

# Giorgio Barzilai pioniere dell'elettromagnetismo applicato in Italia

*Giorgio Gerosa<sup>1</sup>*

## I. INTRODUZIONE

In questa nota si vuol ricordare la figura e l'opera di Giorgio Barzilai, uomo di straordinarie qualità scientifiche e umane, il quale è stato pioniere delle attività di ricerca in Italia in settori scientifici e tecnologici particolarmente importanti per lo sviluppo della società moderna, l'elettronica e soprattutto l'elettromagnetismo.

L'attività scientifica di Giorgio Barzilai si è sviluppata durante il cinquantennio 1935-1985 ed è stata caratterizzata e improntata da un notevole rigore metodologico accompagnato da una costante preoccupazione di concretezza dei risultati e di ricerca di finalità applicative, con un felice connubio di aspetti teorici e sperimentali.

## II. NOTE BIOGRAFICHE DI GIORGIO BARZILAI (1911 – 1987)

Giorgio Barzilai nacque il 23 giugno 1911 e si laureò nel 1935 in Ingegneria Industriale presso l'Università di Roma. Dopo un anno di lavoro presso un'industria elettromeccanica, iniziò la sua attività di ricerca presso il laboratorio radio del Ministero delle Poste, dove progettò e realizzò diversi strumenti elettronici per uso di laboratorio. Si occupò anche di trasmettitori radio di potenza e dei relativi sistemi di antenne. Successivamente trasformò la stazione radio sperimentale costruita dalla Marconi a Fiumicino per le comunicazioni con la Sardegna in stazione a onde corte per le comunicazioni commerciali con la Libia e l'Africa Orientale. Contemporaneamente fu nominato vice-direttore del centro sperimentale Guglielmo Marconi a Torrechiaruccia (Civitavecchia), dove lavorava lo stesso Marconi. Presso tale centro eseguì ricerche sulle antenne e sulla propagazione delle onde radio e collaborò alla costruzione di un'apparecchiatura per la misura delle costanti elettriche del suolo.

---

<sup>1</sup> Dipartimento di Ing. Elettronica, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Via Eudossiana, 18, 00184 ROMA

Allo scoppio della seconda guerra mondiale fu richiamato dapprima come soldato semplice, e poi fu nominato tenente delle armi navali per meriti scientifici e successivamente tenente del Genio Aeronautico Ruolo Ingegneri (GARI). Fu quindi chiamato a Guidonia presso la Divisione Radio della Direzione Superiore Studi ed Esperienze (DSSE). A Guidonia si interessò principalmente della costruzione di radar sia di avvistamento (lunga portata) sia di bordo per aerosiluranti e caccia. Si occupò anche del disturbo dei radar avversari.

Dopo l'armistizio (8 settembre 1943) lasciò Roma e con un lungo e avventuroso viaggio attraverso l'Abruzzo superò la linea del fronte verso il Sud e raggiunse l'Aeronautica Italiana a Bari. Nel gennaio 1944 fu invitato per due mesi a Londra dall'Air Force inglese, come esperto italiano in radar. Al suo ritorno dall'Inghilterra fu alla Divisione Comunicazioni dell'Aeronautica Italiana e fu inviato in diversi aeroporti dove si occupò dell'installazione di apparecchiature radio, sia a terra sia a bordo di caccia e bombardieri americani ceduti dagli Alleati all'Italia. Contemporaneamente portò a termine alcune ricerche teoriche sulle antenne e la propagazione.

Nel 1946 Giorgio Barzilai vinse una borsa di studio per ricerche sulle microonde e si recò per un anno presso l'Università di Birmingham in Inghilterra, dove eseguì ricerche teoriche sulle antenne e sulla ricezione "diversity" a microonde, a quei tempi particolarmente importanti. Sviluppò anche un lavoro sperimentale sulla misura della distribuzione di corrente a carico sulle antenne cilindriche, che fu uno dei primi del genere e fu accolto con molto favore dagli specialisti del campo. A conclusione di tali ricerche ottenne dall'Università di Birmingham il diploma di "Master of Science in Electrical Engineering". In Inghilterra conobbe la moglie, Margareth Sharp. Dal matrimonio sono nati tre figli; Salvatore, Paolo e Sabina.

Tornato in Italia, nel 1948 conseguì la libera docenza in Radiotecnica. Nel giugno dello stesso anno si recò negli U.S.A., prima a Schenectady e poi a Syracuse per conto della Magneti Marelli come ingegnere di collegamento tra la General Electric (GE) e la suddetta società, licenziataria dei brevetti GE per apparecchiature elettroniche. Terminata l'associazione con la Marelli, fu assunto dal Polytechnic Institute of Brooklyn, N.Y. con la posizione di Assistant Professor e successivamente di Associate Professor. Presso il Polytechnic insegnò corsi di Elettronica, Transitori nei circuiti lineari, Antenne e Teoria elettromagnetica. Presso il "Microwave Research Institute" del Polytechnic eseguì ricerche per conto della Navy e dell'Air Force americane.

Ritornato in Italia nel 1954, fu assunto dalla Fondazione Ugo Bordoni dove si occupò di ricerche in elettronica e in elettromagnetismo e insegnò un corso di Microonde. Nell'anno accademico 1954-55 iniziò la sua collaborazione con la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma svolgendo, nell'ambito del corso di Comunicazioni elettriche, un ampio ciclo di lezioni di Campi elettromagnetici. Nel 1956, quando fu istituito presso la stessa Facoltà il corso di Elettronica, ne ottenne l'incarico come professore esterno. Nel 1957 vinse il concorso per professore ordinario di Elettronica bandito dall'Università di Padova e fu chiamato a Roma a coprire la cattedra di Elettronica. In seguito, essendo stato istituito il corso di Campi

elettromagnetici e circuiti, ne ottenne l'incarico come professore interno. Nel 1974 chiese e ottenne il trasferimento alla cattedra di Campi elettromagnetici e circuiti della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma, che coprì fino alla sua andata fuori ruolo nel 1981. Fu direttore dell'Istituto di Elettronica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma dal 1964 al 1970 e dal 1972 al 1978. Durante i semestri invernali del 1976, 1977 e 1978 fu inviato dall'Università di Roma, tramite il Ministero degli Esteri, a insegnare Fisica ed Elettrotecnica presso l'Università Nazionale Somala a Mogadiscio.

Per nove anni fino al 1985 è stato Presidente della Commissione Italiana dell'Union Radio Scientifique Internazionale (URSI). Nel 1978 fu nominato Fellow dell'Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) e nel 1985 ricevette una medaglia del centenario dell'IEEE in riconoscimento dei servizi prestati nel nostro Paese in relazione alla fondazione della Sezione Italia Centro Sud.

### III. LA PRODUZIONE SCIENTIFICA

Dopo aver riassunto il curriculum vitae di Giorgio Barzilai, passiamo a descrivere con qualche dettaglio la sua produzione scientifica. Egli è autore di quaranta pubblicazioni scientifiche, tre brevetti e due libri didattici. Ci soffermeremo in particolare sulle ricerche più significative.

Tali ricerche riguardano essenzialmente le antenne e la propagazione delle onde elettromagnetiche.

Un primo gruppo di lavori [1-4 e 6-7] riguarda le antenne. Nel lavoro [2], che a suo tempo destò un certo interesse, si è cercato di dare una sistemazione, con qualche soluzione originale, a tutto quel materiale, allora alquanto impreciso, che riguardava la progettazione delle antenne a dipoli e dei loro sistemi di alimentazione. Sui metodi descritti in tale lavoro si è basata la costruzione di sistemi irradianti per le comunicazioni radio tra l'Italia e l'Africa (Libia ed Etiopia). Un argomento che si ricollega a quanto sopra riguarda il calcolo teorico dell'influenza mutua dei vari dipoli fra loro e ciò è riportato nel lavoro [6] insieme a calcoli relativi a casi pratici. Allo studio teorico della propagazione delle onde ultracorte, strettamente legato alla progettazione dei sistemi trasmettenti e ricevitori, si riferiscono i lavori [4] e [7] che hanno dato origine al brevetto n. 1.

Un argomento molto importante dal punto di vista scientifico era la determinazione sperimentale della distribuzione di correnti su un'antenna irradiante, che fu oggetto di studi teorici notevoli da parte di Hallen (Svezia), Bawcourf (Olanda) e Icing (U.S.A.). Il lavoro [8] tratta questo argomento ed è il primo del genere ma purtroppo, benché terminato nel 1947, fu pubblicato solo nel 1949. Tutte le apparecchiature utilizzate per questa ricerca furono costruite personalmente da Giorgio Barzilai presso l'Università di Birmingham.

Tutte le ricerche svolte negli U.S.A., a eccezione del lavoro [9] che tratta un argomento circuitale, riguardano le antenne e la propagazione delle onde elettromagnetiche. Le ricerche teoriche riguardano l'indagine di questioni delicate,

come il “paradosso” che deriva dal fatto che, assumendo una distribuzione sinusoidale di corrente (in contrasto con le condizioni al contorno sulla superficie di un’antenna), si ottengono valori molto vicini a quelli misurati.

I lavori successivi [21-31 e 33-35] riguardano la propagazione delle onde elettromagnetiche in guide d’onda completamente o parzialmente riempite con mezzi anisotropi e in particolare con ferrite magnetizzata. Su questo argomento Giorgio Barzilai ottenne nel 1957 un contratto con l’Air Force americana. Tale contratto ebbe la durata complessiva di dieci anni e finì nel 1967 perché gli U.S.A. ridussero in modo drastico i contratti di ricerca che avevano con i laboratori scientifici europei. Nel vasto complesso di tali ricerche per alcune strutture furono trovate soluzioni esatte in forma chiusa; peraltro in tali casi non ci si limitò a determinare l’equazione caratteristica che permetteva di ottenere la soluzione del problema ma, utilizzando i primi calcolatori elettronici entrati nell’uso in quel periodo, fu svolta anche un’ampia e accurata analisi numerica delle proprietà delle soluzioni in funzione dei parametri geometrici e fisici della struttura considerata. Tale analisi numerica incontrò un vasto interesse tra gli specialisti e contribuì al favore ottenuto da tali lavori. Uno dei risultati più significativi in questo gruppo di lavori è quello relativo al chiarimento e alla risoluzione del cosiddetto “paradosso termodinamico”. Esistono strutture costituite da guide d’onda parzialmente riempite con una lastra di ferrite magnetizzata adiacente a una parete che sembrano consentire la propagazione dell’energia in un solo verso. Se tali strutture vengono chiuse a un’estremità con una terminazione non dissipativa, non potendo l’energia tornare indietro sembra verificarsi una violazione del principio di conservazione dell’energia. Nel lavoro [35] è stato mostrato teoricamente che in presenza di uno strato anche sottilissimo di dielettrico (aria) tra la ferrite e la parete metallica della guida l’energia torna indietro in tale strato e che, se tale strato di dielettrico non esiste, come nel caso di una deposizione diretta di un metallo sulla superficie della ferrite, in una struttura fisica esiste peraltro un’onda superficiale ferrite-metallo in grado di trasportare indietro e dissipare l’energia elettromagnetica. Si è realizzato un esperimento utilizzando vernici termosensibili e si è constatato sperimentalmente il verificarsi di tale fenomeno.

Un altro gruppo di ricerche è relativo ai cristalli liquidi. Lo scopo dell’indagine era la realizzazione di visualizzatori molto rapidi, da poter usare in televisione. I brevetti n.2 e n.3 si riferiscono a questo argomento.

Le ultime ricerche riguardano la propagazione delle onde elettromagnetiche nell’atmosfera. A tale scopo fu realizzato un collegamento radio lungo circa 20 km tra il terrazzo della Facoltà di Ingegneria e Trevignano, nelle vicinanze del lago di Bracciano. Gli esperimenti durarono parecchi anni e furono iniziati con frequenze di 10 GHz, per essere successivamente estesi a frequenze di 30 GHz. Uno degli scopi dell’indagine era lo studio della struttura del fronte d’onda e la coerenza di esso mettendolo in relazione con l’ora del giorno e con altri parametri.

#### IV. LA SCUOLA ELETTROMAGNETICA E L'EREDITÀ SCIENTIFICA DI GIORGIO BARZILAI

Giorgio Barzilai fu l'iniziatore di una scuola elettromagnetica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma. Fin dal suo arrivo in Facoltà nel 1955 cominciò a circondarsi di allievi e collaboratori, che indirizzò nella ricerca in Elettromagnetismo applicato, guidandoli con la sua profonda competenza nel settore e con il suo notevole spirito critico. I suoi primi allievi seguirono il suo esempio chiamando a loro volta altri allievi e collaboratori. Si formò così un numeroso gruppo di ricercatori che si caratterizzò per una comune metodologia di studio dei problemi elettromagnetici e costituì una vera e propria scuola elettromagnetica, dando origine tra l'altro a strutture didattiche specifiche, come il corso di specializzazione in "Elettromagnetismo applicato" e successivamente il dottorato di ricerca in "Elettromagnetismo applicato e scienze elettrofisiche". Questa scuola elettromagnetica fu dapprima confinata nella prima Università di Roma, ma poi si allargò ad altre Università italiane, man mano che alcuni suoi ricercatori si trasferivano in altre sedi. Oggi docenti originati da tale scuola svolgono la loro attività didattica e scientifica presso le Università di Roma Uno, Roma Due, Roma Tre, Perugia, L'Aquila, Ferrara, Lecce; altri ricercatori operano nell'ambito industriale romano e alcuni si sono trasferiti all'estero, in Europa e negli U.S.A. in ambiente universitario e/o industriale.

In tutti è presente un'impronta lasciata dalla figura e soprattutto dalla mentalità di Giorgio Barzilai, impronta fatta di entusiasmo, di curiosità, di rigore scientifico, di profonda cultura, di spirito critico, di concretezza, di costanza, di umanità, di comprensione, di tolleranza, doti che tutti coloro che hanno avuto il privilegio di conoscere, di frequentare e di amare Giorgio Barzilai non possono fare a meno di ammirare e di ricordare. Tale impronta rappresenta una grande eredità che Giorgio Barzilai ha lasciato a tutti noi.

Termino questa nota ricordando che nei giorni 15 e 16 aprile 2004 presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università "La Sapienza" di Roma si è svolto un convegno dal titolo "La figura di Giorgio Barzilai nella ricerca italiana in elettromagnetismo e in elettronica" a testimonianza dell'attività di ricerca svolta da Giorgio Barzilai e dai suoi allievi.

#### ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI DI GIORGIO BARZILAI

- [1] L. Sacco, G. Barzilai, "Sulla misura delle costanti elettriche del suolo alle altissime frequenze", Rassegna delle Poste e delle Telecomunicazioni, fasc. 9, settembre 1940.
- [2] G. Barzilai, "Aerei direttivi a dipoli e loro sistemi di alimentazione", Rassegna delle Poste e Telecomunicazioni, fasc. 1/3/5, gennaio-marzo-maggio 1941.

- [3] G. Barzilai, B. Peroni, "Considerazioni sulla irradiazione delle antenne", *Ricerca scientifica e ricostruzione*, n. 5/6, giugno 1946.
- [4] G. Latmiral, G. Barzilai, "Osservazioni sulla propagazione delle onde ultracorte", *Alta Frequenza*, XVI, 3/4, pag. 147, giugno-agosto 1947.
- [5] G. Barzilai, B. Peroni, "Antenna", *Enciclopedia Treccani*, App. I, 1947.
- [6] G. Barzilai, "Mutual impedance of parallel aeriels", *Wireless Engineer*, nov. 1948.
- [7] G. Barzilai, G. Latmiral, "Diversity Reception in U.S.W. Radio Links", *Wireless Engineer*, dic. 1948.
- [8] G. Barzilai, "Experimental determination of the distribution of current and charge along cylindrical antennas", *Proc. of the IRE*, vol. 37, luglio 1949.
- [9] G. Barzilai, "Network Response to frequency pulse modulated wave", *Research Report R-299-52, PIB-238 27/3/53, Office of Naval Research – Pol. Inst. of Brooklyn*.
- [10] G. Barzilai, "Radiation from antennas with sinusoidal current distribution", *Research Report R-335-53, 11/9/53, Pol. Inst. of Brooklyn*.
- [11] G. Barzilai, "Field strength computations for an antenna situated over a homogeneous spherical earth", *Final Report R-341-53, PIB-276, Contract AF-30 (062-387), Task B2 30/9/53, Pol. Inst. of Brooklyn*.
- [12] G. Barzilai, "On the input conductance of thin antennas", *Proc. of the IRE*, vol. AP-3, n. 1, Genn. 1955.
- [13] G. Barzilai, "Su una definizione intrinseca dell'operatore Nabla", *Piccole note, Recensioni e Notizie Ist. Sup. PP.TT.*, luglio-agosto 1955.
- [14] G. Barzilai, "Radiation from aeriels", *Wireless Engineer*, agosto 1955.
- [15] G. Barzilai, "Metodo di calcolo per la conduttanza di antenne cilindriche", *Alta Frequenza*, XXIV, 4-5, agosto-ottobre 1955.
- [16] G. Barzilai, "Admittance of thin antennas", *IRE Trans. On Antennas and Propagation*, vol. AP-4, aprile 1956.
- [17] G. Barzilai, "Definizione della forza cimomotrice", *Piccole note, Recensioni e Notizie*, n. 6, 1956.
- [18] G. Barzilai, "Sulla registrazione automatica dei diagrammi di direttività delle antenne", *Atti del Congresso Scientifico-Sez. Elettronica*, vol. II, III *Rass. Internazionale Elettronica Nucleare*, 1956.
- [19] G. Barzilai, "Sulla misura delle caratteristiche dinamiche dei termistori", *Note, Recensioni e Notizie*, n. 3, maggio-giugno 1957.

- [20] G. Barzilai, C. Montebello, F. Serracchioli, "Sul diagramma di radiazione del paraboloide in varie condizioni di illuminazione", IV Rassegna Internazionale Elettronica Nucleare, luglio 1957.
- [21] G. Barzilai, G. Gerosa, "Modes in rectangular guides filled with magnetized ferrite", Rapporto Interno Istituto Elettrotecnico dell'Università di Roma, ottobre 1957.
- [22] G. Barzilai, G. Gerosa, "Modes in rectangular guides filled with magnetized ferrite", Il Nuovo Cimento, Serie X, vol. 7, pp. 685-697, marzo 1958. Pubblicato anche su: l'Onde Electrique, Suppl. Spec. 38e année, 376 ter, pag. 612-617, agosto 1958.
- [23] G. Barzilai, G. Gerosa, "Properties of ion-filled waveguides", Proc. of the IRE, vol. 47, n. 1, pag. 83, gennaio 1959.
- [24] G. Barzilai, G. Gerosa, "Modes in rectangular guides partially filled with transversely magnetized ferrite", Istituto Elettrotecnico dell'Università di Roma-Contract AF 61 (052) – 101 Techn. Note n. 1 – 3 giugno 1959.
- [25] G. Barzilai, G. Gerosa, "Modes in rectangular guides partially filled with transversely magnetized ferrite", IRE Trans. on AP, vol. AP-7, Special Supplement, pp. S 471- S 474, dicembre 1959.
- [26] G. Barzilai, G. Gerosa, "Modes in rectangular guides loaded with a transversely magnetized slab of ferrite away from the side walls", Istituto di Elettronica dell'Università di Roma-Contract AF 61 (052) – 101 Techn. Note n. 2, 30 luglio 1960.
- [27] G. Barzilai, G. Gerosa, "An exact modal solution for a rectangular guide loaded with longitudinally magnetized ferrite", Istituto di Elettronica dell'Università di Roma-Contract AF 61 (052) – 101 Techn. Note n. 3, 2 gennaio 1961.
- [28] G. Barzilai, G. Gerosa, "Research on propagation of electromagnetic waves in guides loaded with magnetized ferrite", Contract AF 61 (052) – 101, Techn. Summary Report n. 2, 19 maggio 1961.
- [29] G. Barzilai, G. Gerosa, "Modes in rectangular guides loaded with a transversely magnetized slab of ferrite away from the side walls", IRE Trans. on MTT, vol. MTT-9, n. 5, pp. 403-408, settembre 1961.
- [30] G. Barzilai, G. Gerosa, "Modes with complex propagation constant in rectangular guides loaded with transversely magnetized lossless ferrite", Istituto di Elettronica dell'Università di Roma-Contract AF 61 (052) - 101 Techn. Note n. 5, 20 giugno 1962.
- [31] G. Barzilai, G. Gerosa, "A modal solution for a rectangular guide loaded with longitudinally magnetized ferrite", in: E. C. Jordan, "Proc. of the Symposium on Electromagnetic theory and antennas – Copenhagen, June 25-30, 1962", Pergamon Press, 1963, pp. 573-590.

- [32] G. Barzilai, "Antenna", Enciclopedia Treccani, App. II, 1963.
- [33] G. Barzilai, G. Gerosa, "Propagation of electromagnetic waves in rectangular guides loaded with magnetized ferrite", Istituto di Elettronica dell'Università di Roma, 1964.
- [34] G. Barzilai, G. Gerosa, "Propagation of electromagnetic waves in rectangular guides loaded with magnetized ferrite", Istituto di Elettronica dell'Università di Roma-Contract AF 61 (052) – 101 Final Techn. Report, 11 marzo 1964.
- [35] G. Barzilai, G. Gerosa, "Rectangular waveguides loaded with magnetised ferrite and the so-called thermodynamic paradox", Proc. of the IEE, vol. n. 2, febbraio 1966.
- [36] F. Bardati, G. Barzilai, G. Gerosa, "Elastic waves excitation in piezoelectric slabs", IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics, vol. SU-4, ottobre 1968.
- [37] G. Barzilai, P. Maltese, C. M. Ottavi, P. Reali, "Microsecond pulse activated liquid crystal cells", Rapporto interno Istituto di Elettronica, giugno 1972.
- [38] G. Barzilai, P. Maltese, C. M. Ottavi, P. Reali, "Fast liquid crystal cells suitable for television display", 1972 IEEE Conference on Display Devices, New York, N. Y., 11-12 ottobre 1972.
- [39] G. Barzilai, "Research on statistical aspects of tropospheric propagation", Radio Science, vol. 10, n. 7, luglio 1975.
- [40] G. Barzilai, "Antenna", Enciclopedia Treccani, App. III, 1980.

## LIBRI

- [1] G. Barzilai, "Lezioni di Elettronica Applicata", Siderea, Roma.
- [2] G. Barzilai, "Fondamenti di Elettromagnetismo", Siderea, Roma.

## BREVETTI

- [1] G. Latmiral, G. Barzilai, "Dispositivi per ridurre le evanescenze e le distorsioni nei collegamenti con onde cortissime tra punti elevati sul suolo", Ministero dell'Industria e del Commercio, Roma, Italia, n. 420709.
- [2] G. Barzilai, C. M. Ottavi, P. Maltese, P. Reali, "Perfezionamento negli schermi, per la presentazione di immagini, del tipo a cristalli liquidi adatti in particolare per immagini televisive e/o dati alfanumerici", Brevetto italiano n. 965.475 – Data di accettazione 31/1/1974. Questo brevetto è stato esteso ai seguenti paesi: Argentina, Belgio, Canada, Francia, U. K., Israele, Spagna, Svizzera, U.S.A..



- [3] G. Barzilai, C. M. Ottavi, P. Maltese, “Cella ad intercapedine e procedimento per ottenerla”, Brevetto Italiano n. 1.015.905 – Data di accettazione 20/5/1977. Questo brevetto è stato esteso ai seguenti paesi: Belgio, Canada, Francia, U. K., Israele, U.S.A..