

Studio sulla locomotiva a vapore

Premessa

Queste note derivano dallo studio della copiosa documentazione disponibile ed illustrano quanto mi interessa circa le locomotive a vapore, le loro tradizioni, il loro funzionamento, le loro procedure di utilizzo. Sono state redatte per fissarmi le idee. Ho poi pensato di renderle disponibili sul mio sito. Ringrazio tutti coloro (mi scuso se ho omesso di citare qualcuno) di cui ho utilizzato i testi. L'idea della stesura di queste note (ciò che avrei voluto trovare pronto, ma che sono stato costretto a raccogliere con pazienza) è da ascrivere alla mia trentennale passione per il mondo della ferrovia, parzialmente soddisfatta del modellismo (prima in 1:87, poi in 1:22,5), prima analogico poi digitale. Forse perché non ho avuto un treno elettrico da piccolo.

Ovviamente, per meglio capire la tradizione del vapore, ho dovuto illustrare la storia della ferrovia e la classificazione delle locomotive.

I capitoli V, VI, VII, VIII, IX e X illustrano il funzionamento della locomotiva a vapore sotto vari profili (descrizione dei componenti, interazione dei meccanismi, funzioni del personale, sicurezza, accensione e condotta della macchina). Talune descrizioni si ripetono: è inevitabile, in quanto varia l'angolazione da cui si esamina la materia. Seguono i capitoli sul mantenimento delle locomotive.

Quando ho avuto la possibilità di rendermi conto dal vivo del mondo del vapore, ho dovunque riscontrato un forte interesse: gli appassionati che si danno appuntamento lungo la via quando sanno che passa una motrice a vapore, i fotografi che rincorrono il treno in auto appostandosi nei posti ove la motrice può risaltare al meglio, persino i Capistazione che osservano una motrice a vapore quasi con affetto e si fanno fotografare accanto ad essa, i Capitreno degli altri convogli che la salutano con amicizia e con la fierezza di chi fa parte della stessa confraternita. Ma persino fra coloro che hanno poca o nessuna dimestichezza con il vapore, una gita in un treno trainato da una motrice a vapore può essere un divertimento.

Per non parlare dei bambini: per loro, salire in cabina è indimenticabile.

Il fischio emesso agli incroci, ai passaggi a livello, all'entrata in stazione è il fischio di un precursore e di un antenato: le ferrovie di oggi non sarebbero esistite senza la saga del vapore.

In realtà, niente della civiltà industriale esisterebbe senza il vapore. Del resto, per quasi due secoli poco è mutato nel funzionamento, nei meccanismi, nelle procedure, nelle tradizioni del vapore: i miei due volumi di riferimento sul vapore risalgono rispettivamente al 1885 e al 1920 (vedi bibliografia).

In passato, la letteratura ha dedicato numerose pagine al vapore ed ai suoi eroi, per non parlare del cinema, della musica classica, della pittura.

Oggi, Internet propone una quantità straordinaria di siti ferroviari attinenti anche al vapore. Un numero rilevante di riviste (soprattutto anglosassoni e tedesche) sono dedicate alle ferrovie e al fermodellismo, incluso naturalmente quello a vapore. Inoltre, le fiere specializzate, i convegni, i seminari destinati ad insegnare tecnologia e pratica del fermodellismo, le raccolte di DVD contenenti la registrazione di interi percorsi e di tratte di importanza storica, gli appassionati che imparano a guidare motrici a vapore o che gratuitamente accendono e curano le locomotive a vapore (gli “accudienti”) prima delle gite turistiche, i viaggi in treni trainati da motrici a vapore, le reti ferroviarie storiche conservate quale attrazioni turistiche: altrettante manifestazioni di interesse.

Poiché non potevo interessarmi come avrei voluto alle vere locomotive a vapore, mi sono orientato sul fermodellismo. Tuttavia, sono fiero di detenere il patentino delle Ferrovie bulgare che mi consente di viaggiare nelle cabine delle locomotive a vapore.

La mia passione mi ha indotto a studiare tanto: la storia, la varietà delle locomotive e le loro classificazioni, gli scartamenti (ne esistono almeno cinque principali, oltre a quelli ridotti), la descrizione dei meccanismi e delle procedure di condotta, le caratteristiche del personale di macchina, la sicurezza, le infrastrutture dedicate alla gestione delle motrici, le riparazioni e la pulizia delle macchine, ecc.

Il fermodellismo rappresenta la valvola di sfogo per coloro che devono limitarsi a coltivare la propria passione in casa (anche se il modellismo in giardino permette di avvicinarsi maggiormente alla realtà): ecco i plastici (oggi generalmente digitali), da quelli ripiegabili in un armadio, a quelli sospesi lungo le pareti, a quelli sul pavimento, sui tavoli, in cantina, in soffitta, in garage, in giardino, per passare poi a quelli quasi professionali, un tempo utilizzati per l'addestramento dei militari (presso l'attuale Università dei Trasporti Kableshkov a Sofia, esiste un plastico con 3 km di rotaie, centinaia di scambi e di vagoni, decine di stazioni e locomotive), o per l'insegnamento tecnico. Alcuni modelli di locomotive sono di dimensioni tali da permettere al conducente di sedersi a cavalcioni, con i passeggeri caricati sui vagoni. Esistono modelli di locomotive a molla, a trazione elettrica, a batteria, a

vapore vivo. Queste ultime possono essere telecomandate. Alcune locomotive possono essere munite di televisione frontale, che trasmette ad un monitor o che registra le immagini. Alcuni plastici sofisticati sono gestiti da gruppi di soci o di amici, muovendo un numero elevato di convogli con una segnaletica che richiede la stessa attenzione e le stesse regole delle ferrovie vere, compresi gli aspetti attinenti alle modalità di trasporto delle merci. Le loco, perfette nei dettagli, recano colori reali o sono in ottone.

Il fermodellismo è una passione trasversale: abbienti e meno abbienti, giovani e anziani, amanti della semplice collezione di locomotive o vagoni (alcuni possiedono migliaia di pezzi), intenditori di diorama statici o dediti ai plastici in movimento: elementari (un semplice ovale), tecnicissimi o completi di paesaggi, ponti, gallerie, fiumi, edifici, alberi, veicoli e figure. Essi si intendono anche se non parlano la stessa lingua. Gli acquisti (nei negozi, all'asta) o gli scambi con altri collezionisti si sognano talvolta per lungo tempo. Le donne (mi si consenta un riconoscimento alle consorti, compagne e famiglie, spesso trascurate, dei fermodellisti), spesso curano il "verde". Alcuni fermodellisti amano collezionare o fare plastici solo per sé, altri amano esporre e fare partecipare altri. L'esperienza mi ha insegnato ad apprezzare lo scambio di opinioni.

La prima locomotiva su binari risale al 1804, ma i primi modellini prodotti da una nota ditta tedesca risalgono al 1891. Da allora, le scale si sono moltiplicate. Ne ho contate 72: da 1:450 a 1:5,5. Poi sono state definite le "epoche", utili a definire i periodi di utilizzo dei mezzi. Quindi sono state fissate le normative di riferimento, indispensabili soprattutto per l'elettronica. I cataloghi, cartacei o informatici, sono ormai infiniti. E, naturalmente, tutto ciò costa...

Cosa muove il fermodellista? Secondo gli esperti: volontà di potenza, la certezza derivante dal vedere circolare un veicolo su un percorso ben determinato, la disciplina, il rigore indispensabile a fare funzionare il tutto. Un buon modellista ferroviario deve essere falegname, fabbro, elettricista, meccanico, architetto, fotografo, informatico, scultore, modellista, pittore, grafico, scenografo; deve sempre avere la visione dell'obiettivo finale. Deve essere costante, sapere ricreare la realtà (entro certi limiti: se esagera nel dettaglio corre il rischio di impazzire), eccitare l'immaginazione e la fantasia, attrarre adulti e bambini, dare voglia di imitarlo, ricordare i treni posseduti da piccolo o desiderati, fare sognare.

Il mio primo treno (in HO), quando avevo trenta anni, correva per terra. I miei due figli, allora bambini, ora adulti, hanno capito presto chi era il vero bambino. Poi ho costruito plastici su tavoli, quindi sono passato alla scala 1:22,5, prima analogica, poi digitale. Il mio

lavoro nomade mi ha imposto di smontarli e rimontarli spesso. La mia fantasia non è stata da meno: chi non conosce la fretta di costruire una sopraelevata, un ponte, di spostare un fascio di binari morti, di migliorare una rotonda? Quale fermodellista che si rispetti non sviluppa continuamente in testa percorsi, soluzioni? E poi: la difficoltà di trovare i negozi giusti, l'attesa per avere un pezzo, l'ansia di vederlo circolare.....

Queste note sono scritte in varie lingue, in base ai siti ove ho reperito documentazione. Sono grato agli autori dei vari scritti per la loro accuratezza. Gli errori sono miei.

II - Storia

Fin dal Medioevo, le gallerie di alcune miniere europee erano munite di guide in legno per il treno dei carri, trainati da cavalli o dagli stessi minatori, sostituite dal 1790 circa da guide in ferro, e da ruote in ferro.

Dopo gli studi di Denis Papin, James Watt (1760) pensò alla possibilità di mettere in moto un carro utilizzando la forza del vapore. Cugnot costruì il suo "Fardier" nel 1769. Ma Oliver Evans attuò l'idea, facendo una dimostrazione a Filadelfia nel 1803 del suo "Orucler Amphibolos". La mancanza di fondi gli impedì di costruire una ferrovia. La sua macchina fu impiegata su un battello a vapore.

La prima ferrovia pubblica in Inghilterra, trainata da cavalli e destinata al trasporto delle sole merci, fu inaugurata nel 1803. In Inghilterra, nel 1804, Trevitick e Vivian fecero viaggiare su binari una locomotiva, provvista di un solo cilindro orizzontale. La trasmissione avveniva a mezzo di una biella e due ingranaggi. Trainava 10 tonnellate a 5 miglia/ora.

George Stephenson mise in servizio nel 1814 una locomotiva nelle miniere di carbone di Killingworth, con due cilindri verticali. Nel 1820 entrarono in uso loco a 6 ruote, pesanti 10 tonn.

La linea Stockton-Darlington (40 km) fu inaugurata nel 1825: la Locomotion n. 1, creata da George Stephenson, trainava 28 vagoni con 450 passeggeri alla velocità di 13 km/ora. Tale locomotiva fu però sostituita da cavalli fino al 1829 perché non era abbastanza potente.

La Rocket di George e Robert Stephenson vinse il 6/10/1829 la gara di Rainhill: l'appalto era per una ferrovia d'uso generale. La sua locomotiva trainò 10 tonn. ad una velocità di 40 km/h. La loco pesava 9 tonn., il tender 3. Egli si aggiudicò anche la fornitura di 8 macchine. La linea Liverpool-Manchester fu inaugurata nel 1830. La Rocket era già una

macchina moderna con soluzioni tecniche che si sarebbero riviste e migliorate, in seguito, sui progetti successivi. Viene considerata il prototipo di tutte le loco, avendo riuniti in sé gli elementi che nei successivi 150 anni sarebbero rimasti sostanzialmente immutati: la caldaia a tubi, il tiraggio del camino, la distribuzione ad eccentrici, le grandi ruote motrici.

Nel 1842 la Gran Bretagna disponeva di 2.080 km di strade ferrate, nel 1850 di 9.300, nel 1870 di 21.600 km.

Per gli sviluppi della ferrovia in USA, Europa, nelle colonie britanniche, in Cina, Giappone fino alla Seconda Guerra mondiale, vedi Herring (op. cit.) da pagina 12 a p. 22. In Russia, fino al 1950, furono costruiti 136.000 km di strada ferrata. La Transiberiana fu inaugurata nel 1903.

Una delle prime caratteristiche progettuali che si affermò fu quella dell'uso di ruote di piccolo diametro per la trazione di merci, di ruote di grande diametro per le macchine passeggeri, destinate alla velocità. Se la prima scelta era dettata dalla volontà di avere una maggiore potenza, la seconda era dettata invece dalla volontà di mantenere basso il numero di giri dell'albero motore, dato che un bilanciamento perfetto delle varie parti risultava arduo.

Nella seconda metà dell'800 le macchine con un solo asse motore cominciarono ad essere troppo poco potenti, e quindi ne venne aggiunto un secondo, per scaricare maggiore potenza. I progetti europei usualmente prevedevano macchine con un asse portante anteriore o posteriore, rigidamente fissato al telaio.

Per ulteriori elementi sulla storia delle loco, vedi pagine 22-33 del volume di Giovanni Tey.

Furono gli americani ad introdurre il carrello portante anteriore a 2 assi dando origine al rodiggio 2'A noto anche come American o American Standard. È da questa architettura che si dipartirono i più noti rodiggi: per avere più potenza venne sviluppato il rodiggio 1'C (Mogul) che, nei primi modelli americani, si presentava con l'asse motore centrale privo di bordino; per incrementare la larghezza del focolaio e sostenerlo si aggiunse un carrello posteriore, ottenendo il rodiggio 2'A1' (Atlantic), e così via, aggiungendo assi motori o assi al carrello portante.

Quando in Baviera fu costruito il prototipo della S2/6 (150 km/orari), rodiggio 2'C2', l'era delle macchine a 2 assi accoppiati era oramai al tramonto dato che la richiesta portava a mettere in servizio composizioni troppo pesanti per loro.

Le macchine a 3 assi accoppiati furono le regine del periodo d'oro della trazione a vapore, e solo in Nord America vennero soppiantate sul finire da macchine da treni rapidi

con 4 assi motori, e la regina per antonomasia è la Pacific, rodiggio 2'C1' o, per francesi e italiani, 2-3-1. A questo tipo di macchine appartengono le detentrici dei primati di velocità, il gruppo 01 delle DRG, la classe A4 della LNER (di cui fa parte Mallard), le efficientissime Chapelon...

Contemporaneamente all'incremento degli assi, gli ingegneri svilupparono dispositivi per aumentare il rendimento termodinamico dei motori a vapore al fine di ridurre i consumi, riducendo i costi ed aumentando l'autonomia.

La prima innovazione fu l'adozione della doppia espansione, che venne realizzata in varie fogge cercando di ottenere i migliori risultati in fatto non solo di rendimento termodinamico ma di economia costruttiva, bilanciamento delle parti in movimento e continuità dello sforzo di trazione. La prima caldaia a forma tubolare fu opera di Marc Seguin nel 1829.

Una seconda innovazione fu l'adozione del vapore surriscaldato che permetteva economie di esercizio paragonabili alla doppia espansione ma permetteva di usare una meccanica meno complessa e di più facile guidabilità. Di pari passo con l'adozione del vapore surriscaldato ci fu l'abbandono del cassetto di distribuzione, usato fino ad allora, in favore del cilindro in cui non erano significativi gli effetti del vapore ad elevata temperatura sul lubrificante.

L'uso di ambedue questi meccanismi fu limitato ed applicato nelle sole macchine in cui si cercò il massimo dell'efficienza. In Italia solo le locomotive del gruppo 746 adottarono questa soluzione, ma un difetto nella progettazione del motore a doppia espansione ne limitò la capacità di raggiungere velocità elevate.

Infine, come ultima manovra per migliorare il rendimento termodinamico, si adottarono preriscaldatori il cui compito era sfruttare il calore dei gas di scarico per elevare la temperatura dell'acqua da immettere in caldaia.

Legata invece alle economie di manutenzione fu l'adozione della distribuzione Walshaerts o Heusinger al posto della distribuzione Stephenson ad eccentrici nelle sue varie varianti (Gooch ed Allen).

Nel 1910 il mondo disponeva di una rete ferroviaria di 900.000 km, servita da 150.000 locomotive e 3.000.000 carri. Tra il 1870 e il 1906 la lunghezza complessiva delle strade ferrate degli Stati Uniti passò da 85.000 a 355.000 km.

Ma nessuno degli espedienti individuati dai progettisti riuscì a salvare le locomotive a vapore: nel dopoguerra il primato delle vaporiere viene presto minato dall'espansione delle

linee elettrificate da un lato e dall'avvento delle macchine diesel dall'altro, la cui tecnologia era oramai matura e consolidata da 5 anni di guerra marittima.

Vedi ulteriori elementi sulle loco per merci da pagina 36 a 45 del volume di Giovanni Tey.

Storia in Italia

La prima loco corse in Italia nel 1839 (Napoli – Portici, “Satana su rotaia”, per Papa Gregorio XVI....). Nel 1856 linea Napoli – Capua. Nel Lombardo Veneto, il primo tronco fu da Milano a Monza nel 1840. La Milano – Venezia fu aperta nel 1857. Nell'Italia Centrale le prime linee funzionarono dal 1859. La Firenze – Livorno nel 1849. Nello Stato Pontificio la Roma – Frascati e la Roma – Civitavecchia entrarono in funzione rispettivamente nel 1856 e nel 1859. Il Piemonte superò rapidamente e di gran lunga tutti gli altri Stati della penisola: nel 1853 con la Torino – Genova. Nel 1859 erano stati costruiti in Italia 1798 km di ferrovie, nel 1872 quasi 7.000 km, nel 1884 10.500 km. Nel 1905, alla creazione delle Ferrovie dello Stato, 13.075.

Tunnels: Fréjus 1870, Gotterdo 1882, Sempione 1882, ecc.

Dal 1859 furono creati nuovi tronchi e nel 1865 riordinate le Ferrovie, ripartendole in 5 gruppi. Per ulteriori elementi vedi pagine 102 – 109 del volume di Giovanni Tey.⁵⁶ linea Napoli - Capua. alia nel 1839. compund: vedi pagine 46-72 del volume di Giovanni

Tey.ngworth, con due cilindri

Le locomotive a vapore in Italia ebbero vita più breve che all'estero. Quando nel 1905 le neonate FS furono formate, ereditarono un parco macchine comprendente 2664 unità di diverse caratteristiche , e d'altro canto i buoni risultati ottenuti, prima, con la trazione elettrica trifase e, a partire dal 1928, con quella a corrente continua, portarono a mettere in secondo piano le macchine a vapore, che necessitavano di carbone di importazione (quello del Sulcis, ad esempio, era troppo ricco di zolfo). Per ammodernare il parco l'amministrazione decise di puntare su un ristretto numero di gruppi ottenuti dall'evoluzione dei meglio riusciti, terminando presto lo sviluppo di nuovi modelli e limitandosi invece a ricostruire con miglioramenti macchine esistenti. Per questo il Gruppo 695 rimase solo sulla carta mentre il Gruppo 691 fu ottenuto per trasformazione delle macchine del Gruppo 690 con l'adozione della stessa caldaia del Gruppo 746. La regina della flotta rimase la 685, anche nella versione S con caldaia a 16 atmosfere e preriscaldatore, mentre il vero cavallo da tiro delle FS fu rappresentato dal Gruppo 740.

Tipici della scuola costruttiva italiana sono

1. Il carrello Zara, o italiano, un carrello articolato che comprende un asse portante e l'adiacente asse motore. I giochi delle bielle consentivano i moderati spostamenti dell'asse motore.
2. Preriscaldatore Franco-Crosti, capace di stravolgere la fisionomia di una locomotiva, usualmente montato in coppie, simili a grossi lanciasiluri, a fianco della caldaia. Era caratteristica delle macchine dotate di questo dispositivo l'arretramento del camino presso la caldaia.
3. Distribuzione a valvole Caprotti, che permetteva tra l'altro una migliore immissione del vapore nei cilindri.
4. Uso del gruppo Ansaldo per riunire in un unico punto la presa di vapore per vari dispositivi (iniettori, pompa dei freni, soffiante, riscaldamento)

III - Varietà e classificazione

1. In generale Le locomotive a vapore sono state costruite in una varietà di forme ed architetture che probabilmente non è più stata vista con nessun altro mezzo ferroviario.

Fondamentalmente, esistono le loco viaggiatori (più veloci), quelle merci, quelle da manovra. Inoltre, le ferrovie locali, quelle di montagna, quelle a scartamento ridotto.

Ad esempio in Ungheria ed altri Stati circolarono locomotive con la caldaia Brotan che presentava un forno in materiale refrattario con tubi d'acqua ed una caldaia convenzionale a tubi di fumo. L'acqua dalla caldaia poteva raggiungere per gravità i tubi d'acqua del forno ed ambedue i dispositivi inviavano il loro vapore in un serbatoio dotato di un duomo da cui poi veniva inviato al motore.

Più visibili furono le differenze nella posizione della cabina di guida. Ad esempio la cabina di guida fu messa a cavallo della caldaia nelle già citate locomotive costruite nell'ovest degli Stati Uniti per bruciare l'antracite inidonea all'uso per il riscaldamento domestico (culm). Questa insolita configurazione era dovuta al fatto che per bruciare l'antracite era necessario utilizzare un forno con una griglia così ampia che le sue dimensioni non solo rendevano necessarie due bocche da forno per rifornirlo di combustibile, ma rendevano anche estremamente problematica la visibilità anteriore. L'uso di queste macchine cessò quando la regolamentazione sancì sia troppo pericolosa la presenza del macchinista al di sopra delle bielle in movimento, sia troppo esposta la posizione dei fuochisti, stretti fra la caldaia e il tender e privi di qualsiasi protezione.

Non ebbero questo problema le locomotive in cui la cabina venne installata nella parte anteriore per cercare migliore aerodinamica o per avere migliore visibilità. Locomotive di questo tipo vennero prodotte in Italia, Francia, Regno di Prussia, Germania, Inghilterra, Unione Sovietica e dalla compagnia ferroviaria statunitense Southern Pacific che ne fece un uso così ampio da farle diventare simbolo del proprio servizio (“cab forward”).

Ma le macchine della Southern Pacific non si discostavano dalle locomotive di tipo comune solo per la cabina posta nella parte anteriore.

Infatti erano anche macchine articolate, ovvero si poggiavano su due carri, uno dei quali snodato rispetto al resto della locomotiva. Questo riduceva il passo rigido facilitando l'inseribilità in curva. Macchine articolate in questo modo ne vennero costruite in tutto il mondo, ma solo negli Stati Uniti si ebbero i giganti come le già citate Cab Forward, le Big Boy, le Allegheny e le altre enormi locomotive che trainarono treni merci e non solo (durante la campagna elettorale per la rielezione di Bill Clinton una Challenger della Union Pacific tornò a trainare un convoglio passeggeri). Altrove le locomotive articolate furono invece impiegate come macchine di elevata potenza su linee a scartamento ridotto, dove i raggi di curvatura sono spesso stretti.

In Europa (e nelle colonie dei paesi europei) le locomotive articolate furono spesso Mallet (dal nome del progettista, Anatole Mallet) ovvero macchine con motore a doppia espansione col carro posteriore mosso da cilindri ad alta pressione ed il carro anteriore mosso dai cilindri a bassa pressione. I cilindri anteriori sono di dimensioni maggiori di quelli posteriori (verso i quali si dirige pure una condotta fuoriuscente dal duomo). Vedi descrizione in Larousse ferroviario.

La ricerca di una migliore inseribilità in curva portò sia allo sviluppo di veri incubi meccanici, come nelle piccole locomotive della Ferrovia della Val Gardena, sia alla ricerca di modi per costruire locomotive in cui tutti i carri o i carrelli fossero in grado di ruotare rispetto al corpo centrale. Tipiche della scuola britannica furono le Garratt, locomotive ove la caldaia con la cabina, le scorte di carbone e quelle di acqua erano tutte e tre su un solo grande telaio, poggiante alle estremità su due carri, ciascuno con ruote motrici e portanti. Oggi queste macchine si possono ancora ammirare in funzione in Sud Africa e Zimbabwe.

Negli USA si svilupparono invece delle tipologie di locomotive in cui due o tre carrelli motori a due assi ricevevano il movimento attraverso un albero di trasmissione mosso dai pistoni del motore a vapore. Ci sono tre tipologie principali:

- Le Climax, in cui i cilindri erano disposti in modo tradizionale e trasmettevano il moto ad un asse cieco. Questo, tramite ingranaggi, metteva in moto l'albero di trasmissione centrale che a sua volta azionava i carrelli. Per semplificare la meccanica era possibile che gli ingranaggi fossero usati per muovere un solo asse per carrello accoppiato all'altro tramite una biella.

- Le Heisler, in cui l'albero di trasmissione disposto al centro della locomotiva, era azionato direttamente dalle bielle del motore a vapore, quest'ultimo coi cilindri disposti a V. Anche nelle macchine Heisler poteva capitare che, per semplificare la meccanica, gli ingranaggi fossero usati per muovere un solo asse per carrello accoppiato all'altro tramite una biella.

- Le Shay, le più famose, con cilindri verticali e l'albero di trasmissione posti su un solo lato ed il moto sempre trasmesso a tutti gli assi tramite ingranaggi. Per bilanciare il posizionamento asimmetrico dei cilindri la caldaia veniva scentrata verso il lato opposto. Queste macchine ebbero larga diffusione, non solo nel continente americano ma anche a Taiwan.

Un'ultima "deviazione" dalla struttura standard la troviamo in molte locomotive a cremagliera, dove l'intera caldaia, e di conseguenza la cabina, sono montate in modo da controbilanciare la pendenza della linea.

Questa disposizione consente di mantenere la caldaia orizzontale nonostante la pendenza della linea. Nel 1992 e nel 1996 la SLM Svizzera costruì alcune macchine di questo tipo per la Brienz-Rothorn-Bahn. Sono macchine tradizionali solo nell'aspetto, costruite da un allievo del grande Livio Dante Porta, efficienti nell'uso del combustibile e fluide nel movimento.

2. Notation:

- Whyte notation: counts the number of leading wheels, then the number of driving wheels, and finally the number of trailing wheels, groups of numbers being separated by dashes.

- Thus, a loco w. 2 leading axles (and thus 4 w.) in front, then 3 driving axles (6 w.) and followed by 1 trailing axle (2 w.) is classified as 4-6-2.

- Articulated locos such as Garratts, which are effectively two locos joined by a common boiler, have a + between the arrangements of the two engines.

- Mallets, where there are no unpowered axles between powered axles, have extra groups of numbers in the middle.

- A Big Boy is a 4-8-8-4: there are 2 leading a., 1 group of 4 driving a., another group of 4 driving a., and then 2 trailing a.
- UIC: Int.l Union of Railways (much of the world, including Germany): counts axles. Also known as German classification.
- Upper-case letters: the number of consecutive driving axles, starting at A for a single axle.
 - C thus indicates 3 consecutive pairs of driving wheels.
 - Numbers: consecutive non-driving axles, starting at 1 for a single axle.
- Lower-case "o", suffixing the driving wheel letter: axles are individually driven by electric traction motors.
 - Prime sign " ' ": the axles are mounted in a bogie.
 - Plus sign "+": loco or multiple unit consists of permanently coupled and mechanically separated individual vehicles.
- Brackets: groups letters and numbers describing the same bogie. (A1A) indicates a 3-axle bogie with the outer 2 axles driven.
- AAR (USA): not used for steam locos

Facendo riferimento allo schema, sulla manovella principale (motrice) è collegata una seconda manovella eccentrica (1) montata in modo da ottenere uno sfasamento di 90° in ritardo rispetto alla manovella principale. A questa seconda manovella è collegata una biella (2) che muove un glifo (7) imperniato nel suo punto centrale. Questo glifo è cavo e al suo interno può scorrere il perno della biella della distribuzione vera e propria (8); l'asta di comando della distribuzione (3), tramite il rinvio ad "L" (5),(6) e la bielletta di sollevamento (4), alza e abbassa la biella (8) in modo da variare l'ampiezza del movimento del cilindro di distribuzione (13), nonché la fase dell'immissione. Infine è presente un'altra biella (12) collegata in basso alla testa a croce (9) tramite una biella ausiliaria (11) che serve per dare un certo anticipo all'immissione del vapore.

In questo modo, il cilindro di distribuzione riceve il vapore che è transitato attraverso la valvola del regolatore e provvede ad inviarlo alternativamente nelle due parti del cilindro motore regolando nel contempo la percentuale della corsa (in base alla posizione della biella rispetto al glifo) che il cilindro motore compie sotto la spinta del vapore immesso dalla caldaia

(espansione a pressione costante), e conseguentemente quella compiuta sotto la spinta del vapore in espansione (espansione adiabatica).

In pratica, quando il corsoio scorrevole si trova più in basso del perno del glifo, la macchina va avanti; viceversa, quando il corsoio scorrevole si trova più in alto del perno del glifo, la macchina va indietro. Più il corsoio si trova lontano dal perno e maggiore è la percentuale di introduzione del vapore.

Altra accortezza importante che viene adottata nelle macchine a due cilindri e a semplice espansione è che le manovelle (bielle motrici) dei due cilindri (destro e sinistro) sono calettate in modo da formare un angolo di 90°; in questa maniera quando uno dei due cilindri si trova in un punto morto l'altro si trova a metà corsa per cui la macchina è sempre in grado di avviarsi.

Una nota sulle nomenclature. Il nome asta di comando del cassetto rimane anche nelle locomotive che utilizzano il cilindro di distribuzione (tutte quelle a vapore surriscaldato, ad esempio). È uno dei casi di permanenza per traslato di termini anche quando la componente cambia. Un altro esempio è la leva con cui si manovra l'inversione di marcia (e si regola il grado d'introduzione), che in molte macchine è stata sostituita da un volantino.

(NB: vedi anche glossario a pagine 375-379 di Galimberti, op. cit.)

1. Tender - Container holding both water for the boiler and combustible fuel such as wood, coal or oil for the fire box.
2. Cab - Cabina - Compartment from which the engineer and fireman can control the engine and tend the firebox.
3. Whistle - Fischio a vapore - Steam powered whistle, located on top of the boiler and used as a signaling and warning device.
4. Reach rod - Asta di comando dell'inversione di marcia - Rod linking the reversing actuator in the cab (often a 'johnson bar') to the valve gear.
5. Safety valve - Valvola di sicurezza - Pressure relief valve to stop the boiler exceeding the operating limit, mounted on top of the firebox or of the dome, to release any excess steam pressure from the boiler and avoid boiler explosion
6. Generator - Steam powered electrical generator to power pumps, head lights etc, on later locomotives.
7. Sand box/Sand dome - Sabbiera - Holds sand that can be deposited on the rails to improve traction, especially in wet or icy conditions.

8. Throttle Lever/Regulator - Regolatore - Controls the opening of the regulator/throttle valve thereby controlling the supply of steam to the cylinders, and hence the speed of the train (see 31).

9. Steam dome - Duomo - Collects the steam at the top of the boiler so that it can be fed to the engine via the regulator/throttle valve. Using the highest point for this supply helps to avoid putting water through the regulator instead of steam.

The dome is situated midway along the top of the boiler barrel and houses the regulator valve and is also the take off point of steam for the auxiliary controls e.g. injectors etc.

1. Air pump - Provides air pressure for operating the brakes (train air brake system). This is sometimes called a Westinghouse pump or Knorr pump after George Westinghouse and George Knorr.

2. Smoke box - Camera fumo - Collects the hot gas that have passed from the firebox and through the boiler tubes. It may contain a cinder guard to prevent hot cinders being exhausted up the chimney. Usually has a blower to help draw the fire when the regulator is closed. Steam exhausting from the cylinders is also directed up to the chimney through the smokebox to draw the fire while the regulator is open. Located in the smokebox, the blower creates a forced draft up the chimney when the loco is stationery (not going “chuff”) and so provides an oxygen supply through the bottom of the firebox to maintain combustion.

The smokebox is an extension at the front of the boiler barrel, which together with the blast pipe and chimney form the means of inducing air required for combustion to the firebox.

Apart from the chimney orifice, the smokebox is airtight. Other fittings in the smokebox are: main steam pipes, blower ring (see 57), brake ejector exhaust pipe, washout plugs and, where fitted, superheater elements.

When preparing or disposing a locomotive, the crew should always check the smokebox to see if any of the fittings are leaking or are displaced from their correct position.

1. Main steam pipe - carries steam to the cylinders.
2. Smoke box door - Hinged circular door to allow service access to the smoke box.
3. Hand rail - Support rail for crew when walking along the foot board.
4. Trailing truck/Rear bogie - Carrello posteriore - Wheels at the rear of the locomotive to help support the weight of the cab and fire box.

5. Foot board/Running board - Walkway along the locomotive to facilitate inspection and maintenance. UK terminology is Footplate.
6. Frame - Steel beams around which the locomotive is built. The wheels run in slots within the frames, and the cab, fire box, boiler and smoke box are mounted on top. American locomotives usually have bar frames (made from steel bar) or cast steel frames, while British locomotives usually have plate frames (made from steel plate).
7. Brake shoe and brake block - Applied directly to all the driving wheels for braking.
8. Sand pipe - Tubi lancia sabbia - Deposits sand directly in front of the driving wheels to aid traction.
9. Side rods/Coupling rods - Biella di accoppiamento - Connects the driving wheels together.
10. Valve gear/motion - Biellismo e distribuzione - System of rods and linkages synchronizing the valves with the pistons and controls the direction and power output of the locomotive.
11. Main rod/Connecting rod - Biella motrice - Steel arm that converts the horizontal motion of the piston into a rotation motion of the driver wheels. The connection between piston and main rod is supported by a horizontal slide-bar behind the cylinder.
12. Piston rod - Stantuffo del pistone di distribuzione - Connects the piston to the cross-head axle, which drives the main/connecting rods.
13. Piston - Pistone di distribuzione - Driven backward and forward within the cylinder by steam pressure, producing mechanical motion from steam expansion.
14. Valve - Valvole di distribuzione - Controls the supply of steam to the cylinders, timing is synchronized by the valve gear connect to the Drivers. Steam locomotives may have slide valves, piston valves or poppet valves.
15. Safety valves - valvole di sicurezza - are fitted to prevent the boiler pressure from exceeding the registered working pressure (livello di timbro) for which the boiler is designed. Older locomotives are usually fitted with simpler types of safety valve (Ramsbottom or Salter), but all work on the same principle of a valve held on its seating by a spring which can be adjusted to the required pressure. More modern locomotives are fitted with the Ross "pop" pattern.

16. Valve chest/steam chest - Cilindro di distribuzione vapore - Small chamber (sometimes cylindrical) above or to the side of the main cylinder containing passageways used by the valves to distribute live steam to the cylinders.

17. Firebox – Forno o focolaio - Furnace chamber that is built into the boiler and usually surrounded by water. Almost anything combustible can be used as fuel but generally coal, coke, wood or oil are burnt. As the engine goes “chuff”, a) air is drawn through the bottom of the firebox, and so supplies oxygen to maintain combustion of the fire, b) the smoke tubes take the smoke and heat from the fire through the water and out to the atmosphere through the smoke box to the chimney.

18. Boiler tubes - Tubi della caldaia - Carry hot gasses from the fire box through the boiler, heating the surrounding water.

19. Boiler - Caldaia - Water container that is heated by hot gases passed through boiler tubes, thereby producing steam. Water space: the lower part of the boiler that holds water to be turned into steam. Steam space: The upper part of the boiler, immediately above the water space, where the steam collects before it passes through the Regulator on its way to the cylinders, or to the manifold on its way to the burner, whistles, steam brake, etc. Note that there is no physical barrier between the water space and the steam space, it is just very hot water with steam above it. So, the Boiler consists of a pressurized vessel part-filled with water (in the water space), with steam above (the steam space), somewhere for the smoke from the fire to go (through the smoke tubes to the smoke box) and a method of heating the water (the burner in the firebox).

The boiler consists of a steel shell which includes the boiler barrel, the outer firebox wrapper plate, the back plate, throat plate, smokebox tube plate, also the inner firebox and smoke tubes.

The inner firebox is supported from the outer firebox by the foundation ring at the bottom, by the crown stays at the top and the palm stays between the firebox tube plate and the bottom of the boiler barrel. In addition, the inner and outer firebox plates, back plate and throat plate are stayed together by about 1,000 steel or copper stays at approximately 4" pitch and longitudinal stays between the boiler back plate and smokebox tube plate. When the boiler is fitted with a superheater, a number of large flue tubes (approximately 5" in diameter) are fitted, in which the superheater elements are placed.

1. Superheater tubes - Tubi surriscaldatori - Pass steam back through the boiler to dry out and 'super heat' the steam for greater efficiency as it leaves the boiler on its way to the cylinders
2. Regulator/Throttle valve - Regolatore - Controls the amount of steam delivered to the cylinders (also see # 8).
3. Superheater - Surriscaldatore - Feeds steam back through boiler tubes to superheat (heat just beyond boiling point) the steam to increase the engine efficiency and power.
4. Smokestack/Chimney - Fumaiolo - Short chimney on top of the smoke box to carry the exhaust (smoke) away from the engine so that it doesn't obscure the engineers vision. Usually extended down inside the smoke box - the extension is called a petticoat. Some railways, e.g. the Great Western Railway, fitted a decorative copper cap to the top of the chimney.
5. Headlight - Lamp on front of the smoke box to provide forward visibility.
6. Brake hose - Tubi freni - Air or vacuum hose for transmitting braking control to attached rolling stock. See air brake and vacuum brake.
7. Water compartment - Container for water used by the boiler to produce steam that is subsequently usually exhausted from the cylinders.
8. Coal bunker - Fuel supply for the furnace. Variations may hold wood, coke, or oil. Fed to the firebox either manually or, in later engines, mechanically.
9. Grate - Griglia del forno - Holds the burning fuel and allows unburnable ash to drop through.
10. Ashpan hopper and rocking grates - Dispositivi per scuotere il letto di carbone e per rovesciare la griglia del forno - Collects the unburnable ash from spent fuel. Hopper ashpan doors should always be opened prior to dropping the fire during disposal, to prevent hot fire from damaging the ashpan. When using this method of disposing of the fire, it must be undertaken over an authorised disposal point and all clinker on the firebars broken up using the fire irons before being dropped.
11. Journal box - Contains the bearing for a driver wheel's axle.
12. Equalising levers/Equalising bars - Part of the locomotive suspension system, connected to Leaf Springs, free to pivot about their centre which is firmly fixed to the frame.
13. Leaf Springs - Main suspension element for the locomotive. For each driver wheel there is a leaf spring suspending its axle's journal box.

14. Driver - Ruota motrice - Wheel driven by the pistons to propel the locomotive. Drivers are balanced by weights so that the centre of gravity, of the drivers and rods, coincides with the center of rotation.
15. Pedestal or saddle - Connects a leaf springs to a driver wheel's journal box.
16. Blast pipe - Scappamento dei cilindri motori - Directs exhaust steam up the chimney, creating a draught that draws air through the fire and along the boiler tubes.
17. Pilot truck/Leading bogie –Carrello anteriore - Wheels at the front to guide the locomotive along the track.
18. Coupler - Device at the front and rear of the locomotive for connecting locomotives and rail cars together.
19. Snifting valve - An anti-vacuum valve which allows the engine to coast freely when the regulator is closed.
20. Manifold - Presa di vapore per dispositivi accessori - a subsidiary steam supply from the boiler to feed the various accessories (burner, atomizer, whistles, steam brake, etc.).
21. Water gauge glass - Indicatore del livello dell'acqua - provides a visual indication of how much water is in the boiler's Water Space. Water gauges are mounted on the boiler back plate and are positioned so that when the water is in sight at the bottom of the glass, the firebox crown is covered. When working under normal conditions the water level should be kept in sight in the top half of the glass and before descending or ascending steep gradients, a higher level should be carried. Running with too high a water level can cause priming.
22. Pressure gauge - Manometro - provides a visual indication of the pressure in the boiler's Steam Space
23. Injector - Iniettore - Injectors are also referred to as “feeds”. It uses steam from the boiler to force cold water from the water tanks into the boiler at a higher pressure than the steam inside, as the water already in there is turned to steam and used to drive the train. The injector has two valves: one for water and one for steam.
24. 54. Brick arch - Voltino - Erected above the grate and immediately below the first row of tubes, the arch slopes upwards towards the firehole door. Its purpose is to direct unburnt gases towards the firehole door to mix with air entering there to ensure complete combustion. The brick arch works in conjunction with a baffle plate fitted in the firehole door; this directs air into the path of the flame and gases to complete combustion and burn off

excessive smoke. Further, the baffle plate directs the relatively cold air entering the firebox away from the tube plate.

55. Fusible plugs - Valvole di sicurezza - are screwed into the firebox crown. They are made of brass and have a lead core which will melt at a comparatively low temperature. If the water level in the boiler drops too low and uncovers the plug, the lead core melts and allows steam to escape into the firebox, which acts as a warning to the loco crew. Should this occur, both injectors should be put on immediately and steps taken to remove or deaden the fire.

56. Washout plugs and mudhole doors - Washout plugs and mudhole doors are fitted to boilers to facilitate cleaning and inspection of the water spaces. They should be checked for signs of leakage before a locomotive is lit up. Under no circumstances must washout plugs be removed by Firelighters to fill boilers with water.

57. Blower - Soffiante - The blower (see 11) consists of a perforated ring fitted around the top of the blastpipe cap. Its function is to create a smokebox vacuum for the following purposes:

- a. To increase draught on the fire when the locomotive is stationary, in order to raise steam pressure.
- b. To clear smoke.
- c. To counteract blow back of the fire.

58. Tender – Contiene acqua e combustibile. Esistono locomotive-tender (incorporate) o loco con tender (carro proprio attaccato alla loco).

NB: per ulteriori elementi sulla nomenclatura, vedi pagine 15- 21 del volume di Giovanni Tey.

VI - Descrizione del funzionamento

In una locomotiva a vapore tutto viene mosso e fatto funzionare con la forza del vapore. Oltre naturalmente alla forza motrice, anche i freni, il fischio, la sabbiera, il riscaldamento e tutto ciò che ha bisogno di essere mosso, funziona con il vapore. Quindi sulla locomotiva la cosa più importante è che non manchi mai il vapore in caldaia. Questo può essere indicato dalla misura della pressione in caldaia che deve rimanere sempre vicino al valore massimo di 10, 12... o 16 bar a seconda del tipo di locomotiva.

1. Tipi di combustibile

Se è vero che il combustibile principe è il carbone (lignite o litantrace) è anche vero che molto diffusi sono stati la legna e l'olio minerale. In generale la scelta del combustibile è stata fatta sulla base di criteri di economicità, quindi dove era facile usare la legna si è usata quella, l'olio minerale è stato utilizzato quando si è rivelato più economico che ottenere il carbone.

In molte locomotive tra quelle di progettazione più recente, l'alimentazione del carbone avviene attraverso un dispositivo meccanico detto stoker che utilizza getti di vapore per indirizzare il carbone frantumato al posto giusto.

In particolari situazioni si sono utilizzati combustibili ancora diversi: la scarsità di carbone ha portato la Baviera a sperimentare la torba, l'Italia a sperimentare il metano; in Pennsylvania, ed in generale nell'ovest degli Stati Uniti, la grande disponibilità di antracite non commerciabile per uso urbano ha fatto nascere locomotive adatte ad usare questo tipo di carbone.

Addirittura, durante la seconda guerra mondiale, la Svizzera ha sperimentato la sostituzione del combustibile con robusti resistori che sfruttavano l'effetto Joule per portare l'acqua ad ebollizione.

I combustibili solidi bruciano su una grata piana mentre per il metano e l'olio minerale si utilizzano bruciatori. In particolare i bruciatori per l'olio minerale lo preriscaldano e lo nebulizzano con un getto di vapore: questo porta ad avere bisogno di un generatore di vapore ausiliario per accendere la locomotiva, oppure ad usare un'alimentazione mista carbone/olio minerale, col carbone utilizzato fintanto che non c'è abbastanza vapore per far funzionare il bruciatore.

La fiamma, attraverso le pareti del forno, ed i gas di combustione, attraverso i tubi di fumo della caldaia, trasferiscono il calore all'acqua che, arrivata all'ebollizione, si trasforma in vapore che viene inviato ai cilindri per generare movimento.

Per avere una combustione efficiente è necessario che il combustibile sia costantemente a contatto con aria ricca di ossigeno. L'aria per la combustione è immessa attraverso le portelle del cineratoio ed il tiraggio viene favorito, in corsa, dal vapore di scarico dei cilindri motori che viene soffiato nel camino attraverso una condotta di foggia tale da generare una depressione che aspira l'aria verso la camera a fumo.

Quando la macchina non è in movimento, il tiraggio può essere favorito con l'uso del soffiante, un dispositivo che sostituisce il vapore di scarico dei cilindri con quello prelevato dalla caldaia.

2. La conformazione più diffusa prevede un generatore di vapore orizzontale a tubi di fumo, poggiante su un carro (formato da telaio e ruote), il cui vapore viene usato dai cilindri. A seconda dell'autonomia richiesta alla locomotiva le scorte di acqua e combustibile possono essere trasportate su un carro separato (tender) accoppiato rigidamente alla locomotiva oppure essere trasportate in appositi spazi sulla locomotiva, che viene detta locomotiva-tender o locotender.

Il generatore di vapore a sua volta comprende il forno o focolare, costruito in rame o in acciaio e posto nella parte posteriore (fanno eccezione le rare locomotive con cabina anteriore). La costruzione in rame offre una migliore conducibilità termica, la costruzione in acciaio una maggiore robustezza.

Il forno è circondato, superiormente ed ai lati, dalla caldaia, e attraverso queste superfici avviene il riscaldamento diretto dell'acqua da parte della fiamma.

Ma l'essere circondato dalla caldaia implica che quando questa è in pressione sulle pareti esterne del forno viene esercitata una pressione molto superiore a quella dell'aria all'interno. Per non far collassare le pareti del forno, queste sono ancorate alle pareti della caldaia tramite dei tiranti metallici che le sostengono.

Nella parte inferiore del forno c'è la griglia su cui arde il combustibile solido, posteriormente c'è la bocca del forno, chiusa da un portello, attraverso la quale il fuochista spala il carbone.

Al di sopra della griglia c'è un voltino in materiale refrattario il cui scopo è aumentare il percorso dei gas di combustione per favorire la completa ossidazione degli stessi ed accrescere l'efficienza. A questo scopo, in alcune caldaie vi è un ulteriore spazio prima della piastra tubiera, detto camera di combustione.

La piastra tubiera posteriore, insieme a quella anteriore, delimitano lo spazio della caldaia che contiene l'acqua da vaporizzare. In questo spazio i tubi di fumo permettono lo scambio termico tra i gas di combustione e l'acqua. Nella parte superiore della caldaia si trovano uno o più duomi (dall'inglese dome, cupola) dove il vapore prodotto attraversa la valvola del regolatore per essere inviato al motore.

Oltre la piastra tubiera anteriore abbiamo la camera a fumo. In questa troviamo lo scappamento dei cilindri motori che viene utilizzato per favorire il tiraggio quando il treno è in movimento, ed il soffiante, un tubo circolare, posto sotto il camino più o meno in corrispondenza dello scappamento. Il tubo presenta una corona di fori nella parte superiore e

può essere messo in comunicazione diretta con la caldaia. In questo modo il vapore della caldaia può essere soffiato nel camino per incrementare il tiraggio.

La camera a fumo, anteriormente, presenta un portello di ispezione e manutenzione dal quale gli addetti possono spalare i residui solidi di combustione (cineraccio).

Nelle locomotive che impiegano la doppia espansione, la camera a fumo ospita generalmente il receiver in cui viene scaricato il vapore dai cilindri AP che deve successivamente essere utilizzato nei cilindri BP.

Nelle locomotive a vapore surriscaldato è impiegato il surriscaldatore. In queste locomotive il vapore raccolto nel duomo a valle della valvola del regolatore viene inviato al surriscaldatore e raggiungerà i cilindri dopo aver vaporizzato l'acqua in sospensione ed accresciuto la sua temperatura.

In alcune di queste il surriscaldamento viene ottenuto da una serie di tubi che circondano la camera a fumo, in altre la camera a fumo ospita una camera in cui il vapore viene smistato in vari tubi che a loro volta sono infilati in alcuni dei tubi della camera a fumo di sezione maggiorata.

Il carro è formato dal telaio, la struttura portante della locomotiva, che poggia sulle ruote (seconda componente del carro) attraverso un meccanismo di sospensioni che permette di ripartire i pesi.

Usualmente, per migliorare il comportamento in marcia della locomotiva oppure per sostenere il peso di una griglia del focolaio molto ampia, si aggiungono assi portanti o folli nella parte anteriore o posteriore. Qualora si intenda sfruttare al massimo il peso della locomotiva per la trazione si omettono questi assi e si ha una macchina ad "aderenza integrale".

Il carro trasporta, usualmente nella parte anteriore, i cilindri motori e la distribuzione.

3. Gestione del regolatore

As the driver opens the regulator he uses steam. The further he opens the regulator, the more steam is required, and so the boiler will have to make more steam to replace that used by the driver. It is necessary therefore to increase the amount of - fuel supplied to the burner/ coal put in the furnace – to maintain the pressure in the boiler, as more fuel/coal makes more heat that boils more water which turns into steam. Fortunately, the exhaust steam going up the chimney (with each “chuff”) draws air through the bottom of the firebox, so providing oxygen that allows the oil/coal to burn. As the loco works harder,

more air is drawn through, giving more oxygen, and allowing us to increase the amount of oil/coal that can be burnt.

4. Gestione dell'iniettore

The injector is an appliance for delivering feed water to the boiler. In its simplest form it embodies three essential cones; the "steam" cone, the "combining" cone and the "delivery" cone. The steam cone admits the steam from the boiler to the injector, guides it in the direction in which it should flow, and limits by its bore the amount of steam passing through.

Steam leaving this cone comes into contact with the water from the tank/tender, is condensed by it and passes into the combining cone. When steam is allowed to expand in the steam cone from a higher to a lower pressure, a certain amount of heat is available for conversion into work and this is spent in giving velocity of the steam itself in the direction of its flow.

- a) The first point to remember is that the change from pressure energy to velocity energy is brought about in the steam cone.

In the combining cone, the slowly moving water combines with the swiftly moving steam and the function of this cone is to ensure that the steam jet is condensed by the water. The cooler the feed water the better the condensation of the steam. The combining cone is convergent in shape, the bore of the cone decreasing with the result that the jet consists, at its inlet end, of a mixture of steam and water, and at the outlet of a solid jet of hot water flowing with high velocity into the delivery cone. Between the combining cone and delivery cone, is a gap known as the overflow gap, through which excess steam and water are passed in the starting and finishing operation.

- b) The second point to remember is that the combining cone effects the complete combination of the steam and water into the solid jet by the condensation of the steam and the transference of its energy to the water.

The delivery cone is so constructed that the change from velocity to pressure energy takes place as uniformly as possible. The momentum of the jet, which is greatest at the smallest diameter of the delivery cone, is gradually reduced in velocity and increased in pressure sufficient to overcome the boiler pressure on top of the clack valve. The temperature of the feed water is usually increased by about 100° F in passing through the injector.

- c) The third point to remember is that the function of the delivery cone is to convert the velocity energy of the combined jet into pressure energy.

When using an injector, loco crew should pre-warn any staff standing or working near to the overflow pipe, before starting an injector. Further caution should be taken when approaching signalmen on the ground that are collecting/exchanging the train staff or token.

Prior to using the injector, the loco crew should ensure that the footplate watering hose tap is off and that the hose is stored clear from the footplate area.

Causes for Injector failure:

- a) Dirt or scale on injector cones or excessive wear or distortion of cones.
- b) Air leaks in the water supply.
- c) Feed water supply blocked. i.e. rags or foreign matter in the tank sieves.
- d) Feed water too hot.
- e) Clack valve not seating properly.

5. The liquid fuel needs to be atomized before it will burn: the atomizer does that job, mixing oil with steam under pressure.

6. Priming: the term "priming" describes a situation where water is carried with the steam into the cylinders, resulting at best in an adverse effect on lubrication and at worst severe damage to pistons, piston rods or cylinder covers, due to the incompressibility of water.

Priming is associated with an excess of indissoluble solids or salts in the feed water, a sudden demand for steam or too high level of water in the boiler. These causes can largely be avoided by regular boiler wash-outs and sensible engine management by the Driver and

Fireman.

7. Blast pipe: Exhaust steam after leaving the cylinders passes through the exhaust passages to the blast pipe cap, where it is slightly throttled so as to form a jet. The cap and the chimney are fixed on the same centre line and are proportioned in relation to one another so that the escaping jet of exhaust steam, when passing through the chimney, carries with it waste gases from the smokebox. Due to its air tightness, a partial vacuum is produced within the smokebox, thereby pulling air through the grate, the fire and the tubes. For this reason, the smokebox door must be airtight, the blast pipe centred with the chimney and the blower ring seated properly.

8. locomotive a doppia espansione o compound: vedi pagine 46-72 del volume di Giovanni Tey.

VII - Personale di macchina

Per una locomotiva a vapore è necessario il lavoro di varie persone:

1. Un Accenditore per l'accensione del fuoco
2. Accudienti "generici" per le soste prolungate
3. Uno (o due) fuochisti per la condotta della caldaia
4. Un macchinista, per la condotta del treno in corsa.

Riassunto

La locomotiva rimane con la caldaia accesa per le soste prolungate, e il fuoco è mantenuto dall'accudiente fino ad alcune ore prima della partenza, momento in cui il fuochista prende le consegne e comincia a portare la macchina, sempre lentamente (si consiglia sulle macchine antiche 1 atm/ora), alla pressione di lavoro. Cambia la disposizione del fuoco, spostando il carbone sui lati per incrementare il trasferimento di calore. Altro carbone acceso viene messo sotto la bocca da forno, per impedire all'aria fredda di entrare nel forno da quella parte, alterando il fuoco e rischiando di danneggiare la caldaia.

Avvia anche la pompa che carica il serbatoio dei freni: al momento di entrare in servizio la pressione deve essere al "livello di timbro" (al massimo) ed i serbatoi dei freni pronti all'uso. Ma mai far soffiare la valvola di sicurezza, che è tutta energia sprecata. E nemmeno utilizzare il soffiante in stazione dato che non si deve recar disturbo ai passeggeri con una pioggia di fuliggine (queste regole oggigiorno non vengono più rispettate o per lo meno non con l'attenzione di un tempo, ed anzi la nuvola di vapore derivante dal fischio della valvola di sicurezza Coale è sempre uno dei soggetti più fotografati in stazione).

Il macchinista prima della partenza verifica tutti i punti di lubrificazione.

Il macchinista prende in consegna la macchina più tardi, esegue personalmente un giro di ispezione per accertarsi che tutto sia a posto e riempire i vari serbatoi del lubrificante situati in vari punti del biellismo.

Al momento di partire il macchinista porta l'introduzione al massimo, sfrena la macchina ed apre il regolatore. In corsa regolerà la velocità agendo sia sul regolatore che sul grado d'introduzione, che comunque si cerca di tenere il più bassa possibile per sfruttare al meglio l'espansione del vapore.

In marcia il lavoro del fuochista si complica. Tanto per cominciare il treno è in movimento e quando spala il carbone deve avere un piede sul tender ed un piede sulla locomotiva.

Potete sperimentare la stabilità della cosa sostando brevemente - laddove consentito - nell'intercomunicante tra due vagoni, ma quello che potrete sperimentare è comunque poca cosa rispetto a quello che tocca al personale in cabina.

Deve rifornire la caldaia di acqua, per reintegrare quella utilizzata come vapore e deve far sì che la pressione sia sempre al massimo.

E quando immette l'acqua in caldaia la raffredda, quindi immediatamente deve provvedere a spalare il carbone.

E poi bagnarla, per non aver l'aria piena di polvere di carbone. Ed anche spazzar via quanto cade, che lo spazio non è né molto né stabile, meglio non ci siano cose estranee sotto i piedi.

Spazza (con pala e scopetto), bagna, spala, carica l'acqua, spazza, bagna, spala... avanti così per tutto il viaggio. Alla fine la sua pala avrà caricato in forno alcune tonnellate di carbone.

Per il macchinista la vita non è certo più facile. Ha la responsabilità della condotta del treno, tenendo d'occhio la linea ed i suoi segnali. E deve pure lui tenere d'occhio il livello dell'acqua in caldaia. Se questo scende troppo i tappi di sicurezza sul cielo del focolaio rimangono scoperti, si surriscaldano e fondono, facendo inondare e spegnere il fuoco della locomotiva, che resta immobilizzata. Ed ogni tanto prende anche lui in mano la pala, ché prima di avere i fregi d'oro sul berretto ha portato anche lui quelli d'argento da fuochista...

1. In generale

a) Oliare, ingrassare (svitando bulloni, iniettando, passando la mano) bielle, meccanismi, pulire (con stracci e stoppaccio): gesti antichi, ripetuti ad oltranza, automatici.....

b) Consapevolezza di appartenere ad una casta. Impressione destata dal vedere come un macchinista a riposo (ultra sessantenne) inforna la palata di carbone, dirigendola dove il fuoco va ravvivato, aprendo e chiudendo con perfetto sincronismo la bocca del forno (per evitare che si disperda il calore nell'atmosfera), controlla tutti gli indicatori, previene le variazioni di regime, ecc.

2. Compiti

a) Macchinista: 2 manometri, altezza acqua, velocità, rispetto orari, pendenza, ecc.

b) Fuochista

The duty of the fireman is to provide an adequate supply of steam at all times, and to match this requirement to the needs of the road and the driver, so as to maintain the required timetable, in such a way that the safety of the locomotive, its crew and passengers is maintained.

Only those who have been passed as competent are authorized to light fires in steam locomotives.

After booking on duty at the appointed time and reading the operating notices, the Fireman should ascertain which locomotive he is rostered to work and upon joining that locomotive make the following checks: - Water in the Gauge Glass.

- Handbrake hard on.
- Regulator shut.
- Reverser in mid-gear.
- Cylinder drain cocks open.
- Sufficient feed water in the tank/tender.

Under no circumstances should any controls be moved without first checking that fitters or other staff are not at work on the locomotive. All staff should particularly look out for "Not to be moved" boards.

Following these checks, the Fireman should draw from the appropriate locker the tools, lamps, oil bottles, oil feeder, detonators, coal pick, and shovel.

The lamps should be cleaned, filled with lamp oil, trimmed and where necessary lit. The oil bottles should be filled with the appropriate oil (taking care to put the right oil in the right bottle), wiped clean, and the tools and detonators, placed in the loco tool box, where fitted.

The Fireman should check that there is sufficient sand in the sandboxes and sweep away all ash and sand from the running plates. Any spilt coal on the locomotive roof should be removed and where necessary the coal in the bunker/tender trimmed, to prevent it from spilling over the edge.

Fire irons should be checked to see that they are safely stowed on the running plate or tender as appropriate. It is the Fireman's duty to clean the footplate, making sure that gauge glasses and protectors are clean, that you can see out of the windows and that every thing is clean, tidy and safe. Remember, if one has to spend all day on a locomotive, a clean footplate is much nicer and will no doubt be much appreciated by the driver.

When working trains, the Fireman should endeavor to keep a good head of steam and plenty of water in the boiler, at the same time keeping smoke to a minimum, particularly in station areas.

The Fireman should, when not engaged in other duties, also assist his driver by keeping a good lookout for signals, obstructions on the line and anything untoward with the train.

Fireman's duties also include the coupling and uncoupling of trains, together with taking water. Care should be taken when undertaking these duties to prevent limbs or clothing being caught up.

On returning back on shed after work, the Fireman should ensure that the feedwater in the tank/tender is full and that the boiler has sufficient water to be lit up for its next turn of duty.

The Fireman should then examine and empty the contents of the smokebox, throw out the fire (not forgetting to check the condition of the brick arch, tubes, stays, fusible plugs and grate) and clean the ashpan. With the latter, it is important that water is used to dampen the ash to prevent abrasive dry ash from getting on the motion. Any defects found should be reported to your Driver,

The locomotive should be left in a clean and tidy condition, as one would wish to find it, with the handbrake on, regulator shut, reverser in mid-gear, drain cocks open, and the blower control shut. During Winter months additional frost precaution duties will be required to be carried out and these will be listed on the notice board,

The lubricator should also be turned off, dampers and firehole doors shut to prevent cold air rushing through the boiler and causing excessively fast cooling down of the firebox and tube plates.

All tools, lamps (extinguished), detonators, coal pick, shovel and oil bottles should be returned to the appropriate locker, which should be locked and the key returned to the normal place.

When everything is in a satisfactory condition, the Fireman may then book off duty.

c) *Accudiente*. Prima di lasciare la loco al termine del servizio il macchinista e il fuochista hanno eseguito le verifiche tecniche, ripulito il ceneratoio dalle scorie della combustione e predisposto il fuoco per lo stazionamento. Nelle ore precedenti al prossimo periodo di accensione, entra in scena l'accudiente. Infatti, i forti costi connessi al mantenimento delle macchine accese per ore (sempre inferiore peraltro al costo di spegnerle e riaccenderle per il periodo di impiego successivo) hanno reso necessario l'impiego (in Italia

dal 1972) dagli accidenti, abilitati all'accensione delle locomotive e alla loro sorveglianza durante gli stazionamenti.

3. Esperienze vissute dal visitatore

- Avvicinandosi alla macchina accesa ma ferma: colpi di pressione del metallo che si adatta alle variazioni di temperatura, rumore ritmico dei compressori Westinghouse che inviano vapore alla pompa che riempie i serbatoi d'aria dei freni.
- Addestramento dell'ospite: salire e scendere di fronte alla scaletta, non salire sul tetto, non dare fastidio, non parlare al personale. In alcuni Paesi un patentino è obbligatorio per accedere alla cabina.
- Posizione dell'ospite in cabina: dietro al macchinista a destra, i piedi (o al massimo appoggiato).
- Sensazioni in cabina: odori, suoni (fischio, spurgo del vapore, click-clack dell'apertura della bocca del forno ad ogni palata di carbone), polvere in gola e negli occhi, occhiali, polvere nera sul corpo e sui vestiti, disidratazione, temperatura alta vicino alla bocca del forno (cioè ovunque in cabina), spifferi appena ci si avvicina alle aperture (collegamento al tender, finestre scorrevoli, porte, aperture nel cielo della cabina). Sensazioni in galleria, di notte, in curva: dipendere da controllori a terra: fiducia assoluta.
- In galleria: maschera antigas o stoppacci umidi sul naso, non aprire bocca della caldaia, aprire sportello nel plateboard (pavimento della cabina) per respirare aria non calda ed inquinata, chiudere finestre scorrevoli, non sporgersi per non ricevere scintille.

VIII - Sicurezza

Any pressure vessel that contains boiling water is a potential bomb. The most important consideration of all staff is that of safety. When joining a locomotive you should always check the following:

1. Water in the Gauge Class.
2. Handbrake hard on.
3. Regulator shut.
4. Reverser in mid-gear.
5. Cylinder drain cocks open.

When working in the loco yard, don't pass between buffers when they are close, (at least 6ft apart), taking particular care when shunting is taking place. Don't jump or stride across pits, even if walking round them takes longer.

Never jump off locomotives, take your time and climb down; you could catch your overalls on a lamp iron or other protruding objects.

Keep your working area tidy and avoid leaving obstacles where someone could trip over them.

When working on or preparing locomotives for service, you should never go underneath or in between the motion without using a "Not to be moved" board placed prominently on the locomotive. Further, you should chock the wheels and ensure that all staff working on that locomotive are aware of where you are. Never use or move any footplate controls without first checking that it is safe to do so.

When throwing out hot fires, smokebox and ashpan ash, take extra care. If you are in the area whilst loco disposal is being carried take care when walking past the locomotive.

Remember: think safety. Accidents cost lives.

IX - Accensione della locomotiva

1. Parte generale

Partendo a macchina spenta, con la caldaia riempita al punto giusto, si prepara il forno all'accensione utilizzando legna e stoppacci.

Una volta che il legname ha preso fuoco si comincia ad aggiungere carbone e si prepara il fuoco di stazionamento, portando lentamente (oggi, sulle macchine preservate, si consiglia 1 atmosfera/ora) la caldaia alla pressione di stazionamento che è di circa 4/5 atmosfere.

La salita di pressione deve essere lenta in quanto riscaldamenti repentini possono portare tensioni tra le varie parti che si sono riscaldate in modo differente, tensioni che possono causare danni soprattutto in presenza di materiali diversi con diverso coefficiente di dilatazione.

Il lavoro degli accudienti è solo relativamente facile dato che la macchina è ferma. Il "salsicciotto" del fuoco di stazionamento è comunque nella parte avanzata del forno e la bocca del forno è stretta: centrarla con la pala e far finire il carbone al posto giusto richiede pratica.

2. Sequenza di accensione

- Le locomotive a vapore richiedono lunghi tempi di accendimento e di messa in pressione della caldaia, e lunghi tempi per un graduale e corretto spegnimento. La macchina viene quindi mantenuta accesa fra un servizio e l'altro. Quando invece la loco deve essere accesa, si segue la seguente procedura.

1. Check water glass, check bottom try-cock, refill water tank if needed, add chemicals to water to reduce scaling and rust

2. Check bunker C fuel oil or coal, refill if needed

3. Check and fill sand dome

4. Check the firebox. If there is unburned carbon, get into firebox with a light and a pickaxe (being careful not to dislodge any of the firebricks), break the mass, toss them out, inspect the firebox, replace any dislodged brick, get tools outside, get out of firebox

5. Set a fan in the smokebox to provide a small amount of draft for the boiler

6. Start fire in firebox to warm up the engine (differences between oil and coal). Little by little, the boiler starts to warm up.

7. The steam pressure must increase. It's a balancing act: too much water and it takes too long to heat up. Too little: the water drops so low that you uncover the crownsheets and blow up. Always check the water glass.

8. Check lubrication points (on both sides: trailing trucks journals, springs, support bearings, spring lube pads on drivers, air compressor piston rods, crosshead guides, valve gear, piston rod packing, leading truck bearings, support bearings, slides; single equipment: power reverse gear, air compressor reservoir, electrical generator, firing valve shaft, gears, hydrostatic lubricator, automatic bell ringer; tender: journals, axle packing, bearing brass; between loco and tender: bearing surfaces for the drawbar

9. Start air compressors, electrical generators, brake system.

Duties of Steam raiser

Before lighting a fire in a locomotive, the steam raiser should check the following:

On the footplate:

- Sufficient water in the boiler.

- Handbrake on.

- Reverser in mid-gear.

- Cylinder drain cocks open.

In the firebox:

- No obvious leaks from the fusible plugs, tubes or stays.
- Brick arch complete.
- Grate area clean.

In the smokebox:

- No obvious leaks from the tubes or washout plugs.
- Clean smokebox floor.
- Close and tighten smokebox door to make airtight.

Around the locomotive:

- No obvious leaks from mudhole doors or washout plugs.
- Clean ashpan.
- Chimney cover removed.

If in any doubt do not light up the locomotive.

If the water level is considered to be too low when the locomotive is examined, it is often possible to fill the boiler with water by screwing the special adaptor into the injector overflow pipe and connecting up a hose from the water supply in the loco yard. If this does not work, do not attempt to remove a washout plug on the boiler for the purpose of introducing water.

4. Useful tips when carrying out firelighting:

- Close dampers; this reduces the amount of smoke.
- Spread small amount of coal on grate area and in back corners of the firebox.
- Throw in lighted paraffin soaked rags, but do not use an excessive amount of paraffin, as it will drip through the firebars and into the ashpan, using up the available oxygen before the air reaches the fire on the grate. A small amount of firewood can be used to assist in getting the fire started, but in general coal placed on burning rags will suffice.
- Build the fire up slowly - a large amount of coal will tend to black out the fire and hinder proper combustion.
- Apply the blower when a few pounds of steam pressure is available, with the aim of attaining 50psi of steam one hour before the locomotive is due off shed. More than this with a large fire will result in a wasteful use of fuel and constant blowing off at the safety valves.

X - Condotta

Quanto segue è solo una descrizione indicativa che non ha e non vuole avere lo scopo di mettere una persona in grado di guidare una locomotiva a vapore. Lo scopo è invece di tentare di conservare memoria di quello che è stato il lavoro del personale di macchina al tempo in cui in ferrovia servivano i muscoli.

Nella cabina di guida sono presenti vari dispositivi: valvole, leve, manometri, più una serie di attrezzi. Possiamo suddividerli grossomodo in due categorie:

1. Dispositivi relativi alla condotta della caldaia, usualmente di pertinenza del fuochista, o degli accudienti durante gli stazionamenti.

Abbiamo quindi la pala con cui si spala il carbone ed i "ganci" per intervenire sul fuoco nel forno (ad esempio per rompere i depositi di scorie o risistemare il carbone all'inizio ed alla fine dello stazionamento)

All'estero, dove le locomotive a vapore si sono evolute più che in Italia, sono state realizzate locomotive con uno "stoker" meccanico, un dispositivo in grado di trasportare il carbone dalla carboniera alla fornace. Legato all'uso dello stoker e parimenti assente dalle locomotive italiane è il dispositivo che consente di scuotere il letto di carbone o addirittura di rovesciare la griglia del forno per facilitarne ed accelerarne la pulitura.

Attacati direttamente alla parte posteriore della caldaia troviamo gli indicatori del livello dell'acqua, che deve essere sempre sufficiente a coprire la sommità del forno (cielo del focolaio - la cui posizione è indicata da una apposita targhetta) pena il surriscaldamento e la fusione dei tappi di sicurezza, con conseguente immobilizzazione della locomotiva (e relative sanzioni). Lo scoprimento del cielo del focolaio può avere conseguenze anche più disastrose e tragiche della fusione dei tappi, come lo scoppio della caldaia..

L'indicazione è data dal livello che l'acqua raggiunge in uno o due tubetti di vetro in comunicazione con la caldaia. Una serie di rubinetti consente di verificare il buon funzionamento degli stessi portandoli in comunicazione con l'atmosfera. Di ausilio all'indicatore, che può danneggiarsi in corsa, ci sono tre rubinetti che attingono alla caldaia ad altezze diverse. In condizioni normali dal più alto dovrebbe uscire solo vapore, dal più basso acqua, dal mediano una miscela. Viste le temperature in gioco, la manovra di questi rubinetti non è semplice. Dal pavimento fuoriescono poi le leve per azionare le saracinesche che permettono lo svuotamento della caldaia (ad esempio per la sua pulitura).

Per la regolazione del tiraggio abbiamo la valvola che permette di inviare al soffiante vapore prelevato dalla caldaia, creando un tiraggio artificiale, e, fuoriuscenti dal pavimento, le

leve per il controllo delle portelle del cineratoio (o ceneratoio o cineraio, a seconda delle influenze dialettali) usate per ridurre l'afflusso di aria al forno e calare quindi la fiamma (effetto opposto al soffiante).

Infine, tra i dispositivi per la condotta della caldaia, ci sono i dispositivi per rifornire d'acqua la caldaia: se le primissime locomotive si fermavano quando l'acqua in caldaia finiva ed in quelle di poco successive la pressione del vapore era sufficientemente bassa da essere vinta con una pompa a mano, nelle locomotive la cui pressione di caldaia supera le 10 atmosfere sono necessari dei dispositivi meccanici (iniettori) che riescano a vincere la pressione del vapore. Il tipo di iniettore più comune sfrutta il vapore della caldaia stessa per trascinare l'acqua con forza sufficiente da vincere la pressione che il vapore esercita sulla valvola di ritenuta.

Gli iniettori si attivano aprendo la relativa valvola del vapore, quindi il rubinetto dell'acqua. In certe situazioni si può intervenire sulla valvola di ritenuta per inviare il vapore al tender attraverso la condotta dell'acqua o per spurgare la stessa o per riscaldare il contenuto del tender quando la temperatura è particolarmente rigida.

2. Dispositivi relativi alla condotta del treno, di pertinenza del macchinista

I dispositivi relativi alla guida del treno comprendono "il regolatore", la leva con cui il macchinista comanda la valvola che regola la quantità e la pressione del vapore inviato al motore. La funzione è paragonabile a quella dell'acceleratore nella comune automobile, solo che non c'è un minimo, a regolatore chiuso non passa vapore.

La direzione ed il grado d'introduzione del vapore si controllano con la "leva (o volantino) di inversione di marcia". Questa può essere una lunga leva incernierata al pavimento della cabina oppure un volantino calettato su un albero con una vite senza fine. Ambedue i dispositivi agiscono sull'asta di comando dell'inversione che a sua volta alza o abbassa la testa della leva del corsoio nel glifo ed hanno un dispositivo che blocca il comando sulla posizione prescelta.

La funzione di questo dispositivo è in qualche modo paragonabile a quella del cambio nelle automobili in quanto permette sia di invertire la marcia sia di regolare la quantità di energia da utilizzare per una certa quantità di spostamento.

Le posizioni estreme in cima ed in fondo al glifo sono quelle di massima introduzione, in cui si utilizza la quantità massima di energia (ovvero vapore) per la corsa del pistone (si introduce vapore prelevato dalla caldaia per il 75% della corsa del pistone, e lo si lascia espandere per il rimanente 25%) mentre la posizione al centro, neutra, è quella in cui il

motore non è in grado di muoversi. In marcia usualmente si lavora con gradi di introduzione del 25%/30%.

Quando la locomotiva è in situazioni di aderenza difficile si attivano le sabbie per soffiare sabbia sotto le ruote per non farle slittare.

Chiudono l'elenco dei comandi di condotta quelli dei vari freni, quello manuale, meccanico, usato negli stazionamenti in quanto di lenta manovra ed attivo sulla sola locomotiva, quello moderabile, anche questo agisce sulla sola locomotiva ed infine il freno continuo, generalmente il Westinghouse. In Inghilterra si è usato il freno a vuoto, analogo come funzionamento con la differenza che nella condotta dei freni c'è il vuoto pneumatico invece di aria in pressione. Il freno a vuoto, potendo contare solo sulla pressione atmosferica, permette frenate meno energiche. Originariamente non si poteva regolare l'azione del freno continuo, da qui il nome di moderabile dato all'altro freno.

Sempre relativa al freno pneumatico c'è la valvola che permette di inviare vapore alla pompa che riempie i serbatoi d'aria dei freni. È questa pompa la responsabile del rumore ritmico che si sente vicino ad una locomotiva in sosta ed in attesa di partire.

Chiude la carrellata la valvola che permette di inviare vapore nelle condotte del riscaldamento dei vagoni.

In Italia, come abbiamo visto, il soffiante, le valvole per gli iniettori, quella per la pompa dei freni e quella per il riscaldamento delle carrozze sono riunite nel "gruppo Ansaldo".

3. Singoli meccanismi, manovre, procedure

A. Manovra del regolatore e della leva d'inversione

Il moto dei treni consta di una serie di tre fasi e cioè:

- a) periodo di avviamento, di moto accelerato;
- b) periodo di moto uniforme, a velocità normale;
- c) periodo di rallentamento per la fermata.

Nel primo lo sforzo di trazione della locomotive dev'essere superiore alla resistenza del convoglio, tanto più quanto più presto è necessario per le esigenze dell'orario il raggiungere la velocità normale e quanto maggiore è tale velocità. Nel secondo periodo lo sforzo di trazione è eguale alla resistenza del treno; nel terzo lo sforzo di trazione è nullo.

Oltre a queste oscillazioni periodiche vi sono poi le variazioni della resistenza del treno: la resistenza d'un convoglio varia fra limiti molto estesi a seconda della sua composizione, della sua velocità, del profilo della linea da percorrere, della velocità e della direzione del vento e d'altre cause di minor conto.

Di conseguenza il lavoro che si richiede da una locomotive varia fra limiti estesissimi in funzione della resistenza da vincere: sarà massimo nella fase di avviamento e praticamente nullo nella fase di rallentamento.

La gestione del lavoro svolto da una locomotiva si può ottenere variando:

- a) la pressione iniziale (in caldaia) del vapore;
- b) la grandezza della bocca di presa del vapore dalla caldaia ovvero la quantità di vapore che viene fatta fuoriuscire dalla caldaia;
- c) l'intensità dei passaggi di vapore nelle camere degli stantuffi e la durata dei passaggi di vapore dalla camera dei distributori alla camera degli stantuffi (luci di ammissione).

Il primo modo è assolutamente da scartare. Nelle motrici a vapore per avere un funzionamento economico occorre impiegare il vapore alla più alta pressione concessa dal timbro della caldaia: inoltre le variazioni di pressione in caldaia non possono ottenersi rapidamente, non possono essere continuamente ripetute, anzi devono essere evitate quanto si può per la buona conservazione delle caldaie.

Le continue oscillazioni nello sforzo delle locomotive si devono quindi ottenere:

- a) variando l'orifizio di presa del vapore dalla caldaia, cioè manovrando la leva del regolatore,
- b) variando la durata del passaggio del vapore nella camera dello stantuffo, cioè manovrando la leva di inversione di moto. Quanto più la leva di inversione di moto è vicina allo zero della distribuzione, tanto minore è la frazione di corsa dello stantuffo in cui si dà vapore allo stantuffo stesso, tanto minore in altri termini è il periodo d'ammissione, tanto maggiore è il periodo d'espansione, tanto migliore in ultima analisi la utilizzazione del vapore.

D'altra parte il diminuire l'ampiezza dell'apertura del regolatore può essere sovente utile e qualche volta necessario colle locomotive a vapore saturo dal punto di vista di ridurre la quantità d'acqua trascinata dal vapore, mentre lo strozzare le luci d'ammissione può dare l'effetto contrario.

Inoltre quanto minore è il grado d'ammissione tanto è maggiore il grado di compressione, d'ammissione anticipata e di scarica anticipata e questi periodi passivi crescono tanto rapidamente in molte distribuzioni da rendere illusorio il vantaggio delle piccole ammissioni. Infine si aumentano i danni derivati dalle trasmissioni di calore fra vapore e cilindro.

In via di massima le variazioni dello sforzo delle locomotive si ottengono manovrando la leva di inversione e tenendo aperto il regolatore di pressione; però in corrispondenza di

piccoli gradi d'ammissione si deve stabilire per ogni tipo di locomotive il punto critico, oltre il quale non conviene ridurre la corsa del distributore.

Partenza del treno. Nel momento in cui si mette in moto il treno, e cioè quando si domanda alla locomotiva il massimo sforzo, si deve aprire moderatamente il regolatore di pressione e contemporaneamente portare la leva di inversione del moto a fondo di corsa: è indispensabile che le luci d'ammissione siano bene aperte.

Graduale accelerazione del convoglio. Quando il convoglio comincia a muoversi, si avvicina lentamente la leva di inversione del moto allo zero o punto morto della distribuzione e contemporaneamente si apre sempre di più il regolatore di pressione: la prima manovra deve essere tanto più in ritardo rispetto alla seconda quanto maggiore è il peso e la velocità del treno da rimorchiare e quanto maggiori sono le difficoltà della via da percorrere.

Il treno procede a velocità costante. Una volta raggiunta la velocità normale, lo sforzo della locomotiva, a parità delle altre condizioni, può essere ridotto: allora si avvicina maggiormente la leva al punto morto fino a trovare la posizione di equilibrio fra lo sforzo della locomotiva e la resistenza del treno in corrispondenza delle diverse tratte.

Rallentamento della corsa. In questa fase è la forza d'inerzia del convoglio che ne determina il moto: si chiude il regolatore di vapore e si porta subito la leva di inversione in fondo di corsa avanti. Tale manovra della leva di inversione è necessaria perché a regolatore chiuso, nel periodo di espansione si ha un lavoro di rarefazione con azione ritardatrice sullo stantuffo mentre nel periodo di scarica anticipata si ha una aspirazione di gas dalla camera fumo; occorre dunque avere la leva nella posizione che rende minimi i periodi di espansione e di scarica anticipata. Così facendo si utilizza meglio la forza viva del treno e si evitano guasti ai distributori.

A regolatore chiuso, mentre da una faccia dello stantuffo v'è lavoro di rarefazione, dall'altra v'è lavoro di eliminazione di vapore: un distributore a cassetto, non essendo tenuto in posto da forti differenze di pressione, permette passaggi di gas dalla camera fumo alla camera di distribuzione e così non si hanno grandi squilibri di pressione, i quali esercitano un'azione ritardatrice sulla locomotiva; ma con distributori a stantuffo i ritorni di gas dalla camera fumo alla camera di distribuzione sono resi impossibili, ed allora vi si rimedia in parte applicando ai cilindri le valvole d'aspirazione che lasciano entrare l'aria esterna riducendo di molto la resistenza degli stantuffi. Inoltre si applica ai cilindri una valvola detta d'equilibrio che permette di dare e di togliere la comunicazione fra le due parti del cilindro divise dallo stantuffo motore; aprendosi tale valvola la resistenza al moto dello stantuffo col regolatore

chiuso è pressoché nulla. Per ulteriori elementi sulla distribuzione, vedi pagine 15 – 16 del volume di Giovanni Tey.

Si noti che questa valvola dà anche un mezzo sicuro per impedire ad una locomotive ferma senza scorta di personale di mettersi in moto per effetto del proprio vapore.

B. Alimentazione del fuoco in caldaia

Il regime del fuoco in caldaia dipende dalla quantità di carbone e dalla quantità d'aria.

Il carbone deve formare uno strato più o meno alto sulla griglia a secondo della sua qualità: la sola pratica può dare le necessarie indicazioni.

La quantità d'aria che lo attraversa dipende in un dato forno dall'altezza dello strato di combustibile, dalla distribuzione e dalle dimensioni dei pezzi di combustibile, dalla maggiore o minore apertura delle porte del ceneratoio, dalla intensità dello scappamento.

L'altezza dello strato dev'essere tanto più ridotta, quanto più minuto e più grasso è il carbone, perché più facilmente se ne ostruiscono gli interstizî.

Inoltre lo strato dev'essere più alto vicino alla piastra tubolare, dove la chiamata dell'aria è più energica, che non nella parte posteriore del forno; la differenza è tanto più sensibile quanto più lungo è il forno, specialmente se non c'è, o se si trova in cattive condizioni il voltino. Per le locomotive a vapore surriscaldato vedasi quanto è detto più avanti.

Soprattutto vanno evitati con gran cura i buchi nello strato di carbone, perché da questi passa troppa aria a scapito degli altri interstizî; ne conseguirebbe un raffreddamento per passaggio di aria in eccesso in un punto e imperfetta combustione del carbone per mancanza d'aria negli altri.

Le cariche vanno sempre fatte a piccola quantità perché in caso contrario si raffredda il forno e si ostruiscono facilmente i passaggi dell'aria.

Lo strato di combustibile non deve mai essere tenuto tanto alto da toccare il voltino perché si verrebbe a ridurre molto la potenza della griglia.

Se il carbone contiene grandi quantità di polvere è buona regola il bagnarlo per impedirgli di essere trascinato non bruciato nella camera fumo.

Le porte del ceneratoio di regola vanno tenute aperte; si chiudono quando la pressione giunge al limite massimo e la caldaia è a sufficienza alta d'acqua. Il danno d'un eccesso d'aria è minore di quello della deficienza di aria. Poi la chiusura delle porte e quindi l'eccessiva quantità di scorie nel ceneratoio può facilmente determinare l'arroventamento delle barre di griglia, la conseguente loro deformazione ed il deposito di scorie con grave danno alla buona

ripartizione dell'aria. La griglia deve essere sempre tenuta ben pulita dai depositi di scorie e non si deve lasciar accumulare la cenere in quei ceneratoi che non si vuotano da sé.

L'azione dello scappamento si regola da sé: quanto maggiore è lo sforzo della locomotiva, tanto maggiore è la quantità di vapore che esce dallo scappamento e quindi tanto maggiore è la chiamata d'aria.

La migliore combustione è quella:

- a) che non dà fumo, perché il fumo è carbone che esce non bruciato dal camino per mancanza d'aria;
- b) che dà poca polvere nella camera fumo perché essa è carbone minuto trascinato senza bruciare dalla corrente di aria troppo forte;
- c) che non fa rumore, perché le vibrazioni che in certi casi si possono udire sono prodotte dall'aria che traversa il carbone con eccessiva velocità.

Seguendo queste norme, bisogna cercare di lavorare colla pressione massima consentita dal timbro della caldaia, perché questo è il regime più economico e di evitare salti bruschi di temperatura, perché sono dannosissimi per tutte le parti della caldaia.

Quando lo scappamento non funziona, come nelle lunghe discese o durante gli stazionamenti, e quando per speciali condizioni della caldaia o del servizio, lo scappamento non basta a dare l'aria occorrente, si ricorre al soffiante, il quale produce una forte chiamata di aria nel forno. La chiamata non deve però essere esageratamente superiore al bisogno, altrimenti si ha una perdita di calore per riscaldare l'eccesso d'aria, e l'aria, assumendo una velocità troppo forte nei tubi, non arriva a cedere loro che piccola parte del calore assorbito.

Servendosi senza criterio del soffiante si può dunque ottenere l'effetto opposto a quello che si desidera, soprattutto se la griglia non è bene coperta.

Occorrendo per lunghi stazionamenti di diminuire l'attività della combustione si può chiudere l'orifizio del camino; ma anche qui bisogna procedere cauti, perché, interrompendo ad un tratto la corrente dei gas caldi, si ha un forte raffreddamento alla caldaia. Bisogna dunque chiudere innanzi tutto le porte del ceneratoio per ridurre l'attività della corrente, poi ammonticchiare il fuoco sotto la piastra tubolare e coprirlo con carbonella per raffreddare i gas e, quando la caldaia si sarà raffreddata, allora solo si potrà chiudere il camino.

C. Alimentazione dell'acqua in caldaia

L'altezza più conveniente alla quale tenere il livello dell'acqua in caldaia varia da caldaia a caldaia: in via generale la più conveniente è l'altezza massima alla quale si può produrre vapore non molto umido.

Una forte scorta d'acqua in caldaia permette alla locomotiva un lavoro più intenso; rende meno sensibili gli abbassamenti di temperatura quando funzionano gli iniettori; rende più facile alimentare a piccole dosi e interpolando le cariche di carbone; dà maggiori garanzie di sicurezza per la caldaia.

Prima di iniziare una forte discesa: si deve essere sicuri che anche con una forte frenatura il cielo del forno abbia sempre sopra di sé uno strato d'acqua sufficiente per proteggerlo dai colpi di fuoco.

Infatti, impegnando una forte discesa, il livello si abbassa considerevolmente nel tubo indicatore:

- a) per il fatto che la inevitabile chiusura del regolatore riduce di molto il fenomeno ben noto del gonfiarsi dell'acqua per lo sviluppo delle bolle di vapore;
- b) per il rinculo all'atto della chiusura del regolatore, con il conseguente spostamento in avanti dell'acqua;
- c) per il fatto che la locomotiva abbassa la parte anteriore in confronto della posteriore, la quale viene ad essere meno provvista d'acqua.

Se a queste cause di abbassamento del livello dell'acqua sul cielo del forno si aggiungesse eventualmente una rapida frenatura, la quale aumenterebbe di gran lunga lo spostamento in avanti per inerzia della massa d'acqua, si arriverebbe ad oscillazioni di livello nel tubo indicatore superiori alla lunghezza visibile del tubo stesso.

Forte salita con forte carico: occorre mettersi in condizione di percorrerla senza necessità di alimentare d'acqua la caldaia per lo meno in corrispondenza ai punti più faticosi. Durante la salita si può lasciar discendere il livello per alimentare al termine: il termine di una salita è il solo caso in cui il regolarsi automatico dell'attività della combustione in caldaia fa difetto perché avendosi fuoco vivo occorre poco o punto vapore: colà occorre dunque alimentare per impedire una forte intempestiva produzione di vapore.

Livello d'acqua troppo alto: conduce ad un trascinarsi d'acqua nei collettori e nei cilindri con forte perdita di rendimento del meccanismo e con pericolo di rottura dei cilindri.

Modalità di alimentazione: si deve sempre osservare se l'indicatore segue bene le presumibili variazioni di livello d'acqua e quando non si alimenta deve si notare se l'indicatore segue senza ritardi le variazioni di pendenza della linea: in caso contrario si deve controllare ripetutamente le indicazioni del tubo con quelle dei rubinetti di prova. Alimentando si deve osservare anche se il manometro si abbassa in ragione dell'acqua mandata in caldaia. Non si

dimentichi mai di evitare bruschi salti di temperatura e quindi si alternino piccole cariche di carbone con piccole immissioni d'acqua.

Cielo del forno: se per un motivo qualunque si ha il sospetto di aver lasciato scoperto il cielo del forno, si deve spegnere senza esitazione il fuoco e sospendere le immissioni d'acqua in caldaia. La caldaia non può assolutamente essere riaccesa senza una visita del personale superiore.

D. Ripristino livello nel serbatoio dell'acqua.

L'elevato consumo di acqua richiede il tempestivo ripristino del livello del serbatoio di riserva attingendo agli impianti di rifornimento opportunamente disposti periodicamente lungo la linea ferroviaria.

Per avere un'idea della frequenza di una tale operazione si pensi che, nel caso della Ferrovia Ora-Predazzo (con sviluppo di 50 chilometri ed un dislivello di 900 metri), un viaggio completo di andata-ritorno richiedeva fino a cinque rifornimenti di acqua. In media uno ogni venti chilometri, ma certo la frequenza era maggiore nel lungo tratto in salita da Ora sino a San Lugano.

E. Scivolamento delle ruote

Le locomotive sono studiate in modo da avere una aderenza proporzionata allo sforzo che sono capaci di sviluppare in servizio in condizioni atmosferiche normali.

Se, per eccessiva resistenza del treno o per cattive condizioni delle rotaie lo sforzo della locomotive diventa superiore all'aderenza, le ruote scivolano, il treno perde velocità, si hanno urti fra locomotiva e veicoli, tutto il meccanismo della locomotiva assume una velocità eccessiva, la caldaia diminuisce rapidamente di pressione.

Per evitare questi fenomeni dannosi il macchinista ha due mezzi: la diminuzione dello sforzo o l'aumento dell'aderenza. La prima manovra è più rapida tanto d'esecuzione come d'effetto, non c'è che muovere verso la chiusura la leva del regolatore sino a scivolamento arrestato; ma essa ha il grande inconveniente di diminuire di più la velocità del treno, sicché dopo, per recuperare il tempo perduto, si deve esercitare uno sforzo superiore a quello che prima produceva lo scivolamento.

Più razionale è l'aumentare l'aderenza con l'uso della sabbia, ma per essere efficace deve essere usato prima che il meccanismo abbia assunto velocità eccezionali, altrimenti si è costretti a combinare una manovra coll'altra e cioè diminuire immediatamente la presa di vapore, dare la sabbia e riaprire il regolatore appena la rotaia sia stata coperta.

L'attrito delle rotaie diminuisce rapidamente quando esse sono umide e peggio ancora quando sono umettate dal vapore grasso che esce dai cilindri: in generale offrono poca aderenza le rotaie nelle gallerie e nei punti dove ordinariamente si fermano le locomotive in stazione. D'altra parte il mettere in moto un convoglio richiede sempre uno sforzo considerevole, molto superiore al normale anche se il treno ha un peso proporzionato alla locomotive. Due quindi sono le cause che rendono frequente lo scivolamento delle ruote della locomotive alla messa in moto dei treni sicché buona regola è il prevenire lo scivolamento coll'aprire quando occorre l'apparecchio di sabbiatura ad aria contemporaneamente al regolatore. Si aggiunga che questo apparecchio tanto utile diventa mal sicuro quando si adopera raramente perché i tubi si possono facilmente ostruire.

F. Eiezioni d'acqua dal camino

Quando dallo scappamento assieme al vapore esce anche acqua si devono subito aprire gli scarichi dei cilindri.

Se il fenomeno dipende dal raffreddamento dei cilindri il provvedimento basta; ma se il fenomeno dipende non solo da vapore condensato nei cilindri ma anche e soprattutto da acqua trasportata dal vapore o pel livello d'acqua troppo alto, o per sostanze grasse in caldaia, o per troppa rapida manovra d'apertura del regolatore, allora oltre ad aprire gli scarichi bisogna provvedere a restringere o magari a chiudere, se v'è necessità, la presa di vapore per trattenere quanto più è possibile l'acqua e per tagliare la corrente tumultuosa che si stabilisce in caldaia.

Del resto quando si nota che l'ebollizione in caldaia è tumultuosa, che l'acqua è sporca, che le variazioni di livello sono molto sensibili alla manovra del regolatore, si deve stare molto attenti al pennacchio di vapore che esce dal camino, si deve stare bassi d'acqua e alti di pressione, si deve tenere il regolatore meno aperto che sia possibile, lavorando, se occorre, con poca espansione, si deve manovrare il regolatore colla massima cautela sempre cioè per piccoli gradi.

Senza queste precauzioni si può determinare facilmente la rottura dei cilindri, o per lo meno si diminuisce di molto la potenza della locomotiva, si espone il forno al rischio d'essere bruciato per l'impossibilità di sopperire cogli iniettori all'acqua trascinata nei cilindri e infine si insudiciano passeggeri, agenti e materiale.

G. Osservazioni sullo scappamento

Quando la locomotive lavora, ad ogni giro di ruota motrice si odono quattro colpi di scappamento, i quali a macchina perfettamente regolata devono essere uguali d'intensità ed

ugualmente distanziati fra loro; se questa uguaglianza di intensità e di distanza non c'è bisogna cercare di correggere la distribuzione variando la lunghezza dei pezzi che la comandano.

Se si ode un colpo di scappamento più forte o più debole degli altri occorre notare quale manovella si trova in quell'istante ad un punto morto e così si può precisare da qual parte c'è eccesso o deficienza d'ammissione di vapore: se ad esempio si ode un colpo più forte degli altri quando la manovella destra è al punto morto anteriore vuol dire che vi è un eccesso d'ammissione alla parte posteriore dei cilindro destro e quindi necessita ridurre lo spostamento del distributore verso l'avanti.

Prendendo in osservazione il solo moto in avanti d'una locomotiva possono presentarsi tre casi d'ineguaglianza dei colpi di scappamento:

1° caso: un colpo forte

uno giusto

uno debole

uno giusto

si nota allora quale manovella è al punto morto all'istante del colpo forte: se v'è una manovella al punto morto anteriore si accorcia da quella parte della locomotiva l'asta dei distributori a stantuffo e si accorcia l'asta dei distributori a cassetto; se v'è una manovella al punto morto posteriore si fa la manovra opposta;

2° caso: un colpo forte

uno forte

uno debole

uno debole

si accorciano le aste di entrambi i distributori a stantuffo o si allungano le aste di entrambi i distributori a cassetto se i due colpi forti si hanno ai punti morti anteriori; si fa la manovra opposta se i due colpi forti si hanno ai due punti morti posteriori, si allunga un'asta e si accorcia l'altra se il colpo forte corrisponde al punto morto all'indietro d'una manovella e all'avanti dell'altra;

3° caso: un colpo forte / uno debole

uno forte / uno debole

in questo caso v'è un cilindro che ha più ammissione dell'altro e bisogna, a seconda dei casi, cambiare, l'angolo di calettatura alle leve laterali dell'albero di distribuzione, o la lunghezza di tali leve, o la lunghezza dei tiranti applicati a queste leve. Possono trovarsi anche

a disuguali altezze i sopporti dell'albero di distribuzione e nelle distribuzioni Walschaerts possono essere ad ineguali altezze i sopporti dei glifi. Tutti questi difetti non possono essere trovati senza un accurato studio e non possono essere tolti in breve tempo: non si devono quindi fare inutili tentativi, ma soltanto avvertire il capo deposito.

H. Locomotive a vapore surriscaldato

Gli scopi del surriscaldamento del vapore sono:

- a) soppressione dell'acqua trascinata dal vapore;
- b) soppressione del fenomeno di periodica condensazione nel cilindro;
- c) aumento del volume del vapore.

Sembra anche accertato che il vapore surriscaldato sia un conduttore del calore assai meno buono del vapore saturo, di modo che col surriscaldamento si ha anche il vantaggio di una minore dispersione di calore.

Dei vantaggi inerenti alla soppressione del trascinamento dell'acqua è inutile parlare, perché troppo evidenti: vedasi del resto quanto si è detto parlando delle eiezioni d'acqua dal camino.

Esaminiamo piuttosto le altre due questioni e premettiamo che un vapore si dice surriscaldato quando, non essendo più in contatto con l'acqua, viene portato ad una temperatura superiore a quella alla quale venne generato.

Il vapore saturo d'una caldaia che lavora a pressione di 10 kg per cmq. ha una temperatura di 183°; se noi lo riscaldassimo in contatto dell'acqua di altri 8° avremmo del vapore saturo sotto pressione di 12 kg; se noi invece lo scaldiamo di 8°, quando non è più in contatto dell'acqua, abbiamo del vapore surriscaldato di 8° sotto pressione ancora di 10 kg.

Nel vapore saturo ad una data temperatura corrisponde sempre una data pressione e viceversa; col vapore surriscaldato la temperatura può salire comunque al di sopra di quella del vapore saturo, dando luogo ad aumento di pressione quando non si varia il volume, oppure ad aumento di volume quando non si varia la pressione, come si fa nelle locomotive.

Il vapore surriscaldato è uno stato intermedio fra quello del vapore saturo e quello dei gas e tanto più le sue leggi si accostano a quelle dei gas, quanto maggiore è il suo grado di surriscaldamento.

Ciò premesso vediamo come si comporta il vapore saturo durante il suo lavoro entro il cilindro d'una locomotiva.

Supponiamo pure che esso entri, cosa che non si verifica mai, assolutamente privo d'acqua nel cilindro: trovando il cilindro a temperatura più bassa della sua, esso in parte si

condensa e si deposita sotto forma di minute goccioline che coprono l'interno del cilindro; il calore perduto dal vapore riscalda le pareti del cilindro e quando comincia la scarica la pressione si riduce al punto di diventare inferiore a quella che corrisponde alla temperatura delle pareti del cilindro; allora il cilindro restituisce al vapore il calore sottrattogli, rievaporizzando l'acqua depositata sulle sue pareti: la rievaporizzazione, resa facile dalla stato d'estrema divisione dell'acqua, raffredda di nuovo rapidamente il cilindro e riscalda il vapore che non lavora più. Riassumendo: ad ogni corsa dello stantuffo v'è una sottrazione di temperatura, e quindi di pressione, al vapore attivo e una elevazione di temperatura al vapore inattivo.

Supponiamo ora di mandare nel cilindro invece di vapore saturo vapore sufficientemente surriscaldato: questo all'entrata nel cilindro troverà una temperatura un poco più bassa e quindi subirà una lieve diminuzione di temperatura, ma non condensazione, ed all'uscita avrà un lieve aumento di temperatura, ma non rievaporizzazione. Dunque nel secondo caso si risparmia il calore latente della massa condensata nel primo caso; circa 530 calorie per ogni kg di vapore condensato e cioè oltre 10 volte quanto si perde per l'abbassamento di 100° di un'eguale massa di vapore surriscaldato.

Quanto al terzo dei vantaggi del surriscaldamento enumerati, quello cioè dell'aumento di volume notiamo che il volume del vapore surriscaldato è, a pressione costante, sensibilmente proporzionale per gli alti gradi di surriscaldamento alla sua temperatura, purché si cominci a misurare questa a partire da 273° sotto zero; il vapore saturo a 10 kg ha la temperatura di 183° ; riscaldandolo a 320° senza variarne la pressione prende un volume che sta assai approssimativamente al primo come $(273 + 320) / (273 + 183)$ cioè in cifra tonda come $3/4$, quindi collo stesso peso di vapore si possono fare 4 corse dello stantuffo in luogo di 3.

L'economia dovuta alla soppressione della condensazione nel cilindro è tanto maggiore quanto minore è il grado d'ammissione, mentre l'economia dovuta all'aumento di volume è tanto maggiore quanto maggiore è l'ammissione: la prima è sempre maggiore della seconda, ma ambedue si verificano sempre, e possono giungere per l'acqua sino al 35% dei consumi normali.

L'economia del combustibile è alquanto minore per diverse ragioni, ma soprattutto perché il surriscaldamento richiede calore oltre quello necessario per la produzione del vapore; i prodotti della combustione dovendo nella tubiera, non solo vaporizzare acqua, ma anche riscaldare il vapore, devono uscire dalla tubiera stessa ad una temperatura molto più

alta non solo in quei tubi ove la maggior temperatura è utilizzata, ma anche in quelli dove non è utilizzata, perché non tutti i tubi del fumo sono adoperati per surriscaldare il vapore. E' minore il salto di temperatura dei gas che si può utilizzare e quindi minore l'economia realizzabile.

Il surriscaldamento si fa nelle file superiori dei tubi bollitori nei quali sono situati appositi tubi in cui il vapore, dopo essere uscito dalla valvola di presa vapore in duomo, è fatto circolare prima di arrivare ai cilindri.

Questi tubi si chiamano tubi surriscaldatori e fanno capo ad un collettore detto camera collettrice del vapore.

La condotta del fuoco dovrà esser fatta tenendo presente che la parte anteriore della griglia è quella che dà la fiamma alla parte inferiore della tubiera, dove non c'è surriscaldamento; la parte posteriore dà la fiamma alla parte più alta dove vi sono i tubi più grossi che contengono quelli del surriscaldamento.

Si deve tener presente che l'economia d'acqua e di carbone è tanto maggiore quanto maggiore il grado di surriscaldamento. Verso 320° è sicura, in condizioni normali, anche per le minori ammissioni, la soppressione del fenomeno di condensazione nel cilindro, soppressione che è il maggior vantaggio del surriscaldamento. Oltre quel limite cessa la maggior fonte di economia e si corre il rischio di far colare le guarnizioni delle aste degli stantuffi e di guastare i cilindri per mancanza di lubrificazione, la quale deve essere maggiormente curata perché è sempre molto difficile alle alte temperature.

E' evidente che il surriscaldatore funziona solo quando la locomotive lavora, perché riscalda il vapore nel suo passaggio dalla caldaia ai cilindri, e che richiede molto consumo di calore che solo il tiraggio prodotto dallo scappamento può fornire: quindi a locomotive ferma la temperatura del collettore discende rapidamente.

In caso di guasti ai tubi del surriscaldatore bisogna sopperire possibilmente con molta attività di combustione. Bisogna sempre usare grandi cautele nel toccare le loro guarnizioni, perché facilmente si possono causare avarie maggiori di quelle che si volevano togliere.

Si tengano sempre ben puliti i tubi di surriscaldamento servendosi d'un forte getto di vapore e delle apposite lance: la manovra deve essere fatta dalla parte del forno perché dalla parte della camera fumo gli stessi tubi del vapore surriscaldato sono d'impedimento.

Vedi anche pagine 33-34, 73-94 del volume di Giovanni Tey.

I. Lubrificazione dei cilindri

Alla buona conservazione dei cilindri si provvede con pompe lubrificanti, che sono vasi pieni d'olio ove parecchi stantuffi lavorano a spingere l'olio in appositi condotti comunicanti col corpo principale del cilindro e colla camera di distribuzione.

Gli stantuffi sono mossi da un albero orizzontale comandato da una manovella che riceve il movimento da un organo del meccanismo della locomotiva a mezzo di una apposita bielletta.

Le oscillazioni della manovella possono essere rese più o meno ampie a seconda del maggiore o minor bisogno d'olio, variando sulla medesima il punto di applicazione della bielletta: a tale scopo la manovella porta una serie di fori dal fulcro.

Il moto oscillatorio della manovella è trasformato in moto rotativo dall'albero di comando degli stantuffi mediante un sistema di ruote dentate e nottolini o mediante rulli: questa disposizione permette in modo facile la manovra a mano che devesi sempre fare all'inizio per riempire d'olio le tubazioni e provvede in modo facile ad ogni eventuale bisogno d'uno straordinario afflusso d'olio.

Il collegamento dei tubi dell'olio coi cilindri è fatto con l'intermediario d'una valvoletta di ritengo che non permette l'entrata nei tubi al vapore dei cilindri. In caso di guasti alle valvole od ai tubi questi ultimi non devono mai essere tappati perché potrebbero scoppiare.

Le valvolette portano anche un foro di spia che permette di constatare l'afflusso dell'olio.

Il vaso dell'olio porta alla bocca un filtro attraverso il quale si deve sempre far filtrare, versandolo, il lubrificante per impedire il passaggio ad impurità che potrebbero compromettere il funzionamento delle pompe. Questo filtro deve sempre essere mantenuto in posto e ben pulito.

J. Frenatura

a) emergenza: nei casi di estrema urgenza si può ottenere la fermata di un convoglio portando la leva d'inversione di moto in fondo corsa in senso opposto alla direzione del convoglio stesso, producendo così sullo stantuffo uno sforzo contrario a quello che prima determinava il moto.

La manovra per l'arresto rapido è la seguente:

1° chiudere totalmente il freno continuo se c'è;

2° fischiare per domandare i freni a mano se non c'è il freno continuo;

3° rovesciare completamente la leva d'inversione di moto;

4° aprire il regolatore di pressione se è chiuso;

5° dare sabbia alle rotaie;

6° aprire un poco i rubinetti di scarico dei cilindri.

b) graduale: Nell'arresto graduale l'azionamento dei freni è preceduto dal progressivo rallentamento della velocità ottenuto agendo opportunamente sul Regolatore di Pressione e sulla Leva di inversione del moto (si veda in proposito il contenuto del paragrafo 1). Solo nella fase finale di fermata sarà indispensabile attivare la leva del freno in modo da consentire una arresto non repentino.

c) frenata in discesa: Nella frenata in discesa è necessario graduare la pressione applicata ai freni in modo da moderare la velocità mantenendola nello stesso tempo quanto più possibile costante.

K. Controllo temperatura

La temperatura dell'acqua nella caldaia dipende dal regime del fuoco in caldaia che a sua volta è determinato dalla quantità di carbone e dalla quantità d'aria immesse nel forno.

Ritengo interessante riportare una sintesi di norme finalizzate ad ottenere una corretta gestione della combustione. Il loro obiettivo è di far lavorare la macchina alla pressione massima consentita dal timbro della caldaia, perché questo è il regime più economico, evitando salti bruschi di temperatura, perché dannosissimi per tutte le parti della caldaia.

La migliore combustione è quella:

- che non dà fumo, perché il fumo è carbone non bruciato che esce dal camino per mancanza d'aria;
- che dà poca polvere nella camera fumo perché essa è carbone minuto trascinato senza bruciare dalla corrente di aria troppo forte;
- che non fa rumore, perché le vibrazioni che in certi casi si possono udire sono prodotte dall'aria che traversa il carbone con eccessiva velocità.

Il carbone deve formare uno strato più o meno alto sulla griglia a secondo della sua qualità.

La quantità d'aria che attraversa lo strato di carbone dipende

- dall'altezza dello strato di combustibile
- dalla distribuzione e dalle dimensioni dei pezzi di combustibile
- dalla maggiore o minore apertura delle porte del ceneratoio
- dalla intensità dello scappamento.

Le cariche vanno sempre fatte in piccola quantità per evitare il raffreddamento del forno e l'ostruzione dei passaggi dell'aria

Lo strato di combustibile non deve mai essere tenuto tanto alto da toccare il voltino perché si verrebbe a ridurre la potenza della griglia.

Se il carbone contiene grandi quantità di polvere è buona regola bagnarlo per impedire che sia trascinato non bruciato nella camera fumo.

La griglia deve essere sempre tenuta ben pulita dai depositi di scorie e non si deve lasciar accumulare la cenere nei ceneratoi.

L'azione dello scappamento è automatica: quanto maggiore è lo sforzo della locomotiva, tanto maggiore è la quantità di vapore che esce dallo scappamento e conseguentemente tanto maggiore è la chiamata d'aria.

Quando lo scappamento non funziona, come nelle lunghe discese o durante gli stazionamenti, e quando per speciali condizioni della caldaia o del servizio, lo scappamento non basta a dare l'aria occorrente, si ricorre al soffiante, il quale produce una forte chiamata di aria nel forno. La chiamata non deve però essere esageratamente superiore al bisogno, altrimenti si ha una perdita di calore per riscaldare l'eccesso d'aria, e l'aria, assumendo una velocità troppo forte nei tubi, non arriva a cedere loro che piccola parte del calore assorbito.

Occorrendo per lunghi stazionamenti di diminuire l'attività della combustione si può chiudere l'orifizio del camino; ma anche qui bisogna procedere cauti, perché, interrompendo ad un tratto la corrente dei gas caldi, si ha un forte raffreddamento alla caldaia. Bisogna dunque chiudere innanzi tutto le porte del ceneratoio per ridurre l'attività della corrente, poi ammonticchiare il fuoco sotto la piastra tubolare e coprirlo con carbonella per raffreddare i gas e, quando la caldaia si sarà raffreddata, allora solo si potrà chiudere il camino.

XI - Infrastrutture

In generale

Le locomotive a vapore avevano bisogno di alcune infrastrutture la cui utilità è stata considerata cessata con la cessazione dei servizi a vapore. Oggi, per i servizi a vapore turistici e rievocativi si deve ricorrere a dei sostituti.

Nei depositi locomotive erano presenti i dispositivi per caricare il carbone nelle carboniere delle locomotive. Si partiva dai rudimentali cesti trasportati a spalla per passare

alle enormi gru a ponte che venivano usate nei maggiori depositi, dove grosse benne riempivano continuamente delle carboniere "intermedie" dalle quali il carbone cadeva nella carboniera della locomotiva da rifornire. Comuni erano sollevatori che alzavano piccoli carrelli decauville e ne ribaltavano il contenuto nei tender delle locomotive. Oggigiorno si ricorre ad escavatrici oppure si torna nuovamente ad utilizzare le ceste.

C'erano anche aspiratori destinati a creare un tiraggio artificiale in fase di accensione delle locomotive, un fabbricato dedicato al rifornimento ed all'accensione delle lanterne a petrolio (lampisteria) e fosse dove scaricare le ceneri dal forno e dalla camera a fumo.

Sempre nei depositi e nelle rimesse erano presenti le piattaforme girevoli. Nelle zone di montagna o dove comunque la manutenzione delle piattaforme sarebbe risultata problematica, vennero realizzate particolari configurazioni di binari, il triangolo di regresso o la più compatta stella. Molte piattaforme non sopravvissero alla scomparsa della trazione a vapore ed oggi si cerca di organizzare treni a vapore su percorsi ad anello o toccando località dove esiste una piattaforma che permetta di girare la locomotiva, anche riducendosi a fare la manovra in due tempi, prima la locomotiva e poi il tender (in gergo "taglio del tender"). Curiosamente l'uso di locomotive elettriche monocabina (e quindi monodirezionali) ha reso di nuovo utili queste piattaforme e quindi ne sono state costruite di nuove.

La "roundhouse" americana merita una descrizione apposita.

Un tempo esistevano più di 3.000 roundhouses in Nord America. Ora ne rimangono poco più di 200. Solo un terzo viene utilizzato, di cui non più di una dozzina per le locomotive delle maggior reti regionali. Ad esempio, delle 200 un tempo in funzione in Texas, solo due sono in uso. La roundhouse è quasi estinta.

Nel periodo di maggior fulgore delle ferrovie americane, più di 1.000 reti ferroviarie gestivano ogni giorno circa 100.000 locomotive (ovviamente a vapore). Le roundhouses erano dovunque, essenziali, ed erano sorprendentemente simili. La loro funzione era semplice: accogliere una macchina complessa, bisognosa di manutenzione ad alto livello, soggetta a dure condizioni di lavoro, alla fine di un ciclo di lavoro, e rimetterla in condizione di ripartire.

La roundhouse classica era il punto nodale di un sistema di operazione e di manutenzione delle locomotive reso possibile da un'invenzione unica: la piattaforma girevole.

Vi sono roundhouses senza piattaforma, e piattaforme senza roundhouse. Ma un edificio circolare con binari radiali massimizzava il numero di locomotive al riparo. E ciascun binario

era accessibile indipendentemente da altre locomotive parcheggiate altrove. L'edificio non era sempre circolare: in Gran Bretagna, era talvolta quadrato o rettangolare. Altri edifici comprendevano 3 o 4 piattaforme girevoli.

Le roundhouses (o, più in generale, i terminal di locomotive) permettevano di centralizzare la manodopera specializzata e i macchinari, e di gestire in maniera efficiente la pulizia, i rifornimenti, la manutenzione. Da tale obiettivo deriva la distanza di circa 100 miglia adottata fra l'una e l'altra roundhouse: tale distanza permette di meglio gestire il traffico, tenuto conto delle distanze percorribili da una locomotiva a vapore. Da tale realtà è derivata la ripartizione del sistema ferroviario americano in "divisioni" di 100 miglia circa, e le procedure operative che hanno definito le ferrovie americane per la maggior parte del XX° secolo. Attraverso il continente, centinaia di località devono la loro prosperità ai terminal di locomotive. Spesso, il terminal era l'unica realtà tecnologica dell'area, con capacità di lavoro metallurgico, rifornimenti, telecomunicazioni, ecc.

Le roundhouses potevano comprendere più di 50 binari ed essere servite da tre turni di operai al giorno, o essere ridotte; potevano essere nelle città o in aree decentrate. Ma le roundhouses nei punti nodali delle "divisioni" e agli incroci principali disponevano di carbone, acqua, sabbia, attrezzature per gestire le scorie di carbone combusto, depositi di olio, uffici, fosse per le scorie, fosse per sostituire le ruote e gli assi. Le più importanti avevano inoltre un'officina, depositi, una centrale elettrica, dormitori e bagni.

Le roundhouses erano un punto di controllo e di gestione affidabile, in tempi in cui la tecnologia dell'informazione non era sviluppata. Prima o poi, ciascuna macchina e ciascun equipaggio doveva tornarvi per essere ispezionato e gestito.

In America, la prima roundhouse sembra essere stata costruita nel 1836. Una delle prime roundhouses in Europa fu costruita nel 1846 da Robert Stephenson a Camden Town vicino a Londra; la prima sembra datare del 1839. In America, la prima "era" (dal 1840 al 1870 circa) vede roundhouses standard, con 40 binari, con piattaforma inserita nella roundhouse o esterna (ciò che permetteva di aumentare il numero dei binari), spesso modulari (quindi estensibili in lunghezza e in numero di binari, in base alla maggiore dimensione delle macchine e all'aumento del numero delle locomotive da servire). La seconda "era" (dal 1870 al 1890) corrisponde all'espansione delle ferrovie americane. La terza "era" (dal 1890 fino alla Prima Guerra mondiale) è contemporanea alle numerose rivoluzioni delle ferrovie: le locomotive sempre più grandi e sofisticate imponevano terminal sempre più complessi, in grado di accogliere anche macchine di 25 metri. L'introduzione delle Mallet

impose tuttavia di aumentare dal 1904 le dimensioni delle roundhouses (e di conseguenza delle piattaforme girevoli) per macchine di più di 33 metri. Aumentando la distanza fra la piattaforma e la roundhouse si poteva aumentare il numero dei binari. Dopo il 1920, la costruzione delle roundhouses raggiunse l'apice.

Di conseguenza, dai 110 metri di diametro della maggiore roundhouse del 1871, si arriva al diametro esterno di 133 metri di quella costruita nel 1906 ad Oneonta (NY) dalla Delaware & Hudson: piattaforma di 25 metri (estesa a 33 metri), 52 binari (di cui 17 di 43 metri) e tre accessi che costituivano un cerchio intero. Una roundhouse prevedeva 250 mq per locomotiva. Tuttavia, il problema dello spazio era una costante. La dimensione delle locomotive, delle officine, delle attrezzature, delle fosse, ecc. rendeva spesso difficoltoso il lavoro.

Le roundhouses non si limitarono a servire le macchine a vapore: quelle costruite dopo la Seconda Guerra mondiale erano destinate alle macchine diesel. Quelle precedenti furono adattate al diesel. Altre erano destinate alla costruzione o alla riparazione di carri merci o passeggeri. Roundhouses vengono costruite ancora oggi.

Una caratteristica delle roundhouses era l'organizzazione del lavoro: 24/7/365. Quindi in tre turni. Una locomotiva passava in media un'ora in un terminal per 4 passate circolando. Centinaia di uomini addetti a compiti complessi, sporchi, rumorosi, puzzolenti, pericolosi, in sequenze predeterminate, con i capi e il personale di macchina montante a fare premura.

Lavoravano insieme specializzazioni diverse, con tempi e funzioni diversi (per una descrizione, vedi sotto: personale delle *Bahnbetriebswerke*). Il lavoro era duro ma sicuro, spesso tramandato di padre in figlio.

Dall'arrivo della macchina al terminal alla fine del servizio:

- il personale di macchina smontante illustrava danni o problemi
- la macchina veniva portata alla fossa delle scorie, ove le grate venivano scosse e svuotate
- si provvedeva al rifornimento di acqua, combustibile e sabbia (a mano o meccanicamente)
- i meccanici cambiavano le pastiglie dei freni, controllavano ruote e cuscinetti, verificavano eventuali danni, svolgevano i compiti previsti dalla manutenzione
 - si provvedeva alla lubrificazione
- la macchina veniva pulita con vapore e acqua calda, venivano pulite le superfici e le attrezzature da pulire o ridipingere.

Le roundhouses erano in grado di compiere numerose operazioni di manutenzione e persino di ricostruzione di pezzi danneggiati o usurati delle macchine, evitando di inviarle ad officine distanti. Il lavaggio mensile della caldaia era fondamentale, per eliminare il fango e le incrostazioni. Ciò implicava lo spegnimento della caldaia, e numerose roundhouses disponevano di serbatoi per mantenere l'acqua calda.

Dal punto di vista architettonico, significativo il fatto che, oltre ad architetti specializzati (Fink, ad esempio), anche architetti come Buckminster Fuller disegnarono roundhouses (duomi geodetici), talune tuttora esistenti.

Le roundhouses sono state realmente una componente fondamentale delle ferrovie, e, pertanto, dello sviluppo economico del Nord America.....

A *Bahnbetriebswerk* (also abbreviated to *Betriebswerk*, *Bw* or *BW*) is the German term for a depot where the maintenance of railway locomotives and other rolling stock is carried out. It is roughly equivalent to a locomotive shed, running shed or motive power depot. These were of great importance during the steam locomotive era to ensure the smooth running of locomotive-hauled services. *Bahnbetriebswerke* had a large number of facilities in order to be able to carry out their various maintenance tasks. As a result they needed a lot of staff and were often the largest employers in the area.

1. Preparation of engines

Before a steam locomotive was allowed onto the line, the crew had to carry out a large number of preparatory jobs. In accordance with the enginemen roster, the locomotive crew – engine driver and fireman – reported to the running foreman of the *Betriebswerk* in question. There they were given the key to their locomotive, a repair book, a route plan and timetable and a list of the trackworks en route. After completing all the formalities, the engine driver and fireman went to their engine, which was either berthed in the locomotive shed or stabled on a siding. After climbing into the driver's cab, the engine driver began with the most important checks: regulator, valve seals, water levels and a brake test. The fireman checked the equipment on board and the fuel supplies. Not until these checks had been carried out did the crew begin their actual work.

The fireman began by lighting the fire in the locomotive, then driving it to an inspection pit. Whilst the engine driver looked underneath the engine for any damage, the fireman - equipped with oil can and grease gun - had to service all the grease points on the locomotive.

Once all the checks had been carried out and the boiler had reached its operating pressure, the locomotive could drive out of the shed and onto the turntable. After the tracks

had been cleared by the signal box, the locomotive officially began its duties and ran out onto the main line.

2. Disposal of engines

During the final kilometres to the terminal station the fireman began to prepare for disposal (Abrüsten) by letting the fire slowly burn down depending on demands of the route. After the train had arrived at the terminus, the fireman turned off the train heating and the locomotive was uncoupled from the wagons. Then the locomotive was returned to the Betriebswerk, where it first went to the coaling plant, where its coal tanks were replenished. Next the engine proceeded to the ashpit where the boiler was cleaned out by the shed workers (Betriebsarbeiter). This involved emptying the ash and clinker from the smokebox and grate into an ashpit sunk between the tracks. This was a particularly dirty job. After completely cleaning out the boiler the engine was run to the water cranes, where the engine's water tanks were refilled. The next stop was the sanding point. At smaller Betriebswerke, refilling the sanders was manual work using buckets and ladders.

Because the locomotive was now fully equipped with everything it needed for its next duty, it was either stabled in the locomotive shed or on a spare stabling road and cleaned further by the fireman. Repairs were dealt with by the staff responsible for them during the night. Afterwards the engine was prepared for its next duty.

In addition to the maintenance of all locomotives, some Bahnbetriebswerke are also responsible for looking after special duty trains. The most important units are breakdown trains (for re-railing derailed rolling stock) and rotary snow ploughs. There are also fire fighting trains to enable fires in the area to be put out as quickly as possible. And for the smooth running of a Bahnbetriebswerk tractors and shunters are needed in order to move wagons and locomotives that are unable to move under their own power. Finally almost every Bahnbetriebswerk has a variety of special vehicles.

3. Operating facilities

The maintenance of a steam locomotive requires a large number of different facilities.

a) Water points

The running of steam locomotives required water as well as coal. As a result the water supply of a Betriebswerk played an important role. In order to guarantee the supply, almost all Bahnbetriebswerk had their own railway waterworks. These waterworks were equipped with various systems for delivering water (pumps, pipes, water containers and take-off points).

Many Bahnbetriebswerke had two different waterworks: one railway waterworks that

provided water for the engines and a drinking waterworks, that supplied water for the employees of the depot. When Betriebswerke were eventually connected to the regional water network, their drinking waterworks was usually closed down. The water was extracted from springs, wells and ponds and then cleaned. Industrial water for the running the steam locomotives had to have a high level of quality. As a result the railway waterworks developed their own filtering systems, where the water for operations was made usable. Especially important were the salt content and the hardness of the water.

After cleaning the industrial water was pumped into a water tower and drawn from there. These facilities had various designs; there was no standard type. All water towers had several up and down pipes. The water towers supplied all areas with industrial water including the water cranes. With the assistance of these installations the water supplies of steam locomotives could be replenished (whether they had tenders or water tanks). Water cranes were usually located near the inspection pits or at coaling points. They, too, came in various shapes and sizes, although these were gradually replaced by standard types of water crane.

Large and medium-sized Bahnbetriebswerke had their own laboratory, that monitored the water processing continuously; in particular checking the preparation of the boiler feedwater which was tested regularly. The laboratory specified the salt content, the pH value and the composition of the feedwater. The enginemen had to bring samples of feedwater to the laboratory at specified intervals. In addition to testing the water, the laboratory was also responsible for checking oils and greases delivered to the depot.

b) Locomotive sheds

Every large Betriebswerk had its own roundhouse with a turntable. The locomotives were turned on the turntable and berthed in the roundhouse. This was heated so that the steam locomotives did not fully cool down, otherwise raising steam took too long. In order to move steam locomotives that were stored 'cold', locomotive winches were installed. It was prescribed by almost all railway companies that at least 75% of all locomotives had to be able to be berthed in the locomotive shed, the rest would be stabled on stabling roads in the open.

Large Betriebswerke often had two or three roundhouses with their associated turntables. The roundhouse was reliant on the turntable; if it became incapacitated the entire shed was out of commission because locomotives could not be run in or out of it. The turntable therefore had an emergency engine which used compressed air. Over the course of time, a standard turntable with a 26m long track was adopted. Turntables were always at the

mercy of the weather and had to be serviced at regular intervals. In fact every Bahnbetriebswerk with a turntable should also have had a triangle or wye, so that if the turntable, which was usually very heavily used, was out of action, locomotives could still be turned. However, because wyes needed a lot of space they were only rarely built.

Smaller Betriebswerke often only had a parallel-road shed, which could be reached via turnouts. Every Bahnbetriebswerk had to have enough space in order that it could be extended in any direction. Smaller maintenance jobs were carried out in the locomotive shed itself. For more specialised repair or maintenance tasks there was usually an engine repair shop, most of which had an overhead crane with which heavy components could be moved.

c) Sanding points

Trouble-free locomotive running requires that there is sufficient traction between wheel and rail. Steam engines therefore had sandboxes (usually two, on top of the boiler). These were filled with the help of sanding equipment. For sanding there was either a sanding system with an elevated tank or a sanding tower. The special sand was kept in its own store. On a sanding tower a telescopic pipe was hooked up to the sandbox, the lock released and the locomotive sandbox filled as required. All Betriebswerke had to have enough sand for at least 30 days.

d) Coaling points

Every Bahnbetriebswerk had one or more coaling points that had the following purposes: they were responsible for the delivery and unloading of coal. In addition they had to store the fuel and carry out the replenishment of locomotive coal tanks.

Coaling facilities came in various shapes and sizes, dependent on the daily consumption of coal by the steam locomotives. The delivery of coal was by rail, either using normal goods wagons or with special self-discharging hoppers. The coal was stored in large bunkers (Kohlebansen) which usually had side walls made of concrete (on smaller Betriebswerke these were also made of old sleepers and section of rail). Each Bahnbetriebswerk stored the daily coal requirement in a main bunker, the rest of the coal was stored in one or more reserve bunkers.

Coaling the locomotives could be carried out in various ways. Many Betriebswerke ferried the coal from the bunkers using small narrow gauge tub wagons on rails to a rotating crane which then lifted them and tipped their contents into the tender of the locomotive. Large Betriebswerke had coaling stages or large coaling plants that had four filled hopper-like bunkers which were equipped with locking devices. When these were removed the coal ran

down into the locomotive tender. With this type coal was transferred from the four small bunkers from the main bunkers using a large crane. Because these two variants needed rather a lot of space, small and medium-sized Betriebswerke had an overhead chute. The coal was transported in tub wagons again; these were then placed in a kind of lift, hoisted up and then tipped down the chute, allowing the coal to run into the tender of the steam locomotive.

Next to the coaling station there were often water cranes and works buildings. In addition there were often store rooms for these facilities nearby.

e) Ashpits

At the ashpits the grate, ashpan and smokebox of a steam locomotive were cleaned as part of its disposal routine after duties. During the combustion process when using coal, about 20% of combustion residue is left over. This is scraped off with various implements (scrapers, hooks and special brushes) and emptied into the ashpit (Schlackegrube or Schlackekanal) which are located on special ashpit tracks in the open. The ash and cinders are left in the pit until it is emptied. This is either carried out by hand or with a hoist (Schrägaufzug). By this means the ash is shovelled into trolleys, which are lifted and tipped into a wagon that then transport the ash away.

4. Engineering facilities

In addition to its running facilities, every Bahnbetriebswerk also had a large number of engineering facilities. These included, for example, traversers and turntables. Most important were the wheel drops. These were mainly provided in the locomotive shed or the workshop and enabled the wheelsets to be relatively easily changed over. There were many different designs which is why a standard type was developed. With the aid of a wheel drop the removal and replacement of an axle could be carried out in just half an hour.

For smaller repair jobs the workshops in a Bahnbetriebswerk had their own wheelset turning benches. Higher than normal wear and tear made their reprofiling necessary ahead of the scheduled overhauls. Each workshop was also equipped with a wide range of tools. At medium and large Bahnbetriebswerke the workshop was divided into different departments. So there might have been a mechanical engineering workshop, a blacksmith's shop, a tool shop, a locksmith's shop, a foundry and an electrician's shop (this had little importance however). Moreover, in addition to the departments there were several groups for special tasks. For example, individual workshops for pump and boiler repairs might be established.

Also, the workshops had deposits of various oils and greases.

5. Other facilities

As well as the operational facilities, a *Bahnbetriebswerk* also had staff accommodation (showers and wash rooms, rest rooms for depot and locomotive staff, sleeping accommodation for locomotive crews and, in larger *Bahnbetriebswerke* a mess room too). Because a *Bahnbetriebswerk* often has a lot of trackage, it was often allocated its own signal box, from where the various activities was controlled and directed. The locomotive shed itself was heated, so that the steam locomotives did not completely cool down, because otherwise it took too long to fire them up.

6. Special duty trains and equipment

- a) treno soccorso
- b) carro gru
- c) spazzaneve
- d) treno manutenzione binari
- e) carro pompieri con vagoni di acqua per spegnimento incendi
- f) treni di Stato (per personalità)
- g) draisine (mezzi per personale di manutenzione: a trazione manuale, diesel, vapore, ecc.)

7. Management

a) Work groups

In order to optimise the pattern of work, individual functions were allocated to various groups of staff as follow:

- Group A: managerial functions (*Verwaltungsangelegenheiten*),
- Group B: locomotive running (*Lokomotivbetriebsdienst*),
- Group C: locomotive repair (*Lokomotivausbesserung*),
- Group D: wagon operations and repair (*Wagenbetriebsdienst und Wagenausbesserung*),
- Group E: engineering facilities (*Maschinelle Anlagen*),
 - Group F: fuel storage (*Betriebsstofflager*) and
 - Group K: motor transport (*Kraftwagendienst*).

This system was used by the *Deutsche Bundesbahn* as well as the *Deutsche Reichsbahn*, however the *Reichsbahn* had different names for the groups. The Austrian railways were organised in a similar way; here, too, the different tasks were divided up.

Group A: Managerial Functions

Group A was normally only found at larger Bahnbetriebswerke because there the managerial workload was the greatest. At smaller depots the shedmaster (Bahnbetriebswerkvorsteher) took on these tasks; medium-sized Betriebswerke the management functions were split between groups B and C. Group A had to draw up plans for the efficient running of the depot and for the allocation of locomotives. In addition they were responsible for the overall budget (awarding of fuel efficiency bonuses and payment of holiday and sickness pay). The management of operating records and locomotive cards (including mileages and fuel consumption of the rolling stock) as well as the oversight of energy consumption and the consumption of fuels (especially coal, water and gas) were also functions assigned to this group.

Group B: Locomotive Running

Group B was responsible for the running of locomotives. At a large depot, they were headed by an inspector (Inspektor), who was usually also the deputy to the shedmaster (Dienstvorsteher), and who was supported by various assistants and running foremen (Lokdienstleiter). The majority of large Bahnbetriebswerke also had an outside running foreman and their own duty roster clerk (Diensteinteiler). Smaller Betriebswerke handed the functions of this group to the running foreman. Group B, which was referred to by the Deutsche Reichsbahn as Sektion Triebfahrzeug-Betrieb (locomotive running section), had to look after everything to do with locomotive and train running. Tasks assigned to this group included the supervision of locomotive operations, the clearing of defects and faults, the drawing up of locomotive diagrams and crew rosters, the allocation of staff and engines, the checking of locomotive records, the training of personnel, the management of all documents and the care and supply of all engines (heating, coaling and cleaning). The drawing up of tasks, locomotive diagrams and crew rosters was later taken over by so-called 'technologists' (Technologen).

Group C: Locomotive Repair

The running of Group C – locomotive repair – also fell to a Reichsbahn inspector. He had the role of a mechanical foreman and was usually a deputy to the shedmaster. Several master tradesmen reported to him, depending on the size of the Betriebswerk. This group comprised several gangs of tradesmen (up to 30 employees) who in turn were led by various subordinate foremen. The Deutsche Reichsbahn also called this group the Abteilung Triebfahrzeug-Unterhaltung (locomotive maintenance department). Group C was responsible

for carrying out repair and maintenance jobs, transferring damaged rolling stock to the main repair shops, ordering spare parts and materials including management of the spare parts store, monitoring new vehicle systems, keeping the breakdown train ready and recovering broken down vehicles.

Group D: Wagon operations and repair

Group D had a special role within the Betriebswerk and not every depot had such a department. Smaller Betriebswerke allocated these tasks to a master tradesman's gang in group C, that had a maximum of 40 staff. Both the DB and the DR during the 1950s established larger D groups at independent locations, known as Betriebswagenwerke or wagon depots. Where this was not the case, Group D was headed by another inspector to whom, depending on the size of the depot, up to three wagon foremen (Wagenmeister) reported. This group was responsible for checking reports of damage, repairing damage and defects, supervising the shunting foremen at stations, clearing up operational irregularities, refilling gas and disinfection facilities for wagons, cleaning, lighting and heating of wagons, maintenance and repair jobs, dispatching wagons to the main repair shops, ordering spare parts and materials for wagons, including the management of the spare parts and monitoring new systems on wagons.

Group E: Engineering facilities

The composition of Group E depended on the size of the Bahnbetriebswerk. In the DR this group was called the Abteilung Technische Anlagen (Engineering Facilities department).

In the Bundesbahn this department was further divided into two sub-groups. At medium-sized and large Bahnbetriebswerke the group was headed by a Reichsbahn inspector. At smaller depots, Group E comprised a maximum of 20 railwaymen - who mainly belonged to Group C. This group was crucial to ensuring smooth running operations. Their range of tasks included looking after the gas, water, steam and heating installations as well as coaling, sanding and loading stations (cranes, turntables, and traversers also fell into their area of responsibility), maintaining the electrical installations, weighbridges and track brakes, ordering spare parts and materials including management of the spares store and the instruction and control of the machine operators.

Group F: Fuel Storage

Large Betriebswerke had their own department responsible for the fuel stores - Group F. Smaller depots allocated this work to Group A. Amongst the tasks allotted to Group F were

the ordering and stocking of fuel supplies and equipment, management of the equipment records (a type of inventory register), the storage of fuel and control of the stores personnel.

Group K: Motor Transport

Group K was formed in the 1930s and only at a few *Bahnbetriebswerke*. In the 1950s the DB and DR hived them off and they finally ended up in the so-called *Kraftwagenbetriebswerke* (KBW, KBw) or vehicle depots. Group K was run by a *Reichsbahn* inspector and had the job of tasking and maintaining motor vehicles, sending them to the main workshops (*Ausbesserungswerke*), controlling and managing their fuel stores and drivers.

b) Personnel

The staff of a *Bahnbetriebswerk* comprised a shedmaster (*Dienstvorsteher*), the supervisory staff (*Aufsichtsbeamten*), the running staff (*Betriebsbeamten*), the tradesmen (*Handwerkern*), the depot workers (*Betriebsarbeitern*) and the managerial staff (*Verwaltungsangestellten*). The person in charge of a *Bahnbetriebswerk* was the shedmaster – he usually had a mechanical engineering background and was an engineer. At smaller facilities it was often the case that the senior engine driver ran the depot. The shedmaster had to select the staff and conduct examinations. In addition he was in charge of safety in a way, because he had to monitor all safety and working regulations; he was also responsible for the cleanliness of the *Betriebswerk*. Because almost all shedmasters had had engine driver training, they had to help out when there was a high traffic loading. The shedmaster had to be present at all serious accidents or other major events.