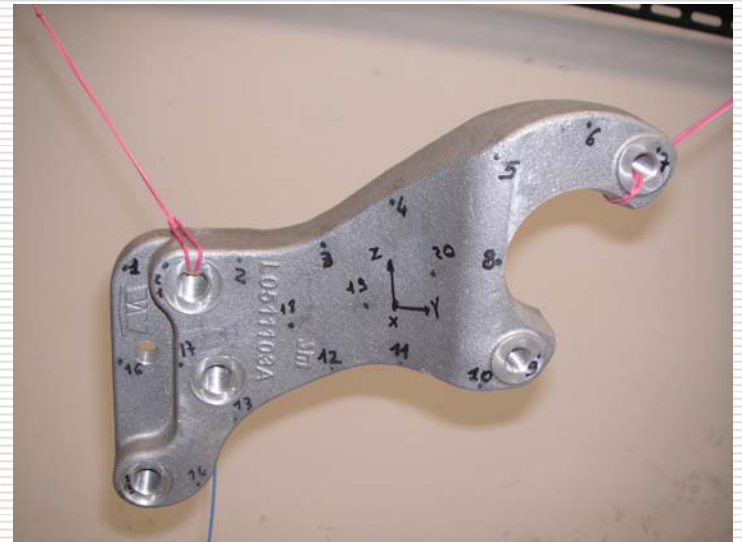
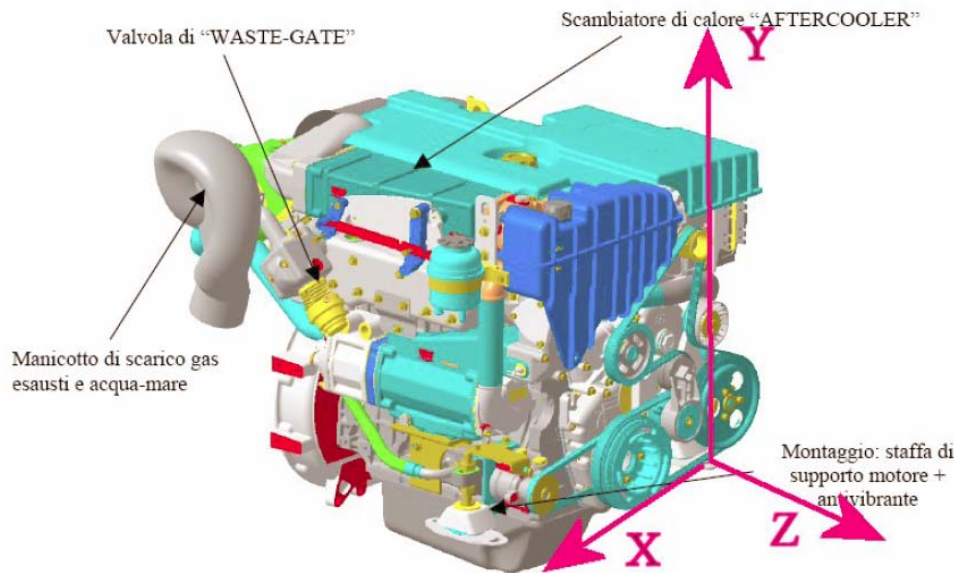


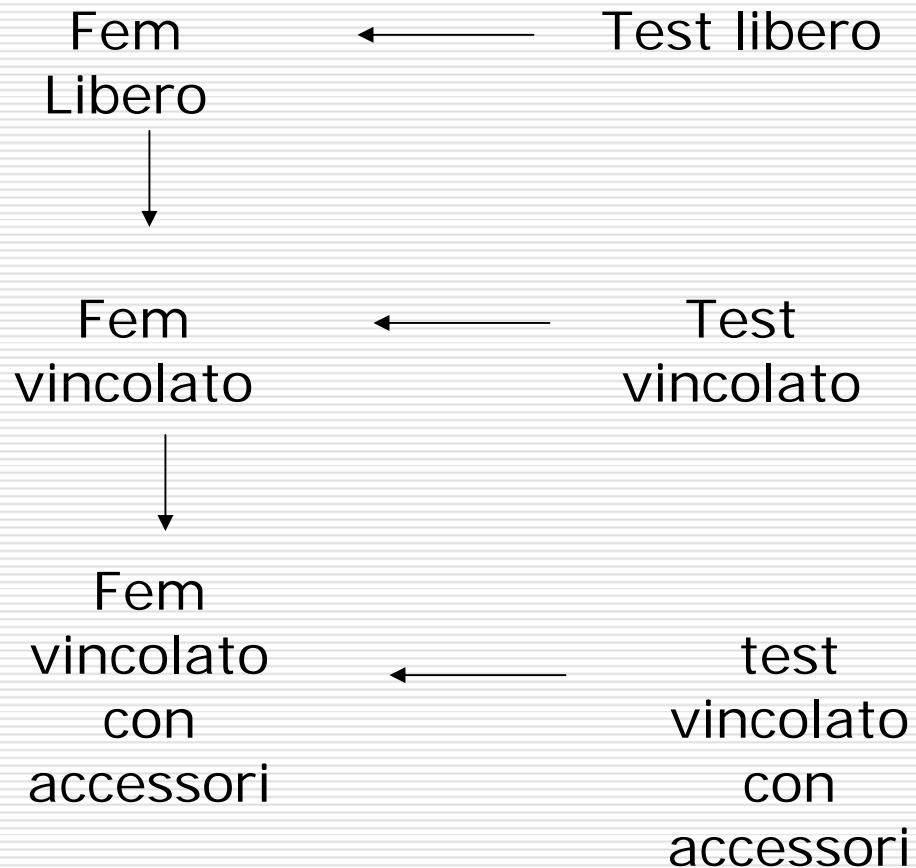
Analisi Modale sperimentale: un esempio reale

Componente in esame

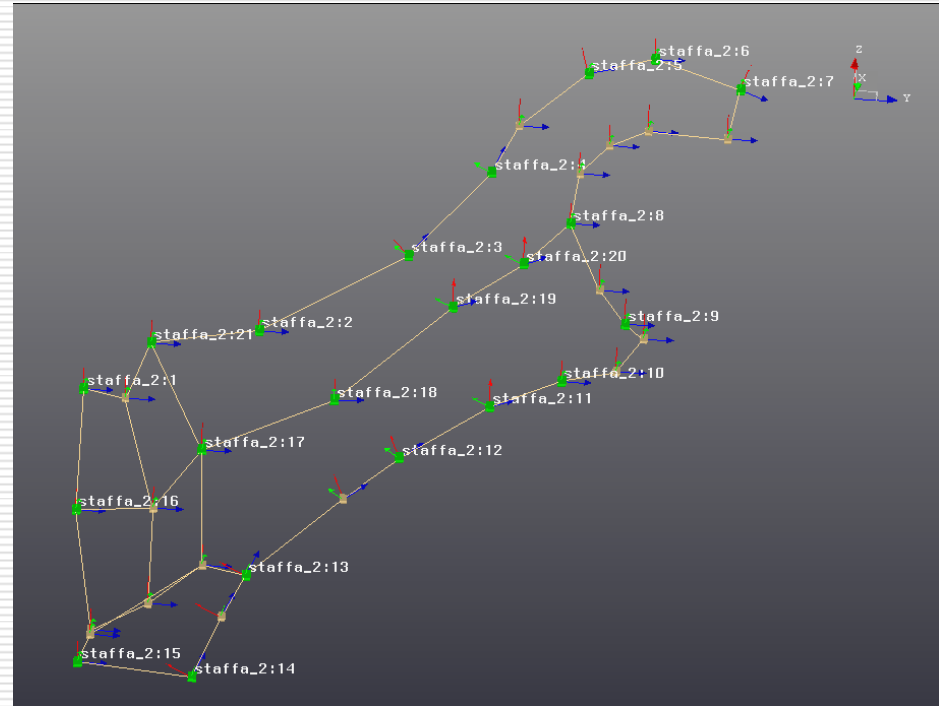
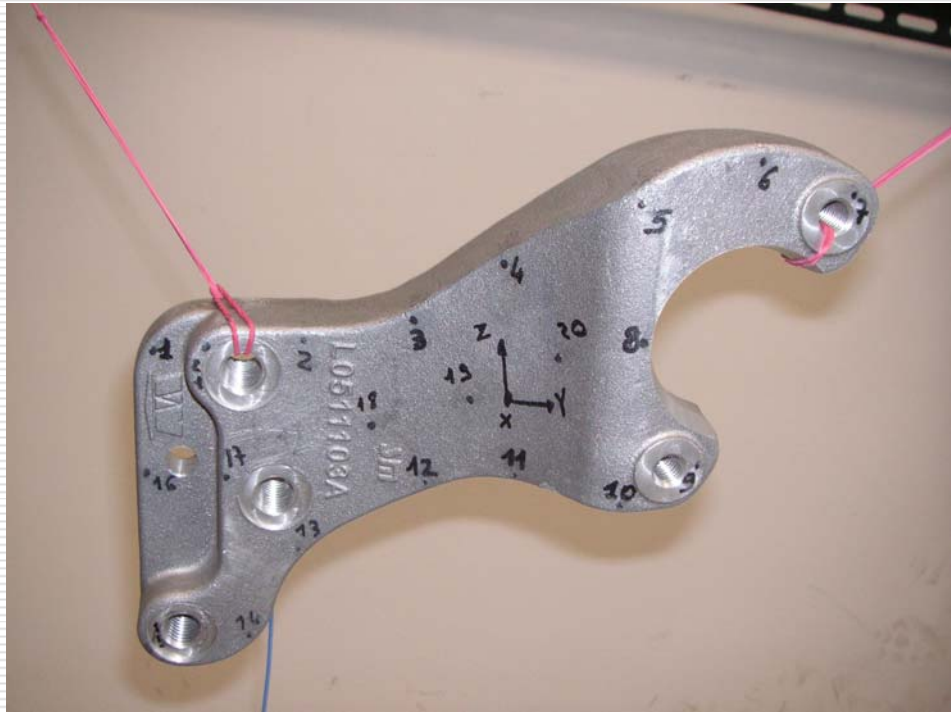


Obiettivo: valutare le frequenze naturali di una staffa accessori e validare un modello FE

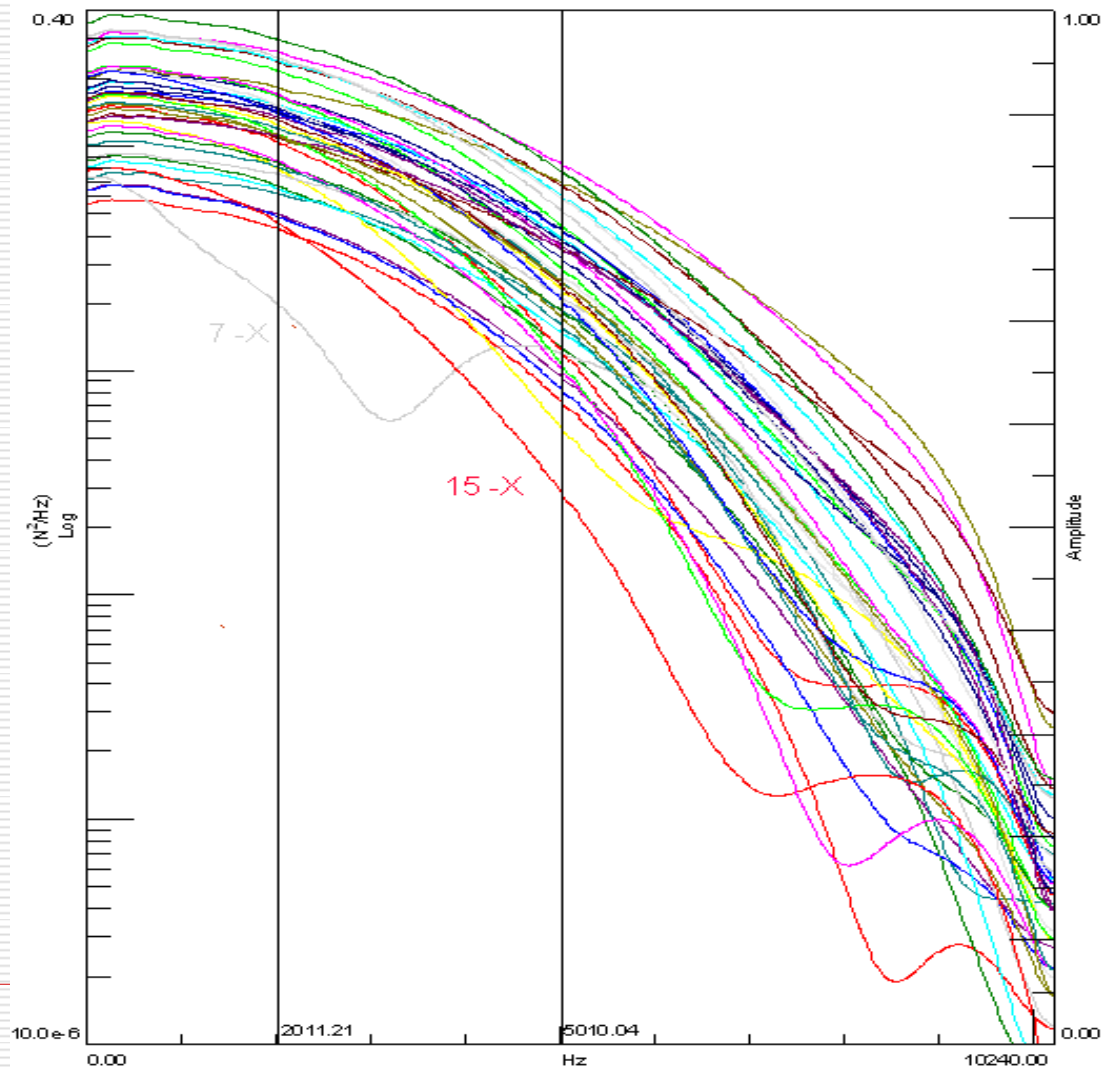
Per ottenere un modello affidabile



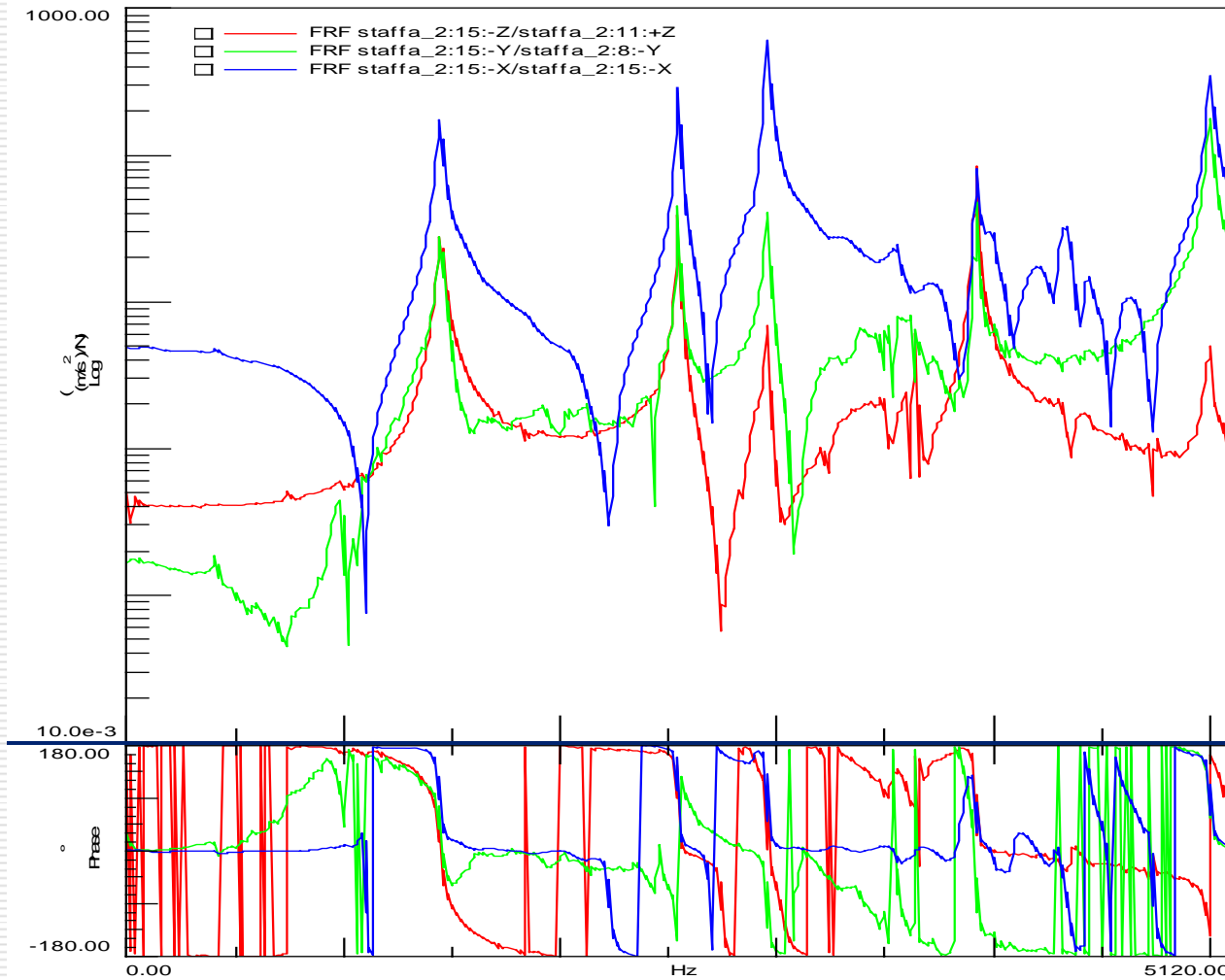
Analisi modale libera



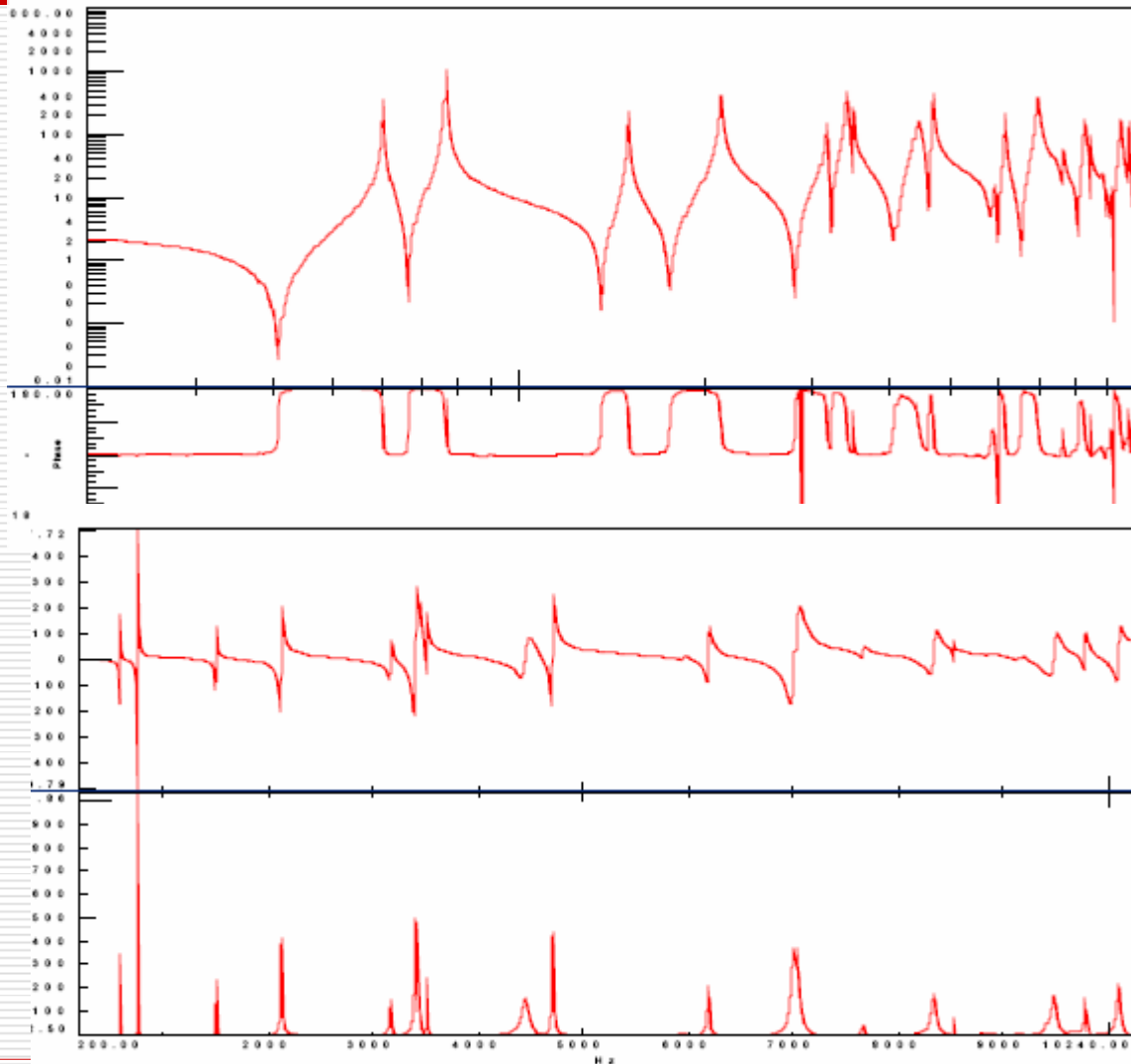
Spettri delle martellate



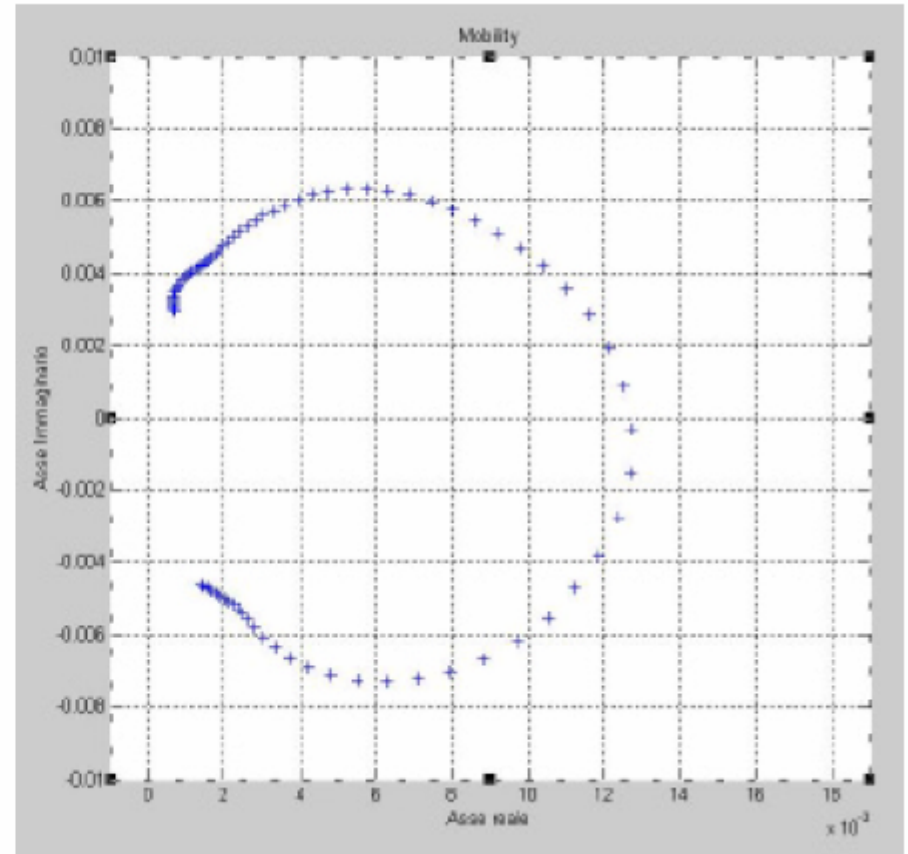
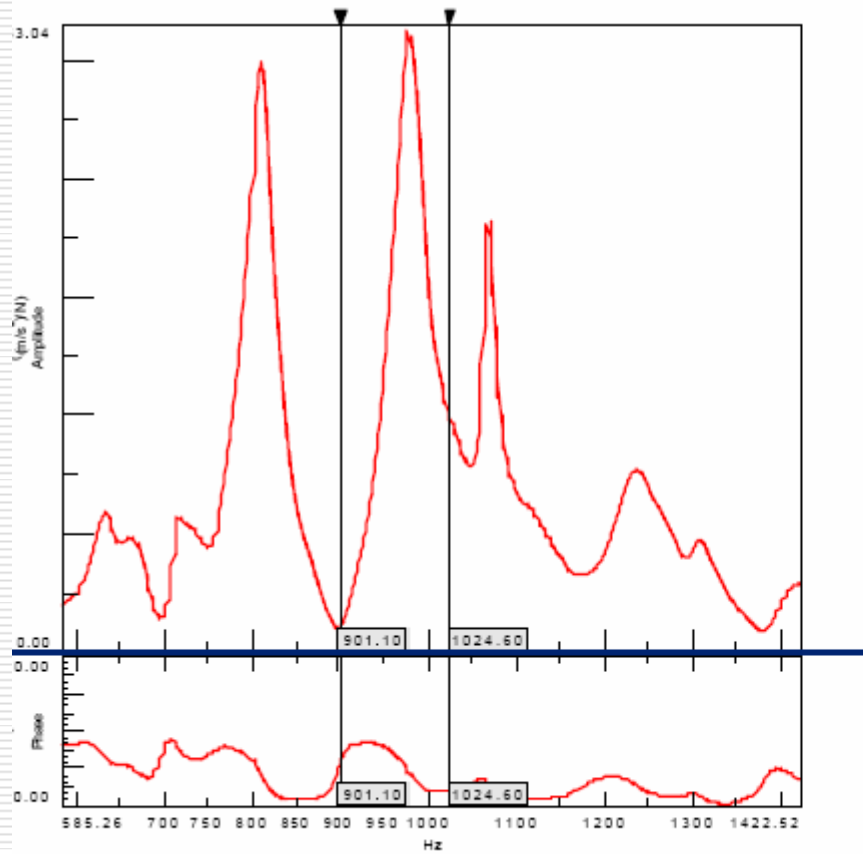
FRF puntuali



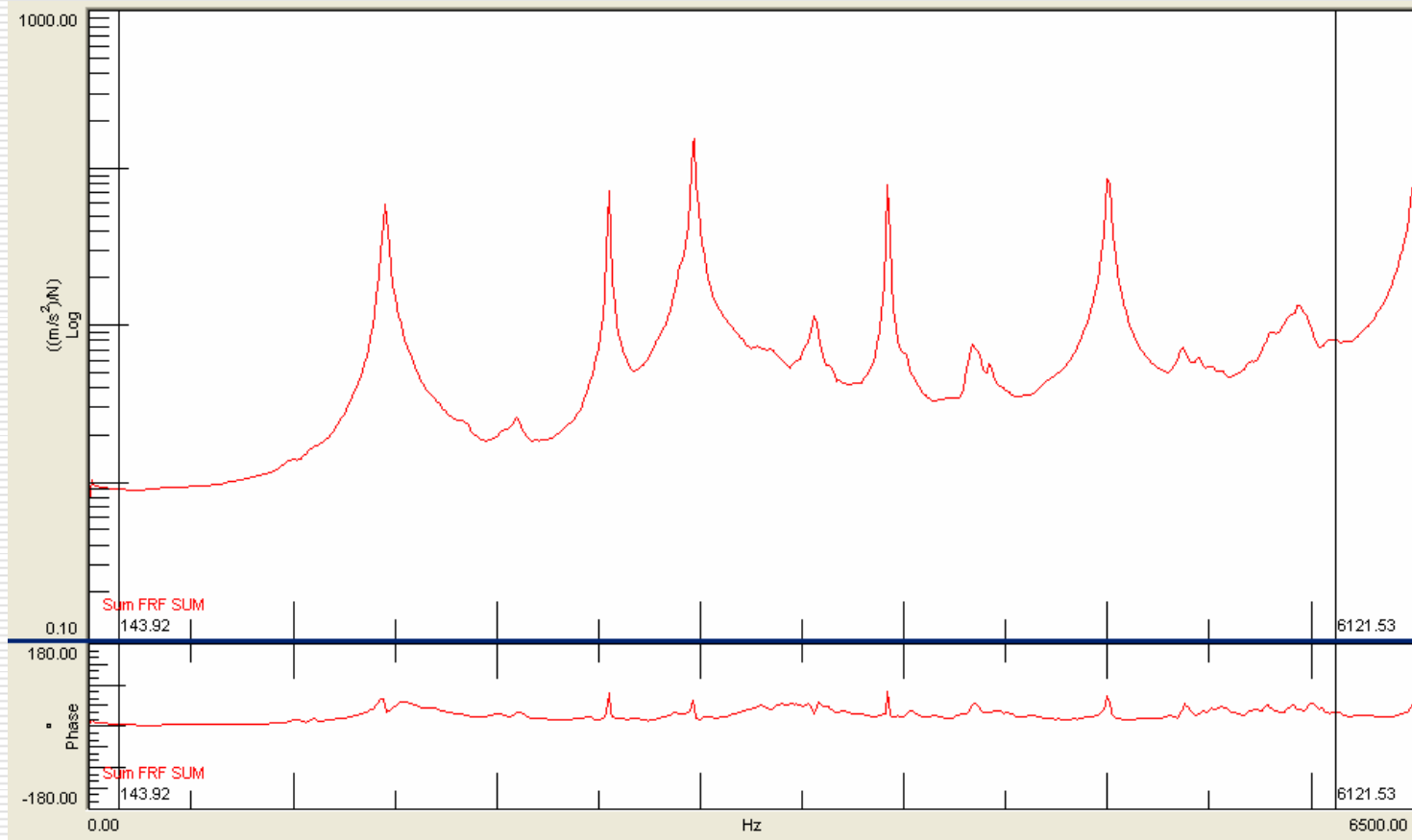
FRF ampiezza/fase e reale/ immaginario



Nyquist

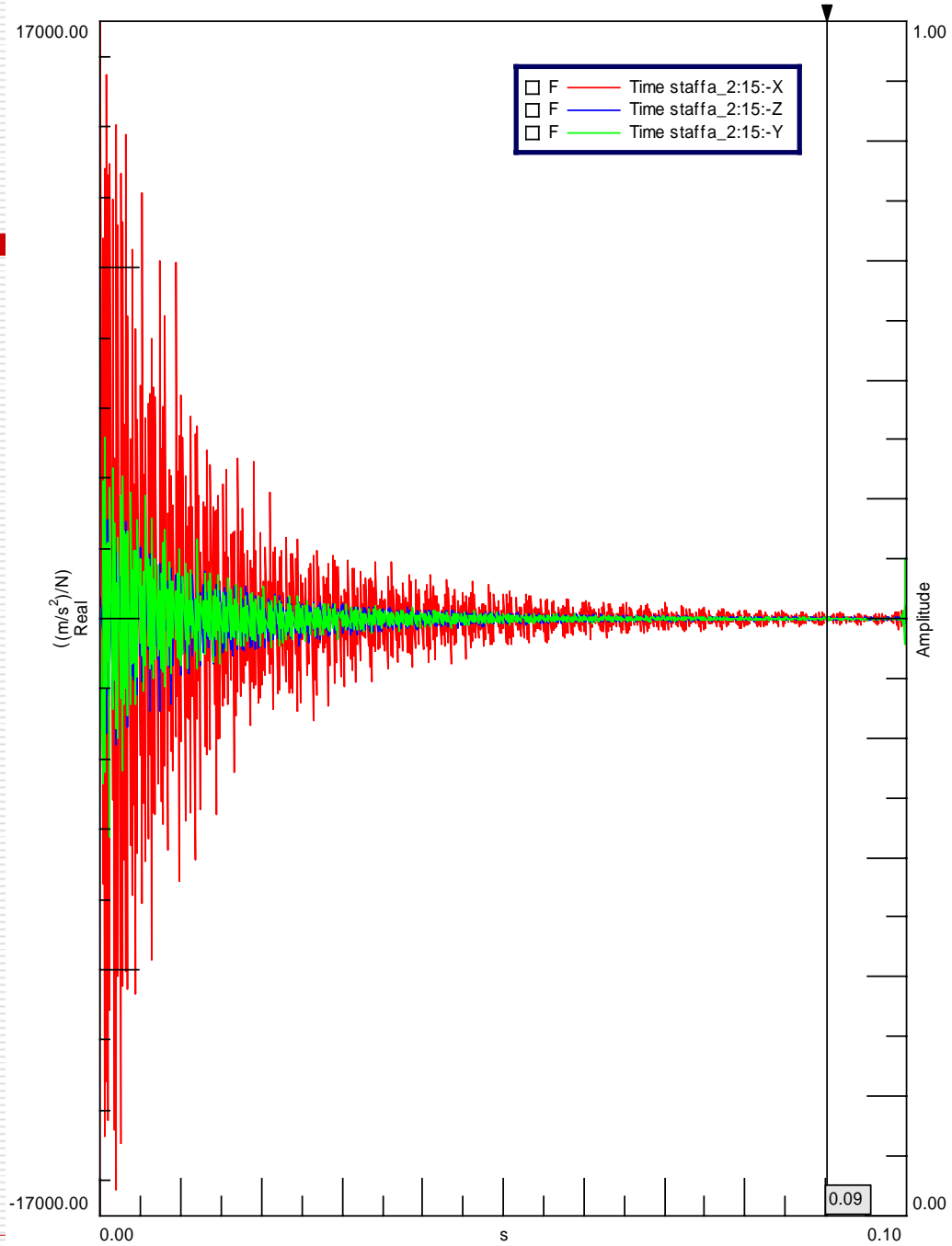


FRF somma: perchè utile?



IFFT delle FRF

Sistema
smorzato



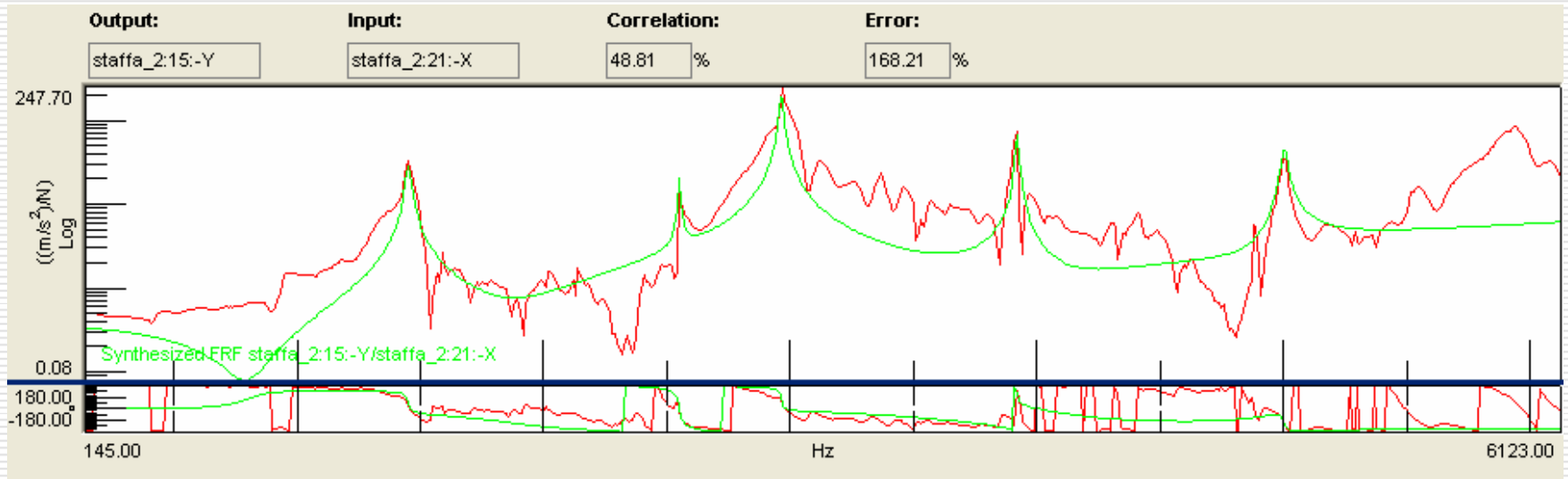
Frequenze naturali

F_n

Smorz
modali

1452,082	0,47
2550,992	0,09
2964,984	0,12
3920,696	0,10
5003,263	0,18

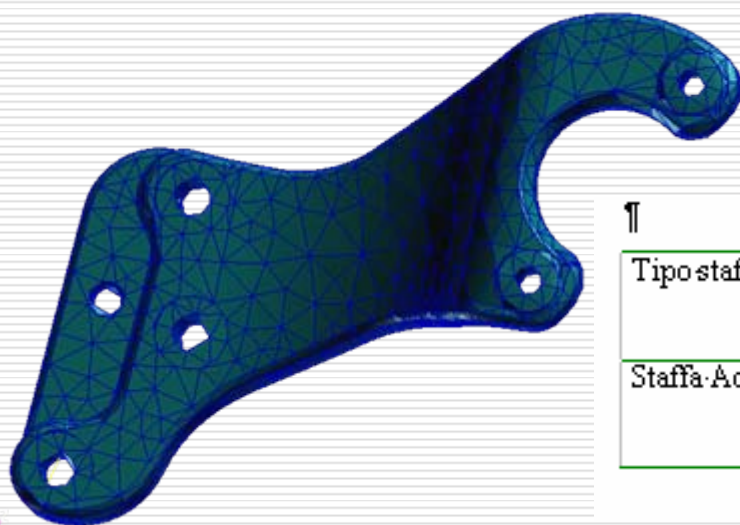
FRF misurate (curva rossa) vs. sintetizzate (curva verde)



FEM-TEST (free-free)

Tipo modello	1 ^a fn[Hz]	2 ^a fn [Hz]	3 ^a fn[Hz]
Staffa FEM libera	1461	2560	3015
Staffa sperimentale libera	1451	2550	2965
Errore percentuale	0.41%	0.31%	1.65%

Tabella 1 – Confronto delle frequenze naturali fra la staffa AM libera FEM e sperimentali

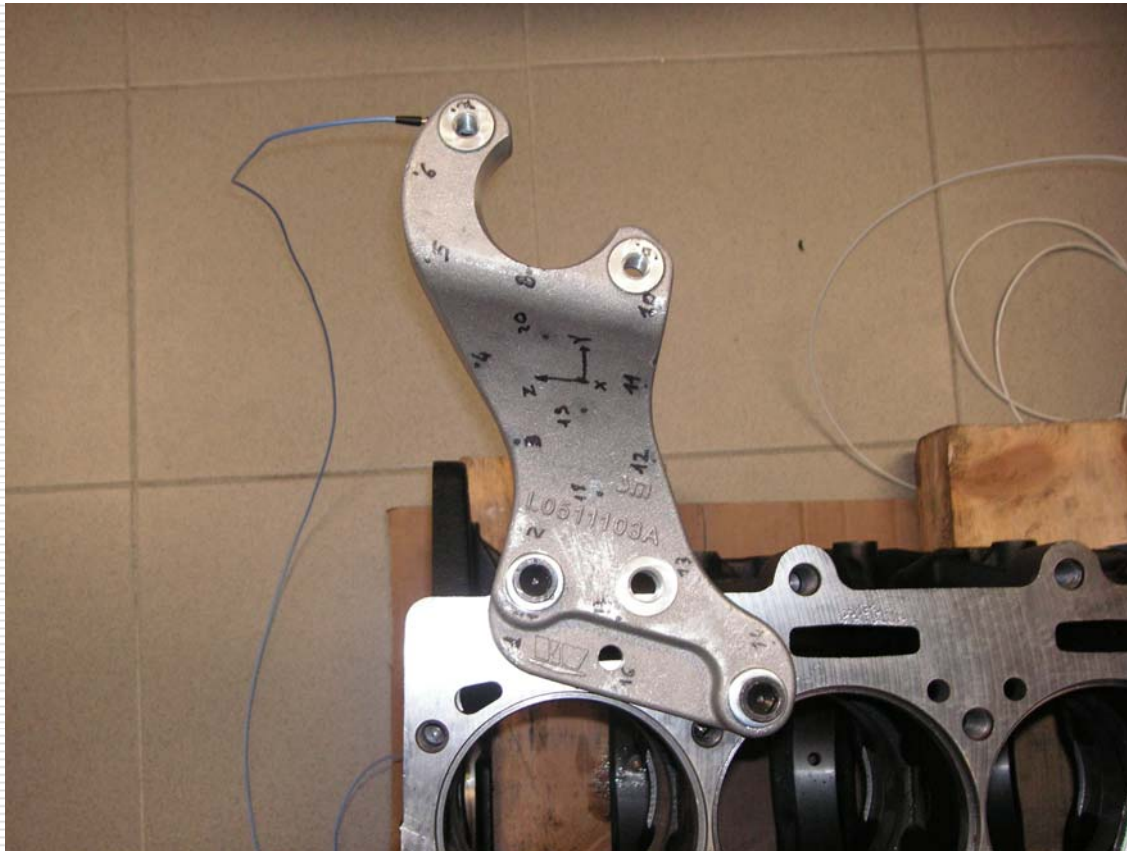


¶

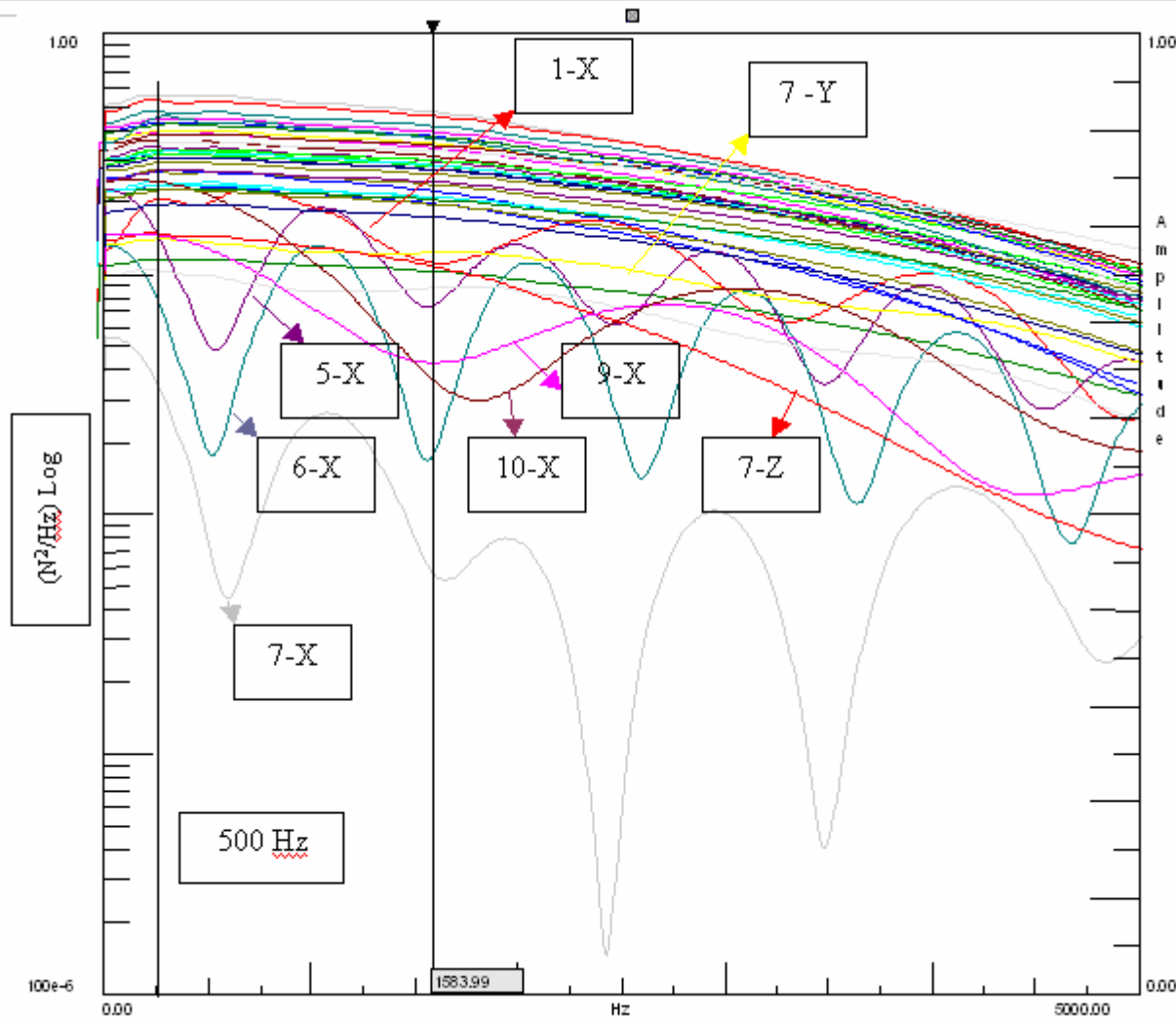
Tipo staffa	#nodi	#elementi	Tipo elemento	Modulo Young [MPa]	Densità [Kg/m ³]
Staffa Acqua-Mare	20994	12908	Tetragonale 10-nodi	70000	2700

Tabella 26: caratteristiche dei modelli FEM ¶

Analisi modale vincolata



Spettro delle martellate



Tipo modello	1 ^a fn [Hz]	2 ^a fn [Hz]
Staffa FEM vincolata	580	1299
Staffa sperimentale vincolata	507	1257
Errore percentuale	14%	3.3%

FEM vincolato rigidamente-TEST

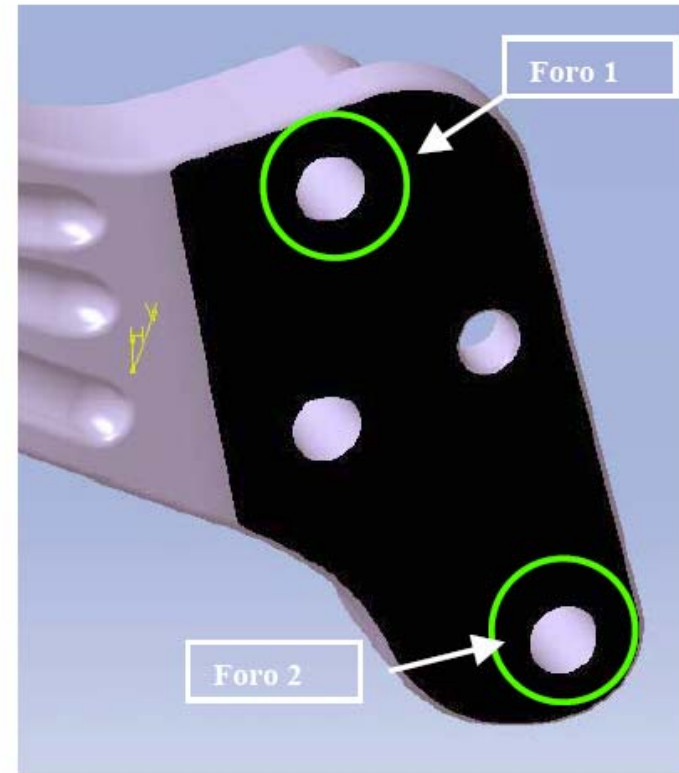
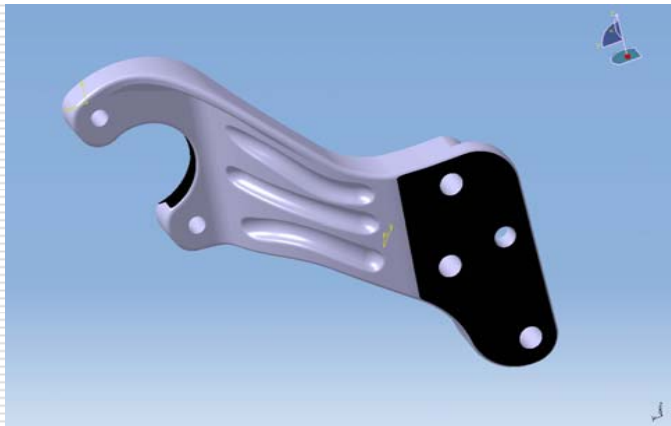
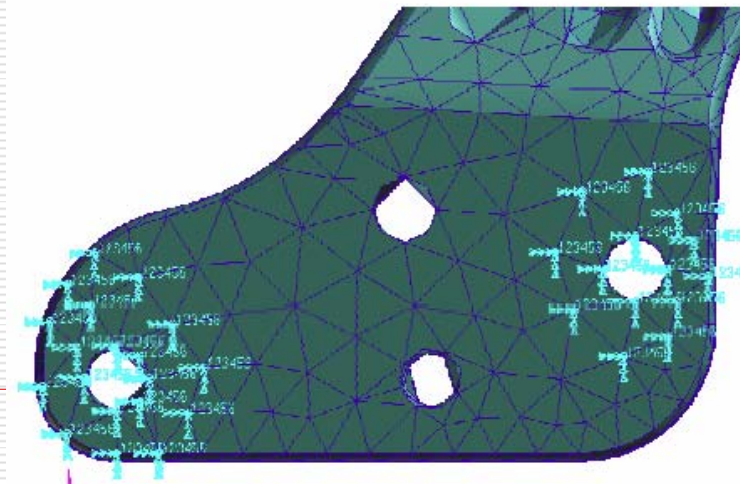


Figura 2 Particolare della Staffa Acqua-Mare

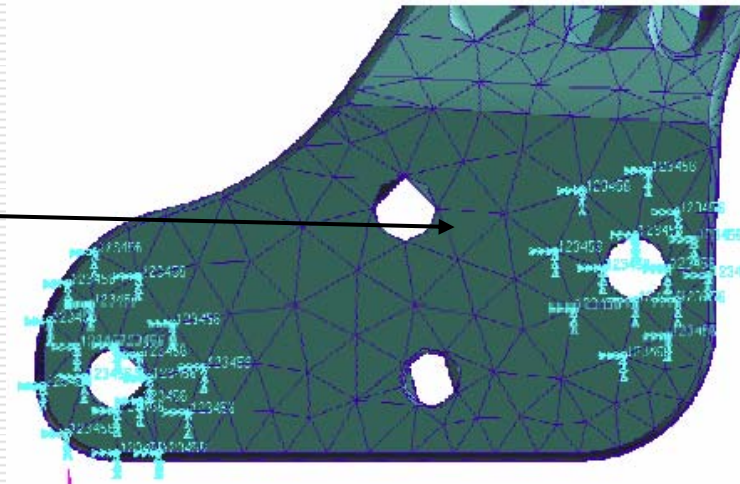


FEM-Test vincoli cedevoli

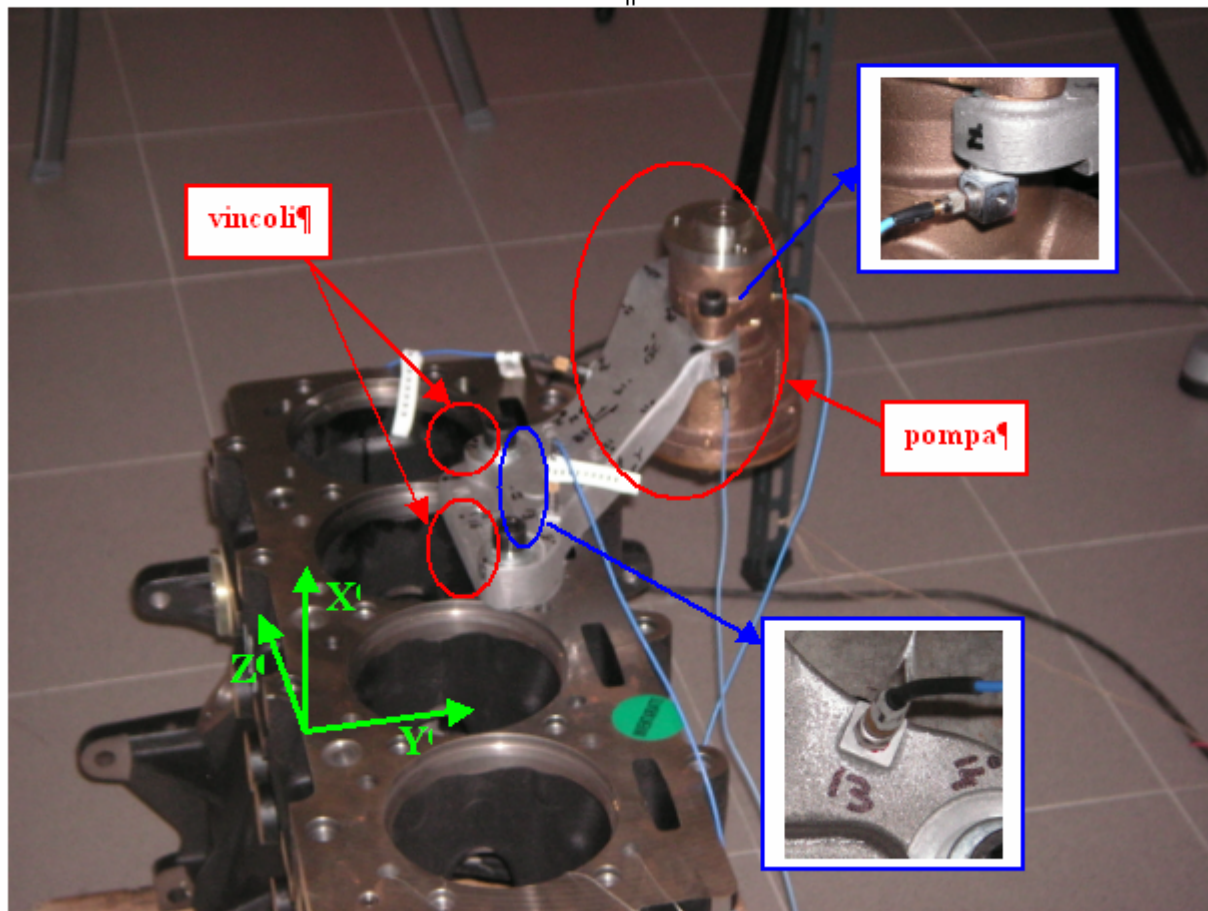
Tipo modello	1 ^a fn [Hz]	2 ^a fn [Hz]
Staffa FEM vincoli cedevoli	499	1226
Staffa sperimentale vincolata	507	1257
Errore percentuale	1.5%	2.4%

- Confronto delle frequenza naturali FEM e sperimentali della staffa AM con vincoli cedevoli

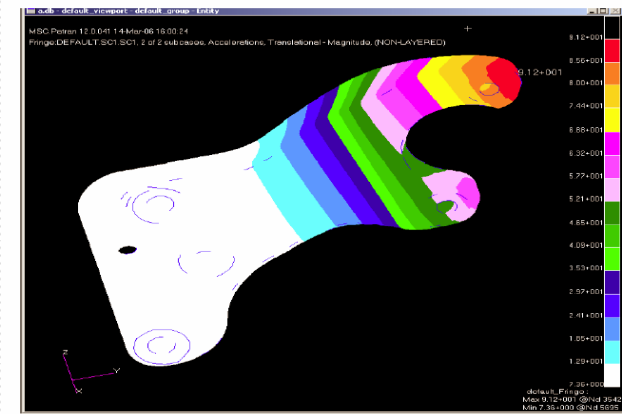
molle



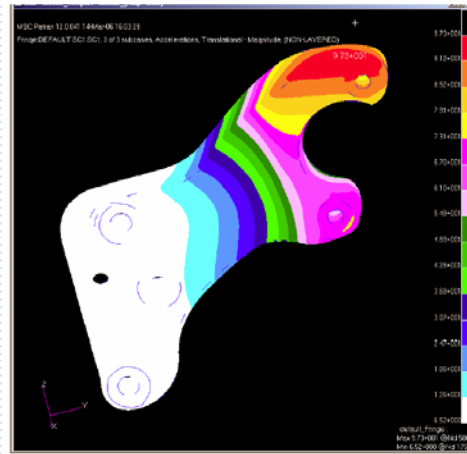
STAFFA VINCOLATA CON ACCESSORI



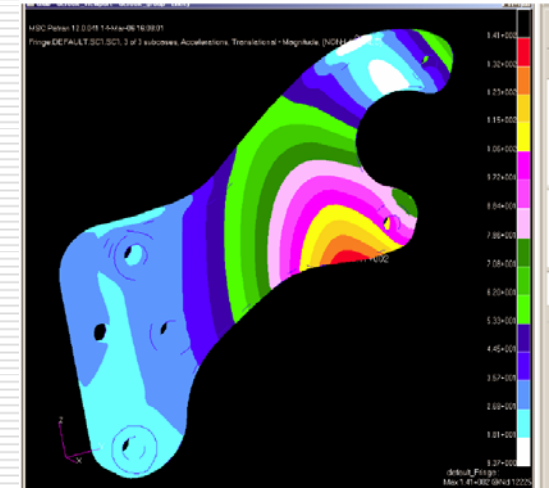
Analisi forzata



Accel alla
Fn1 = 9g



Accel alla
Fn2 = 9g



Accel alla
Fn4 = 14g

8. Conclusioni e modifiche progettuali suggerite

Le verifiche a fatica e statiche si possono considerare abbondantemente superate.

L'analisi modale e l'analisi forzata mettono in evidenza che il terzo e quarto modo sono i più pericolosi; il terzo modo interessa la torsione ed è eccitato dalle armoniche motore, mentre il quarto modo che interessa la flessione è eccitato da una risonanza del motore.

Alcune modifiche sono pertanto necessarie:

- Vincolare il foro evidenziato in blu in Figura 18 con un bullone al motore. Questa modifica permette di aumentare la quarta frequenza naturale da 619Hz a 734Hz e superare la zona critica di risonanza del motore fra i 600-700Hz.
- Per diminuire le accelerazioni del terzo modo si suggerisce di togliere le linee di scarico della staffa che rendono simile la sezione della staffa ad una sezione a C che male sopporta la torsione evidenziata dal modo in questione.
- Irrigidire la staffa a flessione per diminuire la resistenza a flessione nei modi 1,2,4, come evidenziato in Figura 18 in rosso.

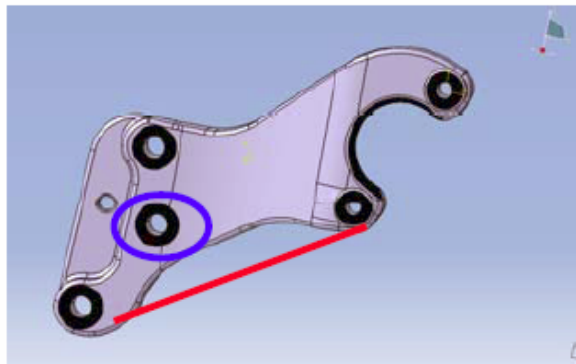


Figura 18: zone in cui apportare le modifiche progettuali