

*L'elettrificazione delle ferrovie italiane.  
Una storia di coraggiosa intraprendenza e di incapacità  
a seguire una coerente politica industriale*

*“Sbucato dalla galleria delle Pievi, l'elettrico scivola già col pantografo dentro il fornice della successiva, portandovi la sua corsa inderogabile, illividita da scintille violette...Isolatori bianchi alle sandaline dei sostegni, fanno un'allineata di perle: come a voler agghindare la riviera”.*<sup>1</sup>

Questa bella pagina, sebbene un po' enfatica, scritta nel 1936 da Carlo Emilio Gadda, ingegnere e scrittore, potrebbe essere assunta a simbolo dell'entusiasmo che l'elettrificazione delle ferrovie suscitò nel nostro Paese, assieme ad una particolarità tutta italiana di privilegiare l'enfasi poetica alla costante e, per certi versi persino pedante, ricerca della coerenza fra le scelte tecnologiche, la politica industriale e la compatibilità economica.

Alla fine del secolo XIX ed all'inizio del XX la applicazione dell'energia elettrica alla trazione ferroviaria suscitava notevoli discussioni e dibattiti sia di natura tecnica che economica ed industriale. I sistemi allora utilizzati per la trazione elettrica appartenevano a tre famiglie.

1. trazione elettrica a corrente continua a media tensione (500 – 600 volt) per tranvie e ferrovie secondarie e ad alta tensione (1500 – 3000 volt) per applicazioni ferroviarie.

2. trazione elettrica trifase a bassa frequenza (15 Hz poi 16 e 2/3 Hz) con tensione di linea di 3400 – 3600 volt.

3. trazione monofase a bassa frequenza (15 Hz poi 16 e 2/3 in Europa e 50 Hz negli Stati Uniti) ad alta tensione di alimentazione (11000, 15000 e successivamente 25000 volt). Non sfuggiva però l'interesse sotto l'aspetto pratico che avrebbe avuto l'utilizzazione della corrente a frequenza industriale (45 poi 50 Hz in Europa).

Ponendosi quindi il problema di affrontare in modo sistematico e possibilmente unificato il nodo dell'elettrificazione delle ferrovie, e, si deve riconoscere, con notevole lungimiranza, il Governo di Rudinì nominò nel 1897 una Commissione per lo studio della applicazione della elettrificazione nelle Reti ferroviarie in regime di concessione su linee a carattere secondario (era allora comune convinzione che la trazione a vapore presentasse vantaggi sia tecnici che economici che la rendevano insostituibile nelle linee principali).

Furono proposti tre esperimenti che furono portati a termine:

- il primo con automotrici ad accumulatori sulla linea Milano – Monza (2 febbraio 1899) e sulla Bologna – S. Felice (1° dicembre 1900).

- Il secondo a corrente continua a

650 volt terza rotaia, sulla Milano – Varese (11 ottobre 1901).

- Il terzo con trazione trifase a 3000 volt e frequenza 15,8 Hz sulla linea Lecco-Colico-Chiavenna (della Valtellina) portato a termine il 1° settembre 1902.

È ragionevole affermare che la storia dell'elettificazione delle ferrovie in Italia, ha inizio con l'elettificazione della linea della Valtellina.

Da qui infatti prende origine l'applicazione della corrente alternata trifase a frequenza industriale che giungerà a rappresentare una parte assai consistente dell'elettificazione delle ferrovie italiane fino alla ricostruzione postbellica degli anni '50.

Non si può tuttavia non ricordare seppure brevemente il ruolo fondamentale della scuola italiana di ingegneria nelle nascita e nello sviluppo delle trazione elettrica.

Nel 1888 Galileo Ferraris dava notizia all'Accademia delle Scienze di Torino di una sua invenzione che risaliva a tre anni addietro: *“Per mezzo di una*



Fig. 1 - Prototipo del motore di Galileo Ferraris

*semplice corrente alternata, operante in spirali immobili, è possibile produrre un campo magnetico rotante ed ottenere con questo tutti gli effetti che si potrebbero ottenere dalla rotazione di una calamita”.*

L'importanza dell'invenzione è ben nota e non vale aggiungere alcunché.

Questa targa commemorativa, in italiano e ungherese, si trova al binario 1 della stazione di Colico per ricordare il ruolo dell'ingegnere ungherese Kalmán Kandó.

Interessa l'economia del nostro lavoro mettere in evidenza il ruolo di Kalmán Kandó.

Egli nasce a Budapest, da nobile famiglia ungherese, il 10 luglio 1869. Si laurea in ingegneria meccanica presso la Reale Università Tecnica Palatina nel 1892. Come giovane ingegnere fa le sue prime esperienze in Francia, presso la



Fig. 2 - Targa commemorativa dell'opera di Kalmán Kandó per l'elettificazione della linea della Valtellina

Compagnie de Fives Lille dove collabora allo sviluppo del motore elettrico a induzione di Tesla<sup>2</sup>. Richiamato in patria presso la fabbrica Ganz, nel 1894, intuisce la possibilità dell'applicazione alla trazione ferroviaria della corrente alternata polifase usando sui locomotori motori asincroni trifase. Nel 1906 si trasferisce con la famiglia a Vado Ligure presso la Società italiana Westinghouse che acquista i suoi brevetti e gli affida la direzione tecnica della costruzione di locomotive (note come Sistema italiano).

Con lo scoppio della prima guerra mondiale e come cittadino di un Paese nemico, Kandó rientra in Ungheria dove, dopo un breve periodo di servizio militare, riprende a prestare la sua opera presso la Ganz di cui diventerà nel 1917 direttore tecnico e successivamente direttore generale. Il suo interesse si spostò dall'alimentazione elettrica tri-fase a quella mono-fase, e la linea ferroviaria Budapest-Hegyeshalom, da lui progettata, fu la prima al mondo ad adottare l'alimentazione a corrente alternata mono-fase a 15 kV e 50 Hz. Le locomotive della Ganz progettate per questa linea sono rimaste in servizio fino al 1967.

Kalmán Kandó muore il 13 gennaio 1931. L'elettrificazione della linea della Valtellina con corrente trifase e la costruzione delle Locomotive fu affidata alla Ganz & C. ungherese su progetto del Kandó che seguì personalmente sia i lavori di elettrificazione che la realizzazione delle locomotive.

Ne furono ordinate due dalla Rete Adriatica, che aveva l'esercizio della li-



*Fig. 3 - Locomotiva elettrica E 430 della Valtellina Costruita nel 1905 resterà in servizio fino al 1928*

nea ed ebbero la numerazione RA34.1 e RA34.2, dopo la nazionalizzazione del 1905 passarono alle Ferrovie dello Stato con la numerazione finale di E430.1 ed E430.2. Furono ritirate dall'esercizio nel 1928.

Le locomotive della Ganz progettate e costruite per la linea della Valtellina sono il primo vero esempio mondiale di locomotive alimentate a corrente trifase dotate di motori asincroni. La potenza totale installata era di 440 Kw, su quattro motori direttamente montati sui singoli assi.

L'elettrificazione della Valtellina aprì la strada ad una fase importante del processo di elettrificazione della rete italiana e, soprattutto dopo l'elettrificazione della linea dei Giovi, e l'impiego di locomotive costruite nello stabilimento della Westinghouse di Vado Ligure, pose il nostro Paese in posizione di avanguardia in Europa e nel mondo.

Vale la pena di ricordare che ai lavori per l'elettrificazione della Valtellina parteciparono maestranza e tecnici non solo ungheresi ma anche italiani, ponendo così le basi per la nascita di alcune

delle più antiche imprese italiane di elettrificazione ferroviaria.

Va detto che l'esercizio della linea della Valtellina presentò sin dall'inizio notevoli difficoltà dovute in gran parte all'alimentazione con doppia linea aerea dei locomotori. Inoltre per la natura stessa dei motori asincroni utilizzati non era possibile variare la velocità di trazione che pertanto restò fissata a circa 29 km/h.

La possibilità di variare la velocità di rotazione dei motori e quindi la velocità di trazione continuando ad utilizzare motori a corrente alternata costituirà una delle sfide maggiori dei progettisti nei primi anni del secolo XX. Esse saranno parzialmente risolte (trascuriamo soluzioni chiaramente antieconomiche come l'utilizzo di motori ausiliari) collegando i motori in serie e dimezzando la velocità rispetto al collegamento in parallelo e modificando il numero dei poli.

L'avvento degli "inverter" (convertitori statici) associati a motori asincroni trifase farà sì che questo motore, abbandonato per anni, possa lavorare a tensione e frequenza variabile e pertanto con la stessa versatilità dei motori a corrente continua.

### *L'elettrificazione della Rete, diverse scelte tecnologiche*

Abbiamo già visto come nel 1897 il Governo istituì una Commissione per studiare le diverse scelte tecnologiche relative alla trazione ferroviaria elettrica. Se tralasciamo la prima delle soluzioni immaginate (quella ad accumulatori che rivelò immediatamente la sua incapacità ad assicurare un grande ser-

vizio ferroviario) le altre due soluzioni, quella a corrente continua e quella a corrente alternata trifase, furono oggetto di sperimentazioni che portarono in un primo tempo all'adozione della corrente alternata trifase soprattutto nei casi in cui si richiedevano considerevoli potenze per superare acclività notevoli per il trasporto delle merci.

La prima sperimentazione in corrente continua a 650 volt e terza rotaia fu realizzata sulla cosiddetta linea Varesina nella periferia di Milano ed ebbe un discreto successo.

La sperimentazione con la corrente trifase a 15 Hz (successivamente 16 e 2/3) interessò la linea della Valtellina e subito dopo la linea dei Giovi. Va detto che mentre ebbero un discreto successo le soluzioni adottate per il traffico merci, le automotrici per servizio passeggeri, con motori asincroni trifase, utilizzate per la linea Lecco-Colico-Chiavenna crearono non pochi problemi e furono presto sostituite con servizi a vapore e poi diesel.

Successivamente i notevoli problemi tecnici posti dalle particolari caratteristiche geometriche del tratto Pontedecimo-Busalla della linea Genova-Torino (pendenze massime del 35‰, la galleria dell'Appennino di circa quattro km ed una pendenza del 29‰) furono affrontati e risolti con l'elettrificazione della linea con sistema trifase a 16 e 2/3 Hz, con un traffico di circa 3000 carri al giorno e l'impiego delle locomotive E 550. I lavori iniziarono nel 1907 e l'esercizio venne attivato il 1° marzo 1911 per essere poi esteso a tutta la linea la cui

elettrificazione fu completata nel 1916. La locomotiva E 550, fu progettata, per la parte meccanica dall'ufficio studi del Servizio Materiale e Trazione delle Ferrovie dello Stato, e, per la parte elettrica dalla Società Italiana Westinghouse di Vado Ligure, sotto la direzione dell'ing. Kalman Kandó.

Lo scoppio della prima guerra mondiale, e le difficoltà che ne derivarono nell'approvvigionamento di carbone accelerò il processo di elettrificazione.

L'estensione delle linee alimentate con corrente trifase può così essere riassunto nelle sue tappe principali:

- 1917 Torino-Pinerolo
- 1919 Torino-Bussoleno-Susa
- 1924 Torino-Ronco, Alessandria-Voghera, Novara -Tortona e Arquata-Tortona.

Di notevole importanza per l'approfondimento dei problemi legati alla captazione di corrente fu l'attivazione sperimentale con alimentazione a 50 Hz e tensione di 10.000 volt della linea Roma-Sulmona nel 1927.

L'elettrificazione della rete ferroviaria a corrente alternata trifase procede celermente fino al 1930.

L'estensione della rete elettrificata comporta come è ovvio la costruzione di un grande numero di locomotive elettriche e l'evoluzione dei precedenti modelli.

Un ruolo fondamentale nel processo di elettrificazione della rete ferroviaria è svolto dall'ing. Giuseppe Bianchi, laureato in ingegneria meccanica elettrotecnica a Torino nel 1912. Assunto dalle Ferrovie dello Stato è assegnato al-

l'unità speciale di elettrificazione di Roma e successivamente trasferito al Servizio Materiale e Trazione a Firenze.

Sino all'adozione definitiva della trazione a corrente continua 3000 volt, da lui fortemente voluta, contribuì al miglioramento delle locomotive esistenti (ad esempio con la E 551, evoluzione della E 550) e la progettazione di nuovi tipi E 432 ed E 554. Bianchi lasciò le Ferrovie dello Stato nel 1937 sotto la pressione dei suoi oppositori politici e industriali e fu assunto dalle Ferrovie Nord Milano dove rimase fino al pensionamento. Fu richiamato dalle FS fra il 1945 ed il 1946 per seguire il progetto di elettrificazione globale della rete.

Sono questi, anni di grande entusiasmo per la trazione elettrica trifase in Italia e vengono sviluppate e costruite nuove locomotive per un totale di oltre 500 unità.

È probabile che proprio in questo periodo di tempo si debba identificare un evento che ebbe un'importanza fondamentale nei successivi sviluppi del processo di elettrificazione e le conseguenze da esso avute sull'adeguamento tecnologico della nostra industria ferroviaria.

Abbiamo ricordato come Kandó, rientrato in Ungheria avesse iniziato a lavorare sull'ipotesi di abbandonare la corrente trifase in favore della corrente alternata monofase a frequenza industriale. I vantaggi di disporre di impianti fissi a frequenza industriale erano evidenti e la conversione della tensione da monofase a trifase o polifase poteva essere vantaggiosamente effettuata a

bordo delle locomotive. Viene così progettato un sistema di alimentazione che anticipa i moderni sistemi di conversione oggi effettuati grazie all'elettronica di potenza. La locomotiva progettata è di fatto la prima locomotiva politensione e polifrequenza. I rapporti fra il Kandó e l'industria italiana, interrotti per gli eventi bellici, riprendono attraverso una intensa corrispondenza con alcuni ex-colaboratori della Westinghouse, ora impiegati dalle officine di Saronno dell'ingegner Romeo. A queste officine viene affidata dalle Ferrovie dello Stato, nel 1920, una commessa di 15 locomotive trifase classificate E-552, su progetto Kandó. Si tratta in realtà di locomotive policorrente e polifrequenza. Se le Ferrovie dello Stato avessero compreso l'importanza innovativa di questo mezzo di trazione probabilmente la storia della trazione elettrica in Italia avrebbe preso un altro indirizzo, in linea con quanto avvenne in altri importanti paesi europei e coerente con i successivi sviluppi del trasporto ferroviario. Così non fu. I rapporti fra le Officine di Saronno ed il servizio Materiale e Trazione di Firenze, allora diretto dall'ingegner Giuseppe Bianchi, erano molto tormentati anche a causa di una diversa impostazione di politica industriale.

Le Ferrovie dello Stato desideravano conservare l'assoluta indipendenza nella progettazione del materiale rotabile per poi affidarne la realizzazione all'industria nazionale. A questo stato di fatto non fu probabilmente estranea da un lato, l'inimicizia personale fra il Bianchi ed il Kandó legata alla proprietà di

alcuni brevetti, dall'altro le pressioni esercitate sulle Ferrovie dello Stato dalla Breda. Sta di fatto che alcune difficoltà furono riscontrate nel funzionamento delle locomotive. Tali difficoltà avrebbero potuto essere superate in uno spirito di maggior collaborazione. Al contrario esse furono prese come una notevole opportunità per rifiutare la commessa. Il danno economico che ne seguì fu tale da generare una crisi della società Officine di Saronno, che dopo un cambio di proprietà fu costretta a cessare l'attività nel 1929.

Nel 1928 era stata attivata l'elettificazione della linea Benevento-Foggia a 3 kV corrente continua.

Erano allora in atto discussioni e dibattiti di natura tecnica e industriale su quale dei due sistemi (a corrente continua o alternata trifase) fosse più conveniente adottare, dibattito che dimenticava che già una gran parte della rete era stata elettrificata con il sistema trifase e diverse centinaia di locomotive erano in servizio.

I programmi di elettrificazione subirono un'accelerazione sotto la spinta delle "Sanzioni" seguite alla guerra d'Etiopia che resero problematici gli approvvigionamenti in carbone e combustibili liquidi.

Per motivi non completamente chiariti, ai quali sembra non sia stato estraneo il cambiamento dei vertici delle Ferrovie dello Stato voluto dal nuovo Regime fascista, la scelta cadde sul sistema a corrente continua, che peraltro aveva dato buoni risultati negli Stati Uniti. Fu una scelta sbagliata se non necessaria-



*Fig. 4 - Cartolina commemorativa dell'inaugurazione della tranvia elettrica ad accumulatori Milano - Monza*

mente da un punto di vista tecnico (l'alimentazione a corrente continua presentava alcuni indubbi punti di interesse:

- linea di contatto unipolare
- notevole distanza fra le sottostazioni alimentate dalla rete trifase industriale
- elasticità di funzionamento del materiale di trazione )

almeno dal punto di vista di strategia industriale.

Innanzitutto comportò notevoli complicazioni ed oneri nell'esercizio della rete, costrinse le Ferrovie dello Stato a dotarsi di un parco rotabili eterogeneo con conseguenti maggiori oneri di manutenzione, isolò l'industria nazionale dal resto di gran parte dei paesi europei che adottarono alimentazioni in corrente alternata monofase che si mostrarono più affidabili e meno costose quando, alla fine degli anni '70 si iniziò ad affrontare il tema delle alte velocità ferroviarie.

La decisione era comunque presa e il 4 giugno 1932 il Consiglio dei ministri varò un ambizioso piano di elettrificazione che avrebbe dovuto dotare, in 12, anni di trazione elettrica 8000 km di rete.<sup>3</sup>

Nel 1931 la situazione delle linee a trazione elettrica delle Ferrovie dello Stato era quella indicata nella tabella della pagina seguente.

Dall'analisi dei dati sopra riportati appare evidente tutta l'eterogeneità della nostra rete dal punto di vista dell'elettrificazione ed il gran numero di soluzioni sperimentate.

Su un totale di 1604,9 km di rete elettrificati il 77% (1237,8 km) è a corrente alternata trifase, mentre su un totale di 567,4 km in corso di elettrificazione circa il 66% è ancora a corrente alternata trifase.

La guerra ritarderà i tempi di realizzazione del progetto. Per effetto delle devastazioni belliche, alla fine della seconda guerra mondiale, risultavano in pratica distrutti tutti gli impianti di trazione elettrica, il 62% delle locomotive elettriche trifase ed il 70% di quelle a corrente continua.



*Fig. 5 - Foto di copertina del libro Locomotive di sogno, di Erminio Mascherpa, Nicolodi editore 2005*

Per fare fronte alle devastazioni causate dal conflitto su gran parte della rete ferroviaria, negli anni della ricostruzione fra il 1950 ed il 1970, nei tratti in cui

lo stato delle linee non consente una riattivazione, si attiveranno linee a corrente continua, mentre sulle linee che lo consentono si riattiverà la corrente alternata trifase.

Per qualche anno il progetto di una complessiva conversione della rete alla corrente continua sembra abbandonato. Le locomotive trifase in servizio non sono tuttavia più adatte alle nuove esigenze del trasporto, soprattutto a causa delle basse velocità.

È proprio durante questo periodo che si perde l'occasione di abbandonare definitivamente la corrente continua per adottare l'elettrificazione a corrente alternata monofase sperimentata con successo in Francia, Germania, Giappone, Regno Unito, Svezia, Unione Sovietica, Cecoslovacchia, Finlandia ecc. Era una

LINEE	km	totale
<i>A corrente trifase 3600 v</i>		
Monza-Lecco-Sondrio	116,6	
Colico-Chiavenna	26,3	
Torino-Alessandria-Ronco-Genova	205,0	
Bussoleno-Susa	7,5	
Savona-Ceva	45,3	
Sampierdarena-Savona	39,9	
Torino-Torre Pellice	47,7	
Bricherasio-Barge	11,7	
Scali marittimi di Genova	25,6	
Raccordi di Torino	6,5	
Trofarello-Chieri	8,6	
Alessandria-Tortona-Voghera	38,1	
Novi-Tortona	20,4	
Tortona-Arquata-Ronco	36,3	
Genova-Spezia-Livorno	193,5	
Bologna-Firenze e raccordi		
Genova-Sampierdarena-Alessandria	140,9	
Bolzano-Brennero	73,7	
<i>A corrente trifase 10000 v a frequenza Industriale</i>	<u>89,3</u>	1237,8
Roma Predestina-Avezzano		
<i>A corrente continua 650 v a terza Rotaia</i>	<u>103,0</u>	103,0
Milano-Varese-Porto Ceresio		
Napoli-Pozzuoli-Villa Literno		
<i>A corrente continua 3000 v a filo aereo</i>	72,0	
Foggia-Benevento	<u>37,4</u>	109,4
<i>A corrente continua 800 v a filo aereo</i>		
Brunico-Campo Tures		
Trento-Malé (scart. ridotto)	<u>101,0</u>	101,0
<i>A corrente monofase 15000 v a 16,7hz</i>		
Domodossola-Iselle	15,3	
	<u>59,6</u>	74,9
<b>Totale km</b>	<u>18,8</u>	18,8
		<b>1604,9</b>

Linee elettrificate in esercizio

LINEE	km	totale
<i>A corrente trifase 3600 v</i>		
Cuneo-S.Dalmazzo Ventimiglia	99,3	
Savona-Ventimiglia	107,7	
Spezia-Fornovo	<u>97,0</u>	304,0
<i>A corrente trifase 10000 v a frequenza Industriale</i>		
Avezzano-Sulmona	<u>68,8</u>	68,8
<i>A corrente continua 3000 v a filo aereo</i>		
Benevento-Napoli	96,8	
Bologna-Firenze (direttissima)	<u>97,8</u>	194,6
<b>Totale km</b>		<b>567,4</b>
<b>Linee in progetto di elettrificazione</b>	km	totale
<b>LINEE</b>		
<i>A corrente continua 3000 v a filo aereo</i>		
Roma-Napoli (direttissima)	214,0	
Varie altre linee nell'Italia settentrionale	<u>269,0</u>	483,0
<b>Totale km</b>		<b>483,0</b>

Linee in corso di elettrificazione



decisione difficile da prendersi che richiedeva una precisa linea di politica industriale da parte del governo e della committenza pubblica, e una maggiore lungimiranza da parte dell'industria nazionale che probabilmente vedeva nella corrente continua una barriera all'ingresso dei grandi gruppi stranieri.

Fu così che il primo piano quinquennale FS 1958-1962 per l'ammodernamento ed il potenziamento della rete ferroviaria, comprese, fra l'altro, la trasformazione del sistema di trazione a corrente alternata trifase in quello a corrente continua, 3000 V, delle linee a grande traffico Modane-Torino-Alessandria-Genova, Alessandria-Voghera, Voghera-Genova, e Genova-Savona.

Nelle prima metà degli anni '60 sarà praticamente completata la trasformazione della trazione elettrica a 3000 V della quasi totalità della rete ferroviaria FS e alla soglia degli anni '70 sono soltanto 433 i km di rete alimentati a corrente alternata trifase.

Ma le peripezie dell'elettrificazione ferroviaria italiana non terminano qui.

#### *L'elettrificazione della dorsale sarda fra Cagliari e Porto Torres*

Mentre in Italia l'elettrificazione delle linee ferroviarie si era ormai attestata sul 3 kV a corrente continua, nei paesi europei con i sistemi ferroviari più evoluti e sviluppati la sperimentazione di sistemi che utilizzavano tensioni molto più elevate aveva portato a notevoli progressi. In Francia e Regno Unito era ormai generalmente utilizzato il sistema di trazione a corrente alternata monofase a

25 kV e 50 periodi, mentre in Germania, Svizzera e Austria il sistema a corrente alternata monofase a 15 kV e 16 e 2/3 Hz era comunemente usato. A causa di questo, anche se non solo per questo, la nostra industria nazionale si era trovata in una situazione di scarsa competitività di fronte alle industrie francesi, inglesi, belghe e tedesche sui mercati internazionali, che avrebbero dovuto contribuire a compensare l'andamento ciclico delle commesse nazionali.

Prese così corpo l'idea di elettrificare la dorsale sarda adottando il 25 kV monofase a corrente alternata a 50 Hz (legge 17/81).

Con oltre 10 anni di ritardo, nel 1983, quando in Francia entrava in esercizio la prima linea ad alta velocità fra Parigi e Lione, fu deciso di affidare ad un consorzio (consorzio TEAM) formato da alcune società di costruzioni civili, dalla SAE Sadelmi, SASIB, SIRTU, WABCO Westinghouse, Keller Meccanica, Ansaldo e Fiat Ferroviaria, la realizzazione del progetto e la fornitura di 25 locomotive (19 E 491 per servizio merci e 6 E 492 per il servizio passeggeri). La progettazione e realizzazione delle locomotive fu affidata all'Ansaldo trasporti ed alla Fiat ferroviaria che consegnarono le 25 locomotive fra l'inizio del 1989 e la primavera del 1990, quando ormai era purtroppo chiaro che la realizzazione dell'elettrificazione non si sarebbe mai fatta. Dopo vari infruttuosi tentativi di vendere queste locomotive a reti straniere, esse giacciono inutilizzate in alcuni depositi delle Ferrovie dello Stato. Questa è una delle pagine più tristi sia per le



Fig. 6 - La locomotiva E 491

nostre ferrovie che per parte della nostra industria. Le Ferrovie che avevano “subito” il Progetto dal contesto politico-industriale non mostrarono mai alcun entusiasmo per la sua realizzazione e consentirono che esso andasse spegnendosi per problemi tecnici (l’asserita incompatibilità della linea aerea a 25 kV con i circuiti di binario del segnalamento - ma questo problema era evidentemente nelle responsabilità del Consorzio ed inoltre certamente risolvibile visto l’eccellente funzionamento di linee simili in altre parti d’Europa), ambientali (la costante pervicace opposizione alla localizzazione delle sottostazioni) e soprattutto il mutato quadro politico.

#### *L’Alta velocità ed il rinnovamento tecnologico*

L’utilizzazione del 25 kV monofase a 50 Hz per l’elettrificazione delle linee

ferroviarie doveva avere maggior fortuna con la realizzazione del progetto dell’alta velocità Torino-Milano-Venezia-Bologna-Firenze-Roma-Napoli iniziato nei primi anni ’90 e oggi in via di completamento per il percorso Torino-Milano-Napoli.

Sebbene fosse ormai ben noto che il sistema di elettrificazione a corrente continua 3000 v, presentasse delle notevoli limitazioni, se impiegato per treni ad alta velocità ed alta frequenza (l’alta velocità per rispondere a principi di economicità ed efficienza, deve essere accompagnata da un’alta frequenza dei treni), il progetto originale della rete ad alta velocità italiana nasce con un’elettrificazione a 3000 v in corrente continua. Infatti i primi 25 treni ad alta velocità (ETR 500) ordinato nel 1991 son a 3000 v corrente continua.

Nel 1992 la direzione Tecnologie e Sviluppo di sistema delle Ferrovie dello Stato, cui spettava la responsabilità della nuova impostazione del progetto Alta Velocità, indirizzò un memorandum al vertice dell’Ente, nel quale si raccomandava, per l’elettrificazione delle nuove linee ad Alta Velocità, l’adozione dell’alimentazione a 25 kV monofase a 50 Hz. La raccomandazione fu accettata.

Si trattò di una decisione molto sofferta che fu all’origine di molte polemiche e critiche accese. L’adozione di un sistema di elettrificazione diverso da quello adottato per il resto della rete si prestava a dare forza a quanti, ed allora erano in molti, vedevano nell’alta velocità ferroviaria un’impresa destinata a favorire solo una ristretta élite di utenti

creando una sorta di ferrovia di primo livello rispetto al resto della rete. Ma non mancarono anche critiche che si fondavano su considerazioni tecniche del tutto rispettabili, sul fatto per esempio che sarebbe andata dispersa un'esperienza unica e prevalentemente nazionale, di utilizzo della corrente continua per la trazione pesante, oppure sul fatto che l'adozione della corrente alternata monofase avrebbe posto l'industria nazionale in posizione di minor competitività rispetto alle grandi industrie europee.

Alcuni allora puntavano sullo sviluppo di una tecnologia che adottasse corrente continua a 12 kV, per sopperire alle note difficoltà create dalla necessaria vicinanza delle sottostazioni che il 3 kV richiedeva e dalle difficoltà di captazione alle alte velocità presentate da tale sistema.

Era un'idea affascinante, ma avrebbe richiesto costi e tempi di ricerca e sviluppo non compatibili con la realizzazione del progetto quale era allora prevista. Infine la critica che si basava sul fatto che, per forza di cose, tutto il materiale di trazione che avrebbe circolato sulla rete ad alta velocità avrebbe dovuto essere bi-corrente si infrangeva sulla considerazione che, grazie agli sviluppi dell'elettronica di potenza, il maggior costo delle locomotive bi-corrente (circa il 10%) era assai inferiore del minor costo dell'elettificazione a 25 kV corrente alternata.

L'Italia non fu peraltro la prima nazione a dover affrontare la scelta del sistema di elettificazione delle linee ad alta velocità adottando una tecnologia

diversa da quella maggiormente diffusa nella rete nazionale.

La Spagna per esempio, che aveva inaugurato nel 1992 la linea ad alta velocità Madrid Siviglia (471 km costruiti a tempo di record in poco più di quattro anni) aveva non soltanto adottato l'elettificazione a 25 kV corrente alternata (come in Italia, il resto della rete è elettrificato a 3 kV corrente continua) ma, cosa che aveva richiesto una ben maggiore determinazione, aveva scelto per le nuove linee ad alta velocità lo scartamento europeo standard di 1475 mm.

Analoga soluzione era stata adottata in Belgio. La decisione era stata comunque nella giusta direzione anche per un'altra ragione: la Direttiva 96/48 della Commissione europea per *"l'interoperabilità della rete trans-europea ad alta velocità"*.

La direttiva entra in vigore il 23 luglio del 1996, essa ha per scopo, fra l'altro, di fissare le specifiche tecniche di interoperabilità (STI) che dovranno essere applicate ai sistemi e sottosistemi che compongono la rete europea ad alta velocità.

Per ciascun sottosistema (infrastruttura, energia, segnalamento e controllo, materiale rotabile) vengono identificati i parametri base ai quali le specifiche tecniche di interoperabilità debbono riferirsi, fra queste il voltaggio delle linee di contatto.

Le STI sono state elaborate, con molta fatica da un organismo comune al quale partecipavano sia le ferrovie europee che le industrie, ed approvate soltanto nel 2002.

Senza entrare nel dettaglio di una sofferta trattativa che ha visto prevalere il peso delle grandi industrie francesi e tedesche e delle due società ferroviarie di quei Paesi, occorre ricordare che per quanto riguarda la tensione delle linee di contatto si prevedono, salvo alcune eccezioni per progetti la cui realizzazione sia particolarmente avanzata, solo due sistemi, uno a 25 kV CA a 50Hz, l'altro a 15 kV CA a 16 e 2/3 Hz.

Sarebbe troppo ottimistico affermare che si chiuda qui la storia tormentata dell'elettificazione della rete ferroviaria italiana? Probabilmente sì.

Sono in programma nuove linee di collegamento internazionale, come la nuova Genova-Novara, che sostituirà la vecchia linea dei Giovi e rappresenterà il tratto italiano del corridoio europeo Genova-Rotterdam, e di cui, inspiegabilmente è prevista l'elettificazione a 3000 v a corrente continua, la tratta ad alta velocità Padova-Venezia è stata realizzata in corrente continua, così come rimane in corrente continua la direttissima Roma-Firenze.

È difficile per l'industria italiana orientarsi in un quadro così incerto. Ma forse è ormai troppo tardi. I grandi protagonisti industriali sono ormai ridotti, a livello mondiale, a tre o quattro. Alcune componenti rilevanti, dal punto di vista tecnologico, dell'industria italiana, sono ormai state assorbite da questi gruppi e quelle che ancora conservano una connotazione nazionale, non sono in grado di competere (fatta eccezione per il segnalamento e controllo della circolazione) sia per dimensioni che per pro-

dotti sviluppati. Anche per queste ultime è quindi prevedibile l'assorbimento da parte dei grandi gruppi internazionali.

### Bibliografia

Erminio Mascherpa, *Locomotive di sogno*, Nicolodi editore 2005

Valerio Castronovo, *La nascita delle ferrovie dello Stato*, Leonardo international 2005

Piero Berengo Gardin, *Ferrovie Italiane*, Ente ferrovie dello Stato 1988

A.A.Vv., *L'elettificazione delle Ferrovie dello Stato*, Ferrovie dello Stato 1961

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti-Piano Generale dei Trasporti 2001

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti-Conto Nazionale dei Trasporti 2004

Marco Doria, *ANSALDO l'impresa e lo stato*, Franco Angeli 1989

Michele Nones, *Dalla San Giorgio alla Elsag (1905-1969)*, Franco Angeli 1990

A cura di Giorgio Mori, *Storia dell'Ansaldo (1881-1902)*, Editori Laterza 1995

A cura di Peter Hertner, *Storia dell'Ansaldo (1903-1914)*, Editori Laterza 1996

A cura di Valerio Castronovo, *Storia dell'Ansaldo (1853-1882)*, Editori Laterza 1994

Incontri CESIT, atti del Convegno "lo sviluppo dell'industria italiana delle costruzioni ferroviarie", 1984

Incontri CESIT - Gli impianti tecnologici al servizio dell'alta velocità - 1992

Incontri CESIT - Organisation and regulation of European Railways, 1999

CESIT - La struttura dell'industria ferroviaria italiana, Franco Angeli Editore, 1984

CESIT - Le sfide dell'Industria feretrotranviaria italiana, a cura di Riccardo Mercurio e Paolo de Vita, libri "il Sole 24 ORE", 1996

European Railway Legislation Handbook, Eurailpress, Amburgo, 2004

Trasformazione a Corrente Continua del sistema di elettrificazione trifase delle

linee fra Alessandria, Voghera, Ronco e Busalla, Ferrovie dello Stato 1962

Francesco Donati, *Alcune considerazioni sulla elettrificazione delle Ferrovie dello Stato in Italia*, Istituto poligrafico dello Stato, 1931

CIFI - Storia e Tecnica ferroviaria - 100 anni di Ferrovie dello Stato, 2007

Stefano Maggi, *Le ferrovie*, il Mulino 2003

Francesco Perticaroli, *Sistemi elettrici per i trasporti*, Trazione elettrica, Casa Editrice Ambrosiana, 2000

<sup>1</sup> Citazione tratta al volume *Le Ferrovie*, di Stefano Maggi – Società editrice il Mulino 2003

<sup>2</sup> Nikola Tesla, Smiljan (Croazia 1856) – New York (1943), sviluppò (indipendentemente da G. Ferraris un motore elettrico ad induzione. Il brevetto fu acquistato dalla Westinghouse che ne sviluppò le applicazioni industriali

<sup>3</sup> Immagine tratta dall'opera *L'elettrificazione delle ferrovie dello stato* – Autori vari – Ferrovie dello Stato 1961

<sup>4</sup> La tabella è tratta da una comunicazione dell'ing. Francesco Donati delle FS al II Congresso Nazionale degli Ingegneri Italiani – Roma 1931

