



Giunte e Commissioni

**RESOCONTO STENOGRAFICO**

n. 2

*N.B. I resoconti stenografici di ciascuna indagine conoscitiva seguono una numerazione indipendente.*

**COMMISSIONI RIUNITE**

7<sup>a</sup> (Istruzione pubblica, beni culturali, ricerca scientifica, spettacolo e sport)  
e 10<sup>a</sup> (Industria, commercio, turismo)

**INDAGINE CONOSCITIVA SULLE RICERCHE ITALIANE  
RELATIVE ALLA FUSIONE NUCLEARE**

2<sup>a</sup> seduta: giovedì 17 luglio 2008

Presidenza del presidente della 7<sup>a</sup> Commissione POSSA

## I N D I C E

Audizione del Presidente del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR)  
e del Presidente del Consorzio RFX

* PRESIDENTE . . . . .	<i>Pag.</i> 3, 9, 17 e <i>passim</i>	<i>BERTOLI</i> . . . . .	<i>Pag.</i> 25
* ASCIUTTI ( <i>PdL</i> ) . . . . .	19, 25	* <i>MAIANI</i> . . . . .	3, 24, 25
BUBBICO ( <i>PD</i> ) . . . . .	19	* <i>ROSTAGNI</i> . . . . .	10, 21, 25
VALDITARA ( <i>PdL</i> ) . . . . .	20		
VETRELLA ( <i>PdL</i> ) . . . . .	17		
* VITA ( <i>PD</i> ) . . . . .	18		

---

***N.B. L'asterisco accanto al nome riportato nell'indice della seduta indica che gli interventi sono stati rivisti dagli oratori.***

*Sigle dei Gruppi parlamentari: Italia dei Valori: IdV; Il Popolo della Libertà: PdL; Lega Nord Padania: LNP; Partito Democratico: PD; UDC, SVP e Autonomie: UDC-SVP-Aut; Misto: Misto; Misto-MPA-Movimento per l'Autonomia: Misto-MPA.*

*Intervengono, per il Consiglio nazionale delle ricerche (CNR), il professor Luciano Maiani, presidente, e l'ingegner Claudio Bertoli, direttore del dipartimento energia e trasporti; per il Consorzio RFX, il professor Giorgio Rostagni, presidente.*

*I lavori hanno inizio alle ore 14,30.*

*PROCEDURE INFORMATIVE*

**Audizione del Presidente del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR) e del Presidente del Consorzio RFX**

PRESIDENTE. L'ordine del giorno reca il seguito dell'indagine conoscitiva sulle ricerche italiane relative alla fusione nucleare, sospesa nella seduta del 10 luglio scorso.

Comunico che, ai sensi dell'articolo 33, comma 4, del Regolamento, è stata chiesta l'attivazione dell'impianto audiovisivo e del segnale audio e che la Presidenza del Senato ha già preventivamente fatto conoscere il proprio assenso. Se non vi sono osservazioni, tale forma di pubblicità è dunque adottata per il prosieguo dei lavori.

È in programma oggi l'audizione del presidente del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR) e del presidente del Consorzio RFX. Sono presenti il professor Maiani, presidente del CNR, l'ingegner Bertoli, direttore del dipartimento energia e trasporti, e il professor Rostagni, dirigente del CNR e presidente del Consorzio RFX, il quale ha seguito, come braccio destro dell'allora ministro Moratti, tutte le vicende riguardanti le decisioni del progetto ITER. Rivolgo un cordiale saluto ai nostri ospiti che ringrazio per la loro presenza.

La seduta di oggi prosegue l'indagine conoscitiva avviata giovedì scorso con la convocazione del presidente dell'ENEA, professor Paganetto, e del presidente dell'INFN, professor Petronzio. Tale indagine si pone l'obiettivo di comprendere quali prospettive consenta di avere lo sforzo nazionale e internazionale nel campo specifico della fusione nucleare relativamente alle decisioni in materia di politiche energetiche. Quella della fusione nucleare è, infatti, una prospettiva di grande momento, tuttavia le difficoltà per realizzarla sono enormi; ormai da decenni vi si concentrano sforzi tecnologici e scientifici. Il nostro compito è, quindi, conoscere le valutazioni dei grandi esperti in materia.

Cedo quindi la parola al presidente Maiani.

*MAIANI.* Signor Presidente, vorrei ringraziare le Commissioni riunite del Senato per l'invito a presentare il contributo del Consiglio nazionale delle ricerche relativamente al programma della fusione nucleare. Intro-

durrò il mio intervento con una breve sintesi di quanto intendo esporre. Vorrei fare il punto sulle prospettive effettive dell'utilizzazione della fusione nucleare per la produzione di energia elettrica e spendere qualche considerazione sullo stato di avanzamento dell'iniziativa ITER. Questi due aspetti sono stati sicuramente affrontati da chi mi ha preceduto, ossia dai professori Paganetto e Petronzio, quindi cercherò di essere breve, tuttavia mi sembra utile che ciascuno presenti il proprio punto di vista poiché dal confronto delle diverse argomentazioni può risultare una visione d'insieme del problema. Farò inoltre una breve illustrazione delle attività del CNR sulla fusione nucleare. Ad integrazione del mio intervento, seguirà quello del professor Rostagni, che è uno dei maggiori esperti sull'argomento oggetto di tale indagine.

La fusione controllata nasce negli anni Sessanta. Nelle *slide* in proiezione potete notare alcune vecchie foto che danno l'idea del progresso che è stato compiuto da allora. In quarant'anni di ricerche si è passati da una prima esplorazione dei concetti, allora completamente nuovi, a una comprensione molto più approfondita dei meccanismi che regolano il confinamento magnetico ed il riscaldamento ad alta temperatura di gas ionizzati. Questi, come tra breve avrò modo di spiegare, costituiscono gli elementi centrali della nostra discussione. Allo stato attuale vi è una focalizzazione su poche linee di ricerca, sviluppate attraverso una successione di impianti sperimentali, per la progressiva evoluzione delle conoscenze scientifiche e tecnologiche. Vorrei sottolineare la necessità di tale successione di impianti sperimentali poiché essi sono il mezzo attraverso cui stiamo imparando, quindi sono assolutamente essenziali. Da questo punto di vista, l'obiettivo finale, la produzione di energia elettrica attraverso la fusione, è strettamente collegato alla nostra capacità di seguire una certa sequenza di costruzione di impianti successivi. Se tale sequenza rallenta, ritarda anche il momento in cui potremo utilizzare la suddetta fonte. Guardando indietro, dagli anni Sessanta ad oggi il progresso è stato enorme: dal punto di vista della fisica si è giunti alla soglia della produzione di plasmi termonucleari.

Vorrei fare una piccolissima notazione sulla fisica. Ciò che vedete nella seconda *slide* rappresenta un esempio di reazione; ve ne sono diverse ovviamente, ma questa è la più importante:  $H^2$ , ossia deuterio, che fonde su  $H^3$ , cioè trizio, dando luogo ad un nucleo di elio e un neutrone. Questo è un processo in cui si libera energia, quindi dovrebbe avvenire spontaneamente, ma così non è. Come è illustrato, il deuterio e il trizio, ossia i due nuclei che si devono fondere, hanno entrambi carica elettrica positiva e, come sappiamo, le forze elettriche sono forze repulsive. Quindi abbiamo delle forze repulsive che tendono a tenere lontani i due nuclei l'uno dall'altro. Aumentando l'energia collegata al moto di tali nuclei si crea la possibilità che essi vadano a scontrarsi, superando quella che viene chiamata la barriera elettrostatica. In conclusione, l'alta temperatura è la chiave della fusione.

Il grafico che ora vi sto mostrando riporta due parametri, ovvero le due quantità fisiche che condizionano il raggiungimento della fusione

dei nuclei. Nell'asse verticale sono riportate le temperature (indicate in milioni di gradi) che, come ho specificato, sono un parametro cruciale. Osservando con maggiore attenzione potrete notare che, su scala logaritmica, la freccia che rappresenta il Sole indica 15 milioni di gradi: il centro del Sole ha una temperatura di 15 milioni di gradi e ha una pressione enorme. Con una simile pressione la fusione nucleare procede indisturbata. Le nostre condizioni ci permettono, invece, di produrre dei gas, dei plasmi, caratterizzati dal prodotto tra la densità del plasma, il tempo di confinamento dell'energia e la temperatura del plasma. Più tale quantità fisica è grande, migliori sono i risultati. Quindi perché si abbia la fusione bisogna raggiungere quei livelli di temperatura e di densità. Potete vedere come le varie macchine si sono collocate nel tempo rispetto alla zona della fusione: ITER si trova esattamente al confine e dovrebbe condurci nel dominio della fusione controllata.

Naturalmente, la possibilità di sfruttare l'energia da fusione costituisce un'enorme potenzialità, oltre che una grande sfida: il combustibile è praticamente illimitato, diffuso ed economico; le emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri inquinanti atmosferici sono minime; è assicurata una sicurezza intrinseca in tutte le fasi operative di arresto della centrale; la gestione delle scorie radioattive è semplificata non dovendo più gestire radioattività di lungo periodo, ma al contrario con radioattività controllabile. Questo è lo scopo del programma di fusione.

Il progetto ITER dovrebbe permettere di conseguire la verifica della fattibilità della fusione a livello scientifico; inoltre contiene una parte dimostrativa che dovrebbe produrre un prototipo di centrale per la produzione con continuità di energia elettrica. ITER è un programma internazionale a cui partecipano gli Stati Uniti, l'Unione Europea, la Federazione russa, la Cina, il Giappone, la Corea e l'India. Il costo stimato al momento, ripartito tra i Paesi citati, è di circa 5,4 miliardi di euro, di cui l'Europa sostiene il peso maggiore (circa la metà), mentre gli altri Stati dividono il restante costo in parti uguali (circa il 10 per cento ciascuno). Al momento le immagini riferite a ITER sono dei disegni che ci mostrano come sarà realizzato. Si tratterà di una macchina toroidale nel cui anello circola un plasma che viene confinato per tenerlo lontano dalle pareti. All'interno del plasma si realizza la fusione nucleare.

L'Europa partecipa al progetto sulla fusione con un unico programma europeo coordinato dalla Commissione europea. La collaborazione europea è promossa attraverso l'*European fusion development agreement* (EFDA) e per l'apporto europeo ad ITER l'Europa, come tutti gli altri Paesi, contribuirà *in kind*, cioè non invierà contributi ad un'organizzazione centrale ma si impegna a fornire oggetti, pezzi e componenti dell'impianto. Questa fornitura avverrà attraverso l'«*EU joint undertaking for ITER and the development of fusion energy*» (F4E) con sede a Barcellona (Spagna), mentre ITER sarà localizzato a Cadarache, un sito dove sono già presenti impianti nucleari francesi.

Come ho già detto, l'Europa contribuisce ad ITER con forniture di alta tecnologia e con attività di approccio ampliato (*Broader Approach*)

che realizzano impianti complementari ad ITER. In altre parole, il progetto ITER – come spiegherà meglio di me il professor Rostagni – è un pacchetto che non si esaurisce nella costruzione della macchina, ma prevede la costruzione di altri impianti in maniera da formare un programma organico che conduca alla produzione di energia elettrica.

Prima di illustrare tale programma, voglio ricordare i partecipanti italiani ad ITER: l'ENEA, attraverso i laboratori di Frascati e di Brasimone; il Consorzio CREATE che comprende diverse università; il CNR, che partecipa con un proprio istituto (l'Istituto di fisica del plasma di Milano), ed infine il Consorzio RFX in cui compare nuovamente il CNR (con l'Istituto gas ionizzati di Padova), l'ENEA, l'università di Padova e l'INFN.

Gli obiettivi di ITER sono la produzione di energia da fusione con impulsi da 500 megawatt della durata di 400 secondi e alcune migliaia di impulsi l'anno. In queste condizioni predominerà il riscaldamento del plasma da parte di nuclei di elio prodotti dalle reazioni di fusione rispetto a quello generato dai circuiti esterni e questo è l'aspetto caratteristico. Il sistema integrato ci permetterà di verificare le soluzioni tecnologiche oggi ritenute idonee per una centrale a fusione.

Del progetto, che dovrebbe servire a realizzare un complesso di conoscenze, di attrezzature e di installazioni ed altro ancora determinanti per la produzione di un prototipo di centrale per la fusione nucleare (DEMO) fanno parte, oltre ad ITER, l'impianto di dimostrazione che dovrebbe seguire per fornire il prototipo di una centrale; l'impianto di prova di irraggiamento dei materiali (IFMIF), complementare a ITER per permettere lo studio di materiali, ed un certo numero di imprese quali JET (che già esiste), JT60-SA (un tokamak che dovrà essere costruito in Giappone), FAST (una macchina che dovrà costruire l'ENEA a Frascati) ed altre macchine ancora.

Con l'*International fusion material irradiation facility* (IFMIF) si studiano le proprietà dei materiali sotto irraggiamento riproducendo le condizioni esistenti all'interno di ITER. Vi saranno, quindi, due acceleratori con fasci di deuterio che vanno mandati su un bersaglio di litio.

Per dare un'idea dello sviluppo nel tempo del programma, per quanto riguarda ITER la costruzione dovrebbe avvenire tra il 2015 e il 2020; seguirà poi il periodo di operazione vera e propria. In parallelo, dovrebbe partire la realizzazione di IFMIF, di cui una prima parte è già oggi in costruzione (il professor Rostagni sarà certamente più preciso al riguardo). Come potete notare vi è una sovrapposizione del periodo di operazione delle due installazioni che dovrebbe consentire lo scambio di informazioni. Seguirà la parte dimostrativa che, naturalmente, avrà avvio più tardi, verso la fine dello sfruttamento scientifico di ITER e di IFMIF poiché dovrà basarsi sui risultati che si constateranno: se la situazione fosse disastrosa non partirebbe (noi speriamo che parta). Infine, si passerà allo sfruttamento.

A tutto ciò si affiancherà un programma di accompagnamento, ovvero una serie di attività che si svolgeranno in Giappone ed in Europa per accompagnare l'intero programma. L'insieme di tutto ciò costituisce

il Piano; un piano pluriennale che dovrebbe portarci negli anni 2035-2040 ad avere energia da fusione su scala ancora prototipale, ma con i problemi concettuali ormai risolti.

Per quanto concerne il CNR, esso ha una lunga storia di studi scientifici sulla fisica dei plasmi, sulle tecnologie degli esperimenti e del reattore e dei sistemi di misura, sulle metodologie di analisi dei dati; ha investito nel tempo, in termini di personale e di finanziamenti, in questa ricerca. Il CNR ha una riconosciuta competenza in tale settore e appoggia in maniera convinta la realizzazione di ITER. Nel 2006, il CNR, l'ENEA e l'INFN hanno presentato al Governo il «Programma italiano sull'energia da fusione per i prossimi 10 anni», che copre il periodo dal 2006 al 2015. Tale programma è divenuto operativo nel 2007, a seguito della ratifica degli accordi per ITER e per il *Broader Approach*. Per il CNR si prevede un complesso di attività su tutti i fronti: la realizzazione a Padova, presso il Consorzio RFX, di edifici ed impianti per costruire l'iniettore di fasci neutri che vanno nel plasma (NBI) e il suo sviluppo sperimentale; per il *Broader Approach*, la realizzazione di alcuni componenti che dovranno essere impiegati poi nel tokamak giapponese; per l'attività di accompagnamento, il programma sperimentale di ricerca di fisica con lo sfruttamento dell'impianto RFX e, in collaborazione, dell'impianto FTU e JET.

Il CNR, come sapete, ha una rete scientifica costituita da istituti in tutta Italia; quelli di cui stiamo parlando, appartenenti al Dipartimento energia e trasporti, sono l'Istituto di fisica del plasma «Pietro Caldirola» di Milano, con un personale di 32 unità, di cui 19 ricercatori, e l'Istituto gas ionizzati di Padova, che è l'asse portante del consorzio RFX, con 48 unità di personale, di cui 25 ricercatori. Le attività di questi due istituti del CNR nell'ambito del programma ITER sono, come ho detto, a Padova la realizzazione di edifici e dell'impianto sperimentale per il *Neutral beam injector*, la realizzazione di componenti per il tokamak giapponese e la sperimentazione di fisica su RFX, mentre a Milano si svolge un'attività più sperimentale.

I finanziamenti che il Governo ha proposto di dedicare al programma sono per il CNR di 15 milioni di euro per ITER e 15 milioni di euro per il *Broader Approach*, che vanno ad aggiungersi alle risorse che il CNR attinge dal proprio bilancio. L'attività del CNR si svolge con due linee di finanziamento: una interna al proprio finanziamento ordinario, l'altra di stanziamenti *ad hoc* che si sviluppano negli anni. Nel 2007, il primo anno in cui questo programma è entrato in funzione, sono stati erogati al CNR 5 milioni di euro; per il 2008 questi fondi ancora non sono stati attribuiti. Anche se per il momento ciò non crea problemi, speriamo che più avanti questo aspetto venga risolto.

Quanto al quadro complessivo dei flussi finanziari del Programma fusione italiano: 450 milioni di euro sono la parte che viene dai bilanci ordinari degli enti, assumendo che questi funzionino regolarmente (si tratta di un *full cost*, include cioè anche gli stipendi per il personale e le spese per il materiale); 150 milioni sono destinati all'ENEA dal Ministero per lo sviluppo economico per la costruzione di FAST, l'impianto che sarà rea-

lizzato a Frascati e che fa parte del programma di accompagnamento; 50 milioni sono per il *Broader Approach*; 60 milioni sono erogati dal Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca in cinque anni per CNR e INFN per la costruzione dell'iniettore di fasci di neutri (NBI) e per il *Broader Approach*, per le parti che saranno inviate in Giappone. Il finanziamento italiano complessivo ammonta in totale a 660 milioni di euro, a cui si aggiungeranno 630 milioni di euro erogati dall'Euratom, di cui 280 milioni destinati all'Associazione fra ENEA, INFN e CNR, e 350 milioni in commesse alle industrie italiane. La cifra di 1.290 milioni di euro rappresenta il volume della partecipazione italiana a ITER. Circa 600 milioni saranno spesi in commesse ad industrie italiane e 500 milioni per il personale, il funzionamento e la ricerca. Questa è, in grandi linee, la dimensione del programma.

Se mi consentite un'escursione in altro dominio, vorrei far notare che il progetto ITER, partito nel 2007, si salda alla realizzazione di un altro grande progetto europeo, di cui sono stato responsabile fino a qualche anno fa: la grande macchina acceleratrice (LHC) costruita presso il CERN di Ginevra e che entrerà in funzione quest'estate. La macchina, con tutte le attrezzature associate, sarà installata all'interno di un tunnel situato a circa 100 metri di profondità, nella pianura di Ginevra. Tra gli Stati membri del CERN che hanno sostenuto questa impresa figura anche l'Italia.

Interessanti sono poi le dimensioni dei costi di costruzione. Il costo del programma ITER ammonta complessivamente – ripeto – a circa 5.000 milioni di euro, la metà del quale, 2.450 milioni, è sostenuta dall'Europa. Il ritorno industriale stimato per l'Italia ammonta a 350 milioni, circa il 14 per cento. Il progetto LHC, per confronto, è costato 3.100 milioni di franchi svizzeri per infrastrutture e macchina, ovvero circa 2.000 milioni di euro (cifra che risale alla fine del 2003, ma le variazioni che possono essere intervenute in questi anni sarebbero comunque non rilevanti). Il ritorno industriale accertato per l'Italia è di circa 340 milioni, cioè il 17 per cento. Le dimensioni dell'impegno industriale dell'Italia per ITER equivalgono più o meno a quelle dell'impegno profuso per LHC. Non solo, ma anche le tecnologie sono molto simili; in un certo senso, LHC è il precursore di ITER e questo è stato anche uno dei motivi per realizzare il progetto LHC. Le tecnologie sono quelle dei magneti superconduttori, dei grandi apparati elettromeccanici, della radioattività, delle particelle, dei fasci. Questo giustifica anche l'interesse dell'INFN per ITER. In Europa, poi, si sta procedendo ad un aggiustamento delle competenze, per cui molti dei costruttori di LHC si stanno spostando su ITER. Questo, a mio avviso, rappresenta un esempio di ottima gestione della ricerca tecnologica perché è in grado di mantenere un volano di progetti che permette alle industrie di realizzare installazioni a lungo termine.

Da qui nasce un altro aspetto. È importante che ITER non rallenti perché se questo progetto si dovesse fermare per un periodo consistente le industrie smantellerebbero le loro linee di produzione, i tecnici si rivol-



gerebbero ad altri programmi e se poi si volesse riprendere il progetto le spese sarebbero maggiori.

In un certo senso, il testimone ora passa da LHC a ITER che diventa il grande progetto tecnologico dell'Europa, ma può basarsi sul *know how* costruito sia in Europa che in Italia. Ricordo infatti che il nostro Paese ha partecipato pienamente a tale programma. Ad esempio, nei 340 milioni di euro di ritorno industriale per il nostro Paese figurano circa 150 milioni di franchi svizzeri assegnati all'Ansaldo Magneti per la costruzione e l'assemblaggio di un terzo dei 1.232 magneti superconduttori di 15 metri, di cui vi ho già riferito. I conduttori sono gli stessi ma c'è un passaggio di testimone da un progetto scientifico all'altro, di cui l'Ansaldo possiede il *know how*.

A conclusione di questa presentazione necessariamente panoramica, vorrei manifestare il punto di vista del CNR che considera ITER un programma importante per il Paese, per i suoi ritorni scientifici, tecnologici, industriali e per garantire all'Italia l'accesso ad una fonte di energia che sarà sicuramente di grande importanza nel futuro. Occorre quindi partecipare adesso per poter raccogliere i frutti di questo enorme sforzo in futuro.

I tempi previsti sono appropriati per mettere a frutto le risorse umane ed il *know how* industriale che si è accumulato in dieci-quindici anni in Europa e in Italia, con la realizzazione di LHC ma anche con tutte le attività di ricerca e sviluppo che sono state condotte sui gas ionizzati e sulla fusione. Il CNR è fermamente impegnato in questo programma ITER allargato con risorse proprie, in particolare di personale, e con fondi *ad hoc* messi a disposizione dal Governo.

Vorrei rassicurare sul fatto che questi programmi di sviluppo decennale possono essere realizzati, come dimostra LHC che, pur impiegando circa vent'anni per passare dallo stato di concezione allo stato di realizzazione, alla fine è stato eseguito nei tempi preventivati. Occorrono però stabilità delle regole, continuità di finanziamenti, assunzione di un impegno a lungo termine da parte del Governo. Questi sono elementi essenziali. Nell'ambito della stabilità delle regole bisogna affrontare il problema dell'assunzione e del reclutamento di personale perché il capitale umano è l'elemento centrale su cui costruire questi progetti e se non può essere programmato non è possibile realizzare alcunchè. È fondamentale anche la continuità di finanziamenti da un anno all'altro. Infine, è molto importante per noi l'assunzione di una linea di finanziamenti determinata a priori ed a lungo termine, ad esempio con una delibera CIPE, che distingua in qualche maniera il finanziamento di ITER dai finanziamenti ordinari del CNR che, naturalmente, sono impiegati in moltissime altre attività e, quindi, non possono essere facilmente dirottati da un progetto all'altro.

PRESIDENTE. Ringraziamo il professor Maiani per la sua completa presentazione dei programmi relativi alla fusione nucleare, non solo italiana ma anche europea, con l'accenno, ben collocato, di raccordo con l'esperienza LHC. Mi considero un privilegiato perché ho avuto l'opportunità di constatare di persona quale opera formidabile sia l'impiantistica

LHC. È qualcosa di straordinario a livello mondiale e il professor Maiani è *magna pars* in questa azione. Si tratta veramente di una iniziativa che mi auguro abbia, grazie all'eccezionale dispiegamento di tecnologie e di scienza in essa collocate, grande capacità di penetrazione nella realtà fisica del nostro universo, scopo primario di tale ricerca. Vi invito, se ne avrete l'opportunità, a visitare il CERN di Ginevra perché si tratta di un'esperienza straordinaria.

Do ora la parola al professor Rostagni.

*ROSTAGNI.* Ringrazio il presidente Possa e i membri delle Commissioni 7<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> del Senato per l'invito che mi è stato rivolto, anche in virtù del fatto che tra il 2003 ed il 2006 ho collaborato con l'allora ministro Moratti per la definizione del programma europeo, nelle trattative per la costruzione di ITER a Cadarache e per le attività di *Broader Approach*, eventi che il presidente Possa conosce molto bene. Desidero testimoniare anzitutto l'assiduo impegno che il ministro Moratti ha dedicato a questo obiettivo, promuovendo, in ogni Consiglio Competitività di quel periodo e in numerose riunioni preparatorie formali e informali, la maturazione di una posizione positiva e coerente sul programma europeo per la fusione, determinando una reale svolta nell'impegno europeo, appoggiata fortemente anche dal Parlamento europeo. In quegli anni vi è stato il passaggio da una fase di attesa e di incertezza al varo di un programma ben articolato.

Pur nei limiti di tempo concessi dalle sue responsabilità complessive, l'eccezionale impegno del Ministro è riuscito a creare un dialogo con gli altri Ministri europei e a costruire un ampio consenso all'avvio del programma e dei progetti ora in corsi di realizzazione. Il Ministro è partito dalla convinzione dell'importanza di conseguire il risultato al più presto e perciò di accelerare le ricerche ed assicurare nel sistema industriale una continuità di competenze adeguate. Se si opera in modo discontinuo nell'uso delle competenze industriali, queste in breve tempo vengono disperse con le conseguenze negative segnalate dal professor Maiani.

Aggiungo che, superata questa fase, nel 2006 ho illustrato al nuovo Ministro il programma e gli impegni assunti. Dopo un approfondito esame gli impegni sono stati confermati in tempo perché l'Euratom potesse firmare gli accordi internazionali. Nel 2007 – come riferito dal professor Maiani – è iniziata anche l'erogazione al CNR ed all'INFN di una prima quota di finanziamenti.

La mia relazione riprende i temi sviluppati dal professor Maiani per sottolineare alcune considerazioni che ritengo importanti.

Essa si articolerà in cinque punti, illustrati nelle schede proiettate e distribuite: la ragionevolezza dell'investimento sulla fusione nel contesto delle altre risorse energetiche; una carrellata sulla progressione delle ricerche e degli impianti sperimentali dal 1960 al 2000; una riflessione sul lungo processo che ha portato dalle macchine attuali al progetto ITER e sulle cause di tale lunghezza; la svolta che si è creata tra il 2000 ed il 2006 con il passaggio a un piano di attività in parallelo per cercare di ot-

tenere l'energia dalla fusione entro il 2040. Rispetto a una situazione più libera, in cui molto spesso si lavorava in serie per ragioni di bilancio costante, si è compreso che, se si desidera ottenere questa risorsa al più presto, occorre sviluppare un programma che persegua in parallelo le principali azioni necessarie per raggiungere l'obiettivo.

Infine, concluderò il mio intervento sottolineando alcuni dettagli riguardanti gli aspetti finanziari ed organizzativi della partecipazione dell'Italia.

Il quadro delle risorse stimate di energia è certamente noto: come è riassunto nella scheda n. 2, ora è dominante l'uso dei combustibili fossili affiancato dalla fissione dell'uranio 235; è poi indicata la potenzialità della fissione se si passasse ai reattori autofertilizzanti, che tuttavia richiedono un programma di sviluppo non breve ed impegnativo. Per confronto, merita notare la quantità enormemente superiore di risorse disponibili attraverso la fusione nel ciclo deuterio-trizio-litio.

In natura il trizio non esiste perché ha una vita media di dodici anni (decade a metà ogni dodici anni) e quindi deve essere creato negli impianti stessi di utilizzazione. Esso viene prodotto dalle reazioni di fusione da cui esce un neutrone che serve a produrre un nuovo atomo di trizio.

Il litio e il deuterio sono due sostanze assolutamente non pericolose; esistono in natura, in particolare nel mare, in quantità tali da poter garantire il rifornimento della fusione per un periodo di tempo, confrontabile con la presunta durata del Sole. È inutile infatti pensare a tempi infiniti: a un certo punto anche il Sole si spegnerà. La quantità di energia da fusione producibile sulla Terra per gli usi umani giustifica l'impegno per ottenerla. Vorrei sottolineare che il litio non è pericoloso. Esso è presente in tutti i computer e negli apparecchi che spesso abbiamo in tasca; le batterie scariche potrebbero essere utilizzate per alimentare i reattori a fusione.

Se si passasse poi alla fusione con ciclo deuterio-deuterio si otterrebbe una quantità di energia ancora maggiore.

Può risultare interessante un confronto con l'energia solare che incide sulla Terra in un anno. Praticamente tutta l'energia solare incidente è rimmessa garantendo l'equilibrio termico della Terra; solo una piccolissima parte viene utilizzata per i vari cicli terrestri. Ad esempio, l'energia assorbita per la crescita dei vegetali nella biosfera ha un ordine di grandezza appena dieci volte superiore al consumo attuale di energia da parte dell'umanità. L'uso di vegetali come combustibile è perciò limitato.

Se pensiamo allo scenario energetico del futuro, si verificherà l'abbandono graduale dell'utilizzo convenzionale dei combustibili fossili; probabilmente avremo ancora una generazione di reattori termici a fissione; occorrerà uno sviluppo delle fonti rinnovabili, soprattutto solare ed eolica; vi sarà lo sviluppo della fissione autofertilizzante, si auspica, la realizzazione e lo sviluppo della fusione (scheda n. 3).

La sicurezza dell'approvvigionamento, l'efficienza di utilizzo e l'ottimizzazione economica richiedono la diversificazione delle fonti. Possiamo valutare meglio tale quadro avvalendoci di un grafico che mostra tre diverse stime del fabbisogno di energia primaria in miliardi di tonnell-

late equivalenti di petrolio (scheda n. 4). Il consumo attuale è pari a 12 Gtep e produce 27 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Nel valutare lo sviluppo dobbiamo perciò tener conto anche dei problemi derivanti dall'alterazione del clima, che saranno dominanti nel futuro.

Considerando la crescita della popolazione, il fabbisogno energetico non può che aumentare in proporzione, se vogliamo che le nuove generazioni possano fare un uso dell'energia più equamente distribuito nel mondo, evitando la concentrazione eccessiva in alcuni Paesi.

Nei grafici sono rappresentati alcuni scenari di possibile sviluppo della quantità di energia utilizzata e la corrispondente emissione di CO<sub>2</sub>, che raggiungerebbe valori estremamente elevati. Se vogliamo mantenere il livello di CO<sub>2</sub> entro uno scenario che porti ad un incremento della temperatura media della Terra non maggiore di 2 gradi, secondo le stime dei climatologi, dobbiamo pensare non a un aumento, bensì a una riduzione rapida dell'emissione di CO<sub>2</sub>. Ciò richiede la diminuzione dell'uso convenzionale dei combustibili fossili: anche se tra qualche anno si verificherà inevitabilmente un picco della CO<sub>2</sub>, non possiamo permettere che i fossili come usati oggi coprano ancora la maggior parte della produzione di energia.

Dunque, a fronte di un previsto aumento del fabbisogno energetico, si dovrà registrare una riduzione dell'utilizzo dei combustibili fossili che si potrà realizzare, in parte, attraverso un aumento dell'efficienza energetica, e in parte attraverso l'utilizzo dei combustibili con sequestro di CO<sub>2</sub> (ma anche questo richiede importanti sviluppi tecnologici). Oltre a ciò, tuttavia, sarà necessario far ricorso a fonti alternative, come le già citate fonti rinnovabili e il nucleare, pur tenendo conto dei tempi necessari. La sostituzione delle fonti di energia si sviluppa, infatti, in tempi non brevi, anche perché le centrali una volta realizzate hanno una vita media di quarant'anni e l'introduzione di nuove tecnologie deve passare attraverso investimenti già fatti e, quindi, subentrare gradualmente (scheda n. 5).

Oltre alla riflessione complessiva, mi interessa evidenziare che, anche se arrivare alla fusione intorno al 2040 può sembrare tardi, è comunque uno sviluppo essenziale. Se la fusione avrà successo, diventerà certamente la fonte del futuro, per lo meno come fonte concentrata, cui saranno affiancate fonti distribuite come quella solare, ma si tratta di due applicazioni diverse e complementari.

Non mi soffermo sugli aspetti positivi che la fusione presenta, dal momento che sono già stati esposti dal professor Maiani, tranne per il punto relativo alla gestione dei materiali resi radioattivi dai neutroni (scheda n. 6). Non si ha produzione di scorie, ma alcuni materiali dell'impianto, per la presenza di neutroni, vengono resi radioattivi. Scegliendo attentamente tali materiali si può fare in modo che la radioattività sia di breve periodo. Quelli che abbiamo provato finora hanno tempi di decadimento dell'ordine di una generazione umana. Si ritiene che con la ricerca e lo sviluppo di nuove leghe e materiali si possano ottenere tempi di decadimento più brevi. Tuttavia, la radioattività è contenuta nei materiali

fissi dell'impianto, quindi il livello di rischio è assai minore di quello della fissione.

Per quanto riguarda poi l'aspetto finanziario, ci interroghiamo sulla sostenibilità del costo di ITER o di grandi impianti analoghi. Ebbene, se guardiamo agli investimenti nel mondo, per il periodo 2001-2030, per infrastrutture destinate alla produzione di energia (scheda n. 7), nel complesso sono previsti 16.000 miliardi di dollari, dei quali 10.000 per impianti legati all'energia elettrica, di cui 4.000 per la realizzazione di nuove centrali elettriche ad un costo medio di 1.000 dollari per kilowatt (ora sensibilmente più alto). In questa voce sono compresi la sostituzione delle centrali che vanno fuori uso, gli ampliamenti e la realizzazione di nuove centrali.

A fronte di ciò, la cifra destinata alla realizzazione di ITER in dieci anni, o anche quella tre o quattro volte superiore necessaria per realizzare DEMO, sembrano perfettamente compatibili e giustificate. Mi riferisco esclusivamente agli investimenti perché parlare di spesa per l'energia sarebbe troppo complesso.

Un rapido cenno merita poi la ricerca sulla fusione, che è sempre stata coordinata su scala mondiale, anche se con coordinamento debole. Nel 1955 si è tenuta la prima Conferenza di Ginevra in cui si è affrontato il tema della fissione. La fusione è comparsa, invece, nel 1958, con la seconda Conferenza di Ginevra (con cui di fatto è iniziata la ricerca libera), in occasione della quale sono stati comunicati i risultati di esperienze maturate precedentemente in laboratori militari ed è esplosa la ricerca per scopi pacifici.

Nel 1960 (scheda n. 8) è stato avviato il programma Euratom ed il sistema delle associazioni. Colgo l'occasione per ricordare che l'artefice del programma Euratom per molti anni è stato un italiano, il professor Donato Palumbo, che fin dall'inizio ha puntato sul concetto associativo, nel tentativo di creare una coesione che rendesse tutti compartecipi di un unico programma, nell'ambito del quale ogni Paese potesse ricevere dall'Euratom un contributo proporzionale al proprio impegno e fosse libero di decidere quanto investire. Tale meccanismo ha consentito ai Paesi che lo volevano di impegnarsi fortemente e ad altri, meno interessati, di impegnarsi in modo più limitato.

Dopo l'avvio del programma Euratom, tra il 1974 e il 1983, è stato costruito JET, il primo impianto di grandi dimensioni che da allora continua a funzionare e a conseguire importanti risultati. Successivamente, tra il 1980 e il 1992 è stata realizzata una generazione di impianti di dimensioni intermedie che, integrandosi con JET, hanno consentito all'Europa di guadagnarsi una posizione di primo piano. Dopo di allora non si sono registrati altri investimenti ingenti, salvo un investimento in corso in Germania per realizzare una nuova macchina (la «Stellarator» Wendelstein 7-x) e altri piccoli investimenti.

L'impegno mondiale per la fusione magnetica ha come *leader* l'Europa, che partecipa per quasi il 50 per cento, seguita dal Giappone (per circa un quarto), dagli Stati Uniti (per circa un sesto) e dagli altri Paesi

(per circa un decimo). Esiste una significativa collaborazione mondiale nell'ambito della quale l'Europa ha mantenuto una posizione di *leadship*.

Riprendendo una riflessione del professor Maiani, sottolineo che il progresso è legato all'evoluzione armonica di tre aspetti (scheda n. 10), il primo dei quali è rappresentato dalle macchine utilizzate per verificare risultati previsti e imprevisti. Sottolineo il termine «imprevisti» poiché quando si costruisce una macchina lo si fa con certi obiettivi, ma se i risultati si conoscessero a priori non varrebbe la pena di costruirla. Le macchine vengono realizzate proprio perché, al di là di ciò che si può prevedere, a volte emergono risultati inizialmente negativi che spesso, lavorando a lungo, si trova il modo di rendere positivi. Il progresso, quindi, si realizza attraverso l'esistenza di macchine adeguate; non costruire macchine nuove che sfruttino l'esperienza di quelle vecchie porta ad esaurimento il progresso nel settore. Anche la teoria e la simulazione sono strumenti molto utili, ma complementari alle macchine.

Con riguardo all'impegno nell'ambito del V Programma quadro Euratom (1998-2002), è disponibile una serie di dati ormai consolidati e chiari che hanno aiutato nella definizione delle scelte legate a ITER (scheda n. 11). Dalla lettura di questi dati si evince, in sostanza, che una parte cospicua dell'attività è svolta dalle associazioni e solo un quinto nelle attività comuni; che l'Euratom contribuisce per il 40 per cento, mentre il 60 per cento è a carico dei bilanci nazionali; che Germania, Gran Bretagna, Italia e Francia sono i quattro Paesi che hanno realmente investito nella fusione. Dopo la Germania, l'Italia e la Francia, alla pari, hanno sostenuto l'impegno maggiore. Anche la Gran Bretagna ha contribuito in misura rilevante, ma gran parte del suo impegno è stato dedicato al supporto e alla gestione di JET, pagato per oltre l'80 per cento dall'Euratom e dagli altri Paesi. Si tratta quindi di un programma rilevante ma con un costo relativamente limitato per la Gran Bretagna. Seguono la Svizzera e la Spagna con entità di un certo livello, peraltro confrontabili con il Consorzio RFX, e poi gli altri Paesi che tutti insieme rappresentano l'equivalente dell'Italia. Questo è un aspetto importante. Nel complesso erano impegnati circa 4.000 addetti di cui 2.000 ricercatori e la spesa è stata di circa 500 milioni di euro l'anno.

Mi preme sottolineare che il processo per arrivare a varare il programma ITER è stato molto lungo (scheda n. 12), prevalentemente per ragioni politiche. L'Europa, subito dopo la realizzazione di JET, aveva avviato nel 1983 un gruppo di progetto per una nuova macchina, NET, con obiettivi più o meno simili a quelli che poi sarebbero stati indicati per ITER. Poco dopo, nel 1985, in occasione del *summit* di Ginevra, Gorbaciov, d'intesa con Mitterand, ha proposto a Reagan di avviare un progetto internazionale di ricerca sulla fusione, il progetto ITER. Il disegno concettuale ha richiesto alcuni anni; si è passati successivamente al disegno ingegneristico; nel 1998, su richiesta di alcuni dei *partner* che ritenevano che i costi fossero eccessivi, il progetto è stato ridimensionato pur cercando di mantenere gran parte degli obiettivi di quello originario. Con tale ridimensionamento il nuovo progetto, approvato nel 2000, diventa

molto simile al progetto iniziale europeo, NET. Certamente si sono approfondite le conoscenze e le tecnologie, tuttavia si è perso del tempo. Dal 2000, quando il nuovo progetto è stato approvato, è iniziata la ricerca del sito in cui costruirlo, poi sono seguite le trattative. Tutto questo ha impegnato sei anni, che sono tanti, e solo nel 2007 ha potuto avere inizio l'attività.

Nel frattempo, nel 2000 era stato sciolto il gruppo di progetto e nel 2007 si è dovuto costituire uno nuovo che, preso in mano il progetto, ha voluto rendersi conto di com'era e analizzarlo criticamente; ora è in corso una fase di messa a punto finale. Quando si parla di tempi lunghi per la realizzazione di queste grandi macchine, occorre tenere conto anche dei tempi non tecnici, che derivano da condizioni esterne e che non vanno attribuiti ad una presunta inefficienza del sistema di ricerca.

Non ripeterò quanto già detto dal professor Maiani sulla necessità di progetti in parallelo, ma sottolineo il titolo che a questa sezione (scheda n. 13), viene dato nella mia presentazione: «La svolta». Fino ad allora si era proceduto con la definizione di un programma a bilancio costante e catena aperta (si procede senza porsi un termine); ebbene, ci si è resi conto che, se serve, la fusione serve presto e quindi bisogna procedere con più obiettivi e più macchine in parallelo.

Nell'ambito delle trattative per ITER in Europa, il Giappone voleva ITER sul suo sito e a quel punto il 70 per cento delle realizzazioni di ITER si sarebbe svolto in Asia, l'investimento in l'Europa sarebbe crollato al 10 per cento e quindi avremmo perso la posizione di vantaggio che ci ha dato in questi anni l'aver mantenuto il programma più consistente. Di qui l'esigenza di portare ITER in Europa. Gli Stati Uniti in quel periodo sostenevano molto il Giappone ed erano particolarmente contrari alla scelta di Cadarache, come sito per il reattore ITER (accennavo prima al faticoso lavoro dell'allora ministro Moratti per portare a buon fine la trattativa con gli altri Paesi e soprattutto con la Commissione europea); l'accordo è stato possibile perché ci si è resi conto che se il Giappone si candidava, probabilmente aveva risorse importanti da mettere in gioco e si sarebbe potuto approfittare per lanciare un programma allargato, che consentiva di sviluppare in parallelo i progetti necessari per raggiungere rapidamente la fusione. L'Europa si è impegnata a contribuire a questo programma allargato e, anche su suggerimento dell'Italia, si è deciso di collaborare volontariamente con forniture *in kind* ad opera di alcuni Paesi europei, (cioè facendo lavorare le nostre industrie). Questo aiuta anche a utilizzare il periodo di attesa delle principali commesse per ITER, ma richiede di lanciare subito, purché il finanziamento sia disponibile, le realizzazioni industriali. Nello scegliere le realizzazioni da portare in Giappone si sono individuate quelle meglio corrispondenti alle competenze delle industrie italiane. Su questa base si sono scelti i progetti, tra cui l'acceleratore di prova dei materiali, IFMIF molto importante, che vede coinvolto l'INFN in maniera determinante.

Tali attività, per il *Broader Approach* e per la realizzazione del laboratorio per ioni negativi a Padova (basato anche su un acceleratore di par-

ticelle) prevedono un impegno sul fronte ENEA da parte del Ministero per lo sviluppo economico di 50 milioni di euro nell'arco di cinque anni; sul fronte del CNR di 30 milioni di euro e dell'INFN di 30 milioni di euro, questi ultimi due a carico del Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca. Il programma complessivo è stato approvato nel 2006 e formalizzato attraverso uno scambio di lettere tra il Governo italiano e la Commissione europea che ha definito gli impegni reciproci. Ad esempio, nel laboratorio per ioni negativi, le infrastrutture sono a carico dell'Italia, ma tutte le apparecchiature del laboratorio, del valore di circa 80 milioni di euro, sono a carico dell'Europa e di ITER; verrà così creato un laboratorio che, oltre a fornire le prime apparecchiature necessarie per il riscaldamento di ITER, ne seguirà il funzionamento durante l'operazione e gli sviluppi per migliorarne il rendimento e la qualità e prepararsi alla tappa successiva, ovvero DEMO. Si tratta quindi di un'impresa di lungo periodo.

Ricordo che i soggetti attuatori del programma fusione (scheda n. 17) sono l'ENEA (il soggetto principale), il CNR, con i suoi due rami, l'Istituto di fisica del plasma «Pietro Caldirola» di Milano e l'Istituto gas ionizzati di Padova, che è l'asse portante del Consorzio RFX; inoltre, per realizzare questo programma così ampio si è acquisita la partecipazione dell'INFN, che fino a quel momento non s'interessava di fusione, ma in materia di acceleratori ha le competenze giuste e ha potuto inserirsi efficacemente. Per approvare questo programma, il Ministro aveva chiesto che ci fosse un accordo tra i tre enti ed è stata forse una delle prime occasioni in cui i tre enti di ricerca principali si sono accordati per un programma congiunto, nel presupposto che le attività di fusione richiedono grande collaborazione. L'unione nel Consorzio RFX è stato un modo per l'ENEA, il CNR e l'università per collaborare in maniera più strutturata ed efficiente che non attraverso generici accordi di collaborazione; anche l'INFN ne è divenuto socio perché si ritiene che la collaborazione tra gli enti di ricerca in una struttura di scopo sia un processo più immediato e meno costoso che ristrutturare continuamente gli enti di ricerca per adattarli all'evoluzione di obiettivi e programmi. Siccome i programmi cambiano in modo relativamente veloce nel tempo, è più efficace, o perlomeno è una delle alternative, disporre di enti stabili che si aggregano temporaneamente per conseguire gli obiettivi che sfruttano le loro competenze.

In questo quadro l'Italia per mantenere il proprio ruolo deve procedere senza esitazione negli impegni presi per ITER e per il *Broader Approach*.

Il nostro Paese ha sostenuto con forza la necessità di un forte programma di accompagnamento ad ITER in Europa e nel sostenerlo ha proposto la realizzazione di una macchina satellite FAST. La Commissione si è impegnata a favorire un esame approfondito e sereno del progetto e, in caso di giudizio positivo, ad appoggiarne la realizzazione in Italia, contribuendovi finanziariamente. Attualmente è in corso l'esame da parte del *Fusion review panel* previsto nel VII Programma quadro. È importante



che le esitazioni italiane nell'attuazione del programma decennale sulla fusione non offrano l'alibi perché a livello europeo si scarti il programma FAST. È necessario che si garantisca una solidità della nostra presenza a fronte di altri attori europei che vorrebbero una riduzione del programma di accompagnamento. È stato anche detto che in fondo si sta già contribuendo al progetto giapponese di un tokamak satellite di ITER e sarebbe inutile avviarne uno nuovo in Europa. Quando è stato approvato il VII Programma quadro Euratom è stata messa a verbale una dichiarazione ufficiale dell'Italia al Consiglio Competitività in cui si ricordava che il proposto svolgimento delle attività di *Broader Approach* con un contributo volontario di alcuni membri, tra cui l'Italia, non avrebbe dovuto rappresentare una scusa per tagliare il Programma quadro. È un principio che voglio ribadire in questa sede perché è importante garantire una solidità complessiva del sistema Italia affinché non si perdano occasioni accuratamente preparate.

PRESIDENTE. Ringraziamo il professor Rostagni per la sua esauriente presentazione nella quale sono stati forniti anche alcuni elementi storici della vicenda, sempre molto importanti per la valutazione complessiva dello sforzo che si dovrà compiere in futuro.

Delle raccomandazioni che il professor Rostagni, assieme al professor Maiani, ha rivolto al sistema politico terremo ben conto nella fase di allocazione di risorse che ci apprestiamo ad affrontare nei prossimi mesi.

Invito i colleghi a svolgere i propri interventi in tempi contenuti.

VETRELLA (*PdL*). Signor Presidente, avrei moltissime domande da rivolgere ma colgo il suo invito ad essere conciso perché si possa poi discutere anche di altri aspetti oltre a quelli che affronterò.

A seguito delle audizioni finora svolte, compresa quella odierna, resta in me un dubbio da ingegnere sistemista. Non ho ben capito chi è l'architetto di sistema ed in che modo noi italiani ci siamo salvaguardati in tale approccio rispetto alle parti che stanno intervenendo e che si presentano alquanto ben distribuite. La mia impressione è che si sia dovuto raggiungere un compromesso ed ora bisognerebbe capire come esso si sposi con l'architettura di un sistema chiaro e quale sia la posizione italiana in tale architettura. Vorrei sapere anche se sussistono accordi vincolanti in grado di salvaguardarci negli sviluppi futuri.

Inoltre non sembra chiaramente dimostrato che sia possibile ottenere un risultato positivo in termini di ricavo di energia; i presupposti sono già buoni, anche se un conto è condurre un esperimento per pochi secondi altro è sostenere nel tempo un certo processo. Ho però l'impressione che si stia parlando di un livello di tecnologia talmente alto – se ci riferiamo, in particolare, alle elevatissime temperature in gioco – che ovviamente dovrebbe farci pensare ad un grado di sviluppo in pochissimi anni del settore della tecnologia dei materiali oggi difficilmente prevedibile e che, se fosse realizzato, avrebbe ricadute non solo nel comparto energetico ma in tanti

altri settori (propulsione, forni, ed altro ancora) che compirebbero un improvviso salto in avanti.

Infine, ho già accennato nella scorsa seduta al problema rilevante di come si collochi il quadro dell'impresa italiana in questi settori. Tale esigenza si pone per due motivi. Innanzitutto, abbiamo la curiosità di comprendere come si possa parlare di presenza di imprese italiane senza parlare delle modalità di assegnazione dei contratti che, secondo la normativa comunitaria, dovrebbero prevedere apposite gare. Le alternative possono essere due: o si tratta della fornitura di un servizio e della gestione di un appalto per realizzare un determinato prodotto, oppure di una collaborazione che rientra in un quadro di ricerca. Come ho già spiegato nel corso della precedente audizione, se si fa riferimento a questa seconda ipotesi, non capisco perché in Italia si continui ad accettare che i contratti siano affidati all'industria accettando ricarichi di qualsiasi genere. Infatti, se si tratta di attività di ricerca e vi partecipano tutti significa che se ne trae un beneficio, quindi non è possibile prevedere di conseguire un utile su questo tipo di attività. Pertanto, vorrei capire innanzitutto come mai si sfugge al sistema della gara; e poi, se questo è possibile in quanto trattasi di attività di ricerca, vorrei sapere se viene applicato un criterio secondo cui l'industria rinunci almeno a qualsiasi tipo di utile.

VITA (PD). Questo ciclo di audizioni è di grande interesse e mi unico al presidente Possa nel ringraziamento dei nostri ospiti.

Pongo una domanda che non vorrebbe essere retorica, in quanto ha un suo senso preciso. Mi chiedo quale sia il tempo necessario per realizzare tutto questo. Il tempo rappresenta una variabile essenziale, e non sto a spiegarne a voi il perché. Grazie a queste audizioni il tema della fusione nucleare si è snocciolato nella sua scientificità, ma attorno ad esso si sta verificando in Italia un processo che assomiglia, *mutatis mutandis*, a ciò che avvenne tanti anni fa. Allora assistemmo ad una qualche attitudine, forse un po' ideologica, antinucleare; ora si assiste ad un rovesciamento.

La fusione è un processo complesso, costoso, ma distante. Si prevedono, infatti, tempi molto lunghi. Dunque, in che maniera noi entriamo in questa stagione? Con quale dimensione? Solo quella della ricerca, nella speranza che sia risolutiva rispetto alla crisi energetica? Sono domande molto serie per chi svolge attività pubblica e non solo per chi opera nel campo scientifico (persone per le quali ho un rispetto davvero straordinario; non vorrei dare a queste mie parole alcun accento anche lontanamente luddista). Questo però è un aspetto del problema. Di questo oggi può e deve parlare l'agenda nelle sue priorità.

PRESIDENTE. Senatore Vita, mi sembra che la sua domanda sia rivolta anche al sistema politico.

VITA (PD). Assolutamente sì, ma l'ho voluta porre davanti ad una presenza così significativa ed autorevole come quella dei nostri ospiti, di fronte ai quali assume un senso anche diverso.

ASCIUTTI (*PdL*). Signor Presidente, la mia potrà sembrare una considerazione impertinente, poiché probabilmente parte da un presupposto impertinente. Nello scenario energetico che ci è stato illustrato, tramite un grafico, dal professor Rostagni ho notato una forte attenzione alle fonti rinnovabili. Sembra che attualmente il fabbisogno energetico provenga quasi interamente da combustibili fossili, ma in realtà non è così, poiché vi sono altre fonti. Ritengo infatti, pur da profano e sulla base di studi passati, che rispetto a tale grafico ci siano da prendere in considerazione altri elementi. Se ben riesco a leggere il suddetto grafico, esso mostrerebbe che le fonti rinnovabili rappresentano un *target* significativo, quasi quanto tutta l'energia ricavata dal nucleare.

La mia considerazione, comunque, muove da tale premessa per un altro motivo. Oggi per ottenere energia abbiamo la certezza della fissione; sulle fonti rinnovabili e sulle potenzialità del Sole, da quanto ha affermato il professor Rostagni, pare di capire che non si possa insistere oltre una certa misura. La situazione economica mondiale la conosciamo tutti: il prezzo del petrolio è alle stelle; le speculazioni sono forti certo, ma l'aumento del prezzo pare inevitabile.

Oggi si sta facendo un grande lavoro sulle possibilità offerte dal nucleare di quarta generazione; mi chiedo dunque: a tal proposito, a che punto siamo arrivati? A che punto sono l'Europa o i vari consorzi? Prevedete che gli impianti a fissione di quarta generazione possano arrivare a compimento prima di quelli da fusione? È vero che il tempo di decadimento delle scorie radioattive da fusione è molto breve, ma il problema della radioattività rimane. In questo Paese non si può parlare di depositi di scorie radioattive (a differenza di altri Paesi, come la Francia, dove addirittura i maestri passeggiano con i propri alunni nel parco-deposito, o la Spagna con El Cabril). Da parte vostra, esiste un'ipotesi di conservazione di queste? Visto che il CNR sicuramente produrrà delle scorie radioattive come risultato delle sue attività, mi chiedo come risolviatelo il problema del deposito di tali scorie. Lo chiedo a voi perché in Italia non sempre si riesce a capire dove vengano depositati i bidoni di spazzatura radioattiva.

BUBBICO (*PD*). Signor Presidente, vorrei subito scusarmi perché, a causa di miei precedenti impegni, non avrò modo di ascoltare le risposte ai quesiti che avanderò nel mio intervento; avrò comunque modo di leggerli sul resoconto. Vorrei svolgere qualche breve considerazione e poi porre alcune domande. È ragionevole pensare che questo programma possa risultare valido anche in assenza di un preciso rendimento sul versante energetico o in assenza di situazioni di criticità misurabili in termini di fabbisogno energetico? Se così fosse, si ritiene utile esplicitare, magari in maniera più diretta, leggibile e divulgabile, i percorsi di ricerca e di ingegnerizzazione conseguenti, con le relative ricadute sul settore industriale del nostro Paese? In ragione di ciò, anche alla luce delle domande piuttosto fondate e pertinenti del collega Vetrella, quali modalità dal punto di vista scientifico è possibile immaginare affinché il settore privato possa

investire di più nel campo della fusione, anche attraverso una partecipazione più diretta?

Inoltre, in che modo questo progetto può animare quella relazione virtuosa con gli altri comparti e segmenti della ricerca pubblica e privata nel nostro Paese? Mi spiego meglio: oltre alle ipotizzate o ipotizzabili ricadute industriali, è possibile immaginare che possano esserci delle ricadute anche sul versante delle istituzioni che operano nel settore della ricerca nel nostro Paese?

Infine, dato che il quadro progettuale e quello delle condivisioni internazionali sembrano definiti, perché questo progetto possa svilupparsi è necessario soltanto garantire un quadro di certezze dal punto di vista delle risorse disponibili da attribuire in relazione ai tempi di sviluppo del progetto stesso? Tutto ciò ha evidentemente una rilevanza rispetto alle decisioni che, attraverso questo lavoro, suggeriremo al Governo in carica di assumere.

VALDITARA (*PdL*). Vorrei approfittare dell'occasione per salutare il professor Maiani e il professor Rostagni, ringraziandoli per essere presenti in questa sede e per averci esposto le loro interessantissime relazioni.

Intendo porre due domande di carattere politico, in senso lato. Prima però farò una riflessione riguardante le applicazioni concrete della fusione. Alla luce delle vostre relazioni, tali applicazioni dovrebbero concretizzarsi fra circa trent'anni; si tratta di un periodo certo o ancora ipotetico? Al termine del programma che avete preventivato, siamo verosimilmente sicuri che si possa sviluppare un uso di questo tipo di energia? Quanto investono in percentuale gli altri Paesi in questo tipo di ricerche rispetto all'Italia?

La prima domanda prende spunto dalle considerazioni del senatore Vita perché, nell'ipotesi in cui vi fossero delle ricadute certe da questo tipo di ricerche, è evidente che il nostro lavoro di programmazione non riguarderebbe l'arco di una generazione, ma dovrebbe prendere in considerazione il futuro dei nostri figli e il divenire dell'umanità. Anche nell'ipotesi in cui ci fossero degli sviluppi di grande rilievo a una relativa distanza di tempo, il potere politico dovrà avere comunque il coraggio di investire in questa direzione.

PRESIDENTE. Vorrei porre alcune domande ai nostri ospiti. Mi sono fatto l'idea che le incognite, nel senso evidenziato dai senatori Bubbico e Valditara, della sperimentazione che verrà fatta su ITER riguardano, in primo luogo, il materiale della parete di contenimento del plasma soggetto ad irradiazioni di flusso neutronico molto elevate e, in secondo luogo, le instabilità possibili del flusso del plasma. Su questo sarei lieto di sapere l'opinione dei nostri ospiti in merito alla capacità di simulazione del plasma in condizioni di pre-ignizione, che sono quelle considerate per ITER.

Vorrei poi sapere se esiste la possibilità di danneggiamenti sul materiale superconduttore dei magneti, che tengono assieme il plasma, ad opera dei neutroni.

Infine, mi chiedo se ITER riuscirà a raggiungere il rapporto tra potenza effettivamente sviluppata dalla fusione e potenza sviluppata per il riscaldamento del plasma per effetto di sistemi artificiali (quali l'iniettore di neutri, le radiofrequenze e l'effetto Joule sul plasma) secondo la formula  $Q=10$  che, in sostanza, riprodurrebbe condizioni abbastanza simili a quella  $Q=\infty$  in cui la potenza sviluppata nel plasma dalla fusione è uguale alla potenza dispersa dal plasma stesso nel resto dell'ambiente, dando luogo ad autosostentamento. Vorrei sapere se i dubbi che ho fin qui esposto e quelli che sto per formulare rappresentano, in effetti, le incognite principali. Si nutre una certa ragionevole fiducia di superare tali incognite? ITER riuscirà a raggiungere il rapporto  $Q=10$  o si dovrà fermare molto prima? E dove? A  $Q=4$ , a  $Q=5$ ?

Vi è poi la questione principale legata alle incognite relative alla perturbazione nella conformazione del plasma dovuta al fatto che viene alterato dalla iniezione artificiale di energia e la questione *a latere*, cui ho già accennato, che riguarda la possibilità di simulare matematicamente la fisica del plasma in condizione di pre-ignizione.

Qual è l'esperienza maturata dall'Istituto di fisica del plasma «Pietro Caldirola» di Milano riguardo questa difficilissima azione di simulazione?

A proposito di LHC, ricordo un'esperienza molto positiva relativa alla gestione delle iniziative industriali italiane connesse a LHC illustrati al CERN di Ginevra dal professor Centro. È stata – e lo è tuttora – un'esperienza molto positiva, come lei stesso, professor Maiani, ha ricordato. Sarebbe opportuno che una figura equivalente al professor Centro fosse attivata per la realizzazione delle commesse *in kind* ITER da parte italiana. Personalmente, rimasi molto colpito da quanto realizzato attraverso la particolare azione sviluppata dal professor Centro.

*ROSTAGNI.* Onorevoli senatori, nel rispondere cercherò di seguire l'ordine con cui le domande mi sono state poste, anche se alcune di esse sono collegate. Innanzitutto, le esperienze condotte finora portano ad affermare che i livelli di tecnologia dovrebbero essere adeguati alle elevatissime temperature del plasma. Si tratta di vedere quale flusso di particelle colpirà i materiali. Per ITER, che opererà per un numero relativamente limitato di impulsi all'anno (anche se si tratta di impulsi di una frazione consistente di ora), esistono materiali che si ritengono idonei. Per il futuro sono necessari esperimenti accelerati di vita dei materiali e IFMIF ha proprio questo obiettivo. Quasi certamente, i materiali ottimali non si otterranno nel corso della prima generazione di impianti, ma si svilupperanno progressivamente dal momento in cui si avranno a disposizione dei reattori funzionanti, come è avvenuto per altri settori.

Il senatore Vita ha affermato che il tempo del risultato è una variabile essenziale. Noi stiamo lavorando ad un programma che costituisce una svolta. Naturalmente i ritardi sono possibili, ma se non si incorre in problemi legati alla mancanza di finanziamenti o a decisioni contraddittorie. L'esperienza di lavoro maturata su grandi impianti analoghi (inclusa quella relativa a LHC), dimostra che attraverso una gestione attenta si pos-

sono indicare termini temporali realistici. Magari, per alcuni risultati sperimentali si anticipa, per altri si ritarda, ma l'essenziale è sviluppare con determinazione e costanza i progetti.

Posso, comunque, affermare con certezza che nel corso dei cinquant'anni trascorsi dal 1958 ad oggi, quando si è passati a macchine di una certa consistenza ed in particolare per ITER, i tempi sono stati dominati da fattori esterni alla ricerca e alla realizzazione: ITER poteva essere pronto dieci o quindici anni fa, mentre sta partendo ora. Questo credo sia un elemento fondamentale, come credo non sia equo attribuire i ritardi solo a chi lavora alla progettazione o alla realizzazione di simili macchine. Per questo motivo ritengo che la svolta sia rappresentata dal passaggio da programmi a catena aperta ad un programma con un preciso obiettivo da sviluppare tramite attività in parallelo.

A tal proposito, vorrei fare un richiamo alle decisioni che l'Europa sta assumendo proprio nel settore energetico attraverso il SET *Plan* (*Strategic energy technology plan*), in cui per la prima volta si fa riferimento alla fusione.

In tutti i programmi del SET *Plan* vi sono incognite temporali. Gli stessi reattori autofertilizzanti di quarta generazione, come anche il sequestro di CO<sub>2</sub>, rappresentano scenari futuri per i quali sono necessari ancora anni di ricerca. Nel futuro prossimo la fissione è rappresentata ancora dagli attuali reattori; come ho evidenziato nel testo, è necessaria un'ulteriore generazione di reattori. Per tali impianti le risorse di uranio come utilizzate attualmente non sono molte. Se si vuole continuare ad utilizzare la fissione è necessario puntare ad un uso maggiore del combustibile con tecniche più sofisticate.

Per ciò che concerne le fonti energetiche rinnovabili, ho fatto un fugace richiamo all'uso dei biocombustibili. Il messaggio che mi sento di dare è che, dal momento che nei prossimi trenta-quarant'anni il nostro bisogno principale sarà assorbire CO<sub>2</sub>, dovremmo preoccuparci anzitutto di piantare ovunque nuova vegetazione, meglio se vegetazione di lunga durata. Bruciamo invece i combustibili più efficienti. L'uso dei combustibili «rinnovabili», in un'ottica di lungo termine, è limitato e probabilmente allora si saranno sviluppate altre fonti di energia. Il solare termico, il solare fotovoltaico e l'eolico, invece, sono sistemi che hanno delle grandi potenzialità, ma su fronti diversi dalle fonti ad alta concentrazione. Possono essere utilizzati in quelle situazioni in cui vi siano reti distribuite; dobbiamo inoltre tener conto del fatto che gran parte della popolazione non vive in Paesi con un livello di sviluppo come il nostro (se pensiamo all'Africa, ad esempio, è chiaro che non si può immaginare di portarvi la fusione a breve, perchè prima avranno bisogno di altro). L'idea è che l'insieme del panorama energetico va affrontato in maniera coerente; c'è bisogno, a livello di ricerca, di sviluppare tutto; l'utilizzazione sarà un problema delle singole economie. I diagrammi che ho mostrato si rifanno a dati forniti da enti (IIASA, WEC e IEA) che fanno sistematicamente proiezioni come queste. Essi si basano su varie simulazioni, con gli errori che possono derivare da variabili imprevedibili, quali l'incremento del costo del

petrolio, ma comunque sono le migliori previsioni che possiamo avere sulla base delle conoscenze attuali.

Per quanto riguarda i rifiuti radioattivi, vorrei sottolineare che a differenza della fissione (in cui al termine del processo restano nel reattore dei materiali che vanno periodicamente portati nei depositi, perché la fissione produce lo spezzamento di nuclei in tante diverse specie atomiche, di cui alcune molto pericolose e con tempi lunghi di smaltimento), nella fusione i neutroni vengono usati per riprodurre trizio; quindi solo una piccola parte dei neutroni produce un'attivazione dei materiali fissi dell'impianto (non scorie radioattive) e dopo un certo lasso di tempo, quando diventa possibile manipolarli, anche con tecniche remote, non vengono portati nei depositi bensì riutilizzati per riattivare una nuova centrale. Il fatto che detti materiali decadano in tempi confrontabili con il ciclo di vita di una centrale vuol dire che non si ha nel mondo un accumulo progressivo di radioattività, ma che questa si produce e decade ciclicamente. In pratica, quindi, ci sarà una generazione di centrali in opera e una generazione di centrali in manutenzione per il ripristino, mentre con la fissione le scorie durano decine di migliaia di anni e ad ogni generazione se ne crea un nuovo *stock*.

Per quanto riguarda le applicazioni concrete nell'arco di circa trent'anni, quando le varie tecnologie, che stanno più o meno procedendo in parallelo, saranno disponibili, in qualche modo la competizione sarà economica; il che vuole dire non nel breve termine ma in prospettiva. Quindi il problema centrale è di progettare la ricerca per arrivare al più presto ai risultati; poi si deciderà se dalla sperimentazione si può passare all'applicazione concreta, tuttavia già ITER e DEMO, che seguirà, sono programmi realistici e seri.

Si è chiesto qual è la possibilità di danneggiamento dei superconduttori: rispondo che è nulla perché c'è uno schermo tra la camera di scarica e il sistema di conversione dell'energia (e quindi di assorbimento dei neutroni) che impedisce che ai superconduttori arrivino radiazioni ionizzanti.

Per venire alle domande molto puntuali del presidente Possa, in questi anni certamente sono emerse incognite nella sperimentazione, ma si è imparato anche ad affrontarle e a risolverle. Sui materiali della parete ho già detto. Sull'instabilità del plasma ci sono le capacità di simulazione, ma in questi anni si stanno sviluppando ulteriori livelli di controllo; un esempio sono proprio gli esperimenti che stiamo conducendo su RFX, macchina lontanissima da ITER, ma in cui, con un sistema di controllo basato su tecnologie attuali veloci, siamo in grado di controllare, bloccare o far ripartire la crescita di singoli «modi instabili». Questo è uno sviluppo che avrà certamente un riflesso anche su altre macchine.

Occorre sottolineare quindi l'importanza dell'integrazione delle ricerche, in particolare del programma di accompagnamento, che consente di sviluppare in parallelo più esperimenti, permettendo così di affrontare i problemi spesso ancor prima che si presentino nella realtà delle macchine principali.

*MAIANI.* Pur non essendo un esperto di fusione nucleare, vi sono punti che sono stati toccati sui quali ritengo di poter fornire qualche indicazione. Il primo è un problema ricorrente nel caso della ricerca, soprattutto di quella a lungo termine: come si fa ad essere sicuri che fra trent'anni vi sarà una effettiva realizzazione di tali progetti? Penso che in questi casi occorra confrontare le cifre che si mettono in campo, facendo un bilancio costi-benefici: è chiaro che le cifre che vi abbiamo mostrato, soprattutto se spalmate su dieci anni, sono cifre che corrispondono ad un rischio accettabile, almeno proposto come tale dalla comunità che vuole realizzare questi esperimenti. In secondo luogo, la ricerca in questi campi procede per approssimazioni successive. A tal proposito vorrei riportare l'esperienza dell'LHC, una macchina inizialmente concepita con caratteristiche completamente al di fuori del conosciuto, che quindi presentava dei rischi sia di per sé, sia nei rivelatori. Tuttavia dall'analisi fatta a quel tempo emergeva che, proiettando le capacità tecnologiche che si potevano controllare, si poteva ragionevolmente pensare di farcela. Questo processo viene controllato nel tempo. Quando ero direttore del CERN ho imparato un termine molto efficace: *show stopper*, qualcosa che ferma lo *show*. Quello è il vero problema. Ma lo *show stopper* si vede da lontano e al momento su questa strada non se ne vedono. Naturalmente lo scopo della ricerca è continuare ad andare avanti senza impegnare cifre più rilevanti finché non si è ragionevolmente sicuri che non vi siano, appunto, *show stopper*. Nel corso della costruzione di un oggetto complesso come ITER, o come è stato LHC, questo è il problema: capire con anticipo se si va incontro a qualcosa che bloccherà il progetto, oppure se le difficoltà che si intravedono si potranno aggirare, magari scontando un qualche ritardo. Penso che sia questo il problema. Tutte le ricerche condotte finora ed i risultati acquisiti fanno ragionevolmente pensare che sulla nostra strada non ci sono dei blocchi che ci inducono ad ammettere che ci siamo sbagliati e che non si doveva andare in questa direzione. La ricerca naturalmente è fatta di incognite; se conoscessimo esattamente il risultato non faremmo ricerca ma realizzeremmo direttamente l'impianto.

La questione delle gare, sollevata da diversi membri delle Commissioni, è un argomento molto interessante. L'esperienza di LHC insegna, perché nell'ambito di questo progetto le gare erano realmente tali e vi garantisco che le imprese ci hanno guadagnato. C'è il periodo di ricerca e sviluppo, in cui magari si realizzano dei programmi in collaborazione con le imprese, ma c'è anche un momento in cui si svolgono le gare, che sono reali. Mentre l'Europa deve intervenire con una certa frazione di contributo, per cui un certo numero di gare devono essere vinte in Europa (e il nostro Continente ha sicuramente la capacità per farlo), i 350 milioni di euro di cui abbiamo già parlato rappresentano per l'Italia una stima e non una certezza. Nel caso di LHC, però, il risultato finale è stato superiore alla stima del giusto ritorno che si attestava intorno al 12 per cento, mentre le imprese italiane si sono aggiudicate il 17 per cento. In questo caso è intervenuta l'esperienza citata. Occorre certamente un'organizzazione che trasmetta al sistema industriale le richieste dell'organismo



che costruisce gli impianti, in maniera tale che le imprese concorrano alle gare giuste e con i giusti argomenti. Vi posso assicurare che è un impegno difficile. Tuttavia, si può e si deve fare. Ripeto, nel caso di LHC le imprese hanno guadagnato il loro giusto margine e non hanno lavorato con sovvenzioni. Il problema è stato che per il progetto LHC si è passati da un periodo in cui le imprese, pur di lavorare in un progetto di questo genere, erano disposte a perdere, ad un periodo in cui non hanno più voluto correre questo rischio temendo il fallimento. Non mi sembra, però, che siano sorti problemi di rilievo.

La questione della simulazione è molto interessante. In generale, la mia esperienza – il professor Rostagni ne sa più di me – è che in materia di fluidodinamica la simulazione non è capace di fare tutto *ab initio*; intervengono, infatti, problemi «a molte scale» e non si riesce ad arrivare alla granularità finale. Nel laboratorio di Milano, però, sono stati messi a punto, ad esempio, dei sistemi di diagnostica del plasma che poi vengono utilizzati per tarare i modelli a cui si ricorre. C'è un continuo confronto fra esperienza e simulazione, simulazione ed esperienza. Questo è il progresso e questa è una delle ragioni per cui occorre costruire le macchine per progredire, come già affermato dal collega Rostagni. In caso contrario, il progresso si ferma.

Infine, in risposta al senatore Ascutti, non credo che il CNR produca rifiuti radioattivi. Non lo credo proprio.

**ASCIUTTI (PdL).** La mano sul fuoco non ce la metterei e non ce la metta neanche lei. In campo medico si producono rifiuti radioattivi.

**MAIANI.** Ma questa è un'altra questione. Stiamo discutendo del programma di fusione. Nel programma di fusione condotto dal CNR non si producono rifiuti radioattivi. In campo medico si producono molte scorie radioattive, lo sappiamo, e si devono smaltire nel modo giusto, senza buttarle nei cassonetti o trattarle in una maniera altrettanto sbagliata.

Suppongo comunque che gli studi del CNR seguano le leggi vigenti in materia.

**BERTOLI.** Si sviluppano anche impianti per smaltire eventuali rifiuti di questo genere. L'Istituto di fisica del plasma, ad esempio, è particolarmente specializzato per produrre impianti per lo smaltimento di rifiuti tossici.

**MAIANI.** Se si dovesse scoprire che qualche istituto viola la legge verrebbe sicuramente denunciato.

**ROSTAGNI.** Vorrei aggiungere che perché ci sia radioattività nei progetti di fusione è necessario utilizzare il trizio. Esso in Europa è stato usato per pochi impulsi su JET (*Joint European Torus*) ottenendo risultati importanti, e verrà utilizzato in ITER. Per quanto riguarda tutti gli altri progetti oggi esistenti non si produce radioattività. In futuro, quando ciò

capiterà, bisognerà rispettare le regole di sicurezza. Certamente con gli acceleratori si produce attivazione ma non si producono scorie. INFN fa acceleratori da anni.

Per quanto riguarda il contributo alla fusione dei Paesi europei in termini di investimento, la Germania investe il doppio dell'Italia, la Francia la stessa quota, anche l'Inghilterra apparentemente la stessa pur se, in realtà, gode di un contributo comunitario più rilevante. La Francia con ITER investirà molto di più perché il 20 per cento della parte europea del progetto è a carico della Francia (l'Europa è presentata come Paese ospite); a tale quota devono aggiungersi altre spese relative alle attività esterne al recinto dell'impianto. L'Italia ha deciso di partecipare al programma come descritto per mantenere un ruolo equivalente a quello che ha avuto in passato (schede n. 15 e 16).

PRESIDENTE. Ringrazio ancora i nostri ospiti per la loro presenza e per l'esauriente contributo offerto ai nostri lavori.

Dichiaro conclusa l'audizione e rinvio il seguito dell'indagine conoscitiva ad altra seduta.

*I lavori terminano alle ore 16,30.*



