

LUCIANO SANI*

Ricordare la figura del prof. Arnaldo Maria Angelini, nato a Force (Ascoli Piceno) il 2 febbraio 1909, non è un compito facile date le caratteristiche poliedriche della persona. Infatti molteplici sono gli aspetti della Sua attività che si possono illustrare: Lo si può presentare come sperimentatore presso il laboratorio di misure e prove elettriche della Soc. Terni da Lui realizzato, o come teorico per le varie applicazioni da Lui fatte del calcolo operatorio di Giorgi e della Scienza ed Ingegneria dei sistemi, o come artefice della ricostruzione del sistema elettrico primario dell'Italia Centrale interamente distrutto dagli eventi bellici, o come imprenditore industriale per la realizzazione in Italia dei più importanti impianti idroelettrici reversibili di produzione e di sollevamento d'acqua mediante pompaggio, o come professore universitario per l'insegnamento ricco di esperienza professionale e per l'impulso da Lui dato, quando ne fu direttore, all'allora Istituto di Elettrotecnica della Facoltà di Ingegneria di Roma, oppure come organizzatore dell'ENEL nella complessità dei problemi legati all'integrazione delle centinaia di imprese elettriche trasferite al nuovo Ente, o come fautore dell'utilizzazione dell'energia nucleare ai fini della produzione di energia elettrica.

Da questa breve rassegna introduttiva, si può comprendere come fosse ben meritato il conferimento ad Angelini nel 1967 dell'onorificenza di Cavaliere di Gran Croce dell'Ordine al merito della Repubblica Italiana e nel 1974 dell'onorificenza di Cavaliere del Lavoro, entrambe come riconoscimento della Sua operosità a vantaggio della cosa pubblica.

Nel seguito si tratteggerà l'attività di Angelini nei differenti campi in cui Egli riuscì ad emergere grazie alle Sue capacità e all'impegno da Lui profuso.

Angelini e l'industria elettrica

Angelini è stato certamente per oltre vent'anni il massimo esponente dell'energia elettrica in Italia e indubbiamente anche tra i più eminenti rappresentanti a livello europeo.

* Professore ordinario di impianti nucleari II, Università degli Studi di Roma «La Sapienza», già Vice Direttore Centrale delle Costruzioni dell'ENEL.

L'attività professionale di Angelini ebbe inizio nel gennaio del 1931 quando entrò presso il settore elettrico della Società Terni e divenne poi capo del Laboratorio Misure e Prove. La Terni, Società per l'Industria e l'Elettricità, era nata nel 1922 dalla trasformazione della Soc. Altiforni, Acciaierie e Fonderie in un grosso complesso elettrico, siderurgico, meccanico, minerario e chimico.

L'attenzione di Angelini, oltre che al collaudo del macchinario e delle apparecchiature elettriche ed idrauliche, veniva estesa alla ricerca sperimentale soprattutto nel campo dei fenomeni determinati da anomalie di origine interna o esterna al macchinario e alle linee, quali sovracorrenti e sovratensioni e fra queste ultime, in particolare, quelle originate da scariche atmosferiche. Gli studi teorici e sperimentali condotti da Angelini in questo campo prendevano uno sviluppo tale da porre il Laboratorio della Terni, con una sala prove ad alta tensione dotata tra l'altro di un generatore di impulsi a un milione di Volt e di un oscillografo catodico, in una posizione di avanguardia non solo nel nostro paese ma anche nei confronti dell'estero. Delle varie pubblicazioni sui risultati ottenuti si ricorda quella sulla «Revue Général de l'Electricité» dell'aprile 1937 dal titolo «L'enregistrement au moyen de l'oscillographe à rayon cathodique des phénomènes électriques transitoires à amortissement rapide». Per la ricerca nel campo delle alte tensioni ricevette nel 1944 dall'Associazione Elettrotecnica Italiana il Premio «Pugno Vanoni». Gli studi teorici portavano ad una larga applicazione del calcolo operatorio sui fenomeni transitori nei circuiti elettrici.

Dopo una parentesi di alcuni anni presso la Società Telefonica STET di Torino, attorno al periodo della guerra, nel 1944 Angelini tornava, quale Direttore del settore elettrico, alla Terni, ove ebbe la responsabilità della ricostruzione ed ampliamento del maggior sistema elettrico dell'Italia centrale, andato completamente distrutto nel giugno 1944 a seguito degli eventi bellici. Infatti gli impianti idroelettrici della Terni sui fiumi Velino e Nera per la loro potenza e le ampie possibilità di accumulazione nei serbatoi del Salto e del Turano, con una capacità complessiva di 440 milioni di mc, costituivano la fonte più cospicua di energia nell'Italia centro-meridionale e rappresentavano uno dei maggiori centri di regolazione e di scambio di energia idroelettrica del Paese. La rimessa in servizio degli impianti in tempi rapidi avrebbe contribuito alla ripresa delle attività e dello sviluppo economico dell'Italia centrale con particolare riguardo alle Acciaierie di Terni, che dovevano ricostruire il macchinario idroelettrico dei propri impianti e quello di altre imprese elettriche.

Ai fini del coordinamento della ricostruzione il Governo istituiva, d'intesa con la Commissione Alleata, un «Comitato Consultivo per l'Energia Elettrica», la cui presidenza veniva affidata ad Angelini.

Si trattava per la Terni di dare la precedenza, nella ricostruzione, agli impianti che consentivano una pronta disponibilità di energia elettrica, come quelli facenti parte del sistema idroelettrico del Velino, andati distrutti, e quelli facenti parte del sistema idroelettrico del fiume Vomano, i cui lavori, iniziati nel 1938 e sospesi

durante la guerra, non avevano fortunatamente subito danni. Veniva così dato compimento al programma varato dalla Terni negli anni 36-37 relativo allo sfruttamento dell'alto corso del Velino e del bacino del Vomano per garantire la produzione di energia elettrica necessaria a soddisfare i propri bisogni interni nei settori elettrochimico ed elettrosiderurgico e i fabbisogni esterni.

Sul Velino era stato possibile già nel 1947 mettere in servizio la centrale di Cotilia con i due gruppi ternari di produzione e pompaggio, in quanto le due pompe da 30 MW erano sfuggite alle distruzioni belliche trovandosi ancora in fabbrica nel nord Italia.

Sul Vomano venivano ripresi i lavori interrotti per la guerra e completato, con soluzioni migliorative rispetto al progetto originario, un sistema idroelettrico costituito da:

- il serbatoio di testa di Campotosto, nei pressi del Gran Sasso, a quota 1330 m, con una capacità iniziale di 150 milioni di mc aumentabile a 300;
- la centrale reversibile di Provvidenza, alimentata dal serbatoio di Campotosto, dotata di due gruppi ternari da 50 MW ad asse orizzontale costituiti da turbina-alternatore-pompa ed un terzo gruppo binario da 60 MW ad asse verticale con macchina idraulica reversibile turbina e pompa, e un serbatoio di compenso allo scarico;
- la sottostante centrale di San Giacomo con tre gruppi da 50 MW ciascuno e a valle di questa la centrale di Montorio con tre gruppi da 40 MW ciascuno.

Si veniva così a realizzare un sistema idroelettrico con servizio di integrazione e di punta con potenza pari alla somma della potenza delle tre centrali in cascata e con servizio di accumulazione nel serbatoio di Campotosto grazie al pompaggio della centrale di Provvidenza, che consentiva di spostare la produzione del sistema da una stagione ad un'altra o da un anno ad un altro. Il tutto era entrato in regolare servizio tra il 1948 e il 1955 tranne il gruppo con macchina idraulica reversibile della centrale di Provvidenza che entrava in funzione nel 1962. Di tali importanti sistemi con servizio di integrazione, di punta e di accumulazione di energia, Angelini aveva dato comunicazione all'VIII Congresso della «Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique (UNIPÉDE)» che si era tenuto a Bruxelles nel 1949, dopo 13 anni di interruzione a causa delle vicende belliche.

Il sistema elettrico della Terni al momento della nazionalizzazione dell'energia elettrica presentava un'incidenza della potenza degli impianti di accumulazione su quella degli impianti di generazione del 20% a fronte di quella nazionale che era di poco superiore al 3%.

Nel 1952 l'I.R.I. costituiva la Finelettrica, con lo scopo di promuovere lo sviluppo e il coordinamento della produzione di energia elettrica delle società di cui aveva partecipazioni finanziarie, tra cui la Terni. Angelini ne avrebbe assunto la Vicepresidenza.

A seguito della decisione dell'«OECD-Council» nel novembre 1956 di creare

un gruppo permanente di esperti qualificati di alta competenza per seguire costantemente e riferire su tutti i problemi relativi all'energia in Europa, Angelini veniva chiamato a far parte dell'«Advisory Commission» assieme ad altri otto membri tra cui:

- Louis Armand, allora Presidente dell'EURATOM
- Herman J. Abs, allora presidente della «European Community Commission»
- Walker Lee Cisler, per gli USA, quale massimo responsabile a suo tempo dell'attuazione in Europa del Piano Marshall per il settore energetico.

Lo slancio profuso da Angelini nella ricostruzione si protraeva nell'attuazione degli impegnativi programmi della Terni precedentemente impostati e nella promozione di altre iniziative nel campo della produzione e trasporto dell'energia elettrica, il che lo portava alla carica prima di Vice Direttore Generale e quindi di Amministratore Delegato e Direttore Generale della Terni. Tra tali iniziative se ne ricordano alcune:

— partecipazione della Terni nella Società Termoelettrica Tirrena (STT) con una quota del 50% per la realizzazione della centrale termoelettrica di Civitavecchia utilizzando i prestiti agevolati dei fondi ERP (European Recovery Program) previsti dal piano Marshall. Vale la pena ricordare che la centrale di Civitavecchia assieme ad altre centrali termoelettriche distribuite sull'intero territorio nazionale dal Piemonte alla Sicilia, tutte realizzate utilizzando i fondi ERP, dovevano costituire l'ossatura del parco termoelettrico italiano, rivelatosi fondamentale per far fronte ai crescenti fabbisogni di elettricità che le disponibilità idroelettriche a lungo andare non avrebbero potuto soddisfare;

— partecipazione della Terni al progetto delle opere idrauliche e della parte elettrica degli impianti sul Tevere della Società Idroelettrica Tevere (SIT), di cui la Terni aveva una quota del 50%. I quattro impianti, da valle a monte, di Castel Giubileo, Nazzano, Ponte Felice e Baschi venivano completati tra il 1951 e il 1963;

— partecipazione della Terni alla Società Elettronucleare Nazionale (SENN) con una quota del 25% per la realizzazione della centrale nucleare del Garigliano, sul fiume omonimo, da 150 MW che doveva entrare in esercizio un anno dopo la nazionalizzazione delle imprese elettriche;

— realizzazione della linea elettrica a 220 kV, lunga 424 km, con conduttori bifilari, i primi del genere in Italia, in partenza dalla stazione di Villa Valle (Terni) per alimentare lo stabilimento siderurgico di Cornigliano (Genova) della Italsider che richiedeva una potenza elettrica con punte ogni due minuti di 40 MW sul carico di base. La linea venne realizzata nel giro di circa nove mesi a partire dal maggio 1952. Tale linea, assieme a quella della Compagnia Nazionale Imprese Elettriche (CONIEL) a 220 kV, lunga 402 km, che collegava il sistema di trasmissione primaria della Terni, dalla stazione di Villa Valle, con quelli di varie società settentrionali, doveva costituire la prima dorsale tra le aree del centro e nord Italia.

L'interesse di Angelini nel reperimento di fonti di energia di natura diversa da quelle tradizionali era messo in evidenza nella comunicazione «Reflections on the economic value of geothermal energy, wind power and solar energy especially after conversion to electrical energy» da Lui presentata alla Conferenza Internazionale sulle nuove fonti di energia promossa dall'ONU e svoltasi a Roma nell'agosto 1961. Tale tematica sarebbe stata ripresa successivamente in più di un'occasione.

Nel 1959, per un triennio, Angelini veniva nominato Presidente Generale dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI) per poi divenire Socio Emerito a vita.

Nel dicembre del 1962 nasceva l'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), quale provvedimento di razionale unificazione del sistema elettrico nazionale attraverso il trasferimento ad esso delle imprese esercenti le industrie elettriche, ad eccezione delle aziende elettriche degli Enti locali e gli autoproduttori con fabbisogno di energia elettrica superiore al 70% della propria produzione. Più precisamente la legge riservava all'ENEL il compito di esercitare sul territorio nazionale, con minimi costi di gestione, le attività di produzione, importazione ed esportazione, trasporto, trasformazione, distribuzione e vendita dell'energia elettrica da qualsiasi fonte prodotta.

Il 21 febbraio del 1963 il Consiglio di Amministrazione dell'ENEL nominava Angelini Direttore Generale; da quel momento Egli dedicava intensamente la Sua attività alla guida tecnica e manageriale del sistema ENEL.

La nazionalizzazione comportava l'integrazione in un'unica struttura di circa 1200 imprese, il coordinamento della produzione termoelettrica ed idroelettrica e del trasporto dell'energia elettrica, la realizzazione di una rete di interconnessione a 380 kV, il potenziamento delle reti di distribuzione e l'elettrificazione rurale. Già alla fine dell'anno il bilancio consolidato dell'ENEL per l'esercizio 1963 comprendeva 73 imprese integrate, le quali rappresentavano circa l'85% della consistenza globale degli impianti di cui era prevista la nazionalizzazione.

Nella nuova visione unitaria del servizio elettrico e di ottimizzazione dei bilanci fra domanda e disponibilità per grandi circoscrizioni geografiche veniva varato nel 1964 un programma che prevedeva, oltre che centrali termoelettriche, l'impianto idroelettrico di generazione e pompaggio di Roncovalgrande, tra il lago Delio ed il lago Maggiore, con otto unità da 121,5 MW e con pompe di potenza mai raggiunta fino ad allora in Europa.

Nel 1967 la produzione termoelettrica in Italia superava decisamente quella idroelettrica.

I risultati conseguiti nella gestione dell'ENEL nei primi 10 anni di attività di Angelini come Direttore Generale possono essere così riassunti:

- la produttività era stata raddoppiata;
- la produzione di energia elettrica era stata portata a 2,5 volte quella prodotta dalle imprese elettriche confluite nell'ENEL;
- il costo medio dell'energia elettrica in termini reali era stato ridotto del 25%;

- il percorso medio dell'energia nel sistema primario di trasmissione era stato ridotto del 40%;
- l'elettrificazione rurale aveva consentito di estendere il servizio elettrico ad oltre 500.000 abitanti delle campagne che ne erano privi;
- il progetto delle centrali termoelettriche era stato unificato sia per la taglia da 320 MW che per quella da 660 MW;
- il sistema di trasmissione a 380 kV era stato realizzato a livello nazionale ed interconnesso con quello europeo.

Nel 1965 Angelini diveniva membro del «Comité de Direction» dell'UNIPÉDE per poi passare nella posizione di Vice Presidente.

Nel 1967 assieme al Prof. Fukuda dell'Università di Tokio era stato promotore dell'istituzione dell'«International Electric Research Exchange (IERE)», che poi è divenuto un importante sodalizio internazionale fra le imprese elettriche nel campo della ricerca.

Il contributo dato da Angelini all'integrazione dei sistemi elettrici interconnessi di produzione e trasmissione, con stazioni reversibili di generazione e sollevamento d'acqua mediante pompaggio, è stato in particolare l'argomento che ha motivato il conferimento a Lui nel 1970 della medaglia d'oro «Castellani» da parte della «Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana».

La problematica dell'accumulazione dell'energia, mediante impianti idroelettrici reversibili, è stata sempre una costante permanente di Angelini basata sulla considerazione che il valore dell'energia prodotta da un impianto idroelettrico è tanto più elevato quanto maggiore è la capacità di regolazione della produzione dell'impianto per soddisfare le variazioni nelle richieste della rete nel corso di una giornata, di un mese o di un'intera stagione. Inoltre questa capacità di regolazione dell'energia è particolarmente accentuata quando il sistema idroelettrico è in grado di accumulare non solo l'energia producibile con l'acqua del bacino imbrifero utilizzato, ma anche quella di supero proveniente da altri impianti, nelle ore notturne e nelle giornate festive di basso carico, mediante il sollevamento di acqua. Questi impianti di accumulo dell'energia, per le loro caratteristiche intrinseche, assumono particolare rilievo per quanto concerne la risposta alle variazioni più rapide della domanda di potenza, il controllo della frequenza della rete e la riserva di potenza per fronteggiare situazioni anormali.

Nel 1971, per un triennio Angelini venne eletto Vice Presidente dell'«International Executive Council (IEC)» della «World Energy Conference» e poi al termine del mandato, Vice Presidente Onorario.

Nel febbraio del 1973 Angelini veniva nominato Presidente dell'ENEL per il quinquennio successivo.

Sempre nel 1973 veniva messa in programma la costruzione delle due grandi centrali termoelettriche di Porto Tolle (Rovigo) e di Torvaldaliga Nord (Civitavecchia) da 2640 MW, ciascuna con quattro gruppi da 660 MW dello standard più avanzato.

Nel 1974 entrava in servizio l'ottavo e ultimo gruppo della centrale di produzione e pompaggio di Roncovalgrande, che per la sua potenza di circa 1000 MW era la maggiore realizzazione europea nel settore. Venivano anche programmati altri gruppi idroelettrici di pompaggio da circa 1000 MW ciascuno: quelli di Edolo in Val Camonica (Brescia), di Entracque in Val di Gesso (Cuneo) e di Presenzano (Caserta).

Alla «IX World Energy Conference» di Detroit del settembre 1974 Angelini, nella relazione «L'utilizzazione delle risorse idrauliche ancora disponibili nel mondo», affrontava la tematica delle risorse idrauliche dell'Africa, dell'Asia e dell'America Latina in grado di dare energia elettrica a buon mercato, soffermandosi sulle possibilità offerte da tali risorse ai paesi che ne dispongono per avviare uno sviluppo industriale e accelerare di conseguenza il miglioramento di vita delle loro popolazioni.

La tematica dell'impatto sull'ambiente dell'industria elettrica era sentita profondamente da Angelini, tanto da farne oggetto di numerosi interventi come ad es.: alla già citata «IX World Energy Conference» di Detroit su «Soluzioni comuni ai problemi della protezione dell'ambiente e della crisi di energia»; alla Tavola Rotonda dell'Accademia dei Lincei del dicembre 1974 sul tema «Insediamenti territoriali e rapporti fra uomo ed ambiente: criteri e metodologie»; nella Prolusione e Relazione Generale a Lui affidata quale Membro permanente della «Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)», nel Convegno di Parigi dell'agosto 1975 su «L'évolution de la transmission d'énergie électrique et l'environnement». Infatti in Lui era salda la convinzione della necessità di contenere al massimo gli effetti negativi sull'ambiente dell'energia elettrica nelle varie fasi che precedono la sua utilizzazione per le indiscusse caratteristiche peculiari di questa forma di energia, così riassumibili: l'energia elettrica nella fase di utilizzazione è la più pulita delle forme di energia oggi disponibili; può essere prodotta da tutte le fonti primarie e pertanto da quelle più convenienti; può essere trasmessa in grandi quantità e a notevoli distanze con perdite modeste; può essere ripartita e distribuita ad un'utenza estremamente varia; può trasformarsi in tutte le forme utili di energia in modo sicuro ed economico; la sua fornitura si adatta senza il benché minimo ritardo all'andamento mutevole del fabbisogno. In particolare la progressiva penetrazione dell'energia elettrica nel settore energetico è un fatto positivo anche sotto il profilo ecologico e il suo contributo alla riduzione dell'inquinamento nei centri abitati potrà risultare determinante nei settori dei mezzi di trasporto e del riscaldamento degli edifici.

Nel 1976 la centrale termoelettrica di Milazzo (Messina) raggiungeva la potenza complessiva di 1280 MW che la portava ad essere la più potente centrale dell'Italia Meridionale; alla fine dello stesso anno la rete di trasporto ed interconnessione dell'ENEL raggiungeva un'estensione di oltre 4000 km.

Nel giugno del 1977 a Mosca Angelini, Presidente della sessione «Generation

of Electricity» del «World Electrical Engineering Congress», presentava un'ampia relazione introduttiva «Electric Power Transmission Problems».

Nel febbraio del 1979 Angelini lasciava la presidenza dell'ENEL e veniva nominato Presidente Onorario a vita dell'Ente. Il 29 gennaio era stato chiamato dal Ministro dell'Industria a presiedere una Commissione di esperti con il compito di elaborare un «Rapporto sulla situazione energetica italiana e sua probabile evoluzione». Alla fine di luglio veniva presentato il rapporto con le proposte di intervento.

Nel congresso di Varsavia dell'UNIPEDA dell'11-15 giugno 1979 Angelini veniva nominato Presidente dell'UNIPEDA per un triennio.

Nell'ottobre del 1983 Angelini fu «Général Rapporteur» nel Simposio organizzato a Bucarest dalla Commissione Economia per l'Europa dell'ONU sul tema «Rational utilization secondary forms of the energy in the economy and industry».

Nel giugno del 1989 Angelini riceveva dalle mani dell'ambasciatore USA a Roma il premio «1989 IEEE Engineering Leadership Recognition» «for his leadership and exceptional contribution to the reconstruction of his country after the war and the prestige of the engineering profession». Questo riconoscimento era motivo di una lettera ad Angelini del Presidente degli Stati Uniti George Bush. (Fig. 1)

Angelini e il nucleare

La notevole apertura di Angelini verso il nucleare era stata immediata e si accentuò attorno alla metà degli anni '50, quando gli sforzi per l'utilizzazione dell'energia nucleare a scopi pacifici sul piano industriale cominciavano a concretizzarsi con l'entrata in funzione dei primi prototipi di centrali elettronucleari in USA, Russia, Inghilterra e Francia.

Questo suo interesse era motivato sia dall'attrazione verso una scienza così avanzata che si affacciava all'orizzonte, sia dalla considerazione che questa nuova fonte primaria di energia aveva tutte le caratteristiche di un'alternativa valida al combustibile fossile in un settore in cui quest'ultimo non sembrava avere concorrenti, al di fuori della fonte idroelettrica e di quella geotermica, con in più una maggior sicurezza di approvvigionamento rispetto ai combustibili tradizionali di importazione, ed in particolare al petrolio, nonché un'influenza decisamente positiva sulla bilancia dei pagamenti.

In questa ottica si giustificava la scelta fatta in ambito IRI, all'atto della costituzione nel 1952 del Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari (CNRN), di designarlo quale membro in qualità di esperto industriale, al fine di seguire da presso gli sviluppi di un settore così di punta. La Sua indiscutibile competenza lo portava nel 1956 alla carica di Vicepresidente assieme al Prof. Edoardo Amaldi.

Alla fine del 1956, nell'ambito delle Commissioni di studio istituite dal CNRN, ebbe la presidenza della Commissione Economica il cui compito era quello

THE WHITE HOUSE
WASHINGTON

August 9, 1989

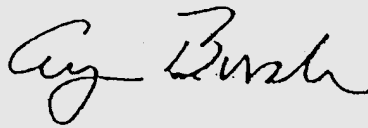
Dear Professor Angelini:

Ambassador Secchia has told me about your Engineering Leadership award from the American Institute of Electrical and Electronics Engineers, and I wanted to add my congratulations.

From rebuilding Italy's devastated hydroelectric system after World War II to your able leadership of ENEL, your lifetime of service has placed you in the ranks of Italy's heroes. I commend you on your accomplishments, and I thank you for your well-known friendship for the American people.

With best wishes,

Sincerely,

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "George Bush".

Professor Arnaldo M. Angelini
Rome

Fig. 1

di esaminare i numerosi problemi tecnico-economici che l'utilizzazione dell'energia nucleare poneva alle industrie e agli organi direttivi del nostro Paese.

Il primo contatto diretto con gli impianti nucleari lo ebbe dapprima nel novembre del 1956, in occasione dell'inaugurazione della centrale nucleare di Calder Hall in Inghilterra e poi, molto ampio, nel luglio del 1957 quando guidò, quale capo delegazione, il gruppo degli esperti italiani partecipanti alla Missione dei sei paesi Euratom negli Stati Uniti destinata ad acquisire conoscenze dirette sulle numerose sperimentazioni fatte in USA nel campo degli usi pacifici dell'energia nucleare ed in particolare nel settore della produzione di energia elettrica.

Tali visite confermarono in Lui la convinzione che la preferenza data in USA alle centrali nucleari che utilizzano uranio arricchito aveva una sua giustificazione basata su una maggior compattezza degli impianti, caratterizzati quindi da un minor costo capitale per KW elettrico installato. Tale convinzione si contrapponeva ad un'altra tendenza, presente all'epoca in Italia, che guardava con favore ai reattori nucleari ad uranio naturale perché svincolati tra l'altro dalla stretta dipendenza da paesi, come allora gli USA, disponibili a fornire uranio arricchito. Va ricordato che, dopo grandi esperienze fatte specificatamente nel Regno Unito ed in Francia con numerosi reattori ad uranio naturale e grafite-gas, questa filiera in entrambi i paesi veniva abbandonata nel tempo a favore dei reattori ad uranio arricchito, che oggi rappresentano circa il 95% di quelli in esercizio ed in costruzione.

Si aggiunse inoltre in Lui l'esperienza diretta connessa con la costruzione della centrale nucleare del Garigliano sia nella veste di committente, quale Consigliere di Amministrazione della Società Elettronucleare Nazionale (SENN), sia nella veste di fornitore del recipiente in pressione del reattore, quale Direttore Generale della Soc.Terni presso le cui acciaierie tale componente venne realizzato, per la prima volta al mondo nel settore, con elementi anulari ricavati da pezzi forgiati, cioè senza saldature longitudinali.

In Angelini, quale primo Direttore Generale dell'ENEL, vi era peraltro la convinzione che tale tecnologia, per affermarsi sul piano economico, aveva bisogno di tempo per consentirne la naturale evoluzione tecnologica, ivi incluso l'aumento della potenza unitaria per ridurre l'elevato costo capitale per kW installato, tipico di questi impianti, sfruttandone l'effetto scala. Ciò era suffragato dagli elevati indennizzi a cui l'ENEL aveva dovuto far fronte verso le tre Società elettriche SIMEA, SENN e SELNI a seguito del trasferimento delle rispettive centrali nucleari di Latina, Garigliano e Trino Vercellese, messe in cantiere a cavallo degli anni '50-'60, per una potenza complessiva di 620 MW.

Di conseguenza quando, verso la fine degli anni '60, si cominciarono ad affermare centrali nucleari di maggior potenza, all'epoca economicamente competitive con quelle convenzionali, Angelini dava il via al programma nucleare ENEL con la messa in cantiere ('69-'70) della IV unità nucleare da 840 MW a Caorso (Piacenza), impostata per essere raddoppiata con un'altra unità gemella.

Il momento della decisione sul raddoppio purtroppo coincise con quello delle

difficoltà finanziarie in cui versava l'Ente negli anni '71-'72 a causa del crescente indebitamento per le emissioni obbligazionarie cui aveva dovuto far ricorso per il pagamento degli indennizzi e il finanziamento degli investimenti. Conseguentemente la decisione del raddoppio cadde.

Nel settembre del 1971 alla IV Conferenza di Ginevra sugli usi pacifici dell'energia nucleare Angelini, assieme al Dott. Franco Marinone, Direttore Generale per le Fonti di Energia del Ministero dell'Industria, presentava una relazione che confermava il programma di massima dell'ENEL di ordinare una unità nucleare da 800-1000 MW all'anno, così da pervenire nel 1980 ad una potenza complessiva di centrali nucleari compresa fra 5500-6500 MW, sempreché fosse migliorata la situazione di allora di difficile reperimento di capitali.

Alla fine del 1973, quando Angelini già dagli inizi dell'anno era Presidente dell'ENEL, veniva deliberata l'ordinazione delle V e VI unità nucleari, con l'opzione per altre due unità. L'ENEL esercitò subito il diritto di opzione: si trattava quindi di due unità da 952 MW con reattore ad acqua in pressione da ubicare lungo la fascia costiera del medio Adriatico e di due unità da 982 MW con reattore ad acqua bollente da ubicare lungo la fascia costiera del medio Tirreno. Dopo lunghi incontri con le autorità regionali cui spetta, ai sensi della legge n. 393 del 2 agosto 1975, di determinare nel proprio territorio in via definitiva, d'intesa con il Comune interessato, il sito in cui costruire l'impianto, andava in porto nel settembre '76 la sola ubicazione nell'Alto Lazio (Montalto di Castro), mentre il Molise rifiutava qualsiasi localizzazione.

Nel 1975 veniva presentato al CIPE dal Ministro dell'Industria Donat Cattin un piano energetico il quale prevedeva che l'ENEL dovesse indire simultaneamente gare per l'assegnazione di otto centrali nucleari da 1000 MW con reattori del tipo ad acqua in pressione e del tipo ad acqua bollente, prevedendo l'invio di otto lettere di intento impegnative per tutte le otto unità, e definire un piano di commesse aggiuntive per altri 8.000 MW. Inoltre la fornitura doveva essere sostanzialmente del tipo «chiavi in mano», anche se preventivamente fissata attraverso una specifica tecnica, come era stato per la centrale di Caorso.

Tale direttiva non era condivisa da Angelini, sia perché essa era in contrasto con il programma ENEL, come sopra indicato, sia per le enormi difficoltà che si andavano incontrando nel reperimento dei siti tanto che a fronte di un oneroso impegno finanziario per l'ENEL non vi era alcuna certezza di localizzare in tempi brevi tutti gli impianti, sia infine perché si andava delineando in sede ENEL la convinzione che bisognasse passare da una committenza «chiavi in mano» dell'intero impianto, già sperimentata e che aveva dato luogo a notevoli problemi, ad una committenza «per parti» con l'ENEL nella funzione di architetto industriale.

Nel 1977 venivano avviate e poi portate a termine le gare per la fornitura di «isole nucleari» con reattori ad acqua in pressione e ad acqua bollente da 1000 MW, a seguito della determinazione dell'ENEL di procedere alla ordinazione «per parti» delle centrali nucleari.

Quando, agli inizi del 1979, Angelini lasciava la carica di Presidente dell'ENEL, la centrale nucleare di Caorso da circa un anno aveva cominciato ad erogare energia elettrica nella rete nazionale mentre arrivava il nulla osta alla costruzione della centrale di Montalto di Castro, dopo tre anni dalla data della localizzazione.

Quanto Angelini fosse fautore dell'energia nucleare è dimostrato dal fatto di essere stato promotore nel 1968 presso il Comitato Scientifico e Tecnico dell'Euratom di una collaborazione europea nel settore dei reattori a neutroni veloci raffreddati al sodio che, agli inizi degli anni '70, doveva portare ad un accordo fra l'Ente elettrico francese (EDF), l'ENEL e la società elettrica tedesca RWE di Essen per una sperimentazione industriale in questo settore. Coerentemente con tale intesa veniva decisa alla fine del 1976 la costruzione a Creys Malville in Francia della centrale Superphénix con un reattore veloce da 1200 MW, ad opera della NERSA, società con la partecipazione dell'EDF per il 51%, dell'ENEL per il 33% e della RWE per il restante 16%. Le industrie dei tre Paesi avrebbero partecipato alla realizzazione della centrale con commesse per un ammontare di pari percentuale.

L'indiscutibile competenza di Angelini nella strategia di questo tipo di reattori, il cui interesse è motivato dal fatto che con essi lo sfruttamento del potenziale energetico dell'uranio viene notevolmente amplificato, era universalmente riconosciuta in sede europea, tanto che Egli mantenne ininterrottamente la Presidenza del Comitato Coordinamento Reattori Veloci dell'Euratom dal 1971 al 1980.

Altro esempio di sostegno verso l'energia nucleare è rappresentato dall'aver appoggiato la realizzazione del reattore prototipo Cirene da 40 MW, ideato dal CISE su un concetto originale di reattore ad uranio naturale, moderato ad acqua pesante e refrigerato ad acqua leggera in cambiamento di fase. Per agevolare la costruzione del Cirene ne favorì l'installazione nel sito della centrale nucleare di Latina sia per semplificare i problemi di localizzazione, sia per poter sfruttare le opere idrauliche ed i servizi generali della centrale stessa.

Va inoltre ricordato che in tutte le occasioni Angelini non tralasciava mai di far presente che condizione necessaria per l'affermazione dell'energia nucleare, in generale e nel nostro paese in particolare, è il rispetto massimo della sicurezza nella realizzazione e nell'esercizio di tali impianti, addirittura al di là di quanto richiesto dalle Autorità di controllo, da perseguire mediante un elevato standard di qualità nella progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti.

Non va poi dimenticato che Angelini espresse più volte, anche pubblicamente, il Suo grande rammarico per la rinuncia al nucleare che ha portato nel nostro paese alla disattivazione delle centrali in servizio e all'interruzione definitiva dei lavori di quelle in costruzione. Al riguardo, nell'allocuzione rivolta quale Presidente della Società Italiana per il Progresso delle Scienze ai partecipanti al Convegno di Roma del 24 aprile 1996 svoltosi presso il CNR sul tema «La disinformazione in campo scientifico e tecnico», Egli faceva presente che, anche solo con gli impianti in esercizio e in costruzione al momento del fermo imposto al nucleare, si sarebbe conseguito un beneficio globale per la nostra bilancia dei pagamenti di svariate decine di

migliaia di miliardi di lire sull'intera vita degli impianti. In detta allocuzione metteva in evidenza la singolarità della posizione assunta dal nostro paese, che ha dato i natali ad Enrico Fermi, nel rifiutare il nucleare sul proprio territorio pur godendo la fiducia di paesi esteri per la costruzione di impianti di questo tipo.

Un riconoscimento del Suo impegno in campo nucleare Gli venne in sede internazionale anche dalla European Nuclear Society che Lo elesse nel 1982 Membro onorario «for his outstanding contribution to the advancement of nuclear science and engineering and the peaceful uses of nuclear energy».

La relativa ampiezza di questa parte è motivata dal Suo forte interesse nel settore, testimoniato dalle oltre 50 memorie da Lui pubblicate sull'argomento, che Lo portava a seguire con passione le vicende dell'evoluzione del nucleare in Italia e a parlarne frequentemente col sottoscritto fino agli ultimi giorni che hanno preceduto la sua scomparsa, avvenuta il 25 luglio 1999.

Angelini e l'attività accademica

Va sottolineato che parallelamente all'attività professionale, per Angelini aveva grande importanza l'attività universitaria di insegnamento ai futuri ingegneri e quella scientifica, che Gli ha procurato ampi riconoscimenti presso Accademie nazionali ed estere.

L'attività accademica di Angelini prese l'avvio nel 1936 quando conseguì la libera docenza in «Misure Elettriche» nell'Università di Roma, a seguito della quale svolse presso l'Istituto Elettrotecnico «Galileo Ferraris» di Torino, negli anni dal 1938 al 1942, due corsi complementari, l'uno sui fenomeni transitori elettrici e l'altro sulle altissime tensioni.

L'esito positivo del concorso per la Cattedra di Elettrotecnica dell'Università di Cagliari, nel quale fu classificato primo, Gli procurò dopo due anni la chiamata dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma per il corso di Macchine Elettriche, che iniziò nel 1949. Al riguardo va ricordato che Egli aveva presentato alla «Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension (CIGRE)» del 1948 a Parigi una memoria di alto valore scientifico e tecnico su un «Topogramme général pour la machine synchrone» per la determinazione rapida delle condizioni di funzionamento delle macchine sincrone.

All'attività didattica del corso di Macchine Elettriche, per il quale va menzionato per ampiezza e completezza il Suo testo sul funzionamento e costruzione dei trasformatori, affiancava una notevole attività di ricerca con i Suoi assistenti, cui dava il contributo derivante dalla Sua esperienza professionale. A questo corso si aggiungeva quello, per incarico, di Elettrotecnica II, entrambi svolti fino al 1973 quando lasciava l'insegnamento universitario per la nomina a Presidente dell'ENEL.

La consapevolezza della necessità di preparare adeguatamente i tecnici destinati ad operare nel settore nucleare, Lo spingeva ad ampliare il Suo impegno universitario tenendo, a partire dall'anno 1956-57, l'insegnamento di Ingegneria dei

reattori nel Corso di Perfezionamento in Fisica Nucleare Applicata della Università di Roma e poi dall'anno 1958-59 nel Corso di Perfezionamento in Ingegneria Nucleare da Lui organizzato e diretto presso la Facoltà di Ingegneria della stessa Università, fino a quando nel 1966-67 per Suo impulso veniva creato il corrispondente Corso di Laurea.

Nel triennio 1967-69, quale Direttore dell'allora Istituto di Elettrotecnica della Facoltà di Ingegneria di Roma, dava un notevole impulso al rinnovamento dell'Istituto stesso, che arricchiva di numerose apparecchiature elettriche, e promuoveva la nascita dell'Istituto di Automatica.

Particolare impegno Angelini metteva nell'attività dell'Accademia Nazionale dei Lincei, di cui era Socio Nazionale e membro del Comitato di Presidenza.

Tra i lavori a carattere monografico presentati all'Accademia dei Lincei se ne ricordano alcuni, oltre a quelli citati altrove: «Energia e Programmazione» del 1966; «Linee di sviluppo nella utilizzazione dell'energia solare» del 1979; «Energia e Sviluppo Economico e Sociale» del giugno 1980. In merito a quest'ultimo lavoro va sottolineato che faceva parte di una indagine effettuata sotto il patrocinio della Presidenza del Consiglio dei Ministri su «Lo sviluppo della società italiana negli anni a venire».

La fama acquistata da Angelini in campo internazionale è testimoniata dai numerosi riconoscimenti che Gli sono stati tributati da varie organizzazioni scientifiche estere per la Sua attività scientifica e imprenditoriale, di cui se ne ricordano alcuni.

Il «Polytecnic Institute of New York» Lo eleggeva nel 1975 Professore Onorario. Fra le varie lezioni tenute, quella del 1976 ebbe come tema «Le risorse in campo energetico: problemi attuali e necessità di una gestione più efficace». Angelini riprendeva un argomento più volte affrontato quale quello della razionalizzazione dell'impiego delle fonti energetiche e della conservazione dell'energia. L'argomento sarebbe poi stato ripreso all'Accademia dei Lincei nel lavoro: «I problemi della produzione dell'energia elettrica: un approccio sistematico».

Dall'aprile 1976 divenne «Foreign Member» della «National Academy of Engineering» degli Stati Uniti.

Nel marzo 1980 fu nominato membro dell'«Accademia Nazionale Cecoslovacca per la Scienza e la Tecnologia» per i preminenti meriti e l'attiva partecipazione nell'organizzazione internazionale della scienza e della tecnologia.

Nel 1981 diveniva membro del Consiglio di Presidenza dell'«Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL» e l'anno successivo, in occasione del bicentenario dell'Accademia, presentava un lavoro a carattere monografico sul tema «Science Academies faced with the problems of the modern world».

Un riconoscimento significativo dell'opera svolta da Angelini è contenuto nella lettera con cui il Presidente della Repubblica Pertini Gli comunicava la nomina a Professore Emerito dell'Università di Roma ricordando, oltre ai meriti accademici, l'elevato contributo offerto alla cosa pubblica con profonda responsabilità e appassionata dedizione. (Fig. 2)

*Il Presidente
della Repubblica Italiana*

Illustre Professore,

sono particolarmente lieto di comunicarle che ho appena firmato il decreto con il quale Le viene conferito il titolo di Professore emerito.

Tale atto è un giusto e doveroso riconoscimento della nostra Scuola verso il Suo esemplare magistero, interamente dedicato, con appassionato fervore, alla formazione scientifica e alla elevazione culturale e civile di intere generazioni di giovani studenti e ricercatori.

L'alto prestigio di cui Ella gode in tutto il mondo, confermato dalla stima profonda di colleghi, allievi e studenti, costituisce vanto ed onore per la tradizione di studi scientifici e tecnologici del nostro Paese.

Voglio inoltre qui ricordare, insieme ai Suoi tanti meriti accademici, l'elevato contributo che con profonda responsabilità ed appassionata dedizione Ella ha offerto alla cosa pubblica, ricoprendo con indiscusso prestigio numerosi e delicati incarichi, tra i quali, per molti anni, la presidenza dell'Ente Nazionale per l'Ener-

Prof. Arnaldo Maria ANGELINI
Facoltà di Ingegneria
Università di

ROMA

*Il Presidente
della Repubblica Italiana*

gia Elettrica.

Per la Sua opera illuminata e instancabile, mi è caro rendermi interprete della gratitudine sincera dell'Università italiana, mentre personalmente formulo il più vivo augurio affinché il contributo della Sua dottrina valga, ancora a lungo, a tener alto il prestigio degli studi che Ella ha tanto degnamente rappresentati.

Con sincera stima e viva cordialità

Suo Fedeo Pertini

Roma, 9 marzo 1983

Angelini ed il calcolo operatorio

Tra le attività giovanili sono degne di rilievo le applicazioni del Calcolo Operatorio di Heaviside e di Giorgi allo studio dei circuiti elettrici in regime transitorio, in cui la risoluzione di equazioni differenziali viene ricondotta alla valutazione di un «operatore» che, applicato ad una funzione del tempo rappresentante la causa di un fenomeno fisico, la trasforma in un'altra che ne rappresenta l'effetto. Queste hanno formato oggetto nel 1935 di una serie di cinque pubblicazioni sulla rivista «L'Elettrotecnica» ove viene trattato con estrema maestria ed eleganza sia il caso dei fenomeni transitori susseguenti alla chiusura e all'apertura di circuiti elettrici a costanti concentrate, sia quello che si manifesta nelle macchine sincrone per effetto di variazioni della corrente di statore o della corrente nell'avvolgimento di campo. L'applicazione viene anche estesa all'esame della forma d'onda di un generatore di impulsi.

Lo studio in regime transitorio viene poi esteso ai circuiti elettrici a costanti distribuite, quale può essere il caso di un cavo o di una linea di trasmissione. Interessante è l'esame delle proprietà di un circuito di caratteristiche incognite per il quale basta applicare un'onda rettangolare di ampiezza nota e registrare, mediante un oscillografo, l'onda di tensione o di corrente in uscita per avere la funzione caratteristica atta a prevedere il comportamento del circuito nei vari casi.

Lo studio fu ripreso successivamente per analizzare la propagazione delle perturbazioni di portata e di livello nei corsi d'acqua per la loro influenza sui diagrammi di carico delle centrali idroelettriche.

Ai fini della registrazione dei fenomeni elettrici transitori a decorso rapido all'oscillografo catodico, quali quelli originati dal fulmine negli impianti elettrici, Angelini mostrava un esempio notevole dell'applicazione dei metodi del calcolo operatorio a problemi di carattere direttamente applicativo, mettendo a punto un sistema di sgancio automatico del pennello catodico con l'inizio del fenomeno da registrare. Il lavoro fu eseguito nell'ambito del Laboratorio Misure Elettriche della Soc. Terni e pubblicato sulla rivista «L'Elettrotecnica» del gennaio 1937.

L'argomento della validità del calcolo operatorio applicato all'elettrotecnica fu trattato in una serie di tre articoli del gennaio-febbraio 1942 pubblicati sulla stessa rivista, quale traccia del Corso che l'Autore svolgeva a Torino presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale «Galileo Ferraris».

Sono del 1954 le due pubblicazioni, sempre sulla rivista «L'Elettrotecnica», riguardanti le «Formule risolutive per il calcolo dei regimi variabili nei sistemi lineari a costanti concentrate», ove gli operatori si presentano come rapporto fra due polinomi dei quali quello a denominatore risulta essere di 3° o 4° grado.

Un'altra Sua applicazione del calcolo operatorio è il lavoro pubblicato nel 1962 sulla «Cinetica dei reattori nucleari» che motivò il conferimento da parte della «Associazione Elettrotecnica Italiana» della medaglia d'oro «Emanuele Jona» quale riconoscimento del contributo di Angelini in campo tecnico-scientifico.

Angelini e la Scienza ed Ingegneria dei Sistemi

Angelini, che dalla fine del 1944 fino al 1963 (anno di costituzione dell'ENEL), fu Presidente, per nomina governativa, del «Comitato Consultivo» per l'Energia Elettrica per l'Italia Centro Meridionale con la responsabilità del coordinamento della ricostruzione e dell'esercizio del sistema elettrico ed in particolare dell'interconnessione, adottò in questa attività, fin dove possibile, l'approccio dell'Ingegneria dei Sistemi. D'altra parte, in mancanza di una concreta applicazione di tale scienza nella programmazione dei lavori, cioè in assenza di uno stretto coordinamento nell'utilizzazione delle risorse, in un periodo quale è stato quello post-bellico, non sarebbe stato possibile realizzare la ricostruzione e nuovi impianti in tempi tanto brevi.

Questo approccio si concretizzava anni più tardi con la messa a punto nel 1963 da parte di Angelini di uno strumento, quale è il «GASP (Graphic procedure for Analysis and Synthesis of Project)», da adottare nella programmazione di un'attività. Il GASP, come altri procedimenti di programmazione, si fonda sull'analisi dei collegamenti logici che intercorrono tra le diverse attività di un programma ma, diversamente dagli altri procedimenti adottati all'epoca, presenta una scala dei tempi alla base del diagramma in cui le attività sono rappresentate da barre orizzontali parallele di lunghezza proporzionale alla durata di ciascuna.

Ai concetti dell'Ingegneria dei sistemi si è ispirata senza dubbio l'integrazione nell'ENEL di circa 1200 Aziende elettriche grandi, medie e piccole di tradizione ed organizzazione spesso molto diverse.

In occasione del Convegno internazionale tenuto presso l'Accademia dei Lincei su «La Scienza dei Sistemi» nel maggio 1970, Angelini elaborò una trattazione generale e completa di questa branca della scienza nell'ampio lavoro monografico «Lineamenti della Scienza ed Ingegneria dei Sistemi». Inoltre propose ed organizzò, sempre presso l'Accademia dei Lincei, un ciclo di sei seminari, di una settimana ciascuno, su la «Scienza dei Sistemi» dal dicembre 1970 al maggio 1971, cui parteciparono numerosi eminenti esperti italiani ed esteri e che ebbe risonanza a livello internazionale. Da parte Sua sviluppò alcuni temi tra cui «L'Ingegneria dei Sistemi nella soluzione dei problemi relativi al ciclo produttivo-distributivo dell'energia elettrica». Al riguardo rientra in questa ottica il lavoro monografico dal titolo «Production, Transmission, Storage and Distribution of Electric Power – an integrated system», presentato nel novembre 1980 al Convegno «Mankind and Energy» presso la «Pontificia Accademia delle Scienze».

Una conferma della familiarità di Angelini con tale branca della scienza è evidente nell'applicazione da Lui fatta alla strutturazione dei programmi di insegnamento di un prevedibile corso di Laurea in Energetica, contenuta nel lavoro monografico dal titolo «Contributo allo studio del rinnovamento della struttura della Facoltà di Ingegneria con riguardo al settore dell'Energetica».

In questo settore della scienza Angelini ricevette a San Francisco nel febbraio 1986 dall'«Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)» la medaglia

d'oro che porta il nome di Simon Ramo, un grande pioniere della Scienza ed Ingegneria dei Sistemi, con la motivazione «for technical and managerial leadership in the Italian electric power system and for contributions to education in Systems Science and Enginnering».

Ricordi personali

Nel corso dei viaggi effettuati con Lui all'estero per i vari incarichi che ricopriva nelle organizzazioni internazionali, ebbi occasione di constatare la Sua meticolosità nel prepararsi agli incontri che Lo attendevano. In particolare ricordo che nel viaggio per nave per recarci negli Stati Uniti per la missione Euratom del 1957, tutti i giorni della traversata furono impiegati nello studio della documentazione acquisita in precedenza. Anche il viaggio di ritorno, sempre per nave, servì alla stesura di un voluminoso rapporto, corredato di ampia documentazione, su quanto aveva formato oggetto delle visite, durate più di un mese a cavallo di luglio e agosto, a tutti i centri di ricerca ed impianti nucleari dall'Atlantico al Pacifico.

Una Sua caratteristica peculiare era l'inclinazione alla risoluzione di problemi complessi, che si estrinsecava in un'attenta e ponderata valutazione delle varie soluzioni possibili al fine di conseguire il migliore risultato, cui univa un'innata capacità di percezione del pericolo potenziale insito in una situazione apparentemente normale, percezione che Lo spingeva ad aggirare alla base l'ostacolo nascosto. Infatti a fronte di qualsiasi situazione, Egli percorreva mentalmente in modo accurato tutte le sue possibili evoluzioni, valutando per ciascuna di esse le conseguenze cui si sarebbe potuti giungere. L'impiego della «tecnica dell'albero degli eventi» che doveva diventare lo strumento base per l'analisi di sicurezza nucleare, era per Lui una capacità istintiva.

A questo univa la massima scrupolosità nell'assolvimento dei vari impegni, che Lo spingeva a non scendere mai a compromessi che potessero ledere la cosa pubblica. Questo Suo attaccamento agli interessi del Paese gli causava un senso di amarezza di fronte alla constatazione di un'insufficiente sensibilità a livello politico nei confronti dei problemi energetici, senso di amarezza che si accentuò particolarmente quando, al termine della Sua presenza attiva nell'ENEL, si è avuto un crescente aumento della nostra dipendenza dall'estero per l'approvvigionamento dell'energia elettrica.

Non va poi dimenticata la Sua passione per l'insegnamento, passione dettata dal desiderio di travasare agli studenti le più recenti esperienze acquisite nel corso della Sua attività professionale, come pure la chiarezza delle Sue pubblicazioni, chiarezza che veniva verificata in casi particolari, quando l'osticità del problema trattato lo richiedeva, chiedendo a persone non esperte del settore se incontrassero difficoltà nella comprensione del testo.

Infine vorrei ricordare la cortesia e l'affabilità nel modo di comportarsi con le persone, anche con l'ultimo dei dipendenti, il che mostrava uno stile certamente non usuale.

* * *

Al termine di questa rievocazione non si può tralasciare di menzionare le Sue doti di integrità e di rettitudine che Gli attiravano il rispetto e la stima di quanti venivano in contatto con Lui nel corso delle Sue molteplici attività ed infine il merito di aver dato prestigio al nostro Paese all'estero, prestigio che rimarrà indubbiamente uno degli esempi più degni di emulazione.

Resta per noi il ricordo di una personalità eminente, che ha certamente lasciato una traccia dietro di sé ed un vuoto tra i Suoi amici, allievi e collaboratori.