Dal 1921 al 2020:

99 ANNI DI STORIA DEL COMITATO NAZIONALE ITALIANO CIGRE

Massimo Rebolini
Fellow Honorary Member CIGRE

Dicembre 2020

Indice

1. LA NASCITA DELL'INDUSTRIA ELETTRICA IN ITALIA ……3

2. STORIA DEL CONTRIBUTO ITALIANO AL CIGRE……..…….7

2. 1 Gli anni 1921-1929 Nascita delle Grande Reti Elettriche.....7

2.2 Gli anni 1931-1939: la Grande Depressione e l'inizio della Seconda Guerra Mondiale 10

2.3 Gli Anni 1946 - 1988: dalla nazionalizzazione alla Prima Transizione Energetica: dall'Idroelettrico al Fossile……..23

2.4 Gli anni 1990 - 1999: Dal Monopolio alla Privatizzazione…….……25

2.5 Gli Anni 2000 - 2010: Mercato e Interconnessioni.....29

2.6 La Seconda Transizione Energetica: dai Fossili alle Rinnovabili……..…37

2.7 Gli anni 2019 - 2020 : Quale Futuro dopo l'Impatto del Corona virus…….45

3. ITALIAN CIGRE PEOPLE IN CIGRE GOVERNANCE……46

4. CIGRE AWARDS……..46

5. ITALIAN MEMBERSHIP IN CIGRE……..…. 47

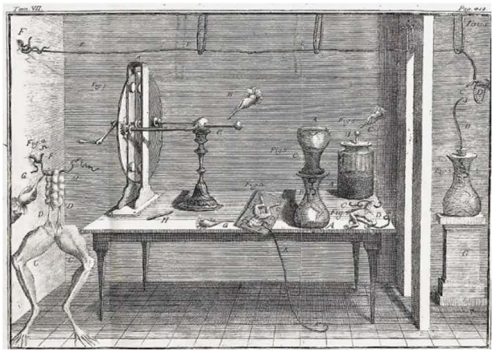
BIBLIOGRAFIA……48

PEOPLE……..49

1. LA NASCITA DELL'INDUSTRIA ELETTRICA IN ITALIA

La storia del settore elettrico in Italia può suddividersi in tre fasi: la prima pioneristica antecedente al 1880 e caratterizzata da personalità di ingegno scientifico tra le quali :

Luigi Galvani



Luigi Galvani (1737-1798) , fisiologo e fisico ricordato per la scoperta dell'elettricità biologica e di alcune sue applicazioni come la pila chimica e il galvanometro.
Celebre la disputa tra Volta e Galvani sulla origine dell'elettricità animale che orientò numerosi cultori delle scienze fisiche sui fenomeni elettrici e magnetici.

Alessandro Volta (1745-1827) inventore nel 1780 del condensatore elettrico e nel 1799 del primo generatore elettrico: la pila. Nel 1801 Volta presenta a Napoleone Bonaparte la sua invenzione leggendo la sua "Memoria sull'identità del fluido elettrico col cosidetto fluido galvaniano". Il suo nome viene dato alla unità di misura della tensione: Volt, dato che Volta usa per la prima volta il concetto di tensione elettrica per rendere conto delle proprietà dell'elettricità.

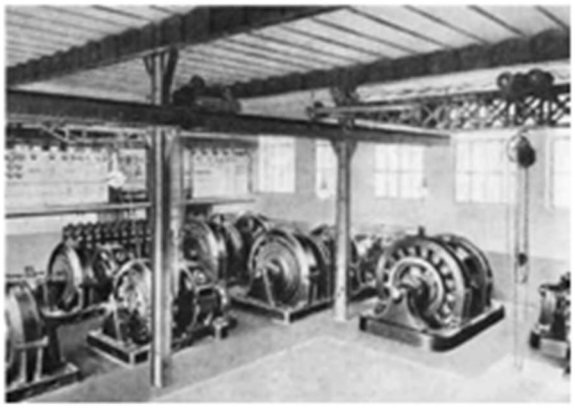
Altra figura importante:

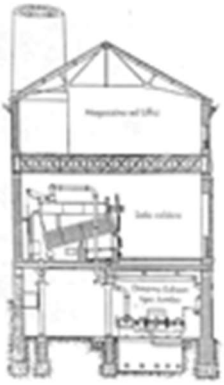
Antonio Pacinotti (1841-1912) inventore dell'anello che porta il suo nome e che diede origine alla dinamo e al motore in corrente continua.
Nel 1869 Gramme brevettò una macchina generatrice in cui l'anello di Pacinotti era componente fondamentale e con l'inizio degli anni 70 cominciò a produrre industrialmente le proprie dinamo diventando rapidamente uno dei principali costruttori di macchine elettriche del mondo.

Di spicco l'attività del Tecnomasio milanese di Bartolomeo Cabella che nel 1876 realizzò le prime esperienze di illuminazione elettrica in piazza del Duomo a Milano.

La seconda fase è caratterizzata dalle Esposizioni internazionali di elettricità, con la svolta di quella del 1881 di Parigi che fu un evento importante per lo sviluppo della Elettrotecnica italiana e per quella europea. Il

numero degli espositori italiani fu il quinto per rappresentaza con 81 partecipanti dietro a Francia, Belgio, Germania e Regno Unito. Qui venne lanciato il sistema di illuminazione di Edison.

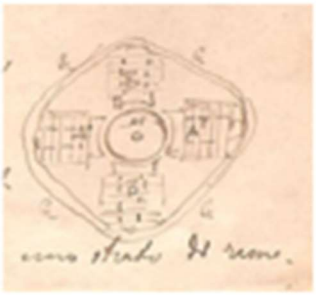




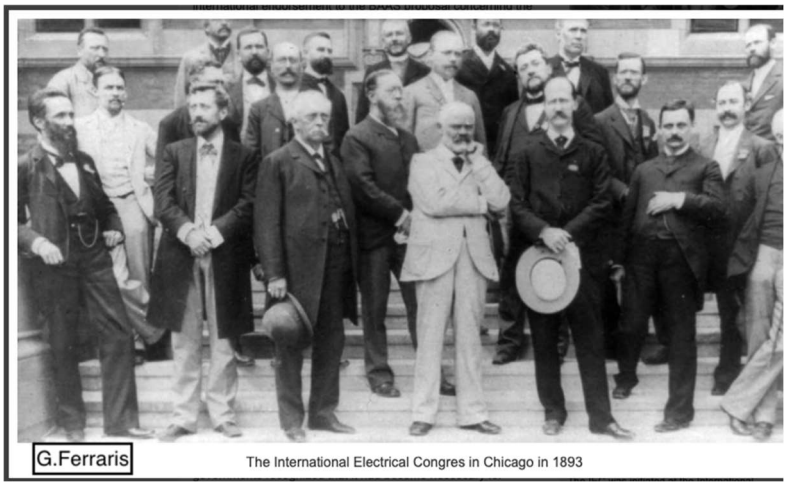
June 1883 Santa Radegonda Coal Power Station

Fu dopo l'esposizione che Colombo e un gruppo di compagni lombardi decisero di realizzare la prima centrale a carbone italiana che venne inaugurata in Via Santa Radegonda a Milano a metà del 1883 permettendo di avviare l'elettrificazione del centro urbano. La centrale era dotata di 6 macchine dinamo eletttriche con generatori di vapore con caldaie da 160 cavalli ognuna a 8 atmosfere. Il Teatro alla Scala (2640 lampade) venne anch'esso collegato alla centrale. Pochi mesi dopo, nel 1884, Colombo fondava la Società Edison.

La vera e propria nascita dell'industria elettrica italiana fu dovuta all'opera di Galileo Ferraris (1847-1897). Nella Esposizione internazionale di Elettricità del 1884, Gaulard e Gibbs presentarono il trasformatore. G.Ferraris lo studiò a fondo e in una memoria presentata a fine 1884 alla Accademia delle Scienze di Torino definì i principi fondamentali di funzionamento del trasformatore denominato in quel tempo generatore secondario mettendo in evidenza le perdite per isteresi e per correnti parassite calcolandone il rendimento che permise l'acquisizione della espressione moderna della potenza elettrica in c.a. con riferimento alla sfasamento tra la corrente e la tensione.
La sua scoperta di maggior rilievo avvenne nel 1885 con il motore a campo rotante, realizzando il primo prototipo del motore nel 1885 e altri modelli nel 1886.



First Prototype ,Drawing and Model Rotating Motor



Partecipa come vicepresidente al Congresso degli Elettricisti di Chicago nel 1893 invitato da Alva Edison e contribuisce alle definizioni delle unità di misure elettriche: joule,watt ed henry adottate proprio su proposta di G.Ferraris.
Venne nominato Senatore del Regno nel 1896.
Il 7 febbraio 1897 a meno di 50 anni muore a Torino.

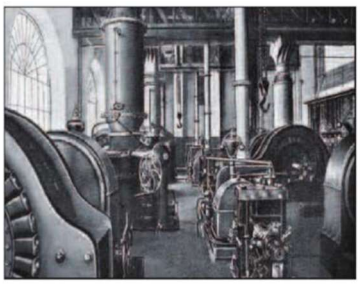
La terza fase tra gli anni Novanta e il 1920 vede lo sviluppo di tutte le tecnologie dei Sistemi Elettrici di Potenza: linee di trasmissione che raggiungono nel 1919 la tensione di 80 kV, centrali idroelettriche e a carbone.

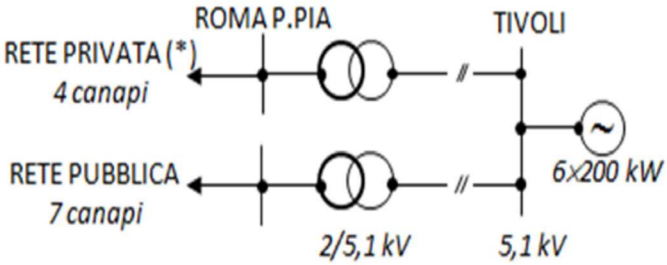
La produzione di elettricità in Italia passa da 1,8 milioni di kWh nel 1884 a 2 miliardi di kWh nel 1912 con una potenza installata di 960 MW. Le società elettriche esistenti nel 1913 raggiunsero il numero di 251.

Altri due Progettisti che diedero successivamente un contributo al CIGRE furono R.Norsa e G.Semenza. R. Norsa faceva parte di un numeroso gruppo di progettisti che intervennero non solo su tematiche scientifiche ma anche nel dibattito pubblico attraverso riviste come ad es.” La Riforma Sociale” per promuovere l’elettricità in vari settori industriali.
Norsa seguì il progetto del macchinario elettrico della centrale Idroelettrica di Acquoria che permise di illuminare la città di Tivoli, mentre si deve al Direttore della Compagnia Anglo-Romana G.Mengarini la realizzazione nel 1892 della prima linea elettrica commerciale in Europa a 5,1 kV Tivoli-Roma che permise di trasportare la produzione della centrale nella capitale.

SS ROME PORTA PIA

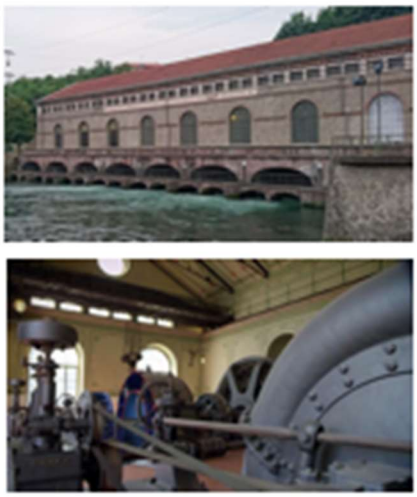
TIVOLI – ROME OHL


ACQUORIA HPP



G. Semenza lavorò dal 1895 in Edison dove raggiunse la posizione di Direttore Tecnico diventando consulente per molte altre industrie; con G. Ferraris e C. Brown (costruttore di generatori) seguì il progetto della linea a 13,5 kV Paderno-Milano (lunghezza 32,7 km). Affrontò sin dall'inizio la scelta dell'isolamento e della protezione della linea, disegnando vari tipi di isolatori facendoli costruire a Richard Ginori; curò altresì l'elettrificazione delle ferrovie italiane come egli stesso scrisse nel 1918.

La linea collegava la "Bertini", centrale idroelettrica del gruppo Edison ed una delle più antiche d'Italia, a Milano. Quando fu inaugurata, nel settembre del 1898, la Bertini era il più grande impianto elettrico d'Europa ed il secondo nel mondo. L'impianto stabilì allora una serie di record tecnologici: era la più potente centrale idroelettrica d'Europa e seconda nel mondo solo a quella delle cascate del Niagara. Lo scopo principale della costruzione dell'impianto era avere sufficiente potenza ed energia per procedere all'elettrificazione della rete tramviaria di Milano, servizio pubblico che Edison aveva preso in concessione dal Comune. Il 19 dicembre 1898, l'ultima linea ancora servita dai cavalli, quella di Porta Ticinese, fu percorsa dai tram elettrici: Milano divenne una delle prime città europee con linee interamente trasformate a trazione elettrica.



Bertini HPP

Paderno-Milano OHL

Electric Traction

2. STORIA DEL CONTRIBUTO ITALIANO AL CIGRE

2.1 Gli anni 1921-1929 Nascita delle Grande Reti Elettriche

"A dry winter following a hot summer in 1921-22 led to a drought which seriously hindered hydroelectricity production in Italy. In the Po Valley this forced local administrators to take immediate action. The provinces of Piedmont Lombardy and Venice (in which most italian industries were located) appointed special commissioners to ration the few available energy between the different industries.
To compound the scarce available resources, electric power was also imported from Switzerland. This was possible as some transmission lines already crossed Italian-Swiss border at this time. Power Producers suppliers in France were also involved: French coal-fired power plants in Nancy and Vincey supplied electricity to Zurich in Switzerland and eventually to the north of Lombardy. The special commissioner for Lombardy, the milanese engineer Angelo Omedeo, reported that the transmission of electric power avoided consequent a widespread shutdown of factories due to the energy scarsity " (Riporto il testo in inglese tratto da Vincent Lagendijk *"Electrifyng Europe: the power of Europe in the construction of electricity networks"* ed.TU/E January 2008).

Il CIGRE nasce proprio nel 1921 quando gli ingegneri elettrici europei riconoscono ormai essenziale avere una maggiore interconnessione tra le reti elettriche esistenti.
L'Italia ha partecipato al CIGRE (International Council on Large Electric Systems) sin dalle sue origini nel 1921 quando si tenne la sua prima conferenza nel Novembre 1921 a Parigi. Per l'Italia parteciparono U. Del Buono , R. Norsa, e G. Semenza.
Del Buono e Norsa si occupavano della stabilità meccanica, delle perdite di potenza e delle cadute di tensione delle linee elettriche tra le quali la linea Grosotto-Milano della AEM in Valtellina che oltre alla lunghezza comportava tratti in alta montagna che posero problemi del tutto nuovi a causa dei carichi di neve e ghiaccio. Del Buono scrisse nel 1915 sulla rivista Elettrotecnica un articolo sul "Personale italiano nella industria italiana"

Tra gli anni 1921 e il 1929, come riportato in Appendice di questo capitolo, il CIGRE ha avuto uno sviluppo continuo e l'Italia ha sempre partecipato con propri delegati alle sessioni generali che in quel periodo avvenivano negli anni dispari. Sono anni di forte potenziamento dell'industria italiana e di conseguenza della rete elettrica.

La 2^ Conferenza del CIGRE nel 1923 vide la partecipazione di 150 delegati rappresentanti 20 Nazioni. L'Italia era rappresentata dal preidente Generale della AEI ing. Del Buono, che venne anche eletto Vice-Presidente dell'Assemblea e dall'ing.Semenza presidente del CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e da altri 11 delegati. La Conferenza venne suddivisa in tre Sezioni con vari temi da trattare:

- Produzione e Trasformazione dell'energia (sottostazioni elettriche e interrutori in olio);
- Costruzione delle Linee (resistenza meccanica e prove sui componenti,invecchiamento isolatori e cavi sotterranei);
- Esercizio e Sicurezza delle Grandi reti elettriche(Regolamentazione, Standardizzazione delle tensioni, statistiche dei disservizi, messa a terra del neutro).

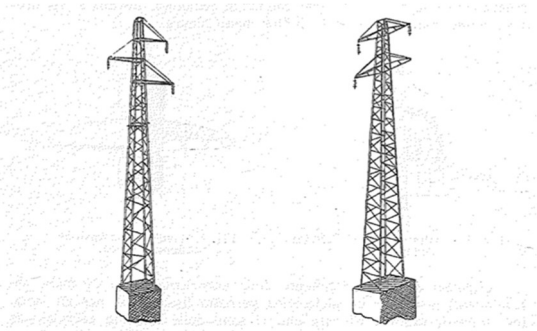
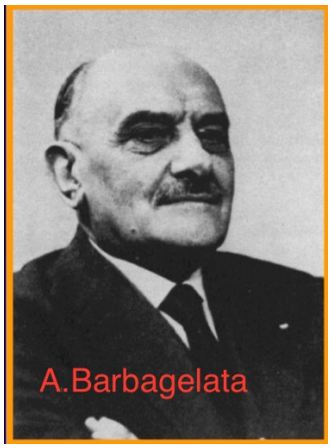


Fig. 9. - Palo normale ed isolatori sospesi per linea a 120 000 volt Torino-Savona.

Fig. 11. - Palo normale per linea trifase a 120 000 volt Montjovet-Quincinetto.

Nella prima interviene l'ing. Semenza su interruttori e sulla convenienza o meno di sottostazioni elettriche all'aperto.



Mentre nella seconda di rilievo fu il contributo dell'ing.Cangia su *"Palificazioni Standard piling per grandi trasporti di energia"*. L'Italia, con un gruppo di nuove linee a tensione maggiore di 100 kV, aveva ormai raggiunto in quel periodo le più grandi nazioni del mondo.
Nella terza sezione intervenne Vannotti richiamando la scala delle tensioni che secondo il CEI andava riferita in primo luogo alle apparecchiature piuttosto che agli impianti.
Già durante questa conferenza venne posto il tema di creare un Comitato internazionale.
Al termine del lavori, delegati scelti tra i rappresentanti delle varie nazioni furono ufficialmente ricevuti all'Eliseo dal presidente della Repubblica francese. I delegati italiani, oltre al presidente generale Del Buono e l'ing.Soleri entrambi della AEI, furono gli ingg. Semenza e Barbagelata entrambi del CEI.

La **3^ Conferenza CIGRE del 1925** è caratterizzata da una larga partecipazione italiana. Su 98 memorie presentate, ben 15 erano italiane e con 30 partecipanti. Il gruppo italiano era, dopo quello francese, il più numeroso. Anche in questa occasione all'Italia e al suo capo delegazione presidente generale AEI Prof.Sartori venne assegnata la Vicepresidenza.Nella prima parte del convegno venne presentato un rapporto di Barbagelata e Soldini sulla "*Selettività nei sistemi di protezione contro le sovracorrenti*". Venne mantenuto il criterio delle tre sezioni già visto nel 1923 e da parte italiana si segnalarono i seguenti interventi: Nella prima sezione (Produzione e trasformazione dell'energia) Sartori e Calzoni presentarono *"Un nuovo selettore di sincronismo",* mentre Pellizzari espose il rapporto di Soldini su *"Interconnessione di grandi reti a diverse frequenze"*. Nella seconda sezione (Costruzione delle linee) Carcano e Romagnoli presentarono la memoria sui *"Grandi attraversamenti del Po"* mentre Emanueli riferì sul *"Cavo sperimentale a 135 kV"* che era entrato in produzione per una sua installazione in Nord-America. Infine, nella terza sezione, si tenne l'intervento di Faccioli sul *"Comportamento delle onde a fronte ripido sui circuiti"* con le esperienze da lui eseguite nei laboratori della Ge.El.Co. con scariche a 2 milioni di Volt volti a riprodurre i fenomeni dovuti alle scariche atmosferiche.

Nella **4^ Conferenza CIGRE del 1927** (527 partecipanti con 77 papers) l'Italia partecipò in una forma ridotta con 1 sola memoria presentata da Montagni, mentre la delegazione italiana era costutuita da 8 rappresentanti con Ing. del Buono come capo delegazione che venne nominato Vicepresidente onorario dell'Ufficio di presidenza in cui venne riconfermato come presidente onorario l'ing. Semenza.
Nella seconda sezione dei lavori merita un cenno il rapporto sui problemi relativi ai pali di grandi linee di trasmissione e della qualità dell'acciaio richiesta per i profilati nei riguardi della fragilità e quindi delle prove di resilienza. Durante la discussione intervenne Del Buono mentre Montagni illustrò la sua memoria sui *"Pali in cemento armato centrifugato per la linea a 220000 Volt da Cardano (Trentino) a Milano"*.
E' durante questa 4 sessione che cominciarono ad attirare l'attenzione i lavori sul tema della utilizzazione dei combustibili fossili, non potendo l'energia da fonte idroelettrica fare a meno di questi.
In questa quarta conferenza si chiese inoltre alle nazioni partecipanti di creare Comitati Nazionali attraverso cui veicolare i rapporti degli autori.

Nella **5^ Conferenza CIGRE del 1929** la partecipazione italiana segnò una notevole ripresa con 40 iscritti e con 7 tra relazioni e memorie. Capo della delegazione italiana fu ing. A. Taccani del CNR .
Nei lavori delle tre sezioni merita di essere segnalato l'intervento dell'ing. Silva relativo al funzionamento in parallelo delle grandi reti elettriche e sulla ripresa del servizio in seguito ad una interruzione e un'altra comunicazione sul calcolo meccanico delle linee aeree con metodo basato sulle leggi della catenaria.

Altro argomento di interesse è quello riferito dai giapponesi sui problemi derivanti dal carico di neve che si deposita sulle linee e del sistema adottato per eliminarli consistente nel riscaldare le linee facendole

percorrere in corto circuito da una corrente conveniente. Questo era già praticato in Italia da molti anni in molti impianti alpini.
Nel corso delle presentazioni si affermò l'importanza del cinematografo come prezioso strumento di ricerca e di laboratorio grazie alla acquisizione di 600 immagini al secondo che, mediante rallentamento di 40 volte, permise di dilatare i fenomeni, tipici del settore elettrico che avvenivano in un secondo, in un tempo di 40 secondi.

2.2 Gli anni 1931-1939 La Grande Depressione e l'inizio della Seconda Guerra Mondiale

La **6^ Conferenza CIGRE del 1931** risentì della Grande Depressione economica che colpì l'economia mondiale. Ciononostante il numero complessivo di partecipanti superò quello delle precedenti mentre la delegazione italiana fu di 17 iscritti contro i 40 della precedente edizione. La direzione della delegazione italiana venne assunta da Barbagelata che assunse anche il ruolo di Vicepresidente della Sessione mentre l'ing.Del Buono, oltre ad essere Vicepresidente onorario, assunse anche la Presidenza del comitato di studio *"Neutro a terra"* mentre all' Ing. Roncaldier andrà la Presidenza del comitato *"La marcia in parallelo"*.
E' nel corso di questa sessionem che cadeva 10 anni dopo la prima, che venne deciso di trasformare la Conferenza nella forma giuridica di Associazione no-profit con membri individuali e collettivi. Anche lo svolgimento della conferenza fu modificato con relatori speciali su memorie affini creando dei Comitati di studio.
Tra questi si evidenziano quello della Trasmissione in c.c.: è in questa conferenza che si configura la grande possibilità di trasporto di energia in c.c. per superare grandi distanze grazie alla scoperta del convertitore statico (reversibile) della c.a in c.c. a tensioni elevatissime. Schjolberg ed Herinksen trattarono la possibilità di grandi masse di energia dalla Svezia al Belgio e alla Francia.
Mentre in quello delle Linee vengono presentate dall'Italia (Montagni e Silva) "*La linea a 125 kV Cismon-Porto Marghera"* e "*La linea Cardano-Cislago a 220 kV* " (Gruppo S.I.P.) entrambe con pali a cemento armato centrifugato.
Nel Comitato Neutro a Terra l'ing.Del Buono, presidente del comitato, rileva che "*il buon funzionamento delle reti ad altissima tensione con neutro a terra è ormai un fatto acquisito i cui vantaggi non possono negarsi"*.
Relatore speciale nel Comitato Misure fu Barbagelata, mentre in quello della Marcia in parallelo l'ing.Silva descrive i vari sistemi economici per la misura delle tensioni e per la sincronizzazione basati tutti sulla opportuna utilizzazione delle correnti di capacità dei normali passanti. Le conclusioni misero in evidenza una sempre più estesa marcia in parallelo delle reti.

La **7^ Conferenza CIGRE del 1933,** nonostante la crisi mondiale e le previsioni pessimistiche, segnò comunque una alto numero di partecipanti e di nazioni rappresentate con un numero altrettanto importante di memorie (come da Tabella di questo paragrafo).
La delegazione italiana venne guidata dal Presidente Generale AEI Ing. Emanueli.
Si caratterizzò per la numerosa delegazione della Germania che non aveva mai partecipato alle precedenti sessioni a causa della sconfitta nella prima guerra mondiale.
Vennero presentati soli due paper, ma alla delegazione fu riservata la Presidenza dei Cavi e delle Linee
Nel comitato di studio sui cavi Emanueli espose le caratteristiche della installazione sperimentale di un cavo a 220 kV a circolazione d'olio inserito sulla linea 220 kV a Cislago. Sempre sui cavi Pirelli venne descritto il collegamento (50 km di lunghezza, 66 kV) tra la centrale di Dock Sud e la città di La Plata.

L. Emanueli

Nel comitato Strumenti di misura l'ing. Barbagelata descrisse le prove sui riduttori per alta tensione.Il metodo, dovuto al Prof. Bottani, derivava dalla teoria che studia i trasduttori utilizzando un trasformatore monofase per tener conto delle correnti di capacità. Crivellari descrisse invece *"Le prove in corto-circuito e di carico sui trasformatori a 4 avvolgimenti"*.
Sempre nel Trasporto in corrente continua si continuò a trattare di grandi trasporti europei tra Norvegia e Francia con tensioni 725 kV in linea aerea e 1000 kV con cavi e a segnalare i progressi nella costruzione del macchinario necessario per questi collegamenti che, venne auspicato da tutti, di veder presto realizzati.
La **8^ Conferenza CIGRE del 1935** toccò il numero massimo di partecipanti e di memorie presentate.

L'Italia ne presentò due a firma A.M.Angelini sulle *"Variazioni di tensione sulle reti in corrente alternata: dispositivo per la loro determinazione rapida"* mentre il secondo di M.Artini descriveva i risultati di una indagine eseguita in Italia che classificava le formazioni di ghiaccio fornendo un utile strumento per aumentare la resilienza delle linee sottoposte a questo fenomeno. Nella delegazione italiana era presente l'ing.Silva che partecipò ai lavori della seconda sezione della conferenza ed in particolare nel comitato di studio del calcolo delle linee aeree.

La **9^ Conferenza CIGRE si svolse da 24 giugno al 4 di Luglio 1937** e mantenne un elevato numero di partecipanti con una lieve flessione del numero di paper complessivi presentati ma con ben 10 da parte dell'Italia.
La delegazione italiana guidata da una triade composta da Barbagelata (rappresentando CNR, AEI, CEI) , Prof. Silva (Unfiel) e dall'ing.Virgili per le FF.SS. era composta da 38 membri tra i quali ricordiamo tra gli altri Del Buono A.M.Angelini, Emanueli, Pramaggiore.
In un contesto politico sempre più difficile, la conferenza si poneva come un evento utile per rinsaldare i vincoli di amicizia tra i tecnici partecipanti: la rete elettrica in alta tensione non poteva prescindere dalle interconnessioni tra le varie nazioni.Anche in questa occasione una ventina di delegati delle principali nazioni (tra cui l'Italia) vennero ricevuti dal Presidente della Repubblica francese Albert Lebrun.
In campo tecnico l'Italia si distinse in particolare :
-nel gruppo Misure con ben 4 memorie relative ai perfezionamenti e applicazioni degli oscillografi catodici , metodi di misura e nuovi dispositivi;
- nel gruppo Interruttori con 2 memorie sulle prove per interruttori e la normativa CEI;
- nel gruppo Trasformatori con una memoria sulla prova di gruppi trasformatore-raddrizzatore a vapore di mercurio.
Nel gruppo delle linee aeree (2 memorie italiane) la memoria italiana di Pessano trattò il tema *"Sugli inconvenienti che si manifestano nelle linee elettriche poste in vicinanza del mare "* tema ancora oggi di attualità.

Nel 1939 inizia la seconda Guerra mondiale, le memorie della decima Sessione vennero pubblicate solo nel 1940 e il CIGRE cessa le attività mantenendo comunque a Parigi grazie a E. Mercier una minima struttura centrale per essere pronta a ripartire dopo la pace.
Tutte le nazioni europee soffrirono di innumerevoli danni alle reti elettriche e alle principali infrastrutture: trasformatori, centri di controllo , centrali elettriche bersaglio delle azioni di guerra e la cui ricostruzione richiese tempi lunghi e ingenti somme di denaro (cfr. Capitolo 5 nel rif.5).

SESSIONI GENERALI CIGRE NEL PERIODO 1921-1939 and Italian Delegates and papers presented				
ANNO	Nazioni	Partecipanti	Papers	Italy Delegates/Papers
1921	12	54	64	3/3
1923	20	394	49	12/7
1925	27	357	99	30/15
1927	28	527	77	8/1
1929	27	703	75	40/5
1931	36	738	100	17/6
1933	30	751	131	15/4
1935	43	900	176	9/2
1937	48	871	119	34/8
1939	38	814	116	6/5

2.3 Gli Anni 1946 - 1988:
Dalla nazionalizzazione alla Prima Transizione Energetica: dall'Idroelettrico al Fossile

In Italia dal 1946 al 1988 due importanti eventi hanno caratterizzato la Rete Elettrica: il primo la nazionalizzazione con la creazione dell'ENEL nel 1964 (così come avvenne nel Regno Unito con CEGB e in Francia con EdF) e il secondo la prima transizione energetica che, come riportato in Figura 1, portò la percentuale di generazione rinnovabile (idroelettrica e geotermoelettrica) dall' 80% nel 1928 al 20% nel 1988 e la percentuale di fossile (20% nel 1928) all'80% nel 1988.

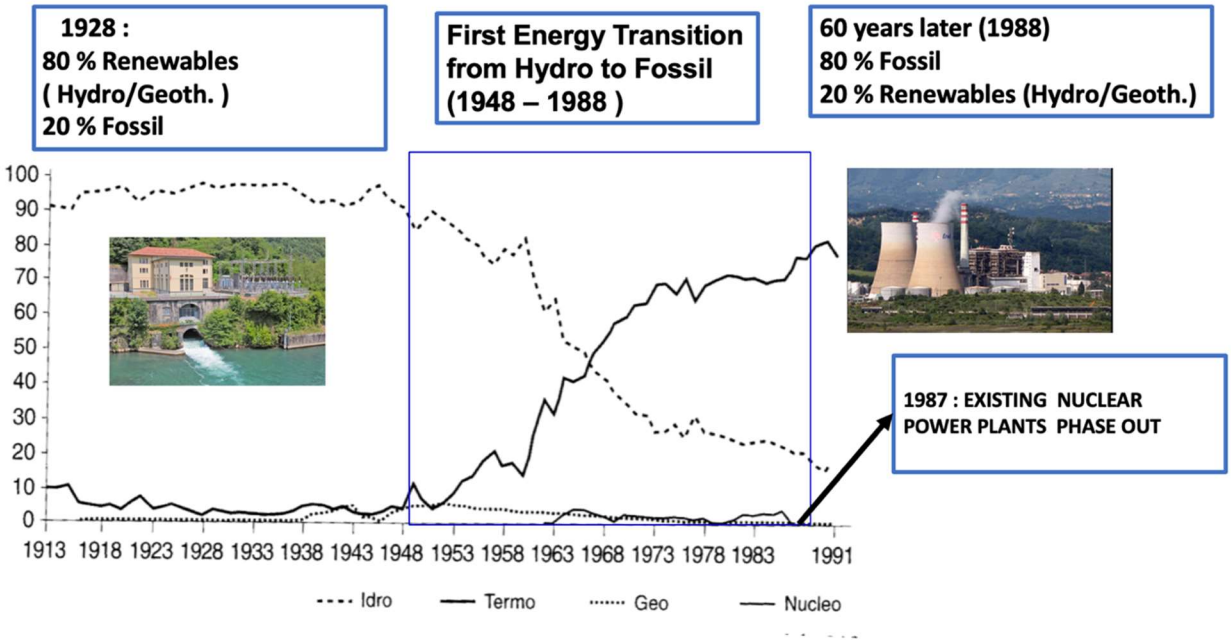


Figura 1 Prima transizione energetica

La prima transizione può farsi iniziare nel 1948 dopo la seconda guerra mondiale e terminò nel 1988 dopo circa 40 anni.

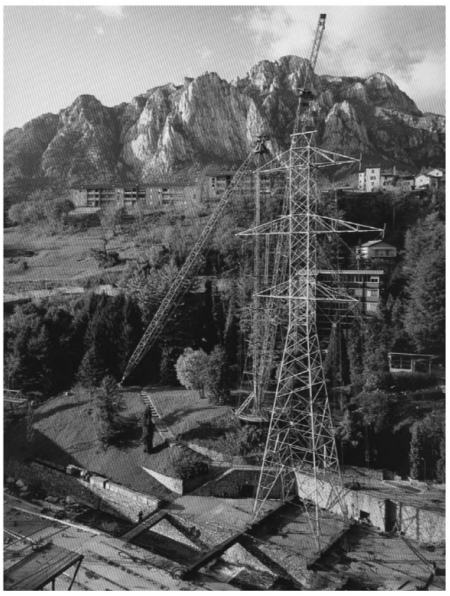
Il primo impulso lo diede il Piano Marshall con i relativi fondi ERP che permisero la costruzione di 14 unità termoelettriche per complessivi 836,5 MW proseguendo poi con la realizzazione di unità che utilizzavano carbone nazionale (nell'area del Sulcis Inglesiente) e lignite (Santa Barbara, Pietrafitta, Mercure), mentre un successivo impulso lo diede l'innovazione che si verificò nelle tecnologie utilizzanti combustibili fossili per la generazione elettrica che portarono, a valle della nazionalizzazione ENEL, alla realizzazione di centrali termoelettriche standardizzate con gruppi da 320 MW e 660 MW policombustibili con caldaie in grado di bruciare olio combustibile, oli pesanti (ad es. orimulsion un olio bituminoso venezuelano), gas in modo da diversificare le fonti e la loro provenienza.
La partecipazione italiana al CIGRE subì quindi, in linea con i due eventi sopra riportati , una nuova linfa.

L'11^ Sessione del CIGRE si svolse, sempre a Parigi, nel 1946 dopo 7 anni di interruzione; si decise di anticiparla in un anno pari, anzichè nel 1947, e l'evento da questo momento in poi si terrà negli anni pari. La sessione fu un successo con 26 Nazioni rappresentate e 900 iscritti di cui 20 italiani con capi delegazione Barbagelata e Silva; oltre 100 i papers presentati, di cui 9 italiani.Tra gli argomenti va evidenziato quello relativo al macchinario con tendenza a unità e gruppi di sempre maggiore potenza (dell'ordine di 100 MW) e con relativi sistemi di eccitazione (trattati anche dall'italiano ing. Santuari).

Sempre nelle linee aeree fece la sua comparsa il progetto di linea a 400 kV da parte di Ailleret e nella discussione che ne seguì parteciparono anche alcuni delegati italiani.
Come sempre nel campo dei cavi venne reso omaggio a Emanueli che fu impossibilitato a partecipare.

Nel 1948 si tenne la **12^Sessione del CIGRE** con 1300 partecipanti e 30 Nazioni rappresentate; i papers inviati furono oltre 120; l'Italia partecipò con oltre 50 iscritti con capo delegazione il prof. Visentini del Consiglio Superiore dei LLPP e 9 memorie. Tra queste, oltre a quelle su trasformatori, macchine sincrone e servizi ausiliari di centrali trattati da A.M.Angelini e dall'ing.Brambilla, si segnalò quella di Silva che trattò il progetto dell'attraversamento dello stretto di Messina a 220 kVca con campata di 3646 metri e sostegni dal peso di 500 t e altezza di 224 metri. L'idea del collegamento risale al 1921 per merito dell'ing.Ferrando che ipotizzava una tensione di 132 kV. Un primo studio venne eseguito nel 1936 su incarico della SGES, poi sospeso per la guerra, ma venne ripreso e dopo la fase di progetto e autorizzativa (nel periodo 1945-1951) si procedette alla realizzazione con entrata in servizio il 27 dicembre 1955. Infine Bianchi della SAE presentò, in una relazione, un nuovo tipo di palo più leggero e più economico a 220 kV. Altro tema fu quello presentato da l'ing. Dalla Verde sulle modifiche a linee esistenti per aumentare la tensione di esercizio in relazione alla progressiva riduzione dei margini di sicurezza a seguito di conoscenze acquisite su fenomeni elettrici, meteorologici e di resistena dei materiali.

Nel 1950 la 13^ Sessione CIGRE, che contava oltre 1400 membri permanenti, ebbe 1200 partecipanti con ben 39 nazioni rappresentate; i papers presentati furono 144.



L'Italia era rappresentata da 67 iscritti e da 10 memorie; i tecnici italiani si distinsero, come spesso accadrà in seguito, sui progetti di linee aeree coniugando ricerca, prove (in Figura 2 la stazione di prova pali della SAE a Garabuso - Lecco, prima in Europa al di fuori del Regno Unito) e realizzazione di impianti:
-il progetto dell'attraversamento dello stretto di Messina in relazione alle sollecitazioni di origine sismica ed eolica (presentato dall'ing.Caminiti);
-nuovi pali a traliccio per una linea a 220 kV;
-fondazioni per sostegni con soluzioni con pali cilindrici in cemento armato centrifugato affondati nel terreno e conduttori a fascio
furono tra i temi italiani trattati.

Figura 2 Stazione di prova pali della SAE a Garbano - Lecco

Negli anni successivi la presenza italiana nel CIGRE si consolidò sempre di più, dal 1952 al 1988, dapprima con una forte presenza di aziende elettriche private (Edison , SAE, Ansaldo) e centri di ricerca e prove (CNR , CESI), Università e Politecnici, poi con l' ENEL, a partire dal 1964. ENEL, costituito a valle della privatizzazione del settore elettrico, si articolò in varie strutture (centri di costruzione, centri di controllo e pianificazione della rete, strutture volte all'esercizio e manutenzione delle reti, centri di ricerca elettrica e di automazione) che presero parte attiva ai lavori CIGRE.
Il CIGRE aveva ormai assunto, dal 1951, un rilievo internazionale impressionante con oltre 1600 membri permanenti provenienti da 40 Nazioni, 32 Comitati Nazionali e 15 Comitati di studio e con una partecipazion alle sessioni che coinvolse migliaia di ingegneri dai 5 continenti.
Nel seguito ci soffermeremo sugli aspetti salienti della storia del comitato nazionale Italiano e al contributo dato al CIGRE.

Dal 1957 al 1966 il contributo raggiunse il vertice stesso della Associazione con la nomina a Presidente CIGRE di G.Silva che abbiamo visto negli anni precedenti partecipare assiduamente e con interventi di rilievo alle varie sessioni generali.

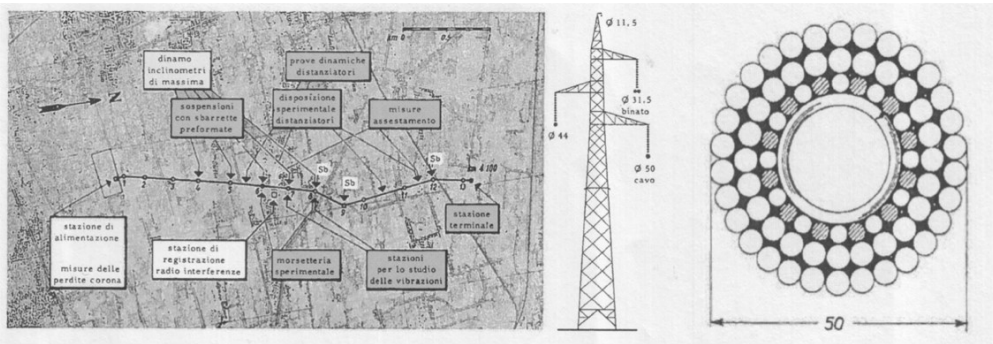
Nel **1954** presentò, nel corso della **15 ^ Sessione Generale CIGRE,** l'Abaco per il calcolo meccanico dei conduttori per linee aeree.

Dopo la guerra nel 1945 divenne consulente e Direttore Tecnico della CONIEL (Compagnia Nazionale Imprese Elettriche) lavorando sul progetto dell'attraversamento dello stretto di Messina.

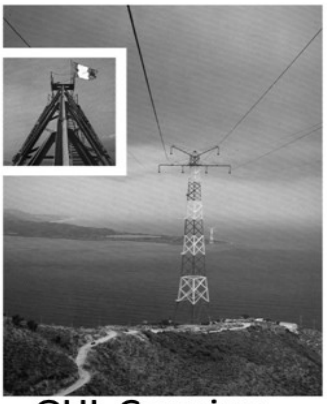
Contemporaneamente iniziò la ricerca e la costruzione della rete a 380 kV. Questo contribuì, da parte italiana, a livello CIGRE, all'invio di studi e documenti non solo in Sessioni Generali, ma anche dal 1966 ai Colloqui che i vari comitati di studio organizzarono.

Una delle figure tecniche più importanti di questo periodo è stato il Prof. Luigi Paris, entrato in Edison nel 1950, che dopo aver lavorato in ENEL tra il 1963 e il 1982, è stato anche amministratore delegato del CESI e poi professore fino al 1998. Paris fu uno dei principali protagonisti dello sviluppo della rete italiana a 380 kV.

Fu responsabile della costruzione della prima linea a 380 kV della Edison Volta la Mese-Bovisio di 90 km che permise una più forte connessione con la rete svizzera. Per la tratta montana che raggiungeva i 1800 m di quota, utilizzava un unico conduttore cavo Al/A di 50 mm di diametro (conduttore ANACONDA) brevettato da Edison-Falck; sulla linea sperimentale prima della costruzione, vennero inoltre effettuate misurazioni sull'effetto corona sia per le perdite che per i disturbi radio che furono oggetto di un documento CIGRE durante la **16^ Sessione CIGRE del 1956**.



OHL Field Test and Conductor Anaconda ⌀ 50 *mm*



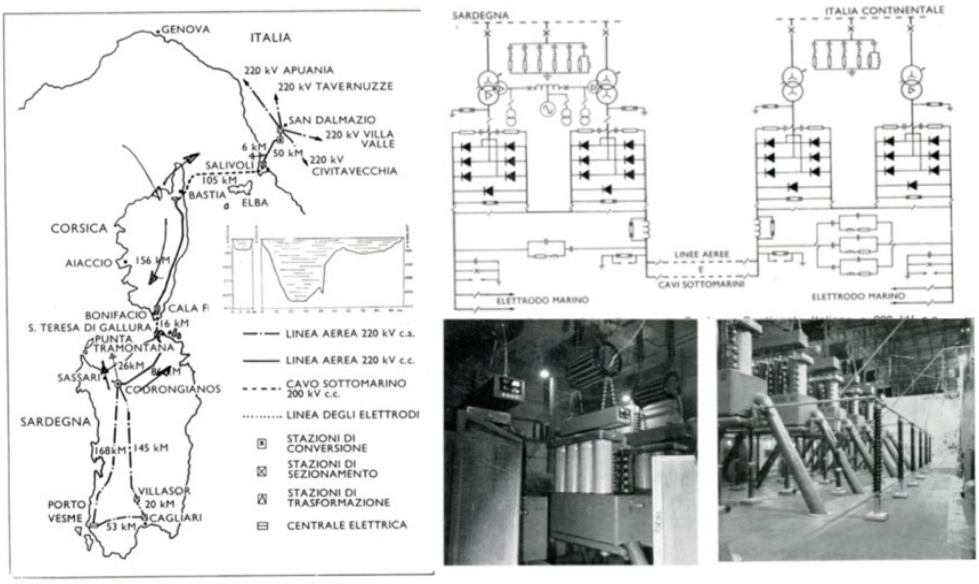
OHL Crossing Messina Strait

Nella stessa sessione presentò anche una memoria dal titolo *"Investigations of the Stringinging and Tensioning of Conductors on E.H.V. Lines"* che completava gli studi adottati per la costruzione della linea anche sugli aspetti realizzativi.

Sempre come autore principale presentò nella **17^ Sessione CIGRE del 1958** *"The study of reduced models in the field of HV overhead lines for the evaluation of dynamic phenomena caused by ice due to both conductor breakage and overload detachment"*.

Nella **21^ Sessione CIGRE nel 1966** presentò un rapporto dal titolo *"Contribution to the Study of Insulation Coordination from a Probabilistic Point of View"*.

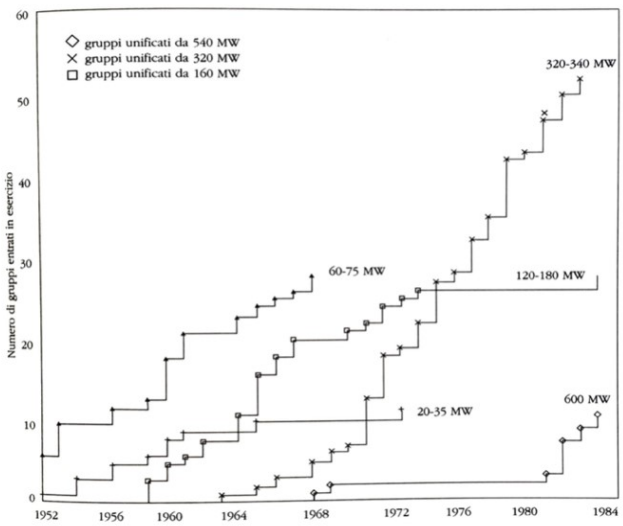
Negli anni '60, un altro importante obiettivo venne raggiunto in Italia: la società Carbosarda decise di utilizzare il carbone estratto dalle miniere del Sulcis in una centrale a carbone da costruire nel sud della Sardegna (2 gruppi da 250 MW ciascuno), per cui si rese necessaria la costruzione di un'interconnessione sottomarina tra la Sardegna e l'Italia. La costruzione e la messa in servizio del collegamento Sardegna-Corsica-Italia (SaCoI) fu completata nel 1967. Il collegamento (lunghezza totale 413 km: 121 km di cavi marittimi e 292 km dc OHL) aveva una potenza nominale di 200 MW e una tensione nominale di 200 kV. Utilizzava un convertitore a commutazione di linea con valvole a vapori di mercurio.



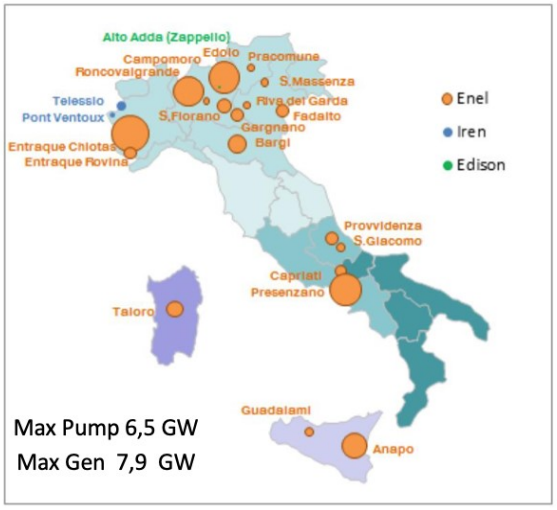
SACOI HVDC Plant

Nella **22^ Sessione CIGRE 1968** un rapporto italiano (autore principale Priaroggia) intitolato *"200 kV DC Submarine cable interconnection between Sardinia and Corsica and between Corsica and Italy"* descrisse la caratteristica di uno dei due cavi utilizzati per il collegamento, prodotto da Pirelli. Il cavo isolato in carta impregnato di materiale viscoso fu scelto rispetto a altri diversi tipi di cavo per due motivi: era l'unico tipo di cavo in c.c. con esperienza operativa (Gotland e Cross Channel) ed appariva il più semplice dal punto di vista meccanico per la posa in mare (profondità massima 450 m.). Da sottolineare che nel 2020 entrambi i cavi originali sono ancora in esercizio commerciale, dopo oltre 53 anni di funzionamento. Sui cavi diversi lavori sono stati presentati nelle Sessioni e nei Simposi CIGRE e, inoltre, l'impianto SACOI è stato inserito nel rapporto di affidabilità CIGRE dei collegamenti HVDC dall'origine fino ad oggi.

Nel 1966 CIGRE procedette alla revision dello statuto e ad un nuovo numero di Comitati di Studio (SC) introducendo limiti di tempo per il presidente del Comitato; iniziò la pubblicazione di un nuovo bollettino trimestrale denominato Electra per i suoi membri; il bollettino includeva informazioni non solo sulla vita dell'associazione, ma anche sui rapporti annuali dei SC e dei gruppi di lavoro.
Gli studi e gli articoli italiani hanno riguardato tutti i vari nuovi SC:d alle macchine rotanti ai trasformatori, le apparecchiature di commutazione, le linee OH e i cavi isolati in HV, le sottostazioni, i collegamenti HVDC e l'elettronica di potenza AC, i materiali per l'elettrotecnologia, la pianificazione del sistema e la stabilità del sistema di alimentazione, il coordinamento dell'isolamento del sistema, la protezione e il controllo del sistema di alimentazione, la compatibilità elettromagnetica del sistema di alimentazione.
Dal 1960 al 1988 continuò lo sviluppo in Italia di centrali a combustibili fossili con un aumento progressivo delle taglie di potenza.



Development Size Fossil TPPs in Italy 1952-1984



Development HPSPs in Italy 1952-1984

Fig. 3 Sviluppo delle centrali a combustibili fossili in Italia Fig. 4 Pompaggio idroelettrico in Italia

Questa progressione continua è mostrata nella Figura 3. All'inizio degli anni '70 la potenza massima dei turbogeneratori raffreddati ad aria era di circa 100 MW, mentre alla fine degli anni '80 aumentò a 600 MW, mentre negli anni '80, grazie all'utilizzo dell'idrogeno come mezzo di raffreddamento, la potenza nominale dei turbogeneratori raggiunse i 600 MVA e oltre. Questi aumenti delle taglie di potenza delle centrali termiche permettevano di avere migliori rendimenti e minori costi di investimento e di esercizio per MW installato.

Dal punto di vista della pianificazione della rete, lo sviluppo delle centrali termiche e delle centrali nucleari rese necessaria la costruzione di centrali idroelettriche ad accumulo con pompaggio per immagazzinare l'energia prodotta dalle prime e alimentarla nei periodi di punta. Negli anni '70, praticamente ogni regione italiana (vedi Figura 4) aveva un impianto di pompaggio idroelettrico, i più grandi installati nelle regioni alpine (es. Entracque HPSP 1065 MW, Roncovalgrande HPSP 1040 MW).
Questo sarà di interesse per la rete con il futuro sviluppo delle fonti rinnovabili.
Nelle Sessioni CIGRE sono state quindi numerose le relazioni italiane che hanno affrontato le problematiche derivanti da questi sviluppi.

Nel corso della **22^ Sessione CIGRE del 1968** CIGRE definì una procedura completa per la richiesta di memorie fornendo i temi preferenziali e l'invio degli stessi ai Comitati Nazionali per la diffusione ai soci e ai potenziali autori, attribuendo al Comitato Nazionale Italiano un'assegnazione di 10 lavori in accordo con il rango dell'Italia nella membership della associazione. In questa Sessione L.Paris e M. Valtorta (Professore all'Università di Roma) presentarono un paper nell'ambito del SC 32 dal titolo *"Planning the installation of Large Units in interconnected systems, relevant parameters and their relative influence"*, considerando due sistemi, il primo isolato e il secondo interconnesso, che mostrano una relativa influenza per pianificare lo sviluppo e il funzionamento dei due sistemi e delle linee di interconnessione per un periodo di vent'anni mediante un dettagliato programma informatico.
Nella stessa sessione un gruppo di lavoro del SC13 "Interruttori automatici " presentò un documento su *"Transient recovery voltage in H V networks - Terminal faults"* prendendo in considerazione le due reti a 225 kV (Italia e Francia) e trattando i transitori con metodi statistici e calcolando da queste informazioni alcuni parametri di TRV; G. Catenacci (CESI) fu l' autore per la parte italiana.
La **23^ Sessione CIGRE del 1970** raccolse 122 papers; dall'Italia, come prefissato, 10 papers. In particolare nel SC33 "Overvoltges and Insulation Coordination" l'Italia presentò due lavori importanti.I primi autori L.Paris, E.Comellini e A. Taschini dell'ENEL descrissero *"Insulation Coordination of an EHV Substation"*

che trattava la scelta dei livelli di isolamento per le apparecchiature di una sottostazione elettrica in AT sulla base di criteri statistici secondo le nuove regole in fase di studio da parte dell'IEC (International Electrotechnical Comittee). Il secondo, autore A. Colombo, trattava "*International Studies of Insulator pollution problems* " I risultati degli studi contribuirono ad adottare i valori per le tecniche di prova in AT sui componenti.
Nella **24^ Sessione CIGRE del 1972** il contributo principale del Comitato nazionale italiano proseguì nel campo della progettazione di centrali termiche ed idrauliche con un contributo dell'ENEL nel SC 32, autori G. Manzoni, P.L. Noferi e M. Valtorta *"Planning thermal and hydraulic power systems relevant parameters and their relative influence"* che affrontò il problema dell'integrazione di HPP con i serbatoi nei sistemi elettrici con prevalenza di generazione termica tenendo conto dei criteri di sicurezza e delle caratteristiche probabilistiche della disponibilità di acqua, della capacità termica e del carico per avere una percentuale ottimale di installazioni idrauliche ed il loro utilizzo ottimale mediante simulazione al computer.
Questo articolo fece seguito ad un precedente rapporto relativo alla pianificazione di turbine a gas e HPSP per fronteggiare i carichi di punta.

Altri articoli vennero presentati nel SC32 dalla Turchia, il cui autore principale è stato F. Iliceto (Università di Roma), consulente dell'Autorità Turca per l'Energia Elettrica, in relazione ai *"Criteri di pianificazione del Sistema EHV della Turchia"*.
Nel SC21 "Cavi isolati in AT" N. Palmieri e G. M. Lanfraconi trattarono i *"Cavi riempiti ad olio Extra HV (da 300 a 400 kV) posati in pozzi verticali"* (*"Extra HV oil Filled Cables (from 300 to 400 kV) laid in vertical shafts)*; questo tipo di soluzione è molto importante per gli impianti di pompaggio (HPSP), è stato utilizzato per la prima volta nel 1955 nella centrale HPSP di Montorio. Gli autori nel paper descrivono l'evoluzione adottata per l'impianto HPSP del lago Delio del 1971 nel nord Italia con cavi riempiti ad olio 12x400 kV disposti in verticale per 120 m. per la trasmissione di 1000 MVA e infine completarono con la presentazione della progettazione, la fabbricazione e la posa adottati per realizzare il cavo Kafue 330 kV (Zambia) in un pozzo verticale con profondità di circa 500 m.
Nel SC 23 "Stazioni Elettriche" vengono presentate dall'Italia due relazioni: la prima *" Automatic Designing of Transmission Lines and Substation "* autori di ENEL (L.Paris è stato il coordinatore) descriveva un nuovo strumento implementato in ENEL che sarà successivamente legato al sistema informativo automatico per l'automazione della progettazione di Linee Elettriche e Stazioni Elettriche; la seconda trattò *"Adaptation of Substations to their environment both in urban and rural area, including noise problems and oil pollution of subsoil*" autori di un WG CIGRE in cui per l'Italia partecipò N.Tomatis.

La **25^Sessione CIGRE del 1974** viene svolta dopo la crisi petrolifera del 1973, durante la quale in Italia ci fu un altro impulso allo sviluppo di generazione con altre tipologie di combustibili: viene approvato il Programma Nucleare e la possibilità di cambiare/modificare nelle centrali termiche le caldaie in modo da poter utilizzare non solo olio combustibile, ma olii pesanti e gas per diversificare le fonti e la loro origine.
L'Italia, nella sessione del 1974, mette in evidenza 5 documenti:
- nel SC21 "Cavi isolati ad alta tensione "G. Maschio e E. Occhini (Industrie Pirelli) presentarono *"HV Direct Current Cables: The state of art"* descrivendo le caratteristiche dei cavi HVDC isolati in carta con particolare riferimento ai problemi del dielettrico in corrente continua come il meccanismo di conduzione, gli effetti della carica spaziale, la distribuzione delle sollecitazioni in stato stazionario e durante i transitori.
- nel SC31 L. Paris,F. Reggiani e M. Valtorta *"Possibilities to increase trasmission line loading in well-developed electrical networks"* in cui gli autori considerarono le ragioni per aumentare il carico delle Linee Elettriche durante lo sviluppo della rete prima dell'introduzione di un nuovo livello di tensione. Vennero considerate le curve di durate delle temperature dei conduttori e la capacità di sopportare tali temperature in relazione al rischio di degrado meccanico o di riduzione delle distanze di isolamento.
- nel SC32 due documenti vennero presentati da un pool di membri Europei, il primo *"The Planning of Interconnections between electrical systems"*, P.L.Noferi autore dell'articolo per l'Italia, presentava una metodologia specifica per un approccio più razionale agli studi di pianificazione delle interconnessioni, il secondo elaborato da un pool di autori dell'ENEL *" Simulation of Power System behaviour under severe*

disturbances causing sequential trips of trasmission lines or heavy power swing" descriveva un programma di calcolo per la simulazione di transitori elettromeccanici tramite un computer digitale.
- nel SC33 M. Sforzini (ENEL) fu coautore per *"Problems related to the performance of UHV Insulators in contamined conditions".*

Nel periodo tra il 1969 e il 1976 un notevole contributo al CIGRE venne dato da G. Quazza, direttore del Centro Ricerche per il Controllo Automatico dell'ENEL, uno dei massimi esponenti mondiali nel campo del controllo on-line dei sistemi di potenza, che divenne rappresentante nazionale italiano nel nuovo SC 32 ed che partecipò come Special Reporter nelle sessioni generali del 1972 e 1974 relative alla SC32. Svolse attività didattica anche presso il Politecnico di Milano. Purtroppo morì prematuramente nell'agosto del 1978 in seguito a un incidente di arrampicata sulle Alpi italiane.

Durante la **26^ sessione CIGRE del 1976** tre articoli del comitato nazionale italiano meritano di essere descritti.
Nel SC11 l'ENEL presentò "*"Static System for quick de-excitation"* uno studio per esaminare la possibilità di modificare lo schema dell'eccitatrice sostituendo l'interruttore convenzionale con un sistema statico basato sull'uso di tiristori; il prototipo fu testato su unità idroelettriche con risultati favorevoli e aprì la strada all'applicazione generale dello schema ai sistemi di eccitazione delle macchine sincrone. In SC21 G. Portinari (Pirelli) e A. Bossi e F. Farneti (ENEL) presentarono *"Criteria for the qualification of extruded cables"* descrivendo la procedura di qualificazione dei cavi che è stato un passo importante per verificare su campioni di cavi reali il progetto di cavi estrusi AT e MT in relazione all'invecchiamento (generato con test di cicli termici) e ai transitori di tensione (con prove ad impuso atmosferico).

Infine nel SC31 L. Parigi, L. Salvaderi e M. Valtorta presentarono una relazione relativa a "*"Energy Storage Peak-Load Plants in the Future Energy Production System"*. Il paper considerava l'ottimizzazione del mix per il servizio di picco in un sistema di generazione prevalentemente termonucleare che può essere composto da unità che hanno a disposizione un numero illimitato di unità (Turbogas) o un limitato accumulo di energia (Pumped storage, sistemi di batterie, ecc.). Il previsto massiccio utilizzo della sorgente nucleare era un programma in quegli anni in Italia e questo ha suscitato l'interesse per i mezzi di generazione di stoccaggio. L'articolo definì l'ottimizzazione delle caratteristiche di base del servizio di picco di stoccaggio e suggerì come effettuarne una valutazione quantitativa attraverso un metodo di simulazione del tipo Montecarlo.

Il carico in Italia divenne circa quattro volte maggiore ogni 20 anni, mentre la capacità di trasporto economica della linea elettrica diventò quattro volte maggiore quando la tensione passò da 132 kV a 220 kV e poi da 220 kV a 380 kV. In Italia è stata quindi sviluppata una rete a nuovi valori di tensione ogni 20 anni: nel 1920-30 il sistema a 132 kV, nel 1940-50 il sistema a 220 kV, nel 1960-70 il sistema a 380 kV.

L'ENEL negli anni 70 ipotizzò che l'andamento storico avrebbe continuato tenendo conto dei programmi sulle centrali nucleari le cui unità potevano anche superare i 1500 MW ciascuna con siti che potevano ospitarne anche 2: la necessità di trasmettere questi grandi volumi di potenza fu uno dei fattori decisivi per la messa a punto di un nuovo livello di tensione.

Per quanto riguarda il valore del nuovo livello di tensione, dopo che un dettagliato studio tecnico ed economico dimostrò che, per l'Italia, un livello di 1050 kV fosse il migliore, l'adozione di un nuovo livello di tensione è stato un problema comune non solo in diversi Paesi europei, ma anche in URSS e in Nord e Sud America. Anche CIGRE considerò il livello AAT come una tema di ricerca. Il progetto italiano iniziò

nel 1971 e la prima fase venne completata nel 1976. Al progetto parteciparono anche Elettrobras e diversi costruttori italiani come: Industrie Elettriche Legnano, Italtrafo,Tecnomasio Brown Boveri per la costruzione del prototipo del Trasformatore a 1000 kV, Magrini Galileo per la costruzione della Sottostazione Modulo GIS, Pirelli per i Cavi ad Olio Fluido, Ceramiche Industriali e R.I.E. per gli isolatori.

Il progetto venne presentato nella **27^ Sessione CIGRE del 1978** nel rapporto dell'ENEL *" Italian 1000 kV Project and related Test facilities "*autore principale L. Paris in questo periodo Presidente del Comitato Direttivo incaricato del Progetto. L. Paris divenne membro del Consiglio di Amministrazione del CIGRE nel 1980.

L'organizzazione del Progetto venne suddivisa in 8 diversi Gruppi di Ricerca con temi specifici: Corona e campo elettrico, conduttori, fisica della scarica e prove ad impulso e isolamento, cavi AAT, linee AAT, trasformatore AAT, sottostazione AAT, studi sulle reti e analisi dei transitori; principali caratteristiche del progetto.

Vennero attrezzate delle strutture di prova per testare le apparecchiature e un modello di linea in AAT per esecuzione di prove su effetto Corona, un area di prova (Pradarena Pass Testing) situata nella zona montuosa soggetta a sovraccarico di ghiaccio pesante e vento forte, un altra (Coltano Testing) situata in zona con venti di media turbolenza, laboratori di Brugherio per le prove meccaniche e di vibrazione, Diverse stazioni di prova di inquinamento naturale: in Sardegna per le contaminazioni marine, Sangone e Marghera per le contaminazioni industriali, Due Stazioni sperimentali (Monte Orsa e Sasso di Pale) per la ricerca sul lightining, laboratori del CESI disponibili per alcune prove su componenti come interruttori automatici, ecc.

Figura 5 mostra la localizzazione degli impianti, lo schema degli impianti di Suvereto (Toscana) con l'impianto di prova completato, i trasformatori e condensatori di prova da 800 kV e il banco di condensatori da 6 MV, il generatore di impulsi da 500 kJ e il divisore di tensione.

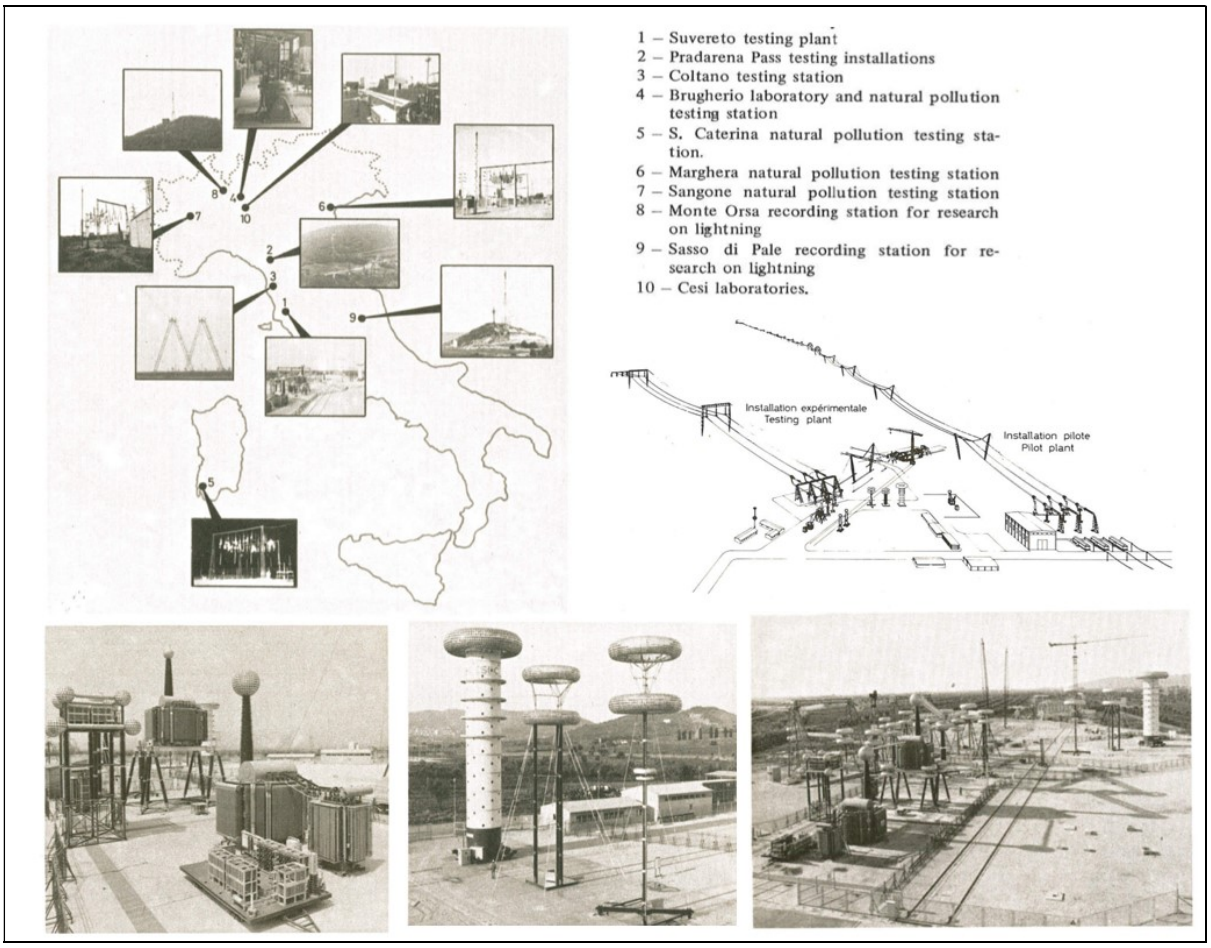


Figura 5 Impianto di Suvereto

Il Progetto creò una ricaduta di numerosi risultati che videro ampliarsi la lista CIGRE dei lavori del comitato nazionale italiano anche nelle succesive sessioni generali.Nella stessa sessione del 1978 vennero presentati:

- SC12 A.Bossi, L.Giannuzzi, G.Manzoni (ENEL) and F.Coppadoro (Italtrafo) and G.Sigaudi (IEL) *"Choice of the characteristics of power trasformer for UHV Systems"*
- SC 21 E.Occhini , G.M.Lanfraconi, G.Maschio (Pirelli) e M.Tellarini (CESI) *" Self contained Oil Filled cable Systems for 750 and 1100 kV. Design and Testing"*
- SC22 B. Cauzillo, P. Nicolini, P. Paoli (ENEL) e A. Carpena (SAE) *" Mechanical Design Criteria and Construction of New UHV Lines"*
- SC33 G.Santagostino, G.Borgonovo (CESI) e G. Gambelli, L. Lagostena e A.Porrino (ENEL) *"Evaluation of the risk of failure due to switching surges in UHV Networks"*

Il Comitato Nazionale italiano organizzò inoltre sul tema AAT una Conferenza del SC31 CIGRE in Toscana a Tirrenia nel 1977 e un Colloquium CIGRE a Siena nel 1979.

Nella 28^ Sessione CIGRE del 1980 l'Italia presentò altri rapporti sulla ricerca 1000 kV fra i quali:

- SC31 L. Paris, M.Valtorta (ENEL), G.Carrara (CESI) De Franco (Elettrobras) and J.Lepecky (CEPEL, Brasile) *"The 1000 kV -Progress of research at the end of 1979 "*
- SC33 G.Santagostino, N. Fiorella (CESI) L. Lagostena, A.Porrino (ENEL) *"Phase to phase to Earth risk failure due to switching surges in UHV Systems"*
- SC36 R.Cortina (Enel) and k.Yamaguti (CEPEL) *"Results of measurement of Corona effects (Losss,Radio-Interference,Audible Noise on large conductor bundles and large diameter tubes "*

Nello stesso tempo l'Italia lavorò al Piano di Emergenza per il ripristino dell'energia elettrica che poteva scaturire dopo un grave guasto al sistema elettrico con conseguente blackout parziale o totale coinvolgendo solo unità idroelettriche e turbine a gas per l'alimentazione delle linee di trasporto scelte per il ripristino della rete .

Nella **29^ Sessione del CIGRE nel 1982** meritano una citazione due papers:

- SC32 G.Fusco, D.Venturini (ENEL-Dispatching National Center), F.Mazzoldi, A.Possenti (ENEL*) "Thermal unit Contribution to the Electric Power Restoration after a Blackout"*
- SC35 A.Schiavi (ENEL) and Varriale (Italdis) *"Enel power generation and Transmission Control(PGTC) System.technical and managerial aspects of the development of the software for a large scale system"*

Nella **30^ Sessione del CIGRE nel 1984** da parte italiana proseguì l'invio di memorie relative ai risultati ottenuti dal progetto 1000 kV che, con riferimento ai vari Comitati di Studio, furono:
-SC21 F. Farneti (ENEL) F. Donazzi, G. Luoini (Pirelli) e W. Mosca (CESI) *"Power transmission of Self-Contained Oil-Filled 1100 kV cable system full-scale Tests and Design criteria "*
-SC22 M. Barbarito, A. Clerici (Sadelmi) L. Paris, R. Giglioli (University of Pisa) B. Marzi (Sade Brazil) *" Compact versus conventional EHV Lines: technical and economical comparisons."*
-SC37 L.Paris con autori di ENEL (M.Valtorta, G. Manzoni, A. Invernizzi) , Elettrobras (N.De Franco) e Themag Brasil (A.Vian) *"Limits of very long distance transmission sytems".*

Altri papers nell'ambito del SC21 furono presentati dalla Pirelli, non solo per lo sviluppo di isolamento in polietilene reticolato (*Cross-linked Polyethylene insulation for HV cables*) per cavi AT, ma anche per descrivere il nuovo collegamento nello Stretto di Messina a 400 kVca 1000 MVA (tre cavi più uno di riserva) in sostituzione della Linea Aerea *"Installation of submarine Power cables in difficult environmental conditions.The experience with 400 kV Messina Cables".*
Il rapporto metteva in evidenza le difficoltà riscontrate e la soluzione per la posa dei cavi dovute alla simultanea presenza di fondale roccioso e forti correnti alla profondità di 300 m.
Nel SC37 venne presentato, autori : F. Iliceto, E. Cinieri (università di Roma) e L.Casely-Hayford (CEO of Volta River Authority) *"Long Lightly HV Transmission Lines to expand electrification of developing countries applications in Ghana"*, che descriveva soluzioni tecniche per sostituire la generazione diesel locale con fonti idroelettriche lontane.
Infine nel SC38 un gruppo di membri Ansaldo e CESI (G.Santagostino) presentarono "*Evaluation of transient performance of a Static Var Compensator (SVC) for voltage support in a transmission system with Low Short Circuit Power".*

Nel **1986, dopo il grave incidente nucleare di Chernobyl,** l'Italia decise, dopo un referendum , lo stop alla costruzione di nuove centrali nucleari e l'anno seguente venne adottata la chiusura di tutti gli impianti nucleari (NPP) in esercizio. L'impatto sull'industria elettromeccanica italiana fu severo e anche il Comitato nazionale ne soffrì dal punto di vista della Membership .

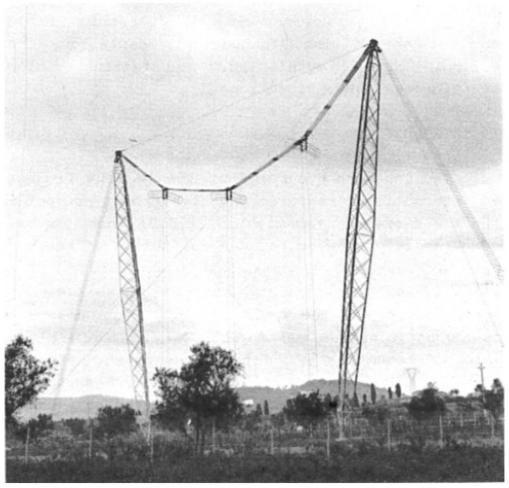
Ciò nonostante il contributo italiano alla **31^ Sessione del CIGRE nel 1986** venne mantenuto ad un alto livello con l'invio di importanti rapporti e contributi specie nel SC 37 "Planning " e nel SC35 "Comunication and Telecontrol".
C. Martocchia (ENEL) come autore di riferimento presentò una memoria su *"Influence of Uncertainty factors on Transmission System plannin. Problems of the Italian System in the coming Years"* esaminando le difficoltà di previsione della domanda di energia derivanti dalle difficoltà economiche indotte dalla crisi del petrolio e dall'altra la difficoltà di ottenere autorizzazioni nella realizzazione di nuovi impianti con ritardi notevoli sull' inizio delle attività di costruzione. L'articolo analizzava questi fattori di incertezza e descriveva una valutazione non solo per la rete italiana, ma anche per le nuove interconnessioni con i paesi confinanti, in particolare per la doppia terna a 380 kV pianificata tra Rondissone (Italia) e Albertville (Francia) che

avrebbe toccato il record di essere la linea elettrica a maggiore altitudine (2555 metri) e l'altra tra San Fiorano (Italia) and Robbia (Svizzera). La prima venne in esercizio nel 1985 (più di 7 anni dopo la sua pianificazione) mentre la seconda entrò in esercizio solo nel 2003 .Le date mostrano la validità del rapporto presentato.
M. Valtorta and G. Manzoni presentarono un paper su *"Reliability Co-ordination in Electric Power Systems "* che completava quello precedente con considerazioni di affidabilità.

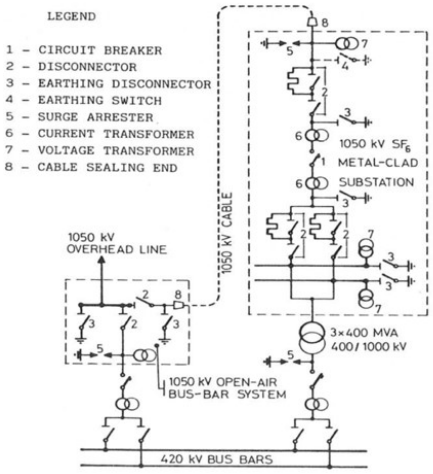
- Nel SC36 "Interference " due memorie presentarono lo stati dell'arte sui Campi Elettrici e Magnetici che negli anni seguenti divenne un tema di rilevanza pubblica per l'accettazione di nuove linee elettriche . Il primo fu presentato dal Gruppo di lavoro (WG) a nome del SC *"Electric and magnetic Fields from Power Transmission Systems results of an international Survey "* R. Cortina era il membro italiano. Il secondo dal titolo *"Research on biological effects of Power Frequency Fields"* avenne presentato da ungruppo di autori provenienti da CEGB (United Kingdom), EdF (France) ed ENEL per l'Italia (R.Conti fu l'autore di riferimento).

Altri papers da evidenziare furono:
- Nel SC35 F. Bitetti come autore di riferimento (ENEL) con altri provenienti da Industia (Telettra, Esacontrol and Landis & Gir) presentò *"The ENEL Remote Control centers: a New generation based on a distributed processing configuration".*
- Nel SC23 L. Giannuzzi (ENEL) presentò una memoria dal titolo *"Design Criteria and organization of ENEL's HV and EHV Substations";*
- Nel SC14 L. Paris (università di Pisa), P. Tiez (Ansaldo Sistemi industriali), G. Testi (CESI) e L. Piglione (Politecnico di Torino) *" Small power tapping from HVDC Transmission System "* descrissero una soluzione in derivazione per linee in HVDC che poteva portare a benefici per lo sviluppo delle zone attraversate .

La **32^ Sessione del CIGRE nel 1988 fu la prima a tenersi nel Palais des Congrés** con più di 2000 partecipanti provenienti da 70 paesi. Il comitato nazionale Italiano partecipò presentando 10 memorie in particolare::
- Nel SC38 R.Conti (autore principale), G.Mazza, P. Nicolini and B.A. Cauzillo, L. Giannuzzi (ENEL) presentarono *"Suvereto 1000 kV Pilot plant: results of the research and plant design characteristics"* descrivendo la fase finale dello sviluppo del Progetto 1000 kV con la realizzazione della linea pilota a 1050 kV lunga 20 km e che alimentava la stazione 420/1050 kV da Suvereto nodo della rete italiana a 420 kV. Inizialmente operò priva di carico (Figura 6).



Circus Tower Prototype for UHV OHL



Single-wire Diagram Suvereto SS

Figura 6 Impianto di Suvereto

- Nel WG 38-03 c'erano importanti esperti del tema Affidabilità, tra questi D. McGillis and R. Billinton; nel WG c'erano come membri italiani, L. Salvaderi e S. Scalcino (entrambi ENEL) Il primo organizzò una tavola rotonda sul tema *"Power System Reliability Analysis "* che riassumeva la Guida tecnica concernente l'applicazione di metodi analitici per la valutazione di aspetti affidabilistici nel campo della generazione e trasmissione elettrica.

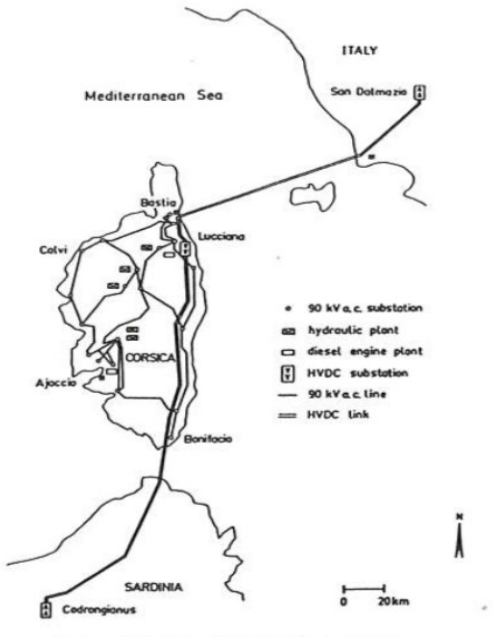


Figura 7 SACOI

L'Italia e la Francia registrarono un'altra tappa miliare nella storia della trasmissione di energia elettrica con la messa in servizio nel Gennaio 1987 della prima interconnessione Multiterminale in Corrente Continua tra tre reti elettriche indipendenti inserendo, nell'Impianto SACOI, la Stazione di Lucciana nella rete corsa.

L'Impianto con la nuova configurazione venne presentato nel SC14. La Stazione del tipo "parallel tap" venne localizzata a sud di Bastia con potenza nominale di 50 MW a 200 kVcc e cosisteva di due ponti a tiristori a 6 impulsi a 100 kV ciascuno.

La Stazione corsa venne progettata per operare con caratteristica statica a regolazione di corrente sia in modalità raddrizzatore che in modalità invertitore. In Figura 7 è rappresentato l'impianto SACOI con la stazione di Lucciana.

2.4 Gli anni 1990 - 1999: Dal Monopolio alla Privatizzazione

In occidente nei paesi sviluppati dal 1990 iniziò un processo che portò ad una rivoluzione nei principi di regolamentazione dei sistemi elettrici che prevedeva il passaggio da una pianificazione centralizzata ad una che doveva considerare la creazione di un mercato elettrico.
Anche il Comitato Nazionale Italiano si trovò di fronte a questo profondo cambiamento della Rete Elettrica. Nel 1992 l'ENEL venne privatizzata e la generazione fu aperta alla competizione di nuovi soggetti. ENEL fu forzata a cedere impianti di generazione per complessivi 15000 MW ad altre società che si formarono in quel periodo, mentre nel 1995 venne costituità una Autorità di Regolamentazione.
Tutti questi profondi cambiamenti ebbero profondi riflessi anche all'interno della membership del comitato nazionale Italiano.
Essendo numerosi contributi del comitato nazionale ai lavori delle sessioni CIGRE, nel seguito considereremo i più significativi nel periodo.

Nella **33th Sessione del CIGRE nel 1990** venne toccato il record dei partecipanti con più di 2600. Il comitato nazionale Italiano partecipò con circa 120 membri e con 12 memorie oltre che nelle Sessioni Speciali.

Nel SC21 uno Special Report di E. Occhini (Pirelli Cables) trattò due argomenti: il primo riguardava "*New cables with extruded insulation and that cables are not only components of the HV system but also a real system itself*", mentre il secondo era relativo a *"Impact of superconductor technology on future power grids "* che venne trattato da G. Manzoni descrivendo lo stato dell'arte della superconduttività e le sue applicazioni su componenti di rete (dai cavi alle macchine).
Nel SC 11 il comitato nazionale Italiano presentò due memorie: la prima con autore principale F. Russo (ENEL) su "*Torsional electromechanical oscillation monitoring for estimating Turbine-Generator Shaft fatigue life expenditure*" sviluppava l'importanza assunta nell'ultima decade da questa materia; la seconda memoria fu presentata dall'autore principale M. Rebolini su *"Utilization of Static Frequency Converter for start up of Turbogas Unit"* , questa soluzione venne applicata alle turbine a gas accoppiate con centrali termiche pluricombustibili nella conversione di Centrali Nucleari la cui costruzione venne bloccata dopo l'incidente di Chernobyl . Il Piano di Emergenza per far fronte all'aumento della domanda di energia elettrica e di limitare i rischi dovuti ad interruzioni di energia a causa di deficit di potenza prevedeva il repowering di 13 unità termoelettriche con turbine a a gas di taglia 100 MW ciascuna e la costruzione di 5 centrali a Ciclo Combinato dove si sarebbe adottata la soluzione descritta già provata in Centrali Idroelettriche e in grandi generatori separati dalla turbina e funzionanti da compensatori sincroni.

Un altro paper venne presentato da V. Arcidiacono (ENEL) che trattò "*New developments in the application of ENEL Transmission System Voltage and reactive power Automatic Control*".
B. Delfino (università di Genova) con coautore P. Forzano (Ansaldo sistemi industriali) presentarono " *Evaluating Atificial Intelligence applications for Electric Power Systems: knowledge-based approaches to line overload alleviation*". L'articolo descriveva un sistema esperto prototipale progettato per rimuovere i sovraccarichi dalle linee di trasmisione.
Nel SC38 proseguì il contributo italiano sulla valutazione della affidabilià su sistemi in materiali compositi e l'applicazione del metodo Monte Carlo per il calcolo della affidabilità dei Grandi Sistemi Elettrici costituiti da lunghe linee di trasmissione e impianti idroelettrici ad acqua fluente.

Nella **34th Sessione CIGRE del 1992 e nella 35th del 1994** il comitato nazionale Italiano presentò numerosi e importanti articoli.
In entrambe le Sessioni nel SC37 L. Salvaderi (ENEL) descrisse la situazione della rete Italiana in modo chiaro:
"The Italian Generation System evolution up to 2000 and beyond – Problems, Actions, Expected Results" e *"The changing Italian Electricity supply industry : impact on the future Generation System"*. In entrambi si relazionava sul settore energetico italiano fortemente dipendente dalle importazioni di combustibili fossili

che raggiunsero nel 1990 valori di oltre 83 % del totale della generazione elettrica. Negli articoli si presentavano gli obiettivi dell'ENEL che a partire dalla seconda metà degli anni 90 adottò per gli impianti termici la possibilità di usare combustibili di diverso tipo (centrali policombustibili) con una più alta partecipazione di cosidetti NUGs (Non utility Generators)al fine di ridurre le importazioni dall'estero da 34,6 TWh a 13 TWh alla fine del secolo. Sempre nei rapporti ci furono riflessioni sul problema della accettabilità della opinione pubblica ad accettare infrastrutture elettriche, problema che divenne sempre più importante nel corso del tempo.Venne anche toccato l'aspetto ambientale e in particolare il controllo di SO_2, NOX e le emissioni di CO_2 che sono anche oggi argomenti di interesse che riguardano ad esempio la Demand Side Management, l'Efficienza Energetica e le emissioni di CO_2 .

Nel **1992** E. Occhini (Pirelli Cavi), autore principale, presentò *"Long Island Sound Submarine cable Crossing 345 kV,750 MVA "*; il collegamento usava quattro cavi Self Contained Fluid Filled (SCFF) sotto il tratto di mare che separava Long Island dalla costa americana per una lunghezza di circa 13 km. L'articolo descriveva il progetto, la costruzione e la posa dei cavi di potenza e dei cavi a fibre ottiche.

Nel 1994 :

- Magnani (Pirelli Cavi) e altri coautori ENEL descrissero la prima linea di trasmissione in cavo a 1000 kV realizzata nell'ambito del Progetto 1000 kV;
- S. Corsi (ENEL) come autore di riferimento presentò *"System commissioning tests for the SACOI-2 HVDC Three Terminal "*. Le prove concludevano il ripotenziamento del convertitore di potenza nella due stazioni italiane da 200 MW (con tecnologia a vapori di mercurio) a 300 MW con tecnologia a tiristori raffreddati in aria.

Nel SC12 due articoli coprivano due importanti aspetti dei Grandi Trasformatori di Potenza :

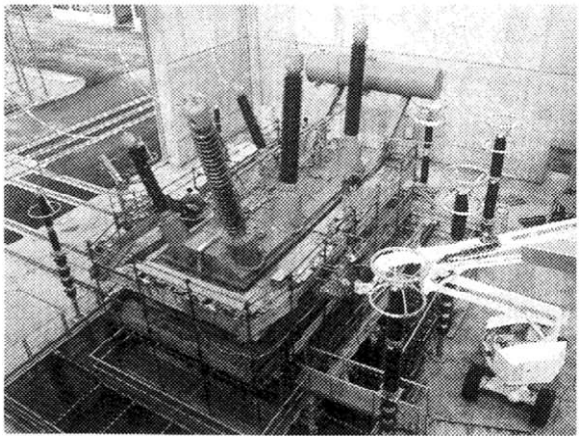
- A. Babare (ABB Trasformatori) come autore principale con altri dell' ENEL e S. Crepaz (Politecnico di Milano) e M. Borsani (Savigliano) *" Transportation Problems of large Power Transformers in conjunction with design characteristics and activities related to on site installation and setting in service "* e *" Repair of large Power Trasformers: Experiences developed in Italy"*.

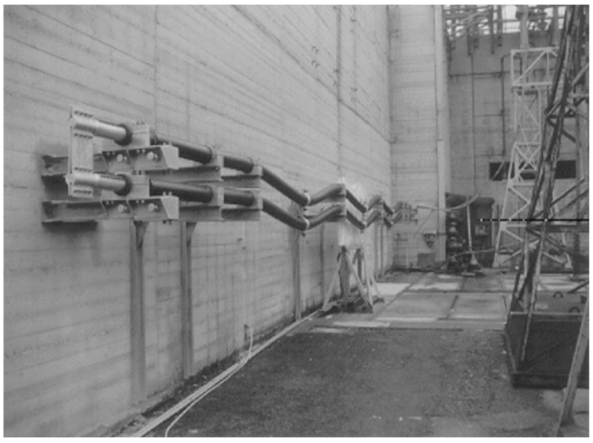
Infine Prof. F. Iliceto (Università di Roma La Sapienza) e E. Cinieri (Università dell'Aquila) presentarono una innovativa soluzione per alimentare villaggi e fattorie nell'Africa Occidentale *"Rural Electrification of developing Countries using the insulated shield wire of HV Lines-New design and operation experience"*.

Durante la **36^ Sessione CIGRE del 1996** il Comitato nazionale Italiano presentò 11 articoli.
Nei SC11, SC12 e SC21 tre memorie di ENEL con il contributo dell'industria italiana riportarono l'esperienza acquisita nel macchinario e nel cavi in AT :

- G. Tontini, R. Lena (ENEL) G. Galasso (ABB SAE SADELMI) E.Tortello (Ansaldo Energia) *"ENEL Experience on improving Turbine-generators availability and exstending their life"*
- G. Campaniello (ABB Trafo Italia), G. Caprio, G. Zafferani (ENEL), O. Monzani (ABB Trasformatori) *" New development of traditional transformer accessories and components installed on large Units(Step-up and Auto Transformers) operated by ENEL"*;
- F.Donazzi (Pirelli Cavi), B.A.Cauzillo (ENEL), O. Bosotti (CESI) *" Research on the performance of 400 kV Exstruded Cable System under Short Circuit Conditions*";

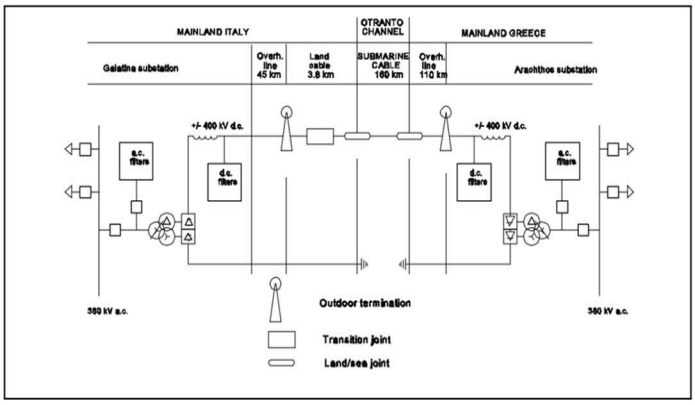
Nel seguito i laboratori di prova: a sinistra quello nella stazione di Rondissone realizzato nel 1990 per l'esecuzione delle prove in Corto Circuito dei Trasformatori e a destra il laboratorio del CESI per i cavi.





Nel SC21 l'Italia segnò un altro record con la nuova Interconnessione Italia- Grecia (GRITA). Il progetto venne descritto nell'articolo presentato da C.Carcano ed altri (ENEL) e da A. Orini e altri (Pirelli Cavi) *"Qualification test program for the 400 kV HVDC deep water Interconnection between Italy and Greece"*.

Il collegamento venne progettato per trasmettere 500 MW a 400 kVcc secondo lo schema monopolare con ritorno della corrente via mare . La lunghezza del tratto marino è di 160 km., attraversando il Canale d'Otranto ad una profondità massima di 1000 m. Tutte le prove meccaniche ed elettriche per la qualifica dei cavi seguirono le raccomandazioni CIGRE. L'articolo trattò anche la posa marina del cavo prototipo validando i metodi e le procedure di posa. Per la posa dei cavi la nave G.Verne dovette mofidicare e rinnovare le macchine di posa e altre attrezzature di bordo.

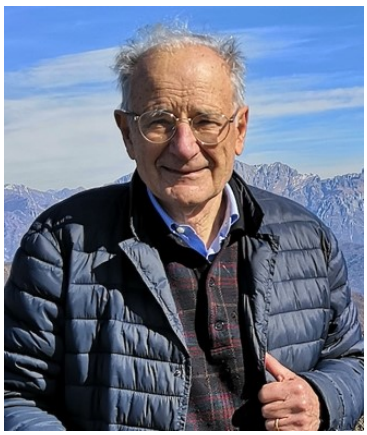


Nei SC22 e SC 36 furono presentati due articoli su soluzioni sviluppate per rispondere all'Impatto Ambientale delle Infrastrutture elettriche (la legge italiana introdusse la legge degli studi di impatto ambientale nel 1992).

- P. Nicolini e altri (ENEL), L. Paris (università di Pisa) e autori del Ministero dell'ambiente *"Quantitative Evaluation of the visual impact of OHL"*;
- R. Conti e altri (ENEL) *"ENEL's Experience in assessing occupational and Residential Exposure to power Frequency Electric and magnetic Fields"*.

Nei SC 37-38-39 ENEL presentò 3 articoli che meritano di essere menzionati.

- L. Salvaderi autore principale (ENEL) e P. Maranino (Università di Pavia) *"New issues in Bulk Power System planning"* descriveva strumenti per il calcolo dell' Optimal Power Flow: $SICRET_{GRARE}$ che si basava sul Metodo Montecarlo e OPF_{GRARE} che permetteva di eseguire migliaia di studi orari sul Sistema.
- P. Scarpellini e altri (ENEL) e R. Marconato e altri (CESI) nell'articolo *"A Powerful Simulator for Investigating Severe Dynamic Phenomena During System major Disturbances"* descrissero un simulatore sviluppato per valutare la gran varietà di situazioni e comportamenti del sistema durante vari disturbi : tensione e frequenza tra i principali;
- S. Corsi e altri (ENEL) descrissero *"The Regional Voltage Regulator for ENEL'S Dispatchers"*.



Nell'ultima Sessione CIGRE del secolo la 37^ del 1998 il Comitato nazionale Italiano partecipò con 19 articoli e più di 140 iscritti.

G. Manzoni sostituì il Prof. L. Paris come nuovo Chairman del Comitato nazionale Italiano.

Articoli di rilievo nei SC12 e SC23 riguardarono la resilienza sismica:
ENEL e ISMES presentarono *"Seismic risk evaluation for HV power Stations: a case study"*. L'articolo descriveva i risultati del retrofitting sulle apparecchiature di una Stazione elettrica in Friuli che aveva sofferto significativi guasti dovuti al terremoto che colpì la regione nel 1976.

Giancarlo Manzoni

In un altro rapporto ENEL, ISMES e ABB Trasformatori descrissero *" Mechanical Seismic behaviour of Power Transformers"*. In particolare furono sviluppate prove e misure in sito "in situ tests" al fine di definire un modello completo ad elementi finiti dell'autotrasformatore installato in una stazione anch'essa coinvolta da un terremoto nel nord d'Italia nel 1995.

Nel SC 12 venne esaminato da ENEL (autore di riferimento A. Sala) e dal CESI *" The problem of internal arc in SF6 insulated Current Transformer "* mentre F. Iliceto e F.M. Gatta (Università di Roma) e A. Babare e G. Bertagnolli (ABB Trasformatori) presentarono una memoria su *" Design and application of variable MVAR output Shunt Reactors with On Load Tap-Changer".*

Nel SC21 M. Rahman (Pirelli Cable USA), M. Nassi (Pirelli Cavi) e D. Dollen (EPRI) presentarono *" Design , development and testing of the First Factory-made High Temperature Superconducting Cable for 115 kV-400 MVA"*. Il cavo lungo 50 metri includeva tutti i componenti: giunti,terminali e sistema criogenico di raffreddamento.

Sempre nel SC21 F. Donazzi e R. Gaspari (Pirelli Cavi) presentarono *"Method and system for the management of Power Cable Links"* mentre A. Orini (Pirelli Cavi) descrisse *"A 275 kV, 1000 MVA, Fluid Filled Submarine Cable Link between Penang Island and Malaysia Mainland"* dove venivano illustrate soluzioni adotatte per bypassare aree ricche di alberi di mangrovie e l'interramento dei cavi da 2,5 a 3,5 sul fondo marino per minimizzare il rischio di danni esterni.

2.5 Gli Anni 2000 - 2010: Mercato e Interconnessioni

Nel 1999 l'Italia, dopo aver recepito la Direttiva Europea 96/92 relativa alla liberalizzazione del mercato elettrico, adottò inizialmente il modello ISO nel Settore della Trasmissione dell'energia elettrica, separando la proprietà, lo sviluppo e la manutenzione delle infrastrutture di rete (appartenenti a 13 proprietari, la principale era TERNA controllata da ENEL) dal Servizio di dispacciamento e Gestione, affidando queste ultime ad un altro ente governativo denominato GRTN (Gestore Rete Trasmissione Nazionale) in qualità di TSO.
Nel 2006 le proprietà dell'intera Rete di Trasmissione Nazionale vennero riunificate con il Servizio di Dispacciamento e Gestione rendendolo dipendente da TERNA S.p.A.
Contestualmente vennero costituiti altri soggetti:
- GME, che dal 2004 è responsabile dell'organizzazione e della Gestione del Mercato dell'Energia elettrica;
- GSE, che opera per la promozione dello sviluppo sostenibile attraverso l'erogazione di incentivi economici per la produzione di energia da fonti rinnovabili

Nel 2000 il CESI riunì in un'unica struttura tutte le attività di ricerca e di prova del gruppo ENEL.

Nel 2010 le Strutture di Ricerca passarono sotto il pieno controllo del GSE, assumendo l'attuale denominazione di Ricerca sul Sistema Energetico - RSE - mentre CESI divenne una società internazionale che comprendeva tutti i laboratori e le strutture di prova oltre a eseguire consulenze e studi di Ingegneria.

Nel **1999 il CIGRE** pubblicò il nuovo Master Plan 1999-2009 introducendo un nuovo aspetto relative alla economia dei sistemi energetici ed estendendo il campo d'azione CIGRE agli aspetti economici e ambientali, all'impatto degli aspetti organizzativi e normativi e alla generazione distrubuita. Il termine "Sistema Elettrico" venne quindi trattato, secondo l'ampia gamma di argomenti che il Master Plan introdusse. Nella prossima parte della storia daremo solo una sintesi delle principali comunicazioni e rapporti forniti dal comitato nazionale Italiano al CIGRE.

Durante la **38^ Sessione CIGRE del 2000** l'Assemblea dei membri approvò il nuovo statuto che cambiava la prima lettera dell'acronimo CIGRE da Conferenza a Consiglio per meglio riflettere lo scopo della associazione.
La Sessione venne aperta con un key note speech del Prof. Paris che trattò il tema "***A century of electricity with the CIGRE***", ricordando che mentre il 19^ Secolo fu caratterizzato dalla macchina a vapore il 20^ secolo fu quello della elettricità che permise di iniziare quella che venne definita la seconda rivoluzione tecnologica.

G. Manzon,i presidente del comitato nazionale Italiano, mantenne il posto nello Steering Committee e nel Consiglio di Amministrazione della Associazione insieme a A. Clerici.
Il comitato nazionale Italiano acquisì la presidenza del SC21 Cavi con A. Bolza (Pirelli Cavi) e quella del SC33 con L. Thione (CESI)
Il comitato nazionale Italiano partecipò con 14 articoli che includevano tra gli altri:

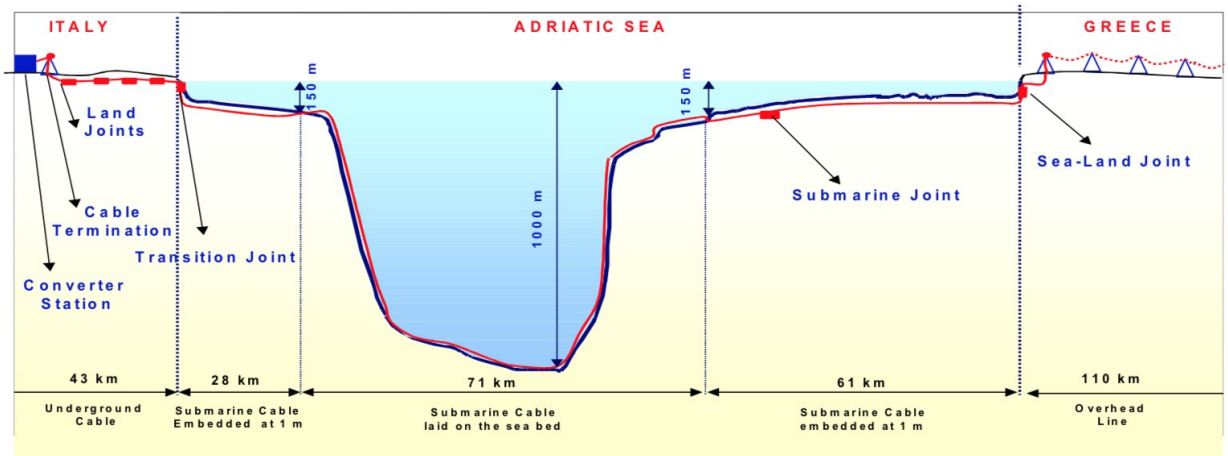
- Nel SC11 G. Bertagnolli autore principale (ABB Trasformatori), G. Cannavale, G. Caprio (ENEL) e autori di TEAS (Turkey TSO) e F. Iliceto (Università di Roma) *" Power Transmission reliability, technical and economic issues relating to the short-circuit performance of Power Transformers"*. L'articolo poneva in evidenza i fattori chiave che giocavano un ruolo nella prestazione dei trasformatori a fronte di un Corto Circuito e l'influenza dei dati di specificazione e la loro importanza nella progettazione e costruzione della macchina. L'articolo includeva inoltre dati di guasto dovuti a eventi di corto circuito e l'importanza, a fini affidabilistici, della esecuzione della prova al corto circuito sulla prima macchina prototipo (In Italia eseguita presso la stazione di prova di Rondissone).

- Nello stesso SC un altro articolo coautori Bertagnolli e Hydro Quebec riguardava "*Recent Achievements in performing short-circuit withstand Tests on Large Power Transformers in Canada"* confermando l'importanza delle Prove al cortocircuito per i grandi trasformatori di potenza.
- Nel SC22, R. Rendina (ENEL) e De Nigris e altri del CESI presentò*"Diagnostic methods of Non Ceramic Insulators for H.V.Lines (NCLI)"* descrivendo una tecnica di elaborazione innovativa per verificare tipo e severità dei difetti sulle prestazioni degli Isolatori Non Ceramici per Linee elettriche.

Nei SC35 e SC39 ENEL presentò i Componenti di un nuovo Progetto per Sistemi di Controllo con caratteristiche idonee al nuovo mercato elettrico e con un "Operator Training Simulator "
Nella 39^ Sessione CIGRE del 2002 vennero mantenuti i 10 precedenti SC, ma nel contempo ne vennero creati altri 6 che portarono il totale a 3 SC nelle Tecnologie di Apparecchiature (A), 5 SC nei Sistemi Elettrici (B), 6 SC di Pianificazione dei Sistemi e Mercato Energetico (C) e 2 SC nelle Tecnologie Emergenti e nel settore ITC.

Il nuovo Chairman del Comitato Tecnico CIGRE Aldo Bolza (2002-2006) completò l'implementazione e la riorganizzazione dei Comitati di Studio del CIGRE.
Venne designato come nuovo Presidente del Comitato Nazionale Italiano G. Santagostino che rimpiazzò G. Manzoni nel Consiglio di Amministrazione del CIGRE.
L'Italia raggiunse i 170 Membri Equivalenti (individuali e collettivi) e alla 39^ Sessione partecipò con 17 articoli. Ovviamente i SC non erano ancora per questa sessione generale quelli previsti dalla nuova organizzazione.Nel seguito si riassumono i principali articoli con riportata indicazione degli autori di riferimento.

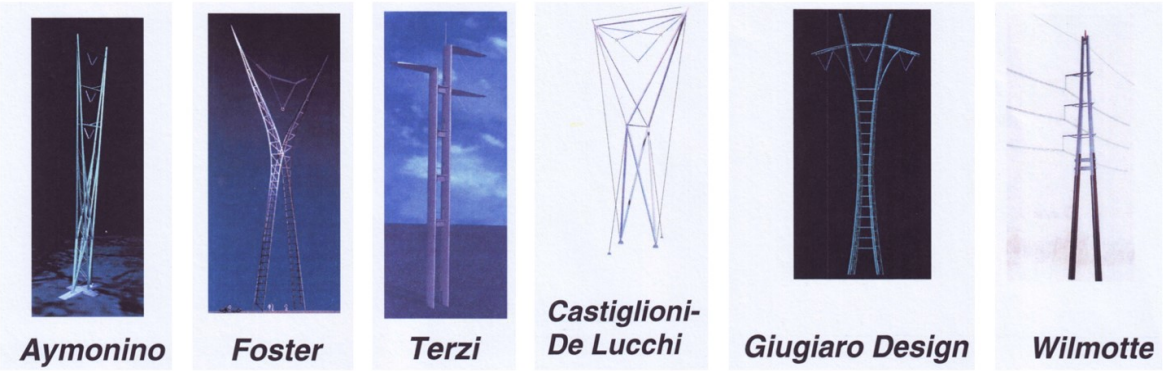
- SC13, F. Iliceto (Università di Roma) e il Ministero dell'Energia e delle Risorse Naturali della Turchia presentò *" TRVs across circuit breakers of series compensated Lines.Analysis,design,and Operation Experience in the 420 Turkish Grid"* . La spiegazione fisica del fenomeno fu presentata analizzando il circuito equivalente del sistema in corso di costruzione nel Nord-est della Turchia.
- SC15, CESI, Pirelli,TechImp e Università di Bologna presentarono *"Cable Diagnosis on defect Location and characterization throgh Partial Discharge Measurements".*
- SC21, B. Parmigiani (Pirelli Cavi e Sistemi Energia) presentarono *" Prequalification test Experience on EHV XLPE cable Systems"*. Le prove vennero sviluppate in accordo con le raccomandazioni CIGRE;
- SC23, C. Di Mario (GRTN) con il contributo di altri autori di CESI, Enel, Foster Wheeler Italiana, AEM TE presentò*"Needs in the Customer Connection to the Italian National Grid and equipment for their Implementation"*in accordo con le nuove regole previste dopo la liberalizzazione del mercato dell'energia.
- Nel SC 38, A. Ferrante (GRTN) con il Politecnico di Milano e il CESI presentò*"Control Strategies for recovering Security margins in Interconnected competitive Power Systems";*
- Nel SC39 ci furono 3 articoli da parte italiana relativi al Mercato e alla Regolamentazione e gli strumenti per il supporto del controllo di tensione e frequenza, per la risoluzione delle congestioni di rete e metodi per la gestione dei Rischi Operativi sulla rete di trasmissione.
- Nel SC22 G. Pirovano (CESI) e L. Paris, B. Cauzillo (Consultant) descrissero*"Ampacity assessment of overhead line conductors as a compromise between safety and deregulated market requirements".*
- Nel SC14, S. Corsi (CESI) e altri coautori di Pirelli, Enel, Terna, PPC (Grecia) e ABB (Svezia) descrissero "*The Italy-Greece HVDC Link* (denominato GRITA) completato nel 2001. Il Progetto trovò il supporto finanziario da parte dell'Unione Europea in considerazione che negli anni '90 la rete greca era rimasta isolata dalla rete europea a causa dei conflitti nell'area balcanica. Il collegamento, nella sua soluzione finale, venne realizzato come sistema monopolare a 500 MW con Convertitori con ponti a tiristori a 12 impulsi con la possibilità di una futura estensione a sistema bipolare a 1000 MW.
-



Il collegamento in HVDC includeva:

- due sistemi di conversione da 400kVac, 50 Hz a 400 kVdc – ubicati nelle stazioni di Galatina e Arachthos comprensivi di trasformatori, reattori di spianamento e filtri.
- Nella soluzione finale la linea aerea in corrente continua in Italia tra Galatina e Otranto fu trasformata durante la fase autorizzativa in linea in cavo per una lunghezza di complessivi 43 km;
- un altro breve tratto di cavo terrestre in cc (inferiore a 1 km) a Aetos in Greece;
- un cavo marino in cc di 163 km , fra Otranto e Aetos che passava a nord dell'isola di Corfù;
- una Linea aerea in CC (110 km) fra Aetos e Arachtos in Epiro;
- due elettrodi marini e relativi collegamenti di terra posti sul lato costiero italiano (catodo) e greco (anodo);

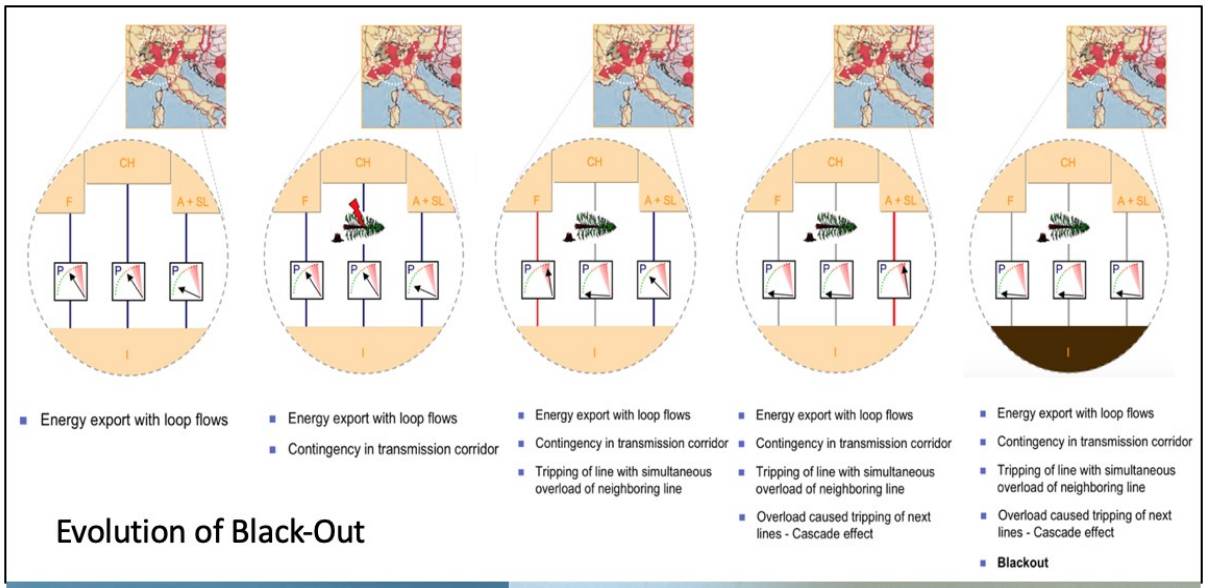
Durante lo SC22 R. Rendina (ENEL, TERNA) presentò la prima competizione internazionale denominata *"Sostegni per l'Ambiente "(Towers for Environment)* lanciata da TERNA (Gruppo ENEL) avente lo scopo di incoraggiare Designers Industriali e Architetti a produrre sostegni di nuova concezione dalle caratteristiche di maggior accettazione ambientale rispetto a quelli tradizionali percepiti dalla oninione pubblica come mere strutture industriali.



La sfida venne accettata da Architetti e Designers di grande levatura internazionale: Aymonino, Foster, Terzi, Castiglione-De Lucchi , Giugiaro Design e Wilmotte. Dopo l'esame di fattibilità tecnica da parte di una Giuria indipendente venne deciso di premiare ex-equo le soluzioni studiate da Foster & Partners e da Castiglione-De Lucchi. I Modelli di tutti i sostegni vennero esposti nelle Gallerie di Arte Moderna di Roma, Firenze e Milano. Prove su modelli in scala reale vennero eseguiti alla fine del 2002 mentre la prima installazione fu eseguita negli anni successivi per la linea a 400 kVca tra Tavarnuzze e Casellina in Toscana in un tratto prossimo a Firenze che permise di risolvere una lunga opposizione dovuta alle peculiarità ambientali e culturali che concernevano l'area interessata.

Nella notte del **28 settembre 2003** la Rete Elettrica Europea Interconnessa ha dovuto affrontare una serie di guasti, iniziati con scariche dovuti a caduta di alberi sulle linee e conseguenti scatti di linee sulla rete di trasmissione svizzera ad altissima tensione (EHV). Il carico delle linee guaste venne automaticamente suddiviso tra le altre linee. Dopo la separazione, il sistema elettrico italiano (e parte di quello svizzero, in

Ticino), subì un blackout quasi completo. **Il più grande blackout della storia italiana** divenne un dato di fatto. In tutto il paese i treni si fermarono, i semafori si spensero. Roma, dove si svolgeva l'annuale festival "Notte Bianca", piombò nella oscurità. La metropolitana romana si fermò, intrappolando migliaia di passeggeri. Il Vaticano mise in funzione dei generatori di riserva, permettendo al Papa di proclamare i nuovi cardinali, la domenica mattina presto.
Il danno economico fu valutato 1182 milioni di euro pari allo 0,083% del PIL.
In Aprile 2004 UCTE pubblicò il suo rapporto finale. Secondo tale rapporto il blackout ebbe sia cause nazionali che europee. UCTE collocò il blackout all'interno del contesto dello sviluppo del mercato elettrico europeo caratterizzato da un aumento dei flussi di energia tra le frontiere. Questo non si accompagnò da analogo aumento della capacità delle interconnessioni esistenti. Inoltre le procedure italiane e francesi per la gestione dei flussi non erano armonizzate. La Svizzera, un paese chiave per il transito dell'elettricità in Europa, non seguiva la regolamentazione dell'UE non essendo stato membro.



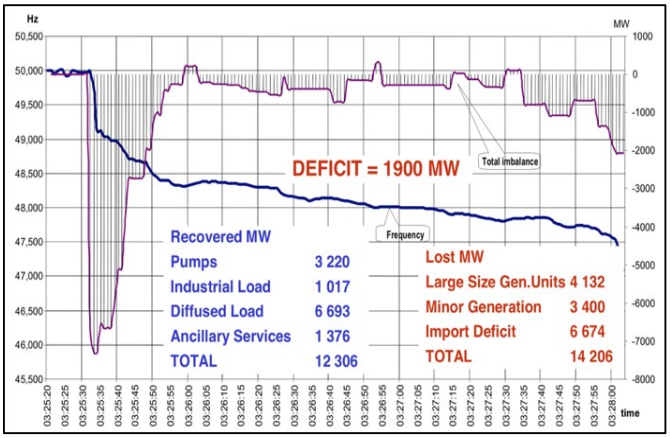
	Primary sector	Secondary sector	Tertiary sector	Total losses per sector	WTP Households	Total losses per sector incl. WTP Households
Region North	5,25	136,71	60,75	202,71	43,05	245,76
Region Center	20,61	217,61	154,6	392,83	98,18	491,01
Region South	20,89	82,77	97,55	201,2	94,32	295,52
Region Sicily	12,4	33,68	54,61	100,69	49,45	150,14
Total	59,15	470,77	367,51	897,43	285	1182,43
% of GDP	0,004%	0,033%	0,026%	0,063%	0,020%	0,083%

Table 2: Total losses across all regions, sectors and households relevant outage durations (in million €)

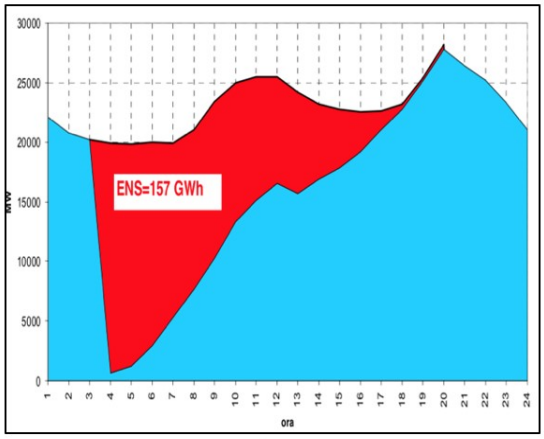
Nella **40^ Sessione CIGRE del 2004** il comitato nazionale italiano venne rappresentato da 59 delegati e 16 articoli.
L'Italia diede un forte contributo nel workshop sui Grandi Disturbi.
Infatti, nel 2003 si verificarono diversi black out a livello mondiale, non solo quindi in Italia: il 14 agosto 2003 il Nord Est degli Stati Uniti e il Canada sud-occidentale vennero colpiti dalla più grande interruzione delle forniture elettriche che interessò 50 milioni di persone; il sistema di trasmissione nordico subì la peggiore interruzione il 23 settembre 2003, con impatto su circa 4 milioni di persone. Mentre in passato si verificarono grandi black out, questi eventi crearono una notevole preoccupazione tra i responsabili politici e il pubblico in generale sulle prestazioni della Rete di Trasmissione.

Nel workshop C. Sabelli (GRTN) presentò il black-out in Italia: fatti e cifre sul Sistema durante il black-out e i problemi verificatisi per il ripristino dopo 14 ore del 98% del sistema: guasti all'avviamento delle unità previste per il black start, mancanza di un numero sufficiente di unità previste in carico sui propri ausiliari,

sovratensioni e sfasamenti tra le fasi, commutazioni dai Centri di Telecontrollo, guasti dei servizi dati e/o sistemi di telecomunicazione.
Sabelli concluse con la descrizione delle contromisure che il TSO italiano avrebbe implementato: dalla Pianificazione Operativa al Controllo in tempo reale (SCADA e Visibilità di rete esterna), ai Piani di Protezione e Difesa con il coordinamento di frequenza con allegerimenti programmati del carico e i settaggi degli interventi dei generatori, ai Piani di Ripristino con allegerimenti del carico e capacità di black start.



Frequency during the first phase of event



Duration of Restore Energy

Taluni di questi aspetti vennero descritti in modo più dettagliato negli articoli presentati durante la Sessione. E. Di Bartolomeo (ENEL TERNA) con CESI su "*Improvement in Substation Assets by an innovative system relating events from SCADA"*; M.Gallanti come autore principale (CESI) presentò "*MBI: a maintenance Management System for HV Transmission Grids*", D. Bisci (ENEL Terna) con ABB presentò *"The new aspects of Italian Control System to improve security of operation".*
Il Comitato nazionale Italiano presentò altri 3 articoli relativi a :
- F. Donazzi (Pirelli Cavi e Sistemi) *"Long Lengh EHV Underground cable Systems in the Transmission network"*
- M. Rebolini (GRTN) con altri autori da ENEL-TERNA e CESI *" Feasibility of a new long distance submarine HVDC Link between Sardinia Island and Italian Peninsula (SAPEI), e*
- Prof. F. Iliceto (Università di Roma) proseguì con i lavori per *"Rural electrification in developing Countries with the shield wire scheme applications in LAOS*".

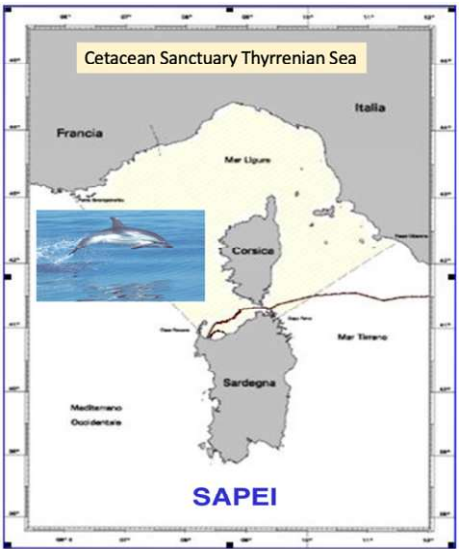
Nella **41^ sessione CIGRE del 2006** il Comitato nazionale Italiano diede il suo contributo con 23 articoli . Durante l'evento al Prof. F. Iliceto venne consegnata la targa come Distinguished Member CIGRE per i lavori relativi alla elettrificazione nei paesi in corso di sviluppo (nel Centro Africa nel sud-est Asia) e per il contributo dato alla interconnessione tra la rete Europea e la rete Turca che fu resa effettiva nel 2010. Prof. Iliceto sviluppò un sistema di protezione speciale per far fronte alla propagazione dei maggiori disturbi che avrebbero potuto danneggiare il Sistema ENTSO-E .

Gli articoli italiani coprirono molti nuovi aspetti derivanti dalla adeguatezza delle risorse per soddisfare la domanda elettrica rispettando la sicurezza e la qualità del servizio nel mercato elettrico regolato e liberalizzato.

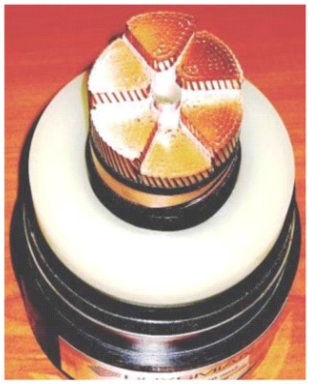
Nel nuovo SC C5 A. Gelmini (CESI) con altri autori presentò *"Capacity payment Schemes"*; nel SC C6 duearticoli scritti da C. D'Adamo e F. Cazzato (ENEL Distribuzione) con CESI e CESI Ricerca e da A.

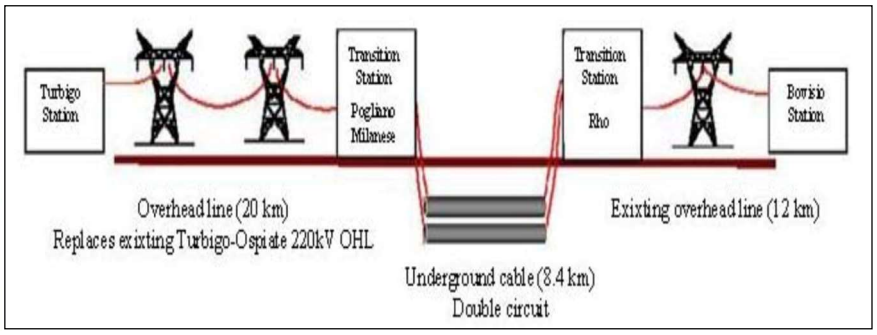
Bertani (CESI) con le Università di Genova, Milano e Bologna decsrissero l'Esercizio delle Reti di Distribuzione che presentavano un forte incremento della Generazione Distribuita; A.Capozza (CESI) e altri coautori dell'Università di Cagliari e Università di Palermo presentò *"A Methodology based on demand Side management for optimal planning of MV-LV Grid in highly urban areas"* ; F. Pilo (Università di Cagliari) e A.Tsikalakis (National Technical University of Athens, Greece) presentarono *"Economic scheduling functions to operate Microgrids in Liberalized Energy markets".*

Altri due articoli erano relativi a 2 nuove infrastrutture elettriche in corso di costruzione in Italia: la prima (relativa al SC B4) venne presentata come autore di riferimento da M.Rebolini (TERNA) con altri del CESI e della Marine Electronic Sea-Survey e riguardava *" Environmental issue on the development of New SAPEI HVDC Link"* autorizzato nel 2005 e pianificato per entrare in esercizio entro il 2010. Questo nuovo collegamento prevedeva la coesistenza con l'impianto SACOI2 nella rete elettrica della Sardegna.
Il SAPEI venne progettato per 1000 MW a 500 kVdc e con Sistema Bipolare. La lunghezza del tratto marino raggiungeva 420 km toccando la profondità massima di 1600 metri che era il record mondiale per la posa di cavi marini.L'articolo descriveva la survey marina, gli aspetti ambientali derivanti dall'attraversamento nel mar Tirreno dell'area denominata "santuario dei cetacei" e il ripotenziamento dell'esistente anodo del SACOI2 per assicurare la piena coesistenza dei due impianti.



Nel SCB1 R. Rendina, M. Rebolini, A. Posati, G. Bruno (TERNA), F. Bocchi, M. Marelli A. Orini (Prysmian) presentarono *" The New Turbigo-Rho 380 kV transmission Line: an example of the use of Underground XLPE cables in a meshed Transmission Grid"* . La linea attraversava un 'area suburbana che divenne un problema durante gli Studi sull'Impatto Ambientale che venne superato con la decisione di interrare un tratto della linea con un cavo isolato in XLPE cable e con un coduttore in rame a conci del tipo Milliken e con sezione da 2000 mm^2.



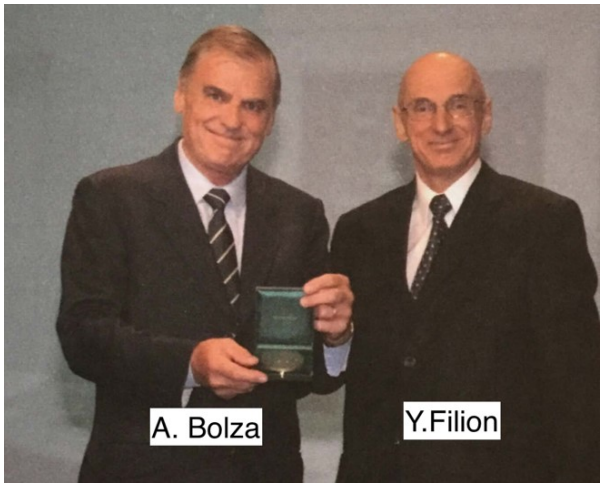


Nel SC B1 un articolo complementare al precedente e relativo a Cavi Interrati venne presentato da C. Di Mario come autore di riferimento (TERNA) con altri coautori dell'Università di Padova, Prysmian Cables su *"New procedure to compare the social costs of EHV-HV OHL and UG XLPE cables".*

Nel SC C2, l'Italia proseguì nel suo contributo su nuove soluzioni per analisi, monitoraggio e controllo dei Sistemi di potenza con l'articolo *"WAM and ControlSystem: the Italian research and development "*autore D.Cirio (CESI) con altri coautori TERNA.

Nel SC A2, E. M.Carlini (TERNA) e D. Bonmann (ABB Germany) descrissero *" Power Flow Control on Italian network by means of Phase-Shifting Transformer"* una soluzione installata in Italia in una stazione elettrica a 380 kV e che negli anni a venire fu intensamente utilizzata nelle reti Europea e del Nord America per il controllo degli angoli di fase..

Nel SCA1 V.Tartaglione (Ansaldo Energia) descrisse *"Tests on a 500 MVA Hydrogen Cooled Turbogenerator in single shaft configuration "* installato nella Centrale Elettrica di Voghera e che risulta la macchina più potente in esercizio in Italia. Prove in fabbrica vennero eseguite nei laboratori di prova del costruttore con esito positivo nel corso del 2003. Le prove coprirono un vasto insieme di aspetti: fluidi , termici ed elettrici. Inoltre l'articolo descriveva le prove accurate per il progetto meccanico della macchina e per determinare le perdite convenzionali.



La **42^ Sessione CIGRE del 2008** accettò più di 400 articoli a testimonianza del successo che il CIGRE stava assumendo a livello mondiale. Il Comitato nazionale Italiano contribuì con 29 articoli. Difficile sintetizzarli tutti (la lista completa può essere consultata nel sito e-cigre). nel seguito daremo solo un cenno per quelli di rilevanza per fornire un quadro dello sviluppo del settore elettrico italiano. Dobbiamo anche considerare che nel 2007 si tenne a Milano una riunione del gruppo internazionale che doveva definire il nuovo Piano strategico del CIGRE. A. Invernizzi (chairman C6) e A. Negri (chairman C3) parteciparono per l'Italia ai lavori di questo gruppo. Venne inoltre assegnato un premio addizionale. **La Medaglia fu consegnata dal presidente CIGRE Y.Filion ad A.Bolza** alla Cerimonia di Apertura della Sessione al Palais des Congrès a Parigi.

Durante la Opening Session E. Di Marino (ENEL-Distribuzione) fece una presentazione su "*Integrating large Shares of Fluctuating power Sources into Power Electric Systems"*. La presentazione faceva un focus sugli sviluppi degli anni a venire sulla generazione da fonti rinnovabili che avrebbero reso attiva la Rete di Distribuzione e la necessità di avere una pianificazione integrata tra il TSO e il DSO per conseguire una maggiore interoperabilità e superare le barriere derivanti da aspetti regolatori, mercato, standardizzzione e investimenti.
Nel SC B1 furno presentati due articoli relativi a *"Technical Challenges in Design and testing the 1000 MW-500 kV HVDC Submarine cables for SAPEI project "* (TERNA e Prysmian) " e *" Compatibility between Electrical Energy transmission Lines and new Railway Infrastrucutres* (Università di Padova, TERNA)

Nel SC C3 M.Ceccariglia come autore di riferimento (TERNA) presentò *"Development oh HV Electricity Infrastructures in Italy : the Strategic Environmental assessment (SEA) Approach "*
Mentre M. Marazzi (CESI) ed L.Colla (TERNA) *"Planning of HVDC cable links: a Decision Support System on Environmental Impacts* " tenevano in conto le numerose interconnesioni previste tra i vari paesi nel bacino del Mar Mediterraneo.
M.Rebolini come autore di riferimento, G.V.Armani , C.Di Mario (TERNA) con R.Benato(Università di Padova) e EOS Switzterland presentarono una "*Application of Multi-Criteria Methodology for Planning an electric transmission Line "* che considerava tutte le tipologie di infrastrutture elettriche (OHL,Cavi).

Nel SC C6 tre articoli riguardarono la pianificazione della rete e la sicurezza della stessa a fronte dell'incremento della generazione eolica in Italia.
Tenendo conto delle difficoltà derivanti dalle fasi autorizzative, un articolo è stato presentato da G.Bruno (TERNA) che presentava *" Increasing capacity of OHL by adoption of devices for monitoring environmental conditiobns and conductors temperature or using High temperature Conductors"*

Il CESI presentò un " *Experimental tests on Storage Systems in Distributed Generation Microgrid"* usando soluzioni convenzionali e innovative per generatori (ad es.fuel cells), batterie (piombo acido, ZEBRA, Batterie a flusso al Vanadio (Redox Flow batteries) e volani ad altà velocità.

Sulle Interconnessioni in HDVC B.Cova (CESI) M.Rebolini (TERNA) con autori GECOL (Libya), STEG (Tunisia) e SONELGAZ (Algeria) presentarono una *" Methodology applied to the Feasibility Study and Technical Challenges to be overcome for linking Europe to Africa through long distance HVDC Submarine Cables"*. In Figura 8 sono riportati i collegamenti contemplati dagli studi di fattibilità (lato Italia) sviluppati da TERNA e CESI. Tutti i collegamenti, terminata la fase di progettazione preliminare e di fattibilità con il Nord Africa, furono oggetto di sospensioni o da blocchi derivanti dai conflitti interni che si ebbero negli stati del Nordafrica dopo il 2011.

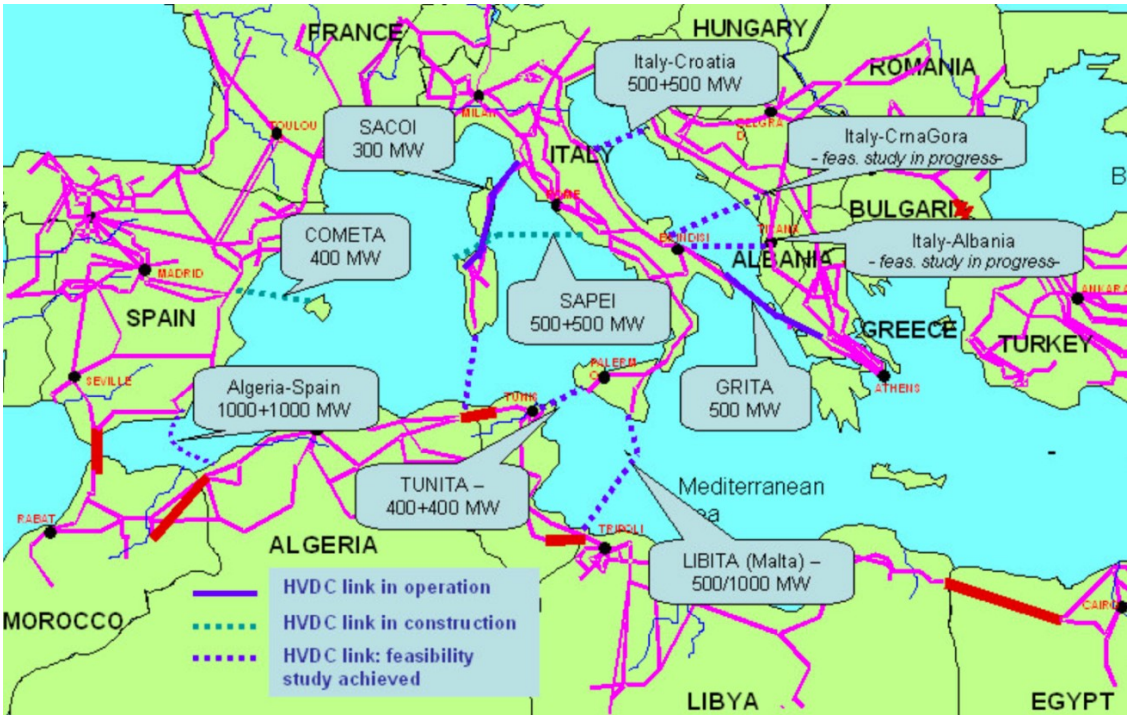
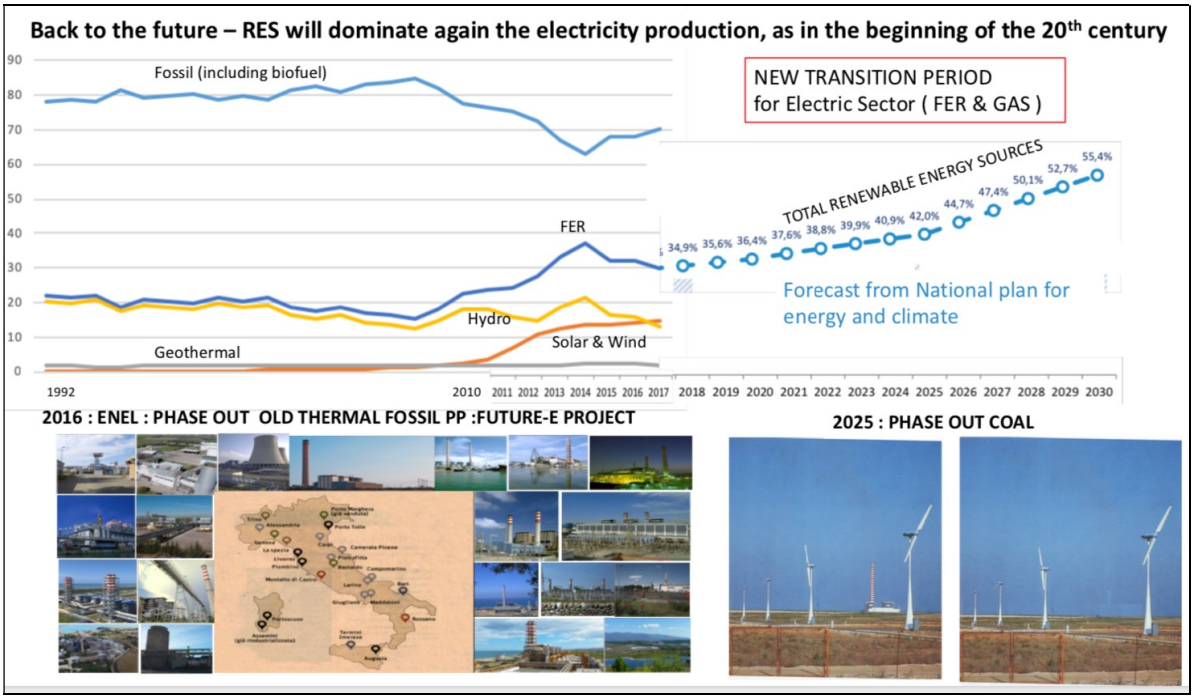


Figura 8 Collegamenti sviluppati da Terna e CESI**Gli anni 2010 - 2018:**

2.6 La Seconda Transizione Energetica: dai Fossili alle Rinnovabili



In Italia la seconda transizione energetica è iniziata nel 2010 grazie al primo periodo degli incentivi per le Fonti a Energia Rinnovabile (FER) che fra il 2005 e il 2010 diedero impulso alla costruzione di impianti solari ed eolici; ENEL nel 2016 decise di chiudere 23 vecchie centrali termoelettriche e pianificò la chiusura delle Centrali a carbone nel 2025. L'obiettivo del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) è di raggiungere in soli 20 anni (2030) una percentuale di generazione di elettricità da fonti rinnovabili al 55%. Praticamente un ritorno al passato come abbiamo visto nella Figura 1 della prima transizione energetica..

Il CIGRE pubblicò nel 2010 il Nuovo Piano Strategico 2010-2020 che, in considerazione della evoluzione della industria elettrica a livello mondiale, si basava per il futuro su alcune assunzioni quali: aumento della domanda di elettricità, cambiamento del clima e generazione "carbon free", scarsità e aumento dei costi di energie fossili, accettabilità e riqualificazione di nuove ed esistenti infrastrutture energetiche e di conseguenza la creazione di alcune principali direzioni tecniche da perseguire nella prossima decade quali preparare robusti e intelligenti sistemi di potenza , fare un miglior uso delle apparecchiature e sistemi esistenti, dare risposte alle richieste ambientali, sviluppare conoscenza e informazione.
Come nuovo Presidente del Comitato nazionale Italiano venne designato R.Rendina che sostituì quindi G.Santagostino nel Consiglio di Amministrazione del CIGRE.
Nel **2011 C.A.Nucci (chairman C4) e R.Rendina organizzarono un Symposium CIGRE a Bologna** su "*The electric Power System of the future- Integrating Supergrids and Microgrids*". Il Simposio prendeva in esame gli sviluppi tecnici derivanti dai requisiti previsti dal Piano Strategico del CIGRE.
Nella **44^ Sessione CIGRE del 2012 M.Rebolini** fu nominato come Nuovo Presidente del Comitato nazionale Italiano e membro del Consiglio di Amministrazione del CIGRE in sostituzione di R.Rendina.

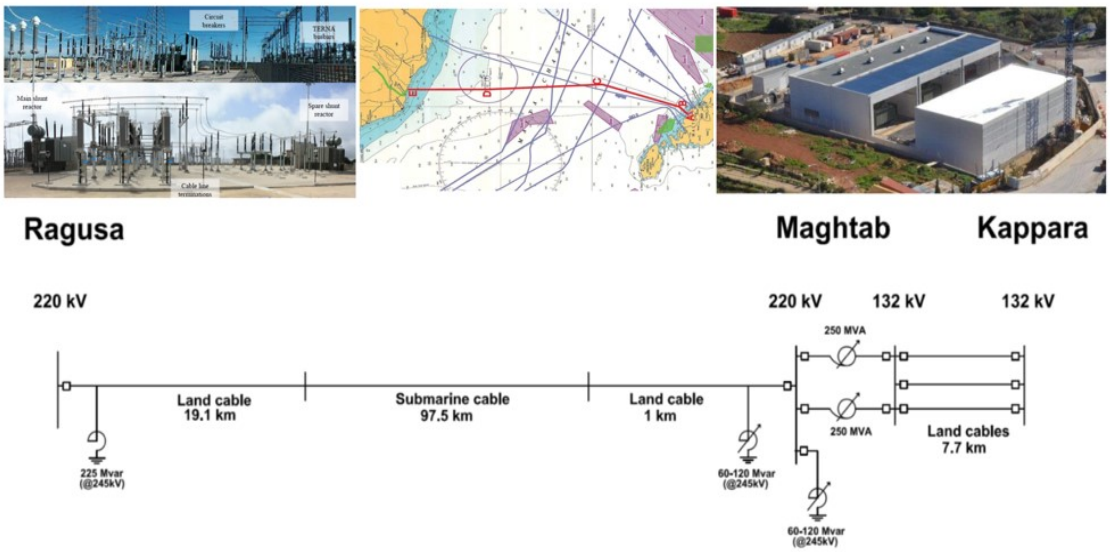
Considerando il numero degli articoli presentati dal Comitato nazionale Italiano nelle ultime **5 Sessioni Generali di Parigi (43^ del 2010 , 44^ del 2012 , 45^ del 2014 ,46^del 2016 e 48^ del 2018)** ci limiteremo a indicare i contributi principali forniti dal Comitato nazionale Italiano nei vari Sottocomitati di Studio e

agli Eventi organizzati in Italia. Ci soffermeremo soprattutto sulla messa in esercizio di nuovi collegamenti e interconnesioni nella Rete Italiana, sia con paesi confinanti sia su soluzioni innovative che hanno creato un fall out di Studi di Sistema, miglioramenti tecnologici nei sistemi di protezione, comando e controllo.

-***SAPEI HVDC +/- 500 kV 1000 MW*** : il collegamento fra la Sardegna e la Penisola Italiana venne completato nel 2010 raggiungendo la profondità record di 1620 m. nella posa di cavi marini ; R.Rendina (TERNA) e altri autori del CESI, ABB e Prysmian presentarono nella **Sessione del 2012** "*The realizazion and commissioning phase*". Il collegamento rendeva di fatto Sardegna, Corsica e Italia "*An Integrated Multi Terminal Grid in the Mediterranean Basin* " come presentò M. Rebolini (TERNA) in qualità di autore di riferimento. **Nella Sessione del 2014** M.Rebolini (TERNA) presentò *"Increased grid performnce using synchronous condensers in muliti in-feed multi-terminal HVDC System "* descrivendo le differenti soluzioni esaminate (SVC, STATCOM e SC), i motivi della scelta e la successiva installazione di 2x250 MVA Compensatori Sincroni raffreddati ad aria nella Stazione Elettrica di Codrongianos per migliorare le prestazioni della Rete: aumentando il Livello di Corto Circuito, migliorando l'inerzia e il controllo della potenza reattiva.

Nella **Sessione del 2018** nel SC B4 D.Cirio (RSE) TERNA e Toshiba Italia presentarono *" Support of VSC-HVDC to the restoration of weakly connected system:the Sardinia case".* L'articolo esaminava i benefici della tecnologia dei Convertitori a tensione impressa (VSC) che si configurava come unità di black start o come dispositivo di supporto alla potenza reattiva. Il lavoro rientrava nel Progetto europeo di ricerca "Best Paths".

- ***Sicily -Malta Interconnector*** entrò in servizio nel 2014 con una linea a singola terna a 245 kVca usando un cavo marino isolato in XLPE di potenza nominale di 225 MW (il progetto finale consisteva di una doppia terna da installare in un secondo tempo). La linea comprendeva 19,1 km in cavo terrestre interrato in Sicilia che collegava la Stazione terminale di Ragusa isolata in aria (AIS type) all'approdo e 99,5 km di cavo marino sino alla Stazione terminale maltese di Maghtab isolata in gas (GIS Type). Il progetto venne presentato in tutte le sue fasi: nella **Sessione del 2010** venne descritta la *"Feasibility of the project and system electrical studies* ". Nell'articolo vennero considerate le diverse opzioni tecniche: un collegamento sincrono in Corrente Alternata, un collegamento in Corrente Continua con Convertitore tradizionale LCC o a tensione impressa VSC. La scelta finale fu di realizzare il collegamento in ca**. Nella Sessione del 2014** F.Palone (TERNA), S. Lauria (Università di Roma) e J.Vassallo (Enemalta) presentarono *"Frequency domain studies "* mentre nella **Sessione del 2016** *" Switching transients on very long HV AC cable lines: simulations and measurements on Malta-Sicily interconnector".*



Sicily – Calabria Il Nuovo collegamento marino a 420 kVca tra la Penisola italiana e la Sicilia. La Sicilia venne connessa alla rete continentale italiana fin dal 1955 con una linea aerea a 220 kVca con un tratto a singola catenaria di circa 3800 m. che venne messo fuori servizio nel 1994. Un primo cavo marino a 420 kVca venne installato nel 1984 permettendo un più alto valore di potenza di transito fra la rete siciliana e italiana. Sebbene ancora in servizio, questo collegamento non era più sufficiente per un trasferimento di potenza in sicurezza rendendo necessaria una nuova e più potente interconnessione. la nuova interconnessione entrò in esercizio alla fine del 2018.

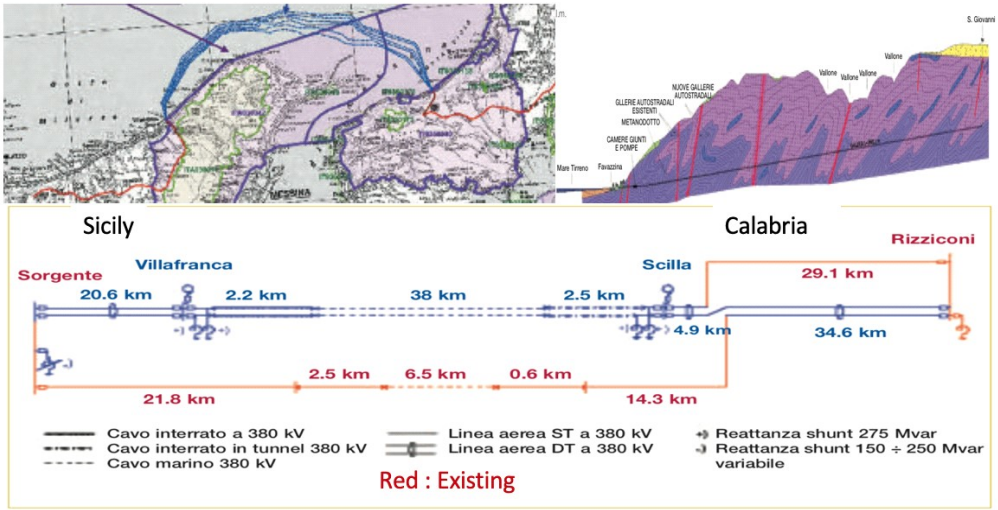
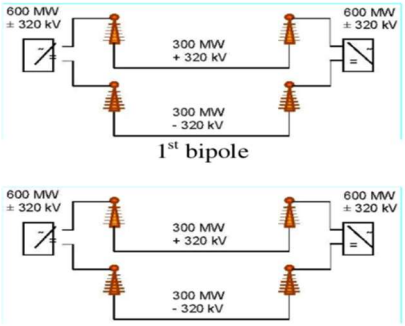


Figura 9 Schema del collegamento Sicilia - Calabria

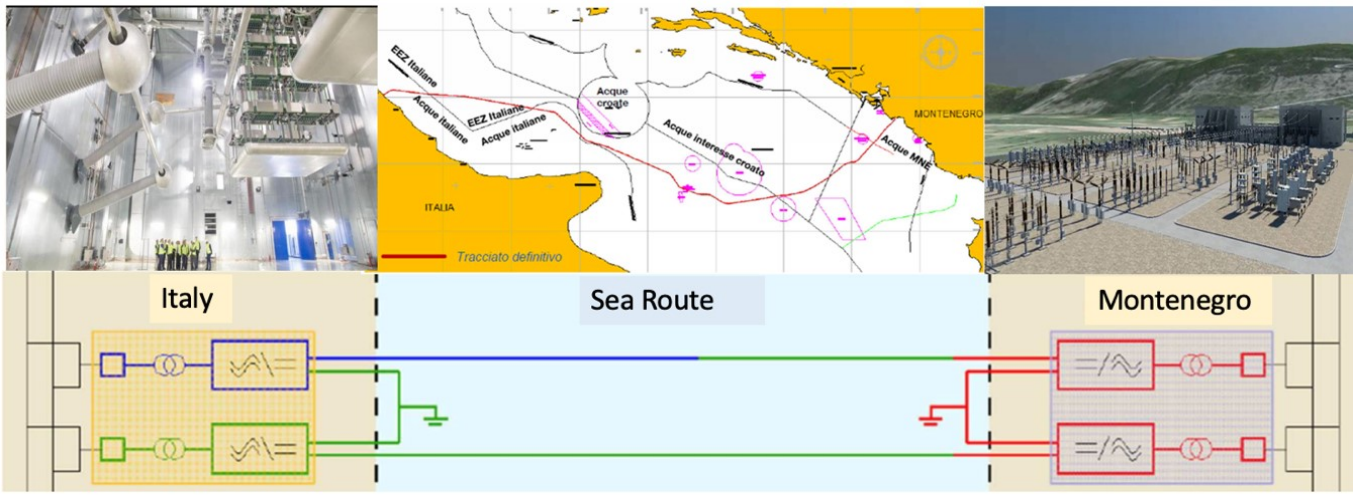
Lo schema unifilare del collegamento è riportato in Figura 9 con le lunghezze dei vari tratti e con l'ultimo tratto della doppia terna di cavi inserita in vera e propria galleria sino all'arrivo nella SE di Scilla; in colore rosso è riportato il collegamento esistente precedente al nuovo riportato in colore blu. La lunghezza della nuova connessione è stata dettata dalla scelta di una rotta che evitasse problemi del fondo marino e consentisse una diversa via alternativa per aumentare l'affidabilità e una maggiore resilienza del sistema elettrico. Le reattanze shunt sono simmetiche ad entrambe le estremità a differenza della interconnessione Sicilia-Malta al fine di permettere un appropriato controllo della potenza reattiva.

Nella **Sessione del 2018** M.Rebolini , F. Palone (TERNA) e A.Mazza (Politecnico di Torino) presentarono *" Commissioning and Field Tests Result "* descrivendo gli studi di rete eseguiti mediante modelli dei cavi e la validazione dei parametri adottati.

-Italy-France HVDC Interconnection denominato "Piemonte-Savoia": nella Sessione del 2018 " R. Dezan (TERNA) presentò questa nuova interconnessione come un "*Example of sinergy between Electric transmission and highway Infrastructures".* L'impianto è costituito da un Doppio Bipolo in tecnologia VSC 2x600 MW lunghezza di 190 km con attraversamento delle Alpi tra Italia e Francia e sarà il più lungo impianto terrestre in cavo HVDC a livello mondiale.



- **Italy – Montenegro HVDC link** è stato ben descritto nelle **Riunioni e Conferenze del SEERC**
L'interconnessione, costituita da tratti terrestri e marini, attraversa il Mar Adriatico per 423 km toccando la profondità di 1200 m. La tecnologia HVDC è Bipolare LCC bidirezioanale con elettrodi marini, la tensione di 500 kV_{dc} e Potenza Nominale di 600x2 MW. Il collegamento è diventato operativo alla fine del 2019 a 600 MW.



Nei SC C4 e C6 durante la Sessione del 2016 venne presentata l'Esperienza di TERNA nella installazione di Sistemi di Batterie denominate " Energy intensive " con tecnologia Sodio-zolfo. La presentazione era costituita da tre articoli : R.Vanadia (Terna) e Terna Storage s.r.l. *"Authorization procedure for Energy Storage Systems projects installed on the Italian transmission Grid "* N.Di Pietro (TERNA) " *Large scale Italian energy Intensive Storage installation.safety issues and environmental compatibility",* G.Bruno (TERNA) *"Electromechanical Energy Storage Systems and ancillary services "* mentre E-Distribuzione trattò la propria esperienza con una serie di articoli tra i quali F. Cazzato *"Prosumer's Battery ESS in MV Distribution Network ,A cost-benefit Analysis in the Italian Regulatort Framework* .
Nel SC B1 Cavi M.Marzinotto (TERNA) presentò con G.Mazzanti (Università di Bologna) *"A procedure for space charge measurements in HVDC extruded cables "* e *"Parametric sensitivity analysis of the innovative law for extruded HVDC Extruded cables "*
A.Bareggi (Prysmian) presentò *"Development and qualification of 150 kV cable produced with innovative P-Laser technology"* .
L.Guizzo (Terna) con CESI presentarono*" Lyfe Cycle assessment (LCA) of a Double Circuit HVAC cable Transmission Line ".*

Nei SC D1 e A2 si segnalarono cinque articoli del Comitato Nazionale Italiano **nella Session 2012:**
-M.Rebolini (TERNA) presentò *"Autotransformers evolution,reliability, safely and modelling in the Italian transmission Grid* "

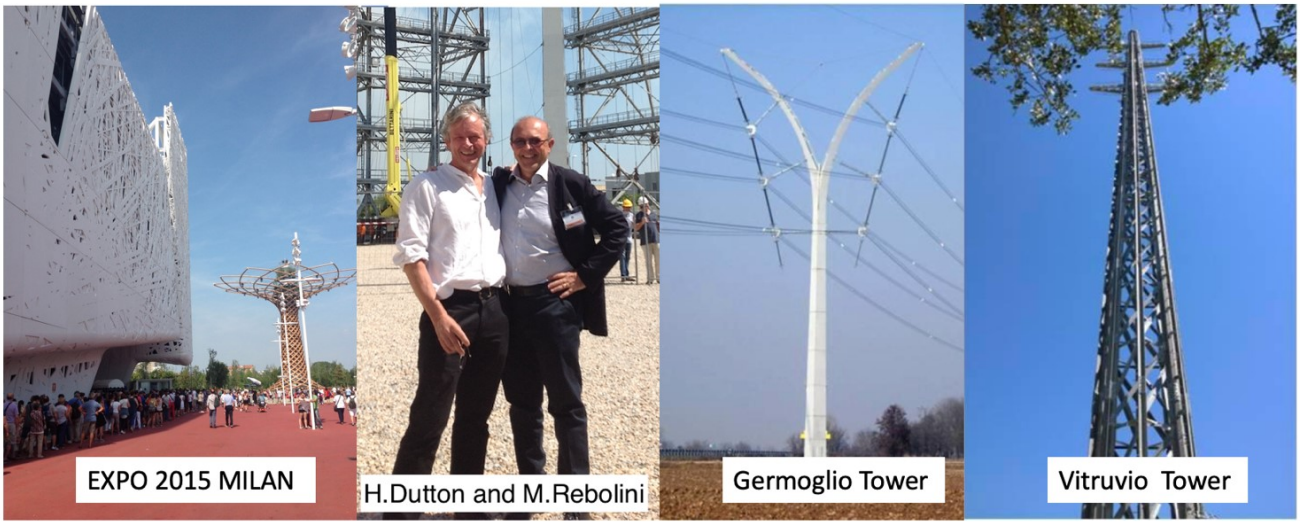
Nella Sessione del 2014 :
- F.Scatiggio (TERNA) come autore di riferimento *" Preliminary study for use of vegetables esters in big power transformer*". L'articolo descriveva le prove eseguite in laboratorio al fine di testare e comparare differenti esteri vegetali esistenti sul mercato.
Dopo due anni di studi e prove sul prototipo di un primo esemplare di Autotrasformatore isolato con esteri vegetali da 250 MVA 400 kV, TERNA e TAMINI decisero di installare la prima unità nel 2018 nella Stazione Elettrica di Udine Ovest.

TAMINI GREEN AUTOTRANSFORMER

-F.Scatiggio (TERNA) con M.Pompili (Università di Roma) descrissero *“ Health Index : TERNA approach’s fro transformer Fleet management “*

-M.Rebolini (TERNA) con autori di Tamini, Getra e Università di Milano presentò
“ New Phase Shifting Transformers . Design , manufacturing, testing and Electromagnetics transients Modelling “”.

Nella Sessione 2018 - F.Scatiggio (TERNA) con Camlin Power presentò ”*TERNA Transformer Fleet Knowledge Management through the use of on line-monitoring “* ;
Il SC Italiano del SC3 organizzò nel **2015 un Workshop Internazionale a Stresa con una visita ai padiglioni della Esposizione Universale a Milano**. Il Presidente CIGRE Klaus Fraulich aprì la conferenza che vide la presenza dell’Amministratore Delegato di ENEL -Distribuzione e più di 100 delegati delle principali industrie elettriche italiane ed europee. Per la prima volta il Comitato Nazionale Italiano CIGRE, in una giornata interamente dedicata, coinvolse il mondo della architettura con quello dell’energia che anche nel passato aveva visto per le infrastrutture energetiche un coinvolgimento di architetti per promuovere una migliore accettazione dei lavori. Basti pensare che gli edifici delle prime centrali idroelettriche in Italia sono diventate un patrimonio sotto tutela dei Beni paesaggistici.
All’evento specifico parteciparono Architetti tra i quali: H.Dutton, Frigerio, Bystrup e più di 50 delegati TSO, DSO e Costruttori Italiani ed Europei. Il CIGRE avrebbe poi seguito questa esperienza negli anni successivi dedicando all’aspetto architettonico ampio risalto nelle Sessioni Generali di Parigi.
H. Dutton con Giorgio Rosenthal fu il vincitore del secondo Concorso TERNA indetto nel 2009 con dei Nuovi Sostegni a 380 kV denominati “ Germoglio Tower “ che vennero installati sulla linea Trino - Lacchiarella 380 kV e che furono oggetto di una visita nel corso del workshop. Il *“Design, testing and Installation of Dutton-Rosenthal Tower”* fu presentato da P.Berardi (TERNA) durante la Sessione Generale del 2016 a Parigi.



Durante il workshop venne altresì presentato un nuovo sostegno denominato Vitruvio innovativo in acciaio concepito da TERNA insieme al costruttore italiano Colombo S.p.A.
Nel **SC D2** nella **Sessione del 2012** la Cybersecurity fu trattata da M.Petrini (TERNA) e COL S.p.A. *“ System services for the safeguard of digital substation automation systems”* tenedo conto della evoluzione avvenuta nell’ultima decade con l’introduzione di Dispositivi Elettronici Intelligenti (Intelligent Electronics Devices -IED) e della comunicazione digitale. Aspetti salienti vennero trattati anche da G.Dondossola (RSE) *“Security of communications in voltage Control for Grids connecting Distributed Energy resources”* nella **Sessione del 2014**.

Il SC C4 Italiano organizzò a **Bologna un Colloquium CIGRE nel giugno del 2016 sul tema “Lighting and Power Systems”**. Presidenti dell’Evento furono C.A. Nucci e A. Borghetti.

Al Colloquium parteciparono, da tutto il mondo, numerosi esperti contribuendo ad una diffusione di conoscenze, esperienze e informazioni per meglio comprendere i fenomeni associati alle fulminazioni e permettendo di implementare misure protettive contro gli effetti indesiderati sulle reti elettriche. Il Colloquium era suddiviso in 9 sessioni dove vennero presentati 43 articoli.

Nei **SC B3 and SC B5** vennero presentate dal Comito nazionale Italiano nuove soluzioni di apparecchiature e sistemi di controllo concepite per far fronte al rapido sviluppo delle Reti sia per far fronte all'aumento dei livelli di corto circuito sulla rete 380 kV sia per connettere in tempi rapidi i nuovi impianti di generazione da fonte rinnovabile (eolici e solari) sia per permettere in tempi rapidi il pronto dispiegamento di soluzioni atte al ripristino del servizio elettrico in caso di disastri.
Nella S**ession del 2010** M.L. Crociani come autore principale (TERNA) con CESI presentarono *"Upgrading Short Circuit power of 380 kV air-insulating substation: possible solution in a unified context "*
M.Petrini (TERNA) trattò *"New requirements for Substation Automation Systems (SAS)"* risultanti da oltre 10 anni di esperienza nel campo della tecnologia digitale e richiamando i requisiti dettati da una rapida obsolescenza e da una forte dipendenza dai costruttori nel corso di tutto il ciclo di vita delle apparecchaiture e sistemi.
Nella **Sessione del 2012** V. Iuliani come autore principale (TERNA) con ABB Italia presentò *" Compact Substations for Quick Installation called SCRI "* sviluppate come stazioni mobili a 145-170 kV equipaggiate con terminali cavo plug-in e assemblate su trailer della lunghezza standard di 40 ft.

Nella **Sessione del 2016** M.Spiranelli (ABB Italia) presentò*" ABB PASS (Plug And Switch System) called MOS 420 kV for Transmission Substation"* un sistema compatto prefabbricato con moduli AT equipaggiati con un interruttore a camera singola da 420 kV/63 kA come unità di interruzione combinate con sezionatore di terra e Trasformatori di Tensione di Corrente.

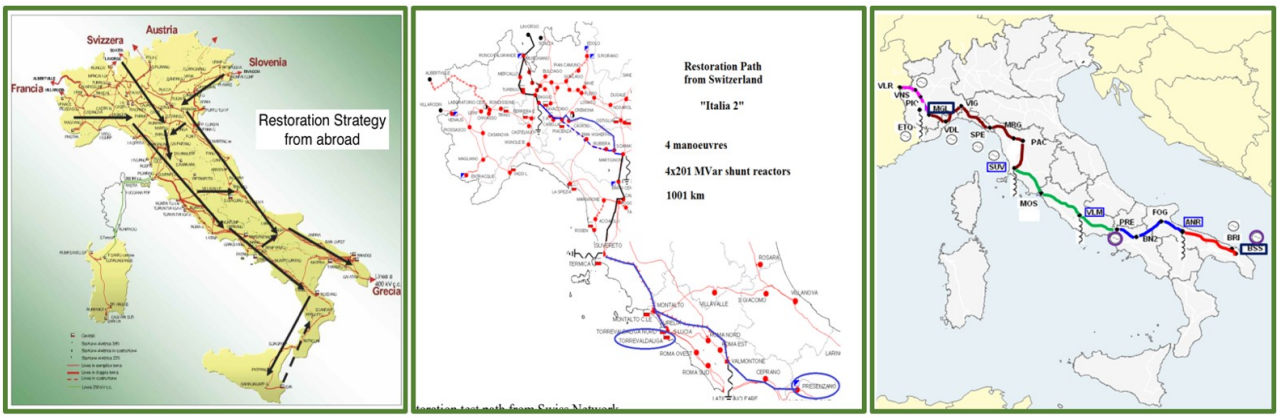
Le apparecchiature sono rappresentate nella Figura 10.

Figura 10 nuove soluzioni di apparecchiature di controllo

Nel **SC2** il Comitato Nazionale Italiano presentò le soluzioni adottate nella strategia della Ripresa della Rete messa a punta dopo le difficoltà registrate dopo il black out del 2003.

Nella **Sessione del 2014 e in quella del 2018** questa strategia venne descritta in due articoli : il primo autore G. Giannuzzi (TERNA) con Swissgrid e CESI, il secondo di R.Zaottini (TERNA) "*Test experiences on 380 kV grid top-down restoration from Neighbouring Countries (Switzerland and France) to South of Italy*". Gli articoli includevano i risultati degli Studi di Simulazione preliminari e i risultati delle prove di ripresa della rete. La strategia si basava su una configurazione di rete in esercizio che permettesse una via con lunghi tratti di linee in cascata tali da riprendere il servizio dopo un black out da interconnessioni con l'estero con la chiusura di un numero limitato di interruttori. La procedura illustrata nei due articoli fa parte

ora dei Piani di Riavvio Rete con una stabilità di frequenza mantenuta per tutto il periodo necessario con il resto della rete europea.



G.Giannuzzi (TERNA) nelle **Sessioni CIGRE del 2010 e del 2012** trattò anche *"On-line Analysis in a Dynamic Security System Environment* " e *"Very Short Term a Optimal Dispatching for an Advance Dispatching* " sviluppato in modo congiunto con il CESI e tuttora impiegato nell'esercizio del Centro Nazionanle di Controllo.
La resilienza venne trattata in numerosi articoli in particolare nel SC B2 nella **Sessione del 2012** da G. Pirovano (RSE) e altri coautori TERNA in *" The Italian approach to reduce risks of wet-snow accretion on conductors of existing OHL"* mentre nella **Sessione del 2016** M.Forteleoni (TERNA) e CESI presentarono *" Assessment on ignition of electric arc and flashhover distances between OHL and surrounding vegetation".*

Il SC5 Market venne introdotto come detto nella riforma del CIGRE del 2002 e il Comitato Nazionale Italiano fu sempre presente.
Nella **Sessione del 2010** l'Italia presentò tre articoli: G.Mauri (RSE) con A2A s.p.A *" Integration of active customers into SmartGrids: experimental test facility and results*" . Una facility venne sviluppata per valutare i benefici derivanti dalla azione di un prosumer , da veicoli plug-in e da una domanda integrata intesa come aggregatore.
R. Caldon e altri della Università di Padova presentarono *"Role of Storage systems amd market ancillary services in active distribution networks management;*
P. Pericolo (TERNA) e Università di Pavia *" Impact of wind generation on the voltage control ancillary service and development of the Italian transmission System".*
Nella **Sessione del 2012** A.Venturini (CESI) e TERNA presentarono *"Market Integration in Europe: a market Simulator taking into account different marzet zones and the increasing penetration of RES generation".*

Nella **Sessione del 2014** CESI e TERNA sempre sulla Integrazione del mercato presentano l'articolo *"Optimization of storage resources to mitigate risks of overgeneration from RES non-programmable in Italy".* In Italia alla fine del 2013 la potenza totale installata da impianti eolici e solari raggiunse il valore di 15,5 GW. In particolare, le regioni del sud Italia coprirono con questa generazione un parte significativa dell'incremento di domanda di elettricità anche se le condizioni operative della Rete non permisero di avere una completa integrazione delle Energie Rinnovabili Variabili (Variable Renewable Energy: VRE).
Nel SC2 P. Pelacchi (Università di Pisa) e TERNA descrissero *"Dynamic Thermal Rating of Italian Transmission Lines"* che permetteva di sfruttare le prestazioni dei conduttori di linea ottenendo correnti significativamente più alte di quelle previste dai limiti termici minimizzando il taglio dell'energia prodotta dagli impianti VRE nel sud Italia.

Nella **Sessione del 2018** D. Pugliese (Enel) presentò *"The estimation of the value of lost Load* " rsull regolazione degli incentivi e nelle penalità imposte alle compagnie di distribuzione e di trasmissione per la

qualità del servizio, parametro chiave previsto dal meccanismo di remunerazione della regolazione di capacità. In un altro articolo L.Ortolano (TERNA) e RSE, DSO Edyna, Siemens eSelta presentarono *" Smart TSO-DSO interaction schemes and ICT solutions for integration of abncillary services from Distributed Generation"*.L'articolo descriveva un impianto pilota atto a dimostrare una gestione intelligente della porzione di rete coinvolta risolvendo le sfide che le reti di trasmissione e distribuzione ponevano.

Al termine di questo lungo periodo durante la **Sessione CIGRE del 2018** a Parigi, nel corso dell'assemblea plenaria di apertura, **M.Rebolini fu insignito quale Fellow Honorary Member del CIGRE dal Presidente R. Steven**.Durante la stessa Session **L. Michi (TERNA) sostituì M.Rebolini come Presidente del Comitato Italiano del CIGRE nel CdA** mentre M.Rebolini veniva inviatato a rimanere membro dello Steering Committe of CIGRE.

2.7 Gli anni 2019 - 2020 : Quale Futuro dopo l'Impatto del Corona virus

Nel gennaio 2020 una epidemia causata da un coronavirus denominato Covid-19 esplode in Cina nella provincia dell'Hubei e in pochi mesi si diffonde nel mondo trasformandosi in pandemia.
Il CIGRE, per la seconda volta nella sua storia, è forzato a posporre la Sessione Generale di Parigi prevista per fine agosto. E' stata sostituita da una e-session:una conferenza virtuale.
Il CIGRE, costituito nel 1921, celebrerà il suo Centenario nel 2021 (**Centennial Celebration)** al Palazzo dei Congressi a Parigi sempre in agosto.

Da una prospettiva storica la nostra grande famiglia venne così duramente colpita solo nella Sessione del 1939 allorquando *" eavy storm clouds already threatened the world" (*parole espresse nel 1946 nella sessione inaugurale da Ernest Mercier, Presidente del CIGRE dal 1933 al 1948*)."They burst with the implacable fury of a world wide cataclysm".*

Per il suo 25° Anniversario i delegati vennero chiamati per una grande Sessione a Parigi nel 1946. Il Presidente Mercier continuò *"You have eloquently answered by easily beating all your previuos records, for today there are 950 delegates, thus showing your impatience to resume those trusting and warm contacts of which you had established the tradition, like members of a single great family dispersed all over the globe".*

L'Elettricità, come i virus, non conosce confini, ma l'elettricità è essenziale per combatterli aiutando i medici e gli studiosi della medicina a sviluppare farmaci e vaccini. Ma l'elettricità ha bisogno di uomini e donne che si prendono cura di generarla e distribuirla.
Noi nel CIGRE siamo e saremo quegli uomini e quelle donne.

3. ITALIAN CIGRE PEOPLE IN CIGRE GOVERNANCE

Members Administrative Council of CIGRE
1958-1966 G.Silva (also chairman of CIGRE)
1980-1998 L.Paris
1998-2002 G.Manzoni
2002-2010 G.Santagostino
2010-2012 R.Rendina
2012-2018 M.Rebolini
2018-2020 L.Michi

Chairman Technical Council of CIGRE
1958-1966 G.Silva
1978-1984 L.Paris
2002-2006 A.Bolza

Chairman Study Committee of CIGRE
A.Bolza, G.Carrara, G.Catenacci, D'Arbela, P.Gazzana, Priaroggia, A.Iliceto, A.Invernizzi, T.Leardini, G.Manzoni, M.Marelli, A.Negri, C.Nucci, M.Sforzini, G.Silva, L.Thione, and M.Valtorta.

4. CIGRE AWARDS

CIGRE Medal
2008 – A. Bolza

CIGRE Honorary Member
1992 Mario Sforzini, 1996 Giancarlo Manzoni, 1999 Luigi Paris, 2002 Lorenzo Thione, 2008 Angelo Invernizzi, 2012 Antonio Negri, 2012 Carlo Alberto Nucci.

CIGRE Fellow
2016 Carlo Alberto Nucci, 2018 Massimo Rebolini

CIGRE Distinguished members
1996 A.Clerici, R.Cortina, F.Reggiani, G.Santagostino,
2000 E.Tortello, A.Invernizzi,
2002 A.Pigini,
2006 B.Parmigiani, F.Iliceto, R.Conti,
2008 A.Giorgi, E.Colombo,
2010 C.Imposimato, C.Sabelli,
2012 M.Marelli, F.Scatiggio,
2014 M.Rebolini, V.Tartaglione, B.Cova
2016 S.Malgarotti, G.Pozzati, F.Cazzato,
2018 R.Benato, P.Mazza, M.Petrini, F.Pilo.
2020 E.Di Bartolomeo, E.Carlini, G.Dondossola

5. ITALIAN MEMBERSHIP IN CIGRE

CN ITALIA MEMBERSHIP	
ANNO	Equivalent Member
1998	
2004	164
2008	201
2009	200
2010	209
2011	228
2012	239
2013	307
2014	333
2015	336
2016	325
2017	326
2018	329
2019	324

Secretary CN Italy since 2003

Rank	EUROPE 46,36%	6865	AMERICA 18,88%	2796	AFRICA & MIDDLE EAST 6,19%	917	PACIFIC AND ASIA 28,57%	4231
1	RUSSIA	809	BRAZIL	965	GCC NC	273	CHINA	1068
2	GERMANY	732	UNITED STATES	876	SOUTH AFRICA	176	JAPAN	876
3	UNITED KINGDOM	636	CANADA	409	TURKEY	123	INDIA	682
4	FRANCE	529	ARGENTINA	170	EGYPT	97	AUSTRALIA	589
5	SWITZERLAND	405	CHILE	142	JORDAN	73	KOREA	421
6	SPAIN	349	PARAGUAY	60	IRAN	58	THAILAND	194
7	ITALY	325	COLOMBIA	48	No NC AF	53	MALAYSIA	167
8	SWEDEN	316	Andean NC	47	ISRAEL	42	NEW ZEALAND	144
9	NETHERLANDS	252	MEXICO	44	ALGERIA	23	No NC PA	70
10	NORWAY	242	No NC AM	37			INDONESIA	21

Symposia/Colloquia organized by ITALIAN NC Period 1977-2020				
Year	Type	Location	Argument	Papers
1977	Simposium	Tirrenia	SC 31	52
1979	Colloquium	Siena	EHV Systems	35
1983	Symposium	Firenze	Control application for Power System Security	64
2011	Symposium	Bologna	Electric Power System of the future:Supergrids and Microgrids	177
2015	International Workshop	Stresa Milan-Expo	SC C3 Innovative Electrical Networks for a Sustainable Development in Low Carbon Scenarios	26
2016	Colloquium	Bologna	SC-C4 System Technical performance Lighting and Power Systems	43

BIBLIOGRAFIA

1 Storia dell'Industria Elettrica in Italia 1. Le origini : 1882-1914 a cura di G. Mori Editori Laterza 1992

2 Atti Rivista Elettrotecnica : Numeri del 15 Dicembre 1923;15 luglio1925; 5 Settembre 1929;15 luglio1927; 25 Novembre 1931; 15 Ottobre 1933;10 Dicembre 1935; 25 Settembre 1937; 10 Settembre 1946; 10 Agosto 1948;

3 Vincent Lagendijk "Electrifyng Europe: the power of Europe in the construction of electricity networks" ed.TU/E January 2008.

4 Storia dell'Industria Elettrica in Italia Vol.2. *Il potenziamento tecnico e finanziario* 1914-1925 a cura di Luigi De Rosa Editori Laterza 1993

5 The History of CIGRE Edizione 2011

6 L'opera di Luigi Paris - Selezione dei Paper ; Milano 2005

7 Storia dell'Industria Elettrica in Italia Vol.3 *Gli sviluppi dell'Enel 1963-1990*

8 ENEL 1996-2002 Dal monopolio al Mercato , C.Testa ,Maggioli Editore 2003

9 Session Papers General Session CIGRE Paris from e-cigre.org

10 Electra Revue CIGRE annals

PEOPLE