



Il controllo della segnatura radar sulle Unità Navali di combattimento: le griglie di ventilazione

Giacomo Bertolotto¹ (giacomo.bertolotto@fincantieri.it)

Aldo Guagnano¹ (aldo.guagnano@fincantieri.it)

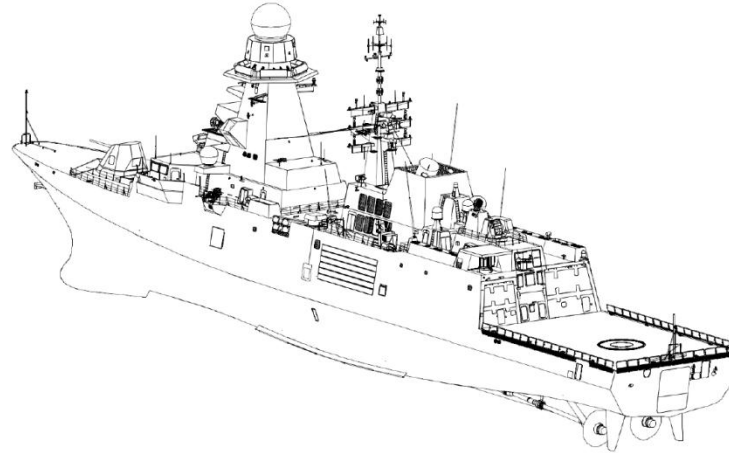
Pisa, 31/05/2017

Il controllo della segnatura radar sulle Unità Navali di combattimento: le griglie di ventilazione

Agenda

- La Radar Cross Section nelle Unità Navali
- Scelta delle caratteristiche EM degli “outfitting” da imbarcare
- Le griglie sulle Unità Navali
- Il progetto di un nuovo tipo di griglia
 - La caratterizzazione EM– misure di RCS e SE
 - La sperimentazione in ambiente marino

La Radar Cross Section nelle Unità Navali



Il controllo della segnatura radar (RCS) di una unità navale ha il duplice obiettivo di rendere la nave meno “detettabile” dai radar nemici e aumentare l’efficacia dei suoi sistemi di difesa elettronica (attivi e passivi).

Diverse sono le aree sulle quali il progettista può agire per cercare di ridurre la RCS:

- scafo, sovrastrutture,
- apparati del Sistema di Combattimento,
- allestimento marinaresco (i cosiddetti “outfitting”: fanali, griglie di ventilazione, strumenti d'appontaggio, proiettori, luci per l’illuminazione ponti esterni, tientibene, candelieri).

Analizzando i risultati ottenuti dagli studi RCS di costruzioni navali recenti è emerso che il contributo degli “outfitting” incide circa per il 20% sulla RCS totale dell’Unità Navale.

La Radar Cross Section nelle Unità Navali

Considerata:

- la generale impraticabilità nell'ottenere modifiche significative alla configurazione dei singoli apparati di SdC (quasi sempre dei Military Off-The-Shelf) ;
- e che, per la piattaforma navale, esiste un limite di riduzione della RCS basata principalmente sull'ottimizzazione delle forme,

è stata condotta una attività volta a quantificare i margini di intervento sull'allestimento marinaresco attraverso:

- la ricerca e la progettazione di componentistica innovativa a bassa segnatura RCS;
- lo studio di modi di installazione a bordo.

In questo contesto verrà presentata l'attività di progettazione e di misura svolta dalla Società Fincantieri S.p.A. sulle nuove griglie di ventilazione a bassa segnatura radar.

Scelta delle caratteristiche EM (RCS e SE) degli 'outfitting'

CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' NAVALI

Le Unità Navali in base al requisito di progetto RCS richiesto, possono essere classificate in tre categorie:

- Segnatura Controllata RCS > 30 dBsm
- Bassa Segnatura (Low Observability) 10 dBsm < RCS < 30 dBsm
- Nave Invisibile (Very Low Observability) RCS < 10dBsm.

CRITERIO DI SCELTA PER GLI OUTFITTINGS

Un criterio normalmente usato per la scelta degli outfitting da installare a bordo delle UU.NN. è che questi abbiano un valor medio di RCS inferiore di almeno 10dB rispetto ai valori di soglia usati per la classificazione delle UU.NN..

REQUISITO RCS PER GLI OUTFITTINGS

Categoria Unità Navale	Requisito RCS [dBsm]
Segnatura Controllata	RCS > 20
Bassa Segnatura	0 < RCS < 20
Nave Invisibile	RCS < 0

Scelta delle caratteristiche EM (RCS e SE) degli 'outfitting'

REQUISITO DI SHIELDING EFFECTIVENESS (SE) PER GLI OUTFITTING

Il requisito SE é richiesto ad un "outfitting" qualora questo debba esibire capacità di schermatura verso i locali interni nave sorgenti di possibili indesiderate riflessioni radar.

Nell'ambito delle attività di progettazione delle nuove griglie di ventilazione si è ipotizzata la presenza di una cavità interna (plenum) retrostante con un valore medio di RCS di 50dBsm @ 16GHz.

REQUISITO SE PER GRIGLIE DI VENTILAZIONE

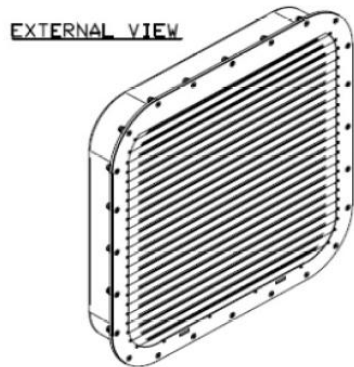
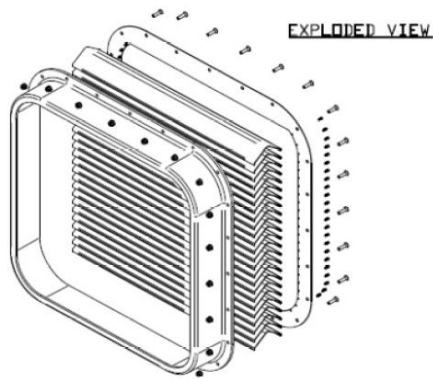
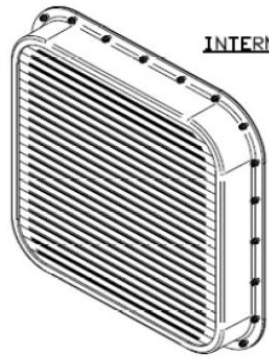
Categoria Unità Navale	Requisito SE 1-way [dB]
Segnatura Controllata	SE < 15
Bassa Segnatura	15 < SE < 25
Nave Invisibile	SE > 25

L'efficienza di uno schermo (Shielding Effectiveness) è definita come il rapporto tra la potenza incidente P_i e la potenza trasmessa P_t

$$SE = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_t}$$

Le griglie sulle Unità Navali: soluzione attualmente imbarcata

Le griglie attualmente installate sulle UU.NN. sono costruite intorno ad un frame in vetroresina nel quale sono montate, con l'ausilio di piccola bulloneria inox, le alette in vetroresina "caricate" con fibre di carbonio. L'assemblaggio è completato con una contro-flangia in acciaio inox per garantire un contatto elettrico tra i vari componenti ed il fissaggio a murata della nave.



Disegno meccanico
griglia di ventilazione



Installazione a bordo
griglia di ventilazione

Le griglie sulle Unità Navali: soluzione attualmente imbarcata

Dall'esperienza maturata risulta che il materiale in vetroresina, durante le fasi di allestimento risulta inquinato da polveri metalliche derivanti da lavorazioni (saldature, molature, ...) eseguite nelle vicinanze o da materiale di sfido portato in loco per caduta.

I fenomeni di ossidazione innescati da tale inquinamento richiedono continui ripristini dei trattamenti di pitturazione e sostituzione della minuteria di fissaggio dei componenti.



A causa delle anomalie riscontrate è stata avviata una attività di progettazione e ricerca su come poter risolvere il problema.

Le griglie sulle Unità Navali: il nuovo progetto di griglia

Le idee base che hanno guidato la progettazione del nuovo tipo di griglia sono state:

- Impiego di materiale in lega leggera per la costruzione di tutto il componente;
- Impiego di pannelli in “honeycomb” sulla parte frontale della griglia, che garantendo una elevata schermatura elettromagnetica e basse perdite di carico sul flusso di aria, svincolano il progetto meccanico interno delle parti della griglia (alette, supporti);
- intercambiabilità meccanica con la griglia precedente;
- semplificazione delle attività di manutenzione.

Le griglie sulle Unità Navali: il nuovo progetto di griglia

L'attività di progettazione si è svolta in due successive fasi:

FASE 1: Durante la prima fase di studio è stata costruita una griglia interamente in lega leggera (alluminio) di dimensioni (700X500 mm).

Il prototipo è stato caratterizzato con misure RCS e di SE presso i laboratori di misura della ditta IDS. I risultati sperimentali hanno evidenziato criticità nei valori RCS ma in particolare nei valori della SE dovute principalmente alle geometrie interne ed al materiale usato per la costruzione della griglia.

FASE 2: La seconda fase di studio ha affinato la progettazione della griglia con la sistemazione nella parte frontale di un pannello in "honeycomb" che, garantendo elevati valori di SE, ne fa assumere un comportamento simile ad una piastra piana continua.

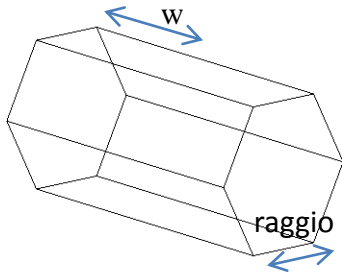
Struttura in alluminio



Pannello in honeycomb

Prototipo di griglia 700x500mm

Le caratteristiche di SE dell'honeycomb



Unit Cell

$$SE = 17.5 \frac{w}{\text{raggio}} \sqrt{1 - \left(\frac{\text{raggio} * f}{96659} \right)^2} - 20 \log_{10} \frac{2 * k * \text{raggio}}{\pi} \cos \phi - 20 \log_{10} \frac{2 * R * \text{raggio}}{f}$$

Ref. Design equation of shielding effectiveness of honeycomb – proceedings of ISAP2005, SEOUL, KOREA

L'espressione ha validità per frequenze operative inferiori alla frequenza di cut-off ($f < f_c$) dove:

- raggio = lato della cella in millimetri
- w = lunghezza della cella in millimetri
- ϕ = angolo di incidenza dell'onda elettromagnetica
- k = numero d'onda
- f = frequenza operativa in MHz
- R = 3.18/raggio

Il valore (96659/raggio) in [MHz] rappresenta la frequenza di cut off (f_c)

I tre termini dell'espressione della SE rappresentano:

- Il primo: l'attenuazione della guida d'onda della unit-cell
- Il secondo: la correzione per un array infinito di unit-cell
- Il terzo: la correzione per avere una migliore approssimazione della SE alle basse frequenze (da considerare se $f_c / f > 5R$)

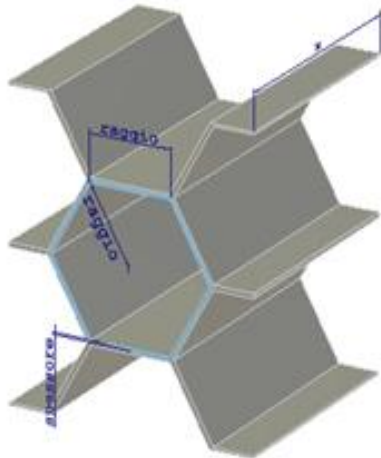
Le caratteristiche di SE dell'honeycomb

Nel grafico sono riportati i valori della SE calcolati con il modello matematico ed i valori ottenuti da una simulazione elettromagnetica impiegando il solver EM CST-Microwave Studio.

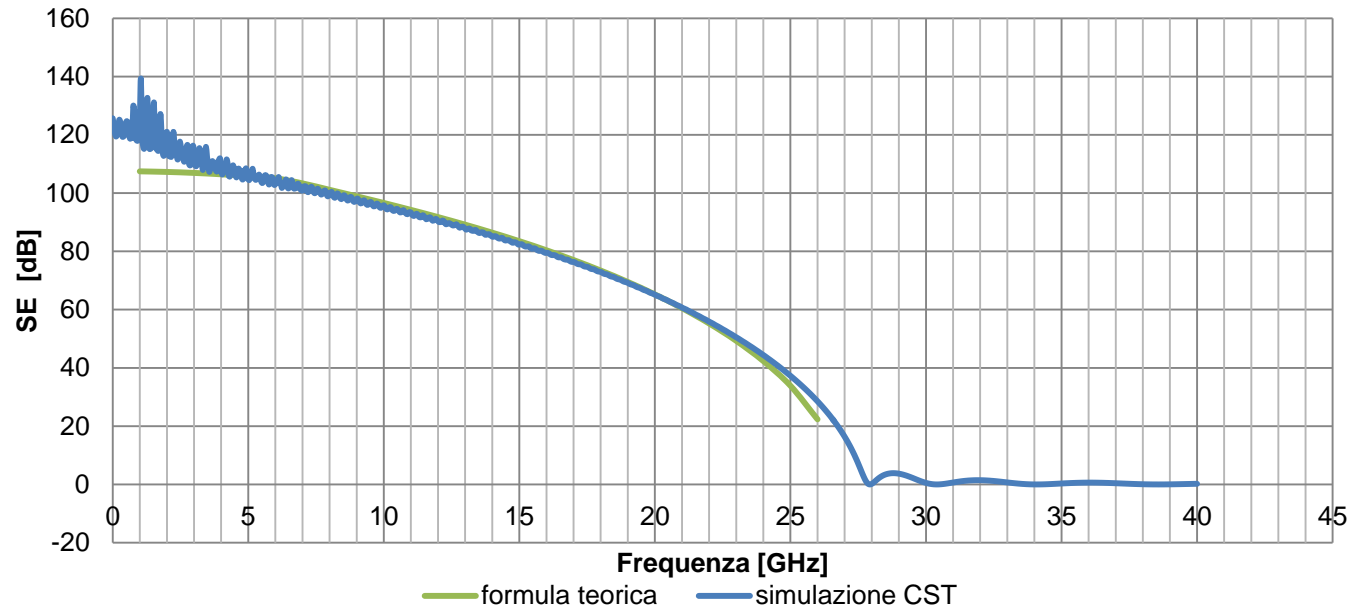
Il confronto è stato eseguito considerando le seguenti caratteristiche della unit-cell:

- raggio 3.6 [mm]
- profondità 20.0 [mm]
- angolo di incidenza 0°

La frequenza di cut-off risulta di circa 27 [GHz]



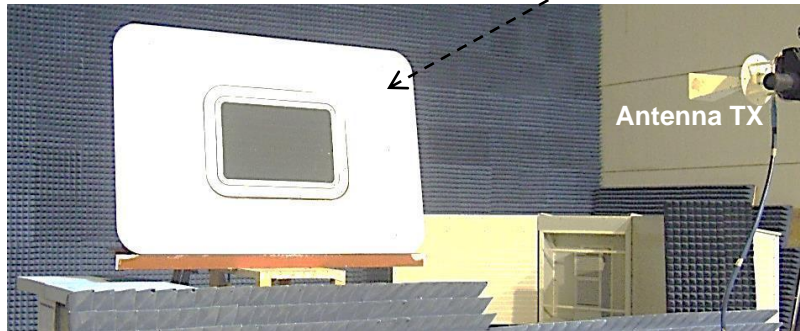
SE - Unit Cell honeycomb



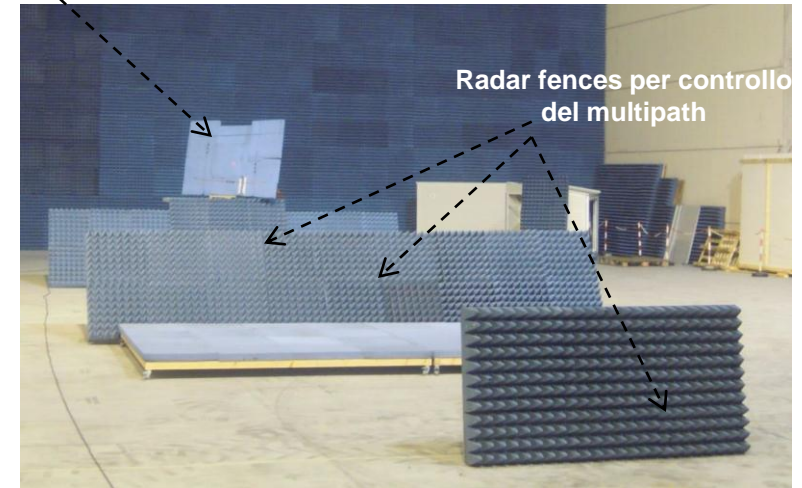
La caratterizzazione EM della griglia – Il sistema di misura per RCS e SE

Il prototipo della griglia e' stata installata su frame metallico per emulare l'installazione a murata nave.

Set-up di misura per SE



Set-up di misura per RCS



La misura di SE è stata realizzata posizionando il frame metallico tra due antenne di riferimento (TX ed RX) connesse ad un analizzatore vettoriale di rete per l'acquisizione del modulo e la fase del coefficiente di trasmissione (parametro di S21). Il coefficiente di trasmissione e' correlato alla SE.

La misura RCS è stata fatta attraverso immagini radar bidimensionali con tecnica ISAR in Near Field.

Il frame metallico è stato fissato su di una piattaforma rotante per permettere la rotazione in azimuth necessaria all'esecuzione della scansione di tipo ISAR.

I fenomeni di scattering delle strutture di supporto del frame e del posizionatore sono stati opportunamente controllati mediante l'utilizzo di pannelli radar assorbenti RAM (Radar Absorbing Material).

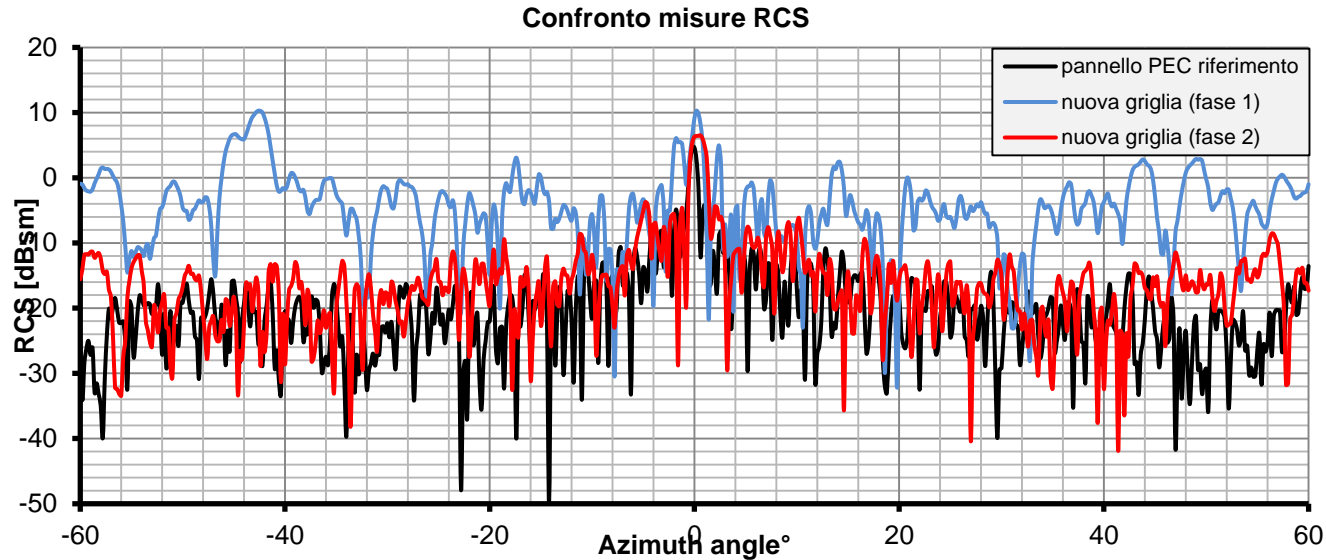
Altre strutture assorbenti (radar fences) sono state utilizzate per l'abbattimento del contributo del multipath proveniente principalmente dal terreno

La caratterizzazione EM della griglia – Misure RCS e di SE

Risultati delle misure RCS relativi a:

- prototipo iniziale di griglia (dopo la prima fase di studio - linea celeste);
- prototipo finale di griglia con pannello in “honeycomb” (dopo la seconda fase di studio - linea rossa);
- pannello (PEC) di riferimento, delle stesse dimensioni della griglia (linea nera);

Parametri di misura: frequenza 16 GHz; Polarizzazione VV; inclinazione verticale della griglia 10°



Risultati misure RCS

Configurazione griglia	valor medio RCS dBsm
Prototipo iniziale griglia (fase 1 sperimentazione)	-3
Prototipo finale griglia (fase 2 sperimentazione)	-10.4
PEC	-21

La curva di colore celeste, relativa al prototipo iniziale di griglia, evidenzia un innalzamento dell'RCS rispetto al pannello PEC di riferimento per valori angolari in azimuth distanti dal “boresigth”, dovuto alle forme geometriche interne della griglia.

L'impiego del pannello di honeycomb, inserito sulla parte anteriore del prototipo finale di griglia, ottimizza i valori di RCS (linea rossa) rendendone simile il comportamento EM a quello di una piastra piana metallica.

La caratterizzazione EM della griglia – Misure RCS e di SE

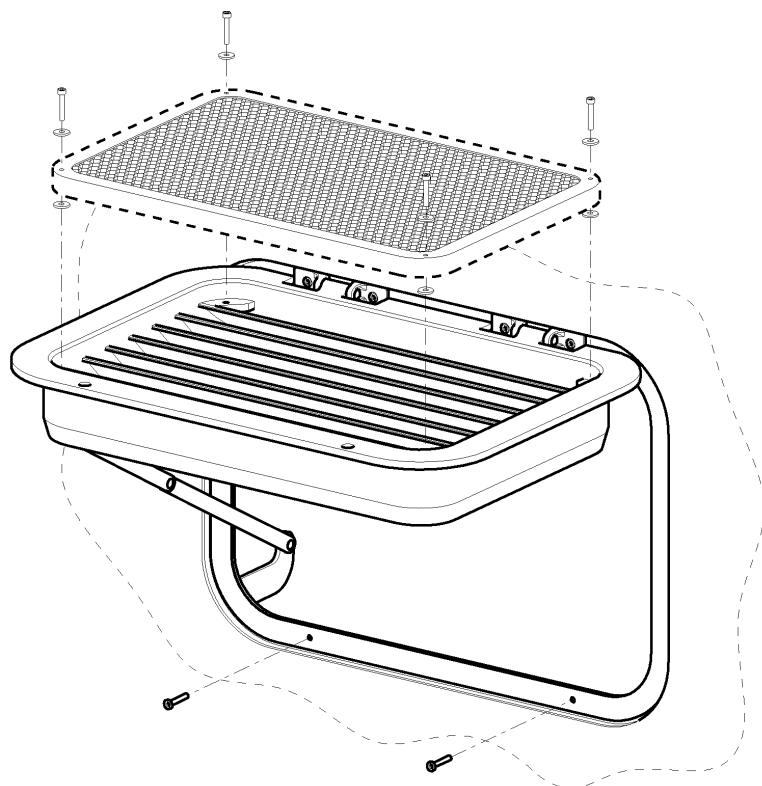
Sintesi dei risultati delle misure RCS e di SE

Configurazione griglia	valor medio RCS dBsm	worst case SE (1-way) dB@16GHz	Installabilità su Unità Navali
Prototipo iniziale griglia (fase 1 sperimentazione)	-3	3	RCS controllata
Prototipo finale griglia (fase 2 sperimentazione)	-10.4	26.8	Nave Invisibile
PEC	-21		

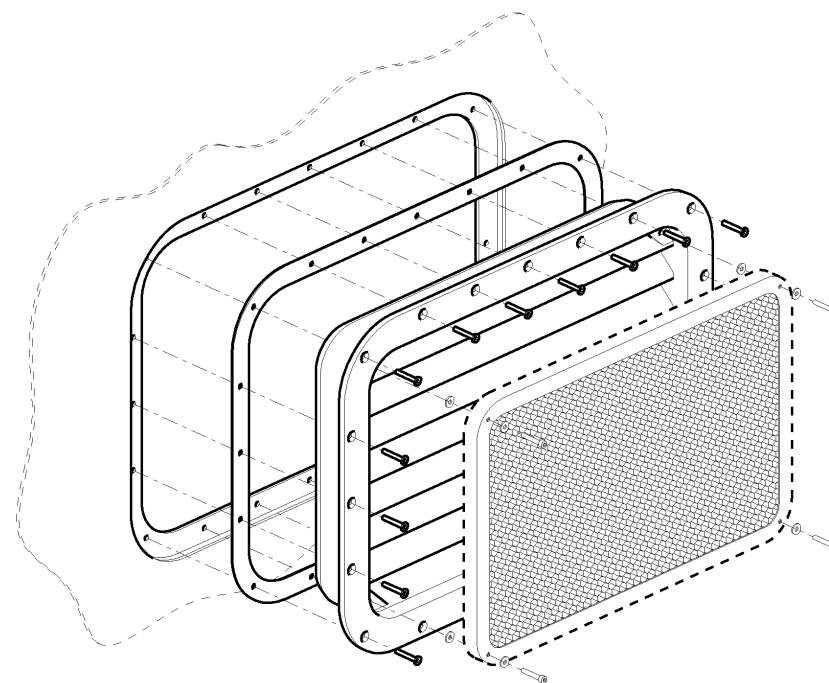
Dal confronto dei valori misurati in laboratorio e di requisito richiesti per la classificazione EM degli “outfitting”, si può concludere che il nuovo progetto di griglia di ventilazione risulta installabile su Unità Navali classificate dal punto di vista della segnatura RCS come “Invisibili

Soluzioni sviluppate a seguito della fase di sperimentazione

Gli esiti positivi ottenuti dalla sperimentazione in laboratorio hanno attivato una successiva fase di validazione sul campo che prevede l'installazione di quattro differenti tipologie di griglie di ventilazione a bordo di una Unità Navale FREMM- Nave RIZZO per verificarne il comportamento nell'ambiente operativo marino e le procedure di manutenzione.



Disegno tipico griglia apribile



Disegno tipico griglia imbullonata

➤ **Dettaglio - Griglia RCS 800x600 SCAE SMOKE EXH Overpressure – Ponte 02 DN Ord.40**

Sostituzione della griglia esistente (fig. 1) con griglia apribile di nuova concezione (fig. 2), dotata di unico pannello RCS (fig. 3)



Figura 1

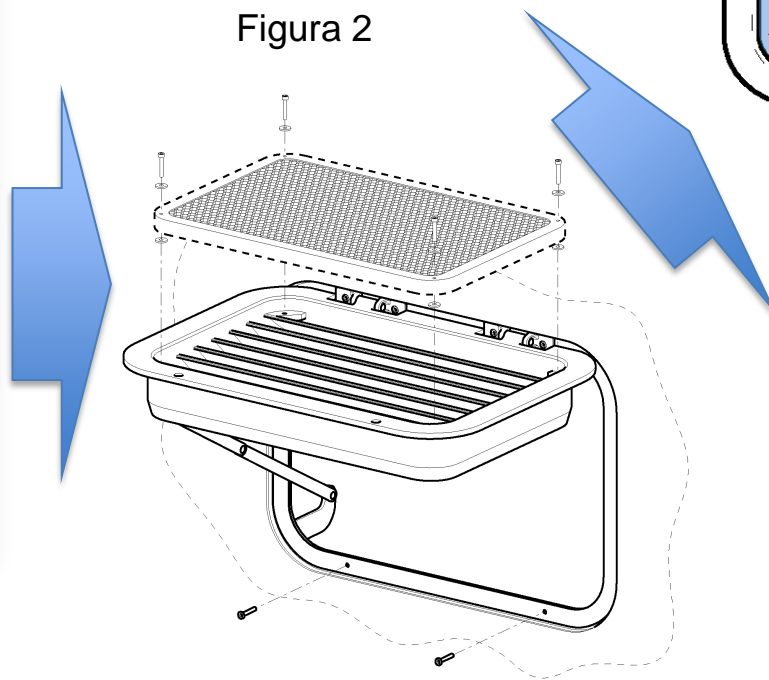


Figura 2

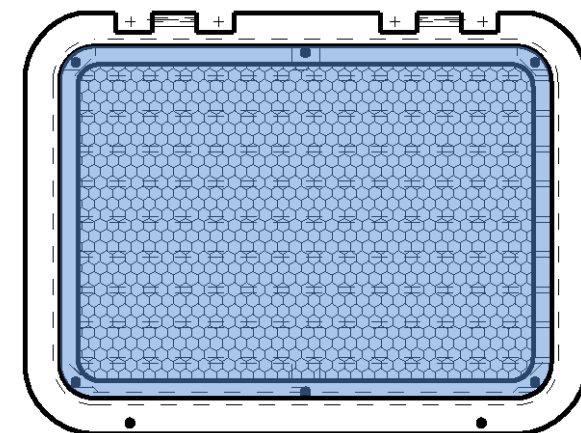


Figura 3

➤ Dettaglio - Griglia RCS 1250x1800 513-V-400 – Ponte 02 DN Ord.49

Sostituzione della griglia esistente (fig. 1) con griglia imbullonata di nuova concezione dotata di un doppio pannello RCS interscambiabile (fig. 2).



Figura 1

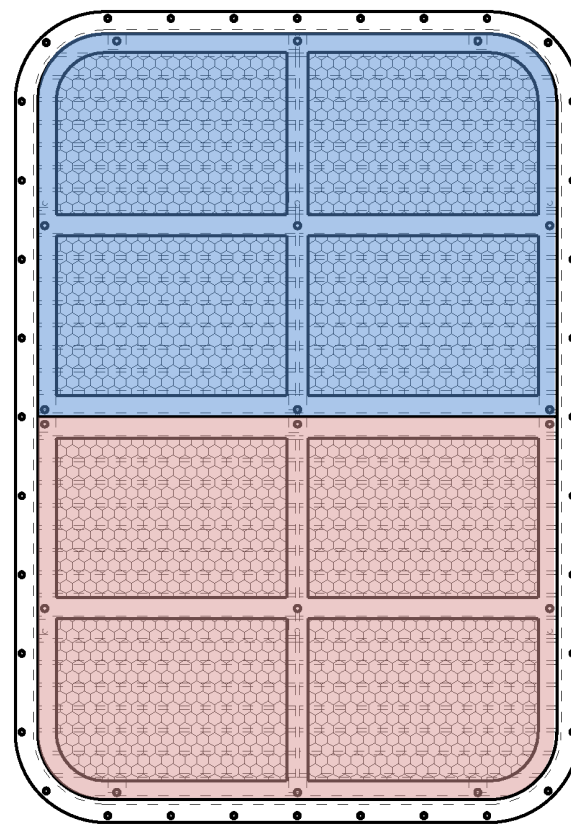


Figura 2

➤ Dettaglio - Griglia RCS 1500x2000 251-T-401 – Ponte 02 DN Ord.65

Sostituzione della griglia esistente (fig. 1) con griglia imbullonata di nuova concezione (fig. 2) dotata di n°4 pannelli RCS intercambiabili.



Figura1

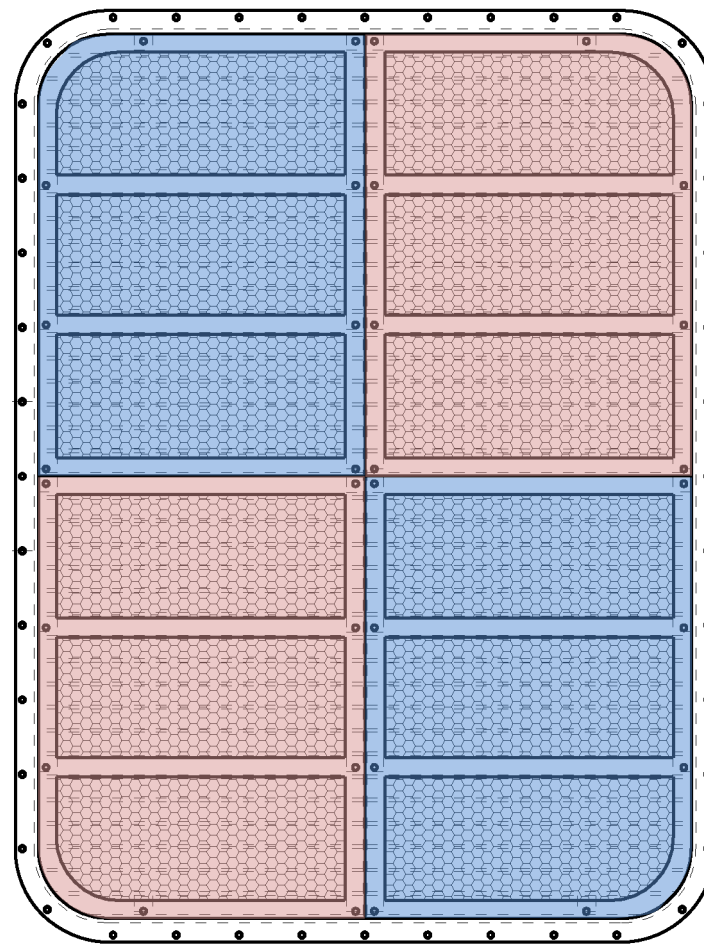


Figura 2

➤ Dettaglio – Griglia RCS 1050x1050 SCAE ET 2.08 – Ponte 01 SN Ord.102

Sostituzione della griglia esistente (fig. 1) con griglia imbullonata di nuova concezione dotata di unico pannello RCS fissato con viti (fig. 2).



Figura 1

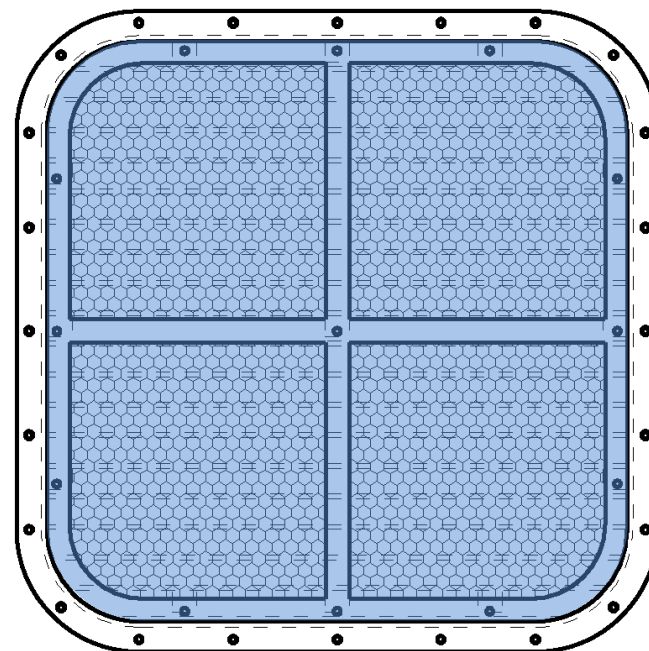


Figura 2

Grazie
per l'attenzione