



# STUDIO E SVILUPPO DI MATERIALI SELETTIVI IN FREQUENZA E RADAR ASSORBENTI

M. Ciattaglia, G. Gibilaro, A. Guarrera, S. Mosca, L. Pisu, A. Bozzone

31 Maggio 2017

# Sommario

- Materiali selettivi in frequenza (FSS)
  - Introduzione ADT-NG
  - Layout e principio di funzionamento antenna
  - Principi di funzionamento FSS
  - Realizzazione FSS conforme
  - Misure vs sim FSS reticolo triangolare
  - Misure preliminari antenna
- Materiali e Soluzioni per la RCSR (Radar Cross Section Reduction)

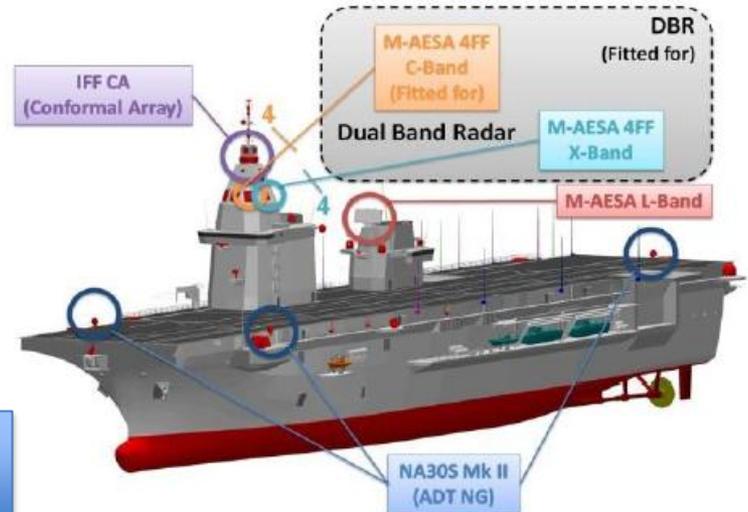
# Utilizzo radar ADT NG

**PPA**

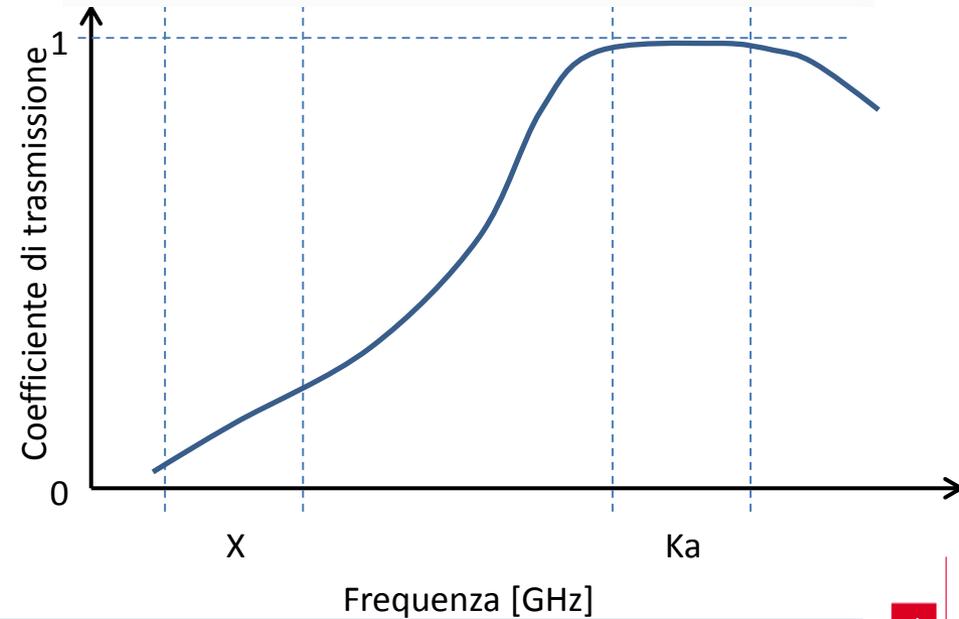
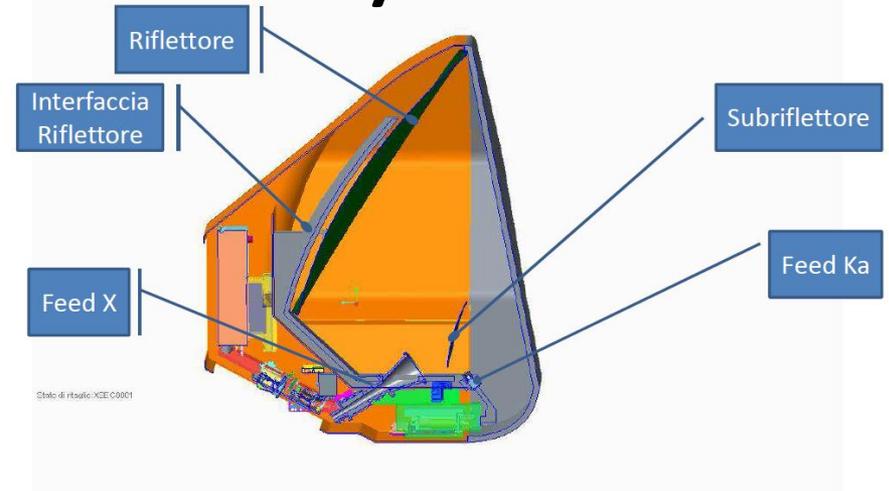
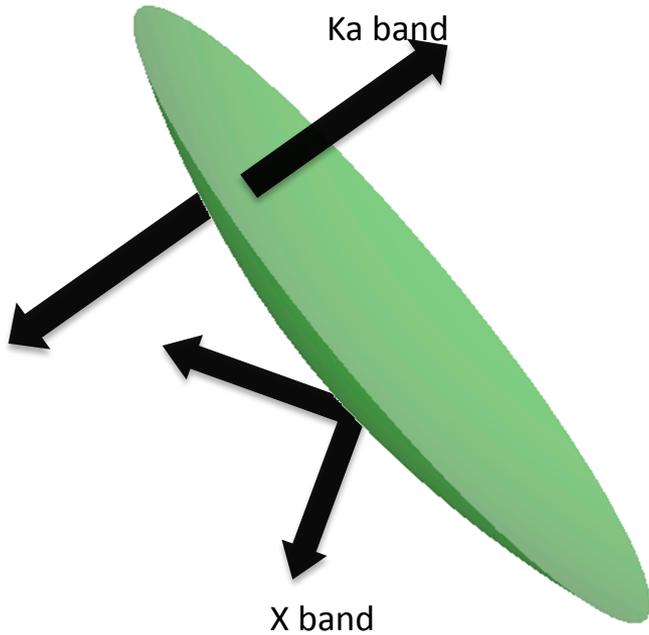


ADT-NG  
Apparato Direzione di Tiro di  
Nuova Generazione

**LHD**

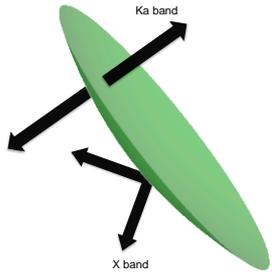


# Antenna ADT NG: layout

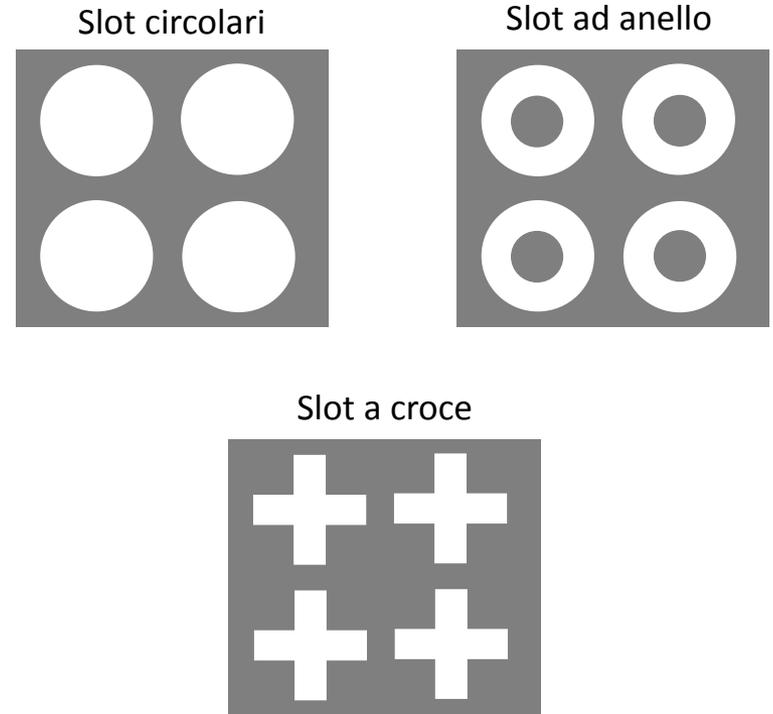
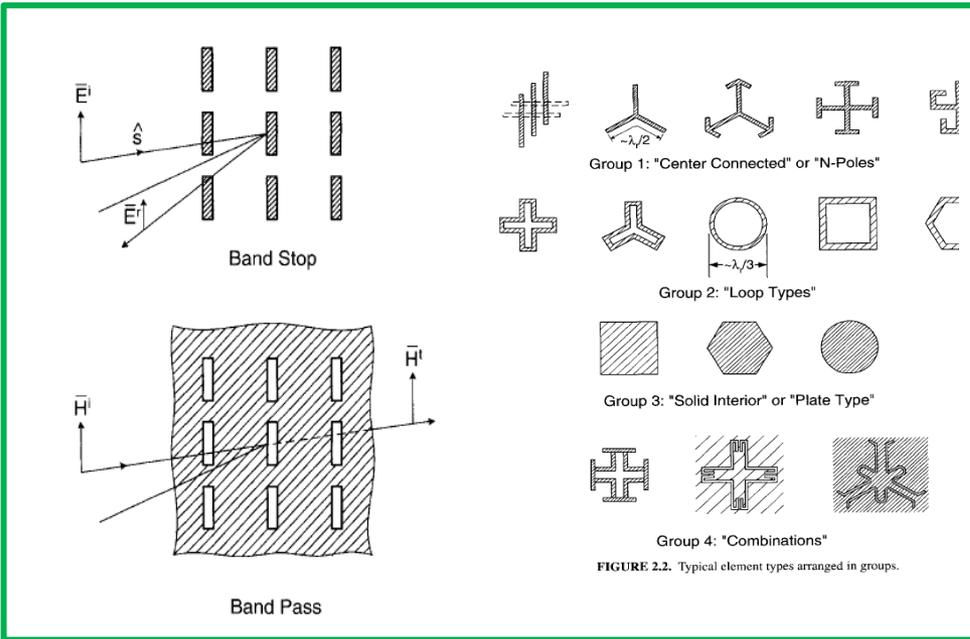


Il subriflettore deve essere trasparente in Banda Ka e riflettente in Banda X.

# FSS: possibili soluzioni



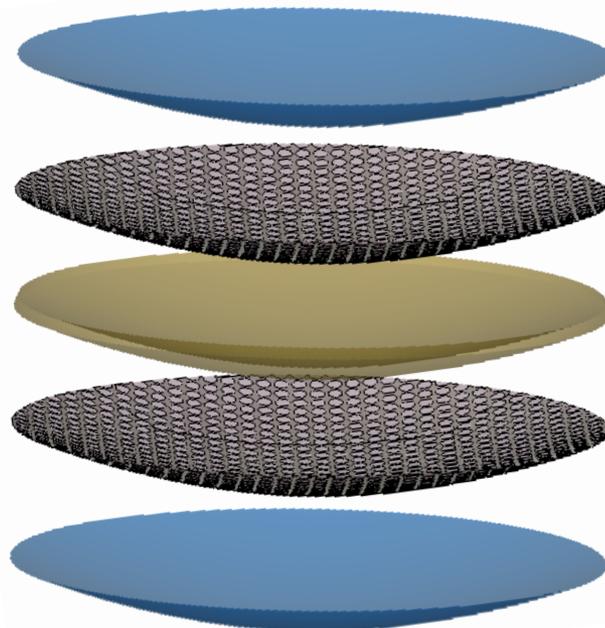
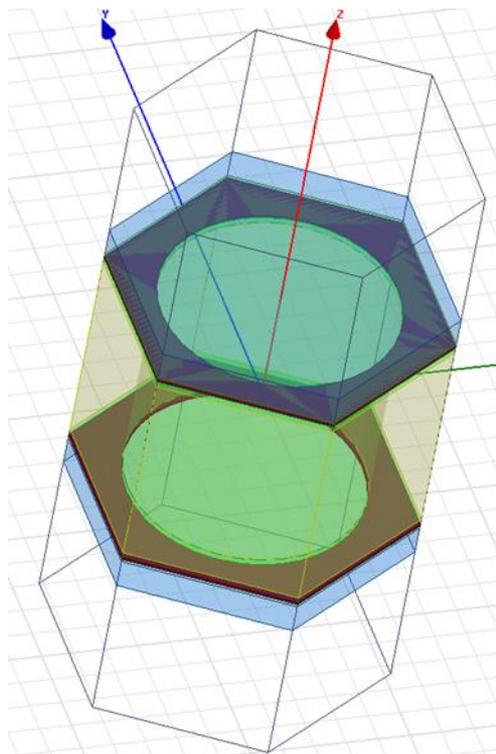
I requisiti possono essere soddisfatti utilizzando una superficie selettiva in frequenza (FSS) passabanda, che richiede l'uso di elementi a slot risonanti.



B.A. Munk, Frequency Selective Surfaces: Theory and Design, John Wiley & Sons

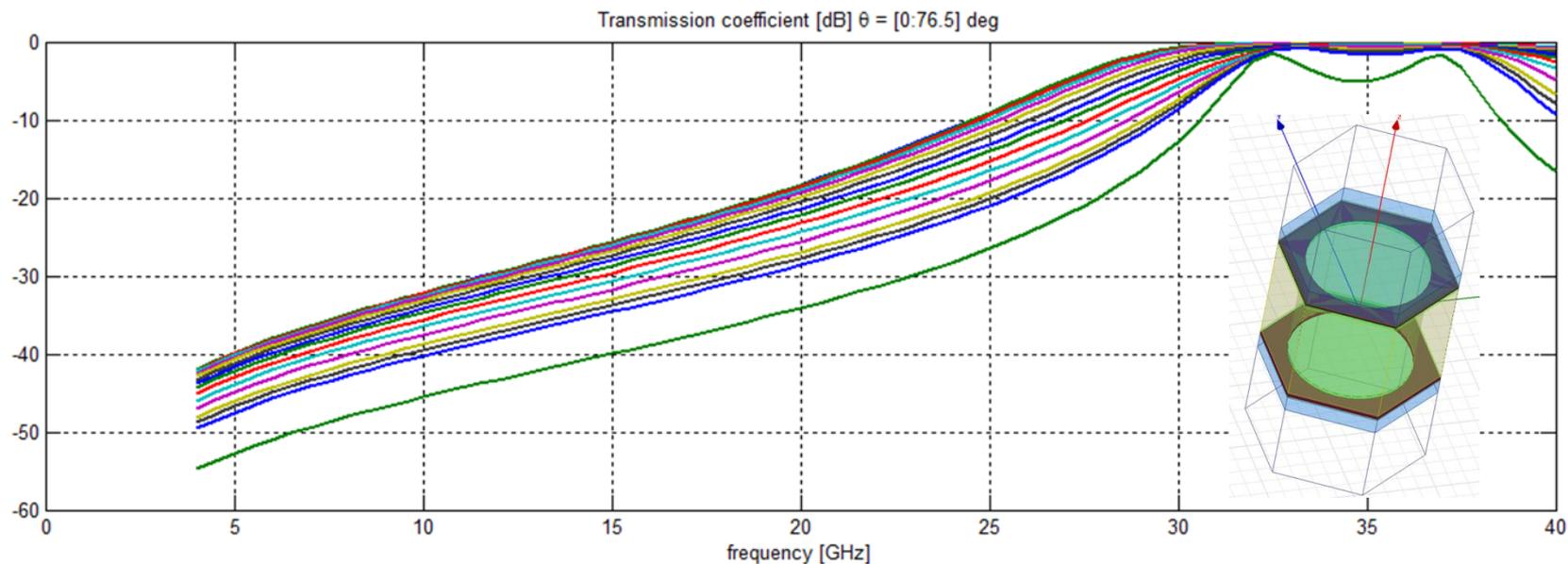
Sulla base dei requisiti si è deciso di utilizzare una struttura FSS con slot risonanti di tipo circolare

# FSS: soluzione adottata



Le simulazioni sono state eseguite con il software HFSS in configurazione cella periodica, ipotizzando una superficie piana. La cella periodica è tipicamente utilizzata anche per il design di superfici leggermente conformi.

# FSS: risultati delle simulazioni

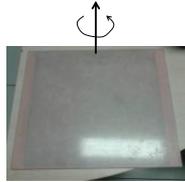


I risultati delle simulazioni mostrano il soddisfacimento del requisito sul coefficiente di trasmissione in banda X, Ka e per ogni angolo di incidenza richiesto.

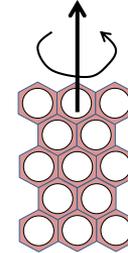
# FSS: Validazione sperimentale

Sono state eseguite 4 misure su entrambe le bande di frequenza (X e Ka):

a)



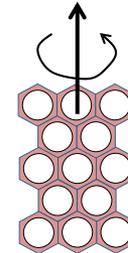
Con i fori così disposti:



b)



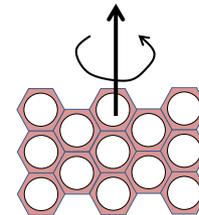
Con i fori così disposti:



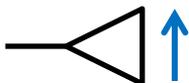
c)



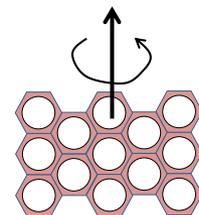
Con i fori così disposti:



d)



Con i fori così disposti:

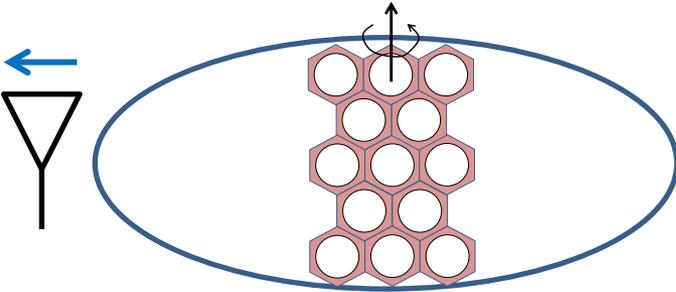


Casi di interesse  
per il design

# Misura B



Pannello in orizzontale,  
horn polarizzata in orizzontale

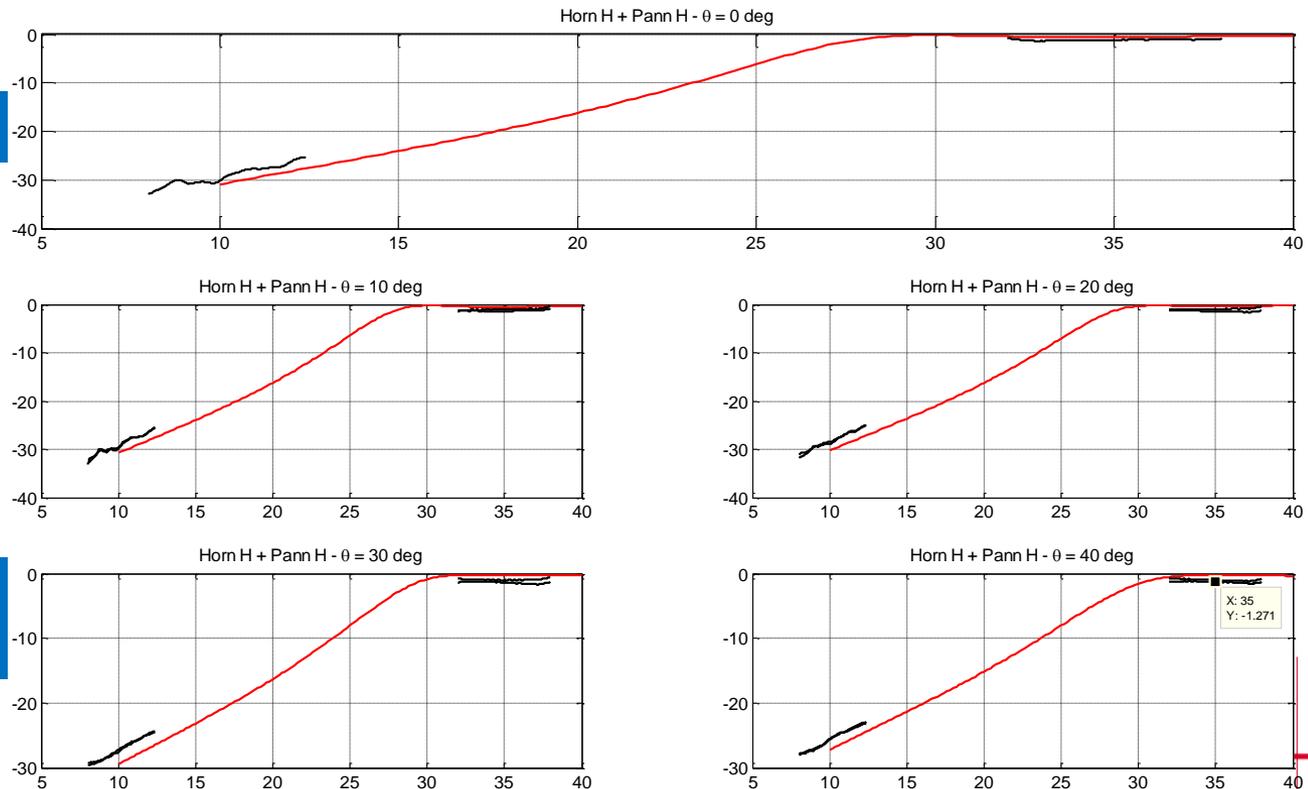


**Rosso:** Simulazione  
**Nero:** Misura

Caso di interesse per il design

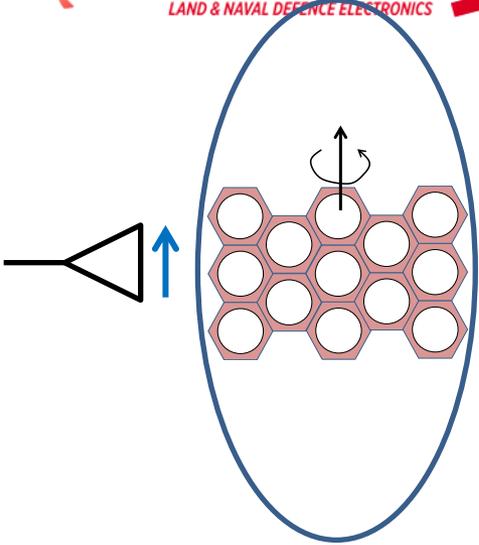
		TE	TM
X	theta min	0°	20,8°
	theta max	16,5°	76,5°
Ka	theta min		18,5°
	theta max	36°	62,5°

Le misure sono in buon  
accordo con le simulazioni



# Misura D

Pannello in verticale,  
horn polarizzata in verticale

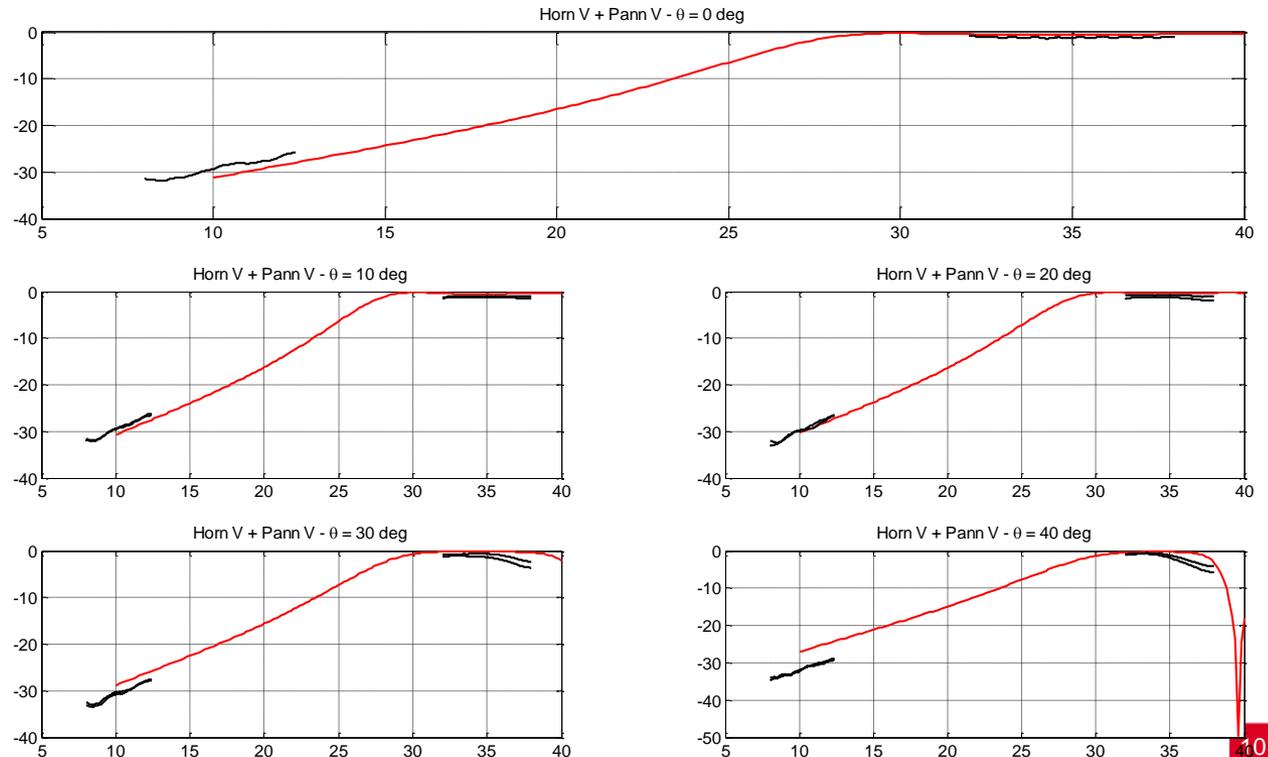


**Rosso:** Simulazione  
**Nero:** Misura

Caso di interesse per il design

		TE	TM
X	theta min	0°	20,8°
	theta max	16,5°	76,5°
Ka	theta min		18,5°
	theta max	36°	62,5°

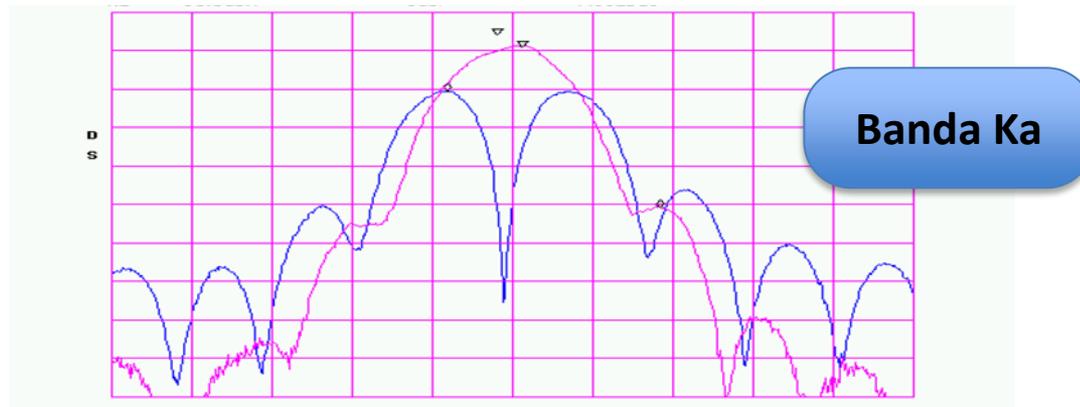
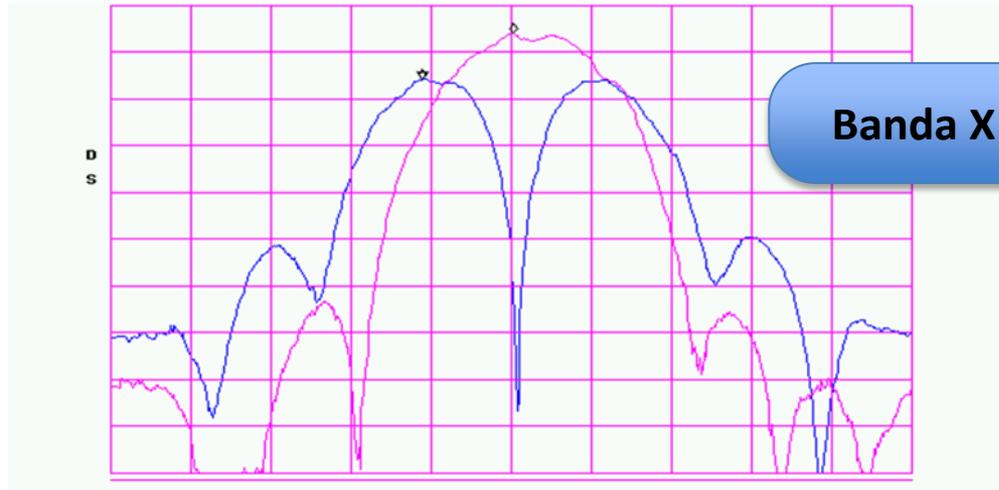
Le misure sono in buon  
accordo con le simulazioni



# Antenna ADT NG



# Antenna ADT NG: pattern preliminari



## Materiali e Soluzioni per la RCSR (Radar Cross Section Reduction)

- Nonostante lo “Shaping” del velivolo continui ad essere il primo aspetto da considerare ai fini della **riduzione della segnatura radar** sotto determinati settori di osservazione, alcune specifiche situazioni richiederanno l’assorbimento dell’energia elettromagnetica incidente al fine di raggiungere il requisito sulla segnatura.
- La Divisione Velivoli di Leonardo S.p.A dispone di una consolidata esperienza nell’ambito delle **metodologie per la riduzione della segnatura Radar** avendo contribuito attivamente a diversi programmi di ricerca militari, nazionali ed europei, sviluppando diverse tipologie di materiali radar assorbenti:

### Radar Absorbing Material (RAM)

- ✓ Progetto RENATA
- ✓ RTP 3.26



### Radar Absorbing Structure (RAS)

- ✓ RTP 3.17
- ✓ AEROCOMP



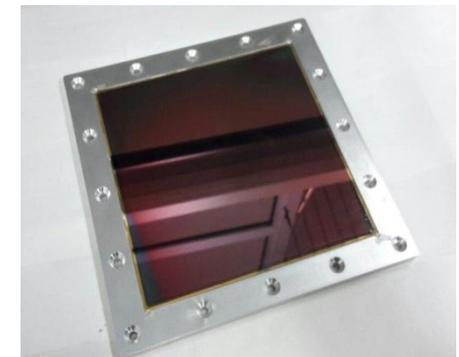
### Radar Absorbing Paints (RAP)

- ✓ Progetto RAPTORS



### Frequency Selective Surface (FSS)

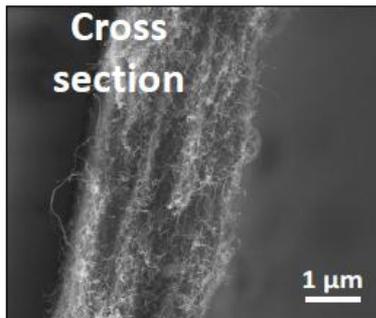
- ✓ Progetto TROFEO
- ✓ Progetto REMO
- ✓ Progetto NMP



## Progetto VELOGRAF (Vernici e Compositi con intrusioni di grafene)

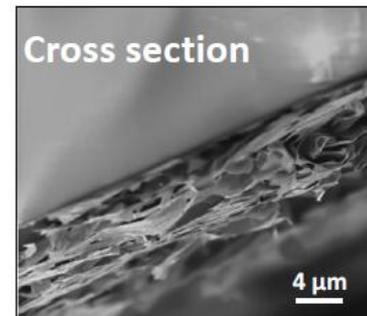
- La Divisione Velivoli ha recentemente attivato una collaborazione con il Centro di Nanotecnologie applicate all'Ingegneria dell' Università La Sapienza (CNIS).
- Il progetto VELOGRAF mira al raggiungimento di 2 obiettivi:
  1. Sviluppare e sperimentare un processo proprietario Leonardo per la **produzione di parti strutturali aeronautiche** con caratteristiche di Bassa Osservabilità Radar utilizzando compositi aeronautici con intrusioni di nano-particelle di grafene
  2. Sviluppare e sperimentare un processo per la **produzione e spruzzatura di vernici** con caratteristiche di Bassa Osservabilità utilizzando vernici aeronautiche caricate con nano-particelle di grafene
- Il processo VELOGRAF prevede la dispersione all'interno di una matrice polimerica di specifiche nanoparticelle di grafene, chiamate **GNP (Grafene Nano Platelets)**, le quali presentano, rispetto ad altri droganti quali i nanotubi in carbonio (CNT), una migliore distribuzione, senza formazione di aggregati e si distinguono dunque per una migliore lavorabilità associata ad elevate prestazioni EM.

CNT



*Le aree chiare indicano agglomerati di nanotubi che causano proprietà EM disomogenee*

GNP



*Le nano-placchette di grafene mostrano una distribuzione sufficientemente uniforme*

## Progetto VELOGRAF (Vernici e Compositi con intrusioni di grafene)

- L'intrusione delle nanoparticelle di grafene all'interno della matrice polimerica (vernice o resina) modifica la **permettività elettrica** del polimero stesso.
- Tramite un set di **caratterizzazioni** dedicate di provini in guida d'onda e tramite l'ausilio di un opportuno codice ottimizzatore per lo sviluppo di strutture multistrato (sviluppato in VELOGRAF) sarà possibile:

1. Prevedere in che modo il drogaggio influisca sulle proprietà EM del materiale all'interno delle bande di frequenza considerate di interesse.
2. Progettare il materiale **in base a specifici requisiti proprietari** in termini di drogaggio, numero e spessore degli strati, tolleranze realizzative, modalità di installazione delle patches (o strutture) assorbenti.



- A valle delle **prove funzionali** (attenuazione elettromagnetica) è previsto un set di caratterizzazioni ambientali e meccaniche (es. adesione delle vernici, trazione e flessione del composito, etc.) con un duplice scopo:
  - A. Discriminazione effetto del drogaggio sulle prestazioni ambientali / meccaniche del materiale tramite «valutazione delta» con il baseline
  - B. Verifica mantenimento dell'attenuazione elettromagnetica a valle degli stress meccanici e ambientali tramite un ulteriore ciclo di prove RF
- Il progetto si concluderà con lo sviluppo e testing di un dimostratore (componente reale aeronautico) in scala 1:1

# Conclusioni

- FSS:
  - Progettata e realizzata superficie FSS con capacità passanti in banda Ka e riflettenti in banda X
  - Insieme al fornitore è stato studiato il processo per realizzare la superficie FSS conforme
  - Le misure mostrano un buon accordo con le simulazioni.
  - Mostrati diagrammi di radiazione preliminari dell'antenna
- Materiali RCSR:
  - Descrizione studio di materiali/vernici con capacità radar assorbenti contenenti GNP (Grafene Nano Platelets).