ambiente. Inoltre, per la Svezia l'abbandono affrettato sarebbe uno scialo inutile e dannoso che, soprattutto oggi, tale paese non potrebbe permettersi.

Questi fatti sopra ricordati, ed altri, e, per quanto ci riguarda, il verificarsi di una situazione nazionale sempre più preoccupante, aprono l'ultimo decennio per il 2000.

Il 1990 avvia una svolta di enorme importanza nella vita di molti popoli di questa terra, ed anche i problemi dell'approvvigionamento e della economia delle fonti energetiche, in connessione con problemi ambientali sempre più gravi, cambieranno aspetto.

L'Italia non potrà continuare ad attendere, di Piano in Piano, quell'insieme di leggi e di norme che dovrebbero regolare una volta per tutte la materia. Ma forse qualche nuova Commissione verrà chiamata a scrivere un nuovo PEN. Nel frattempo, a livello europeo la Commissione Esecutiva della CEE ha pubblicato il nuovo Programma Nucleare Indicativo. In esso si evidenzia come l'industria nucleare europea potrà conservare la sua competitività, nel mercato internazionale, rispetto agli Stati Uniti, con una rigorosa standardizzazione di componenti e di sistemi in modo che all'apertura dei mercati del 1993 siano conseguite le necessarie economie di scala. Ed una fondamentale importanza avrà la normativa di sicurezza.

Speriamo che il nostro paese colga la buona occasione per "rientrare in Europa" riprendendo seriamente in considerazione, fra le fonti energetiche, anche quella nucleare.

In questo numero abbiamo voluto commemorare uno degli ultimi grandi padri della fisica nucleare moderna: Edoardo Amaldi, recentemente scomparso durante una delle sue intense e metodiche giornate di lavoro alla presidenza dell'Accademia dei Lincei. Carlo Salvetti, che ebbe sempre con lui un intenso rapporto di collaborazione, lo ricorda per tutti noi.

I due articoli che seguono hanno carattere tematico. Il primo riguarda la valutazione della intensità e del tipo di radiazioni a cui ciascuno è sottoposto nella vita quotidiana, il secondo riporta una valutazione sul processo di competizione tecnologica nel sistema elettronucleare mondiale.



Un articolo di Luigi Noviello dell'ENEL descrive l'evoluzione dei criteri di progetto degli impianti nucleari nelle versioni che vengono considerate per la prossima generazione.

Come già accennato sopra, presso l'ENEA, il problema del trattamento dei rifiuti radioattivi provenienti dagli impianti chimici nucleari è stato considerato da tempo. I risultati di prove, effettuate nell'impianto SERSE, per la messa a punto dei procedimenti applicabili ai rifiuti ad alta attività sono descritti in un esteso articolo.

In tema di sicurezza nucleare, per quanto riguarda la graduatoria degli eventi, si riporta la scala internazionale AIEA-NEA/OCSE nel testo originale inglese e nella versione italiana di Bruno Brigoli.

Il numero è completato dal testo della delibera CIPE 26 luglio 1990 relativa al Piano Quinquennale dell'ENEA, dalle conclusioni sulla Conferenza Nucleare Europea, ENC '90, di Lione (23-28 settembre 1990), tratte da Rémy Carle, precedute da una nota di Paola Fiorentini e da una nota sul Corso di Varenna "Stato e prospettive dell'energia nucleare: fissione e fusione" (10-20 luglio 1990), anch'essa di Paola Fiorentini, ed, infine, dalle consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# PARLIAMO DELLA FUSIONE

DICEMBRE 1990

Nel nostro paese, per il momento, continua il silenzio ufficiale sull'energia da fissione nucleare. Eppure si percepisce l'attesa per iniziative concrete almeno nell'ambito dei reattori detti di nuova generazione. È urgente costituire gruppi di esperti, i quali, riprendendo un lavoro bruscamente interrotto, siano capaci di ricostituire, col tempo, una cultura tecnico-scientifica frettolosamente dilapidata dopo il Referendum.

Intanto un segno positivo viene dall'intento dichiarato di Ansaldo e Fiat Componenti e Impianti di formare con l'ABB Atom svedese un consorzio per la progettazione del reattore PIUS secondo i requisiti della normativa italiana. Fra l'altro, per quanto riguarda la politica nucleare svedese, a proposito dell'ormai remoto annuncio della chiusura delle loro centrali nucleari entro il 2010, emergono segni di ripensamento, come, fin dall'inizio, avevamo diagnosticato per i nostri lettori.

Nell'attesa, dunque, che in Italia si riprendano attività sulla fissione, magari con qualche ripensamento – per esempio: le centrali di Caorso e di Trino 1, debbono proprio restare nel limbo per sempre? – in questo numero parliamo di fusione.

La tecnologia per i sistemi a fusione, considerata principalmente nel documento europeo che pubblichiamo, è quella che si basa sul confinamento magnetico. L'architettura della camera di reazione è quella a ciambella (toro) che, nello schema più diffuso, è denominata tokamak. Secondo il punto di vista espresso nel documento degli Stati Uniti citato più avanti, il sistema a confinamento inerziale deve essere parallelamente considerato insieme con quello magnetico.

È opportuno ricordare che nessuna delle due tecnologie citate ha ancora consentito il raggiungimento di condizioni adeguate per un processo di produzione di energia autosostenuta e controllata.

Come reazione di fusione termonucleare è stata scelta quella fra i due isotopi dell'idrogeno, deuterio e tritio, reazione che richiede, per essere praticabile, una temperatura di "soli" cento milioni di gradi. I problemi fisici, chimici, tecnologici ed ambientali che una tale reazione comporta, pur considerata la più accessibile nel suo genere, sono enormi.

Ne sono testimoni le dimensioni finanziarie e materiali dei programmi di ricerca e sviluppo che vengono svolti sia sotto l'egida della Comunità Europea, sia da parte di tutte le altre grandi potenze industriali extraeuropee come USA, URSS e Giappone.

Una valutazione completa dei programmi che si svolgono nell'Europa comunitaria, con la partecipazione di Svezia e Svizzera, insieme con la loro descrizione, è riportata nel Rapporto della Commissione per la Valutazione del Programma Fusione, presieduta da Umberto Colombo, che pubblichiamo, subito dopo una presentazione di Roberto Andreani, direttore del Dipartimento Fusione dell'ENEA.

Gli indirizzi che gli Stati Uniti dovrebbero seguire, sono contenuti nell'articolo che riporta le conclusioni e le raccomandazioni del Rapporto preparato dal Comitato Consultivo per la Politica della Fusione, su incarico del Dipartimento per l'Energia (DOE).

Una crescente attenzione internazionale riceve il Progetto ITER (International Thermonuclear



Experimental Reactor). Il suo progetto concettuale si è concluso a fine anno; Romano Toschi, direttore per l'Europa del Progetto ITER, ce ne ha fornito un'interessante nota di aggiornamento.

Per quanto riguarda il problema dei materiali, presso il Centro ENEA di Frascati, dal 4 al 6 dicembre 1990, ha avuto luogo il Convegno intitolato "Ricerca, sviluppo e tecnologie dei materiali per i reattori a fusione" dove sono state esaminate tutte le problematiche relative ai materiali strutturali per il sistema tokamak. Alcuni commenti su tale Convegno sono stati redatti per questo numero da Bruno Brunelli, il quale ci ha fornito pure il suo contributo riguardante le condizioni di lavoro dei materiali in un reattore tokamak. Per la sperimentazione sul comportamento dei materiali sottoposti a irraggiamento, occorrono installazioni di laboratorio in grado di riprodurre condizioni vicine a quelle reali. Roberto Coppola, sempre al Convegno di Frascati, ha presentato un lavoro, che pubblichiamo, riguardante le sorgenti neutroniche per irraggiamenti e "diagnostica" di materiali.

A proposito dello sviluppo di nuovi materiali, un aspetto che sta emergendo, e che condiziona la maggiore o minore "pulizia" della fusione nei riguardi della radioattività, è la ricerca di materiali strutturali detti a bassa attivazione neutronica. Si tratta di sostituire, in certe leghe, elementi che hanno alta probabilità di diventare radioattivi una volta irraggiati con neutroni con altri aventi una probabilità più bassa. Pure i non specialisti incominciano a constatare che i problemi di compatibilità ambientale esistono anche per i sistemi a fusione, sebbene spesso questi siano stati classificati come sistemi "puliti". Non ci vorrà molto per accorgersi pure che, con la reazione scelta, la produzione, la gestione ed il contenimento del tritio, gas che è radioattivo, possono generare problemi di protezione ambientale abbastanza seri.

In questo numero la sezione scientifica accoglie anche un articolo di Marcolongo, Mazzocchi e Testa del CISE riguardante un sistema di misura del titolo del vapore, argomento importante nella sperimentazione termofluidodinamica dei sistemi di raffreddamento dei reattori ad acqua.

Il 18 dicembre 1990 si è svolta a Roma la giornata di studio organizzata dall'ANDIN (Associazione Nazionale di Ingegneria nucleare e di sicurezza impiantistica) sui rifiuti nucleari ad alta attività e lunga vita. Una breve nota sulla giornata di studio è stata preparata da Paola Fiorentini.

Completano il numero le consuete rubriche Informazione e Convegni del 1991.

Enrico Cerrai



# CHERNOBYL: ANNO QUINTO

APRILE 1991

Il disastro di Chernobyl di fine aprile 1986 che ha impressionato, ed ancora impressiona, l'opinione pubblica, in realtà, a livello mondiale, non ha fermato la crescita, sia pure misurata, della produzione di energia elettronucleare da fissione.

Come mostra il confronto fra i dati consuntivi di oggi (Paola Fiorentini "L'energia elettronucleare nel mondo" in questo numero), e quelli di fine 1986 (P. Fiorentini e D. Savelli "id. id", *Energia Nucleare* 4, 117-126, gennaio-aprile 1987), l'incremento della potenza nucleare installata è stato di circa 56 000 MWe, cifra addirittura superiore alla potenza elettrica necessaria oggi al nostro paese. La produzione di energia elettronucleare nel 1990 è andata oltre i 1900 miliardi di kWh, pari a circa il 18% del fabbisogno totale. Gli stessi Stati Uniti, ove le ordinazioni di nuove centrali sono ferme da tempo, ma il completamento di quelle in cantiere sta procedendo, hanno superato col loro 20% di quota elettronucleare, la media mondiale. In ogni caso, nel recentissimo documento USA, *National Energy Strategy*, si argomenta che con una adeguata strategia che tenga conto di fattori economici, ambientali e sociali, nei primi decenni del prossimo secolo, a fronte della necessaria espansione della produzione elettrica totale, con una ripresa degli investimenti per centrali nucleari, queste ultime potranno mantenere, se non addirittura portare al 21%, la loro quota.

D'altro canto, come in ogni paese industrializzato, senza adeguate strategie energetiche, la richiesta tende a crescere in modo incontrollabile ed eccessivo, l'approvvigionamento energetico diviene un problema dalla soluzione sempre più difficile e onerosa da ogni punto di vista.

Le decisioni politiche sono anche condizionate pesantemente dal problema della accettazione pubblica e del consenso delle popolazioni. E questo è particolarmente vero per lo sviluppo dell'energia nucleare da fissione. Anche quest'anno, come ormai avviene ad ogni ricorrenza, il disastro di Chernobyl è stato riportato alla luce della cronaca con descrizioni e valutazioni spesso impressionanti. È però da ricordare che dall'evento in poi, gli organismi internazionali competenti e gli ambienti scientifici più qualificati, non hanno mai cessato di esaminare, controllare, valutare ed approfondire ogni fatto ed ogni circostanza. I documenti prodotti sono di dominio pubblico, quelli futuri lo saranno. Pertanto, secondo il costume di sempre, continueremo a pubblicare i documenti man mano che essi vengono presentati nelle sedi appropriate. Un riferimento molto importante viene dalla "Conferenza internazionale sugli incidenti nucleari e il futuro dell'energia", tenutasi a Parigi dal 15 al 17 di aprile 1991. Organizzata dalla Société Française d'Énergie Nucléaire e dalla Società Sovietica di Energia Nucleare, ha dedicato la maggior parte delle sessioni all'incidente di Chernobyl. Di queste pubblichiamo un ampio resoconto (Raffaele Di Sapia dell'ENEA) che contiene le considerazioni e le informazioni presentate. Una attenta lettura della relazione, ed eventualmente l'esame delle diverse relazioni, tutte disponibili, rende l'esatto panorama della situazione emersa dalla Conferenza.

Noi non abbiamo mai minimizzato la portata tecnica, sociale, economica ed anche umana, dell'evento, abbiamo sempre cercato e, comunicato, informazioni e giudizi affidabili affinché il lettore ricavasse la più obiettiva dimensione dell'evento in tutta la sua gravità. Libero, il lettore, di confrontare valutazioni scientifiche con visioni apocalittiche, da certi ambienti divulgate in lungo e in largo, ad ogni ricorrenza, con toni non usati mai quando altre fonti energe-



tiche hanno provocato i loro disastri. Avevamo anche preannunciato che nel 1990, su richiesta del Governo Sovietico, era stato dato l'avvio ad un programma internazionale, sotto l'egida dell'AIEA teso alla determinazione delle conseguenze radiologiche nell'Unione Sovietica dell'incidente di Chernobyl. Il programma è stato svolto da 200 esperti internazionali suddivisi in gruppi di lavoro. I risultati verranno presentati in maggio dal 21 al 24, dai responsabili di ciascun gruppo di lavoro, in una Conferenza internazionale da tenersi nel quartiere generale dell'AIEA a Vienna. Anche di essa, nel prossimo numero, daremo il più ampio resoconto.

Nel quadro generale delle tecnologie nucleari, un peso non indifferente, sul quale è pure sensibile l'opinione pubblica corrente, ha il problema detto delle "scorie radioattive". È opportuno ricordare che il problema emerge in tutta la sua entità non tanto dal normale esercizio di una centrale elettronucleare, quanto dalla gestione di quegli impianti che, dal combustibile nucleare irradiato, estraggono materiali fissili e fertili utilizzabili nella rifabbricazione di elementi di combustibile, e contemporaneamente isolano tutti gli altri materiali, altamente radioattivi, classificati come rifiuti. Questa parte del ciclo nucleare che non è attuato in tutti i paesi muniti di centrali elettronucleari, presenta considerevoli problemi di carattere tecnologico, economico e sociale.

Si può asserire, tuttavia, che tali problemi sono risolvibili con tecnologie e processi adeguati. Il punto sull'argomento è stato fatto nel "3° Convegno internazionale sul ritrattamento del combustibile nucleare e la gestione dei rifiuti radioattivi - RECOD '91", 14-18 aprile 1991. In questo numero pubblichiamo una rassegna critica degli argomenti fondamentali trattati nel congresso (Alessandro Facchini - Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano), rassegna che fornisce gli elementi necessari ad una aggiornata valutazione del problema.

Per quanto riguarda le attività di ricerca nel campo del trattamento dei rifiuti radioattivi ad alta attività, il contributo italiano alla Conferenza è stato presentato dallo stesso Facchini con due lavori che descrivono processi e modalità relativi all'inglobamento in materiali vetrosi dei rifiuti medesimi. Le versioni, in italiano, dei due lavori di A. Facchini (Politecnico di Milano) e R. Nannicini (ENEA), il primo, e di detti più G. Serrini ed E. Zamorani (CCR Ispra) il secondo, sono pubblicati in questo numero seguiti da una nota tecnica relativa ad uno speciale componente di impianto: la pompa per i fanghi radioattivi.

Per quanto riguarda l'energia da fusione termonucleare controllata abbiamo voluto aggiungere ulteriori informazioni sugli aspetti tecnologici dei programmi NET ed ITER. Di R. Matera e M. Merola del CCR Ispra, pubblichiamo un articolo sui problemi di progettazione della prima parete di tali macchine.

L'argomento della protezione dalle radiazioni riceve una costante attenzione da parte degli organi internazionali preposti. Le nuove raccomandazioni dell'ICRP sono illustrate e commentate da Giovanni Silini, noto esperto internazionale, già segretario dell'UNSCEAR.

I problemi connessi con la disattivazione (decommissioning) delle centrali nucleari in Italia sono trattati nell'articolo di Michele Laraia dell'ENEA.

Il numero si conclude col quadro generale dell'energia elettronucleare nel mondo di P. Fiorentini, che comprende il consuntivo al 31 dicembre del 1990 con aggiornamenti che arrivano al 30 aprile 1991.

Completano il fascicolo le rubriche Informazione, Convegni e l'Indice analitico 1990.

Enrico Cerrai



# LA RIFORMA DELL'ENEA

SETTEMBRE 1991

L'ENEA – Comitato Nazionale per la ricerca e lo sviluppo dell'Energia Nucleare e delle Energie Alternative – così denominato dalla legge 5 marzo 1982, n. 84, nell'occasione del secondo riordino del CNEN, il quale a sua volta era stato istituito l'11 agosto 1960, diviene “Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA)”.

Questa formulazione viene stabilita dalla legge detta “Riforma dell'ENEA” del 25 agosto 1991, pubblicata dalla Gazzetta Ufficiale del 30 dello stesso mese.

Circa dieci anni fa, al “nucleare” della sigla CNEN (Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare) erano state aggiunte le “energie alternative”, oggi, con l'ultima legge, il “nucleare” scompare dalla enunciazione esplicita. Essa però diviene così ampia da comprendere praticamente tutti i settori della ricerca e dello sviluppo che afferiscono ai problemi dell'energia e dell'ambiente.

A noi, che operiamo con una testata, che è dell'ENEA, anche di quello nuovo, e che più esplicita non potrebbe essere, preme mettere immediatamente in luce come, a nostro giudizio, le problematiche nucleari rimangano solidamente presenti nella missione e nei compiti dell'Ente.

La legge stessa chiarisce che “si intendono per energie alternative quelle ricavate da fonti diverse dagli idrocarburi”.

D'altra canto, sono precipuo compito dell'Ente la promozione, l'esecuzione ed il coordinamento di studi e valutazioni “sulla sicurezza degli impianti nucleari e sulla protezione dalle radiazioni ionizzanti”. In particolare, la legge riconferma alla DISP (Direzione Centrale per la Sicurezza Nucleare e la Protezione Sanitaria) la funzione, completamente autonoma, di fissare prescrizioni ed esercitare controlli che hanno rilevanza per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro il pericolo delle radiazioni ionizzanti. Sono compiti della stessa DISP il controllo sulle materie fissili speciali, sulle materie grezze e minerali, sull'applicazione delle misure di protezione fisica passiva degli impianti nucleari e delle materie nucleari e lo svolgimento degli adempimenti derivanti dagli accordi internazionali connessi al regime di salvaguardia da applicare alle materie fissili speciali e alle materie grezze e minerali.

Noi sappiamo che, in alcuni ambienti, la scomparsa dell'aggettivo nucleare dall'“etichetta” dell'ENEA ha creato qualche amarezza, quasi che fosse stato perpetrato l'ennesimo tradimento ai danni dell'energia nucleare. Si potrebbe osservare, a proposito di quanto sopra riportato, che il mantenere competenze e responsabilità in fatto di sicurezza e protezione è il minimo che si possa fare, in un settore peraltro irrinunciabile, sia perché, appunto, centrali nucleari, pur ferme, qui esistono, sia perché nel paese sostanze radioattive di vario genere circolano, sia perché molte centrali in funzione all'estero sono prossime ai nostri confini.

Occorre però osservare che anche il solo svolgimento dei compiti sopra elencati già richiede il mantenimento di una profonda “cultura” di carattere nucleare, in tema di impianti e materiali ed esige un continuo aggiornamento tramite iniziative di ricerca e sviluppo, affinché funzioni che, nonostante la moratoria nucleare, è necessario vengano garantite, si svolgano, come sempre, col più alto livello di competenza, nell'interesse dell'intero Paese. Del resto, non esisterebbe neanche quella cultura, che oggi va salvaguardata ed ampliata, se l'Italia non avesse avuto la sua storia nucleare. La presenza sul nostro suolo di impianti di potenza da disattivare, di com-



bustibili irradiati da custodire, di rifiuti radioattivi da sistemare, mantiene viva e valorizza esperienza e competenza maturate in tanti anni.

C'è dunque una "logica delle cose", non estranea alla legge, che sollecita e solleciterà diverse attività di studio e ricerca in campo nucleare, presso le università, i centri, gli enti energetici.

Perciò noi crediamo che non sia corretto accogliere con pessimismo il ritocco di una denominazione, e la riforma del ruolo e dei compiti dell'Ente.

Ne è testimonianza concreta questa stessa rivista, che non solo prosegue col suo titolo, ma ha visto parzialmente rinnovata, dal Consiglio di Amministrazione dell'ENEA, la composizione del proprio Comitato Scientifico, a conferma della volontà di proseguire su questa strada, con la garanzia di ancor più vasti apporti professionali.

In ogni caso, giacché il presente numero esce in concomianza con la legge di riforma, abbiamo voluto attingere direttamente dalla voce del Presidente, prof. Umberto Colombo, tutte le informazioni che possono contribuire al chiarimento della posizione che il nuovo ENEA si trova ad assumere nei riguardi del nucleare. Nell'intervista col Presidente, che pubblichiamo qui di seguito, abbiamo cercato risposta alle domande che il mondo nucleare italiano si pone in questo momento, mondo nel quale l'attesa per un avvio organico e coordinato di iniziative, anche industriali, è grande e diffusa. Il Presidente ci ha risposto in modo preciso ed ampio e gliene siamo grati.

Veniamo ora al contenuto di questo numero. Come preannunciato, pubblichiamo il testo, tradotto in italiano, delle conclusioni del "Progetto Internazionale Chernobyl". Così è stata chiamata l'indagine svolta da un gruppo internazionale di circa duecento esperti sotto la supervisione di venticinque scienziati in Russia, Bielorussia e Ucraina. Si tratta di un importante contributo alle indagini che sono state e sono svolte per valutare le conseguenze dell'incidente sulla popolazione, ma non costituisce certamente una documentazione definitiva e completa. Si attendono ulteriori documenti.

A Chernobyl è stata dedicata una parte del primo Congresso Internazionale in memoria di Andrey Sakharov, che ha per tema "Pace, Progresso e Diritti Umani" (Mosca, 21-25 maggio 1991). Uno dei due argomenti particolari trattati verteva sull'implicazione globale del disastro ed il futuro dell'energia nucleare. Noi pubblichiamo le raccomandazioni e le proposte degli esperti, i quali hanno trattato il passato, il presente ed il futuro, analizzando con rigore tutte le tematiche.

Un argomento che sta diventando attuale e che influenzerà molti programmi di ricerca, è quello della combustione nucleare dei radionuclidi a lunghissima vita che si generano nei combustibili nucleari ad elevato tasso di bruciamento. Il tema è riassunto nel termine "bruciamento degli attinidi". Lo scopo è di rendere meno problematici il trattamento e la sistemazione finale dei rifiuti ad alta attività. Pubblichiamo di Buccafurni e Landeyro dell'ENEA, una estesa rassegna sulla situazione presente e sulle prospettive.

Nel campo degli studi sui sistemi di reattore, di Lombardi e Tenconi del Politecnico di Milano, pubblichiamo uno studio sull'ottimizzazione del reattore ad acqua in pressione (PWR).

La disattivazione delle centrali nucleari poste fuori servizio comporta un grande numero di operazioni di intervento sull'impianto. Una delle operazioni determinanti è la decontaminazione delle parti e dei materiali. I principali problemi connessi con tale processo sono descritti da Bregani e Garofoli dell'ENEL.

Completano il numero uno stralcio della legge di riforma dell'ENEA della quale si parla qui e nell'intervista col Presidente, relazioni sintetiche su alcuni convegni AIEA (Sicurezza dell'energia nucleare - strategia per il futuro; e Progressi negli aspetti di sviluppo e progettazione dei sistemi AWLR), nonché la consueta rubrica di informazione, congressi, ecc..

Enrico Cerrai



# L'ECO DEL JET

DICEMBRE 1991

Sabato, 9 novembre, ad Abingdon (UK), deuterio e tritio hanno fornito, per la prima volta in laboratorio, una quantità sensibile di energia, reagendo nel tokamak del Programma Comunitario JET sulla fusione termonucleare controllata.

Per questo evento, da considerare storico, gli sperimentatori hanno meritato il compiacimento e le lodi di tutto il mondo della ricerca energetica avanzata. In realtà è stato un grande successo dello sforzo tecnologico che ha visto uniti i paesi europei, con i propri scienziati, i tecnici e l'industria manifatturiera.

Questi aspetti sono stati messi nel giusto risalto solo dalla stampa specializzata, e sono ben descritti nell'articolo di apertura da Enzo Bertolini, capo della divisione "Magnet and power supplies" del JET. Purtroppo, di questo evento, alla gente comune, è giunto un segnale quasi esclusivamente trionfalistico, che parla di un formidabile passo avanti nella generazione di energia pulita, illimitata, economica.

Non c'è alcuna ragione di invocare simili irreali caratteristiche per rendere il passo compiuto più importante di quanto non lo sia per la sua reale portata scientifica.

Un primo gradino è stato salito, anche se piccolo, di una lunghissima e ripida scalinata.

La fusione termonucleare controllata è la tecnologia energetica che dovrebbe, in un futuro, non certamente prossimo, avviare la graduale sostituzione delle altre fonti energetiche primarie. Carbone, petrolio, gas, uranio, le fonti con le quali si soddisfa oggi il fabbisogno mondiale di energia, non sono scevri di problemi, non sono privi di difficoltà e di limiti. Tanto meno si può dire oggi della fusione, che è ancora una speranza, che sarà pulita, illimitata, economica. Non è giusto che le nuove generazioni siano vittime di una illusione così lontana dalla realtà.

Il tema della fusione termonucleare controllata è importantissimo ed è svolto con grande competenza e dedizione.

È necessario che i programmi in essere e quelli previsti ricevano i mezzi necessari. È giusto che al JET, progettato e realizzato dall'Europa, segua l'ITER, in corso di sviluppo su scala mondiale, e che, quindi, le forze di ricerca siano mobilitate in uno sforzo internazionale.

Si sa che il sistema a confinamento magnetico non è il solo ipotizzabile, che, soprattutto negli Stati Uniti e in Giappone, si persegue anche la via del confinamento inerziale come, Angelo Caruso dell'ENEA illustra nel secondo articolo di questo numero.

È bene però non dimenticare che i problemi da risolvere sono ancora molti e, soprattutto quelli di natura tecnologica, sono di dimensioni e difficoltà non incontrate mai fino ad ora



nelle realizzazioni dell'ingegneria. Ragione di più per continuare, con umiltà e tenacia, le attività di ricerca e sviluppo, in uno sforzo interdisciplinare il più ampio possibile.

In questo numero, dopo la prima parte, che è stata opportunamente dedicata alla fusione, seguono un articolo su nuovi dispositivi per il trasferimento del calore (G.E. Farello, ENEA), una rassegna di recenti esperimenti sui fenomeni di crisi termica ad altissimi flussi (G.P. Celata, M. Cumo, ENEA), argomenti, questi, che possono interessare anche i sistemi a fusione, un lavoro sulla gestione di un incidente per mancanza di acqua di alimento in reattori PWR (C. Billa, E. D'Auria, G.M. Galassi, ENEA, Università di Pisa, Regione Toscana), ad una serie di considerazioni sulla sicurezza dei reattori nucleari di tipo VVER (S. Giulianelli, R. Mussapi, A. Ricci, ENEA/DISP). A proposito di impianti nucleari a sicurezza migliorata riportiamo un documento della Commissione Tecnica per la Sicurezza Nucleare e la Protezione Sanitaria dell'ENEA redatto da Luciano Sani.

Completano il numero le consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# RICORRENZE

SETTEMBRE 1992

Il presente fascicolo, che esce con la data di settembre 1992, contiene il materiale dei primi due numeri dell'anno.

Ci scusiamo con i lettori per il ritardo con il quale abbiamo licenziato il numero.

La legge di ristrutturazione dell'ENEA, che ha portato al rinnovo quasi totale del Consiglio di Amministrazione, e le conseguenti esigenze di riorganizzazione delle strutture operative dell'Ente, non hanno permesso una maggiore rapidità nel lavoro redazionale. In proposito ha anche pesato l'avvicendamento nell'incarico di redattore capo, incarico che lasciato dalla dott.ssa Paola Fiorentini il 1° marzo 1992, sarà assunto da dicembre dall'ing. Diana Savelli.

La direzione della rivista, ben conscia dell'indispensabile, qualificato contributo professionale che la dott.ssa Fiorentini ha saputo fornire al successo della pubblicazione, ha chiesto, ed ottenuto, che ad essa fosse affidato l'incarico di coordinatore scientifico. Perciò insieme con i ringraziamenti per il ruolo brillantemente svolto fino a febbraio, si formulano gli auguri di buon lavoro sia alla dott.ssa Fiorentini, nella sua nuova veste, sia all'ing. Savelli per la funzione di redattore capo.

Riprendendo ora il filo del discorso, osserviamo che il 1992, per quanto riguarda le vicende nucleari, è caratterizzato da almeno due ricorrenze.

La prima, di interesse mondiale, cade il 2 dicembre 1992.

E' il cinquantenario dell'attivazione della pila CP1, che nel 1942 in quel giorno a Chicago, ad opera di Enrico Fermi e dei suoi collaboratori entrò in funzione. Essa costituì la prova che una macchina poteva generare in modo controllato energia utile all'uomo dalla fissione dell'uranio.

Di tale anniversario sono previste celebrazioni in tutti i paesi del mondo. In Italia, fra l'altro, saranno organizzate conferenze sia a Pisa, a cura dell'Università e del CIRTEN (Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare), sia a Roma presso l'Accademia Nazionale dei Lincei ove verrà ricordata la figura di Fermi. Nel prossimo numero non mancheremo di informare i lettori sullo svolgimento di tali Conferenze.

La data induce alla riflessione perché cade in un momento nel quale i sistemi di produzione di energia da fissione sono oggetto di una innovazione critica, più o meno marcata in ogni paese industrializzato.

Un bilancio sull'esito della prima era della fissione potrà essere fatto anche sulla base delle considerazioni emerse nelle conferenze commemorative.

L'altro evento che riguarda il nostro paese è la data del 18 dicembre 1992, data alla quale giunge a scadenza la moratoria nucleare determinata dall'esito del referendum di cinque anni fa. Fino ad oggi pochi sono stati i commenti giornalistici a proposito di tali scadenze.



È ben comprensibile che nella situazione difficile che attraversa il paese, altri problemi appaiano ben più grandi ed urgenti che non il termine della moratoria nucleare che coglie praticamente tutti impreparati.

L'impegno assunto dal governo all'inizio del quinquennio circa l'attivazione di un presidio nucleare proprio perché, a fine 1992, potessimo trovare presenti, soprattutto nell'industria, tutti gli elementi conoscitivi ed imprenditoriali per impostare correttamente una ripresa, non ha avuto effetto significativo.

Un convegno dell'ANDIN sull'argomento è previsto, anch'esso in dicembre, e ne verrà data informazione nel prossimo numero.

Intanto, in apertura del numero, riportiamo il quesito proposto da Mario Silvestri "Un nuovo interesse in Italia per l'energia nucleare?" che introduce il resoconto dei due convegni "Conversione delle testate nucleari ad usi pacifici" e "Opzione energetica e tutela dell'ambiente".

Le decisioni delle grandi potenze sul disarmo nucleare hanno generato un nuovo problema tecnico-politico. Quello dell'utilizzo degli esplosivi nucleari come fonti per la fabbricazione di combustibile per la produzione energetica. In un convegno, il Simposio internazionale sulla "Conversione delle testate nucleari per scopi pacifici", svolto a Roma dal 15 al 17 giugno 1992, sono stati discussi i temi più importanti di tale argomento. Silvestri sintetizza il contributo del gruppo di lavoro italiano, mentre la posizione e le proposte dell'ex-URSS sono contenute negli articoli di Mikhailov e di Solonin.

Sul tema della possibilità di bruciare nuclearmente gli attinidi presenti nel novero dei prodotti di fissione dei combustibili irradiati, Landeyro, Buccafurni ed Orazi dell'ENEA proseguono la loro attività di indagine e valutazione nell'articolo che affronta differenti metodologie operative.

La tecnologia della fusione termonucleare controllata mediante la reazione deuterio-tritio, presenta alcune problematiche legate alla produzione del tritio (Simbolotti, Zampaglione dell'ENEA), al suo controllo a fini sanitari (Pacanti, S. Terrani, Foglio Para del Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano) ed altre relative alla ricerca dei materiali strutturali per la prima parete (Merola e Zucchetti del CCR Ispra e Università di Torino). Vi è poi una nota di Pierazzi sul 17° Simposio sulle tecnologie della fusione (SOFT 1992).

Gli aspetti ingegneristici della difesa delle popolazioni in caso di grosso incidente nucleare sono affrontati da Turrichia dell'ENEL con la proposta per un sistema di contenimento avanzato che consenta di evitare evacuazione e contaminazione del territorio.

Infine Silini, membro dell'ICRP e già segretario scientifico dell'UNSCEAR, espone le sue interessanti riflessioni sui principi etici della radioprotezione. Riflessioni che trovano solido fondamento nella lunga e profonda esperienza dell'Autore.

Completano il numero le consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# RICORDI

DICEMBRE 1992

Le due più importanti cerimonie organizzate in Italia per la ricorrenza dei cinquant'anni della pila di Fermi hanno avuto luogo in dicembre, come anticipato nel numero precedente, una a Pisa, l'altra a Roma.

I mezzi di informazione, impegnati a dare in pasto ai lettori scabrose vicende, alcune, ironia delle sorte, anche attinenti alla gestione dell'energia, hanno dato scarso rilievo ai due eventi. In certi casi, il grande scienziato italiano è stato ricordato semplicemente come uno dei più brillanti fisici della scienza fondamentale.

Così, nelle sale, si sono riuniti quasi unicamente gli esperti ed i cultori della fisica nucleare e delle sue applicazioni, stretti attorno a qualche veneranda figura della storia dell'atomo.

Noi assolviamo il compito non solo di ricordare Fermi e la fissione ma anche di pubblicare alcune fra le più significative relazioni presentate durante il convegno di Pisa del 2-3 dicembre 1992.

La scoperta della fissione è ricordata, in apertura del numero, da Mario Silvestri, con la consueta efficacia narrativa e la nota scrupolosità scientifica.

In pochi decenni, la fissione ha portato allo sviluppo dell'energia nucleare nel mondo con tecnologie impiantistiche e dimensioni che vengono illustrate da Bruno Musso nell'articolo che pubblichiamo. L'uso della fonte nucleare per la produzione di energia è stato costantemente accompagnato, diversamente da quanto accaduto per altre fonti, dalla elaborazione e dalla applicazione ingegneristica di concetti di sicurezza degli impianti e di protezione degli operatori e delle popolazioni; i principali tra questi concetti sono descritti nell'articolo di Giovanni Naschi.

Avevamo anche annunciato la Giornata di Studio ANDIN 1992 (Roma, 11 dicembre) nella quale sarebbe stato fatto il punto delle attività nucleari nel paese nel periodo, detto della moratoria, che figurativamente cessava il 18 dicembre 1992. Da quanto discusso nel convegno abbiamo estratto, e pubblichiamo, l'analisi relativa a ciò che era stato chiamato il "presidio nucleare". Tale presidio era affidato, non in modo formale, bensì di fatto, alle università, per la salvaguardia della cultura, ai grandi enti, come ENEA ed ENEL, per il mantenimento di una attività che avesse aspetti applicativi, all'industria per la conservazione delle competenze realizzative essenziali.



Come è andata? Ciascuno ha esercitato la propria buona volontà cercando, meritoriamente, di salvare il salvabile. Segnali politici nessuno. Se ce ne è stato qualcuno, solo per impedire che si riparlasse del nucleare.

Perché i nostri lettori possano farsi un quadro delle attività svolte dai diversi enti, pubblichiamo due articoli sulla organizzazione didattica e sugli aspetti culturali e i riflessi applicativi relativi ai Corsi di Laurea in Ingegneria Nucleare nelle università italiane (Politecnico di Milano e Torino, Università di Bologna, Palermo e Pisa, Università di Roma "La Sapienza"), nonché lo stato e le prospettive dell'attività dell'ENEA sul nucleare da fissione (Corticelli e Santarossa). Le attività di ricerca e sviluppo dell'ENEL sono illustrate da Fornaciari mentre lo stato e le prospettive delle attività industriali dopo la moratoria sono oggetto dell'articolo di Adinolfi e Previti.

Seguono due articoli di ricerca su problematiche di trasferimento del calore di interesse per il progetto termoidraulico dei componenti ad alto flusso dei reattori a fusione (Celata, Cumo e collaboratori). Completano il numero le consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# IL FUTURO

APRILE 1993

Dopo ricordi e celebrazioni, dopo amare constatazioni domestiche, è il momento per qualche parola sul futuro. Il futuro dell'energia nucleare come fonte primaria a servizio dell'umanità.

Questo numero vuole dare un contributo alla formazione di una opinione su ciò che potrà accadere. Come sempre, sviluppo e progresso di una tecnologia si fondano sulle cose realizzate e sull'esperienza acquisita. Di fronte al quadro complessivo "L'energia elettronucleare nel mondo al 30 aprile 1993" presentato da Paola Fiorentini, niente può rendere meglio conto dell'importanza e della consistenza della produzione elettronucleare di oggi.

Nel panorama mondiale, a mezzo secolo dalla "pila di Fermi", alcune tecnologie nucleari hanno fatto il loro tempo e scompaiono, altre sopravvivono rafforzate e migliorate dall'esperienza di esercizio e sono la base indiscussa dei prossimi sviluppi. Nessuna reale rottura fra passato e presente, ma selezione graduale con rafforzamento delle scelte impiantistiche meglio garanti della sicurezza e della protezione ambientale.

Proprio la caduta delle barriere fra i due storici blocchi, ciascuno dei quali aveva privilegiato una tecnologia particolare, basti ricordare l'Occidente con la schiera dei sistemi ad acqua naturale e l'Oriente sovietico con un parco ragguardevole di reattori a grafite con tubi in pressione, ha consentito finalmente di mettere l'occhio critico su tutti e su tutto. Non più impianti, che, secondo le norme occidentali, non sarebbero mai stati autorizzati, diffida contro possibili gestioni negligenti e pericolose.

Dal confronto reciproco una generale autocritica, una volontà di porre rimedio ad errori passati, una affermazione crescente di principi di solidarietà e collaborazione fra mondi inizialmente molto diversi.

Le regole universali, tutte essenziali, dell'economia, dell'efficienza, della sicurezza e della protezione degli operatori e delle popolazioni, ormai debbono valere per tutti. Un travaglio dunque, che ha caratterizzato questi anni recenti, per preparare la transizione verso il futuro.

In realtà, neanche fra presente e futuro potrà esserci una frattura. L'idea che col criterio della "sicurezza intrinseca" si apra un'epoca tecnologica del tutto nuova, attecchisce solo entro i confini di quei paesi i quali non hanno mai avuto il nucleare o hanno, come da noi, frettolosamente, e con enorme spreco di risorse, cancellato il passato eventualmente per ripartire da zero con proposte che appaiano più accettabili dall'opinione pubblica. Tutto ciò attiene alla politica. I politici giochino dunque le loro carte, e, per quanto riguarda il nostro paese, le giochino prima possibile operando le necessarie scelte di indirizzo.

I reattori innovativi, detti a sicurezza intrinseca oppure a sicurezza passiva, avranno in futuro una affermazione molto graduale entro il grande parco di quelle centrali a tecnologia occidentale consolidata, che fino ad oggi hanno dimostrato di funzionare, e continueranno a farlo, con sicurezza ed efficienza. A nostro giudizio, ritenere obsolete ed improponibili tali centrali, per riservare considerazione solo a futuri nuovi e "rassicuranti" concetti di reattore, come sembra accadere nel nostro paese, può

servire per riaprire un capitolo di lavoro che, pur tuttavia, resta ancora ai margini della storia reale vissuta dalla maggior parte dei paesi tecnologicamente avanzati. Con tali principi l'industria nazionale difficilmente può rientrare in gioco in modo significativo.

Per fortuna, al di là delle soluzioni "politiche" locali, quella che non può essere distorta più che tanto è la legge generale secondo la quale le nuove tecnologie nascono, crescono e si affermano in competizione con le tecnologie precedenti e nonostante l'azione antagonista degli oppositori.

Questo ci dice Cesare Marchetti, noto ricercatore allo IIASA di Vienna, nell'articolo intitolato "Tendenze della produzione e del consumo di energia su scala internazionale". In esso viene spiegata, con l'ausilio di abbondante casistica, la chiave con la quale la conoscenza degli eventi passati genera la previsione di quelli futuri.

Così, a proposito dell'energia nucleare, si vedrà come, nonostante l'impressione pessimistica che la presente situazione italiana può dare, questa fonte a livello mondiale seguirà il suo regolare sviluppo come è stato per le fonti che l'hanno preceduta.

In ogni caso, l'ENEA, pur nella nuova versione ampia e diversificata nel campo delle tecnologie per l'energia e l'ambiente, in seno al programma di attività per il periodo 1993-95 ha incluso una serie di azioni in campo nucleare, soprattutto per quanto attiene la sicurezza e la protezione, come documentato negli stralci del programma triennale pubblicati in questo numero.

Le tecnologie di un futuro più lontano, come la fusione termonucleare controllata, sono oggetto di studi e ricerche sperimentali. Due articoli "Electromagnetic Forces on ITER First Wall and Blanket" (Ferrari, Pellegrino, Simbolotti dell'ENEA e Rubinacci dell'Università di Cassino) ed "Experimental Results on High Heat Flux Burnout in Subcooled Flow Boiling" (Celata, Cumo e Mariani dell'ENEA) appartengono a questo campo.

Prove per lo studio di un nuovo reattore, l'AP 600, sono eseguite nell'impianto sperimentale VAPORE dell'ENEA (Incalcaterra e Kropp).

Il problema della trasmutazione degli attinidi a lunga vita provenienti dal trattamento dei combustibili nucleari irradiati è affrontato con sistemi che possono anche comprendere, per la generazione dei neutroni, l'impiego di particelle accelerate. Il caso proposto da Los Alamos è analizzato da Landeyro (ENEA), Orazi e Santilli (ENEA-DISP).

Nel campo della radioattività ambientale interessa pure il contenuto di radon in un fluido largamente usato anche negli impieghi domestici, il gas naturale. Misure di radon in campioni di gas distribuiti a Milano sono state eseguite presso il Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano (Campi, Fasolin, Foglio Para, Terrani).

Completano il numero una lista di nuove voci nella terminologia di sicurezza per gli impianti nucleari a cura di Magda Marchini dell'ENEA e la consueta rassegna delle notizie e congressi.

Enrico Cerrai



# FUSIONE E TRITIO

SETTEMBRE 1993

Per il momento, la reazione nucleare utilizzata nella sperimentazione tecnologica sulla fusione termoneucleare controllata è la ben nota D+T, ovvero, la interazione fra nuclei di deuterio e nuclei di tritio.

Nel sistema più investigato, quello che si rifà al *Tokamak*, tale interazione, che produce nuclei di elio e neutroni veloci, deve avvenire in seno ai reagenti sotto forma di plasma ad altissima temperatura, confinato per effetto di un campo magnetico di opportuna geometria.

Man mano che l'attività sperimentale si è sviluppata con le grandi macchine di prova, non ultimo il JET (Joint European Torus), il problema del tritio è emerso in tutti i suoi aspetti sia tecnologici che sanitari.

Accanto ai programmi dedicati alla dimostrazione della praticabilità della fusione termoneucleare controllata, l'emergere di alcuni aspetti apparentemente collaterali, ha reso necessarie ulteriori attività di studio e di ricerca.

Il tritio è un gas radioattivo che emette particelle beta negative con energia massima di 18,6 keV e con tempo di dimezzamento di 12,34 anni. La sua concentrazione in natura è talmente bassa da non consentire la disponibilità di quantità tecnologicamente utili, perciò esso deve essere prodotto sull'impianto medesimo facendo reagire neutroni generati dalla fusione con sostanze a base di litio.

Negli impianti, quindi, sono racchiuse, e debbono essere movimentate, rilevanti quantità di tritio. Essendo un isotopo dell'idrogeno ha la tendenza a diffondere attraverso i materiali e può portare la radioattività all'esterno degli impianti. La conservazione ed il maneggio del gas possono essere occasioni di fughe.

Di fatto, lo studio del contenimento sicuro del tritio costituisce un capitolo della ricerca sui materiali speciali.

Il tritio, per effetto di reazioni di scambio isotopico, dà luogo, fra l'altro, alla formazione di molecole di acqua tritiata, e questa, attraverso cicli biologici, può costituire una fonte di contaminazione.

Per queste, ed altre ragioni, anche il sistema di produzione di energia con la fusione termoneucleare controllata, deve essere indagato in tutti i suoi aspetti, protezione e sicurezza incluse, seguendo criteri di progetto e di esercizio, altrettanto rigorosi quanto quelli che l'ingegneria occidentale applica agli impianti a fissione.

I problemi del tritio nell'ambiente sono ampiamente illustrati da Arrigo A. Cigna nell'articolo che segue. I nostri lettori potranno aver nozione di un problema che, per molti aspetti, è nuovo.

Se lo studio della fusione va avanti, anche il capitolo dei reattori a fissione, soprattutto del tipo ad acqua naturale, viene arricchito con nuove idee e nuove proposte. Una versione modulare di PWR può dare ulteriori vantaggi di sicurezza (Bacchiani e Lombardi del Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano) così come la proposta di un dispositivo capace di controllare in modo passivo

la reattività del nocciolo di un reattore ad acqua naturale (Bruzzi del Dipartimento di Chimica Applicata e Scienza dei Materiali dell'Università di Bologna, Criscuolo dell'Ansaldo SpA e Tinti dell'ENEA). Per la previsione delle conseguenze della rottura del condotto di alimento di un generatore di vapore in un PWR, Mavko, Petelin e Tiselj dello "Jožef Stefan" Institute di Ljubljana (Slovenia) hanno messo a punto una analisi parametrica che evidenzia il tipo di incidente che può colpire l'impianto.

Per la generazione di energia su veicoli spaziali viene proposto un sistema di conversione termionica alimentato da un piccolo reattore nucleare veloce (Caira, F. Cumo, Naviglio del Dipartimento di Ingegneria Nucleare e Conversioni di Energia dell'Università di Roma "La Sapienza" e Gandini dell'ENEA). L'argomento è di grande interesse. Tale soluzione è necessaria quando si richiede un elevato rapporto potenza/massa ed una lunga autonomia di generazione elettrica.

Particolari reattori a fissione, a scopo di ricerca, capaci di elevati flussi neutronici possono essere utilizzati per studi sui materiali strutturali metallici anche di uso nucleare. Difetti microstrutturali, stati di sollecitazione residua, peculiarità morfologiche possono essere evidenziati con la diffrazione neutronica. Le più recenti applicazioni di questa tecnica sono illustrate da Roberto Coppola dell'ENEA.

La progettazione degli impianti nucleari secondo criteri sismici e la scelta dei siti più idonei seguono le normative sviluppate nei diversi paesi. L'analisi delle principali regole guida a livello mondiale è presentata da Leonello Serva dell'ENEA-DISP.

Nei sistemi a fusione termonucleare una alternativa al confinamento magnetico è quella del confinamento inerziale. A Frascati nei giorni 25-28 maggio 1993 si è tenuto un simposio internazionale sul metodo di confinamento inerziale con ioni pesanti di cui ci riferisce Stefano Atzeni dell'ENEA.

Gli scopi e le attività dell'ESARDA ed i principali risultati del suo quindicesimo simposio sulla salvaguardia e sulla gestione dei materiali nucleari, tenutosi a Roma nei giorni 11-13 maggio 1993, sono illustrati da Carlo Foggi, segretario dell'ESARDA.

Infine Pedro A. Landeyro dell'ENEA riferisce sul convegno "Safewaste '93", riguardante i rifiuti radioattivi, tenutosi ad Avignone dal 13 al 18 giugno 1993.

Completano il numero le consuete rubriche Informazione e Congressi.

Enrico Cerrai



# LA FISSIONE ASSISTITA

DICEMBRE 1993

La fine del 1993 ha portato nuova popolarità alle vicende nucleari grazie all'annuncio di Carlo Rubbia, in seduta con i fisici del CERN il 24 di novembre, a Ginevra. Questa volta popolarità in certo modo benigna per il pubblico avvezzo a sentire sul nucleare, dai normali mezzi di informazione, più profezie di sciagura che messaggi rassicuranti. Qualche titolo evocava addirittura miracoli.

Rubbia sintetizza la sua idea nel titolo che, in italiano suona: "Un amplificatore di energia per la produzione di energia nucleare più pulita ed inesauribile, pilotato da un acceleratore di fasci di particelle".

La prospettiva è molto attraente. L'idea è tutt'altro che nuova.

Si tratta di un reattore nucleare a fissione, intrinsecamente in difetto quanto a popolazione neutronica, però integrabile a volontà con il necessario saldo di neutroni facendo interagire un fascio di particelle accelerate (protoni) con nuclei pesanti collocati all'interno del nocciolo. Quando i neutroni addizionali ci sono, il reattore sta acceso, quando si fanno mancare si spegne. In più viene riproposto l'uso del torio naturale come bersaglio che produce neutroni per interazione con le particelle veloci, e consente anche, per fertilizzazione sempre con neutroni, la produzione di uranio duecentotrentatré fissile.

L'idea di abbinare l'acceleratore con un insieme fissile-fertile, per costituire un reattore nucleare, presumibilmente più sicuro perché quando non alimentato di protoni diviene sottocritico, risale, come lo stesso Rubbia ricorda, alla proposta degli studiosi canadesi con W.B. Lewis nei primi anni cinquanta. Allora il progetto fu considerato non conveniente.

Lo sviluppo delle macchine acceleratrici, veramente notevole negli ultimi anni, ha reso teoricamente più fattibile un sistema quale quello proposto e, al contempo, ha reso plausibile l'uso di macchine per trasmutare a vite più brevi gli attinidi radioattivi a lunga vita presenti nei rifiuti dei combustibili irradiati.

Questo secondo impiego degli acceleratori è studiato essenzialmente dai ricercatori del Laboratorio Nazionale di Los Alamos (USA), come riportato nell'articolo di Bowman, Jameson e Venneri, a cura di P. Fiorentini, relativo al sistema ATW (Accelerator-driven Transmutation of Waste).

Come si può notare, sia la proposta di Rubbia che il sistema ATW hanno in comune l'uso del torio come fonte primaria e l'abbinamento dell'acceleratore con una struttura fissile-fertile. La differenza sostanziale sta negli obiettivi. Rubbia intende un impianto nucleare che di per sé dia origine ad un limitato quantitativo di rifiuti ad alta attività ed a vita lunghissima, mentre il sistema ATW ha per scopo principale quello di trasmutare in nuclidi a vita più breve gli attinidi già prodotti in reattori esistenti. Tra l'altro, anche in Italia, sono allo studio proposte alternative a quest'ultimo metodo, consistenti nell'uso degli stessi reattori di tipo provato, come "combustori" degli attinidi.

In ogni caso, la dimostrazione della fattibilità pratica ed economica dei diversi sistemi allo studio, richiede ancora moltissimo lavoro di ricerca e sviluppo nonché la soluzione di numerosi problemi di tecnologia e di ingegneria.



Quanto al pensiero di Rubbia sul ruolo delle grandi macchine acceleratrici, sembra trasparire, oggi, una preferenza per l'impiego nel campo della fissione piuttosto che in quello della fusione a confinamento inerziale con particelle pesanti (vedi "Energia Nucleare", 97-104, maggio-settembre 1993), nel quale, originariamente, il Nobel aveva riposto la sua fiducia.

È possibile che il prestigio di Rubbia promuova nei più disparati ambienti scientifici un approfondimento degli studi dei processi nucleari più fini, dei quali, nella attuale tecnologia dei reattori, non è necessario tener conto. Quando si abbinano al processo tradizionale di fissione altre reazioni nucleari pilotate a volontà, la conoscenza dei fenomeni di interazione, e del comportamento, dei nuclidi agli effetti delle sezioni d'urto delle possibili reazioni nucleari può fare ipotizzare nuove applicazioni.

In un ipotetico impianto a fusione basato sulla tecnologia del confinamento inerziale, Cerullo (Università di Genova), Lanza e Vezzani (Università di Pisa) hanno effettuato la valutazione di un bilancio energetico complessivo sia per la versione pilotata da fasci laser sia per quella da particelle pesanti accelerate.

Nell'ambito delle ricerche sulla sicurezza dei reattori a fusione Sobrero (Università di Bologna) e Costa (NIER s.r.l., Bologna) propongono un modello in grado di descrivere il fenomeno di corrosione/erosione di acciaio e acqua e di determinare il quantitativo di radioattività presente nel refrigerante, dato in base al quale è possibile giungere alla stima della dose emessa in caso di incidente di perdita di portata.

Tornando all'annuncio di Rubbia, ci chiediamo se esso possa provocare nel nostro paese alcunché di nuovo nell'atteggiamento politico verso il nucleare. Per il momento, un esame del caso italiano, della realtà cioè, nella quale viene ad inserirsi oggi la proposta di Rubbia, è stato autorevolmente compiuto da Renato Angelo Ricci, presidente della Società Italiana di Fisica e coordinatore del Comitato Tecnico Scientifico dell'ENEA. L'esame col titolo "Politica energetica e comunità scientifica: il caso italiano" segue l'editoriale.

In attesa di auspicati programmi di sviluppo, i ricercatori italiani nelle università e nei centri di ricerca proseguono la loro attività. Nel campo dei problemi termici e termofluidodinamici relativi a reattori ad acqua naturale Brigoli, Lombardi e Monzani (Politecnico di Milano) presentano uno studio sulla distribuzione di temperatura in noccioli di PWR a secco; Ambrosini, D'Auria, Galassi e Mazzini (Università di Pisa) descrivono il progetto di prove di stabilità in un flusso bifase in un simulatore di BWR in scala ridotta; Fruttuoso e Oriolo (Università di Pisa) riportano l'esperienza acquisita nella valutazione del codice di calcolo SCDAP/RELAP5 applicato ad incidenti con grave danneggiamento del nocciolo in impianti nucleari ad acqua leggera; infine Broccoli, Peerani, Peluso (ENEA) e Naviglio (Università di Roma "La Sapienza") presentano le caratteristiche di una versione migliorata del nocciolo del MARS, reattore innovativo di concezione italiana.

Il numero riporta anche la rassegna di tre convegni tenutisi in Italia nell'ultimo quadrimestre: la "Sesta Conferenza Internazionale sui materiali per il reattore a fusione" (M. Merola, CCR-Ispra), la VI Conferenza Amaldi "A Contribution to Peace and International Security" (P. Fiorentini) e la Giornata di Studio ANDIN 1993 "L'Ingegneria italiana per il nucleare dell'Est" (D. Savelli, ENEA).

Completano il fascicolo le informazioni e l'elenco dei congressi del 1994.

Enrico Cerrai