



“Utilizzo dell'acciaio inossidabile applicato alla struttura cassa di un tram per la città di Los Angeles”

***Seminario – L'acciaio inossidabile per componenti strutturali dei
veicoli per il trasporto terrestre: linee guida per lo sviluppo futuro***

Ing. Stefano RAITI - AnsaldoBreda S.p.A.

***CSM - Castel Romano
2 Ottobre 2008***



Fornitura Tram Los Angeles

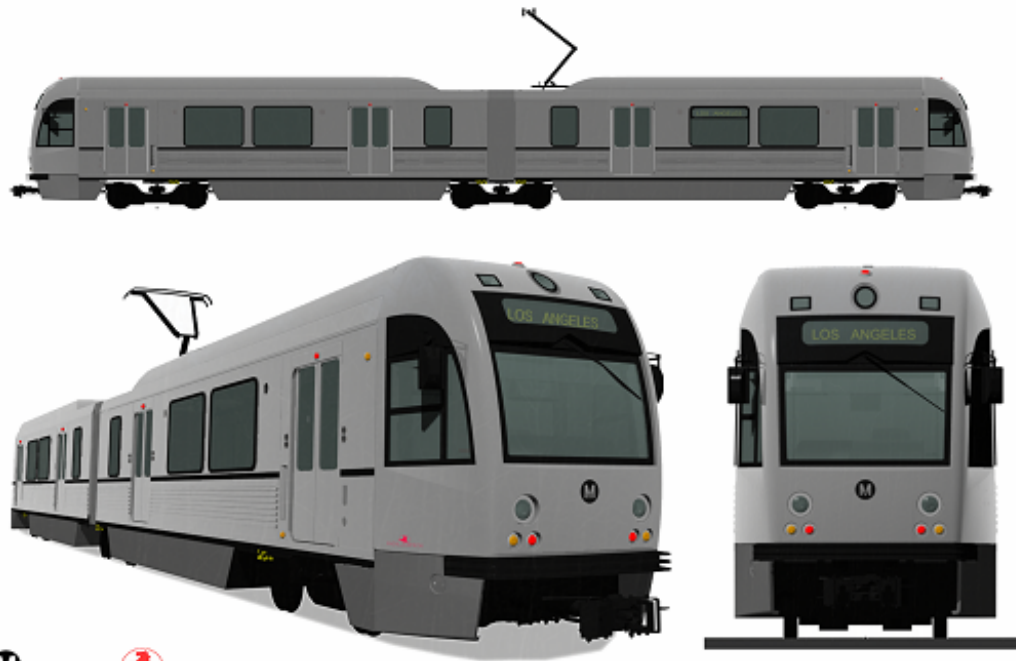
 **Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.**

- Contratto con la municipalità di Los Angeles per n°50 tram
- NTP 6 giugno 2003
- Fornitura del primo veicolo giugno 2005
- Resto della flotta in fase di consegna



Descrizione dell'unità di trasporto:

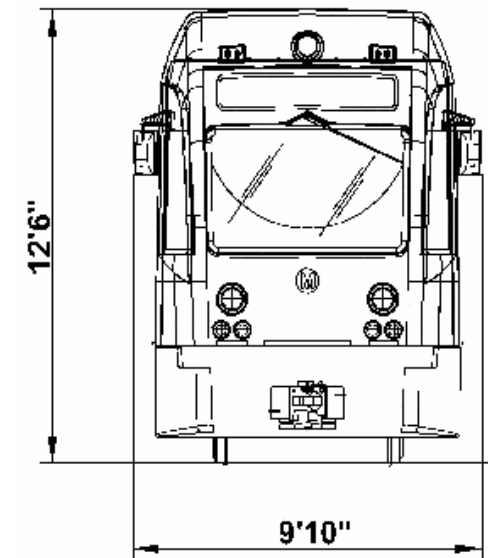
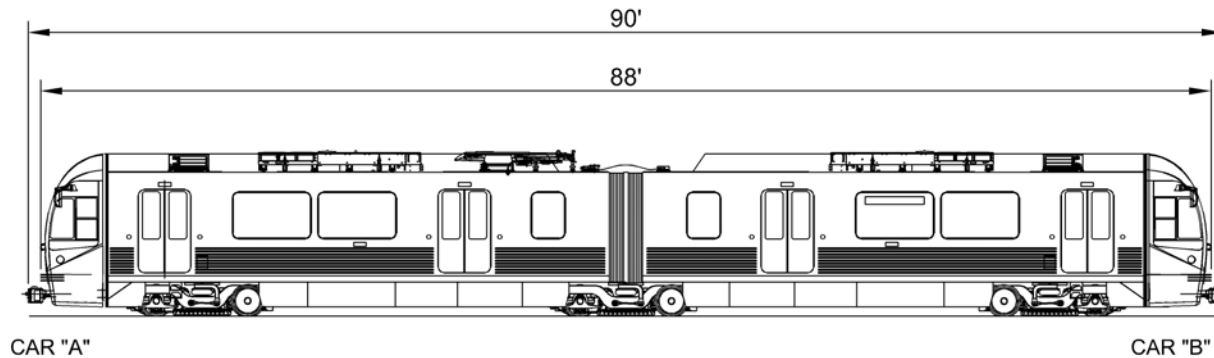
- 2 casse (cassa A e cassa B)
- 2 carrelli motore e un carrello portante centrale





Dimensioni generali del veicolo:

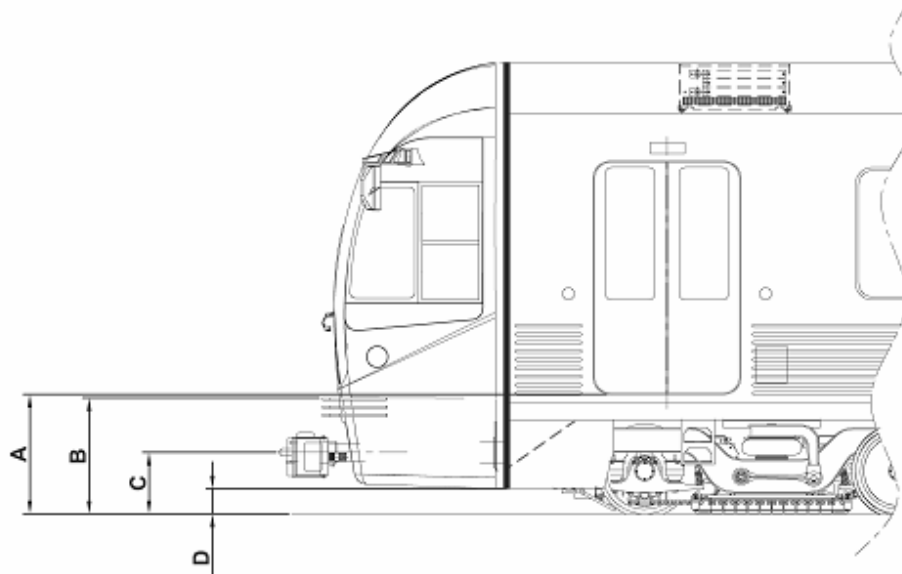
- Lunghezza agli accoppiatori: 27.43 m
- Larghezza: 2.997 m
- Altezza: 3.81 m





Dimensioni generali del veicolo:

- Altezza del pavimento dal binario: 990 mm
- Altezza dell'anticlimber dal binario: 864 mm
- Altezza dell'accoppiatore dal binario: 508 mm



A. (39 in) FLOOR HEIGHT
B. (34 in) ANTICLIMBER HEIGHT
C. (20 in) COUPLER HEIGHT
D. (8.25 in) MIN UNDERCAR CLEARANCE



Pesi del veicolo:

AW0: Peso a vuoto del veicolo: **44.353** kg;

AW1: Peso dei passeggeri seduti + AW0: **49.678** kg;

AW2: 4 passeggeri/m² + AW1: **56.258** kg;

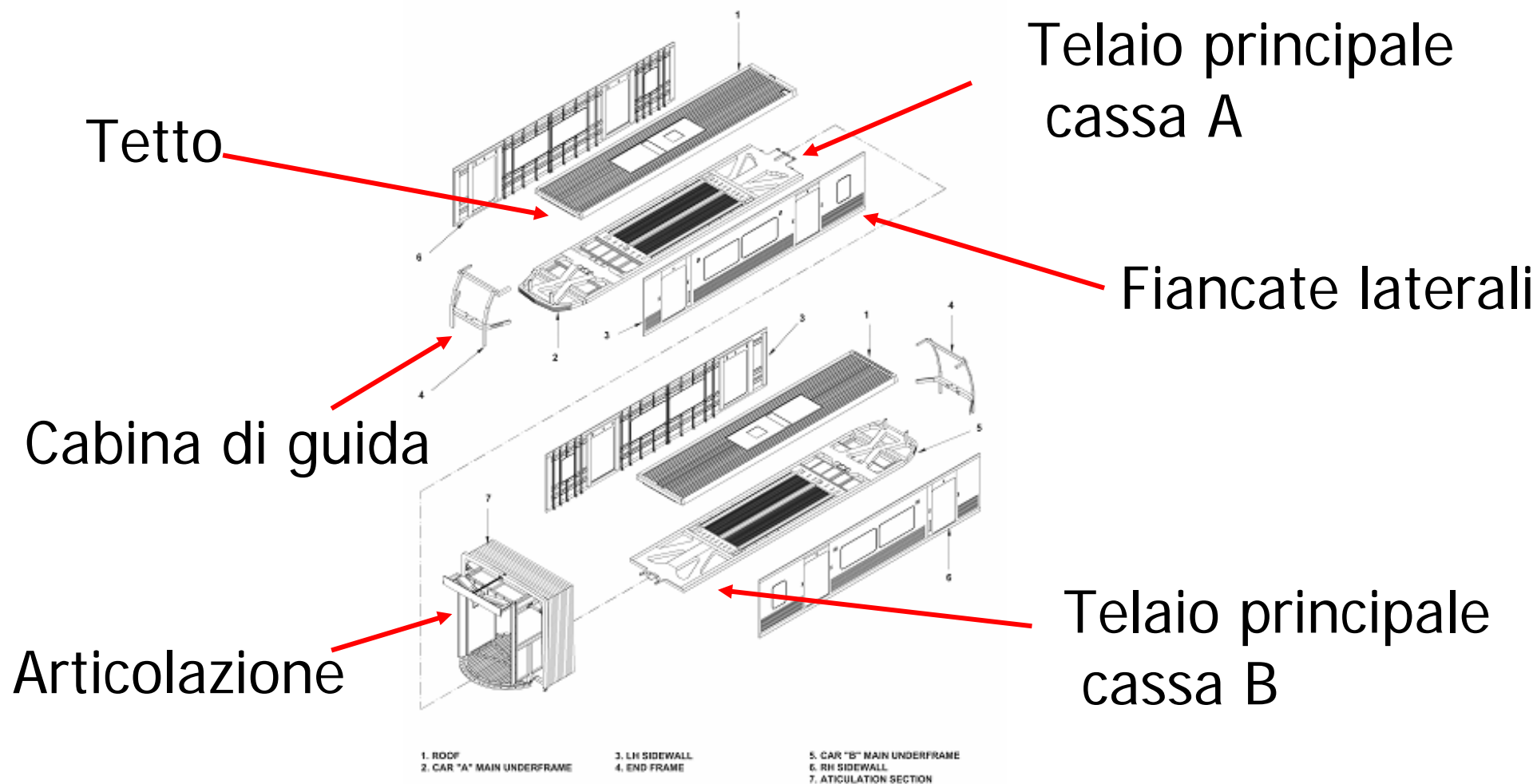
AW3: 6 passeggeri/m² + AW2 : **59.548** lbs;

AW4: 8 passeggeri/m² + AW3 : **62.838** lbs.

Nota: Il peso per passeggero è pari a: 70 kg.



Descrizione della struttura cassa

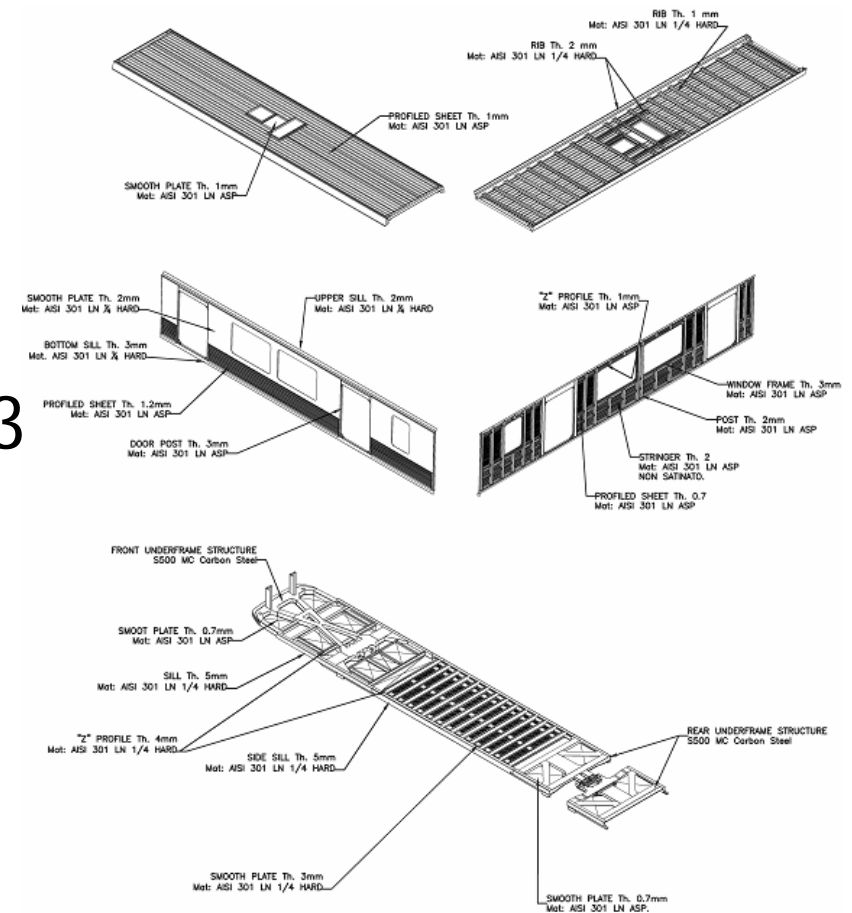




Materiali utilizzati:

- AISI 301 LN ASP
- AISI 301 LN 1/4 hard
- Acciaio al carbonio S500 MC
- Acciaio al carbonio S355 J2G3

AISI 301 LN
corrisponde all'acciaio
inossidabile 1.4318
della EN 10088





Materiale utilizzato per la parte anteriore del telaio:

- Acciaio al carbonio S500 MC





Materiale utilizzato per la parte centrale del telaio:

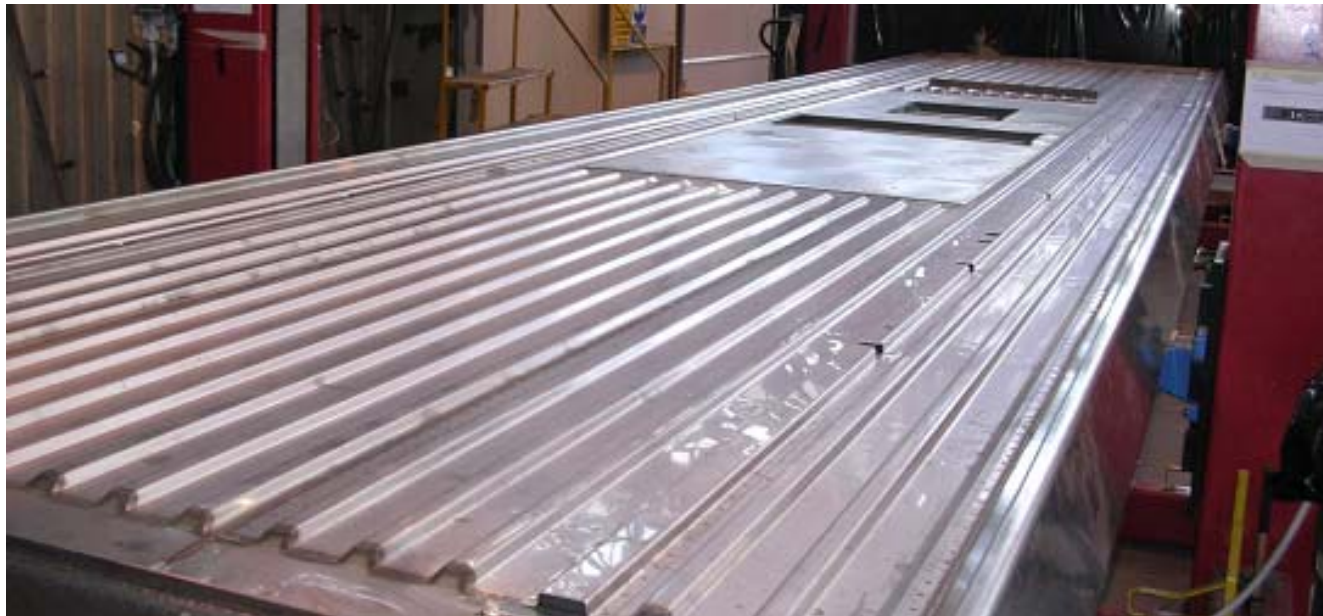
- AISI 301 LN ¼ hard





Materiale utilizzato per il tetto:

- AISI 301 LN ASP





Materiale utilizzato per la fiancata:

- AISI 301 LN ASP





Fase di realizzazione tetto con Robot di saldatura a spot:





Descrizione dei calcoli della struttura cassa

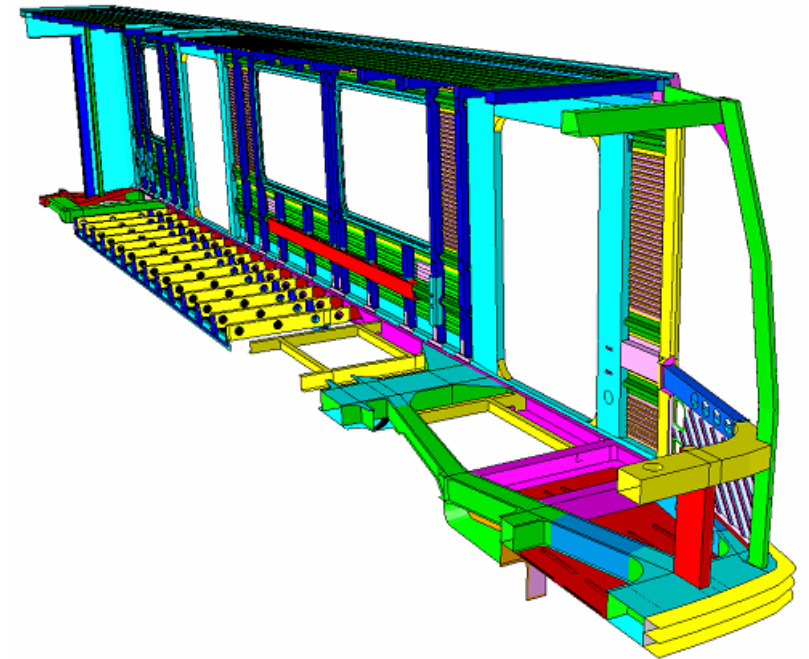
Modello di calcolo per le analisi statiche ed a fatica:
Circa 300.000 elementi "shell" e "beam"

Connessioni delle sotto-parti principali utilizzando saldature a spot effettuate da ROBOT di saldatura.

- Simulazione con elementi "beam".

Connessioni per assiematura cassa effettuate con saldature a filo tramite tecnica MIG.

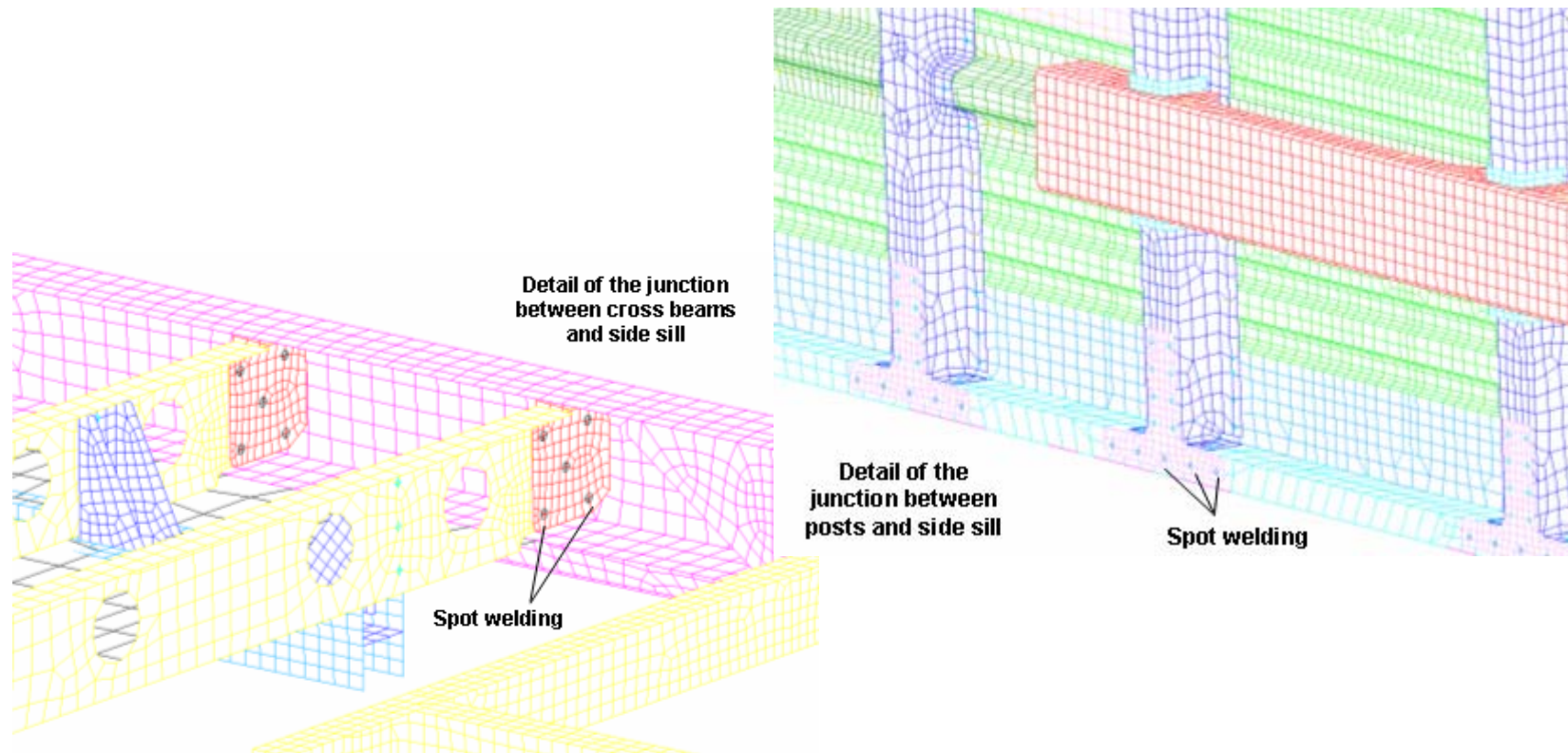
- Simulazione con connessione nodo-nodo





Descrizione dei calcoli della struttura cassa

Dettaglio della simulazione della saldatura a spot
utilizzata nel modello di calcolo:



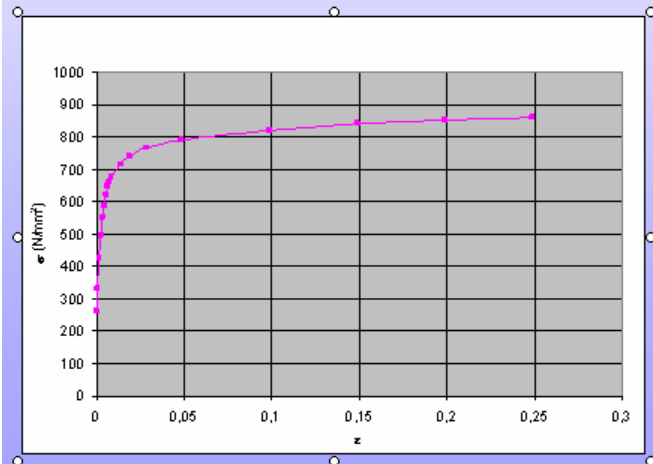


Descrizione dei calcoli della struttura cassa

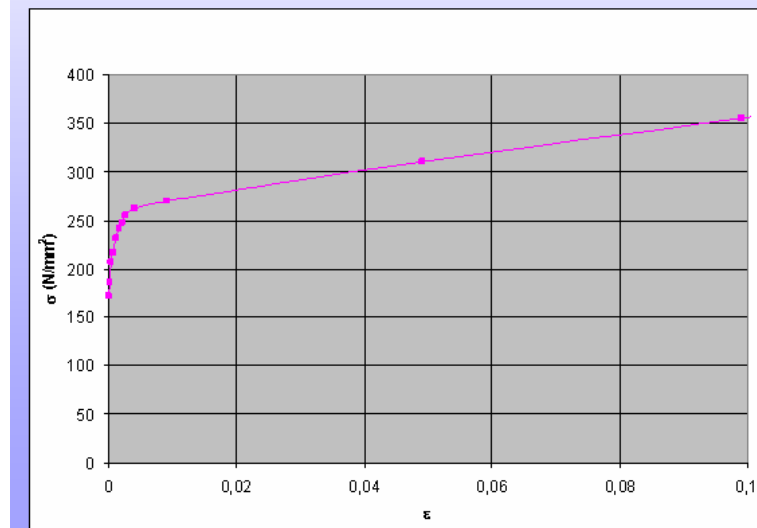
Caratteristiche principali degli acciai utilizzati:

Material	$R_{p0.2}$ (N/mm ²) base material	R_m (N/mm ²) base material	$\sigma_{0.2 \text{ HAZ}}$ (N/mm ²) welded material
S500	500	560	454
S355J2G3	355	510	323
AISI 301 LN ¼ Hard	515	860	281
AISI 301 LN ASP	310	620	281

□ AISI 301 ¼ Hard



□ AISI 301 ASP



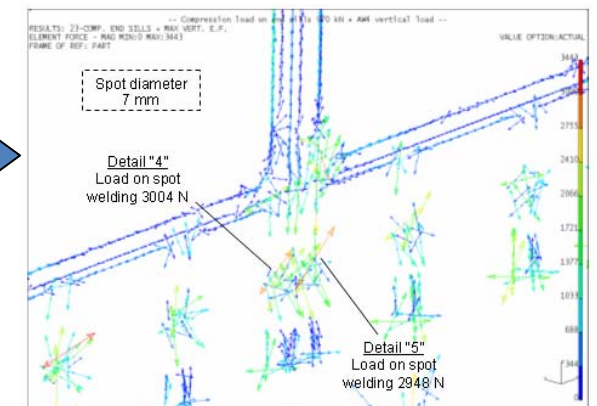
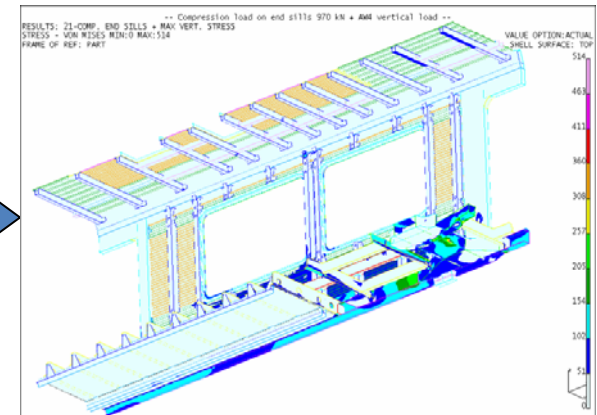


Descrizione dei calcoli della struttura cassa

Condizioni di carico principali:

MAXIMUM VERTICAL LOAD AW4
COMPRESSION LOAD ON END SILLS
COMPRESSION LOAD ON COUPLER ANCHOR
LOADS ON COLLISION POST
LOADS ON CORNER POST
LOADS ON ANTI-Climber
LOADS ON ARTICULATION SECTION
LONGITUDINAL LOAD ON STRUCTURAL SHELF
SIDE LOAD
DIAGONAL JACKING
EMERGENCY LIFTING
JACKING LOADS
FREQUENCY ANALYSIS
ROOF LOADS

FATICA VERTICALE : 0.8 AW2 e 1.2 AW2 per 10^7 cicli



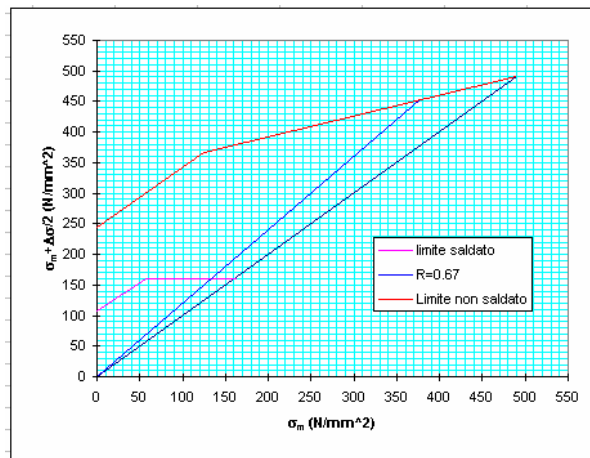


Descrizione dei calcoli della struttura cassa

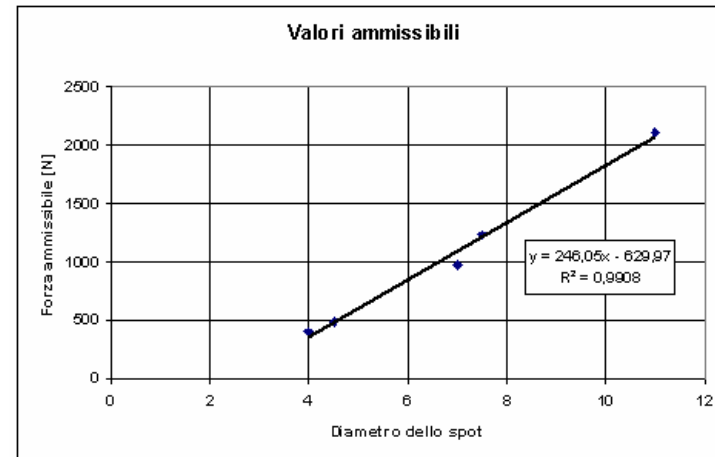
Verifica a fatica:

$$\Delta\sigma \leq \Delta\sigma_{adm}$$

Caratteristiche principali delle giunzioni saldate a filo (diagramma di Goodman):



Caratteristiche principali delle giunzioni saldate a "Spot":





Validazione tramite test sperimentali:

- Test q-statici sulla struttura cassa



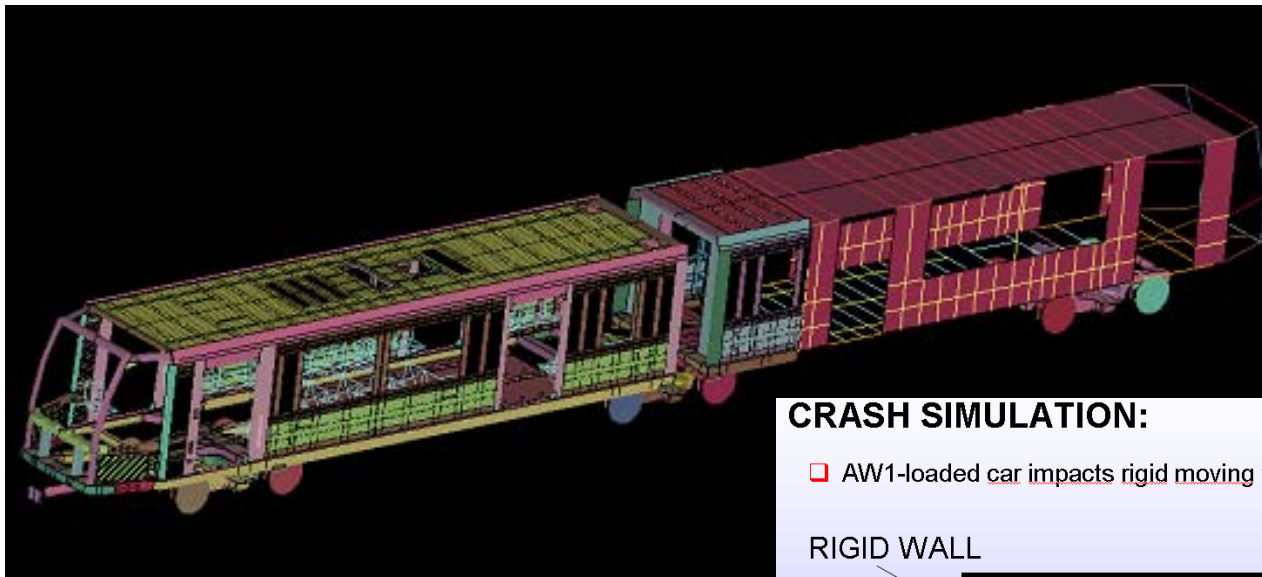
- Test a fatica su una porzione di telaio



Descrizione dei calcoli della struttura cassa

Modello di calcolo per le analisi di crash:

- Circa 380.000 elementi "shell", "beam", "rigid", "spring".



CRASH SIMULATION:

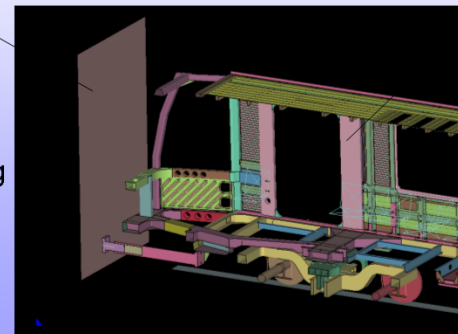
- ▣ AW1-loaded car impacts rigid moving wall

RIGID WALL

$V_{initial} = 0$
 $M = 51000 \text{ kg}$

FEM MODEL

$V_{initial} = 10 \text{ mph}$
 $M = 51000 \text{ kg}$



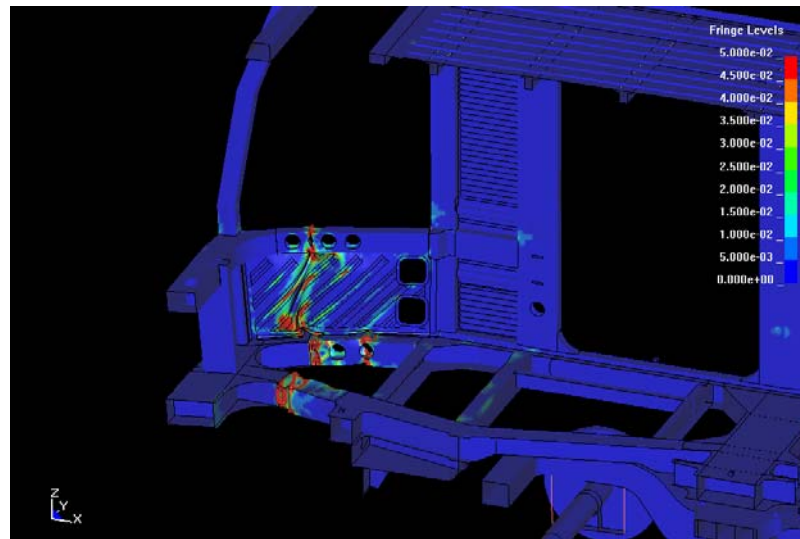
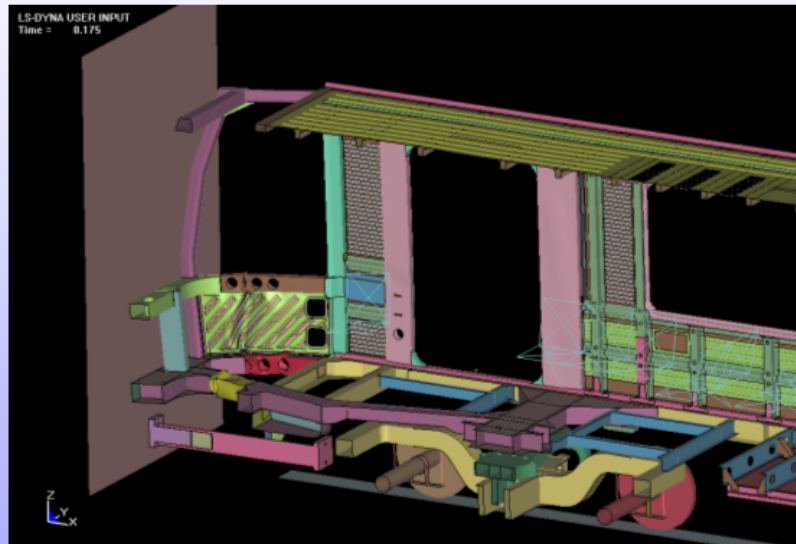


Descrizione dei calcoli della struttura cassa

Risultati delle analisi di crash:

FRONT STRUCTURE:

- $T = 180 \text{ ms}$





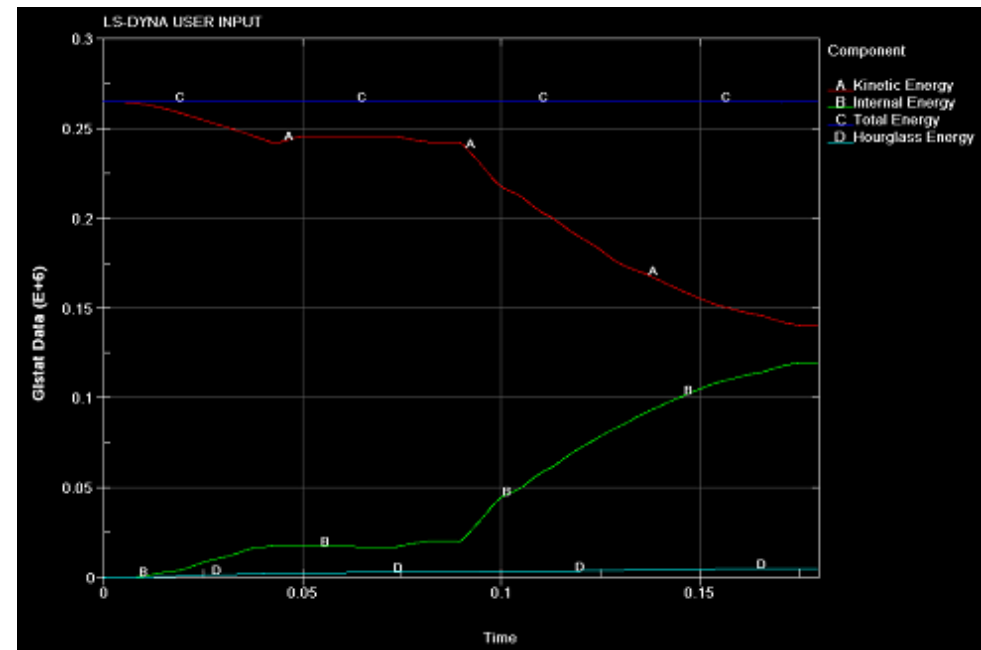
Descrizione dei calcoli della struttura cassa

Risultati delle analisi di crash:

- Bilancio energetico

ENERGY BALANCE (half model):

- $E_{kin v1} \approx 265 \text{ KJ}$
- $E_{coup} \approx 19 \text{ KJ}$
- $E_{pl def} \approx 101 \text{ KJ}$
- $E_{kin (v1+v2)} \approx 140 \text{ KJ}$
- $E_h \approx 5 \text{ KJ}$



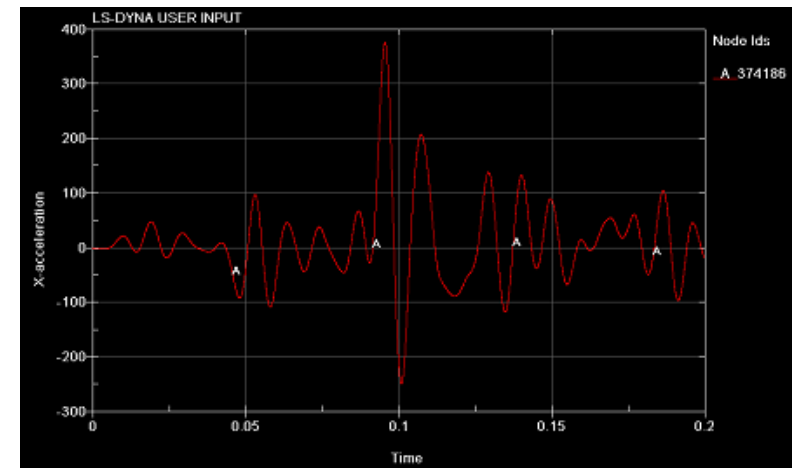
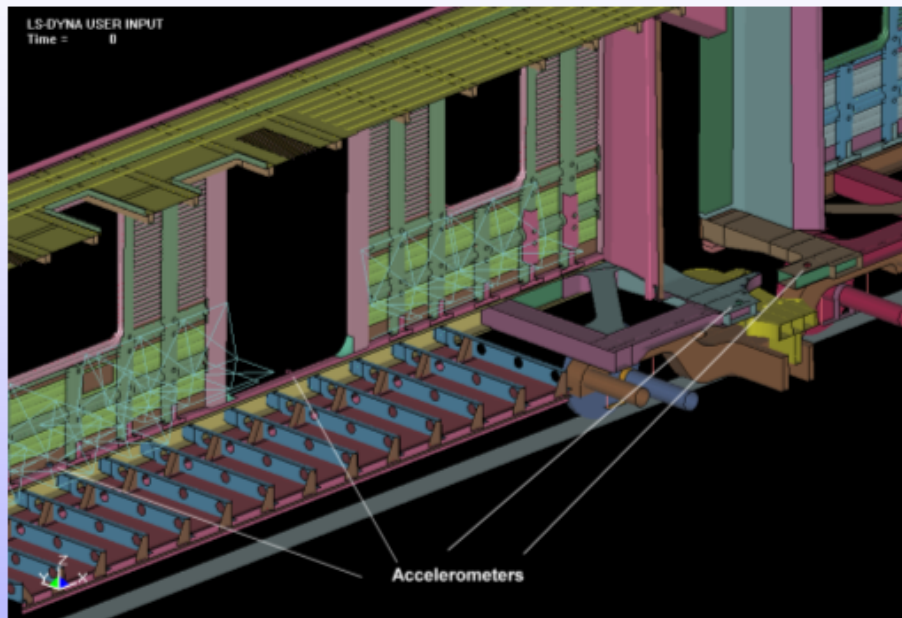


Descrizione dei calcoli della struttura cassa

Risultati delle analisi di crash:

- Misure di accelerazione

Position of the Accelerometers:





Risultati delle analisi di crash:

- Misure di accelerazione

SEVERITY INDEX: $SI = \int_t a_p^{2.5}(t) dt$

SI = 56

**ACCELEROMETRO SUL SEDILE
PASSEGGERO
NESSUN RISCHIO DI DANNO GRAVE**



Ulteriori applicazioni in acciaio inossidabile sui veicoli AB

 **Centro Sviluppo
Materiali S.p.A.**

L'acciaio inossidabile viene utilizzato soprattutto sul mercato nord americano, ma ci sono esempi di applicazione in Europa:

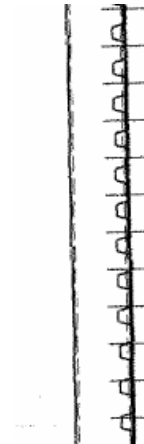
- Metropolitana per la città di Los Angeles
- Metropolitana per la città di Atlanta (MARTA)
- Carri per il trasporto dei camion sotto la manica (Eurotunnel)





Nuove tecnologie applicabili nelle costruzioni in acciaio inossidabile:

- Giunzioni tramite saldatura laser (al momento solo su pannelli del Tram di LA)



- Giunzioni tramite incollaggio
- Strutture sandwich



Grazie per l'attenzione

Ing. Stefano RAITI

Progettazione strutture cassa

Raiti.Stefano@AnsaldoBreda.it