

**COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE (CNEN)**

L'anno 1978 è stato caratterizzato, dal punto di vista energetico, da una sostenuta ripresa in tutte le aree industrializzate della domanda globale di energia e più specificatamente di energia elettrica. Ciò come conseguenza del consolidamento in detto anno della tendenza già manifestatasi nel 1977 di una più accentuata ripresa dello sviluppo economico e della produzione industriale che ha fatto seguito alla recessione economica degli anni 1974 e 1975 seguenti alla crisi energetica del 1973.

Verso la fine del 1978 il sistema « petrolio », considerato anche l'aumento dei consumi, in detto anno, presentava già elementi di tensione tali da far presagire un nuovo aumento generalizzato dei prezzi a partire dal 1979. La crisi iraniana, anticipando di anni una situazione di scarsità di greggio, ha fatto esplodere gli elementi di tensione tra domanda ed offerta, provocando una corsa ad aumenti del prezzo del petrolio. Ciò ha posto le economie petrolio-dipendenti di fronte a situazioni di estrema gravità ed ha riproposto in termini ancora più impellenti l'esigenza di attivare politiche energetiche finalizzate e contenere il consumo di petrolio negli anni futuri e quindi incrementare il ricorso a fonti sostitutive del petrolio come il gas, il carbone e il nucleare e lo sforzo per lo sviluppo di fonti alternative o rinnovabili, in tutto nell'ambito di una efficace politica di risparmi energetici di conservazione dell'energia.

La crisi petrolifera del 1973 e la più recente crisi pongono i Paesi industrializzati anche nel settore della produzione di energia elettrica, nella esigenza di procedere oltre che nella linea dei risparmi, della migliore efficienza dell'utilizzo di fonti anche piccole trascurate nel passato, soprattutto nella direzione della diversificazione delle fonti, sia dal punto di vista tecnico che geografico. Tra queste fonti nel medio periodo assumono rilevanza il carbone e la fonte nucleare, uniche capaci, allo stato attuale, di sostituire gli idrocarburi e le sole capaci di soddisfare alle future crescenti esigenze di energia elettrica.

Nel periodo 1973-78 vi è stato un incremento generalizzato della fonte nucleare per produzione di energia elettrica: tale incremento è stato in termini relativi circa il triplo di quello delle fonti fossili per i Paesi OCSE, una volta e mezzo negli USA, cinque volte in Giappone, in Europa la fonte nucleare ha pressochè compensato il calo dei consumi dei combustibili fossili.

L'Italia è l'unico Paese che non ha avuto di fatto incrementi apprezzabili della fonte nucleare, mentre l'incremento dell'energia idro-

geoelettrica è dovuto essenzialmente ad una migliore efficienza di sfruttamento degli impianti. A causa del ritardo nel programma nucleare ha dovuto utilizzare la fonte termoelettrica tradizionale per far fronte ai suoi fabbisogni di energia elettrica. Nell'ambito di tali fonti vi è da registrare nel 1978 per l'Italia un sensibile aumento del carbone. Per quanto riguarda il gas naturale, un suo maggior utilizzo è previsto per il 1983-84, dopo la realizzazione del metanodotto dell'Algeria.

Il settore nucleare mondiale, nel 1978, visto a livello delle decisioni politiche, delle iniziative industriali e delle attività operative, ha fatto registrare eventi di significativa importanza.

I maggiori eventi si sono registrati per iniziativa degli Stati Uniti e di alcuni Paesi produttori di uranio.

L'obiettivo perseguito è stato quello di avviare azioni che impedissero — a seguito dello sviluppo dei programmi di applicazioni pacifiche nucleari — la proliferazione di capacità nucleari militari.

Fermo restando l'impegno a studiare nelle sedi da tempo istituzionalizzate il problema della « proliferazione verticale » (cioè quella che comporta l'aumento degli armamenti nucleari nell'ambito dei Paesi militarmente nucleari) è stato nuovamente posto all'attenzione mondiale il problema della « proliferazione orizzontale », cioè quello relativo ai Paesi al momento non dotati di armi nucleari.

Il Trattato di non proliferazione (TNP) a cui hanno aderito oltre cento Paesi è oggi lo strumento più importante di politica internazionale garante per la non proliferazione orizzontale. L'adesione al TNP comporta un duplice impegno: quello di non utilizzare le tecnologie, gli impianti ed i materiali nucleari ai fini militari e quello di accettare un controllo internazionale per la verifica di tale impegno.

Ad integrazione del TNP, sono state ufficializzate, nel corso del 1978, « Intese » fra i principali Paesi esportatori di materiali, attrezzature e tecnologie nucleari (le cosiddette « Intese di Londra ») volte ad assicurare che ogni trasferimento abbia luogo nel rispetto di determinate garanzie.

Da parte degli Stati Uniti, è stato emanato, nell'aprile del 1978, il « Nuclear Non Proliferation Act » che impone severi obblighi per i Paesi importatori sul materiale nucleare originato o comunque trattato negli Stati Uniti.

Dal canto loro, i Paesi grandi produttori di uranio, in particolare il Canada, hanno unilateralmente imposto nuove ed onerose condizioni di salvaguardia nei contratti già da tempo negoziati e definiti con i Paesi acquirenti.

Su iniziativa dell'amministrazione USA, è stato avviato, sul finire del 1977 un programma internazionale di valutazione del ciclo del combustibile, inteso a sviluppare gli aspetti di non proliferazione orizzontale degli armamenti nucleari e cioè l'International Fuel Cycle Evaluation Program (INFCE). Obiettivo principale del programma è quello

di individuare, attraverso la valutazione del ciclo del combustibile, possibili misure, con soluzioni tecniche ed accordi internazionali, atte a minimizzare i rischi della proliferazione.

I punti controversi, su cui gli interessi europei sembrano essere contrapposti a quelli degli USA, riguardano il problema del ritrattamento dei combustibili, con il conseguente recupero del plutonio e lo sviluppo dei reattori veloci al plutonio, linea perseguita dall'Europa per le potenziali capacità di tali reattori ai fini della ottimizzazione dello sfruttamento energetico dell'uranio.

La Conferenza Organizzativa dell'INFCE, a cui hanno aderito 54 Paesi, ha portato alla costituzione di otto gruppi di lavoro internazionali, nei quali la partecipazione italiana è rappresentata in larga misura dal CNEN.

Secondo le intenzioni dei promotori e dei partecipanti lo INFCE dovrebbe limitarsi a fornire un complesso di elementi tecnici su cui i vari Paesi baserebbero poi le loro decisioni in materia di politica energetica in generale e nucleare in particolare.

Appare però fin d'ora arduo che da un consesso di partecipanti caratterizzati dalle situazioni più eterogenee in fatto di risorse energetiche, sviluppo tecnologico, programmi nucleari e politica di non proliferazione, possano emergere indirizzi da tutti condivisi e tali da poter modificare sostanzialmente scelte già da tempo prese alla luce delle obiettive condizioni strutturali dei singoli Paesi.

È indubbio tuttavia che l'INFCE sta evidenziando la necessità di introdurre, nelle valutazioni che concernono lo sviluppo delle applicazioni nucleari, anche il parametro « non proliferazione » destinato ad avere in futuro una rilevanza analoga, se non superiore a quella degli altri principali parametri sino ad oggi presi in considerazione e cioè: economia, sicurezza ed impatto ambientale.

Sul piano delle iniziative industriali, il 1978 è stato nel complesso un anno di pausa. Il volume globale di ordini di nuove centrali elettro-nucleari nel mondo si è limitato ad un valore di circa 9000 MWe. Negli ultimi tempi c'è stata una inversione di tendenza, a partire quasi paradossalmente, dalla crisi petrolifera del 1973.

In tale anno infatti si era verificato il massimo volume di ordini di centrali nucleari, circa 51.000 MWe. A tale volume avevano concorso gli USA per circa il 70 per cento; successivamente vi è stata una progressiva riduzione.

Le motivazioni di questo ridimensionamento della fonte nucleare sono di natura sociale, economica e politica.

Sul piano sociale la penetrazione nucleare ha registrato una opposizione che ha assunto toni ed aspetti diversi nei singoli Paesi e che ha accentrato l'attenzione sui problemi della sicurezza, della protezione dell'uomo, dell'ambiente e più in generale del rapporto tra insediamenti di impianti nucleari e politica del territorio.

L'incidente verificatosi alla Centrale di Three Mile Island (Harrisburg - USA) della potenza di 850 MWe del tipo Babcock-Wilcox, seppur

privo di effetti sulle persone e sull'ambiente, come risulta dai rapporti periodici della Nuclear Regulatory Commission portati a conoscenza dell'opinione pubblica italiana dal CNEN, ha certamente contribuito, nell'ultimo tempo, ad una ulteriore riduzione del livello di accettazione delle centrali nucleari tra le popolazioni.

Dal punto di vista economico, gli aumenti di costo degli impianti nucleari ed in parte del combustibile, determinati in maniera rilevante dal maggior tempo richiesto fra l'ordine della centrale, la sua costruzione ed il raggiungimento della piena potenza e dall'aumento del costo del danaro, ha indotto alla prudenza particolarmente le *utilities* private.

Sul piano politico, l'esplosione di un ordigno atomico in India, verificatosi nel 1974, con conseguenti timori di proliferazione, ha progressivamente deteriorato le condizioni di libero trasferimento di materiali, attrezzature e tecnologie nucleari, costituendo quindi un imprevedibile strumento di disturbo e di rallentamento nello sviluppo pacifico dei programmi elettronucleari dei Paesi meno tecnologicamente avanzati o più dipendenti dall'approvvigionamento di materiali di base del settore nucleare.

Le suddette motivazioni vanno peraltro confrontate e pesate — con il fatto che per il passato il nucleare è stato forse proposto in termini di eccessiva confidenza, rispetto ai tempi più recenti — sia con il generale rallentamento del tasso di sviluppo dei Paesi maggiormente industrializzati, sia con il fatto che il petrolio ha nell'ultimo triennio mantenuto un prezzo pressochè costante.

Passando a considerare le attività operative nel settore nucleare, una particolare attenzione va attribuita all'andamento della produzione elettronucleare nel corso del 1978.

Le cifre e le considerazioni che seguono possono dare una concreta indicazione sulla dimensione « industriale » raggiunta da tale tipo di produzione. I paesi che hanno prodotto significative quantità di energia elettronucleare sono 19, distribuiti in tutte le aree geografiche.

Quale esempio di diversificazione è da rilevare che negli USA la produzione elettronucleare ha consentito nel 1978 un risparmio di circa 70 miliardi di petrolio equivalente.

Alla produzione mondiale concorrono 239 centrali di cui 73 in USA, 87 in Europa Occidentale, 37 in Europa Orientale e 42 in altri Paesi. Tra questi ultimi spiccano il Giappone con 22 centrali ed il Canada con 12 centrali.

Circa l'apporto dell'energia nucleare alla produzione elettrica totale, è da rilevare che esso è già superiore al 20 per cento in due Paesi: Svezia e Belgio.

L'Italia con il 2,6 per cento si colloca all'ultimo posto tra i Paesi della CEE.

Considerata la forte e crescente interdipendenza fra le Nazioni nel settore energetico e l'esigenza quindi di una collaborazione internazionale ed in particolare comunitaria molto maggiore che in passato, il

distacco dell'Italia, nell'impiego della fonte nucleare, dagli altri Paesi, potrebbe in futuro far mancare quella solidarietà indispensabile per superare situazioni di difficoltà e di crisi.

La produzione elettronucleare rappresenta oggi una componente rilevante delle attività industriali in Paesi caratterizzati dalle più svariate situazioni in fatto di assetto politico, situazione economica e sociale e di dipendenza energetica. Si hanno centrali in esercizio e contemporaneamente, programmi di ulteriore espansione in Paesi ad economia occidentale (USA, Europa Occidentale), in quelli ad economia pianificata (URSS e Paesi del Comecon) così come in Paesi caratterizzati da forte dipendenza energetica (Giappone) e da una certa autosufficienza (Svezia), (Regno Unito).

#### *Risparmi energetici, le energie alternative e altre forme di energia*

La diversificazione politica, geografica e tecnica delle fonti di approvvigionamento costituisce per i Paesi energetico-dipendenti, come l'Italia, uno dei pilastri fondamentali di una efficace politica energetica al fine di ridurre la vulnerabilità dei singoli sistemi economici.

E fuori dubbio che, nell'attesa dello sviluppo e maturazione industriale e commerciale di altre fonti energetiche, il gas naturale, il carbone ed il nucleare sono le uniche fonti capaci di far diminuire sostanzialmente la dipendenza del petrolio e di aumentare il superamento della fase di transizione fra l'era in cui l'economia energetica è dominata dal petrolio e quella in cui altre fonti di energia ne prenderanno stabilmente il posto.

Fa da sfondo ad una corretta strategia energetica il problema del risparmio energetico e la razionalizzazione ed ottimizzazione dei consumi, con incidenza positiva ed in ogni caso non negativa sulle attività economiche, nonchè il problema dello sfruttamento delle risorse energetiche interne, anche minori, per i Paesi privi di risorse primarie ed entro i limiti posti dalla convenienza economica e dalla valorizzazione dei particolari rapporti tecnologici e geografici che esistono con la natura e l'ubicazione degli usi finali.

Oltre alle linee sopra indicate si è dato grande impulso nei maggiori Paesi industrializzati ad una politica aggressiva di ricerca, sviluppo e dimostrazione, tesa allo sfruttamento di fonti non convenzionali (geotermica, scisti bituminosi, sabbie asfaltifere, petrolio ad alta densità, etc.) allo sviluppo di tecnologie per superare alcuni nodi legati a certe fonti convenzionali (gassificazione del carbone, etc.) all'impiego delle energie rinnovabili (fusione, solare-termica ed elettrica, etc.) alla introduzione di nuove tecnologie energetiche.

La Tabella n. 1 mette a confronto gli investimenti pubblici, di alcuni Paesi Occidentali, nel campo della ricerca, sviluppo e dimostrazione per settori e fonti energetiche e la dinamica di tali investimenti negli ultimi anni.

## LEGISLATURA VIII — DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

TABELLA N. 1

SPESE PUBBLICHE PER RICERCA E SVILUPPO NEL SETTORE ENERGETICO (1)  
(in milioni di dollari) (2)

Paesi	Fonti		Combust. fossile		Nucleare		Fonti rinnovabili		Conserv. energ.		Tecnologie di supporto (6)		Totale	
	1974	1977	1974	1977	1974	1977	1974	1977	1974	1977	1974	1977	1974	1977
Belgio . . . . .	2,6	6,4	47,7	48,2	0,2	0,8	6,5	8,7	19,4	23,8	76,4	87,9		
Francia (3) . . . . .	—	62,6	—	262,8	—	15,0	—	84,9	—	46,5	—	501,7		
Germania . . . . .	38,4	77,5	347,8	463,9	0,5	14,4	—	6,6	45,5	—	393,3	601,3		
Inghilterra (4) . . . . .	—	25,2	—	188,9	—	4,5	—	11,8	—	9,2	—	239,6		
Italia . . . . .	—	0,9	82,2	168,5	—	7,6	—	10,8	39,0	76,6	121,2	264,4		
Giappone . . . . .	6,7	13,5	172,0	297,8	8,0	17,7	21,3	41,9	74,5	159,0	282,5	529,9		
Svezia . . . . .	0,6	2,7	13,2	16,7	3,8	6,6	1,6	23,1	0,8	9,5	20,0	58,6		
Spagna . . . . .	5,2	5,6	20,2	21,6	0,3	6,2	0,5	4,0	4,8	5,7	31,0	43,1		
Stati Uniti . . . . .	89,5	443,8	709,7	1.281,5	(5) 18,2	223,2	—	63,5	—	782,0	817,4	2.794,0		

(1) Fonte AIE: *Energy Policies and Programmes of IEA Countries - OCSE 1978*

(2) A tassi di cambio di fine anno per il 1974 ed a giugno per il 1977.

(3) Dati 1976 — Fonte CEE — Doc. EUR 5911 - 1978

(4) I dati 1974 non sono pubblicati

(5) Comprende anche la quota di spese per la voce « Conservazione energia »

(6) Nella voce Tecnologie di supporto si comprende un ampio spettro di tecnologie legate all'energia e variabile da Paese a Paese. Principalmente sono comprese le tecnologie per la conversione e trasmissione dell'energia elettrica, per l'immagazzinamento dell'energia, per la sicurezza e protezione ambientale, per l'analisi dei sistemi, eccetera. In particolare per gli USA la quota maggiore riguarda le tecnologie in appoggio al nucleare.

La Tabella n. 2 dà la percentuale, per gli stessi Paesi, delle spese pubbliche di ricerca e sviluppo nel settore energetico nel 1977.

Tab. n. 2 — *Ripartizione percentuale delle spese pubbliche per ricerca e sviluppo nel settore energetico nel 1978*

	Combust. fossile	Nucleare	Fonti rinnovab.	Conservazione ener.	Tecnol. di sviluppo	Totali
Belgio . . . . .	7,4	55,3	0,0	10,0	26,4	100,0
Francia (1) . . . . .	13,3	55,7	3,2	18,0	9,8	100,0
Germania . . . . .	12,9	77,1	2,4	3,7	3,9	100,0
Inghilterra . . . . .	10,7	80,6	1,9	5,0	1,8	100,0
Italia . . . . .	0,2	62,4	2,8	4,1	30,5	100,0
Giappone . . . . .	2,6	56,2	3,3	7,9	30,0	100,0
Svezia . . . . .	4,7	28,3	11,3	39,4	16,3	100,0
Spagna . . . . .	13,3	50,5	14,5	8,4	13,3	100,0
Stati Uniti . . . . .	15,8	45,9	8,1	2,3	27,9	100,0

(1) - 1976

I dati riportati, anche se non consentono di valutare compiutamente l'impegno totale nei diversi Paesi, dato il notevole sforzo che viene fatto anche a livello delle industrie private, indicano chiaramente la notevole crescita dei fondi pubblici destinati alla ricerca e sviluppo delle fonti sostitutive del petrolio.

Benchè allo sviluppo del nucleare venga riservata la maggiore quota dei fondi pubblici, vi è da rilevare il notevole incremento di fondi destinati in particolare alle fonti rinnovabili e alla conservazione dell'energia.

È una linea di tendenza in rapida ascesa, basti pensare che in tutti i Paesi appartenenti all'AIE, la spesa per lo sviluppo delle fonti rinnovabili è passata da 300 miliardi di dollari nel 1977 a circa 600 miliardi di dollari nel 1978, di cui 400 miliardi di dollari nei soli Stati Uniti.

Al dato certo di un notevole impegno finanziario per ricerche e sviluppo in settori diversi dal nucleare, fa riscontro una notevole differenza degli obiettivi perseguiti dai vari Paesi e che tiene conto delle varie situazioni energetiche in rapporto anche alla disponibilità di fonti proprie.

È da rilevare anche come il quadro di possibilità che offrono le energie rinnovabili abbia spinto Paesi della fascia nord del continente all'intenso sviluppo di tali fonti in relazione soprattutto alle possibilità di esportazione delle tecnologie verso i Paesi del terzo Mondo. Infatti in tali Paesi non si sono ancora sviluppati quei fenomeni di accentrimento dei consumi, tipici dei Paesi industrialmente sviluppati, e che rendono più complesso l'utilizzo delle fonti rinnovabili, che si prestano tra l'altro ad essere facilmente decentrate.

E da rilevare inoltre che la CEE ha avviato, fin dal 1975, un programma di ricerca e sviluppo nel settore delle fonti non nucleari e della conservazione dell'energia, programma che prevedeva per il quadriennio 1975-79 un finanziamento di circa 60 milioni di UCE così articolato:

11,38	milioni di UCE	per	conservazione	energia
13,24	»	»	»	per produzione di idrogeno
17,50	»	»	»	per energia solare
13,00	»	»	»	per energia geotermica
3,88	»	»	»	per analisi dei sistemi

Infine il Consiglio della Comunità, nell'ambito delle decisioni adottate dal Consiglio dei Ministri della Comunità nel febbraio 1978 e giugno 1978 in tema di risparmi energetici e di aiuti e progetti dimostrativi per lo sviluppo di fonti energetiche alternative, ha stabilito in 150 milioni di UCE l'ammontare dei contributi da destinare a specifici progetti, di cui, al momento, 5,7 per i risparmi, 50 per l'energia solare, 22,5 per l'energia geotermica.

#### *La situazione nazionale: il ruolo del CNEN*

1. — Dall'insieme dei dati ne deriva un ritardo del Paese nella attuazione di incisive iniziative capaci di allentare nel breve periodo la grave situazione energetica che rischia di compromettere il consolidarsi della ripresa economica che ha caratterizzato il 1978 ed i primi mesi del 1979, nonchè di gettare le basi di una oculata strategia energetica che ci ponga nel futuro in situazioni di maggiore sicurezza energetica.

La vulnerabilità della situazione italiana risiede essenzialmente nell'essere un Paese, oltre che privo di materie prime (energetiche e non), caratterizzato da un sistema energetico basato prevalentemente sul petrolio. La dipendenza energetica globale è stata nel 1978 del 79 per cento e la quota del petrolio a copertura dei fabbisogni energetici, raggiunge il 64 per cento.

2. — Nell'ottobre 1977 il Parlamento italiano, a seguito di un ampio ed approfondito dibattito, ha approvato a larga maggioranza una mozione che, considerati i mutamenti indotti dalla crisi energetica nel quadro dei dati che definiscono la scelta di fondo della politica economica e riconosciuto all'energia un ruolo strategico per lo sviluppo sociale ed economico, ha indicato una serie di azioni tendenti a modificare nel breve e medio periodo l'attuale struttura del sistema energetico nazionale. Diversificazione delle fonti; risparmi energetici; sviluppo di tutte le risorse interne; recupero ed utilizzo di tutte le fonti anche minime; produzione integrata di energia e calore; razionalizzazione delle strutture di approvvigionamento, lavorazione e distribuzione dell'energia; incremento dell'apporto del carbone, del gas naturale, del nucleare; ricerca e sviluppo sulle fonti alternative quali la solare. Questi sono i punti salienti degli indirizzi formulati.

Tali azioni dovranno essere riscontrate con la esigenza di una concreta verifica della sicurezza e della difesa della salute e dell'ambiente,

riferite ai cicli di produzione, trasformazione e consumo di qualsiasi fonte energetica.

Il Parlamento inoltre ha indicato nella modifica della politica dei prezzi e delle tariffe, nell'utilizzo degli strumenti fiscali e degli incentivi i mezzi necessari per l'attuazione degli indirizzi di politica energetica indicati.

Circa il nucleare, il Parlamento, tenuto conto che nel medio periodo non sarà possibile recuperare attraverso la politica della conservazione dell'energia e dello sviluppo delle fonti alternative tutto il fabbisogno energetico nazionale ed al fine di evitare nel medio periodo *deficit* energetici, esiziali alla vita del Paese, ha indicato come necessario un ricorso equilibrato e controllato all'energia nucleare. Il Parlamento, inoltre ha indicato come tale ricorso debba fare riferimento ad una linea strategica che abbia come obiettivi: l'autonomia energetica, un qualificato ed autonomo sviluppo di una industria elettromeccanica nucleare e la piena soluzione dei problemi relativi alla sicurezza e alla protezione della salute.

Tra i punti fondamentali della scelta nucleare è da evidenziare l'indicazione della immediata realizzazione delle quattro unità ad acqua leggera già appaltate ed avvio delle procedure e della gara di qualificazione per la costruzione di altre quattro unità e la possibilità di opzione per ulteriori quattro unità, sulla base dell'andamento della domanda con impegno del Governo di sentire il Parlamento nel momento dell'esercizio dell'opzione. Inoltre è stata indicata l'opportunità di avviare anche la sperimentazione di centrali ad acqua pesante tipo CANDU.

Nel panorama degli interventi necessari per la risoluzione dei problemi energetici, il Parlamento ha riproposto infine, il ruolo centrale della ricerca, sviluppo e dimostrazione e la funzione preminente del CNEN nel settore.

È da rilevare infatti che per l'Italia, più che per altri Paesi, s'impone una strategia energetica dotata della massima flessibilità e aperta soprattutto a trovare vantaggio dalla opportunità che possibili sviluppi tecnologici saranno in grado di offrire.

Per garantire appunto questa flessibilità, è essenziale, ancor più che per il breve termine, perseguire una politica di ricerca, sviluppo e dimostrazione che anzitutto consenta di acquisire al Paese le competenze necessarie per « gestire il cambiamento » e che dia la possibilità di essere, almeno per alcuni settori, in posizione di avanguardia.

Ciò richiede oltre al proseguimento e potenziamento dello sforzo di sviluppo nel settore nucleare, l'avvio di un ampio programma nazionale nei settori della conservazione e risparmio energetico e dello sviluppo delle fonti rinnovabili. Il tutto nell'ottica della cooperazione internazionale e soprattutto europea.

Il CIPE, nel dicembre 1977, nel fare proprie le indicazioni del Parlamento, ha individuato, settore per settore, una serie di azioni di responsabilità degli operatori pubblici ENEL e CNEN e degli Enti ed industrie pubbliche e private, delle amministrazioni centrali e locali in linea con gli indirizzi del Parlamento.

Inoltre, il CIPE ha indicato anche le modifiche di natura istituzionale e strutturale da introdurre nell'azione e nei comportamenti degli operatori nel settore energetico.

La situazione, a distanza di circa un anno e mezzo, per motivazioni di varia natura (non ultima la nuova situazione conseguente alle recenti vicende petrolifere) offre spunti di riflessione in relazione alla selezione e priorità da assegnare ai vari interventi, alla lentezza nel tradurre in atti operativi gli indirizzi che vengono fissati in sede legislativa e di Governo, alla carenza delle strutture preposte alla applicazione ed ai controlli dei singoli interventi.

È il caso, ad esempio, dell'applicazione della legge n. 675 per la ristrutturazione industriale ed in particolare per la parte relativa allo sviluppo da dare a sistemi e settori produttivi a basso consumo energetico ed agli incentivi per investimenti e ricerca, che manca ancora dei regolamenti di applicazione.

Un altro esempio è dato dalla legge n. 373 del marzo 1977 per la regolamentazione del riscaldamento degli edifici, che necessita — per dar luogo a risultati — di un maggiore impegno degli Organi pubblici e soprattutto di una semplificazione nelle modalità di esecuzione.

Altre leggi di origine governativa e parlamentare quali quelle sul solare, sulla produzione combinata di calore ed energia, sulla riforma istituzionale del CNEN sono decadute per lo scioglimento anticipato del Parlamento.

Per quanto riguarda il settore nucleare, entrata in esercizio la centrale di Caorso a fine 1977, delle prime quattro centrali ordinate dall'ENEL nel novembre 1973, solo due sono in fase di realizzazione presso il sito prescelto nel comune di Montalto di Castro, mentre per il secondo lotto di quattro centrali, l'ENEL ha in corso di esame le offerte tecniche. Per le ultime quattro centrali, il Governo non ha ritenuto ancora di esercitare l'opzione.

Il ritardo del piano nucleare, approvato dal Parlamento, è dovuto principalmente al fatto che le Regioni, indicate dal CIPE, quali sedi per la localizzazione delle centrali nucleari, non hanno ancora proceduto alle indicazioni dei siti, nonostante siano scaduti i termini di cui alla legge 2 agosto 1975 n. 393 ed il CNEN abbia espletato quanto previsto dalla legge stessa, fornendo, unitamente all'ENEL, tutti gli elementi necessari per porre le Regioni in condizione di assumere le proprie decisioni con piena conoscenza dei problemi e nel rispetto delle necessarie condizioni di salvaguardia delle popolazioni e dell'ambiente.

Anche la carta dei siti, indicata spesso come una condizione « sine qua non » per localizzare le centrali, è stata definita dal CNEN nel 1978 ed è stata trasmessa con tutta la documentazione esplicativa di supporto alle Regioni.

Lo stato di cose su indicato e la domanda crescente di energia elettrica, pone l'esigenza di pervenire quanto prima alla scelta dei siti adottando tutte quelle iniziative che sappiano ricondurre i pur legittimi interessi locali nell'alveo del più generale interesse del Paese.

In particolare il ritardo del Piano Elettro-nucleare rischia da un lato di produrre nel medio termine situazioni di carenza di offerta di energia

elettrica, con le inevitabili ripercussioni sul processo di sviluppo economico e dall'altro di approfondire il divario tra il nostro Paese e quelli della Comunità Europea che potrebbe in futuro far mancare quella solidarietà indispensabile per superare situazioni di difficoltà e di crisi.

Inoltre sono da rilevare anche le difficoltà, rispetto agli altri Paesi industrializzati, di dare attuazione ad una efficace ed incisiva politica di ricerca e sviluppo e dimostrazione secondo precisi indirizzi e priorità, non solo nel settore nucleare, ma anche in quelli delle fonti rinnovabili e dei risparmi energetici.

Con riferimento al CNEN è da rilevare che l'anno 1978 è stato l'ultimo del 3° Piano Quinquennale 1974-78. In tale anno il CNEN ha portato avanti i programmi ed i progetti di cui al Piano deliberato dal CIPE nel 1974 e finanziato dal Parlamento con legge del dicembre 1975 che assegnò all'Ente la somma di lire 500 miliardi.

Nel 1978 il Consiglio di amministrazione del CNEN ha operato in regime di « prorogatio » essendo gli Organi scaduti per legge nell'agosto 1977.

Infatti solo nel febbraio 1979 è stato nominato il nuovo Presidente dell'Ente, mentre al momento attuale non è stato ancora nominato il nuovo Consiglio di Amministrazione, determinando, anche in questo caso, situazioni di attesa e di provvisorietà.

Il 1979 si presenta come anno-ponte tra il 3° ed il 4° Piano Quinquennale. Purtroppo situazioni del tutto particolari, non ultima quella connessa al regime di « prorogatio », ha portato il Consiglio di amministrazione a non deliberare nel 1978 il 4° Piano Quinquennale dell'Ente entro i termini utili per non ripetere le esperienze passate degli anni-ponte, che rappresentano anni di incertezza e quindi di deterioramento gestionale e programmatico. È da rilevare che per il 1979 il Governo, al fine di assicurare i mezzi necessari per portare avanti i programmi ed attività, ha approvato il 26 maggio 1979 un nuovo decreto-legge che assegna all'Ente un finanziamento di lire 140 miliardi, di cui lire 5 miliardi per ricerche nel settore delle fonti alternative.

L'attuale Presidenza, auspica che con il 1980 il CNEN possa riprendere compiutamente la propria funzionalità e quindi dare concreto avvio al 4° Piano Quinquennale, attualmente in fase di elaborazione, nell'ambito del nuovo assetto istituzionale e gestionale di cui alle indicazioni del Parlamento e del Governo.

Alcune esigenze fondamentali consentiranno in futuro all'Ente di assolvere pienamente al ruolo ed alle funzioni affidategli dal potere politico.

È da rilevare innanzitutto, a tale proposito, una convergenza pressochè unanime delle varie forze politiche e sociali nell'individuare l'Ente come uno degli strumenti principali della strategia energetica e nell'indicare per esso gli adeguamenti istituzionali, gestionali ed operativi necessari.

Tali adeguamenti devono fare riferimento ad alcune premesse fondamentali che si riassumono nella esigenza di saldare il momento ricerca-sviluppo-dimostrazione alla domanda di sviluppo economico e sociale del Paese; di allineare il Paese all'Europa non solo in termini di

quantità e qualità di interventi di ricerca e sviluppo, ma anche in termini di ammodernamento delle strutture secondo criteri di efficienza, di produttività e di moderna gestione; di concepire il problema energia non in un orizzonte temporale ristretto, ma in una visione strategica, l'unica in grado di fornire gli *input* ad una politica della ricerca, che ha bisogno di orizzonti temporali vasti per avere il necessario respiro.

In questo senso si ritiene utile per il Paese che la riforma istituzionale dell'Ente, che si auspica il Governo ed il Parlamento possano definire in tempi brevi, affronti l'insieme dei problemi già delineati nella passata legislatura e dia ad essi soluzioni valide di ampio respiro ed in una prospettiva dinamica.

L'allargamento degli attuali compiti del CNEN ai settori del risparmio energetico, inteso nel senso più ampio, e dello sviluppo delle fonti alternative non nucleari, costituisce una esigenza di fondo per consentire interventi articolati, equilibrati e coordinati, tenuto conto che l'Italia ha finora destinato, per ricerca, sviluppo e dimostrazione nei suddetti settori, scarse risorse e addirittura calanti nel tempo in termini relativi.

Il decreto-legge del Governo che assegna al CNEN per il 1979 un finanziamento di 140 miliardi di lire, di cui 5 per le ricerche nel campo delle energie integrative, ha già di fatto legittimato quanto sopra richiamato.

In merito al compito affidato per legge al CNEN dei controlli di sicurezza e protezione ed al dibattito intervenuto nel 1978 circa il mantenimento o meno di tale compito all'Ente, non si può che riaffermare la necessità, per il momento, del mantenimento del compito stesso all'Ente, considerata la sua stretta interrelazione con le attività di ricerca e sviluppo svolte dall'Ente. Un distacco rischierebbe infatti di far subire alle attività di controllo una involuzione in senso burocratico ed amministrativo, con le inevitabili conseguenze sul piano delle garanzie.

Si ritiene, invece, necessario porre allo studio in sede nazionale il problema della estensione ad altri settori produttivi, anche non energetici, delle metodologie di analisi, controllo e prevenzione, analoghe a quelle del settore nucleare. Solo a conclusione di tale studio, che dovrà privilegiare i contenuti della materia, sarà possibile individuare quelle soluzioni che siano realmente al servizio dello sviluppo della società.

Circa l'esigenza di una moderna ed autonoma gestione, che esalti nel contempo i controlli di merito più che quelli formali del potere politico ed amministrativo, merita ricordare quanto affermato nel Piano Triennale del Governo, là dove si afferma che « la macchinosità e la lentezza delle procedure amministrative e la scarsa produttività della pubblica amministrazione ha portato la capacità di risposta dell'apparato pubblico ad un livello del tutto incompatibile con l'assolvimento di compiti ordinari ed a maggior ragione di compiti straordinari. E doveroso ammettere che il maggior ostacolo alla realizzazione di un Piano Triennale risiede nell'inadeguatezza delle strutture pubbliche ».

Il problema del rapporto di lavoro e la sua adeguata soluzione, superando i pesanti vincoli derivanti dall'inserimento dell'Ente nel Para-

stato, costituisce una esigenza non più eludibile e rinviabile, in quanto non è certamente pensabile di impegnare l'Ente su temi e problemi di tale incidenza per lo sviluppo futuro del Paese senza disporre di adeguati strumenti o peggio ancora disponendo di strumenti paralizzanti e quindi privi di qualsiasi efficacia, come quelli di cui al quadro normativo e gestionale del Parastato.

Infine i problemi finanziari, per i quali dovrà prevedersi, forse anche in sede di riforma istituzionale, l'individuazione di specifici meccanismi che consentano di superare le carenze e le discontinuità di erogazione dei finanziamenti stessi.

È da rilevare, infatti, che il problema finanziario nei suoi aspetti di quantità, tempestività e disponibilità, costituisce un vincolo notevole per il corretto sviluppo delle attività.

Esso è infatti un elemento che condiziona la programmabilità e quindi la realizzazione di un Piano Pluriennale, atti che già presentano per un Ente quale il CNEN, aspetti peculiari e complessi, legati alla natura specifica delle attività di ricerca e sviluppo.

La necessità di un continuo adattamento alle incertezze esterne, trasforma l'impegno programmatico in un atto spesso superfluo, defaticante ed, in sostanza, negativo, incidendo in maniera determinante sul più razionale e produttivo utilizzo dei mezzi umani e finanziari.

## ATTIVITÀ DI RICERCA

### SICUREZZA E PROTEZIONE

L'assolvimento del ruolo di pubblico garante della sicurezza nucleare e della protezione sanitaria dalle radiazioni ionizzanti ha comportato per il CNEN, anche nel 1978, una serie articolata e complementare di interventi, secondo quanto stabilito dalla legislazione nazionale.

Accanto al compito di effettuare e promuovere studi e ricerche nel campo della sicurezza nucleare e della protezione sanitaria, la legge istitutiva n. 1240/71 assegna al CNEN anche il compito di esercitare i controlli in tale campo. Questo ruolo è definito dalle specifiche disposizioni vigenti in materia che sottopongono alla vigilanza tecnica del CNEN la costruzione e l'esercizio degli impianti nucleari, nonché il commercio e l'impiego di radioisotopi e macchine radiogene. In merito poi alla localizzazione delle centrali elettronucleari la legge n. 393/75 ha conferito al CNEN il compito di prestare assistenza tecnica alle Regioni in merito alla scelta delle aree suscettibili di insediamento di Centrali elettronucleari e di pervenire, entro tre anni, d'intesa con l'ENEL e le Regioni, alla redazione di una « carta dei siti » suscettibili di tale insediamento.

Anche nel 1978 la coesistenza nell'Ente di tali compiti di controllo e di ricerca e sviluppo ha permesso una compenetrazione delle diverse attività, pur nel doveroso rispetto di una sostanziale separazione delle

funzioni, formalizzata anche dalla collocazione operativa assegnata alle strutture di controllo nell'organizzazione dell'Ente, alle dirette dipendenze del Presidente.

Come negli anni precedenti la priorità tra i diversi programmi di ricerca nel campo della sicurezza e della protezione, ha tenuto conto dell'esigenza di recepire nel contesto economico-industriale, ed anche ambientale, del nostro Paese la Normativa Tecnica del Paese di origine delle diverse tecnologie di reattori ed impianti, assunta dal CNEN, in via transitoria, come Normativa Tecnica di riferimento per l'attuazione, sul piano operativo tecnico, delle disposizioni di legge in materia.

Particolare impegno è stato rivolto a temi dell'influenza sull'impianto dei fenomeni naturali o delle attività umane nel territorio circostante, della affidabilità e qualificazione di componenti e sistemi, di protezione dell'uomo e dell'ambiente ed a ricerche a sostegno e convalida del processo autorizzativo.

È da rilevare, peraltro, che la molteplicità delle scelte nazionali in tema di filiere pone complessi e difficili problemi sul piano dei controlli di sicurezza e protezione. Infatti una tale situazione rende difficile il processo di assimilazione contemporanea delle diverse tecnologie, condizione indispensabile per essere in grado di valutare appieno la normativa tecnica e per dare dimostrazione chiara e convincente di affidabilità delle soluzioni adottate. Inoltre richiede un considerevole sforzo nell'azione di controllo e la necessità di dover affrontare una problematica molto ampia su uno spettro di soluzioni diversificate, senza potersi avvantaggiare della semplificazione derivante dalle esperienze acquisite su impianti caratterizzati da un già raggiunto elevato grado di standardizzazione.

Tutte le attività di protezione e sicurezza sono state collegate con il più vasto contesto internazionale tramite la partecipazione del CNEN ai comitati scientifici in seno alla CEE, alla NEA, alla AIEA ed alla AIE e tramite scambi bilaterali con gli Enti di controllo nucleare di Canada, Francia ed USA.

## 1. — *Attività di controllo*

### 1.1 *Guide tecniche*

In relazione alla propria azione di vigilanza e controllo il CNEN ha iniziato fin dal 1975, l'emissione di Guide Tecniche (G.T.), documenti con cui vengono stabiliti i criteri e le metodologie che stanno alla base dell'azione di controllo e vengono definite le procedure di attuazione, sul piano operativo-tecnico, delle disposizioni di legge in materia.

Le Guide pubblicate nel 1978 hanno interessato le modalità di svolgimento della vigilanza tecnica sulle opere preliminari di preparazione sul sito di Centrali elettronucleari (G.T. 10); la Garanzia della qualità (G.T.9); i criteri per la compilazione dei rapporti informativi sull'esercizio delle Centrali elettronucleari (G.T. 11); i contenuti della documentazione tecnica a corredo delle istanze per la autorizzazione all'impiego ed al commercio di radio-isotopi (GG.TT. 12, 13, 14, 15).

Nel campo della Garanzia della qualità (G.Q.) la Guida tecnica numero 9 ha definito le modalità di applicazione dei criteri generali di garanzia di qualità, contenuti nella G.T. n. 8, (febbraio 1977) alle fasi di realizzazione degli impianti antecedenti le prove nucleari, contribuendo al processo di qualificazione dell'industria nucleare nazionale, ai fini di un maggiore inserimento di essa nel mercato, anche estero.

La Guida tecnica n. 11, che precisa le modalità di trasmissione al CNEN dei dati relativi all'esercizio delle Centrali elettronucleari, prevede l'immediata segnalazione di ogni « Situazione anomala di esercizio » e l'invio di un rapporto semestrale d'esercizio.

I dati così raccolti permetteranno, oltre alla adozione delle necessarie misure correttive, di conoscere modi e frequenze di eventuali guasti di componenti e/o sistemi nelle Centrali italiane. Essi saranno inoltre inseriti, per ogni opportuna elaborazione e confronto, nella Banca dati, completata nel corso del 1978, contenente la descrizione di tutti gli eventi anomali verificatisi nelle Centrali USA successivamente al 1969.

Le restanti Guide tecniche emesse nel 1978 costituiscono il necessario presupposto alla formulazione di criteri di realizzazione ed autorizzazione in materia di impiego e commercio dei radioisotopi.

## 1.2 Carta dei siti - Assistenza alle Regioni

Nel 1978 si è completata la prima fase delle azioni in ottemperanza alla legge 393/75, azioni che hanno riguardato la elaborazione dei *criteri di scelta dei siti* e la costruzione di una *Banca dei dati territoriali*.

A seguito della trasmissione, a metà del 1977, alle Presidenze ed alle Giunte regionali dei documenti relativi ai criteri di scelta dei siti (criteri che ottimizzano allo stato attuale della tecnologia tale scelta dal punto di vista della protezione sanitaria e della sicurezza) hanno avuto luogo nel 1978 due riunioni con le Regioni del Centro-Sud e due riunioni a Bologna con le Regioni del Centro-Nord.

Gli incontri con le regioni del Centro-Sud hanno preparato l'avvio di possibili rapporti bilaterali CNEN-Regioni, mentre gli incontri di Bologna hanno portato alla istituzione di una Commissione CNEN-ENEL-Regioni (già riunitasi una prima volta nel novembre 1978) per approfondire in modo unitario il problema di un possibile insediamento di più Centrali sull'asta del Po.

Per quanto riguarda la Banca dei dati territoriali indispensabili alle valutazioni di sicurezza nucleare e protezione sanitaria, nonché per l'applicazione dei criteri di scelta sopra citati, il 1978 ha visto il completamento della acquisizione dei dati, in collaborazione con l'ENEL, e la messa a punto delle tecniche di codifica, elaborazione e restituzione grafica per una rappresentazione del territorio secondo le metodologie sviluppate.

Le prime carte tematiche (relative alle caratteristiche demografiche, sismiche, al vulcanismo, alla disponibilità idrica, all'andamento altimetrico costiero) sono state completate all'inizio del 1979.

L'apertura della Banca dati alle Regioni ed alle Amministrazioni dello Stato ne permette una utilizzazione con finalità non ristrette al reperimento di aree idonee per insediamenti nucleari, bensì ai fini di

una organica politica del territorio nell'ambito di un equilibrato sviluppo economico del Paese e nel rispetto dei suoi valori ambientali.

Va peraltro obiettivamente riscontrata la difficoltà delle Regioni ad intervenire con apporto positivo nel processo di intesa sulla selezione delle aree, difficoltà dovuta da un lato alla attuale delicatezza politica del tema, e dall'altro allo stato relativamente iniziale in cui si trovano oggi i programmi regionali di pianificazione dello sviluppo territoriale. Il CNEN ha comunque avviato un confronto delle risultanze dell'applicazione dei propri criteri con i requisiti di agibilità tecnica prospettati dall'ENEL, per le Centrali previste dal Piano energetico nazionale, ai fini della costituzione di un quadro d'insieme delle aree reperibili sul territorio nazionale.

In tema di assistenza tecnica alle Regioni, è continuata la consulenza sui temi specifici alle Regioni Piemonte e Lombardia designate dal CIPE nell'ottobre 1975 per la localizzazione del primo lotto di centrali, dopo che a tali Regioni erano stati consegnati fin dal 1976 i documenti di analisi del territorio.

Inoltre, su richiesta del Ministero dell'Industria, sono state individuate nella Regione Molise due aree su cui verificare la possibilità di insediamento di Centrali elettronucleari.

Nel settore della radioattività ambientale è proseguita anche nel 1978 l'opera di coordinamento della sorveglianza della radioattività affidata per legge al CNEN, nell'ottica però di una maggiore partecipazione e responsabilizzazione delle Regioni, cui tali compiti sono stati decentrati in sede locale. Il CNEN ha stimolato il formarsi di competenze e strutture a livello regionale, fornendo la necessaria assistenza tecnico-scientifica.

A tal fine sono state tenute periodiche riunioni con i rappresentanti del Ministero della Sanità e delle Regioni.

A seguito poi dell'elaborato del Gruppo di lavoro, costituito per la ristrutturazione delle reti di rilevamento della radioattività ambientale, è iniziata l'articolazione su tre livelli di tali reti:

a) sorveglianza attorno agli impianti nucleari (Reti locali), gestita dagli esercenti sotto la vigilanza del CNEN;

b) sorveglianza sul proprio territorio da parte delle Regioni per controllare soprattutto sorgenti locali di radioattività (Reti regionali). Il CNEN fornisce ogni forma di assistenza e consulenza tecnica ed esercita una funzione di standardizzazione e di riferimento;

c) sorveglianza a livello nazionale sull'ambiente e sugli alimenti da svolgere anche mediante campagne su categorie merceologiche (Reti nazionali) coordinata dal CNEN, sotto le direttive del Ministero della Sanità, con la collaborazione delle Regioni e di altri Enti per il controllo della situazione nazionale e la valutazione della esposizione della popolazione dovuta alla radioattività ambientale.

Sempre in tema di assistenza tecnica alle Regioni ed a seguito del progressivo decentramento ad esse delle competenze in materia del territorio e di protezione, il CNEN, su richiesta degli Enti locali, ha prestato la propria assistenza per problemi tecnici ed organizzativi rela-

tiva agli impieghi scientifici, industriali e medici delle materie radioattive e delle macchine radiogene, sia in merito a singoli problemi che agli aspetti più generali di una sistematica impostazione della radioprotezione.

### 1.3 Attività di vigilanza

Nel 1978 l'attività di vigilanza del CNEN ha riguardato gli impianti nucleari (37 impianti, sia pure di diversa importanza, sono in esercizio o in costruzione al 31 dicembre 1978), i trasporti di materiale radioattivo, la contabilità delle materie nucleari, nonché il commercio e l'impiego di sostanze radioattive e macchine radiogene (per un complesso di circa 1.500 detentori).

Ordinariamente la vigilanza si svolge secondo piani predisposti per i singoli impianti, opportunamente integrati da interventi straordinari di vigilanza quando le circostanze lo richiedano.

Di regola la vigilanza ordinaria interessa la sorveglianza fisica e medica dei lavoratori, la sorveglianza della radioattività ambientale nel sito circostante l'impianto e le diverse aree specialistiche: meccanica, elettrica, civile e gestionale.

Gli atti di vigilanza (ordinaria e straordinaria) compiuti nel 1978 sono stati 563 per quanto attiene gli impianti (incremento del 550 per cento rispetto al 1974) e 115 nel campo dei radioisotopi (+280 per cento rispetto al 1974), 23 nel campo dei trasporti e 46 per quanto attiene la contabilità dei materiali (in collaborazione con EURATOM ed AIEA).

Attiva è stata la collaborazione con le Amministrazioni preposte all'aggiornamento periodico dei piani di emergenza esterna attorno agli impianti in collaudo o in esercizio.

*Centrali elettronucleari:* Per le tre centrali in esercizio (Latina, Garigliano e Trino Vercellese) è continuata la normale attività di vigilanza del CNEN sull'osservanza delle prescrizioni tecniche stabilite nelle relative licenze di esercizio.

Lo scopo di detta attività è quello di accertare che l'esercizio sia svolto correttamente secondo le specifiche di progetto, che l'impianto sia mantenuto conforme alle specifiche stesse e che, in caso di avarie o malfunzionamenti, siano adottati tempestivamente gli opportuni provvedimenti correttivi.

Nei primi mesi del 1978 è stata completata presso la centrale del Garigliano la vigilanza sulle operazioni di ricarica del combustibile ed il controllo delle saldature e delle strutture interne del circuito primario, svolto, per questa ultima parte, in collaborazione con l'ANCC.

Nel quadro delle periodiche campagne ambientali di conferma sul sito delle centrali nucleari in esercizio (già svolte per il Garigliano e programmate per il 1979 a Latina) è stata svolta sul sito di Trino Vercellese la prevista campagna, che ha comportato il campionamento e la misura di numerose matrici ambientali, del fondo naturale di radiazioni e dell'irraggiamento dalla centrale.

Presso la centrale di Latina la vigilanza ordinaria ha messo in luce un malfunzionamento di una attrezzatura necessaria per svolgere

le operazioni di carico e scarico degli elementi di combustibile dal nocciolo del reattore, a seguito del quale sono state adottate idonee misure correttive.

Azioni di vigilanza straordinaria si sono, infine, rese necessarie presso la centrale del Garigliano in conseguenza delle scoperte di una avaria ad uno dei due generatori di vapore secondario, che ha comportato la fermata dell'impianto. Il danneggiamento, rilevato dal personale di esercizio nel corso dei normali controlli di *routine*, e segnalato immediatamente al CNEN, consiste nella presenza di numerose cricche nel mantello del generatore di vapore.

A seguito dell'avaria, sono state indicate le seguenti azioni:

studio per accertare le cause che hanno provocato la formazione delle cricche nel generatore di vapore, da effettuare con il supporto delle necessarie prove distruttive e non distruttive;

predisposizione di una estesa ispezione straordinaria sulle tubazioni del circuito primario in pressione del reattore, allo scopo di accertarne lo stato di conservazione;

studio di una modifica dell'impianto, consistente nella eliminazione dal circuito di refrigerazione del reattore di entrambi i generatori di vapore secondario, con conseguente riduzione della potenza a circa il 70 per cento del valore nominale.

Per le centrali in esercizio è inoltre proseguita l'attività autorizzativa e di vigilanza in merito ad alcune modifiche di impianto rilevanti ai fini della sicurezza nucleare e della protezione sanitaria.

In particolare, le modifiche hanno riguardato per le Centrali del Garigliano e di Trino i sistemi di raffreddamento di emergenza del nocciolo e di alimentazione elettrica di emergenza e per la centrale di Latina la realizzazione di un deposito per contenitori di esafluoruro di uranio impoverito.

Relativamente alle centrali di Latina e di Trino è infine iniziata la revisione decennale sullo stato di conservazione e di funzionamento dell'impianto richiesta dalla licenza di esercizio.

Lo scopo principale della revisione è quello di definire, anche alla luce dei risultati e dell'esperienza acquisiti nel corso della vigilanza ordinaria e straordinaria svolta durante l'esercizio degli impianti, la durata consentita per un ulteriore periodo di funzionamento e le eventuali prescrizioni tecniche aggiuntive. La revisione decennale ha inoltre lo scopo di evidenziare eventuali modifiche, oltre quelle già realizzate nel passato, tendenti a migliorare lo *standard* di qualità di impianti di vecchia concezione, tenendo presenti le attuali conoscenze e gli attuali orientamenti nel campo della sicurezza nucleare e della protezione sanitaria.

Per la Centrale di Caorso è proseguita l'attività di vigilanza e controllo sullo svolgimento delle prove nucleari nel corso delle quali la Centrale ha raggiunto un livello di potenza pari a circa il 75 per cento della potenza nominale. Accanto alla revisione delle specifiche di prova, dei risultati ottenuti e del Manuale di Operazione, l'attività di vigilanza

ha particolarmente riguardato le procedure gestionali dell'impianto e le modalità di esecuzione delle prove stesse.

È stata inoltre approvata una modifica di impianto relativa alla installazione di un evaporatore per il sistema di trattamento dei rifiuti liquidi.

Nel corso della vigilanza sui collaudi della Centrale sono stati evidenziati alcuni malfunzionamenti, che hanno interessato una parte dei livellostati per il controllo del livello nel recipiente a pressione del reattore.

Le azioni correttive intraprese sono consistite in una accurata messa a punto degli apparecchi e nella sostituzione di alcuni di essi con altri aventi caratteristiche di maggiore affidabilità.

Anomalie di comportamento sono state riscontrate anche nei misuratori di idrogeno del sistema di monitoraggio dell'atmosfera del contenitore primario, a seguito delle quali è stato avviato un esteso programma di indagini sperimentali, allo scopo di ottenere sufficienti elementi di giudizio in vista dell'adozione di eventuali provvedimenti correttivi.

Durante lo svolgimento dei collaudi della Centrale si è manifestato il cedimento di alcuni dei vincoli delle tubazioni dell'impianto alle murature. Le riparazioni sono state effettuate dopo aver accertato le cause che hanno provocato gli inconvenienti suddetti e dopo avere svolto, con esito positivo, un'indagine sperimentale ed analitica sullo stato dei vincoli delle tubazioni dello stesso tipo di quelli danneggiati.

È stata inoltre iniziata anche una più estesa campagna sperimentale di misure aventi per oggetto l'accertamento dello stato generale di sollecitazione delle tubazioni e dei vincoli, al fine di confrontarlo con quello di progetto.

A seguito del completamento dell'analisi dei dati raccolti durante la campagna radioecologica preoperazionale del 1977 è stata eseguita una campagna di studi e misure durante le prove nucleari al 75 per cento della potenza nominale, da ripetere poi quando la potenza raggiungerà l'intero valore di progetto. Le misure eseguite al 75 per cento della potenza hanno messo in luce un irraggiamento diretto dall'edificio-turbina, la cui esatta consistenza è stata determinata mediante misure dirette eseguite dal CNEN.

A seguito del risultato delle suddette misure ed al fine di conseguire l'obiettivo generale di ridurre le dosi di esposizione a valori più bassi possibile, è stato richiesto all'ENEL di provvedere al più presto, e comunque prima dell'inizio del funzionamento commerciale dell'impianto, all'installazione di un opportuno schermo addizionale nell'edificio turbina.

Per quanto riguarda la Centrale dell'alto Lazio (Montalto di Castro), la istruttoria tecnica sul progetto di massima e sul Rapporto preliminare di sicurezza, ai fini del rilascio del nulla osta alla costruzione da parte del Ministero dell'Industria, si è conclusa nel gennaio del 1979, dopo l'espletamento delle consultazioni di legge con le Amministrazioni dello Stato e con la Commissione tecnica del CNEN. Inoltre, sentita tale Commissione, sono state individuate le parti di impianto

rilevanti ai fini della sicurezza e della protezione sanitaria per la predisposizione del Progetto d'insieme e dei progetti particolareggiati.

Accanto alla certificazione dei componenti a lungo tempo di fabbricazione (gruppi rotopompe di circolazione) è proseguita la vigilanza tecnica sulle opere preliminari sul sito (bonifica dei terreni di fondazione, scavi, diaframmi, posa in opera della strumentazione geotecnica) secondo quanto previsto dalla Guida tecnica n. 10 del CNEN.

Inoltre è iniziato l'esame del programma di Garanzia della qualità relativo alle fasi di progettazione, approvvigionamento, fabbricazione, installazione e costruzione.

*Altri impianti.* — Per i reattori di ricerca in esercizio, la vigilanza ordinaria si è svolta secondo i piani predisposti, integrati per il reattore Tapiro del CNEN degli accertamenti resisi necessari a seguito di un incendio che nei primi mesi del 1978 ha parzialmente danneggiato il banco di controllo dell'impianto, attualmente completamente ripristinato. Azioni di vigilanza straordinaria hanno inoltre interessato l'ex Reattore Avogadro della Sorin, da tempo parzialmente smantellato, dove un incendio ha distrutto l'isolante termico dell'edificio di contenimento.

Altre azioni significative sono state la modifica di impianto e susseguentemente quella di licenza di esercizio per il reattore Costanza della Università di Palermo; la conclusione delle prove nucleari, il rilascio della licenza di esercizio e le analisi in vista dell'approvazione del progetto particolareggiato del circuito SARA, per il reattore ESSOR con il circuito a due canali CART-TC, sperimentale per il combustibile del Cirene; le analisi in vista del rinnovo della licenza di esercizio del reattore E. Fermi del CESNEF.

Per quanto riguarda il reattore Pec l'attività è stata ridotta a seguito della sospensione delle procedure di approvazione dei progetti particolareggiati. La sospensione si era resa necessaria dopo il sopralluogo di Garanzia della qualità del giugno 1977, che aveva evidenziato la necessità di una più idonea attuazione del programma di G.Q., peraltro già approvato, in relazione alle fasi di progettazione e costruzione, nonché di un adeguamento della struttura di committenza e delle relative procedure operative.

Peraltro, con procedura speciale, è stato approvato un *addendum* del progetto particolareggiato dell'edificio reattore relativo al sistema di ancoraggio della struttura di sostegno della vasca del reattore al blocco di calcestruzzo dello schermo biologico, ed è iniziato l'esame congiunto con la NIRA e la committenza CNEN del P.P. « Circuiti al sodio ».

L'attività di vigilanza ha interessato la realizzazione dei componenti a lungo tempo di approvvigionamento e la esecuzione dei progetti particolareggiati approvati.

Nel 1978 per il reattore Cirene sono stati approvati i progetti particolareggiati « Edificio reattore » e « Sistema di contenimento », mentre con l'approvazione, nei primi mesi del 1979, dei successivi due P.P. (« Sistema termovettore primario » e « Sistema del moderatore ed as-

sieme reattore») si è in pratica esaminata l'intera « Isola nucleare » dell'impianto.

A seguito poi dell'autorizzazione ministeriale per la sistemazione del cantiere è stata svolta la necessaria vigilanza sulle opere di scavo per le fondazioni e di realizzazione delle paratie di impermeabilizzazione. Parallelamente è proseguita l'opera di certificazione per i componenti a lungo tempo di fabbricazione ed è iniziata l'istruttoria sul programma ENEL-NIRA di Garanzia della qualità.

Per il *Ciclo del combustibile* le istruttorie e la vigilanza hanno interessato numerosi impianti: per l'approvazione di modifiche (Lab. plutonio del CNEN, Società fabbricazioni nucleari [Gruppo ENI] di Bosco Marengo), per il rilascio della licenza di esercizio (Laboratorio media attività del C.C.R. di Ispra, deposito di combustibile non irraggiato di Ispra, Coren di Saluggia e CO.NU. di Rotondella), per l'autorizzazione alla costruzione (S.F. di Rotondella), per nuove destinazioni d'uso (ex reattore Avogadro della Sorin). Si sono inoltre concluse le istruttorie in merito al riprocessamento di elementi Candu presso l'impianto Eurex ed alle modifiche da apportare all'impianto stesso in forza del decreto di conformità ex articolo 149 del decreto del Presidente della Repubblica 185 del 1964, nonché per il raddoppio dell'edificio effluenti liquidi dell'impianto ITREC, per cui è iniziato l'esame dei risultati della prima fase della campagna di prove nucleari.

*Trasporti di materiale nucleare e sostanze radioattive.* — In questo campo il mancato adeguamento della normativa nazionale alla normativa internazionale raccomandata dall'AIEA e dai Trattati internazionali sottoscritti dall'Italia, ha mantenuto, anche per il 1978, un inutile appesantimento delle procedure autorizzative. In attesa di tale adeguamento, il Ministero dei Trasporti, con circolare 1° giugno 1978 ha consentito al CNEN alcune deroghe alle prescrizioni per il trasporto stradale stabilite nel 1965, nel rispetto però dei requisiti e delle condizioni previste dalle norme AIEA. Nel 1978 sono state rilasciate 54 autorizzazioni con incremento rispetto al 1974 del 170 per cento, mentre gli atti di vigilanza sono stati 23.

*Contabilità delle materie nucleari.* — Nel corso del 1978 si è collaborato con il Ministero dell'Industria per l'emanazione di una nuova normativa nazionale nel campo della contabilità delle materie nucleari che fosse in armonia con il nuovo regolamento Euratom in materia. In questo contesto è stato inoltre portato a termine il processo di computerizzazione della contabilità del materiale fissile a livello nazionale, nonché delle informazioni che i detentori sono tenuti ad inviare al CNEN ed al Ministero dell'Industria.

*Commercio ed impiego di radioisotopi e macchine radiogene.* — Nel 1978 l'azione del CNEN nel campo del controllo del commercio ed impiego di radioisotopi e macchine radiogene, ha riguardato sia gli aspetti autorizzativi che quelli di vigilanza. La pubblicazione nell'ago-

sto del 1977 del decreto applicativo dell'articolo 55 del decreto del Presidente della Repubblica 185 del 1964 ha comportato il riesame di un notevole numero di impianti destinati ad impieghi scientifici e/o industriali dei radioisotopi, a suo tempo autorizzati in base all'articolo 13 della legge 1860 del 1962, o addirittura privi di una precisa collocazione normativa, come ad esempio i grandi acceleratori di particelle utilizzati nella ricerca sulle alte energie.

Nel 1978 è poi diventata operativa la gestione automatizzata delle denunce di detenzione e di trasporto di materiale radioattivo, consentendo al CNEN di svolgere nel modo più incisivo la propria azione di vigilanza tecnica e tutela ambientale e nel contempo di fornire alle competenti amministrazioni dello Stato gli elementi necessari ad ogni opportuno confronto.

Nel corso dell'anno ha poi preso avvio, con la collaborazione delle Regioni, il Programma NEXT per la valutazione della dose geneticamente significativa derivante dall'impiego medico dei raggi X, a completamento delle analoghe indagini sulla medicina nucleare compiute negli anni precedenti.

Accanto alla normale vigilanza ordinaria hanno poi avuto corso alcune campagne straordinarie con oggetto le gammagrafie industriali e l'impiego nell'Università di radioisotopi e macchine radiogene.

Come detto, gli atti di vigilanza compiuti nel 1978 sono stati 115 mentre gli atti autorizzativi sono stati 18.

## 2. — *Attività di ricerca*

Le attività volte a determinare gli impatti ambientali e sanitari degli usi pacifici dell'energia nucleare presuppongono un approccio integrato all'uomo e al suo ambiente, approccio che considera il momento conoscitivo come presupposto indispensabile per una seria azione di prevenzione, di controllo e di predisposizioni normative. Le ricerche che a tal fine vengono condotte, pur essendo ampiamente collegate con il più vasto contesto internazionale, tendono ad individuare ed a concretarsi sui caratteri differenziati della situazione ambientale, demografica e sociale italiana.

### 2.1 Protezione dell'uomo

Le ricerche condotte a questo fine coprono un ampio spettro di attività che vanno dall'acquisizione e dall'aggiornamento delle conoscenze sugli effetti biologici delle radiazioni sino ai conseguenti aspetti tecnici e sanitari della protezione dei singoli e della popolazione.

I fattori determinanti per tutte le stime di rischio legate agli effetti biologici delle radiazioni e per i tipi di interventi medico-sanitari da attuare sia sul singolo individuo che su gruppi di popolazione sono la determinazione più esatta possibile delle dosi di radiazione, la conoscenza dei diversi tipi di effetto biologico prodotto dalle radiazioni ed i rapporti esistenti tra dosi di radiazione ed effetti biologici.

In questa ottica le ricerche condotte nel 1978 presso i Centri della Casaccia e di Bologna hanno riguardato un insieme di attività che vanno dagli studi di dosimetria di base ed applicata, agli studi sia di tipo sperimentale che clinico degli effetti biologici prodotti dalle radiazioni ed i cui risultati sono stati oggetto di numerosi contributi tecnici e scientifici.

La maggior parte di queste attività si è svolta in modo coordinato, sotto forma di contratti, convenzioni e collaborazioni con organizzazioni soprattutto internazionali come la CEE, la AIEA, il CERN, il CNR, Enti regionali, eccetera e numerosa è stata la partecipazione di esperti CNEN in commissioni deputate ai problemi della radioprotezione, tra le quali è da menzionare la partecipazione all'ICRP (International Commission for Radiation Protection).

Nel campo della dosimetria sono proseguite le ricerche di dosimetria applicata alla sperimentazione radiobiologica, con metodi di misura per campi di radiazioni omogenei e misti (neutroni e gamma) e lo studio delle relazioni tra i fenomeni della deposizione di energia su scala microscopica e gli effetti biologici elementari delle radiazioni. Per i problemi relativi alla contaminazione interna, sono stati effettuati studi sul rilevamento e la misura di radionuclidi (tritio, plutonio ed altri transuranici) in campioni sperimentali e nell'uomo.

Parallelamente, per gli aspetti tecnologici è continuata la messa a punto di metodi più avanzati per la dosimetria della radiazione.

Le ricerche di radiobiologia hanno riguardato studi per la realizzazione di modelli sperimentali da utilizzare per le stime di rischio nell'uomo. Gli studi sugli effetti tardivi delle radiazioni (leucemie, tumori e malattie degenerative), sugli effetti genetici (aberrazioni cromosomiche), sulle alterazioni fetali, e quelli sul sistema immunitario sono stati condotti con radiazioni X, gamma e neutroni. Esse hanno portato allo sviluppo di metodologie sperimentali, atte ad evidenziare effetti prodotti da piccole dosi e quindi applicabili anche per lo studio di patologie di origine non nucleare. Per lo studio degli effetti da contaminazione interna da radionuclidi, le ricerche hanno comportato lavori sperimentali sugli effetti del tritio e del plutonio negli animali da esperimento e la messa a punto di tecniche di monitoraggio della contaminazione nell'uomo.

Le ricerche sulla contaminazione interna per via inalatoria (aerosol), originate da esigenze strettamente nucleari, sono proiettate anche verso l'igiene industriale e le applicazioni di medicina del lavoro.

#### *Servizi scientifici a carattere socio-sanitario*

Le competenze e le strutture esistenti nel CNEN in questi settori di attività hanno permesso anche nel corso del 1978 di consolidare e di istituzionalizzare nel Paese l'azione di alcuni importanti servizi:

Metrologia delle radiazioni ionizzanti: nel 1978 ha iniziato a svolgere compiti a livello nazionale nella scelta, caratterizzazione e certificazione dei materiali e dei complessi di misura di riferimento riguardanti le radiazioni ionizzanti;

Dosimetria personale: questo servizio di dosimetria dei lavoratori esposti alle radiazioni viene svolto già da molti anni per tutti i laboratori del CNEN e per altri Enti, ospedali ed industrie con un controllo, per il 1978, di più di 80.000 dosimetri personali in località sparse in tutta Italia;

Controllo della contaminazione interna da radionuclidi: mediante il contatore per il corpo intero (Whole Body Counter): con le due installazioni fisse e quella mobile è proseguito il controllo della contaminazione interna da radionuclidi gamma emettitori sia su personale del CNEN che per conto terzi;

Dosimetria biologica in caso di irraggiamento esterno: è stata nel 1978 ulteriormente sviluppata l'analisi delle aberrazioni cromosomiche nei linfociti del sangue; questo tipo di dosimetria biologica risulta indispensabile nei casi di esposizione presunta o accertata;

Centro nazionale animali da laboratorio: è già operante da alcuni anni presso lo Stabulario del CNEN della Casaccia ed ha il compito di mantenere le colonie primarie delle varie specie animali da laboratorio e di assistere sul piano tecnico-scientifico i laboratori e gli istituti di ricerca italiani. Per le esigenze di ricerca del solo CNEN sono stati nel 1978 utilizzati ben 40.000 piccoli mammiferi (topi e ratti).

## 2.2 Protezione dell'ambiente

Le attività, intese a studiare e controllare gli impatti del nucleare sull'ambiente, hanno dimostrato l'esigenza di impostare le indagini sull'inquinamento termico e radioattivo partendo dai parametri ambientali naturali. In tal modo è venuta anche a costituirsi una premessa per un'analisi integrata delle componenti contaminanti, necessaria non solo per la determinazione dei sinergismi, ma anche per un confronto documentato tra gli effetti inquinanti delle diverse fonti energetiche. Su queste linee si è sostanzialmente mossa la ricerca condotta dal CNEN nel 1978.

Le ricadute radioattive a seguito delle esplosioni nucleari effettuate a titolo sperimentale da diversi Paesi avevano imposto negli anni 1959 e 1960 un notevole sviluppo agli studi sulla radiocontaminazione dell'ambiente. Anche se i livelli di radiocontaminazione da « fall-out » sono diminuiti, la progressiva diffusione delle applicazioni pacifiche dell'energia nucleare ha creato nuove necessità di rilevamento nell'ambiente e di conoscenza dei fenomeni di concentrazione e diluizione dei radionuclidi negli ambienti naturali.

Nel 1978, mentre sono proseguite le attività di *routine* in connessione con la sorveglianza della radioattività ambientale su scala nazionale, le attività di ricerca, che come base fanno capo ai laboratori della Casaccia e di Fiascherino sono state rivolte allo studio dei processi di dispersione e di accumulo sia di radionuclidi che di altri elementi tossici su tutto il territorio nazionale e sui mari italiani. Nel contesto di questi studi sono state considerate anche le modalità di trasferimento dei contaminanti nell'aria con indagini meteorologiche ed in acque con analisi dell'inquinamento dei fiumi e del mare.

È proseguita inoltre l'attività per la messa a punto di tecniche e di strumenti avanzati che, oltre a garantire la validità delle misure, permettano procedure rapide ed automatiche per l'identificazione e la determinazione quantitativa di radionuclidi presenti anche in tracce minime.

Sono stati effettuati studi sulla contaminazione radioattiva intorno ai siti nucleari e sulla radioattività naturale in zone di particolare interesse. Azioni di campagna e studi di laboratorio sono stati fatti per la valutazione dell'impatto ambientale delle ricerche e delle coltivazioni minerarie di uranio da parte dell'AGIP in Val Rendena ed in Val Vello (Sondrio).

Per conto dell'Amministrazione provinciale di Sassari sono stati svolti alcuni studi per il controllo della radioattività ambientale nell'arcipelago della Maddalena, sede di una base navale USA, e su richiesta del CNR sono stati eseguiti rilievi sull'inquinamento di piombo-alchili e di piombo causato dal relitto della Cavtat in Adriatico.

Sulla base di intese tra AGIP Mineraria e CNEN, sono iniziati nel 1978 studi sulla contaminazione ambientale da parte dell'energia geotermica, specie per quanto riguarda i processi di immissione nell'ambiente di elementi tossici, radioattivi e non. Nell'ambito degli studi sui flussi tossici verso l'ambiente, si è anche iniziato uno studio comparato degli effetti ambientali delle diverse fonti energetiche, con determinazioni chimiche e chimico-fisiche diverse ed in particolare con analisi del tenore di radionuclidi e di radio in gas di combustibile e nelle ceneri di centrali a carbone.

Per quanto riguarda l'impatto termico delle installazioni nucleari sull'ambiente sono proseguite le ricerche, in parte collegate a Programmi finalizzati del CNR o a Programmi finalizzati della CEE, sugli effetti fisici e biologici dello smaltimento del calore di scarico in fiumi o in mare e sugli eventuali sinergismi tra contaminanti convenzionali e inquinazione termica. A tal fine studi particolari hanno interessato il Po ed il tratto di mare antistante Montalto di Castro. Le misurazioni delle condizioni ambientali esistenti prima dell'insediamento di un impianto serviranno poi per confrontare i dati che si otterranno ad impianto funzionante.

Per quanto riguarda lo studio dell'impatto ambientale di sistemi alternativi per lo smaltimento del calore residuo mediante torri di raffreddamento, si sono sviluppate analisi di micrometeorologia per studiare se e come una applicazione di tali sistemi può produrre conseguenze negative sull'ambiente.

#### *Servizi scientifici a carattere nazionale*

La maggior parte delle attività di ricerca per l'ambiente ha anche funzione di servizio scientifico in quanto, qualsiasi rilevamento di tipo ecologico rivolto allo studio dell'impatto nucleare con l'ambiente fa parte — in senso lato — del sistema di rilevamento e come tale acquista la qualificazione di servizio di protezione per l'ambiente.

Reti nazionali di rilevamento della radioattività ambientale: è stata svolta in collaborazione con vari Enti, una sorveglianza sistematica su scala nazionale dei livelli di radiocontaminazione dei vari anelli della catena alimentare, attraverso i quali le ricadute radioattive potrebbero più facilmente raggiungere l'uomo.

Intercalibrizioni per misure di radioattività ambientale: hanno il fine di fornire ai vari laboratori impegnati nei rilevamenti della radioattività ambientale la possibilità di analizzare da un punto di vista statistico la validità analitica delle loro misure.

### 2.3 Territorio ed impianti nucleari

La localizzazione degli impianti nucleari comporta la risoluzione preventiva della complessa problematica sollevata dalle reciproche interazioni tra territorio ed impianti.

Alcuni degli impatti delle attività nucleari sul territorio sono stati dianzi trattati quando si è fornito un consuntivo delle attività svolte nel quadro della protezione dagli effetti delle radiazioni e degli scarichi termici. La tematica affrontata in questa sede riguarda le attività intese, prevalentemente, a studiare ed a qualificare i possibili impatti dell'ambiente sugli impianti stessi, impatti che, essendo per la loro natura legati a grandi fenomeni naturali, rappresentano dei motivi determinanti nella selezione dei siti idonei e nella predisposizione progettuale e costruttiva dell'impianto in modo da conseguire un suo idoneo e sicuro inserimento nel contesto ambientale.

Le attività di ricerca svolte dal CNEN in materia di relazioni tra territorio ed impianti nucleari investono sia problemi di localizzazione e di impatto territoriale, sulla base delle soluzioni tecnologiche attualmente seguite nella realizzazione degli impianti, sia problemi relativi allo studio ed allo sviluppo di soluzioni alternative.

Le ricerche di geologia ambientale e di ingegneria sismica, anche per il 1978, sono state orientate essenzialmente alla selezione ed alla caratterizzazione di aree adatte ad insediamenti nucleari e ad una migliore definizione del terremoto di progetto per i siti nucleari italiani.

Le ricerche sulla sismicità del territorio nazionale hanno compreso studi di sismotettonica, sviluppati in parte con approcci geologici, in parte con ricostruzioni macrosismiche ed in parte con lo studio anche strumentale di aree campione; ciò al fine di elaborare criteri per la definizione delle province sismotettoniche, del comportamento delle aree a bassa attività sismica attuale, ma a forte, recente attività tettonica, e del massimo terremoto da associare ad una struttura tettonica. Sono proseguiti gli studi sulla possibilità di previsione di terremoti sia con un approccio naturalistico, mediante metodi idrogeochimici, che con un approccio statistico. Questo secondo tipo di indagine è stato sviluppato nel quadro delle ricerche, più generali, sul rischio sismico, dove sono state impiegate con successo tecniche matematiche derivate dalla fisica dei reattori nucleari.

Sono proseguite le ricerche sulle caratteristiche di scuotimento dei terreni, condotte — come parte delle ricerche di cui sopra — nel quadro di una collaborazione con l'ENEL. In tale ambito era stata realiz-

zata una rete accelerografica per la registrazione di ogni terremoto significativo nell'area italiana mentre per il processamento delle 230 registrazioni finora ottenute è stata ulteriormente sviluppata la messa a punto di tecniche avanzate. È continuata la elaborazione dei dati ottenuti durante il terremoto del 1976 nel Friuli; i risultati ottenuti dal CNEN sono stati diffusi ad alcune centinaia di organizzazioni italiane e straniere. È diventata operante la banca dei dati accelerografici, in cui vengono depositati, memorizzandoli su di un sistema di calcolo del CNEN, i dati registrati dalla rete accelerografica CNEN-ENEL, a disposizione degli interessati. Sono proseguite le ricerche nel campo sismometrico, anche mediante l'installazione di reti locali, e quelle sul comportamento dinamico dei terreni, con particolare riguardo agli studi sulla perdita della portanza a causa della liquefazione delle sabbie sature di acqua.

Tale complesso di studi ha consentito di ottenere informazioni di notevole interesse e novità, sia ai fini di una migliore comprensione delle caratteristiche della sismicità dei nostri contesti territoriali, sia ai fini di una migliore definizione dei criteri di costruzione antisismica specie nel settore nucleare, caratterizzato da peculiari esigenze di sicurezza.

Infine, si citano le ricerche svolte su specifici siti di interesse nucleare (Caorso, Montalto di Castro, Trisaia, eccetera).

Per quanto concerne l'impatto termico ambientale delle installazioni nucleari, sono stati condotti studi preliminari riguardanti gli eventuali vantaggi di sistemi alternativi per lo smaltimento del calore di scarico, quali le torri a secco.

#### 2.4 Ricerche per la sicurezza degli impianti nucleari

I problemi connessi con la realizzazione e la localizzazione degli impianti nucleari sul territorio nazionale impongono uno sviluppo adeguato delle ricerche di sicurezza.

Tali ricerche sono volte allo studio di materiali, componenti, sistemi, processi, interazioni tra ambiente ed impianto, in modo che le probabilità di incidente o, comunque, le conseguenze di eventuali incidenti siano ridotte al minimo. Queste attività, delle quali è evidente l'interesse sociale accanto al significato tecnologico, trovano la loro motivazione sia in sede di progettazione e costruzione dei manufatti, sia in sede di verifica e controllo ai fini delle necessarie garanzie nei confronti dei lavoratori e delle popolazioni.

Anche per il 1978 le ricerche di sicurezza svolte presso il CNEN possono essere sostanzialmente raggruppate in due categorie: ricerche di interesse comune per i vari tipi di impianti nucleari e ricerche di interesse specifico per i vari tipi di reattori.

Tali attività, che sono correttamente inserite nel più ampio contesto internazionale, hanno visto un largo coinvolgimento di organizzazioni — in particolare di ricerca — esterne al CNEN.

In vari settori sono stati ottenuti risultati di interesse notevole, tale da superare il campo specifico delle attività nucleari, ed in particolare quello della sicurezza.

*Ricerche di interesse comune per i vari tipi di impianti*

Tali ricerche riguardano problemi di impatto delle caratteristiche dell'ambiente sulle condizioni generali di progetto degli impianti e problemi relativi a quei sistemi o a quegli argomenti che, nel quadro della sicurezza hanno elementi di interesse comune per la generalità degli impianti.

In tale ambito sono proseguite le ricerche nel campo dell'ingegneria sismica, su cui si riferisce nel capitolo « Territorio ed impianti nucleari »; tali ricerche mirano ad ottenere elementi per la selezione dei siti e per la determinazione delle caratteristiche di progettazione degli impianti, ai fini di un loro inserimento sicuro ed idoneo nel contesto ambientale.

Nel campo dei componenti e sistemi degli impianti nucleari sono continuate, nel quadro di una collaborazione con l'Università di Pisa, le ricerche di termoidraulica e quelle afferenti alla meccanica della frattura, all'elastoplasticità ed alla fatica ad alta temperatura. Sono stati effettuati confronti, con esito soddisfacente, tra i risultati delle esperienze e quelli dei calcoli secondo i modelli analitici normalmente impiegati nelle analisi di sicurezza; inoltre si sono ottenute interessanti informazioni sulla possibilità di utilizzazione dei dati ottenuti da campioni *standard* per la previsione del comportamento di varie strutture.

Sono continuate le azioni per la realizzazione di contenitori per il trasporto di materiale radioattivo da effettuare da parte di industrie del Gruppo ENI. Le relative attività di ricerca afferenti all'omologazione vengono svolte nel quadro di una collaborazione con l'Università di Pisa, dove era stata realizzata negli anni precedenti una stazione per prove sui contenitori di trasporto secondo la normativa AIEA; tale stazione, con le relative competenze di personale specializzato, costituisce un servizio a disposizione di vari utenti.

Nel settore dell'affidabilità è proseguito il lavoro di raccolta ed elaborazione di dati di guasti relativi a componenti di impianto, con particolare riferimento ai sistemi di alimentazione elettrica di emergenza; al riguardo è stata sviluppata un'ampia indagine, a livello nazionale, al fine di evidenziare i guasti più comuni nel funzionamento dei sistemi Diesel.

Sono continuate le ricerche sul comportamento dei sistemi filtranti installati negli impianti nucleari — filtrazione di particelle, contenimento di iodio e di gas nobili radioattivi — dal punto di vista della caratterizzazione dei materiali, del comportamento in condizioni di incidente, dei controlli periodici *in situ*. Fra l'altro, sono state sviluppate apparecchiature, ora in fase di brevetto, per i controlli periodici sugli impianti.

Sono proseguiti gli studi sulla rilevazione e ricombinazione dell'idrogeno che potrebbero svilupparsi, in un contenitore di reattore, in seguito ad un incidente di perdita di refrigerante. Si è curata in particolare la messa a punto dei modelli analitici.

*Ricerche relative ai reattori termici*

Queste ricerche, che vengono descritte più dettagliatamente nel capitolo relativo a tali reattori, riguardano in buona parte il comportamento di componenti o sistemi in condizioni di transitorio, con particolare riferimento alla perdita di refrigerante.

Le attività comprendono, in sintesi, le seguenti voci:

analisi di transitori termoidraulici in reattori ad acqua leggera e pesante;

studi sui sistemi di refrigerazione d'emergenza del nocciolo;

valutazione sul comportamento del combustibile durante transitori;

studi sulla soppressione del vapore;

studi di meccanica impulsiva.

Le ricerche investono sia lo sviluppo e verifica di modelli analitici che la sperimentazione.

*Ricerche relative ai reattori veloci*

Tali ricerche, che sono descritte più in dettaglio nel capitolo relativo ai reattori veloci, riguardano aspetti specifici della problematica della sicurezza dei reattori autofertilizzanti a sodio al fine di ottenere gli elementi necessari per verificare l'accettabilità, dal punto di vista della sicurezza e dell'ambiente, di una centrale veloce.

Sinteticamente le ricerche, che comprendono un'attività modellistica ed una attività sperimentale, investono le seguenti aree:

dinamica del refrigerante, con particolare riferimento alla ebollizione del sodio;

interazione sodio-combustibile fuso;

dinamica del nocciolo;

deformazione delle strutture e sistema di contenimento;

reazione sodio-acqua;

fuochi di sodio.

**2.5 Smaltimento dei residui radioattivi**

Il problema dello smaltimento dei residui radioattivi prodotti dalle attività nucleari è uno dei punti più importanti dello sviluppo nucleare stesso, anche per l'impatto di ordine psicologico che riveste nei confronti dell'opinione pubblica. Si tratta di un problema nel quale, sui fattori di tipo tecnologico, organizzativo ed imprenditoriale, prevalgono importanti aspetti di sicurezza e protezione e di politica territoriale in connessione, questi ultimi, con la selezione e qualificazione dei

## LEGISLATURA VIII — DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

siti per il confinamento geologico di tali sostanze e con la loro custodia per tempi anche di ordine plurimillenario.

Mentre le attività di trattamento e condizionamento dei rifiuti sono descritte nel capitolo sul ciclo del combustibile, vengono qui descritte le attività svolte nel 1978 nel campo dell'isolamento dei residui e delle connesse problematiche radioprotezionistiche:

adeguamento delle strutture impiantistiche e degli strumenti imprenditoriali per la creazione e funzionamento di un Servizio nazionale di gestione dei rifiuti beta-gamma di bassa e media attività.

Ai fini dell'adeguamento infrastrutturale ed impiantistico è stata iniziata la progettazione di un impianto di compattazione e di cementazione dei rifiuti presso il CSN della Casaccia, impianto che consentirà a tale centro di svolgere un ruolo prevalente nella gestione dei rifiuti solidi a breve vita. È stata inoltre, con un'azione di coinvolgimento operata presso industrie di settore, esplorata la possibilità di costituzione di una società mista con altri operatori per la gestione di questi rifiuti: la società dovrebbe svolgere un ruolo di pubblico servizio, a componente protezionistica assicurata dalla presenza del CNEN;

azioni per lo smaltimento nel breve periodo dei rifiuti di bassa e media attività beta-gamma, mediante affondamento in Atlantico nell'ambito delle iniziative internazionali promosse dall'Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE.

A tal fine è stato aggiornato l'inventario dei rifiuti esistenti sul territorio nazionale e sono state verificate le modalità logistiche (affitto nave, porti d'imbarco) per le future operazioni di affondamento;

prove tecnologiche sui prodotti del condizionamento dei rifiuti, al fine di verificare la validità dei processi in funzione delle condizioni poste dall'ambiente di smaltimento. Negli studi effettuati nel corso del 1978 particolare attenzione è stata dedicata ai prodotti condizionati con resine a base di urea-formaleide;

studi per la individuazione in territorio nazionale di siti idonei per lo smaltimento di rifiuti di bassa e media attività beta-gamma. Sulla base di una cartografia di riferimento sono state esaminate, d'intesa con il Ministero dell'Industria, le possibilità di selezione e di disponibilità di siti demaniali. In tale ambito è stata compiuta una valutazione tecnica di miniere inattive o in corso di esaurimento;

studi per la qualificazione di formazioni argillose quaternarie e plioceniche dell'Italia meridionale quali contenitori naturali dei rifiuti ad alta attività ed a lunga vita previa vetrificazione.

Tali studi vengono svolti nell'ambito di un programma comune a livello europeo, che vede i vari Paesi impegnati in ricerche volte a verificare le possibilità di smaltimento dei residui in differenti formazioni geologiche quali argille, depositi di sale, rocce granitiche e quindi comparare i risultati conseguiti.

Le ricerche hanno comportato collaborazioni tecniche e scientifiche con Università (Bari, Roma) e con altre organizzazioni nazionali.

## REATTORI TERMICI

1. — *Reattori ad acqua leggera*

Il programma di ricerca e sviluppo sui reattori ad acqua leggera si è prefisso due obiettivi principali: il conseguimento di una crescente autonomia dell'industria nazionale nella progettazione e costruzione delle centrali nucleari di potenza, di adeguati livelli di autonomia imprenditoriale e commerciale, nonché l'approfondimento delle conoscenze sulla sicurezza di tali centrali.

Attraverso il primo obiettivo, che rientra fra le finalità di promozione industriale del CNEN, l'Ente intende intensificare ed estendere il coinvolgimento della nostra industria nucleare nel programma di realizzazione delle centrali da installare in Italia — riducendo parallelamente il ricorso alla fornitura di servizi e manufatti dall'estero — e migliorarne la capacità di penetrazione sui mercati di esportazione. Ai benefici che ne possono derivare al Paese in termini di bilancia dei pagamenti e di occupazione, sono da aggiungere le ricadute su altri settori produttivi, indotte da una presenza più attiva della nostra industria in un settore tecnologicamente avanzato come quello nucleare, ed il raggiungimento di una « effettiva » maggiore indipendenza nell'approvvigionamento energetico prodotta dal ricorso all'energia nucleare. Questa indipendenza infatti non si realizza solamente attraverso la diversificazione del materiale fonte, ma anche attraverso una capacità autonoma dell'industria nucleare di gestire le commesse nucleari.

Il secondo obiettivo mira al conseguimento di livelli di sicurezza sempre più spinti nella progettazione, nella costruzione e nell'esercizio delle centrali nucleari. I programmi di ricerca nel campo della sicurezza possono essere raggruppati in due categorie: quelli volti a dimostrare la validità e l'adeguamento della normativa e dei criteri di sicurezza in base ai quali vengono progettati e costruiti gli impianti, e quelli che servono per dimostrare la conformità dei progetti e dei processi costruttivi adattati alla normativa ed ai criteri di riferimento. I programmi del primo tipo sono più direttamente collegati all'attività del CNEN nella sua qualità di Ente di controllo e sono stati descritti nel Capitolo sulla sicurezza e protezione.

I programmi del secondo tipo, pur perseguendo l'obiettivo generale di realizzare impianti più sicuri, sono funzionali alle attività industriali, e possono favorire in misura notevole il conseguimento di una maggiore autonomia della nostra industria.

Il programma di promozione industriale sui reattori ad acqua leggera è svolto in collaborazione con le imprese AMN, Breda e Fiat detentrici delle licenze di progettazione e fabbricazione per i due tipi di reattore BWR e PWR che dovrebbero equipaggiare le centrali previste dal Piano Energetico.

Con queste imprese sono stati concordati gli strumenti operativi per l'attuazione del programma ed individuati i temi di ricerca e sviluppo.

Inoltre il CNEN ha messo in atto un accordo di collaborazione con l'ENEL, che, attraverso la raccolta e la elaborazione dei dati di esercizio delle centrali e la utilizzazione delle stesse centrali per particolari esperienze di ricerca e sviluppo, ha già portato un contributo rilevante al patrimonio delle conoscenze acquisite in ambito nazionale.

Per quanto riguarda gli strumenti operativi, sono state attuate sia la forma del Consorzio, sia quella del contratto di associazione a finanziamento misto con l'industria. La forma consortile, che è stata adottata con la Società AMN per lo sviluppo delle conoscenze nel settore del nocciolo e degli elementi di combustibile dei reattori ad acqua bollente (Consorzio NUCLITAL), prevede la messa in comune di risorse di personale in forma paritetica e la esecuzione di attività di ricerca su contratti specifici assegnati al consorzio dalle due parti contraenti. La forma del contratto di associazione, che è stata adottata con la Società AMN per attività di sistemistica sui BWR, e con le Società Breda e Fiat per lo sviluppo di componenti dei reattori ad acqua, prevede una partecipazione finanziaria delle due parti in ragione dell'80 per cento a carico del CNEN e del 20 per cento a carico delle industrie per lo svolgimento di un programma comune; le risorse di personale necessario sono reperite presso le due parti.

Il Consorzio NUCLITAL è stato istituito nel 1975, mentre i contratti di associazione sono stati stipulati alla fine del 1976. L'accordo con l'ENEL dura fin dal 1973.

Il programma di ricerca e sviluppo promosso dal CNEN è stato indirizzato verso la massima « interiorizzazione » delle conoscenze da parte delle imprese licenziatarie.

Le attività di ricerca e sviluppo, avviate nell'ambito del programma di promozione industriale, riguardano tre principali aree di interesse: il processo nucleare, i componenti nucleari le cui conoscenze sono ottenibili dalle licenze, nonché la progettazione impiantistica generale e di dettaglio, che pur non utilizzando le conoscenze di licenza, richiede competenze altamente specializzate per le quali le società impiantistiche italiane e l'ENEL hanno dovuto in passato fare frequente ricorso agli architetti-ingegneri esteri. La progettazione impiantistica, molto importante dal punto di vista economico e strategico, pone quindi problemi di dipendenza dello stesso tipo, ed in un certo senso più complessi, di quelli che si instaurano nell'ambito degli accordi di licenza e costituisce un'area di notevole interesse per il programma di promozione industriale.

Particolare enfasi è stata data alle ricerche sulla sicurezza, soprattutto nelle aree del processo nucleare (nocciolo e combustibile) e della progettazione impiantistica. Ciò in quanto la problematica della sicurezza costituisce l'aspetto più impegnativo della progettazione nucleare ed anche quello che pone i limiti più severi alla capacità di intervento autonomo del licenziatario. La continua evoluzione della normativa e dei criteri di sicurezza, le particolari esigenze legate al sito, le richieste delle autorità di controllo in fase di approvazione dei progetti, si riflettono infatti in altrettante necessità di aggiornamento, adattamento, revisione delle soluzioni progettuali di riferimento, che richiedono la piena padronanza e capacità di valutazione critica delle conoscenze sul-

la sicurezza ed in molti casi una integrazione di tali conoscenze attraverso esperienze *ad hoc*.

Queste ricerche, oltre a costituire uno strumento di promozione dell'industria nucleare italiana, contribuiscono anche alla formazione di un patrimonio di conoscenze in ambito nazionale che consente di realizzare le centrali nucleari con livelli di sicurezza sempre più spinti.

Lo sforzo complessivo sul PWR è circa doppio di quello del BWR ed interessa essenzialmente l'area dei componenti, mentre le attività BWR riguardano per la maggior parte il processo nucleare e la progettazione impiantistica. Una intensificazione dell'attività sistemistica sul PWR è prevista per il 1979 con la stipula di un contratto di associazione fra il CNEN e la Sigen/Sopren.

Le attività di interesse comune alle due filiere rappresentano il 29 per cento del totale dell'impegno CNEN. Per l'impiantistica il 68 per cento della spesa riguarda attività comuni; per il processo nucleare il 28 per cento; per i componenti il 24 per cento. La elevata percentuale relativa all'impiantistica è giustificata dal fatto che molti aspetti di natura impiantistica non sono strettamente legati ad un tipo di reattore, ma sono comuni alle due linee.

La minore percentuale di attività di interesse comune per il processo nucleare ed ancor più dello sviluppo componenti, deriva dal fatto che le più importanti tematiche in questo campo presentano aspetti molto diversi fra loro a seconda che siano riferite al BWR o al PWR.

La estensione, in futuro, del programma alla componentistica minore (strumentazione, valvole, pompe ausiliarie, scambiatori di calore, eccetera) ed il coinvolgimento che ne deriva per la media e piccola industria, comporterà un sensibile allargamento dell'area di interesse comune per i due tipi di reattore.

Per quanto riguarda le ricerche di sicurezza, le aree di maggiore interesse sono il processo nucleare e l'impiantistica.

Lo stato di avanzamento del dicembre 1978 può così riassumersi sinteticamente:

Con la Società AMN, l'azione del CNEN è stata rivolta prevalentemente all'area del processo nucleare e della progettazione impiantistica dei BWR. Il Consorzio Nuclital ha sviluppato un approfondimento generale di tutta la problematica di progetto neutronico-termoidraulico del nocciolo e meccanico del combustibile, ed ha avviato, recentemente, attività di più ampio respiro nell'ambito di un accordo (Technical development agreement) fra AMN e General Electric.

Inoltre il Consorzio ha partecipato nel corso del 1978 all'avviamento della Centrale di Caorso.

Il contratto di associazione CNEN-AMN ha indirizzato la propria attività soprattutto verso l'area impiantistica ed i primi risultati, finalizzati alle forniture per la centrale di Montalto di Castro, mostrano come sia stato possibile ridurre in modo significativo il ricorso alle consulenze del licenziante americano, attraverso una scelta ben orientata dei temi di ricerca. Nell'ambito di questo contratto è stata acquistata una tavola vibrante di elevata potenzialità, che costituisce un importante investimento a livello nazionale per prove dinamiche di com-

ponenti e strutture. Tale attrezzatura sarà a disposizione anche delle altre industrie.

Il *contratto di associazione CNEN-BREDA* ha come obiettivo lo sviluppo di capacità di progetto e di tecnologie di fabbricazione per i due componenti che costituiscono la base dell'attività produttiva della Breda; il contenitore in pressione ed il generatore di vapore. Sul primo tema il programma è stato rivolto alla messa a punto di tecnologie speciali (saldatura automatica di virole di grande spessore, placcatura a plasma) tendenti ad una sempre maggiore razionalizzazione dei processi costruttivi. Per il generatore di vapore è stato assunto come punto di riferimento il modello Westinghouse: nel 1978 sono iniziati gli studi di un grosso circuito, per la prova dei separatori acqua-vapore del primo stadio del generatore, che sarà installato nell'area sperimentale del CISE presso la centrale ENEL di Piacenza.

Il *contratto di associazione CNEN-FIAT* è stato sinora rivolto allo sviluppo di componenti PWR per i quali la FIAT dispone di una licenza Westinghouse. I principali temi prescelti sono: il meccanismo di comando delle barre di controllo, il gruppo motore-pompa primaria, e le parti interne (internals) al contenitore in pressione. Per i primi due temi sono in corso di realizzazione i prototipi e si stanno approntando i circuiti di prova e collaudo che verranno installati in un'apposita area attrezzata presso la FIAT-TTG. Per gli « internals », nel corso del 1978, sono stati individuati i processi di lavorazione più idonei ed approvvigionate le macchine per la costruzione dei prototipi.

L'*accordo CNEN-ENEL*, operante fin dal 1973, ha avuto come obiettivo principale la valutazione delle prestazioni dei noccioli dei reattori ad acqua leggera (sviluppo e qualificazione di codici, messa a punto di tecniche per l'esame non distruttivo del combustibile scaricato dalle centrali). Nel giugno 1978 l'accordo è stato rinnovato ed è stata lasciata aperta la possibilità di partecipazione alle industrie interessate: il Consorzio NUCLITAL — e quindi l'AMN attraverso di esso — opera già nell'ambito dell'accordo; sono in corso di definizione le modalità di partecipazione delle società SOPREN ed AGIP Nucleare.

Come si è già detto, particolare enfasi nel 1978 è stata data alle ricerche di sicurezza che si sono sviluppate secondo due finalizzazioni:

ottenimento di elementi conoscitivi utili in sede di progettazione e realizzazione di componenti e sistemi;

ottenimento di elementi di informazione a supporto dei criteri e delle analisi di sicurezza.

Le attività hanno visto un notevole coinvolgimento sia delle strutture di ricerca del CNEN (CSN Casaccia), sia di organizzazioni esterne (quali: AMN, CISE, NIRA, NUCLITAL, SOPREN), nel quadro di accordi di collaborazione con il CNEN; devono inoltre essere evidenziate le azioni svolte nell'ambito del programma di attività del CCR Euratom.

Le ricerche hanno riguardato in buona parte il comportamento di componenti o sistemi in condizioni di transitorio, con particolare riferimento alla perdita di refrigerante, ed hanno investito sia lo sviluppo e la verifica di modelli analitici, sia la sperimentazione.

In sintesi, nel 1978 sono state sviluppate le seguenti linee di ricerca:

Perdita di refrigerante e refrigerazione d'emergenza del nocciolo dei reattori ad acqua (misura di parametri termoidraulici, messa a punto di programmi di calcolo e relativa verifica su modelli anche in piena scala, studio di fenomeni specifici relativi al danneggiamento del nocciolo, studi sul comportamento dei sistemi di raffreddamento di emergenza);

Transitori di potenza (analisi dinamica di impianti nucleari per lo studio di incidenti, verifica di modelli di instabilità);

Fenomeni connessi con il rilascio del vapore dalle valvole di sicurezza; forze di getto; soppressione di pressione;

Comportamento di materiali e di componenti strutturali in varie condizioni (fenomeni termoidraulici, vibrazioni, etc.);

Comportamento di elementi di combustibile in condizioni di incidente (studi in pila e fuori pila sul comportamento chimico e meccanico di guaine di elementi di combustibile). Rientrano in tale categoria le attività relative al circuito SARA, in corso di realizzazione nel reattore ESSOR del CCR di Ispra, nell'ambito di un contratto finanziato dal Governo italiano.

Nel circuito SARA sono previste esperienze di LOCA ed è inoltre allo studio la possibilità di simulare incidenti tipo quello avvenuto nella centrale di Harrisburg.

## 2. — Reattori ad acqua pesante

Il Programma del CNEN sui reattori ad acqua pesante nacque con l'obiettivo di promuovere lo sviluppo autonomo di una filiera nazionale. La prima tappa del programma fu identificata nella realizzazione del prototipo dimostrativo CIRENE-Latina da 40 MWe, da attuarsi attraverso una collaborazione tra il CNEN, l'ENEL e l'industria nazionale.

Questo obiettivo è andato nel tempo progressivamente ridimensionandosi essendo mancato, tra l'altro, anche un adeguato impegno a livello nazionale sulla filiera ad acqua pesante, simile a quello verificatosi in Canada, dove l'intero programma nucleare è stato rivolto allo sviluppo ed all'affermazione dei reattori tipo CANDU.

Tuttavia, il CNEN in accordo con l'ENEL e la NIRA, e in linea con le direttive del CIPE, ha ritenuto utile proseguire la realizzazione dell'impianto prototipo, in quanto valido ai fini della dimostrazione della capacità delle strutture di ricerca e industriali nazionali di realizzare un sistema nucleare completo e di concezione originale. A questa

motivazione di ordine generale si collega l'altra più specifica riferita ai reattori CANDU, che interessano l'industria italiana per le loro prospettive di commercializzazione nei Paesi in via di sviluppo.

Il prototipo CIRENE infine potrebbe costituire un utile strumento per la sperimentazione di cicli di combustibile alternativi, quali quello uranio-torio.

L'impianto prototipo CIRENE-Latina è realizzato nell'ambito di una Convenzione tra il CNEN e l'ENEL con una ripartizione di costi rispettivamente del 75 per cento e del 25 per cento. Alla società NIRA è stata affidata la fornitura dell'isola nucleare; l'ENEL, oltre a curare la committenza tecnica dell'ordine alla NIRA, appalta direttamente le opere civili e provvede all'approvvigionamento ed al montaggio del macchinario della parte convenzionale; il CNEN cura l'esecuzione del programma di ricerca e sviluppo in appoggio, affidando parte di esso ad altri laboratori di ricerca: tra questi ultimi un ruolo di particolare rilievo è stato assunto dal CISE che ha partecipato a tutte le fasi del programma coprendo le principali aree di interesse. Il CNEN provvede inoltre direttamente alla progettazione ed alla fabbricazione del combustibile ed approvvigiona l'acqua pesante.

Nell'ambito dei reattori ad acqua pesante è in atto un accordo di collaborazione tra il CNEN, l'ENEL e l'AECL (Atomic Energy Commission Limited Canada) che ha dato luogo nel passato ad un intenso scambio di informazioni, in particolare nell'area della ricerca e sviluppo, e più recentemente all'avvio di programmi di collaborazione, di cui si riferisce nel Capitolo sul ciclo del combustibile.

Nel 1978 l'attività di progettazione dell'impianto prototipo CIRENE è proseguito in tutti i settori ed in particolare quella relativa all'isola nucleare è già stata completata per il 50 per cento.

Gli ordini emessi entro la fine del 1978 costituiscono, in termini di impegno finanziario, il 45 per cento del totale e riguardano i principali componenti dell'isola nucleare: a titolo di esempio si citano l'assieme reattore, i canali di potenza ed i tubi di vasca, la macchina di carico e scarico del combustibile, il contenitore metallico di sicurezza.

Per quanto concerne il « licensing » dell'impianto, nel corso del 1978 è stato approvato dalla Direzione centrale sicurezza del CNEN il programma di Garanzia della qualità e sono state avviate le procedure per l'approvazione dei 22 rapporti di progetto particolareggiato in cui è stato suddiviso l'intero impianto.

Nel corso dell'anno sono stati approvati i rapporti relativi all'edificio reattore, al sistema di contenimento ed al sistema termovettore primario.

In cantiere è stato dato inizio alla costruzione dell'edificio reattore, realizzando il relativo sistema di impermeabilizzazione.

Il programma temporale per la realizzazione del prototipo è stato ridefinito nella seconda metà del 1978 introducendo delle varianti ad alcune delle procedure di costruzione e montaggio, in modo da recuperare in parte i ritardi cumulati in precedenza. Attualmente si prevede che l'impianto sia pronto per il caricamento del combustibile a fine 1982.

Il programma di ricerca e sviluppo in appoggio, ormai giunto alla sua fase conclusiva, ha riguardato nel 1978 in particolare i temi del combustibile e della sicurezza. È inoltre iniziato, nell'area dei componenti, il trasferimento alle industrie delle specifiche dei manufatti e quello dei procedimenti costruttivi messi a punto e qualificati negli anni precedenti.

Per quanto riguarda il combustibile, i temi di ricerca hanno riguardato la corrosione sotto sfregamento che si genera nei punti di contatto fra il combustibile ed il tubo a pressione e di effetti sul combustibile in fase di aumenti della potenza prodotti a seguito delle operazioni di carico e scarico.

In relazione al primo problema è stata condotta nel 1978 una limitata campagna sperimentale nel circuito ADI della Casaccia che ha confermato la necessità di alcune modifiche progettuali al complesso canale di potenza/colonna di combustibile. In relazione al secondo problema sono in corso esperienze di irraggiamento nel reattore ESSOR del CCR di Ispra per valutare la efficacia di rivestimenti protettivi, interni alle barrette di combustibile.

Le ricerche di sicurezza hanno riguardato i tre argomenti su cui si è concentrata anche nel passato la massima parte delle attività: la rottura « instabile » del tubo a pressione, i transistori termoidraulici del nocciolo dovuti ad incidenti di perdita di refrigerante (LOCA - Loss of coolant accident), il comportamento del combustibile a seguito di tali incidenti.

In relazione al primo argomento è stata eseguita, su un modello scala 1:5 dell'assieme reattore, una serie di prove di scoppio del tubo a pressione che hanno fornito una ulteriore convalida dei margini di sicurezza assunti in sede di progetto.

In relazione al secondo argomento sono stati analizzati i risultati di un programma di esperienze di simulazione a grande scala degli incidenti LOCA ipotizzati per il CIRENE, condotte nel circuito CIRCE presso la stazione sperimentale del CISE a Piacenza. Si è riscontrato un buon accordo tra i risultati sperimentali e quelli calcolati con i codici, e gli scostamenti sono sempre stati a favore della sicurezza.

Sul terzo argomento, infine, è proseguita la messa a punto del codice per lo studio del combustibile in condizioni di incidente: a questo scopo sono stati utilizzati i risultati (in particolare sul rilascio dei gas di fissione) di esperienze di irraggiamento condotte negli anni passati nel reattore di Halden e di esperienze, svolte al Centro della Casaccia, nel corso del 1978, sul rigonfiamento delle guaine del combustibile sottoposte a transistori di temperatura e pressione tipici degli incidenti presi in considerazione.

#### REATTORI VELOCI

1. — Le potenzialità dei reattori veloci in termini di massimo sfruttamento dell'energia contenuta nell'uranio naturale (70 per cento a fronte dell'1 per cento dei reattori termici), unitamente al fatto che

i Paesi della CEE detengono solamente il 3 per cento delle risorse di uranio attualmente accertate, a livello mondiale, sono le motivazioni di fondo che hanno portato l'Europa, con la Francia in posizione preminente, ad operare un sostenuto sforzo tecnico e finanziario tendente a dimostrare le possibilità offerte dai reattori veloci attraverso una sperimentazione su larga scala che vede come obiettivo primario la messa in funzione di centrali prototipiche di potenza.

Gli alti costi connessi con la ricerca in appoggio e le necessarie verifiche a livello dei prototipi di reattori veloci di tipo commerciale, hanno imposto la più ampia collaborazione tra Paesi membri della Comunità. Tale collaborazione ha riguardato inizialmente gli Enti produttori di elettricità dei tre maggiori Paesi: EDF (Francia), ENEL (Italia) e RWE (Repubblica federale tedesca) che hanno costituito fin dal 1974 la Società NERSA con la finalità di realizzare e gestire la prima centrale prototipica, dotata di un reattore veloce (Superphenix 1) da 1200 MWe, attualmente in corso di costruzione a Creys-Malville in Francia. Gli stessi produttori hanno successivamente costituito la Società ESK, per la realizzazione di una seconda centrale in Germania.

Sulla base delle iniziative dei produttori elettrici si sono innestate due significative collaborazioni, una franco-italiana e l'altra franco-tedesca, che hanno interessato gli Enti di ricerca e sviluppo e le industrie dei rispettivi Paesi. È però da rilevare che il contenuto politico ed economico di tali collaborazioni presenta sostanziali differenze nei due casi. L'accordo franco-tedesco è stato sottoscritto a livello governativo ed ha portato alla costituzione della Società SERENA, detentrica delle licenze nel campo dei reattori veloci a sodio. La collaborazione franco-italiana invece, avente come supporto di base l'accordo CNEN-CEA per lo scambio di informazione e la armonizzazione dei rispettivi programmi di ricerca e sviluppo, si articola a livello industriale su accordi specifici tra NIRA e CEA per lo sviluppo del sistema, tra NIRA e NOVATOME per la realizzazione in Francia, su licenza della SERENA, della centrale Superphenix e tra AGIP Nucleare e COGEMA per la fornitura, sempre su licenza, del combustibile. La NIRA ha acquisito commesse per la realizzazione di Superphenix pari a circa il 40 per cento del valore della caldaia nucleare.

Si deve notare inoltre che la Germania ha avviato da tempo, in stretta collaborazione con Belgio e Olanda, un programma di sviluppo nel campo dei reattori veloci con l'obiettivo di realizzare a medio termine una centrale di tipo veloce sul territorio nazionale.

Mentre i primi programmi sono stati essenzialmente nazionali, le centrali dimostrative sono il frutto di una cooperazione fra vari stati membri.

Ai fini di un migliore coordinamento delle attività nazionali sullo sviluppo della filiera veloce è stato costituito nel 1978 fra il CNEN e la NIRA, il Consorzio COREV (Consorzio reattori veloci).

Il programma di ricerca e sviluppo del CNEN ha un duplice obiettivo:

- 1) l'acquisizione degli elementi fondamentali per valutare le effettive possibilità che i reattori veloci offrono in prospettiva, sia dal

punto di vista della sicurezza e ambientali che dal punto di vista della economicità;

2) qualificazione dell'industria nazionale a lavorare in competizione con le industrie degli altri Paesi europei, in un campo di altissimo contenuto tecnologico che richiede conoscenze e metodi, la cui applicabilità supera di gran lunga le metodiche specifiche delle tecnologie nucleari.

L'accordo CNEN-CEA, stipulato nel 1974, ha consentito un riorientamento ed una finalizzazione del programma del CNEN che è attualmente impostato sulle seguenti linee:

progettazione e costruzione del reattore PEC da 120 MWt per studi e verifiche sulle prestazioni del combustibile veloce;

sviluppo del combustibile e dei componenti per la filiera veloce; studi e ricerche sui problemi di sicurezza e protezione.

## 2. — *Progettazione e costruzione del PEC*

Il quadro delle attività sviluppate nel 1978 per l'impianto PEC, la cui realizzazione è stata affidata alla NIRA, è il seguente:

*Progettazione impianto.* — L'attività è proceduta soprattutto per l'apprestamento dei Progetti particolareggiati e sui Progetti costruttivi delle opere civili, dei componenti del blocco reattore, dei meccanismi dei circuiti principali di raffreddamento, del sistema di sicurezza.

Per quanto concerne i Progetti particolareggiati, dei ventuno Progetti previsti complessivamente nel 1978 ne sono stati prodotti, approvati e trasmessi all'Organo di controllo quattro, che sommati a quelli approvati e trasmessi in precedenza portano a 10 il numero dei Progetti particolareggiati trasmessi all'Organo di controllo.

A tutt'oggi solo tre Progetti risultano approvati dall'Organo di controllo.

*Progettazione nocciolo e suoi componenti.* — La progettazione del nocciolo e dei suoi componenti è stata completata. L'attività di progettazione continua per quelle verifiche tese a confermare i dati di base sulla vita degli elementi del nocciolo nel reattore e per verifiche di dettaglio.

*Approvvigionamenti ed attività di officina.* — È proseguita presso i fornitori l'approvvigionamento e la realizzazione dei componenti oggetto dei Progetti particolareggiati approvati e dei componenti che vengono realizzati in certificazione tecnica.

Molti di questi componenti sono in fase avanzata di realizzazione ed assemblaggio.

È stato inoltre effettuato l'ordine di gran parte degli altri componenti da approvvigionare e costruire.

*Cantiere.* — Sono state completate all'80 per cento le opere di sistemazione del sito relativo al PEC in località Brasimone, ove già operano altri impianti di ricerca del Dipartimento reattori veloci del CNEN. Sono stati montati gli schermi termici ed antiesplosione, mentre sono in fase di realizzazione le opere civili dell'edificio reattore.

Per l'edificio manipolazione combustibile, controllo e servizi è iniziata la fase di realizzazione delle fondazioni.

*Prove in appoggio e circuiti sperimentali.* — Le attività sulle prove in appoggio hanno particolarmente risentito delle difficoltà finanziarie dell'Ente e sono quindi procedute con una certa lentezza. Nell'ottobre 1978 l'appaltatore NIRA, perdurando lo stato di mancanza di finanziamenti, e considerato il notevole credito accumulato nei confronti dell'Ente, ha proceduto al blocco delle attività sulle prove in appoggio.

Sono invece proseguite le attività di realizzazione dei numerosi circuiti sperimentali in appoggio al PEC, che andranno tutti in collaudo entro il 1979.

Le azioni svolte nel corso del 1978, congiuntamente con quanto realizzato nel corso degli anni precedenti, hanno portato lo stato di realizzazione del reattore PEC su una quota di poco superiore al 30 per cento del totale.

È da rilevare tuttavia che l'attività nel 1978 ha subito un certo rallentamento conseguente all'intervento degli Organi preposti alla Sicurezza in merito ad una più idonea attuazione del programma di Garanzia della Qualità e all'adeguamento delle procedure operative in tema di committenza.

Ciò comporterà una revisione della pianificazione e dei relativi costi e tempi di completamento dell'impianto. L'esame attualmente in corso potrebbe, se del caso, comportare anche una riconsiderazione dell'intero obiettivo.

### 3. — Sviluppo del combustibile e dei componenti per la filiera veloce

Le attività in tale campo, ridefinite nell'ambito dell'accordo CNEN-CEA, sono state concentrate su pochi obiettivi che garantiscono da un lato la valorizzazione e lo sviluppo di competenze di ricerca esistenti e dall'altro la qualificazione e promozione dell'industria nazionale che partecipa alla realizzazione del Superphenix.

I temi di ricerca relativi allo sviluppo del nocciolo hanno riguardato una serie di attività sperimentali sulla tecnologia di fabbricazione di fasci di barre deformate, sulla termoidraulica di tali fasci in sodio, presso la Casaccia, e su prove meccaniche volte alla caratterizzazione degli elementi di combustibile, presso Cadarache, nonché sullo sviluppo e messa a punto dei relativi metodi di calcolo di tipo interpretativo e dei codici di riferimento. Le attività inerenti allo sviluppo del combustibile hanno riguardato sia modelli e codici di calcolo, sia la gestione diretta di programmi sperimentali rivolti all'analisi del comportamento in pila di combustibili ad ossidi e di combustibili avanzati a carburi.

Nel settore della tecnologia dei materiali, le attività hanno compreso lo sviluppo di metodi di controllo non distruttivo di componenti dell'elemento di combustibile, nonché studi di fenomenologia su vari materiali strutturali.

Sensibili passi avanti sono stati compiuti nel 1978 per il raggiungimento di fondamentali obiettivi nel campo della ricerca e sviluppo di interesse per la componentistica dei reattori veloci di potenza.

Il 1978 vede infatti:

- l'entrata in funzione dell'impianto ISA-1 presso l'area del Brasimone per lo studio di grandi perdite di sodio in acqua;
- il completamento del prototipo di generatore di vapore da 50 MW;
- l'avvio del montaggio dell'impianto CPV-1, sempre nell'area Brasimone, e la realizzazione delle relative infrastrutture per lo studio sperimentale del comportamento delle pompe al sodio di grandi impianti di potenza.

#### 4. — Ricerche sulla sicurezza e protezione

Le attività di ricerca sperimentali e di sviluppo dei codici di calcolo, in tema di sicurezza, hanno lo scopo di studiare le fasi nodali delle catene incidentali e dell'impatto ambientale, al fine di fornire elementi conoscitivi necessari per valutare l'accettabilità dal punto di vista sicurezza-ambiente di una centrale veloce in Italia e di mettere a punto nel contempo appropriate tecnologie di prevenzione e protezione.

Le azioni in corso presso il CNEN, svolte nel quadro dell'accordo CNEN-CEA, sono state finalizzate in modo da coprire alcune aree di fondamentale importanza dove, negli anni precedenti, erano state sviluppate le competenze e le tecnologie necessarie. In particolare esse hanno per oggetto lo studio del comportamento dinamico del refrigerante, del combustibile, del nocciolo, delle strutture interne e del contenimento, in relazione ai principali eventi accidentali originati nel nocciolo. Le attività sperimentali in sodio (circuito ENA-2) sono svolte presso la Casaccia; le attività di sviluppo codici sono effettuate alla Casaccia ed a Bologna, da un gruppo formato da ricercatori del CNEN e dell'Università di Bologna; quelle sperimentali in acqua sono svolte presso il Brasimone.

È continuata anche la partecipazione del CNEN alla interpretazione delle esperienze in pila dell'importante programma francese CABRI-SCARABEE che ha come scopo la ricerca nel campo della sicurezza.

In generale, gli obiettivi fissati per il 1978 sono stati in buona parte raggiunti, in quanto essi erano stati dimensionati alla capacità di lavoro tecnico disponibile.

Per quanto riguarda lo studio dell'impatto sull'ambiente e sull'impianto di grandi fuochi di sodio, causati da eventi accidentali, e delle relative tecnologie di prevenzione, spegnimento e ripristino, è da segna-

lare l'avvio di un'azione congiunta CNEN-CEA per lo spegnimento di grandi fuochi di sodio (programma ESMERALDA), che dovrà svolgersi prevalentemente a Cadarache, con esperienze in scala significativa per una centrale del tipo Superphenix.

Infine, nel quadro di una nuova linea tendente ad effettuare una indagine nazionale (CNEN, ENEL, NIRA) sulla realizzabilità di una centrale veloce in Italia, è allo studio l'avvio di attività che hanno per oggetto la definizione dei criteri generali di sicurezza e di progettazione antisismica, la revisione critica dei rapporti di sicurezza del CEA sul Superphenix e l'elaborazione di un rapporto preliminare di sicurezza per una centrale veloce.

Nel settore degli studi tecnico-economici, sono proseguite in stretta collaborazione con il CEA, le attività relative alla ottimizzazione economica dei reattori veloci, alle strategie elettronucleari termico-veloci ed all'analisi del sistema energetico-ecologico.

#### CICLO DEL COMBUSTIBILE

Il ciclo del combustibile, nelle sue tre fondamentali fasi dell'approvvigionamento delle materie prime e della produzione del combustibile (fase a monte del reattore), dell'utilizzo del combustibile in reattore (fase in pila), del ritrattamento del combustibile e del condizionamento e smaltimento dei residui radioattivi (fase a valle del reattore) è di fondamentale valore strategico ai fini del conseguimento degli obiettivi di autonomia energetica. In particolare le fasi iniziale e finale rivestono particolare rilevanza a causa del forte condizionamento che esse possono esercitare sugli sviluppi futuri nucleari.

Le attività industriali del ciclo del combustibile e quindi le azioni di sviluppo che le precedono hanno risentito, nel 1978, dell'evoluzione in atto sulla scena nucleare internazionale e nazionale.

Sul piano internazionale sono essenzialmente da segnalare:

— l'impatto che ha avuto sui programmi nucleari di molti Paesi la decisione dell'amministrazione USA (in ordine alle operazioni di ritrattamento del combustibile dei reattori ad acqua leggera e allo sviluppo dei reattori veloci al plutonio) per diminuire i rischi di proliferazione orizzontale dell'arma nucleare, e l'invito a tutti i Paesi ad effettuare congiuntamente un'accurata valutazione, tuttora in corso (International Nuclear Fuel Evaluation - INFCE) dei cicli di combustibile nucleare.

Ciò al fine soprattutto di proporre misure efficaci da prendere a livello nazionale e mediante accordi internazionali per minimizzare il pericolo di proliferazione di ordigni nucleari, senza penalizzare i rifornimenti energetici e lo sviluppo dell'energia nucleare per usi pacifici;

— il generale rallentamento dei programmi di installazione di centrali nucleari nei Paesi Occidentali è dovuto, oltre all'influenza della situazione internazionale, anche a motivazioni di natura economica e so-

ciale. Tale rallentamento incide in maniera notevole sulla programmabilità degli investimenti, peraltro notevoli, nel settore del ciclo del combustibile.

Sul piano interno, oltre alle situazioni di carattere internazionale sopra indicate (e che per taluni aspetti hanno assunto nel nostro Paese toni e significati diversi e più rilevanti che in altri Paesi considerato anche il notevole ritardo nel ricorso al nucleare per la produzione di energia elettrica) vi è da rilevare, anche nel 1978, il perdurare di alcune difficoltà. Non ultime quelle di carattere istituzionale, in merito all'attuazione di una più efficace collaborazione e, se del caso, integrazione tra i programmi e le strutture di ricerca CNEN relative al ciclo del combustibile, che sono già a livello di verifica preindustriale, con le iniziative e le strutture dell'industria, cui il CIPE ha assegnato il ruolo di operatore industriale del ciclo, e cioè dell'AGIP Nucleare.

La mozione parlamentare del 1977 e la conseguente delibera del CIPE hanno indicato le tre linee direttrici lungo cui sviluppare una serie di specifiche azioni di sviluppo e produzione, raccordate in un'unica strategia nell'ambito di uno sforzo coordinato e finalizzato a precisi obiettivi di autonomia e di sicurezza.

Le attività svolte nel 1978 dal CNEN sul ciclo del combustibile sono proseguite, in armonia alle indicazioni fornite dal CIPE, avendo come punti di riferimento quelli di:

— dare soluzione ai problemi economici, tecnici e di sicurezza collegati nel breve e medio termine al programma elettronucleare centrato sui reattori ad acqua leggera;

— sviluppare una capacità nazionale, in termini di conoscenza di processi e di tecnologia, sui cicli di combustibili alternativi, potenzialmente in grado, come quello dei reattori veloci, di contribuire nel lungo termine alla indipendenza da fonti esterne di energia.

Le grandi linee del programma del CNEN sono state definite tenuto conto delle attività industriali dell'AGIP Nucleare e di quelle dell'ENEL. Inoltre esse sono state inserite, ove lo suggerivano considerazioni di convivenza economica e industriale, nel quadro di collaborazioni europee bilaterali o multilaterali. Grande risalto è stato dato all'approfondimento degli aspetti di sicurezza degli impianti del ciclo, ed alla ricerca ed adozione, per gli impianti esistenti, di soluzioni tecniche molto avanzate, che garantiscono uno *standard* sempre più elevato di protezione dell'uomo e dell'ambiente. In particolare è stata assegnata priorità alle ricerche sul condizionamento delle scorie radioattive in vista del loro definitivo isolamento. Per quest'ultimo si stanno studiando diverse soluzioni a carattere geologico nell'ambito di una collaborazione che vede impegnati, insieme al CNEN, i principali enti nucleari europei.

Infine va rilevato che l'esperienza e la conoscenza sul ciclo del combustibile, maturata dal CNEN in venti anni di attività, oltre che a servizio delle esigenze energetiche del Paese, sono state rese disponibili

alle industrie italiane attive nel campo della progettazione e realizzazione di impianti ed attrezzature del ciclo per l'esportazione verso Paesi ove si avviano programmi nucleari.

Il CNEN in questo caso esercita la duplice funzione di « consulente » per processi e tecnologie nei confronti dell'industria, e di garante verso il cliente straniero dell'osservanza, da parte del fornitore, di *standard* di affidabilità, sicurezza e protezione corrispondenti a quelli che il CNEN stesso richiede nei suoi fornitori.

Nel 1978 l'industria nazionale con il supporto del CNEN, si è assicurata contratti di fornitura in alcuni paesi stranieri ed ha avviato trattative concrete con altri Paesi.

Le attività svolte dal CNEN nel 1978 ed il loro stato di attuazione al 31 dicembre può essere così sinteticamente riassunto:

#### *Uranio naturale*

Nel settore dell'approvvigionamento dell'uranio naturale, in linea con le indicazioni del CIPE, il CNEN ha, dal 1974, abbandonato ogni attività di prospezione, trasferendo all'ENI i risultati acquisiti. Il CNEN si è limitato da allora ad un'azione di consulenza, su richiesta della pubblica amministrazione e di società nazionali impegnate in prospezioni in Italia e all'Estero.

Nel 1978 l'attività del CNEN, oltre al consueto aggiornamento dei dati sulla situazione mondiale del mercato dell'uranio ed alla partecipazione dei suoi esperti ai vari gruppi di lavoro in ambito internazionale, ha prestato opera di consulenza sul campo e di assistenza nella valutazione dei risultati in campagne di prospezione di uranio effettuate da società italiane in zone indiziate del deserto libico.

#### *Arricchimento Uranio*

L'arricchimento dell'uranio, tappa obbligata del ciclo del combustibile dei reattori ad acqua leggera, è oggi impostato sul piano industriale su due tecniche alternative. La prima, basata sul principio della diffusione gassosa, pur essendo caratterizzata da una forte dipendenza dei costi di produzione dalla taglia dell'impianto e da un elevato consumo di energia elettrica per unità di lavoro separativo, presenta un grado di affidabilità elevato, garantito da un'esperienza ultratrentennale. La seconda, basata sulla ultracentrifugazione, consente di diminuire i consumi unitari di energia elettrica di almeno un ordine di grandezza, a costi di lavoro separativo che non variano sensibilmente con la taglia, e si presta quindi a seguire con maggiore flessibilità l'andamento della domanda. Peraltro l'esperienza industriale disponibile è ancora limitata.

Accanto alle due tecniche sopra indicate è da rilevare un consistente sforzo, a livello mondiale, sullo sviluppo e messa a punto della tecnologia di arricchimento mediante laser, che offre in prospettiva

vantaggi notevoli. Si stima che un tale processo, una volta raggiunta la maturità industriale, dovrebbe presentare costi di impianto e costi energetici molto inferiori a quelli degli altri sistemi di arricchimento. Inoltre, essendo stimato sufficiente un solo stadio a raggiungere l'arricchimento voluto, il metodo dovrebbe prestarsi ad impianti di tipo modulare ed anche molto più piccoli di quelli economicamente realizzabili con gli altri metodi ed in particolare con la diffusione gassosa. Infine, e questo è l'aspetto di maggiore importanza, l'elevata efficienza prevedibile per il processo dovrebbe rendere economicamente conveniente la estrazione dell'uranio 235 dalle code di arricchimento (che ne contengono ancora quasi un terzo di quello iniziale), aumentando così sensibilmente l'utilizzo delle risorse e rivelandosi interessante anche come completamento dei metodi attuali, e non solo per una loro eventuale sostituzione.

Caratteristica comune alle tre tecnologie è l'elevato grado di riservatezza, per ragioni commerciali e militari, delle soluzioni tecniche adottate, che non ha riscontro nelle altre fasi del ciclo del combustibile. In particolare sulla tecnologia laser la rigorosa segretezza non consente di basare valutazioni sulla fattibilità e sull'interesse del metodo in base alle esperienze fatte altrove.

In Europa coesistono due iniziative industriali internazionali: EURODIF e URENCO-CENTEC basate rispettivamente sulla diffusione e sulla ultracentrifugazione.

Partecipano ad EURODIF: Francia (52,78%), Belgio (11,11%), Spagna (11,11%) e Italia (25% suddivisa egualmente tra CNEN e AGIP Nucleare). L'Iran nel 1976 ha acquistato il 10 per cento della quota francese e partecipa, anche se indirettamente, ad EURODIF.

Dell'URENCO-CENTEC sono soci a pari quota l'Olanda, la Repubblica Federale di Germania ed il Regno Unito con due installazioni sperimentali da circa 25 t di lavoro di separazione (l.s./anno) realizzate ad Almelo (Olanda) ed una installazione da 40 t di l.s./anno realizzata a Capenhurst (Regno Unito).

Due impianti dimostrativi commerciali realizzati ad Almelo e Capenhurst della capacità di 200 t di l.s./anno verranno progressivamente ampliati fino a 2.000 t di l.s. entro il 1981.

Il CNEN è impegnato, seppure con peso notevolmente diverso, sulle tre tecnologie. Il maggiore sforzo è stato dedicato alla *diffusione gassosa* in relazione alla partecipazione alla Società EURODIF.

L'impianto EURODIF della potenzialità di 10.800 t di l.s./anno è in fase di ultimazione a Tricastin in Francia. Nel 1978 è entrata in funzione la prima cascata; il pieno esercizio è previsto per la fine del 1981.

La quota italiana di prelievo corrisponde a circa 2.500 t di l.s./anno, pari ai fabbisogni di arricchimento previsti a regime per circa 20 centrali ad acqua leggera. Tale eccesso di disponibilità nei confronti dei piani di realizzazione previsti dal Piano energetico nazionale, pone problemi di natura economica e tecnica. Esistono varie soluzioni possibili che sono all'esame degli organi competenti, tra di esse sono da consi-

derare la formazione di scorte in previsione di possibili future carenze di uranio arricchito sul mercato e, in alternativa, la vendita a terzi del lavoro di separazione.

Nel 1978 si è conclusa la fase di qualificazione e promozione dell'industria nazionale per le forniture ad EUODIF, grazie alla quale è stato possibile acquisire da parte delle industrie nazionali ordini per oltre 300 miliardi di lire. Le principali forniture dell'industria nazionale hanno riguardato i componenti tecnologicamente avanzati, quali compressori, valvole e scambiatori di calore.

L'azione di promozione industriale è proseguita nel 1978 concentrandosi sempre più sui componenti suscettibili di ulteriore evoluzione, in vista di possibili futuri impianti (COREDIF a cui partecipa EUODIF al 51 per cento, unitamente al CEA 29 per cento, ed Iran 20 per cento) o di miglioramenti di EUODIF. L'azione di promozione ha riguardato i supporti per barriere in collaborazione con la Società Merisinter, le tenute rotanti, in compressori di media taglia e valvole di grande taglia in collaborazione con la Nuova Pignone.

I prototipi realizzati dall'industria vengono provati in apposite attrezzature realizzate presso il CNEN o in attrezzature messe a disposizione del CEA.

Per quanto riguarda l'*ultracentrifugazione* la scelta nazionale sulla diffusione (EUODIF) portò a suo tempo a ridimensionare le attività relative. L'attività sperimentale fu da allora ispirata al criterio di limitarsi a completare, per quanto possibile, la sperimentazione in corso, nei circuiti di prova realizzati a tal fine presso il CNEN, di macchine prototipiche sottocritiche in acciaio ad alta resistenza e per verificare le ipotesi di progetto.

Nel 1978 particolare enfasi è stata posta allo sviluppo di speciali valvole di cui è stata ceduta licenza alle Officine Galileo. E in atto una collaborazione con detta Società per offerta di valvole alla Union Carbide, da qualificare per l'impianto ad ultracentrifugazione del D.O.E. (USA).

Nell'ambito dell'*arricchimento dell'uranio mediante laser*, due sono le linee di approccio seguite: sulla linea ad uranio metallico è stato realizzato un impianto su cui sono state eseguite con esito positivo le prime esperienze tendenti ad una valutazione delle soluzioni tecnologiche; sulla linea composti molecolari dell'uranio, l'attenzione è stata rivolta alla messa a punto del processo su scala di laboratorio.

### *Sviluppo combustibile*

Nel quadro dello sviluppo del combustibile due sono le fasi da considerare: la prima riguarda il progetto nei suoi vari aspetti neutronico, termoidraulico, termico e meccanico e la relativa qualificazione, la seconda lo sviluppo e la qualificazione del processo di fabbricazione e controllo ed infine la fabbricazione del combustibile.

Le attività di progetto per la loro stretta correlazione con le attività di progetto dell'isola nucleare sono descritte nei capitoli relativi ai reattori.

Va tenuto presente che, per le centrali previste nel programma elettronucleare italiano, di cui alle delibere del CIPE del 1977, progetto e fabbricazione del combustibile avvengono nell'ambito di licenze.

Per quanto riguarda la progettazione delle ricariche e la fabbricazione del combustibile compresa la prima carica, le licenze sono in mano rispettivamente alla Società FN (Fabbricazioni Nucleari) per i BWR e alla COREN per i PWR, entrambe a maggioranza AGIP Nucleare. La progettazione della prima carica è compito delle Società licenziatricie del sistema, e cioè AMN e SOPREN.

Le Società rispettivamente FN e COREN hanno in funzione due impianti con caratteristiche diverse: uno situato a Boscomarengo per i BWR, con una capacità produttiva di 150-200 t/anno con previsto ampliamento a 500 t/anno, l'altro situato a Saluggia per i PWR con una capacità produttiva di 60 t/anno. Nessun impianto è stato finora realizzato per il combustibile adatto a reattori ad acqua pesante, di cui l'AGIP Nucleare ha la licenza di produzione.

Una situazione del tutto analoga si sta configurando anche per i reattori veloci. L'AGIP Nucleare ha infatti acquisito, nell'ambito di un accordo con il CEA, la licenza dal CEA stesso per la realizzazione di un impianto di fabbricazione di combustibile al Plutonio, che dovrebbe consentire di fornire la quota parte del combustibile per la centrale veloce Superphenix, e di soddisfare le esigenze del PEC.

L'azione di promozione svolta dal CNEN a vantaggio dell'industria italiana, si pone l'obiettivo di una gestione consapevole e qualificante del sistema di licenze straniere, di uno svincolo progressivo degli aspetti più onerosi della licenza (come il *consulting*) ed infine dell'assunzione graduale di responsabilità autonome di fornitura.

Diversa è la situazione per il combustibile da impiegarsi nei reattori CIRENE e PEC, per il quale fin dall'inizio fu scelta la strada di una realizzazione autonoma che ha percorso a tutt'oggi le tappe essenziali del progetto, la qualificazione in pila e fuori pila e del procedimento di fabbricazione. Per il CIRENE è stata anche allestita e qualificata la linea di fabbricazione.

In particolare per i *combustibili dei reattori ad acqua leggera*, nel corso del 1978, è stata proseguita una linea di ricerca originale sul comportamento termomeccanico di una barra BWR ad alti tassi di irraggiamento e secondo diverse « storie termiche » e caratteristiche di progetto. Inoltre sono proseguite le misure di caratterizzazione di guaine di Zircalloy sotto irraggiamento.

Queste attività sono confluite nel recente accordo ENEL-CNEN-Industria (1) sul comportamento dei combustibili.

---

(1) Attualmente è presente l'AMN; hanno chiesto di entrare in tale accordo anche la SOPREN e l'AGIP.

Per quanto riguarda il *combustibile CIRENE* è stata completata nel 1978 la qualificazione del combustibile attraverso esperienze di irraggiamento realizzato soprattutto nel circuito CART del reattore ESSOR di Ispra, è stata completata la qualificazione dei processi di fabbricazione, ed è in corso l'*iter* autorizzativo per l'impianto di fabbricazione a Saluggia della capacità di 20 t/anno.

Nell'ambito del combustibile per reattori ad acqua pesante tipo CANDU, è iniziata nel 1978 e sarà completata nel 1979, in base a un accordo con l'AECL Canadese, la produzione di 1 t di combustibile a base di ossido misto urano-plutonio, presso l'impianto plutonio del Centro della Casaccia.

Le azioni del CNEN nell'area del combustibile per reattori veloci sono strettamente legate alla realizzazione ed al successivo utilizzo del PEC.

Le attività di ricerca e sviluppo hanno riguardato lo sviluppo di metodi provati ed alternativi di fabbricazione, la verifica delle prestazioni « in pila » e fuori pila, la sperimentazione per verifica dei dati di progetto e verifica dei codici.

In tema di fornitura del nocciolo del reattore PEC (100 elementi del driver corrispondenti a 1.500 kg di ossidi misti uranio-plutonio, di cui 300 kg di plutonio fissile e 900 kg di uranio arricchito all'8 per cento) il CNEN, che si fa carico del progetto, è stato impegnato nel corso del 1978 alle operazioni preliminari per la realizzazione della prima carica.

In particolare si è conclusa nel 1978 la fase di approvvigionamento del materiale strutturale, mentre sono avanzate le trattative per le lavorazioni meccaniche e per la fabbricazione di barrette.

È previsto di acquistare il fissile non appena definito il contratto di fabbricazione, il quale dovrà essere assegnato all'estero, non essendo disponibile una linea di fabbricazione adeguata in Italia.

Lo sviluppo del programma di ricerca CNEN richiede la rimozione di alcuni ostacoli specifici quali la piena funzionalità del Laboratorio Plutonio, la risoluzione di alcuni problemi gestionali relativi all'operazione delle celle calde per esami post-irraggiamento, nonché la mancata decisione della Regione Basilicata in ordine all'insediamento dell'AGIP Nucleare che rischia di invalidare l'azione italiana nel campo del combustibile costringendo a ricorrere ai servizi di fabbricazione all'estero per le ricariche di Superphenix e del PEC.

#### *Ritrattamento del combustibile*

Il ritrattamento del combustibile, per le varie implicazioni (non soltanto strettamente tecniche), costituisce una fase del ciclo di particolare rilevanza. Con il ritrattamento si ha la chiusura del ciclo del combustibile, che ha il duplice scopo di recuperare i materiali ancora utilizzabili, quali l'uranio non bruciato in reattore e il plutonio prodotto, e di isolare i residui radioattivi a lunga vita, comunemente noti come « scorie radioattive ». Il recupero dell'uranio residuo e del plutonio necessario per i

reattori veloci permette di aumentare lo sfruttamento dell'uranio contenendone i relativi fabbisogni.

Plutonio e scorie radioattive sono due problemi centrali nel dibattito della scelta nucleare, sebbene per motivazioni diverse, l'una legata soprattutto al rischio che il plutonio possa essere destinato a scopi diversi dalla sua utilizzazione nei reattori (rischio di proliferazione), l'altro legato a problemi che investono aspetti di salvaguardia ambientale, di sicurezza e radio-protezione, di garanzie nel lungo termine.

Il trattato di non proliferazione e le attività di salvaguardia dell'AIE sono attualmente gli strumenti di politica internazionale volti al raggiungimento degli obiettivi di non proliferazione fra le nazioni che hanno aderito al trattato. L'atteggiamento degli USA, come detto all'inizio del capitolo, ribadito nel non Proliferation Act del marzo 1978, ha portato alla istituzione di un gruppo di lavoro (INFCE) per valutare le implicazioni di tutte le operazioni del ciclo del combustibile sugli aspetti di non proliferazione. Come noto, l'atteggiamento degli USA non è stato condiviso da alcuni Paesi con forte dipendenza energetica: il Parlamento Europeo nel 1978 ha infatti approvato le proposte formulate dalla Commissione in tema di ritrattamento, reattori veloci e trattamento dei residui.

Queste decisioni, oltre ad assicurare una convergenza di indirizzo politico a livello comunitario, sanciscono una volontà di cooperazione internazionale delle possibili soluzioni.

In questo senso, e tenuto conto delle indicazioni del Parlamento e del CIPE, sono proseguite nel 1978 le attività di ricerca e sviluppo nel ritrattamento del combustibile.

L'obiettivo cui punta l'azione del CNEN nel campo del ritrattamento è una acquisizione progressiva delle conoscenze dei processi e della tecnologia per i combustibili termici in prospettiva per i veloci, in vista della realizzazione di impianti ove effettuare il servizio nazionale di ritrattamento. Per conseguire questo obiettivo il CNEN dispone di validi mezzi strumentali (impianti EUREX ed ITREC, laboratori di ricerca), e si giova anche dell'esperienza conseguita mediante la partecipazione del CNEN all'impresa comunitaria EUROCHEMIC).

L'impostazione data al programma assegna all'impianto EUREX il compito di condurre sperimentazione di ritrattamento su combustibili di reattori di ricerca e successivamente di combustibili per centrali a tasso di irraggiamento crescente.

All'impianto ITREC è invece affidato il compito di collaudare soluzioni avanzate nel campo delle apparecchiature di processo e di dedicarsi allo sviluppo dei metodi di ritrattamento di combustibile per reattori veloci, utilizzando il combustibile scaricato dal PEC o di altri reattori veloci sperimentali.

Nel 1978 sono terminate le modifiche all'impianto EUREX di Saluggia che consentiranno, a partire dal 1979, non appena terminato l'iter autorizzativo, di effettuare la campagna di ritrattamento sperimentale del combustibile tipo CANDU nell'ambito della collaborazione bilaterale CNEN-AECL.

Con l'impianto ITREC della Trisaia è stata completata nel luglio 1978 una prima campagna sperimentale di ritrattamento sul combustibile disponibile; questa campagna ha consentito di verificare la validità della originale concezione modulare dell'impianto ITREC.

Successivamente sono iniziate modifiche e migliorie dell'impianto, suggerite dall'esperienza di gestione, per poter poi effettuare ulteriori esperienze sia su processi di ritrattamento che sulle tecnologie. A tale riguardo è da segnalare l'accordo CNEN-Ente Polacco per l'Energia per lo sviluppo di estrattori centrifughi che saranno provati nell'impianto.

Contemporaneamente è stato definito lo studio di fattibilità per l'adattamento dell'ITREC al ritrattamento di combustibile veloce tipo PEC.

È in corso il progetto concettuale, con l'assistenza di una società di ingegneria (SNIA TECHINT).

Il programma di attività a livello di impianto è assistito da ricerche e verifiche su scala di laboratorio, condotte presso il Centro della Cassaccia, che ha acquisito nel 1978 un nuovo laboratorio di radiochimica, abilitato alla sperimentazione con plutonio.

I temi salienti di ricerca riguardano la qualificazione di nuovi sistemi estraenti, lo sviluppo di strumentazione e di tecniche analitiche « in line » per i controlli dei processi, l'assistenza all'esercizio degli impianti.

Accanto a questa attività di ricerca è stata avviata, dal CNEN, in collaborazione con la Società Nuovo Pignone, un'attività di progettazione e qualificazione di apparecchiature e componenti speciali, in piena scala, per un impianto di ritrattamento industriale.

### *Rifiuti radioattivi*

Gli obiettivi e la strategia dell'azione che il CNEN si propone di svolgere per la gestione dei residui radioattivi, discendono dalle considerazioni svolte in precedenza sul ruolo del ritrattamento, e sono allineati alle conclusioni, cui è pervenuto il gruppo di esperti internazionali nel rapporto NEA-OCSE del settembre 1977.

L'azione del CNEN nel settore della gestione delle scorie radioattive, azione di massima priorità, si articola lungo due direzioni:

— ricerca, sviluppo e dimostrazione di *processi di condizionamento* delle varie categorie di residui; realizzazione di impianti sperimentali dimostrativi per il condizionamento delle scorie accumulate dalla sperimentazione negli impianti pilota del CNEN; soluzione dei relativi problemi di sicurezza, radioprotezione e salvaguardia ambientale;

— ricerca e qualificazione di formazioni geologiche idonee ove *confinare* in modo definitivo le *scorie condizionate*.

## LEGISLATURA VIII — DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

Il programma copre le varie categorie di rifiuti con azioni che vengono nel seguito specificate:

*Effluenti aeriformi.* — Le attività di ricerca hanno riguardato i rilasci accidentali, con riferimento all'abbattimento dello iodio ed al comportamento del sistema di filtrazione di aerosol in caso di incendio. Queste ricerche sono effettuate nell'ambito di una collaborazione con l'Università di Pisa.

*Rifiuti liquidi a bassa e media attività.* — Le vie di condizionamento scelte per questa categoria di rifiuti si prestano anche per condizionare residui cosiddetti « alfa ». Il programma prevede la realizzazione a Salluggia, presso l'impianto EUREX, di un impianto di condizionamento che utilizza il processo di « inglobamento di bitume » attualmente in fase sperimentale avanzata anche in altri Paesi (Francia, Belgio, Germania).

Un'alternativa che è parso interessante esplorare è la variante dell'inglobamento in resina poliestere. Nel corso del 1978 il programma di condizionamento dei residui a medio livello ha registrato:

— la conclusione favorevole di uno studio di valutazione sulle possibilità di impiego di resine di tipo poliestere per il condizionamento di scorie radioattive a medio e basso livello, e la stipula di un contratto di ricerca con la SNIA Viscosa per una verifica sperimentale del processo;

— la conclusione delle attività di progetto per la stazione di inglobamento in bitume presso l'EUREX, con la predisposizione di celle addizionali per una linea supplementare di inglobamento in resine. Contemporaneamente si è seguita da vicino la fase di « commissioning » a caldo dell'installazione di bitumazione di Mol (Eurochemic) e si sono avuti scambi frequenti di informazioni con gli impianti affini di Marcoule (Francia) e di Karlsruhe (RFT). Il proseguimento del programma italiano di bitumazione/resina poliestere è ora subordinato all'approvazione del progetto di massima e dei progetti particolareggiati da parte degli organi di sicurezza del CNEN.

*Rifiuti liquidi ad alta attività.* — Per il condizionamento delle scorie ad alto livello, la via scelta dal CNEN è quella della vetrificazione, che consente nell'inglobare ad alta temperatura gli ossidi dei prodotti di fissione in una matrice vetrosa borosilicica. È questa la via sulla quale concordano, pur con qualche differenza nel processo e nelle soluzioni di impianto, la maggior parte dei Paesi attivi in campo nucleare.

Nell'ambito degli studi di processo presso le celle associate al reattore ESSOR di Ispra, sarà avviata nel 1979 la sperimentazione « a caldo » dello schema chimico di base per convertire le scorie ad alto livello in masse vetrose (processo ESTER).

Su una linea parallela il programma prevede la realizzazione alla Trisaia di un impianto di vetrificazione « a freddo », ove sarà effettuato il collaudo in scala pilota del processo e sarà studiato il comportamento

di componenti in condizioni che simulano in tutto l'esercizio « a caldo ». Nel 1978 è stata completata la progettazione dell'impianto e si è predisposto il contratto per la costruzione, da affidare all'industria nazionale. Le soluzioni tecniche previste in questo impianto hanno fatto oggetto, anche in questo caso, di ripetute consultazioni e confronti con i centri europei ed americani attivi in campo della vetrificazione.

Nel 1978 sono state anche definite le caratteristiche di committenza dell'impianto sperimentale di vetrificazione a caldo, la cui realizzazione a cura dell'industria italiana è prevista nel futuro per gli impianti di ritrattamento della Trisaia e di Saluggia. Ciò consentirà di dare contemporaneamente soluzione al problema di acquisire la tecnologia per futuri impianti industriali, e di condizionare le scorie prodotte nelle attività sperimentali. Associati ai predetti impianti di vetrificazione sono previsti depositi temporanei in superficie delle scorie condizionate, che offrano adeguate garanzie di isolamento nel medio termine, consentendo con il decadimento di alleviare i problemi di scambio termico nel successivo confinamento geologico.

*Rifiuti solidi.* — Per i rifiuti a bassa e media attività, i processi previsti sono di compattazione, per ridurre i volumi di almeno dieci volte, seguiti da inglobamento in cemento o resine. È in corso di realizzazione un impianto di compattazione che entrerà in funzione alla Casaccia, per le necessità di questo Centro, nel 1982. I rifiuti solidi alfa attivi e/o ad altra attività, sono condizionati con cemento in recipienti a « barriere » multiple e sono quindi conservati sul sito in depositi di superficie.

L'isolamento nel lungo termine delle scorie, riguardano problemi di natura tecnica e soprattutto di salvaguardia ambientale nel lungo termine, è trattato nel capitolo sulla sicurezza.

#### FUSIONE TERMONUCLEARE

La fusione nucleare, nell'ambito della strategia del reperimento di nuove fonti di energia, si colloca come uno degli elementi più significativi di una strategia energetica a lungo termine. Essa potrà fornire una alternativa globale all'energia da fissione in quanto utilizza combustibile (deuterio e litio) che appare disponibile in grande quantità e in modo notevolmente più uniforme sulla terra, e presenta nel contempo notevole potenzialità per il raggiungimento di elevati gradi di accettabilità dal punto di vista ambientale.

Anche se oggi non si prevede che questa fonte energetica possa giuocare un ruolo significativo se non nel XXI secolo inoltrato, la posta è così rilevante che tutti i maggiori Paesi industrializzati dedicano impegni molto importanti alla ricerca sulla fusione.

Il processo, che ha come fine la produzione di energia da fusione, si sviluppa in due fasi: la prima, che è quella in corso a livello mondiale, ha come obiettivo la dimostrazione — negli anni '80 — della *fattibilità scientifica* e cioè il raggiungimento, in apparati sperimentali, di un bi-

lancio positivo tra l'energia prodotta dalla reazione di fusione e quella impiegata per innescare la fusione. La seconda ha come obiettivo la dimostrazione — negli anni '90 — della *fattibilità tecnologica* e cioè il soddisfacimento delle esigenze tecnologiche dei principali componenti di un reattore prototipo. Lo sforzo che verrà esercitato necessiterà di crescente intervento dell'industria, e contribuirà esso stesso alla elevazione tecnologica dell'industria impegnata.

La vastità e le difficoltà dei problemi scientifici e tecnologici connessi allo sviluppo della fusione hanno richiesto e richiederanno anche nel futuro, che le ricerche sulla fusione vengano svolte nell'ambito di ampie collaborazioni internazionali.

È proprio per tale motivazione che tutte le attività di ricerca sulla fusione in Europa sono svolte, per decisione del Consiglio dei Ministri della Comunità, con la partecipazione finanziaria ed il coordinamento da parte dell'Euratom.

I programmi dei vari Paesi sono quindi strettamente integrati in un programma europeo, e le principali azioni decise sono condizionate all'approvazione di vari organi scientifici comunitari, in modo da usufruire di un supporto finanziario comunitario.

La collaborazione comunitaria è stata riconfermata nella recente proposta di programma quinquennale 1979-83 della Comunità, predisposto dalla Commissione. Anche per tale programma la struttura adottata è quella delle Associazioni tra le Comunità e gli Enti Nazionali, nelle quali la Comunità partecipa col 25 per cento delle spese, salvo che per le azioni con carattere prioritario che ricevono dalla Comunità un finanziamento del 45 per cento. Fanno eccezione a questa struttura: a) l'impresa comune « Joint European Torus » (JET), costituita nel 1978, per la realizzazione a Culham (Regno Unito) di una grossa macchina a fusione alla quale partecipa per l'80 per cento la Comunità, per il 10 per cento l'UKAEA, e per il 10 per cento le varie Associazioni, e b) il programma tecnologico sulla fusione del Centro comunitario di Ispra, finanziato al 100 per cento dalla Comunità.

Due sono essenzialmente le linee di approccio alla fusione: *confinamento magnetico* e *confinamento inerziale*. Nel caso del confinamento magnetico, la linea più promettente è quella che utilizza macchine del tipo Tokamak, mentre nel caso del confinamento inerziale la linea utilizzante il laser rappresenta la più significativa alternativa alla linea precedente.

Il programma nazionale svolto presso il Centro di Frascati del CNEN ha attualmente una dimensione pari al 9 per cento di quello della intera Comunità: è una dimensione appena al di sopra della soglia critica, che ci consenta di non limitarci a svolgere ricerche volte al puro mantenimento delle competenze.

Il programma nazionale si è sviluppato, anche nel 1978, lungo le due linee precedentemente indicate, con un impegno nettamente superiore per la linea a confinamento magnetico del tipo Tokamak ad alto campo magnetico, soluzione questa che, se da un lato impone tecno-

logie più spinte, dall'altro consente macchine che hanno, a parità di prestazioni di fisica, dimensioni e quindi costi inferiori.

Nell'ambito di tale linea è entrata in esercizio a fine 1977, presso il Centro di Frascati, la macchina Tokamak, che è stata interamente costruita in Italia con la collaborazione dell'industria nazionale e che ha attualmente una posizione di rilievo nell'ambito europeo e mondiale, situandosi tra le tre o quattro macchine di questo tipo che hanno le più elevate prestazioni mondiali. Ciò ha consentito a questo progetto di ottenere dalla Comunità lo *status* di « azione prioritaria » e quindi di usufruire del finanziamento privilegiato pari al 45 per cento. Questo esperimento si colloca tra i più grossi e complessi impianti sinora realizzati dal CNEN. La macchina potrà mantenere tale posizione di rilievo anche nei prossimi anni mediante opportuni potenziamenti, del resto già avviati.

Nel corso del 1978 è stata condotta la prima campagna di esperimenti che ha fornito risultati di rilevante importanza scientifica per quanto riguarda la fisica dei plasmi vicini ai regimi termonucleari. I valori di temperatura, densità, e tempo di confinamento del plasma raggiunti hanno dimostrato la competitività di tale macchina a livello mondiale.

Il valore  $n\tau$  (densità di plasma per tempo di confinamento) raggiunto è stato di  $1,5 \times 10^{13}$  sec. a fronte del valore  $n\tau = 2 \times 10^{14}$  che è l'obiettivo per ottenere la fusione a livelli di temperature di 100 milioni di gradi centigradi. La sperimentazione con la macchina ha comportato la messa a punto di un complesso di sistemi di misura delle caratteristiche del plasma di elevato livello mondiale.

Dopo questo ciclo di prove è stata effettuata una revisione generale della macchina e degli impianti di alimentazione ed ausiliari, che è terminata alla fine del 1978. Contemporaneamente è stata completata la progettazione ed avviata la realizzazione di un impianto a radiofrequenza che consentirà di riscaldare il plasma a temperature dell'ordine di 2 k ev (20 milioni di gradi centigradi), superiori alle attuali, ottenute con solo riscaldamento ohmico. È previsto che tale impianto sia funzionante all'inizio del 1980, il che consentirà di avviare la seconda campagna di esperimenti sul Tokamak.

Nel 1978, inoltre, nell'ambito di una collaborazione con il Laboratorio tedesco di Garching, è stato condotto uno studio di fattibilità di una macchina Tokamak ad altissimo campo magnetico toroidale, mirante a raggiungere elevate correnti di plasma e temperature prossime all'ignizione con il solo riscaldamento ohmico.

All'inizio del 1980 sarà probabilmente possibile raggiungere delle conclusioni preliminari di questo studio, e decidere sulla prosecuzione o meno della collaborazione con Garching, avente come obiettivo un esperimento che raggiunga il regime di ignizione del plasma. Tale decisione è anche legata al ruolo che vorrà assumere la Comunità.

Nell'ambito della linea a confinamento inerziale mediante l'impiego di laser di potenza, l'azione del CNEN nel 1978 è proseguita su due linee: la costruzione di un impianto con laser al neodimio, che è già

ad uno stadio molto avanzato, avente come obiettivo scientifico lo studio della dinamica dell'implosione della massa di isotopi dell'idrogeno contenuta in un bersaglio sferico con gusci di vetro ed acciaio; la costruzione di un impianto con laser ad anidride carbonica avente obiettivi non solo scientifici (riscaldamento del bersaglio e dinamica dell'implosione) ma anche tecnologici, poichè questi tipi di laser hanno una possibilità di applicazione su scala maggiore grazie al più alto rendimento. Entrambi questi impianti sono competitivi nell'ambito europeo; è da ricordare tuttavia che lo sforzo europeo è in globale modesto rispetto a quelli americano e sovietico.

A completamento delle attività sulla fusione, è da segnalare l'attività eseguita, anche nel 1978 con risultati di rilievo, con la macchina denominata « Plasma Focus » ad implosione magnetica. Tale macchina, sviluppata nel passato, presenta interesse di sviluppo soprattutto come sorgente intensa di neutroni termonucleari. Tuttavia, le decisioni future circa il proseguimento o meno, con sforzo importante, su tale linea dipenderanno dalla valutazione delle prospettive fusionistiche del plasma focus attualmente esaminate in campo internazionale.

Le ricerche nazionali sono svolte dal CNEN nell'ambito di un « Joint European Program on Plasma Focus » che include, oltre il Centro di Frascati, i Laboratori di Culham, Julich, Limeil e Stuttgart.

Le attività sopra indicate richiederanno sempre più attività finalizzate alla risoluzione dei problemi tecnologici dei reattori a fusione. Le tecnologie di interesse e che hanno probabilità di essere adottate nelle future grandi macchine, e che quindi possono destare l'interesse anche dell'industria, sono molteplici e complesse. Lo sforzo — seppure limitato — attualmente in corso al CNEN, è finalizzato, attraverso una selezione dei temi, ad acquisire un'area di competenza specialistica che consenta di essere bene inseriti nelle imprese comunitarie quali il JET.

Di particolare rilevanza i programmi sulla superconduttività e sul riscaldamento a radiofrequenza legati strettamente alla fusione a confinamento magnetico.

Il programma di superconduttività è proseguito nel 1978 su tre linee fondamentali, tutte in stretta collaborazione con l'industria nazionale: studio dei metodi di raffreddamento di magneti superconduttori; produzione e caratterizzazione di materiali superconduttori del tipo tradizionale e avanzati; sviluppo di strumentazione elettronica che usi giunzioni superconduttrici.

Per quanto riguarda il riscaldamento a radiofrequenza, nel quale è in corso di realizzazione un impianto sperimentale ci si sta muovendo nel senso di promuovere una stretta collaborazione con l'industria per lo sviluppo della componentistica. È da rilevare che tali tecnologie hanno vaste applicazioni in campi diversi della fusione.

Al fine di prepararsi alla fase di dimostrazione della fattibilità tecnologica della fusione, la Comunità ha deciso di aumentare l'impegno sulle tecnologie fusionistiche. Ciò richiederà di affiancare nel futuro, accanto al programma sulla superconduttività, altri progetti che con-

sentano di mantenere l'Italia e le industrie nazionali in posizione adeguata e qualificata all'interno della collaborazione europea.

#### RICERCA TECNOLOGICA E SERVIZI SCIENTIFICI E TECNICI NAZIONALI

Anche al di fuori dei programmi di realizzazione dei grandi impianti, il CNEN svolge attività di ricerca tecnologica finalizzata al supporto, alla promozione e alla qualificazione delle attività industriali in campo nucleare, e più in generale energetico, con ricadute anche in altri settori, allo sviluppo di competenze e di conoscenze di base che possano approfondire la comprensione dei fenomeni in giuoco e portare a più lungo termine a risultati profondamente innovativi. Molte delle ricerche sulle *tecnologie di base* (come per esempio quelle sui dati nucleari, sulla strumentazione, sull'analisi di rumore), hanno un carattere sostanzialmente applicativo e si intrecciano con le richieste a breve termine dei grandi programmi realizzativi relativi ai reattori ed ai cicli di combustibili, e sono state esposte soltanto nei capitoli relativi a tali programmi, anche se vi è sempre una componente « orizzontale » che è comune alle diverse applicazioni. Molte delle attività tecnologiche di base rispondono poi anche ad una tendenza che si è chiaramente manifestata in questi ultimi tempi verso metodi di calcolo e di progettazione più avanzati, più « scientifici », rispetto alle correlazioni semi-empiriche o ai fattori sperimentali di sicurezza oggi usati: questa tendenza è determinata da una parte dall'incentivo economico di previsioni più sicure; dall'altra, è anche la conseguenza dell'interesse ad approfondire la comprensione dei fenomeni scientifici che stanno alla base delle previsioni relative al comportamento dei neutroni o a quello dei materiali anche in condizioni eccezionali.

Infine, il supporto e la promozione delle attività industriali, oltre che attraverso le grosse imprese realizzative, ai contratti di ricerca e agli studi svolti in comune, si esplica attraverso la creazione presso il CNEN di *servizi scientifici e tecnici nazionali* a disposizione anche dell'industria e delle amministrazioni pubbliche.

#### 1. — *Tecnologie di base*

Lo sviluppo delle tecnologie di base e delle relative competenze è importante sia per le loro dirette applicazioni ai programmi realizzativi del CNEN, sia per assolvere al più generale compito dell'Ente di elevazione del livello tecnologico del Paese.

La necessaria concentrazione delle risorse umane e finanziarie del CNEN sui grandi programmi e sulla realizzazione dei grossi impianti ha avuto per effetto quello di ridurre progressivamente la quota-parte destinata alle tecnologie di base. Soltanto riducendo drasticamente il numero dei temi di ricerca è stato possibile mantenersi in alcuni set-

## LEGISLATURA VIII — DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

tori ad un buoni livello di competitività e raggiungere alcuni risultati di rilievo anche sul piano internazionale.

In aggiunta alle ricerche sviluppate prevalentemente in connessione con i grandi programmi, sono stati proseguiti nel 1978 soltanto tre progetti di ricerca di contenuto prevalentemente scientifico, ma con prevedibili ricadute applicative:

1.1 — *studio di reazioni nucleari*, diretto all'approfondimento della conoscenza delle strutture del nucleo e delle interazioni a basse e medie energie. Questo studio, pur essendo di carattere piuttosto fondamentale, può generare sui tempi lunghi applicazioni pratiche, e copre un vuoto nel panorama italiano della fisica nucleare, dedicato in prevalenza alle alte energie. Questo lavoro è svolto nell'ambito di una vasta collaborazione nazionale ed internazionale, ed è una condizione necessaria per accedere ad uno scambio efficace di informazioni sulla fisica nucleare delle basse energie e sui dati nucleari;

1.2 — *studio dei fenomeni di trasporto di massa ed energia*, in particolare alle interfacce tra solidi e liquidi e tra due liquidi, ed in presenza di gradienti di temperature e di concentrazione. Questa attività ha già avuto importanti ricadute sullo studio dei fenomeni di corrosione degli impianti nucleari (e anche di altri tipi di impianti) e dei processi estrattivi e separativi, mentre altre applicazioni sono in corso di studio, ad esempio nel campo dei processi di produzione elettrochimica dell'idrogeno con possibilità di individuare, per questi processi, possibili e significativi miglioramenti in termini di riduzione dei consumi energetici;

1.3 — *studio delle correlazioni tra struttura e proprietà meccaniche dei materiali*, progetto che tende ad una valutazione basata su dati fondamentali del comportamento alla fatica, allo scorrimento ed alla corrosione sotto sforzo dei materiali strutturali, ai fini della definizione delle specifiche per l'utilizzo di tali materiali per componenti di sistemi energetici.

Quest'ultimo studio per molti aspetti ancora in fase iniziale, si inquadra nella problematica più generale di sviluppare modelli che consentano di predire il comportamento dei materiali nelle condizioni effettive di impiego a partire da dati fondamentali anzichè dai parametri semi-empirici oggi impiegati.

Lo studio di materiali adatti per applicazioni specifiche ha riguardato le leghe di zirconio per guaine e tubi di forza dei reattori termici; i materiali ferritici ed austenitici ad elevato contenuto di nickel per i generatori di vapore dei reattori veloci.

Per questi ultimi sono prevedibili impieghi di notevole interesse anche in altri settori energetici.

## 2. — *Servizi scientifici nazionali*

L'attività rivolta alla qualificazione industriale si esplica in particolare anche attraverso la creazione di *servizi scientifici nazionali* in campo energetico, cioè di laboratori ad alto contenuto scientifico e tecnologico, a disposizione dell'industria nazionale per qualificare e dimostrare i suoi prodotti, e che svolgono un notevole sforzo nella direzione della standardizzazione dei prodotti.

Queste attività sono anche importanti per l'evoluzione della normativa in sede nazionale ed internazionale.

Le attività svolte finora hanno comunque riguardato problemi che non sono specifici ad una particolare filiera, ma che hanno applicazioni a diversi tipi di centrali nucleari o di cicli del combustibile. Inoltre i Servizi verso i quali si è indirizzato un impegno prioritario riguardano competenze il cui utilizzo non ha un interesse esclusivamente nucleare, rappresentando necessità essenziali anche per quanto riguarda lo sviluppo tecnologico di altre fonti energetiche. Destinatari di questi servizi, oltre che le unità di ricerca del CNEN, sono da una parte le industrie nazionali (sia le grandi, sia le piccole e medie industrie), dall'altra parte dell'utenza (l'ENEL, e gli altri produttori di energia elettrica, le amministrazioni statali, regionali e gli Enti Locali).

I Servizi che sono stati sviluppati sinora sono i seguenti:

2.1 — *affidabilità dei componenti e dei complessi elettronici* (presso il Centro della Casaccia): questi componenti vengono provati nelle condizioni stringenti ed estreme richieste dalle normative di sicurezza per poter essere impiegati negli impianti nucleari con una sufficiente garanzia di affidabilità e di livello di prestazioni. Nel 1978 è stata svolta soprattutto attività richiesta dall'ENEL per il collaudo di strumentazione per centrali di potenza, e dall'A.M.N. per la qualificazione di strumentazione costruita su progetto CNEN. È stato anche svolto, in collaborazione con la SEPA (FIAT), uno studio sull'affidabilità del software per sistemi di controllo basati su calcolatori, ed in collaborazione con l'Euratom uno studio sui criteri generali di definizione e di verifica dell'affidabilità. Ci si propone ora di estendere questo servizio anche ai piccoli e medi componenti meccanici ed elettromeccanici. Inoltre, anche se il servizio è nato per rispondere ad esigenze dell'industria nucleare, la metodologia e le competenze sviluppate (ed in certi casi anche le stesse attrezzature) potranno essere impiegate per qualificare i prodotti di altre industrie avanzate, in campo energetico ed in altri campi, per cui si presenta la necessità di un alto grado di affidabilità e di sicurezza;

2.2 — *programmoteca* (presso il Centro di Calcolo CNEN di Bologna): si è proceduto alla raccolta dei codici di calcolo per grandi calcolatori elettronici, sviluppati o comunque disponibili in Italia, e loro adattamento e certificazione per poter essere usati nelle migliori condizioni, oltre che dal CNEN anche dalle industrie per attività di progettazione, dall'Ente di Controllo o DISP nonchè dalle amministra-

zioni per calcoli di verifica ed analisi di sicurezza; questa attività è stata impostata nel 1978, ma la limitazione di risorse ha impedito per il momento di sviluppare il servizio nella misura necessaria per rispondere alle richieste di potenziali utilizzatori;

2.3 — *chimica analitica*, che fornisce, oltre che un indispensabile supporto alle attività svolte all'interno del CNEN, un aggiornamento dei metodi di analisi chimica e di caratterizzazione metallurgica, la preparazione di campioni di riferimento (standards) accettati a livello nazionale ed internazionale, e un servizio di alto livello all'industria nucleare italiana. L'attività ha riguardato in particolare: i combustibili nucleari ad uranio e a plutonio (in questo campo, il servizio svolge anche le funzioni di laboratorio di arbitrato per gli approvvigionamenti di uranio arricchito curati dall'AGIP, e in tal senso ha partecipato nel 1978 ad una confronto internazionale sui metodi impiegati nelle salvaguardie per il plutonio); alcune ricadute delle tecniche analitiche sviluppate si sono avute anche per problemi di materiali non nucleari, quali la caratterizzazione dei semiconduttori per l'industria nazionale, di materiali biologici per conto della Comunità Europea, analisi forensi richieste dalla Magistratura, eccetera;

2.4 — il servizio *prove su materiali irraggiati*, ha eseguito nel 1978 numerose prove per conto dell'ENEL su campioni irraggiati degli acciai dei recipienti in pressione dei reattori italiani per verificarne la evoluzione delle proprietà; mentre alcuni materiali organici da impiegare in impianti nucleari sono stati irraggiati nei reattori sperimentali del CNEN per qualificarli.

### 3. — *Sistemi informativi*

Nel corso del Piano quinquennale 1974-78 è stata proseguita una graduale razionalizzazione, in una visione unitaria, dei diversi Servizi di calcolo dell'Ente; contemporaneamente la loro utilizzazione in supporto alla gestione dell'Ente è stata estesa in modo da servire oltre alle funzioni operative anche le funzioni di pianificazione e controllo delle attività.

La diffusione delle tecniche di trattamento remoto dell'informazione e l'estensione delle applicazioni ha portato allo sviluppo di due reti, l'una per il calcolo scientifico e l'altra per l'elaborazione dei dati gestionali.

Esse collegano tutti i centri del CNEN, dal Piemonte alla Basilicata; la rete per il calcolo scientifico collega inoltre alcuni utenti esterni (a Genova, Milano e Bologna), tra cui diverse industrie nucleari.

La standardizzazione delle tecnologie permette di programmare, per i prossimi anni, il collegamento delle due reti fra loro, al fine di fornire

a tutti gli utenti, anche gli esterni, servizi dei due tipi (in particolare, l'accessibilità a basi di dati relativi ai problemi dell'energia).

Accanto alle due reti, ha mantenuto una fisionomia sua propria anche se collegato alla rete per il calcolo scientifico, il Centro di calcolo ibrido (analogico e numerico) per la simulazione dei sistemi e l'analisi di dati statistici, che ha sede presso il CSN della Casaccia.

3.1 — *Calcolo scientifico.* — La potenza di calcolo fornita dal sistema centrale installato a Bologna, anche tramite i suoi terminali a distanza, si è accresciuta dal 1974 al 1978 di circa quattro volte, mentre il rapporto prestazioni-costi, valutato in termini costanti, è migliorato di oltre tre volte. Nel 1978 le ore di funzionamento sono state circa 5.000, mentre quelle utili di lavoro dell'unità centrale sono state 3.411 (rispetto a 3.055 ore nel 1977 e 2.338 ore nel 1976); il lavoro complessivo svolto tramite i terminali dislocati presso gli Enti esterni (NIRA, Nuclital, AGIP Nucleare, CISE, eccetera) è ammontato a circa il 18 per cento del totale.

Le apparecchiature per il calcolo ibrido e le misure su impianti hanno operato nel 1978 sia in appoggio ad altri laboratori dell'Ente (studio di agrosistemi; simulatore del reattore PEC; elaborazione di dati provenienti da impianti a sodio, tra cui il Phenix, nell'ambito dell'accordo CNEN-CEA), sia in appoggio alle industrie nucleari, nell'ambito dei contratti di associazione con AMN e BRED A, per l'analisi dinamica degli impianti con reattori ad acqua leggera.

3.2 — *Elaborazione dei dati gestionali* — L'evoluzione dell'impiego dei calcolatori elettronici per l'elaborazione dei dati gestionali è stata al CNEN del tutto parallela a quella verificatasi presso le principali aziende: da singole applicazioni operative indipendenti fra loro, ci si è avviati gradualmente verso un sistema gestionale integrato.

Ciò ha implicato di considerare l'elaborazione dei dati gestionali in un contesto unitario, come un unico sistema informativo per la gestione di tutte le attività dell'Ente (Sistema Informativo Gestionale).

La stesura del progetto di riferimento e la fissazione degli indirizzi per la gestione del Sistema Informativo Gestionale si svolse negli anni 1976 e 1977, seguendo la metodologia BSP (Business System Planning).

L'applicazione al CNEN di essa è stata la seconda applicazione in Italia e la prima nell'ambito degli Enti Pubblici Italiani.

Attualmente sono in corso di realizzazione le diverse sezioni del predetto Sistema, secondo un ordine di priorità che viene regolarmente riesaminato per tener conto dell'evolversi dei compiti svolti dall'Ente e del contesto in cui lo stesso si trova ad operare. Una particolare attenzione viene rivolta ai problemi relativi alla gestione di dati di base riguardanti l'economia e la politica dell'energia, e la sicurezza degli impianti nucleari.

## NUOVE TECNOLOGIE ENERGETICHE E APPLICAZIONI DELLE RADIAZIONI

1. — *Nuove tecnologie energetiche*

Le ricerche sulle nuove tecnologie energetiche, che appaiono particolarmente promettenti, hanno avuto nel 1978 il carattere di « avanprogetti » o di studi di fattibilità: hanno esplorato cioè ipotesi di nuovi processi o di nuove soluzioni in campo energetico, per determinarne la realizzabilità e l'interesse pratico, fino a portarle, se promettenti, alla soglia della progettazione su scala pilota.

I progetti destinati all'esplorazione di nuove tecnologie in campo energetico sono per lo più svolti in collaborazione internazionale e con l'industria per verificarne nella fase più preliminare possibile l'effettivo interesse ed i caratteri di fattibilità. Essi comprendono:

1.1 — Progetto sui *sistemi avanzati di raffreddamento* per lo smaltimento del calore di scarico delle centrali nucleari; mentre a più lungo termine sono auspicabili metodi che permettano di sfruttare almeno una parte di questo calore, a più breve termine sono di notevole interesse i sistemi di raffreddamento a secco ed a secco-umido che permetterebbero di sganciare la localizzazione delle centrali dalla necessità di disporre di grandi quantità d'acqua, e fornirebbero quindi una maggiore flessibilità per acquisire l'accettazione sociale dell'energia nucleare.

Nel 1978 si è svolta un'analisi critica dei vari sistemi di raffreddamento a torre di tipo avanzato, che ha portato a concentrare l'attenzione sullo sviluppo di un sistema ibrido secco-umido, e verso un sistema di raffreddamento a secco con tubi in materiale termoplastico di basso costo, a circolazione meccanica dell'aria, o eventualmente a circolazione naturale.

Sulla base di questa analisi si è imposta una collaborazione con la industria nazionale, tendente alla dimostrazione di questi concetti su scala pilota.

1.2 — Progetto sull'*idrogeno come vettore energetico*, una soluzione che sul lungo termine potrebbe essere di grande interesse come mezzo di accumulo dell'energia generata non solo per via nucleare, ma anche per altre vie (per esempio solare) e per le sue caratteristiche di vettore « pulito » di energia che ne fanno un candidato alla sostituzione degli idrocarburi liquidi e gassosi per usi decentrati. Questa attività è stata svolta nell'ambito di una vasta collaborazione internazionale, in particolare comunitaria. Vi è inoltre la nostra attenzione ai metodi di produzione dell'idrogeno per via elettrochimica, sui quali si sono ottenuti dalla Comunità contratti di ricerca che coprono il 90 per cento circa del valore dei contratti assegnati dalla Comunità in questo campo.

1.3 — Progetto sulle *tecnologie elettroniche di conversione dell'energia*, diretta allo studio dei problemi della conversione dell'energia termica in energia elettrica e/o energia meccanica. Le attività svolte hanno

avuto per oggetto il miglioramento dell'efficienza della produzione di energia elettrica e di produzione combinata di elettricità e calore, con immediate applicazioni per lo sfruttamento dell'energia solare. Le varie tecniche sono state esaminate anche alla luce della realizzazione di impianti dimostrativi su scala piccola o intermedia. Attraverso queste ed altre attività il CNEN si sta qualificando e preparando ad assumere un ruolo più ampio nel campo delle fonti alternative di energia in armonia con l'indirizzo approvato nel 1979 dal Governo.

1.4 — Progetto sulle *sorgenti radioisotopiche per un cuore artificiale*, attività condotta già da tempo in collaborazione con il CNR e che mostra una rilevante potenzialità economica e sociale. Questa attività, che è stata all'origine delle attuali ricerche sulle tecnologie di conversione dell'energia, è in via di trasferimento al CNR.

1.5 — Progetto *sviluppo laser*. Nel campo delle sorgenti laser, oltre agli studi relativi ai laser impiegati in ricerche sulla fusione e sull'arricchimento dell'uranio nel 1978 si è iniziato a lavorare, per quanto riguarda l'infrarosso su una linea originale, quella del Laser a Elettroni Liberi - Free Electron Laser (FEL), che dovrebbe offrire la possibilità di realizzare sorgenti laser di elevata potenza e con le frequenze variabili a piacere in un ampio intervallo da utilizzare sia nel campo dell'arricchimento dell'uranio che della diagnostica dei plasmi. È stato realizzato il progetto concettuale di un anello di accumulazione per elettroni che costituirebbe un FEL, e sono in corso studi su soluzioni di minore complessità costruttiva. Per l'ultravioletto, si è scelta la linea dei laser ad accimeri, con una scarica sostenuta da un fascio di elettroni. Nel 1978, è stato reso operante un fascio di elettroni di buone prestazioni.

## 2. — *Applicazioni delle radiazioni anche ai fini del risparmio energetico e delle energie alternative*

È proseguita l'attività di ricerca sulle applicazioni extraenergetiche delle radiazioni ionizzanti e dei radioisotopi. Ci si è rivolti in particolare alle problematiche del miglioramento della produzione agricola, alla impostazione di moderne metodiche di difesa del prodotto e della sua conservazione, nonché alla determinazione delle condizioni di più razionale utilizzo dei fertilizzanti.

Tali ricerche, i cui risultati hanno rappresentato un notevole apporto all'agricoltura nazionale, sono venute progressivamente assumendo un significato di risparmio energetico e di sfruttamento di energie alternative, mano a mano che con il loro progredire venivano ad affrontare anche i temi della migliore efficienza fotosintetica, dell'azotofissazione, dell'utilizzo delle acque calde di scarico per la produzione di biomassa, del recupero coltivazionale di terreni residuali, di sistemi alternativi di conservazione e sterilizzazione dei prodotti eccetera.

Di fatto gli studi e le esperienze sull'uso extra elettroproduttore dell'energia nucleare hanno costituito una premessa per le attività collegate al risparmio energetico ed alle energie alternative.

Parte di dette attività hanno già riguardato queste tematiche raggiungendo, per talune, risultati tali da assumere un ruolo di riferimento nel contesto nazionale.

2.1 — *Miglioramento della produzione agricola*: anche per il 1978 le ricerche svolte dal CNEN nel campo dell'agricoltura, sono state integrate ai problemi emergenti dall'agricoltura italiana ed hanno già fornito risultati anche di notevole rilevanza economica.

Tali risultati si sono concretati nell'iscrizione al Registro delle Varietà di nuove varietà di cereali e di prodotti ortofrutticoli a produzione industriale; nella selezione di nuove linee di granella, quale il Triticale, nella elaborazione di nuove tecniche di lotta antiparassitaria e nella migliore definizione di alcuni basilari processi di nutrizione delle piante.

Le varietà di grano duro realizzate al Centro della Casaccia (Creso, Mida e Tito) si sono, nel 1978, ulteriormente affermate su scala nazionale per le loro alte rese e per la loro qualità e resistenza all'allettamento (nel 1978 oltre 400.000 ettari sono stati coltivati a grano tipo Creso in Italia).

Sempre mediante l'uso delle radiazioni come agente mutageno, si sono ottenuti risultati promettenti con un mutante di grano duro che, per la caratteristica del suo colore giallo, riflette maggiormente la luce facendo immagazzinare meno calore alla pianta. Questo tipo di grano duro, avendo meno bisogno di acqua, risulta più adatto alle coltivazioni in terreni aridi mantenendo ugualmente un buon livello di produzione.

Nel campo della sperimentazione e promozione verso l'utenza dei risultati delle ricerche, sono state condotte prove sperimentali con aziende agrarie, con Enti Regionali e con cooperative e industrie alimentari per la parte agricola, mentre per il settore tecnologico è stato condotto a termine un esperimento pilota di irraggiamento di garofani per la loro disinfestazione, al fine di incrementarne l'esportazione. È continuata l'attività di estensione delle tecniche di radioconservazione mediante irraggiamento, e in quest'ambito è proseguita la collaborazione con l'Ente Fucino per la costruzione di un impianto di irraggiamento industriale per le patate. Infine è in corso di definizione la costituzione di un Consorzio tra il CNEN e la Società Maccarese, nell'ambito della legge della Regione Lazio n. 58, il cui intervento dovrebbe costituire, tra l'altro, uno strumento di collegamento attivo e funzionale con il mondo produttivo attraverso la sperimentazione preindustriale ed il travaso dei risultati. Inoltre nell'ambito del programma congiunto CNEN-Provincia Autonoma di Trento, si sono ottenuti i primi risultati soddisfacenti sull'umidificazione di sostanza organica proveniente da rifiuti vegetali.

2.2 — *Bioenergetica*: numerosi sono i campi di interesse generale ancora inesplorati per i quali le applicazioni delle radiazioni fanno prevedere un notevole vantaggio economico e sociale. A questo proposito sono state proseguite nel 1978 alcune attività di studio e di ricerca miranti alla valorizzazione ed utilizzazione di risorse disponibili sia come

ricadute dalle applicazioni energetiche delle radiazioni, sia da quelle extra-energetiche.

Nel 1978, uno di questi studi ha riguardato la messa a punto e lo sviluppo industriale di tecnologie ed impianti per la produzione intensiva di biomassa vegetale a scopi prevalentemente energetici. Questo progetto prevede l'impiego di piante acquatiche tropicali che in condizioni favorevoli di temperatura, realizzabili anche mediante lo sfruttamento del calore residuo delle centrali di potenza, sono in grado di produrre grandi quantità di materiale organico fermentabile in gas combustibile. A tale scopo si è impiegato il giacinto d'acqua; prove di laboratorio ed in campo di colture massive di giacinto d'acqua hanno dato valori di produttività superiori a 200 tonnellate di sostanza secca per ettaro e per anno ad una temperatura dell'acqua di coltura di 20-25 gradi. La quantità di gas combustibile avente un potere calorifico di circa 6.000 KCal/m<sup>3</sup>, ricavabile dalla fermentazione della biomassa, è di circa 300 l/kg di sostanza secca.

È stato anche studiato l'impiego di colture di giacinto come filtri biologici per la depurazione dei liquami di fogna.

Per la costruzione di impianti sperimentali per la coltivazione e utilizzazione del giacinto d'acqua in acque calde di scarico di centrali di potenza, sono state già avviate collaborazioni con l'ENEL, AMN, ENI e Regione Umbria.

Un'altra attività di studio, legata alla coltivazione di alghe, si propone di catalizzare lo sviluppo di idrogeno gassoso da alghe e sistemi derivanti, sfruttando la fotolisi dell'acqua operata dalla radiazione solare in sistemi fotosintetici o ricostruiti in vitro. In collaborazione con il CNR sono stati portati avanti con successo alcuni esperimenti di produzione di idrogeno in due ceppi adattati di alghe blu-verdi.

**2.3 — Recupero energetici:** tra le attività destinate alla esplorazione di nuove tecnologie in campo energetico, di interesse ed attualità risultano quelle collegate al riutilizzo dei residui dell'agricoltura.

In questo campo il CNEN si è, nel corso del 1978, impegnato nella messa a punto e nello sviluppo industriale di tecnologie biologiche accoppiate a tecnologie di irraggiamento per la sterilizzazione, il recupero e la utilizzazione di materiale organico di rifiuto, con particolare riferimento alla conversione del materiale cellulosico di scarto in zuccheri e quindi in combustibili.

L'aspetto qualificante di questo progetto è lo sfruttamento di un effetto sinergico tra radiazioni ionizzanti ed ossidanti chimici per la degradazione preventiva del materiale cellulosico, indispensabile per rendere economicamente conveniente il processo di conversione. L'efficacia di questo sinergismo è stata sperimentata con risultati positivi su campioni di cellulosa standard; già sono stati conclusi accordi di collaborazione con l'Ente Nazionale Cellulosa e Carta e con la Stazione Sperimentale Cellulosa e Fibre Tessili per l'applicazione delle suddette

## LEGISLATURA VIII — DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

tecnologie al riutilizzo di cascami tessili ad alto contenuto cellulosico ed alla separazione della lignina associata alla cellulosa in materiale grezzo utilizzabile dall'industria cartaria.

## ACCORDI E COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

Nel corso del 1978 sono stati mantenuti e sviluppati i rapporti del CNEN con le Organizzazioni Internazionali nucleari, con la Comunità Europea per l'Energia Atomica (EURATOM), l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA), l'Agenzia Internazionale per l'Energia (AIE), l'Agenzia per l'Energia Nucleare dell'OCSE (NEA), il Progetto Halden per lo sviluppo di tecnologie dei combustibile, la Società Europea per il ritrattamento del combustibile, il Progetto NEA-AIEA sull'irraggiamento delle derrate alimentari ed i Progetti Inter-Ramp ed Over-Ramp promossi dall'Atom-Energi Svedese e che esaminano il comportamento del combustibile nei reattori ad acqua leggera.

Attenzione è stata posta alle attività comunitarie relative al settore nucleare ed in particolare quelle riguardanti il IV Programma Pluriennale del Centro Comune Ricerche 1977-80, (approvato all'inizio del 1977) ed i Programmi indiretti tra i quali ha assunto rilievo, nell'ambito del Programma Fusione, il Progetto JET, per il quale è iniziata la costruzione a Culham (Inghilterra).

Il CNEN ha attivamente partecipato alle azioni necessarie alla gestione del complesso ESSOR, approfondendo anche gli aspetti della futura attività e della forma giuridica da dare alla prosecuzione della collaborazione.

Nell'ambito dell'EURATOM è da segnalare l'applicazione dell'Accordo relativo alle salvaguardie tra l'EURATOM e l'AIEA.

Oltre che nell'ambito AIEA, sono state seguite nel contesto multilaterale, le intense attività internazionali relative alla non proliferazione ed i lavori del Programma Internazionale per la Valutazione del Ciclo del Combustibile Nucleare (INFCE).

Attiva è stata la presenza ai lavori dell'AIEA relativi all'Accordo sulle salvaguardie EURATOM-AIEA, alla predisposizione di una convenzione internazionale sulla protezione fisica e sull'utilizzo pacifico delle esplosioni nucleari.

Nel campo dei rapporti bilaterali, il CNEN ha approfondito le relazioni già stabilite ed ha sviluppato nuovi rapporti con Organismi nucleari di altri Paesi. In particolare, tali rapporti si sono sviluppati con Argentina, Brasile, Bulgaria, Canada, Colombia, Egitto, Grecia, India, Iraq, Israele, Jugoslavia, Pakistan, Polonia, Romania, Spagna, Sud Africa, Ungheria, Unione Sovietica e Zaire.

Tali rapporti sono resi concreti attraverso scambi di delegazioni, gruppi di tecnici e borsisti.

Nell'ambito dei suddetti accordi sono state intraprese, ed in alcuni casi concluse, iniziative di assistenza e promozione all'industria italiana per favorire la fornitura di impianti ed attrezzature nucleari, come indicato nei precedenti capitoli sui programmi.

Nel corso del 1979 il CNEN ha infine approfondito le possibilità di pervenire ad impegnative forme di collaborazione con gli Stati Uniti in diversi campi, tra i quali, quello del trasferimento della tecnologia in alcuni importanti settori nucleari.

Particolare rilevanza ha avuto, nell'ambito dei rapporti bilaterali, la gestione dell'accordo CNEN-CEA (Francia) relativo ai reattori veloci e dell'accordo CNEN-ENEL-AECL (Canada) relativo ai reattori ad acqua pesante.

Per quanto riguarda gli *scambi culturali*, è proseguito il programma di offerte, da parte del CNEN, di borse di studio nel quadro del programma mondiale AIEA di assistenza tecnica in campo nucleare per i Paesi in via di sviluppo. È stata, inoltre, intensificata la concessione di borse a stranieri in Italia e ad italiani all'Estero, connesse a ricerche di interesse dei programmi di attività del CNEN.

#### STUDI DI SISTEMI ENERGETICI

Il 1978 ha visto il potenziamento di alcune attività e l'avvio di nuovi studi aventi per obiettivi la costruzione di scenari energetici e tecnologici, la valutazione comparata delle conseguenze ambientali e sociali. Questa attività tende a fornire e ad aggiornare gli elementi utili per le decisioni programmatiche di carattere strategico, dando un quadro di riferimento per analisi accurata di costi e benefici — in termini economici, sociali ed ambientali — e per una più completa valutazione delle azioni e delle iniziative richieste dalle diverse assunzioni poste alla base dei diversi scenari. L'attività, nel corso del 1978, si è articolata intorno ai seguenti progetti:

— *Modelli energetici*: l'attività, svolta nell'ambito di un contratto di studio finanziato dalla CEE, ha come obiettivo l'applicabilità in Italia di modelli energetici sviluppati nell'ambito del programma comunitario di ricerca e sviluppo nel settore energetico.

Collaborano al programma, altri operatori nazionali quali l'ENI, l'ENEL, l'Istituto di Matematica finanziaria dell'Università di Pisa, lo Istituto di Studi per l'Informatica ed i Sistemi dell'Università di Roma.

I temi di studio sviluppati nel 1978 hanno riguardato l'acquisizione del *know how* sulla catena di modelli economici-energetici della CEE, il trasferimento ed adattamento del *soft ware* nei centri di calcolo italiani, e la verifica preliminare della coerenza dei dati nazionali forniti alla CEE.

Inoltre è stata studiata l'organizzazione di un sistema di collegamento per più utenti esterni e la realizzazione di una interfaccia sistema-utente che consenta di accedere in modo collegiale ed interattivo con i diversi modelli.

— *Analisi comparata di sistemi*, avente per oggetto lo studio degli aspetti economici e tecnologici della struttura della produzione e della domanda energetica, non solo in termini di analisi storica quanto essenzialmente in termini previsionali ed in relazione alle assunzioni con-

## LEGISLATURA VIII — DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

nesse con vari possibili scenari energetici. Alcuni temi di studio sono stati svolti nell'ambito del Centro di Previsioni tecnologiche dell'Associazione Italiana per la Ricerca Industriale (AIRI).

— *Valutazione comparata degli effetti dei sistemi energetici dal punto di vista della sicurezza, dell'ambiente e della salute*: avente lo scopo ultimo di fornire gli elementi metodologici e conoscitivi necessari per una valutazione comparata di diversi sistemi energetici (fissione e fusione nucleare, carbone, petrolio, gas naturale, energia solare, geotermia) dal punto di vista dell'ambiente, della sicurezza e della salute.

L'attività svolta nel 1978 ha portato ad avviare un primo lavoro di acquisizione e di esame della letteratura scientifica estera e alla elaborazione degli indirizzi per un programma di studio e ricerca.

## DIFFUSIONE DELLE INFORMAZIONI E DOCUMENTAZIONE

La coincidenza tra crisi energetica e lo svilupparsi di una sempre maggiore coscienza civile che si esprime attraverso una domanda di maggiore partecipazione alle scelte e una richiesta di rendere coerente e compatibile lo sviluppo economico con una migliore qualità di vita, ha posto le scelte energetiche in una posizione centrale del dibattito internazionale e nazionale: dibattito che ha investito l'intera problematica connessa all'energia.

Tutto ciò non può che essere giudicato positivamente a condizione che il dibattito si sviluppi nell'ambito di informazioni corrette e che esso conduca alla individuazione di soluzioni positive nell'interesse della intera comunità.

Il problema dell'informazione che rientra tra i compiti istituzionali del CNEN è senza dubbio un problema centrale, ogni sforzo dovrà farsi perchè l'informazione sia corretta, puntuale ed adeguata e sia rivolta non solo a chi deve operare le scelte a livello nazionale e locale ma anche all'opinione pubblica, al fine di renderla partecipe delle scelte e della loro attuazione.

Nel 1978 particolare attenzione è stata posta al problema nucleare: le azioni condotte dal CNEN hanno riguardato: *a)* l'informazione tecnica, volta da un lato a fornire tutti gli elementi necessari e di competenza per la definizione della politica energetica nazionale in sede di Governo e di Parlamento e dall'altro, in fase di attuazione, a fornire assistenza agli Enti locali in tema di scelta dei siti e più in generale in tema di sicurezza e di protezione; *b)* l'informazione al pubblico, attraverso i mezzi di comunicazione di massa e la partecipazione di personale esperto ai principali dibattiti avutisi in sede nazionale e regionale.

Particolare cura nel 1978 è stata posta alla partecipazione del CNEN, ad Esposizioni organizzate sia in Italia che all'Estero in occasione dei più importanti Congressi o Mostre.

Nel corso delle suddette esposizioni sono state diffuse largamente le pubblicazioni scientifiche e divulgative del CNEN ed è stata svolta opera di informazione presso categorie di pubblico qualificato.