

# Problemi tecnici delle nuove linee ferroviarie veloci

Francesco Perticaroli

DOCENTE DI SISTEMI ELETTRICI PER I TRASPORTI PRESSO IL POLITECNICO DI MILANO - PRESIDENTE DELLA METROPOLITANA MILANESE S.P.A.

Il dibattito sulla realizzazione in Italia di nuove linee ferroviarie ad alta velocità (AV) rimette in discussione scelte che sembravano fino a poco tempo fa acquisite.

Si avanzano critiche a livello locale per ragioni varie e si chiedono modifiche dei progetti non facili ed in ogni caso costose: alcuni ritengono che i danni dell'inserimento delle nuove infrastrutture non siano convenientemente bilanciati dai vantaggi apportati al sistema di mobilità. Si corre così il rischio di bloccare l'avvio di opere di pubblica utilità che tutti riteniamo indispensabili e urgenti per lo sviluppo del Paese.

Il pericolo non è soltanto quello di danneggiare i traffici interni, ma di isolarci rispetto l'Europa: è chiaro infatti che se non si provvedesse ad adeguare le prestazioni delle infrastrutture ferroviarie nell'intero corridoio padano, da Torino e Milano fino a Venezia e Trieste, potremmo essere "saltati" dai traffici diretti verso l'est, che troverebbe come alternativa più conveniente quella a nord delle Alpi.

Ciò detto, sul piano tecnico va comunque sottolineata la necessità di meditare profondamente sui criteri di progettazione di opere di così grande rilevanza.

In particolare, i progetti debbono tenere presente la situazione italiana, che sotto molti aspetti differisce da quella di altri Paesi, anche a noi vicini. Una forte urbanizzazione caratterizza per esempio la Padania, dove si susseguono a distanze relativamente limitate numerose importanti città<sup>1</sup>.

Questo assetto territoriale è ben diverso da quello francese, che vede una metropoli di grandissime dimensioni dominare una vasta regione circostante poco densamente abitata. L'Italia si trova in situazioni simili a quelle della Germania, anche per le caratteristiche morfologiche del terreno: i modelli delle nuove infrastrutture sono quindi fortemente condizionati, più che dalle tratte in piena campagna, dai numerosi nodi, dai vincoli urbanistici e dagli ostacoli naturali.

*La realizzazione in Italia di linee ferroviarie ad alta velocità è oggi divenuta indispensabile e più che mai urgente per evitare che il nostro Paese venga tagliato fuori dai grandi flussi di merci movimentati in Europa. È necessario, quindi, cercare di risolvere al più presto alcuni problemi tecnici relativi alla progettazione dell'AV, ossia, ad esempio, quello dei tracciati, quello della velocità dei treni ed infine quello del sistema di alimentazione elettrica. In particolar modo, è fondamentale riuscire ad individuare le soluzioni che meglio riescono ad adattarsi alle particolarità del contesto italiano.*

## Alta velocità ferroviaria

All'origine di un progetto di AV o di quadruplicamento veloce esiste normalmente una situazione di saturazione lungo direttrici "forti", che spesso diventano vere e proprie strozzature della rete ferroviaria nazionale. È riconosciuto che una normale linea a doppio binario perfettamente attrezzata possa sopportare al massimo una circolazione di 220 - 230 treni/giorno, anche a causa della loro disomogeneità. L'alta velocità, cioè oltre 200 km/h, rappresenta un modo nuovo di soddisfare questa domanda "forte", assicurando elevata qualità e costi d'esercizio accettabili, tali da garantire l'equilibrio economico.

Essa è nata 30 anni fa in Giappone con la linea del Tokaido, aperta all'esercizio nel 1964, ed ha visto la sua prima realizzazione europea nella Direttissima Roma - Firenze, con il tratto Settebagni - Città della Pieve inaugurato nel 1977. Successivamente è stata introdotta in Francia (1981), Germania (1991), Spagna (1992).

La velocità d'esercizio è salita a 250 km/h e si pensa di andare oltre. Naturalmente si richiede un tracciato con curve molto ampie ed idonee qualità dell'armamento, delle infrastrutture, del segnalamento, del sistema d'alimentazione elettrica e del materiale rotabile.

Le "filosofie" secondo le quali l'AV può essere realizzata sono notoriamente diverse.

Una prima categoria è quella dei sistemi cosiddetti chiusi del Giappone e della Francia, adibiti esclusivamente al traffico viaggiatori specializzato e da questo saturi.

In Francia sulle linee AV circolano esclusivamente gli elettrotreni TGV, che possono "uscire" e percorrere anche linee normali, ovviamente a velocità ridotta. È importante osservare che la "filosofia" francese ha finora limitato rigorosamente a 17t la massa massima per asse consentita sulle linee AV, escludendo quindi la circolazione di treni viaggiatori normali e, a maggior ragione, di treni merci.

Quando il volume del traffico viaggiatori a lunga distanza, pur significativo, non è da solo sufficiente a giustificare la costruzione di nuove linee AV, queste debbono essere utilizzate anche per il normale traffico viaggiatori e merci. Si ha allora un sistema aperto, che

deve essere *interconnesso* in numerosi punti con la rete esistente. Dal punto di vista tecnico, esso presenta maggiori difficoltà, a causa delle sollecitazioni indotte sul binario dal materiale rotabile non specializzato (locomotive, carrozze, carri merci) e dei maggiori carichi per asse. L'esperienza ha dimostrato che queste difficoltà sono superabili, grazie ai progressi compiuti nel campo delle infrastrutture, e che gli oneri di manutenzione sono del tutto accettabili.

I sistemi aperti sono vantaggiosi quando lungo il percorso sono distribuite numerose città di media e grande, ma non grandissima dimensione; consistenti volumi di traffico da esse generati possono utilizzare le nuove linee AV, anche per *tratti limitati*.

Esempi di linee "aperte" sono la Roma - Firenze ed il sistema AV tedesco. Non vi è dubbio che questo modello sia il più adatto per il nostro Paese, perché favorisce attraverso le interconnessioni anche gli spostamenti su distanze relativamente limitate (fino a 100 km).

La classificazione non è da intendersi, comunque, in modo rigido: dove il traffico è più intenso, le nuove linee "aperte" potranno essere dedicate al solo traffico viaggiatori di tipo misto (elettotreni AV e convogli normali), consentendo maggiori pendenze e la conseguente riduzione dei costi di costruzione. Negli altri casi sarà presente anche il traffico merci qualificato<sup>2</sup>, in fasce orarie espressamente dedicate.

### I tracciati e le velocità'

Mentre sull'impostazione generale del sistema non sembrano esistere dubbi, si continua a discutere su alcune soluzioni tecniche particolari: innanzi tutto sui *tracciati*.

In linea di principio il potenziamento di una linea satura può essere ottenuto passando da due a quattro binari sia con il semplice affiancamento, sia progettando per la nuova coppia di binari un tracciato completamente separato.

Il *quadruplicamento in sede* risolve il problema della *capacità*, anche perché si possono specializzare le due coppie di binari (traffico veloce/traffico lento); non sempre esso può però migliorare la qualità del servizio, per il permanere dei vincoli dovuti alla presenza delle esistenti stazioni, ai numerosi deviatori ed incroci e, anche nelle linee di pianura, alla presenza di curve obbligate che impongono riduzioni di velocità. È da tenere presente che il tracciato delle nostre linee attuali consente solo in tratte di lunghezza limitata velocità massime di 180 - 200 km/h.

Appare quindi evidente il vantaggio del *tracciato separato*, ove esso sia possibile: si compie così un vero e proprio salto di qualità.

Come in ogni opera di ingegneria, occorre esaminare le diverse situazioni e caso per caso individuare la soluzione più razionale e conveniente, da tutti i punti di vista.

Altro punto di discussione è lo *standard di velocità* dei nuovi tratti, che è stato fissato in 300 km/h (salvo la Bologna - Firenze a 250 km/h).

Esso richiede un raggio minimo delle curve di oltre 5000 m, tanto più che la sopraelevazione non può superare i 105 mm. Nulla vi è da obiettare sull'opportunità di attenersi a questo standard, adottato anche all'estero, dove esso non comporti soluzioni tecniche eccessivamente onerose, soprattutto dal punto di vista dell'impatto ambientale. Ma l'assetto del nostro territorio e le distanze in gioco possono giustificare in casi particolari qualche sacrificio: velocità limite minori, di 120 - 250 km/h, possono semplificare i problemi di tracciato più spinosi, senza provocare aumenti dei tempi di percorrenza dei treni AV tali da compromettere l'attrattività del sistema. La limitazione della velocità massima consente, tra l'altro, di ridurre sensibilmente le potenze assorbite ed i consumi d'energia.

### Sistemi di alimentazione

Vi è poi il problema del *sistema di alimentazione* elettrica delle nuove linee.

Ad eccezione della nostra Roma - Firenze, elettrificata a 3 kV c.c., tutti i sistemi ad AV sono oggi alimentati a corrente alternata monofase, a 25 kV - 50/60 Hz (Giappone, Francia, Spagna) oppure a 15 kV - 16,7 Hz (Germania). Con la corrente alternata ad alta tensione si limitano a centinaia di ampère le correnti assorbite dalla linea di contatto, anche con potenze dell'ordine di 12 - 18 MW/treno, e si ottiene un accoppiamento pantografo/catenaria soddisfacente. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, d'importanza fondamentale per l'esercizio ad AV, l'esperienza ha dimostrato che solo con l'alta tensione può essere risolto il problema della captazione a velocità maggiori di 270 - 280 km/h.

Appare quindi obbligata la scelta italiana per l'AV del *sistema a 25 kV - 50 Hz*, che verrà realizzato secondo la nota soluzione a 2 x 25 kV; questo sistema crea tuttavia nel contesto italiano le seguenti ripercussioni:

- la corrente alternata delle linee AV deve coesistere con la corrente continua a 3 kV della rete esistente;
- i punti d'interconnessione fra i due tipi di elettrificazione sono numerosi ed interessano sia il traffico AV che quello lento, viaggiatori e merci. Ciò è legato al principio stesso del sistema, aperto ed interconnesso;
- un tratto importante della dorsale nord-sud, la Roma - Firenze, è già a 3 kV c.c.;
- tutto il materiale rotabile ad AV ed un numero cospicuo di altri mezzi di trazione dev'essere ad alimentazione bicorrente, cioè a 3 kV c.c. e a 25 kV - 50 Hz, con indubbi aumenti di costo, massa ed oneri d'esercizio;
- la corrente alternata monofase comporta particolari problemi di compatibilità elettromagnetica.

Il doppio sistema di trazione elettrica non è una particolarità italiana, poiché è e sarà presente altrove: in primo luogo in Francia (1,5 kV c.c. e 25 kV - 50 Hz) e in

Spagna (3 kV c.c. e 25 kV - 50 Hz). Solo la Germania ha il vantaggio del sistema unico.

Va d'altra parte osservato che, nonostante gli sforzi di unificazione in atto in sede europea, non saranno verosimilmente cancellati i seguenti sistemi di trazione elettrica attualmente impiegati:

- corrente continua a 1,5 kV in una parte della Francia e in Olanda;
- corrente continua a 3 kV in Italia, Spagna, Belgio e paesi dell'Est;
- corrente alternata monofase a 15 kV - 16,7 Hz in Svizzera, Austria, Germania, Svezia, Norvegia.

Non si prevede cioè che queste reti vengano trasformate a corrente alternata a 25 kV - 50 Hz, sistema oggi impiegato in una parte della Francia, nel Regno Unito (a nord di Londra), in Spagna (Madrid - Siviglia) e nei paesi dell'Est<sup>3</sup>. Sarà quindi inevitabile continuare ad impiegare in Europa mezzi di trazione cosiddetti *politemensione o policorrente*, cioè alimentabili con due o più sistemi, diversi per il valore della tensione nominale e/o della frequenza. Numerose sono state, nel corso degli ultimi trent'anni, le realizzazioni di locomotive del genere, facilitate progressivamente dall'introduzione e dall'evoluzione dell'elettronica di potenza.

Tipica, al riguardo, è la situazione della rete SNCF francese, elettrificata per circa 6000 km a corrente continua a 1500 V e per circa 7000 km a corrente alternata monofase a 25 kV - 50 Hz: tutti i più moderni mezzi di trazione SNCF, compresi i TGV, sono bicorrenti.

Nella nostra posizione geografica le interconnessioni riguardano oggi principalmente il sistema a 15 kV - 16,7 Hz, che interessa i transiti da Domodossola a Tarvisio; la rete FS confina con il sistema a 25 kV - 50 Hz soltanto a Ventimiglia, in attesa della nuova transalpina Lione - Torino. Il transito di Modane è a 1500 V c.c., quello di Villa Opicina a 3 kV.

La stazione di Ventimiglia è elettrificata alla tensione di 1500 V c.c., compatibile sia con le locomotive SNCF bicorrenti, sia con quelle FS a 3000 V, che nella situazione d'esercizio attuale possono funzionare a potenza ridotta, qui e a Modane. Per gli altri transiti internazionali sarebbero per ora necessari mezzi bicorrenti a 3 kV c.c. - 15 kV - 16,7 Hz; in futuro, una volta introdotto il sistema a corrente alternata a 25 kV - 50 Hz per l'AV, la nostra rete sarà interessata a tre sistemi: 3 kV c.c. / 15 kV - 16,7 Hz / 25 kV - 50 Hz.

L'Italia, dal punto di vista dell'elettrificazione nazionale, presenta alcune particolarità che renderanno la doppia alimentazione più onerosa che altrove; infatti:

- essa viene applicata ad un sistema di AV aperto che, come accennato, presenta numerose interconnessioni;
- negli altri paesi ad elettrificazione mista gli elettrotreni AV debbono sviluppare la potenza nominale solo nel funzionamento a 25 kV - 50 Hz, in quanto i tratti alimentati a corrente continua sono percorsi a velocità più bassa. In Italia la presenza della Roma - Firenze richiede che i mezzi di trazione sviluppino la piena potenza sia in corrente alternata che in corrente continua.

### Conclusioni

Dalle considerazioni ora svolte deriva l'opportunità di considerare con spirito realistico e grande flessibilità le soluzioni in funzione dello specifico contesto italiano, senza che ciò debba portare a stravolgere l'impostazione generale del progetto AV.

Varrebbe la pena, in particolare, di valutare se non convenisse limitare in determinate sezioni la velocità limite, per le ragioni di tracciato già accennate. Dove la velocità non superasse i 230 - 250 km/h, nulla vieterebbe di mantenere l'elettrificazione a 3 kV c.c., per semplificare gli impianti e ridurre i costi; ciò varrebbe, a maggior ragione, nei casi di affiancamento dei binari nuovi a quelli esistenti.

Occorre in ogni caso tenere nella massima considerazione i problemi dell'esercizio e la convenienza di utilizzare le nuove infrastrutture per il traffico merci e per quello viaggiatori a media distanza, sfruttando appieno il concetto di rete interconnessa.

### NOTE

<sup>1</sup> Osserviamo che sulla Milano - Venezia Mestre (258 km, lungo la linea esistente) le distanze interpole sono: Milano - Brescia 83 km; Brescia - Verona 65 km; Verona - Vicenza 52 km; Vicenza - Padova 30 km; Padova - Mestre 28 km e sulla Milano - Torino P.S. (146 km attualmente): Milano - Novara 52 km; Novara - Vercelli 22 km; Vercelli - Torino P.S. 73 km.

<sup>2</sup> In Germania sono stati messi in servizio treni merci speciali a 160 km/h, però con limite del carico per asse e carri espressamente adattati (per esempio, con freni a dischi, anziché a ceppi). Gli altri treni merci viaggiano alle velocità normali, cioè fino a 120 km/h.

<sup>3</sup> Il Regno Unito manterrà per qualche tempo anche l'elettrificazione a 750 V c.c. con terza rotaia delle linee a sud di Londra, compresa quella oggi percorsa a 160 km/h dagli elettrotreni "Eurostar" Parigi - Londra, in attesa della realizzazione in suolo britannico di un nuovo collegamento AV con la galleria sotto la Manica.