

G 94

# DELLE FERROVIE

INTERAMENTE METALLICHE

---

DISSERTAZIONE

PRESENTATA ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

della Regia Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri

IN TORINO

DA

DEL CHICCA CESARE

DI SPEZIA

PER OTTENERE IL DIPLOMA DI LAUREA

DI

INGEGNERE CIVILE

---

TORINO

TIPOGRAFIA FODRATTI, VIA GAUDENZIO FERRARI, 3.

1873.



AI MIEI CARI GENITORI

TENUE PEGNO

DI AFFETTO E DI RICONOSCENZA



---

# DELLE FERROVIE

INTERAMENTE METALLICHE

---

Senza dubbio, fra i vari sistemi d'armamento ferroviario, quello che presenta maggior vantaggi è quello a traverse in legno, sistema che finora è generalmente prescritto. Infatti una via a traverse in legno è elastica, dolce al movimento, facile a mantenere e a riparare, ma a fronte di tanti vantaggi si presenta una forte questione, ed è la manutenzione delle traverse che è uno degli oneri più gravi per le società ferroviarie.

Ad ogni chilometro di strada ferrata sono 100 metri cubici di legname; la massima durata delle traverse noi sappiamo essere di 15 anni, la media pei nostri climi per le traverse in quercia di 10 anni, e per quelle iniettate di 8 ed anche meno.

Si scorge facilmente che coll'alto prezzo sui legnami al giorno d'oggi, e nello stato attuale dei boschi, come sia

molto grave per le amministrazioni ferroviarie la spesa del rinnovamento delle traverse, e molti tentativi si fecero fin dal principio per liberarsi di un elemento così costoso. Inoltre se era già grave la manutenzione delle ferrovie in Europa, ove il clima non è tanto sfavorevole alla conservazione dei legnami, diveniva maggiormente intollerabile quando si dovessero costruire le ferrovie nei climi tropicali, come l'India, l'Egitto ecc. Nell'India per ovviare a simili inconvenienti si fecero traverse coll'albero della gomma, col legno ferro, e nessuno di questi rimedi fu efficace; si ricorse a trasportarvi dall'Inghilterra le traverse d'abete imbevute di creosoto, ma anche queste sebbene di maggior durata, pure non presentavano ancora le qualità richieste per avere un armamento sicuro ed economico.

Era quindi naturale che gli ingegneri ferroviari si occupassero di ricercare il mezzo di togliere dalla via un elemento di così poca durata, e studiassero di sostituirne un altro che fosse più durevole, senza però che le condizioni di elasticità e stabilità dell'armamento fossero peggiorate.

Le strade a guide metalliche, che prima dell'applicazione del vapore alla locomozione, si costruivano in Inghilterra a servizio delle miniere, erano per la maggior parte armate o con dadi in pietra, oppure anche con una lungherina in legno, ricoperta da una lastra di ferro; ma coll'invenzione della locomotiva e il rapido svilupparsi delle reti ferroviarie, e conseguentemente col progressivo aumento del peso della macchina e della velocità, questi sistemi si mostrarono inferiori alla loro missione.

Sino dal 1844 nel Belgio venne nominata una Commissione appositamente per fare delle esperienze in traverse in ghisa od in ferro da sostituirsi a quelle ordinarie in legno. Nel 1846 si esperimentarono in molte ferrovie francesi, i cuscinetti a larga base di Henry, ma che furono ben presto abbandonati per la loro fragilità ed instabilità. — Greave nel 1847 propose le sue campane in ghisa, e Barlow nel 1849

fece conoscere la rotaia che porta il suo nome e che secondo l'inventore poteva bastare disposta semplicemente nella ghiaia, ed offrire un comodo appoggio ai convogli, ma però vennero tutti abbandonati ben presto, sì per la difficoltà della fabbricazione, come per i difetti inerenti alla loro forma.

Si fu nel 1863 che l'Associazione tecnica di tutte le ferrovie tedesche, diede il maggior impulso a tali studi, collo scopo di addivenire ad un risultato utile e sicuro proponeva a tutte le amministrazioni ferroviarie le seguenti questioni:

1° Se conveniva fare delle esperienze con vie interamente metalliche.

2° Se tali vie potevano soddisfare a tutte le condizioni di stabilità, dolcezza al movimento, elasticità ed economia richieste dall'esercizio delle strade ferrate.

3° Quale di tutti i sistemi proposti sino a quell'epoca poteva essere in caso affermativo, raccomandato in modo particolare.

La grande maggioranza delle amministrazioni ferroviarie germaniche rispose affermativamente alle prime due questioni, ma in quanto alla terza si rispose in modi diversi, per cui l'assemblea raccomandò di sperimentare i vari tipi di vie metalliche, che sembravano meglio realizzare le quattro condizioni seguenti:

1° Eliminare il legno dalla via.

2° Rendere la rotaia continua il più che è possibile.

3° Sostenerla per tutta la sua lunghezza.

4° Dividerne il corpo in varie parti in modo da rendere un minimo il peso di quella porzione che bisogna cangiare quando il fungo è usato.

Contemporaneamente in Francia si fecero molte prove colle traverse metalliche, e il risultato fu così soddisfacente che si applicarono su larga scala in Algeria, e se ne fece un esperimento anche da noi.

I principali sistemi di via interamente metallici proposti, adottati o sperimentati si possono dividere nelle seguenti quattro grandi classi, ch'io verrò esaminando, e fermandomi specialmente su quelli che diedero migliori risultati:

- 1° Vie a sostegni isolati rilegati da tiranti in ferro.
  - 2° Vie a sostegni longitudinali continui.
  - 3° Vie a traverse metalliche.
  - 4° Vie costituite da sole rotaie disposte nel ballast e rilegate da tiranti.
-

## VIE A SOSTEGNI ISOLATI.

---

**Sistema Henry.** — Il quale è conosciuto anche sotto il nome di cuscinetto a larga base; esso consiste in un largo piatto in ghisa rinforzato inferiormente da nervature e sul quale è fissato tutto d'un getto il cuscinetto della forma ordinaria. Questi piatti avevano la dimensione di m. 0,40 per 0,40 pei giunti delle rotaie e 0,40 per 0,30 pei giunti intermedi. Le nervature alla parte inferiore erano disposte a croce, aventi l'altezza di 75 millim. e della lunghezza di 200 millim.; inoltre i sostegni erano rilegati trasversalmente mediante tiranti in ferro. Ma questi sostegni vennero ben presto messi in disuso; perchè essendo molto leggeri ed avendo la base non troppo ampia, mancavano di stabilità, erano troppo flessibili e si rompevano con grande facilità.

**Sistema Greave.** — Molto più soddisfacente fu il risultato del sistema Greave sperimentato la prima volta nel 1847 in Inghilterra nella linea Lancashire-Yorkshire. — Questo sistema consisteva in campane di ghisa sulle quali si trovano dei cuscinetti analoghi a quelle delle vie ordinarie che servono a tenere le rotaie nella voluta distanza; le campane corrispondenti delle due rotaie erano poi riunite mediante tiranti. Le dimensioni generalmente adottate per queste campane, di cui se ne pongono 7 ad ogni rotaia di m. 6 sono: diametro della base 550 mm., altezza della campana 190 mm.; spessore delle pareti 13 mm.; peso circa 36 kg. —

Questo sistema, dietro il consiglio dell'ingegnere Roberto Stephenson, fu adottato nelle ferrovie Egiziane, ove rese e rende incontestabili servigi.

Le discussioni più profonde e le esperienze più estese, per procurarsi dati certi sul merito d'un tale armamento, ebbero luogo nelle ferrovie Indiane, onde cercare il mezzo migliore per abbandonare il disastroso armamento in legno; da tutti questi studi e dalle estesissime esperienze si può asserire che il sistema Greave può essere adottato con grande vantaggio per quelle ferrovie che posseggono un ballast fino e leggero, in paesi che non sieno soggetti a piogge dirotte e a venti temporaleschi; mentre tali sostegni si rompono molto facilmente, causano una troppo rapida deteriorazione delle rotaie, dove l'inghiaiamento non può farsi che con ciottoli grossi o pietra spaccata.

**Sistema Griffin.** — Alcuni anni sono l'ingegnere Griffin apportò tali perfezionamenti al sistema di Greave, che si può dire abbia evitati tutti gli inconvenienti e i difetti che vi si riscontravano. I sostegni di Griffin sono rettangolari e alla parte superiore portano un'incavatura opportuna per ricevere le rotaie, le quali vi sono tenute strette mediante due cunei *C* e *D* di legno; (vedi *fig. 1* che ne rappresenta una sezione). In questo sistema è da osservare che la rotaia non appoggia col fungo inferiore sul sostegno, come suole avvenire nei cuscinetti ordinari; cosicchè la parte inferiore della rotaia non si logora menomamente, e la rotaia può essere capovolta senza inconveniente alcuno. I tiranti *A* servono a collegare i sostegni delle due rotaie del binario, e sono fatti in modo da non potere essere levati senza togliere le rotaie; disposizione assai vantaggiosa, se si considera il pericolo che i tiranti possono essere facilmente esportati via.

Per le ferrovie a forte movimento questi sostegni sono lunghi 75 centimetri e larghi 45; per le linee invece nelle

quali nè la velocità, nè il movimento sono troppo notevoli si fanno lunghi 70 e larghi 40.

Il grande vantaggio che offre il sistema Griffin a fronte di quello di Greave, è la grande lunghezza degli appoggi. Supponiamo, come propone l'inventore, 5 sostegni ad ogni rotaia di 6 metri, veniamo a sostenere la rotaia per una lunghezza di m. 3,75, cioè per oltre la metà; mentre nel sistema delle traverse e cuscinetti ammettendone anche 7 per ogni rotaia, non si ha che un appoggio di m. 0,80, cioè meno di un quarto di quello che si ha nell'armamento Griffin.

È evidente che con questo sistema, che possiede un appoggio così esteso si possono adottare delle rotaie molto più leggiere, e mentre ordinariamente non si dà alle rotaie un peso minore di 30 a 36 kg., coll'armamento Griffin si può scendere fino ai 20 o 25 kg. per metro corrente. Malgrado la grande lunghezza degli appoggi ed il loro peso piuttosto rilevante il sistema Griffin, oltre ai vantaggi economici che offre, ha anche il merito rilevantissimo dell'economia, e merita a buon diritto il nome dato ad esso di armamento economico.

L'armamento Griffin è già applicato in quasi tutte le linee delle ferrovie della Repubblica Argentina, ove sostituisce con molto vantaggio le rotaie Barlow ch'erano già state adottate in molte linee, e su qualche ferrovia del Brasile, dell'Egitto, dell'India Orientale, della Spagna ecc.; anche in Inghilterra se ne fece qualche esperimento sulla ferrovia Great-Northern, in vicinanza di Londra, e nelle ferrovie Londra-South-Western, ed in entrambi questi tronchi di prova l'armamento si conserva perfettamente senza che le rotaie che sono più leggiere delle ordinarie diano segni d'una rapida deteriorazione.

Di varii altri sistemi resterebbe ancora a parlare, come quelli di Seaton, e di Richardson; i sostegni di Seaton hanno la forma di un mezzo cilindro cavo in ghisa che si dispone

orizzontalmente sotto le rotaie; l'armamento Richardson, applicato su un tronco della ferrovia Metropolitana di Londra, consiste in campane di ghisa a cellule che si riempiono di ballast; ma questi sistemi, sebbene molto ingegnosi, non sono molto stabili.

Dunque a parità di superficie di ripartizione della pressione è da preferirsi i sostegni di Griffin, che nello stesso tempo sostengono la rotaia per un tratto molto più lungo, che in quelle d'uso ordinario.

---

## VIA A SOSTEGNI LONGITUDINALI CONTINUI.

---

**Sistema Hilf.** — Fra tutti i sistemi che s'idearono di questi sostegni, quello che produsse maggiori vantaggi, è quello proposto da Hilf. Questo sistema come si vede rappresenta nella *fig. 2*, consiste in rotaie Vignoles comuni consolidate ai giunti con stecche potenti, rilegate ogni due metri da tiranti cilindrici *b* aventi un diametro di 25 mm. e dippiù questi sostegni sono muniti inferiormente di tre nervature che si incastrano nel ballast.

Le rotaie hanno la lunghezza ordinaria di 6 m.; la loro altezza è di 108 mm. e pesano 25 a 26 kg. per metro corrente, ciò che mena a dire un terzo circa delle rotaie ordinarie. Le lungarine hanno tutta la lunghezza di m. 5,87 e pesano 40 kg. per metro corrente. Il primo esperimento che fu fatto con questo sistema fu nel 1867 su un breve tronco di 450 m. di lunghezza nella stazione di Asmannshausen sulla ferrovia di Nassau. Sebbene questo tratto fosse in curve

di 348 a 600 m. di raggio, pure nè le viti, nè i chiodi si allentarono menomamente, ed il binario si mantiene ancora intatto.

In seguito a questo favorevole risultato, tale sistema viene sempre più applicato e messo in opera in diversi tronchi.

A questa classe di progetti d'armamento ferroviario appartengono anche tutti i sistemi germanici di rotaie in 3 pezzi, di cui si fecero tante applicazioni e la cui forma va soggetta ad incessanti modificazioni.

Sarebbe molto difficile il numerare tutti i diversi sistemi che furono proposti per un armamento a sostegni longitudinali continui; io accennerò soltanto ai principali e che sembrano più convenienti.

**Sistema Daelen.** — Il primo progetto d'armamento di questo genere è dovuto all'ingegnere Scheffler, esso venne costruito nelle officine di Hoerde dirette dall'ingegnere Daelen ed sperimentato sulle ferrovie di Brannschweig nel 1864.

Consiste quest'armamento, (*fig. 3*) in due ferri ad angoli *AA* che costituiscono la lungarina, essi abbracciano la testa di rotaia *B* e sono collegati mediante viti. Tanto le teste di rotaia che le lungarine hanno 6 metri di lunghezza; i giunti sono alternati, e quelli delle lungarine sono consolidati da piastre inferiori *C*. Dei tiranti di ferro alla distanza di m. 1,50 e ripiegati all'estremità servono a collegare le due rotaie del binario. Fino ad ora il risultato di tale sistema è dei più soddisfacenti e posto in punti di movimento molto rilevante ed anche in curve si conserva perfettamente, e la manutenzione necessaria per mantenere serrate le viti è poco apprezzabile.

Tale sistema è studiato collo scopo di rendere minima la porzione di rotaia soggetta all'usura e di facilitare il cambio di questo pezzo senza bisogno di cangiare tutto l'arma-

mento. I vantaggi che si ottengono con tale disposizione sono evidenti, e già molto tempo prima si era cercato di ottenerli colla costruzione delle rotaie in tre pezzi; la così detta rotaia continua (*continuos rail*) costrutta in America e rappresentata nella *fig. 4*, la quale però non diede tutti quei felici risultati che si aspettavano, per la troppo complicazione e per le difficoltà d'ottenere a buon prezzo dei pezzi che si combaciassero a dovere.

In tutti questi sistemi le chiavarde che servono a mantenere collegate le varie parti devono attraversare le due lungharine ed il gambo della testa di rotaia. La costruzione di queste varie parti deve essere quindi condotta con molta accuratezza, affinchè all'atto della posa non si riscontrino inconvenienti causati dalla non concordanza dei fori. — La testa di rotaia essendo poi sottoposta a considerevoli attriti, e quindi ad una rapidissima usura, può essere con molto vantaggio eseguita in acciaio; materiale che sebbene d'un prezzo un po' elevato, d'altra parte presenta il vantaggio di una maggiore durata. Con queste teste d'acciaio si verifica però una seria difficoltà nella esecuzione dei fori, che deve procedere con grande cautela in un materiale così duro e nello stesso tempo così fragile, come sappiamo essere l'acciaio.

---

## VIE A TRAVERSE METALLICHE

---

Era naturale che dopo l'esperienza di molti anni, per cui si era riconosciuta la superiorità delle traverse in legno a tutti gli altri sistemi progettati per sostituire con un altro elemento più durevole, era naturale che anche i cercatori di una riforma, cercassero di scostarsi il meno possibile da una forma di armamento che presentava cotanti vantaggi.

Abbiamo veduto come nel 1844 si cominciasse di già a studiare nel Belgio questa questione, onde stabilire se vi era convenienza a sostituire alle traverse in legno delle traverse in ghisa od in ferro. Questi studi però non diedero alcun risultato positivo, e di traverse metalliche non se ne parlò più sino al 1858 o 59, in cui l'ingegnere Le-Crenier le applicò per la prima volta sulle ferrovie portoghesi da Lisbona a Badajoz e da Lisbona ad Oporto.

Le condizioni principali cui devono soddisfare le traverse metalliche sono, per esprimerci colle parole dell'esimio ispettore delle ferrovie francesi sig. Couche:

- La loro proiezione orizzontale e le loro proiezioni verticali e parallela e normale all'asse devono ripartire su delle superficie abbastanza ampie di ballast, le pressioni verticali e gli sforzi orizzontali che tendono a spostare i sostegni, sia parallelamente che normalmente alle rotaie;
- devono inoltre essere abbastanza rigide e prestarsi ad un attacco molto solido delle rotaie, senza essere nello stesso tempo troppo pesanti e quindi troppo costose. »

**Sistema Vautherin.** — A queste condizioni soddisfano principalmente le traverse eseguite coi ferri Zorés ed esperimentate sulle ferrovie francesi Parigi-Lione-Mediterraneo e

dell'Est. Queste traverse che furono proposte dall'ingegnere Vautherin consistono in un ferro a sezione trapezia, a lato superiore piuttosto ampio, affinchè possano offrire un appoggio abbastanza esteso alle rotaie. Le cavità interne di questo ferro vengono riempite di ghiaia, il che fa sì che aumenti la stabilità e la solidità del sistema.

Queste traverse variano nei dettagli per l'applicazione delle varie linee; quelle della ferrovia Parigi-Lione-Mediterraneo hanno la lunghezza di m. 2,40; la larghezza inferiore di m. 0,26 e l'altezza variabile dai 59 a 66 mm. Esse si distinguono in traverse di giunto, traverse vicino ai giunti e traverse intermedie, le prime hanno la larghezza superiore di 130 mm. e le altre di 80 mm., pesando 54 kg. quelle di giunto, 40 kg. le seguenti e 39 le intermedie.

Queste specie di traverse (vedi *figure* 5, 6, 7.....) servono esclusivamente per rotaie a base piana; al disopra delle traverse nei punti d'appoggio delle rotaie si fissa, mediante due chiodi sulle traverse intermedie, e tre in quelle propriamente di giunto, una piastra in ferro *A*, che serve a dare l'inclinazione della rotaia e porta all'esterno un'appendice *a* sotto la quale viene ad incastrarsi il piede della rotaia. Nell'interno della piastrella invece si pratica un foro nella traversa nel quale passa il pezzo *p* detto dai francesi *prisonnier*, il quale è mantenuto a posto mediante la chivetta *b*. Al disotto della traversa di giunto si fissa il ferro ad angolo *f*, il quale fa sì che si oppone allo scorrimento longitudinale. Nelle *figure* 5, 6 e 7 sono rappresentate una sezione trasversale d'una traversa di giunto e due sezioni longitudinali di traverse di giunto e d'una intermedia. Le piastrelle di collegamento delle rotaie hanno la lunghezza di 250 mm. e la larghezza di 150 mm. per le traverse di giunto e di 80 per le intermedie. I giunti poi delle rotaie sono consolidati mediante stecche comuni che in generale sono munite di tre chivarde come quelle impiegate nelle ferrovie dell'Alta Italia.

Di queste traverse si fecero qualche applicazioni molto estese specialmente nell'Algeria, ed anche nelle ferrovie prussiane.

Molte altre forme di traverse metalliche furono proposte, che però o non soddisfano alle condizioni richieste o sono sperimentate da troppo poco tempo per poterne dire qualche cosa fondandosi su dati positivi.

Accennerò soltanto alle traverse a *T* proposte dall'ingegnere Steinmann addetto alle ferrovie austriache. Questi ferri sono molto comodi a fabbricarsi e si potrebbero avere anche a buon prezzo fabbricandoli con rotaie vecchie; ma hanno l'inconveniente di rendere necessarie delle dimensioni molto maggiori per ottenere la stabilità posseduta dagli altri sistemi, che formano quasi un tutto col nocciuolo di ballast di cui si riempiono. Le rotaie vengono collegate alle traverse coll'intermezzo d'una piastrella, mediante chiavarde a vite, onde raddolcire sempre più il movimento, l'inventore propone di frapporre fra la rotaia e la piastrella destinata a darle l'inclinazione una lastra di sostanza elastica, come caoutchouc, gutta-perca, canape, ecc.

Il peso di queste traverse Steinmann riesce ad ogni modo rilevante, perchè si possa sperare che esse abbiano a riuscire economiche a fronte delle traverse in legno, e a fronte delle traverse metalliche a ferri Zorés.

---

## VIE A SOLE ROTAIE DISPOSTE SUL BALLAST.

---

Adesso ci rimane a parlare dell'ultimo sistema di ferrovie interamente metalliche, sistema che se offre la maggiore difficoltà di riuscita, è quello che presenta le maggiori attrattive per la sua semplicità e costo minimo. Infatti potere costruire una ferrovia colle sole rotaie, senza aver bisogno nè di traverse, nè di longarine e di cuscinetti, cioè di tutte quelle parti che influiscono sensibilmente sulle spese d'impianto e di manutenzione, sarebbe raggiungere l'ultima meta d'un armamento economico. Ma qui si affacciano molte difficoltà, per potere con una semplice rotaia riunire tutte le condizioni che sono necessarie per ottenere l'esercizio d'una buona strada ferrata, le quali sono la robustezza, la ripartizione della pressione sopra una base piuttosto ampia, stabilità e dolcezza di movimento, veruna tendenza agli spostamenti trasversali e longitudinali, grande durata e costo relativamente lieve.

Finora due soli ingegneri si accinsero alla risoluzione di quest'arduo problema e furono gli ingegneri Barlow e Hartwich, i quali proposero ciascuno una sezione diversa di rotaia.

**Rotaia Barlow.** — Dare alla rotaia una base assai larga ed una rigidità assai grande, perchè non abbisognassero dei sostegni speciali, rilegare le due file semplicemente con delle verghe di ferro in modo che mantenessero la distanza e l'inclinazione voluta, nascondere il tutto nel ballast ad una profondità piuttosto grande perchè non si dovesse tener conto della dilatazione, tale è il programma che Barlow si era pro-

posto, e che sembrava dapprima avere perfettamente compiuto, dopo i felici successi dei primi esperimenti in Inghilterra.

La rotaia (vedi *fig. 8*) è costituita da una semplice lastra di ferro ripiegata a V che capovolta vien quasi sepolta completamente nel ballast. Queste rotaie hanno la lunghezza di 5 a 6 metri; i giunti sono consolidati da un'altra lastra di forma analoga a quella della rotaia e di lunghezza dai 60 a 70 centimetri, la lunghezza inferiore della rotaia è variabile dai 28 ai 33 centimetri.

Questa rotaia semplicissima fu accolta con moltissimo favore, e gli amministratori delle ferrovie del Mezzogiorno di Francia ne proposero l'adozione con molto entusiasmo. In poco tempo molte linee francesi erano state armate con rotaie Barlow; molte linee inglesi avevano fatto lo stesso e sembrava che la questione dell'armamento ferroviario avesse ricevuto la sua più soddisfacente soluzione.

Dopo soli 15 mesi queste rotaie erano completamente sparite dalla linea del Nord francese, e ben presto avvenne lo stesso su tutte le altre ferrovie francesi ed inglesi. Sulle sole ferrovie della Repubblica Argentina, ove i treni camminano con velocità assai lieve, ed ove le traverse in legno dovevano essere assolutamente escluse, si conservarono queste rotaie per lungo tempo, malgrado la loro rapida distruzione, ma attualmente anche su quelle ferrovie vengono sostituite dai sostegni Griffin già precedentemente da noi descritti.

Egli è probabile che la rotaia Barlow debba principalmente i suoi inconvenienti alla difficoltà di fabbricazione, che non permette di adottare per essa che dei ferri molli e duttili, assai poco adatti agli sforzi che devono venire sopportati dalle rotaie.

Il Couche ha proposto un nuovo sistema di fabbricazione col quale si potrebbero secondo lui applicare dei ferri più duri e resistenti, i quali fossero capaci di dare alla rotaia la necessaria durata. Egli adunque vorrebbe che si laminassero

le lastre piane dando ad esse uno spessore differente e poscia si piegassero per dare loro la forma di rotaia.

**Rotaia Hartwich.** — La rotaia Hartwich è fondata sopra un principio, che si allontana non solo da quello in cui è fondata la rotaia Barlow, ma ancora da tutti gli altri di cui abbiamo parlato. Mentre in tutti i sistemi che abbiamo accennato si è sempre cercato di ripartire la pressione su una base molto ampia di ghiaia e questa si otteneva allargando la base della rotaia e aumentando quella dei sostegni, Hartwich fu il primo che pensò e con molto giudizio di ottenere la maggiore resistenza delle rotaie coll'aumentarne l'altezza.

Ora noi sappiamo che la resistenza va aumentando col quadrato dell'altezza, e per conseguenza un piccolo aumento nel gambo sottile d'una rotaia sarà sufficiente a resistere al peso delle ruote delle locomotive. Hartwich scelse naturalmente la rotaia a base piana, la quale meglio si adatta sul ballast, e diede ad essa nella sua prima esperienza l'altezza di m. 0,288.

Queste esperienze vennero fatte nel 1865 sulle linee da Coblenz a Oberlahnstein e da Mechernich a Call e dimostrarono ampiamente l'esattezza delle previsioni di Hartwich non solo, ma dimostrarono come si potesse ancora diminuire l'altezza delle rotaie, senza che la rigidità di queste fosse pregiudicata. Perciò quando nel 1867 si procedette all'armamento di questo sistema su di un tronco di 18 chilom. fra Kempen e Kaldenkirchen si adottarono le rotaie dell'altezza di m. 0,235 come si vede nella *fig. 10*. Queste rotaie hanno la base di 124 mm., il fungo 59 mm. e l'asta 11 mm. La loro lunghezza è di m. 7,53 e sono rinforzate ai giunti mediante stecche robuste della lunghezza di m. 0,392 collegate da 8 chivarde a vite e mediante piastre di giunto inferiore della lunghezza di m. 0,484, e della larghezza di m. 0,222 come risulta chiaramente dalle *figure 10 e 11*.

Le due rotaie poi del binario sono collegate da tiranti in ferro alquanto ripiegati alle estremità, onde dare la voluta inclinazione alle rotaie e sono riunite ad esse mediante piastrelle e madreviti. Questi tiranti sono disposti alternativamente in alto e basso della rotaia a distanza variabile dai m. 0,70 agli 1,50 l'uno dall'altro secondo che il binario si trova in retta od in curva più o meno ristretta. Il peso di queste rotaie è di kg. 43,36 per metro corrente e la loro fabbricazione procede molto regolarmente senza che in essa si riscontri veruna delle difficoltà come nelle rotaie Barlow.

Con questo sistema abbiamo ancora un' economia molto forte di ghiaia, non essendo necessario di spargerla su tutta la piattaforma; basterà (vedi *fig. 11*) di scavare sotto alle rotaie delle fosse a forma trapezia che si riempiono di ghiaia piuttosto grossa, e che si mantengono asciutte praticandovi le necessarie fogne di scolo. Su questa ghiaia si dispone la rotaia Hartwich cercando che appoggi piuttosto bene e finalmente vi si sparge sopra uno strato di 20 centimetri circa di ballast più minuto per tutta l'intera piattaforma.

Nel 1868 si fecero estesissime applicazioni in Germania; la direzione delle ferrovie renane decise di applicarlo su un tronco di 45 chilometri circa da Neuss a Düren e la società della ferrovie da Köln a Minden si adottarono rotaie con la sola altezza di m. 0,21.

È in via di esperimento persino una rotaia di soli m. 0,157 d'altezza e del peso di 36 kg. nei binari di servizio delle stazioni delle ferrovie renane disposte semplicemente nel ballast senza sostegni di sorta e pei nuovi tronchi di queste ferrovie che si stanno armando col nuovo sistema si cerca di omettere anche le piastre di giunto, accontentandosi della consolidazione dei giunti prodotta dalle sole stecche.

---



## PARALLELO FRA I VARI SISTEMI

Ora verrò a fare un parallelo fra i diversi sistemi che abbiamo veduto, onde stabilire quelli che meritano la preferenza e che soddisfacendo più completamente a tutte quelle condizioni di stabilità, di dolcezza al movimento e soprattutto di durata e che si potrebbero con vantaggio mettere in opera anche da noi, o almeno essere messi in via d'esperimento.

I. *Sistema a sostegni isolati.* — E cominciando dai sistemi a sostegni isolati, vedemmo che quello di Griffin supera di molto tutti gli altri sì per la facilità di posa e per la grande lunghezza degli appoggi che permettono di diminuire il peso della rotaia, sì per la loro rilevante economia. Da una memoria presentata su questo sistema di ferrovia dall'ingegnere Muir alla società delle arti di Edimburgo risulta che tanto nel primo impianto che nella manutenzione tale armamento riesce molto più economico del sistema ordinario su traverse. Per l'Inghilterra egli trovò che mentre colle rotaie a doppio fungo simmetriche ordinarie del peso di kg. 40,65 al metro corrente fissate su cuscinetti il costo è di L. 27,986 al chilometro; quello dell'armamento Griffin a pari solidità con rotaie di soli chilogrammi 30,74 importerebbe soltanto una spesa di L. 24,182 con un'economia di L. 3,800 al chilometro. Anche nelle spese di manutenzione e di ammortizzazione egli constatò un'economia rilevante, avendo trovato per primo L. 3,280 all'anno e al chilometro e nel secondo invece L. 1,820.

Quantunque questi numeri siano stati calcolati per circostanze speciali e per un paese in cui i metalli sono rela-

tivamente ad un prezzo molto basso, possiamo asserire con sicurezza che se non uguali risultati, certamente un bel vantaggio si dovrebbe ottenere anche da noi, specialmente se si considerino le spese di manutenzione necessariamente dovute ad un armamento in traverse in legno. — Infatti l'ingegnere Sambuc in una memoria pubblicata sulle ferrovie metalliche negli annali dell'*Industria* del Lacroix, calcolò pel sistema Griffin un'economia di L. 2,250 al chilometro nella spesa di primo impianto ed una economia di L. 650 in quelle di manutenzione ed ammortizzazione. Agli stessi risultati economici sembra si pervenga col sistema di Richardson applicato sulla ferrovia metropolitana di Londra, ma le prove fatte datano da troppo poco tempo, e non sembra inoltre ch'esso possa godere rilevanti vantaggi a fronte del Griffin.

II. *Sistemi a sostegni longitudinali continui.* — Riesce un po' più difficile di dare un giudizio sul merito comparativo dei sistemi della seconda classe; certo che per la semplicità, facilità di fabbricazione e minor numero di pezzi diversi il sistema Hilf è forse il migliore; ma d'altra parte occorre impiegare per questo sistema una rotaia comune a base piana, la quale deve essere rinnovata appena si determina il deterioramento del fungo; il sistema Hilf sembra inoltre troppo basso, onde pare per esso necessario un peso piuttosto ragguardevole, che non può a meno di renderlo molto costoso. Dall'esame dei varii sistemi di questa seconda classe indipendentemente dal loro peso, appare evidentemente che fra tutti quelli in tre pezzi, quello di Daelen è preferibile per la facilità di costruzione e di posa; bisogna ancora che la pratica studiando meglio la questione arrivi a dare anche alla costruzione Daelen dimensioni minori o altezze maggiori allo scopo di ridurre il peso piuttosto rilevante del medesimo.

III. *Sistema a traverse metalliche.* — Fra i molti sistemi

di traverse descritte la scelta non può più essere dubbia; dal semplice esame di esse riescono evidenti i vantaggi che le traverse Vautherin hanno su tutte le altre.

Ora rimarrebbe a discutersi se è migliore la disposizione adottata dalle ferrovie del Mezzogiorno francesi colla quale l'inclinazione è data alla rotaia dalla piastra intermedia, o quella adottata dalle ferrovie dell'Est e del Nord che dà la inclinazione alla curvatura delle traverse, ma ad ogni modo questo non è che un dettaglio che la pratica giudicherà molto rapidamente. Ciò che è diggià pienamente dimostrato è la convenienza di adottare questo sistema anche dal lato economico.

Le traverse in ferro delle ferrovie francesi del Mezzogiorno costano L. 14 quelle di giunto e L. 10,50 quelle intermedie; in media quindi L. 11,08 ciascuna, supponendo ad ogni rotaia 6 traverse, alquanto più del doppio delle traverse ordinarie in legno, ma è facile di comprendere che la loro durata sarà molto maggiore del doppio e quindi l'economia sarà rilevantissima.

Il Goschler dimostra ampiamente nella sua bella opera sulla manutenzione delle ferrovie, che coi prezzi attuali, supponendo per le traverse in legno la durata di 10 anni, vi sarebbe equilibrio di spesa, quando quelle in ferro durassero soltanto 17 anni. — L'esperienza di questi pochi anni ha però dimostrato che le traverse in ferro non sono attaccate dalla ruggine, perchè protette dalle continue vibrazioni; per cui è certo che la loro durata sarà almeno di 30 anni e quindi il loro impiego sarà più economico di quello di tutte le traverse in legno, ammenochè si potessero avere delle traverse di quercia della migliore qualità per le quali si possa prevedere la durata di oltre 15 anni per sole lire 5 ciascuna.

Una difficoltà di dettaglio che si incontra nella applicazione di tutti questi sistemi sia di campane, che di lungarine o di traverse, nella quale però bisogna portare la mas-

sima attenzione, dipende dalla natura della ghiaia di cui si dispone. Essa ghiaia deve essere piuttosto minuta, possibilmente di torrente o di cava, e non di pietra spaccata che sia rapidamente scolo alle acque onde non producano un irruginimento delle parti, e nello stesso tempo, specialmente per le traverse, che sia alquanto argillosa, onde fare un nocciuolo compatto nell'interno di esse. — Nel caso che la ghiaia non sia di buona qualità, non si devono risparmiare spese o per provenienza della migliore o per eseguire delle fognature nella massiciata, perchè sarebbero incalcolabili i danni che possono derivare da un ballast di cattiva qualità. — Occorrendo la ghiaia della migliore qualità, si ha però il vantaggio specialmente coi sistemi a lungarine, che ne occorre uno strato molto minore; soli 15 a 20 centimetri bastano secondo l'osservazione dello stesso ingegnere Daelen, e su questi si devono eseguire assai pochi lavori di manutenzione, che le oscillazioni della strada sono quasi insensibili e la ghiaia si sposta assai poco dalla posizione iniziale.

IV. *Sistemi con rotaie su ballast.* — A fare concorrenza a tutti questi sistemi, ed una concorrenza che pare vittoriosa, viene infine il sistema Hartwich che noi abbiamo descritto fra quei dell'ultima classe.

Tale sistema d'armamento realizza quasi l'ideale della semplicità, non derogando per nulla alle necessità meccaniche che si pretendono dalle ferrovie. La rotaia essendo di forma ordinaria è assai facile a fabbricarsi, ed anche attualmente si ha ad un prezzo assai poco inferiore a quello delle rotaie comuni. — Esso fu di L. 27 per ogni 100 chilogrammi per le rotaie della linea da Kempen a Kaldenkirchen; è già anzi dimiuuito e le ferrovie renane poterono ottenerle per le loro ultime prove ad un prezzo molto minore. — Anche col prezzo di 27 franchi al quintale il prezzo d'impianto dell'armamento Hartwich offre un'economia di quasi 3000 fr. al chilometro a fronte dell'armamento ordinario e le spese di

manutenzione sommano, supponendo una durata di 15 anni, a sole L. 850, con una economia quindi di oltre 600 lire all'anno, al chilometro. — Non diciamo poi nulla degli smisurati vantaggi che si ricaveranno, se si ottengono buoni risultati nelle esperienze accennate precedentemente, che si stanno facendo con rotaie d'altezza minore di quelle adottate sulle ferrovie suaccennate.

A tutti questi vantaggi va aggiunta la diminuzione del cubo di ballast necessario e la possibilità di valersi anche della pietra spaccata o della ghiaia alquanto grossa; di un ballast insomma poco diverso da quello che si impiega nelle ferrovie ordinarie.

Per tutti questi notevoli pregi che le molte esperienze hanno finora pienamente confermato, si vede che il sistema Hartwich primeggia fra tutti per la sua solidità e specialmente per la sua grande economia; dopo di esso meritano speciale menzione i sistemi Daelen, Vautherin e Griffin; e noi siamo convinti che le società ferroviarie, studiando un sistema interamente metallico, oltre ad arrecare un grande vantaggio alla scienza, si preparerebbero dei grandi vantaggi pecuniari per l'avvenire.

Ora che in tutte le costruzioni moderne il ferro va man mano sostituendo il legno con molta maggior robustezza ed economia; ora che per il rapido svolgersi delle industrie il prezzo dei legnami va ogni giorno aumentando, mentre quello del ferro tende a diminuire, è da desiderarsi che i nostri ingegneri ferroviari studiassero una questione di così vitale importanza, e alla quale sembra sia riservato uno splendido avvenire.

