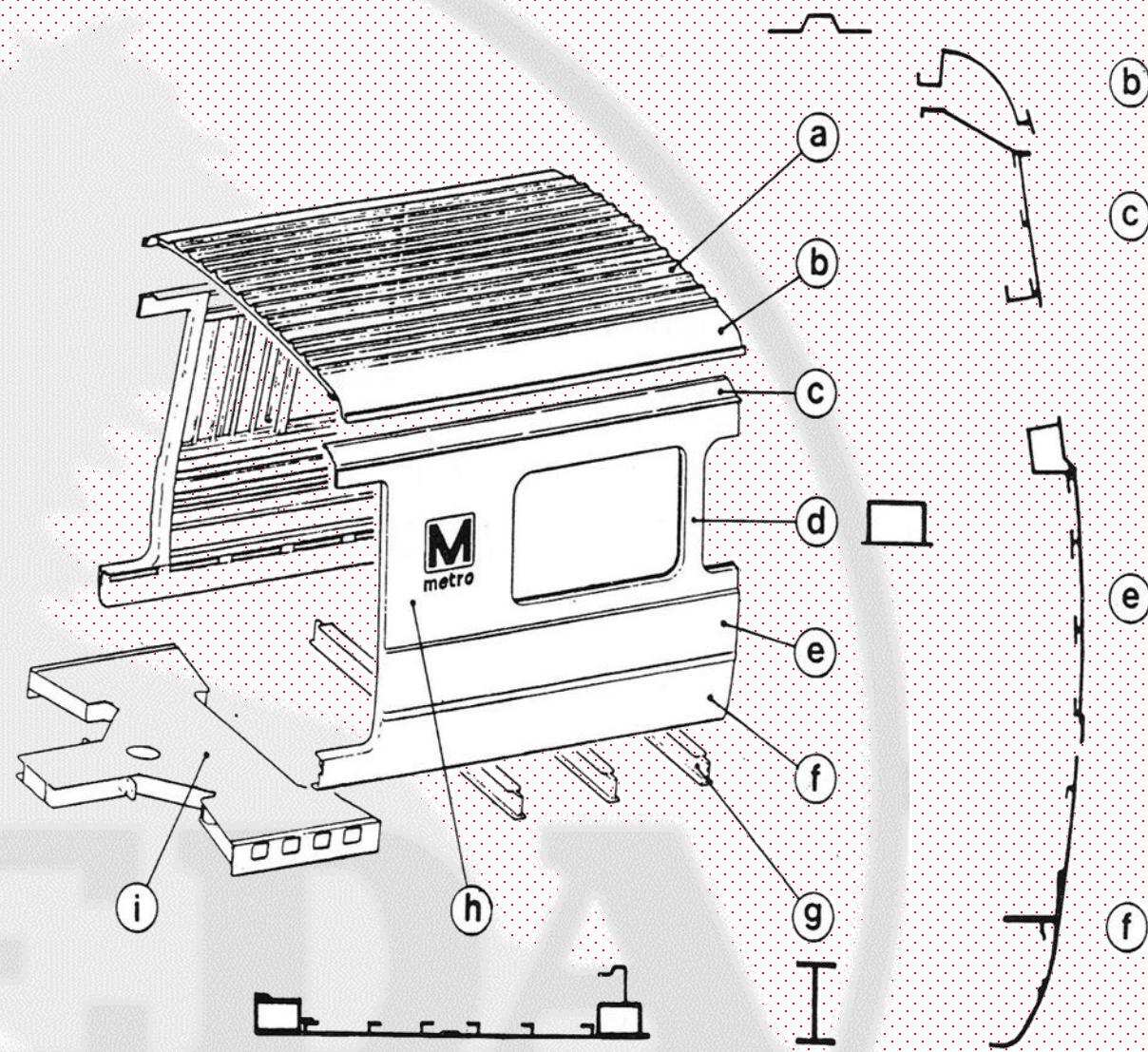


Evoluzione tecnica e tecnologica delle strutture-cassa dei veicoli progettati e realizzati da Breda Costruzioni Ferroviarie

Fernando Chiti



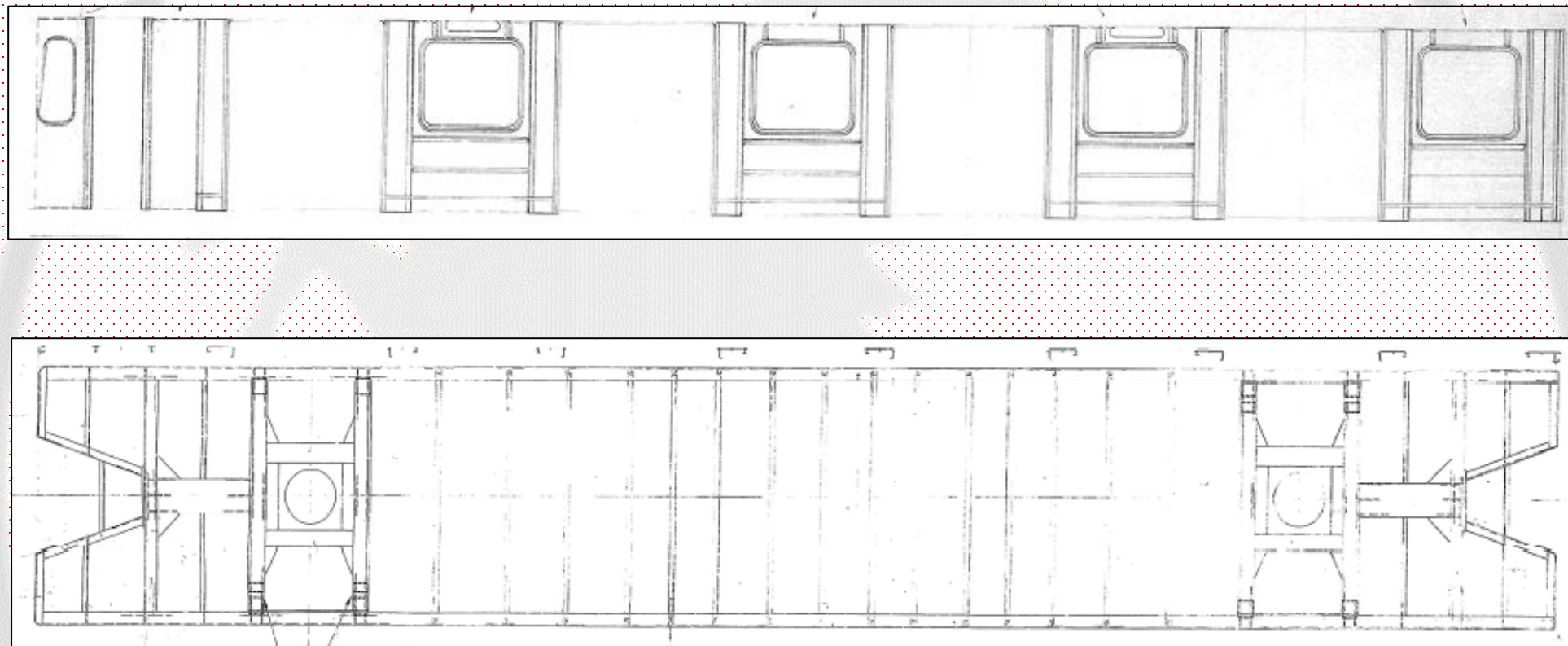
Concetto di Strutture Cassa in Lega di Alluminio

Agli inizi degli anni '70 Breda Costruzioni Ferroviarie, nel seguito BCF, affronta la progettazione e realizzazione delle prime strutture cassa in lega di alluminio, come evoluzione delle strutture cassa in acciaio al carbonio.

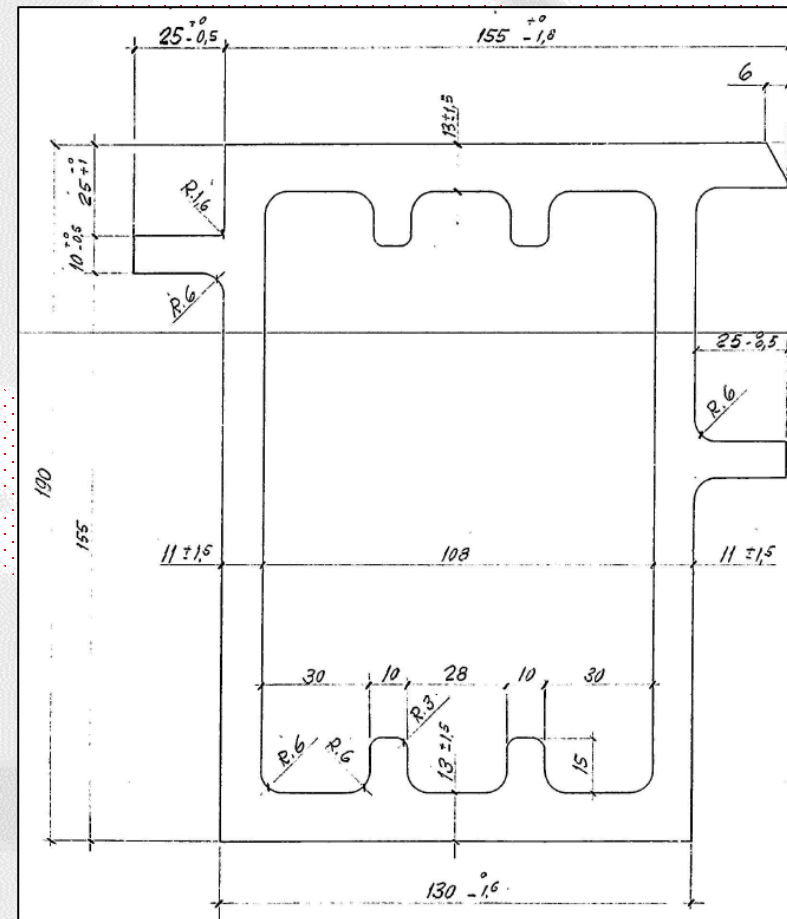
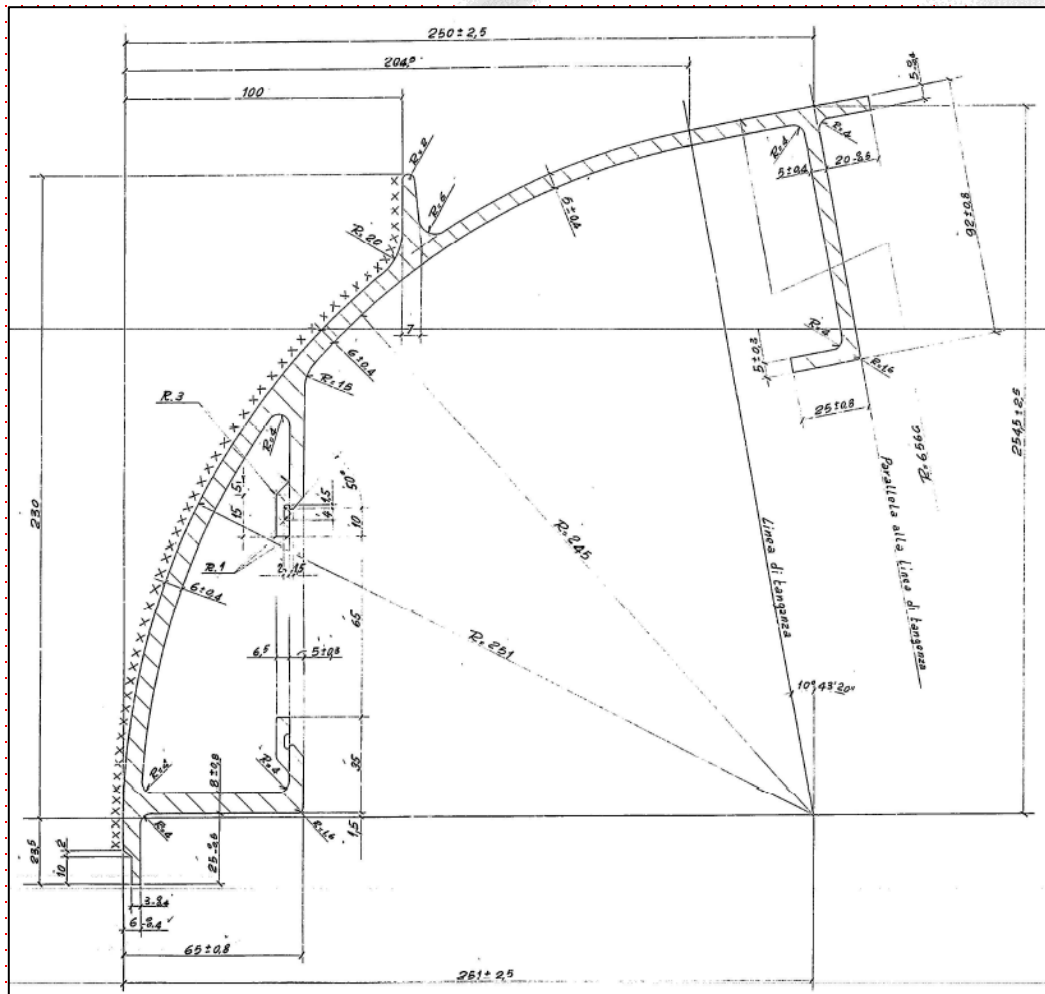
Le strutture erano realizzate con profili estrusi, principalmente a sezione aperta, in lega serie 7000 e lamiera in lega serie 5000. La configurazione della struttura cassa era condizionata dalla tecnologia inerente il processo di estrusione per realizzare i profili in quanto le leghe della serie 7000 (Al-Zn-Mg) avevano il vantaggio di avere caratteristiche meccaniche del materiale base simile agli acciai da costruzione, ma l'estrudibilità era limitata a profili aperti o chiusi di dimensioni contenute

BREDA

Struttura Cassa Metro Roma Linea A



Struttura Cassa Metro Roma Linea A



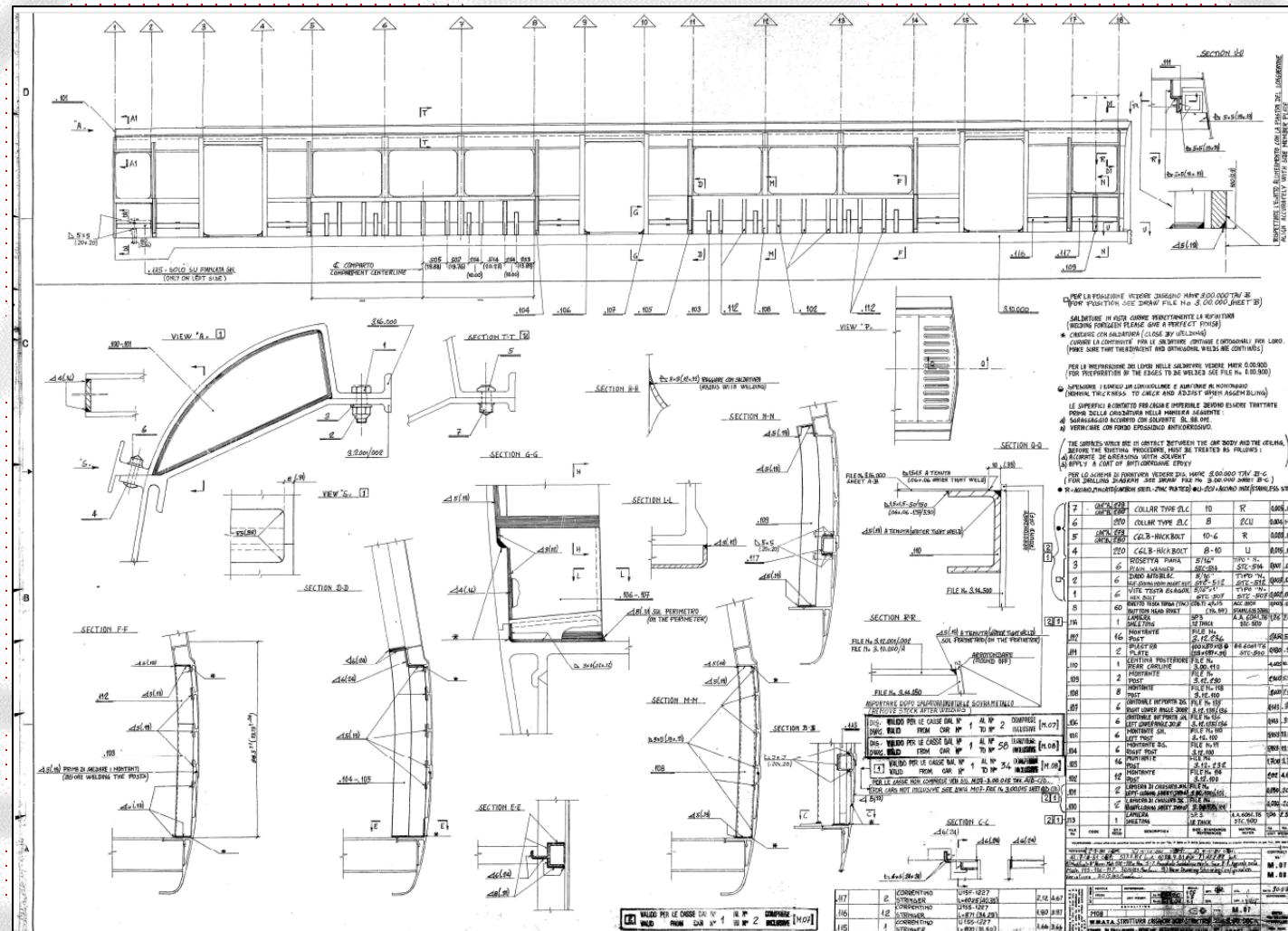
Metro Washington

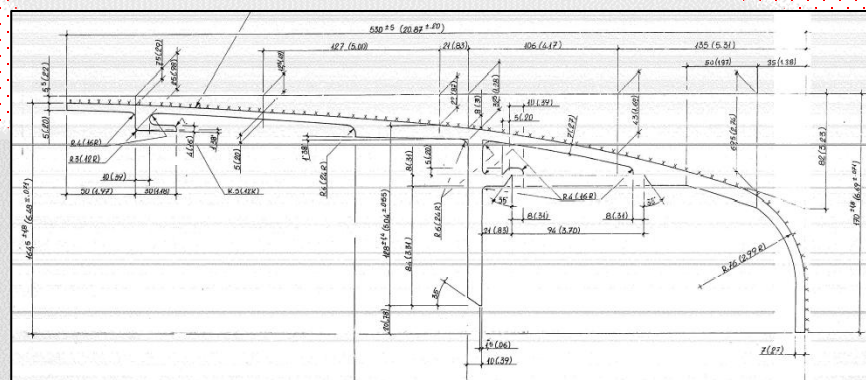
Lo sviluppo successivo si ebbe con la struttura della cassa di Metro Washington, dove l'aspetto fondamentale fu il cambio del materiale, passando dalla serie 7000 alla serie 6000 ed in particolare alla lega 6061 (Al-Mg-Si-Cu) con caratteristiche di estrudibilità migliorata rispetto alla serie 7000 ed allo stesso tempo con ottime caratteristiche di resistenza alla corrosione tale da permettere di non verniciare la struttura della cassa ma di effettuare una finitura di satinatura, conferendo un aspetto estetico argentato molto apprezzato negli USA.

Tale aspetto veniva mantenuto in esercizio facendo passare i veicoli in un tunnel di lavaggio a fine turno giornaliero ed oltre all'aspetto estetico veniva assicurata la protezione alla corrosione.

BREDA

Struttura Cassa Metro Washington





Struttura Carrozza ETR500

Con il passare degli anni si ebbero enormi sviluppi nell'ambito del processo di estrusione, grazie alla realizzazione di presse sempre più potenti e l'utilizzo della lega 6005 A fu possibile realizzare profili di grande dimensioni e le applicazioni più importanti furono le carrozze dell'ETR 500, prima il prototipo ETR X 500 poi la preserie ETR Y 500 ed infine la serie ETR 500 ad inizio anni '90.

La progettazione della struttura cassa ETR 500 impose una filosofia di dimensionamento «non tradizionale» in quanto era necessario realizzare una struttura che avesse una rigidezza flessionale simile ad una carrozza in acciaio, per aspetti di dinamica di marcia/comfort connessi all'alta velocità.

Esercizio tutt'altro che facile in quanto il modulo di elasticità delle leghe di alluminio è esattamente un $\frac{1}{3}$ di quello dell'acciaio, cioè a parità di sezione resistente una cassa in lega di alluminio è 3 volte più flessibile di una cassa in acciaio.

Tradotto in termini semplici voleva dire progettare una sezione trasversale della cassa 3 volte maggiore rispetto ad una tipica sezione trasversale in acciaio.

Struttura Carrozza ETR500

L'obiettivo venne raggiunto introducendo una «pinna» longitudinale sotto il telaio realizzato con grandi profili estrusi che in gergo venne denominato «solettone».

La «pinna» a sua volta era collegata ad un grande estruso nella parte inferiore e collegata trasversalmente con lamiere, il tutto faceva assomigliare ad una chiglia di una barca, conferendo una grande rigidità flessionale.

Allo stesso tempo anche i «tegoli», elementi di raccordo tra le fiancate l'imperiale, vennero realizzati con grandi profili estrusi, contribuendo anch'essi alla rigidità flessionale essendo masse distanti dall'asse neutro della sezione trasversale, rappresentando così il concetto della trave a doppio T.

BREDA

Technical drawing of a rectangular frame structure, likely a mold or container. The drawing shows a cross-section of the structure with various components labeled with numbers and letters. The overall dimensions are 1360 mm in width and 762 mm in height. The structure consists of a central rectangular frame with a central opening. The frame is made of a material with a cross-hatched pattern, possibly a composite or metal. The central opening is defined by a vertical dimension of 770 mm. The frame is supported by a base structure. The drawing includes a circular detail view of the corner of the frame, labeled 'P'. The labels include .303, .307, .302, .351, .321, .310, and 'Q'. The dimensions are 1360, 770, 770, and 1360.

Struttura Motrice ETR500

Restando sempre nell'ambito del Treno ETR 500 anche la motrice fu oggetto di particolare attenzione per la riduzione del peso e l'ottimizzazione aerodinamica.

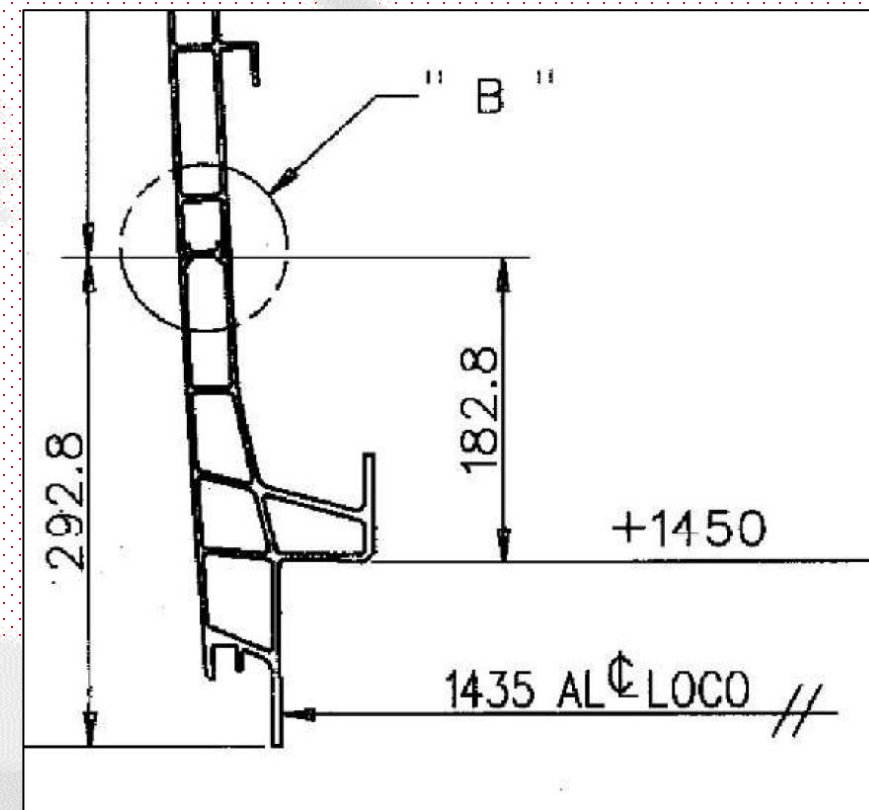
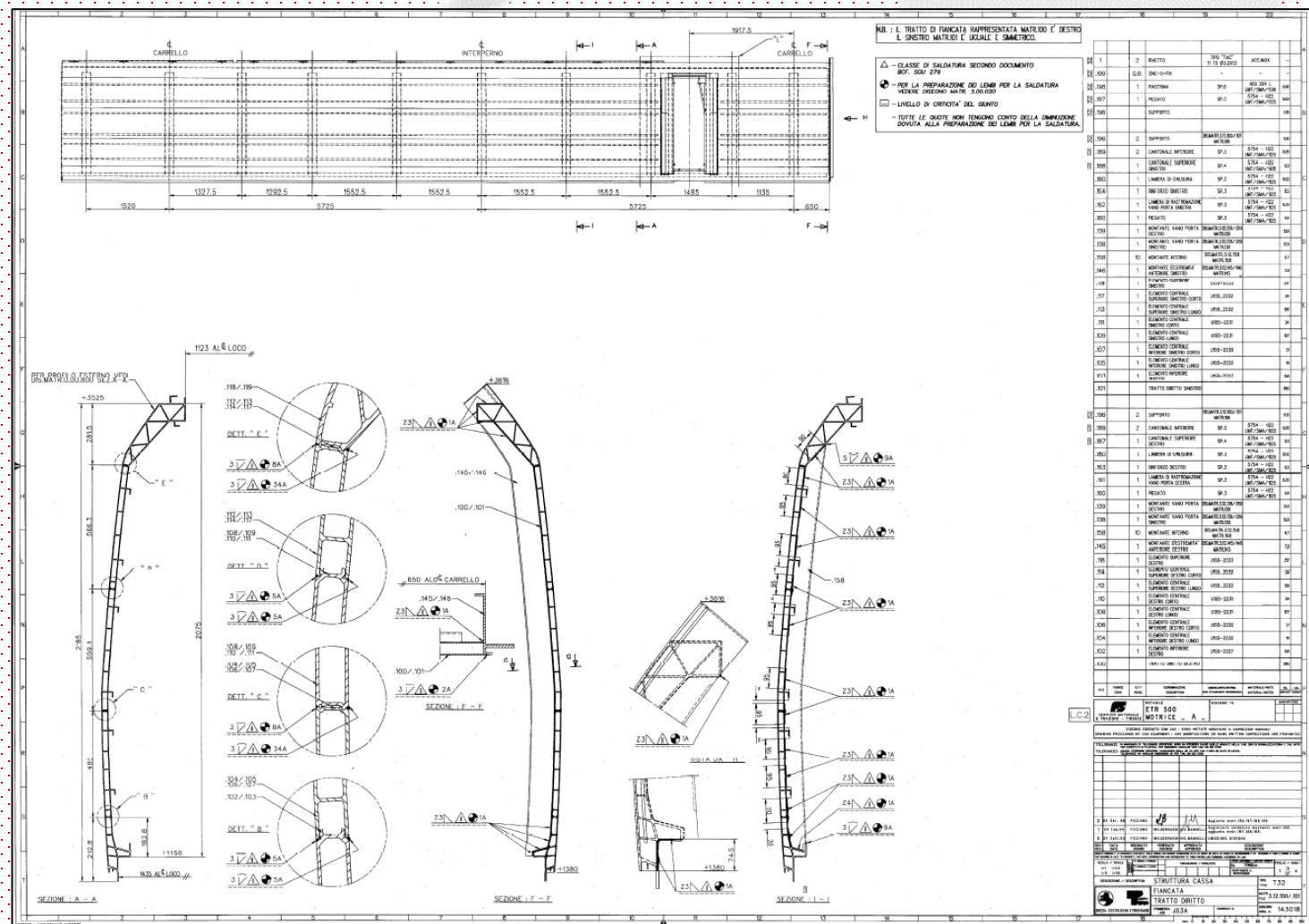
In questo caso più che evoluzione della struttura, rispetto allo stato dell'arte delle locomotive, si può parlare di vera e propria innovazione in quanto venne progettata per la prima ed ultima volta, una struttura «bimetallica»: Il telaio in acciaio al carbonio, fiancate ed imperiale in lega di alluminio.

Il punto chiave fu il collegamento fiancata/longherone, realizzato con bulloni a strappo ad alta resistenza, inoltre l'accoppiamento venne protetto contro la corrosione galvanica, essendo materiali dissimili e quindi con potenziale elettrochimico diverso.

La protezione venne realizzata sia con sistema attivo (lamina di zinco sacrificale) che con sistema passivo (pasta isolante) onde evitare l'infiltrazione di umidità e quindi di elettrolita che avrebbe attivato il processo di corrosione galvanica.

Il collegamento fu sottoposto a molteplici prove di laboratorio, sia strutturali che di corrosione anche in ambienti fortemente aggressivi (nebbia salina acetica), tutte superate con ampi margini di sicurezza, confermati dai ritorni dal campo in quanto in oltre 30 anni di esercizio non è stato riscontrato il minimo problema.

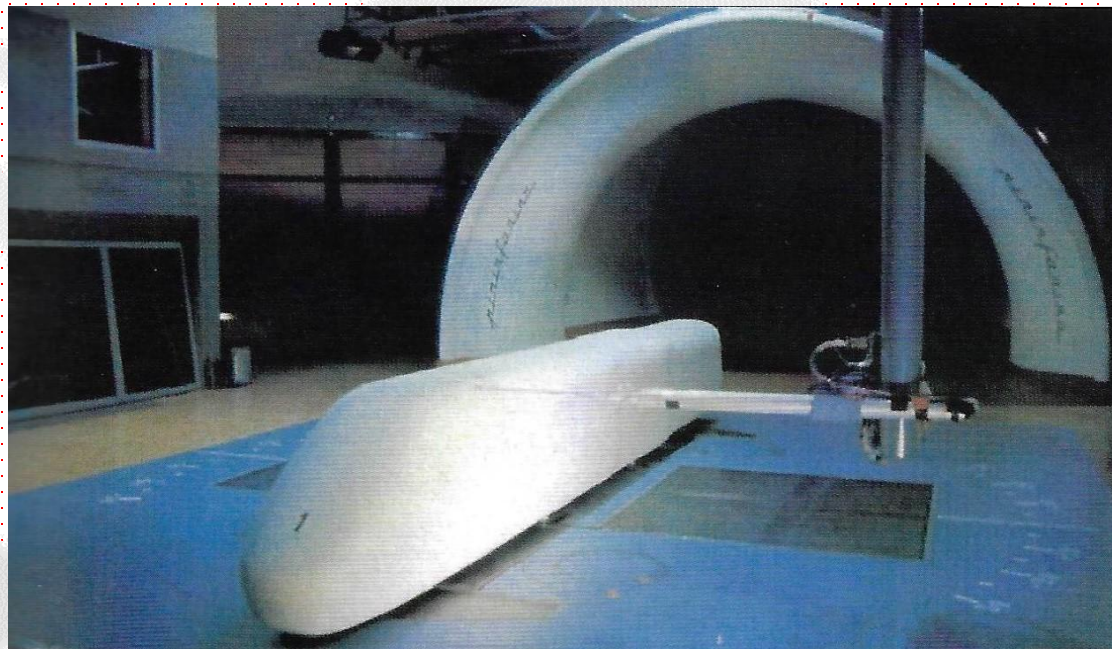
Struttura Fiancata Motrice ETR500



Technical drawing of a mechanical structure, likely a crane or hoist, showing various views and sections. The drawing includes a main elevation view at the top, a side view on the left, and several cross-sections (A-A, B-B, C-C, D-D, E-E, F-F, G-G, H-H, I-I, J-J, K-K, L-L, M-M, N-N, O-O, P-P, Q-Q, R-R, S-S, T-T, U-U, V-V, W-W, X-X, Y-Y, Z-Z). The structure consists of a central frame with two main beams (CARRELLI) and a central support (INTERPERNO). Dimensions are given in millimeters (mm) and meters (m). The drawing is labeled "STRUTTURA CASSA" and "TELAIO PRINCIPALE".

Struttura Motrice ETR500

La soluzione della struttura «bimetallica» permise di raggiungere il target del peso e l'ottimizzazione della forma massimizzando l'efficienza aerodinamica.



Modello della motrice in prova nella galleria del vento Pininfarina

Carri EUROTUNNEL

Parlando di evoluzioni delle strutture in lega leggera, di innovazione con strutture «bimetalliche» non possiamo certo non trattare le strutture in acciaio inossidabile che proprio a inizio anni '90 vennero realizzate per il progetto del secolo: Carro Eurotunnel per il trasporto dei camion dalla Francia all'Inghilterra attraverso il tunnel del Manica.

I carri, di dimensioni enormi, erano lunghi 20 m, alti 5,6 m e larghi 4,1 m con cassa in acciaio inox 301 LN (basso carbonio + azoto) saldata a punti, e telaio in Corten B con alcune parti in acciaio E 490 D ad alto limite di snervamento.

Inizialmente i carri furono concepiti chiusi, poi nel proseguo dello sviluppo del progetto, a fronte di limiti stringenti di peso, vennero sviluppati «aperti».

La struttura fu oggetto di una lunga revisione progettuale, più volte messa in discussione e più volte ridefinita al fine di contenerne il peso in sole 16 tonnellate!

Carri EUROTUNNEL

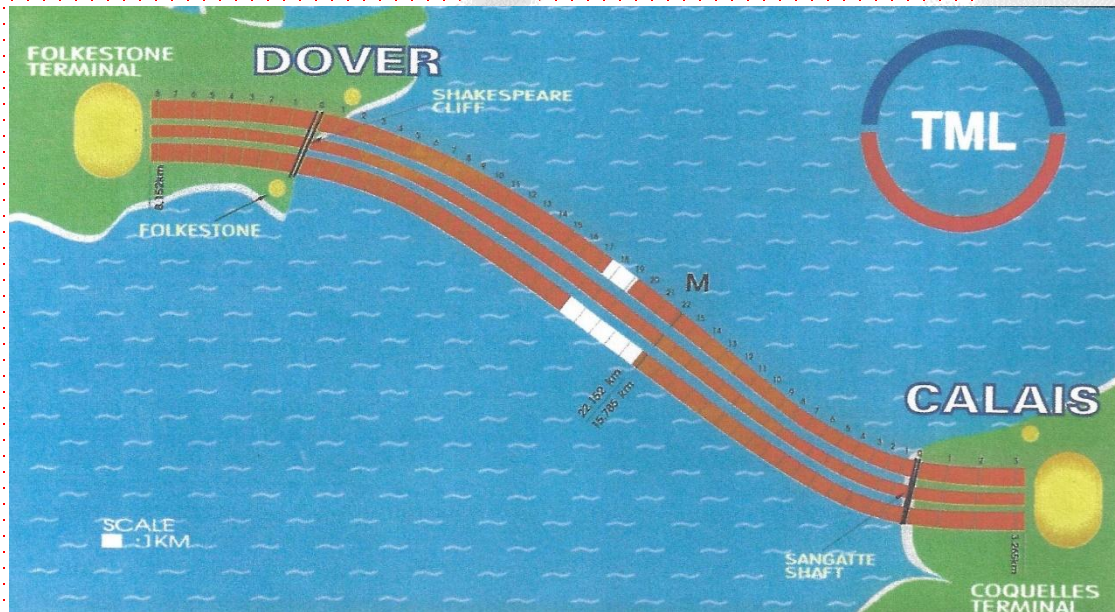
La tecnologia dell'acciaio inox nei suoi vari aspetti di stampaggio dei particolari, di saldatura e di decontaminazione fu una sfida nella sfida e creò non pochi «imprevisti» per la Breda ed il suo indotto, tutti risolti con successo.

Per non parlare poi della lotta al fuoco che impose scelte mai esplorate in ambito ferroviario, il pavimento/telaio del carro fu progettato per resistere 30 minuti al fuoco dall'interno, con temperature superiori agli 800 °C, sfruttando le caratteristiche dell'acciaio inox alle alte temperature e l'impiego molto specializzato di vernici intumescenti.

Un campione di pavimento (5x4 m) dovette passare sotto la severa prova al fuoco del laboratorio di Mezt (Francia) realizzato ad hoc per la stessa.

BREDA

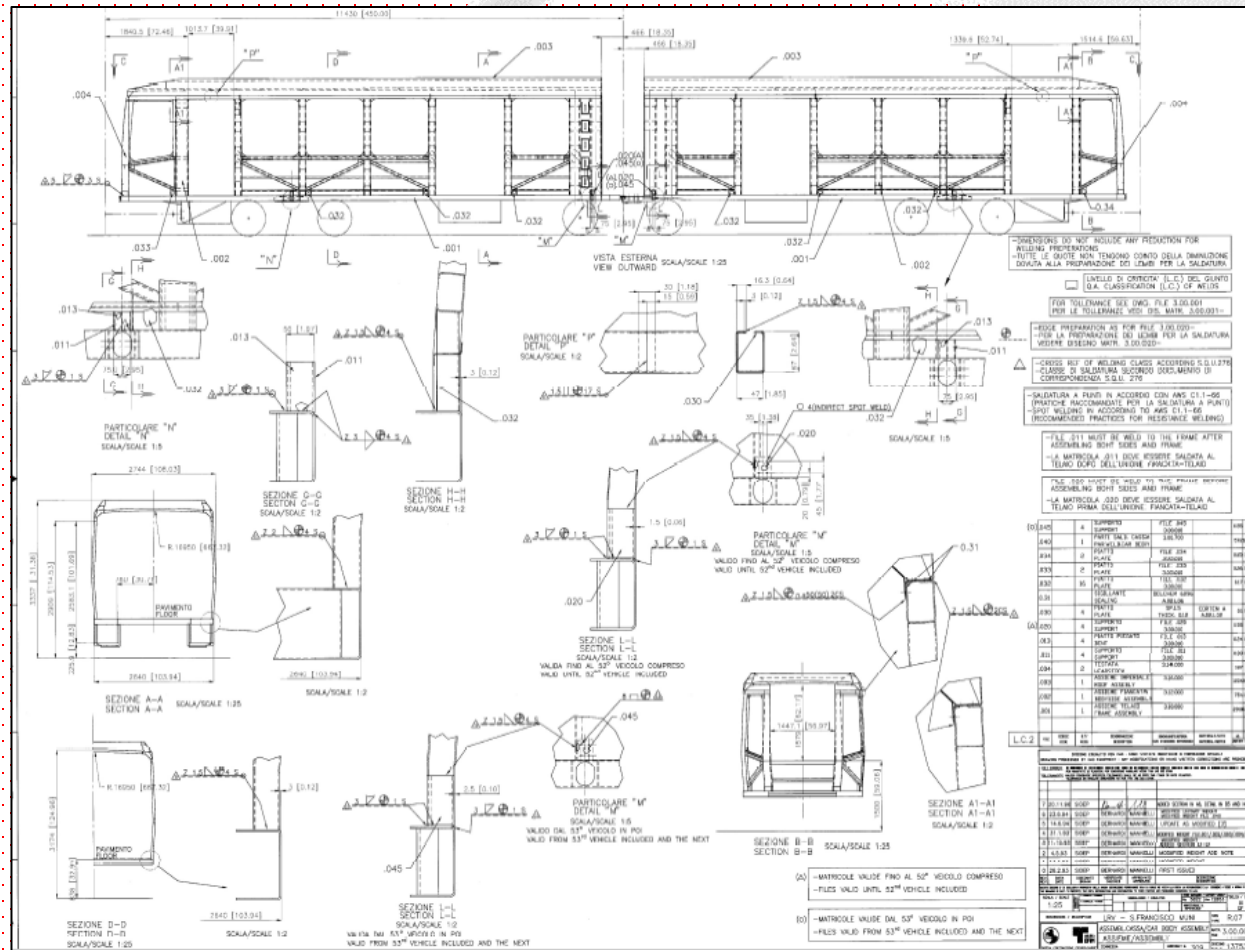
Carri EUROTUNNEL



Architectural floor plan of the 1st floor of the 'COCA-COLA' building, scale 1:101. The plan shows a grid of rooms with various shapes, including rectangular, diamond-shaped, and X-shaped rooms. Dimensions are provided for room sizes and wall thicknesses. Labels include 'COCA-COLA' and '1:101'.

20

Struttura Tram San Francisco





Grazie a tutti per l'attenzione

Fernando Chiti

BREDA