



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

WP5 – Task 3

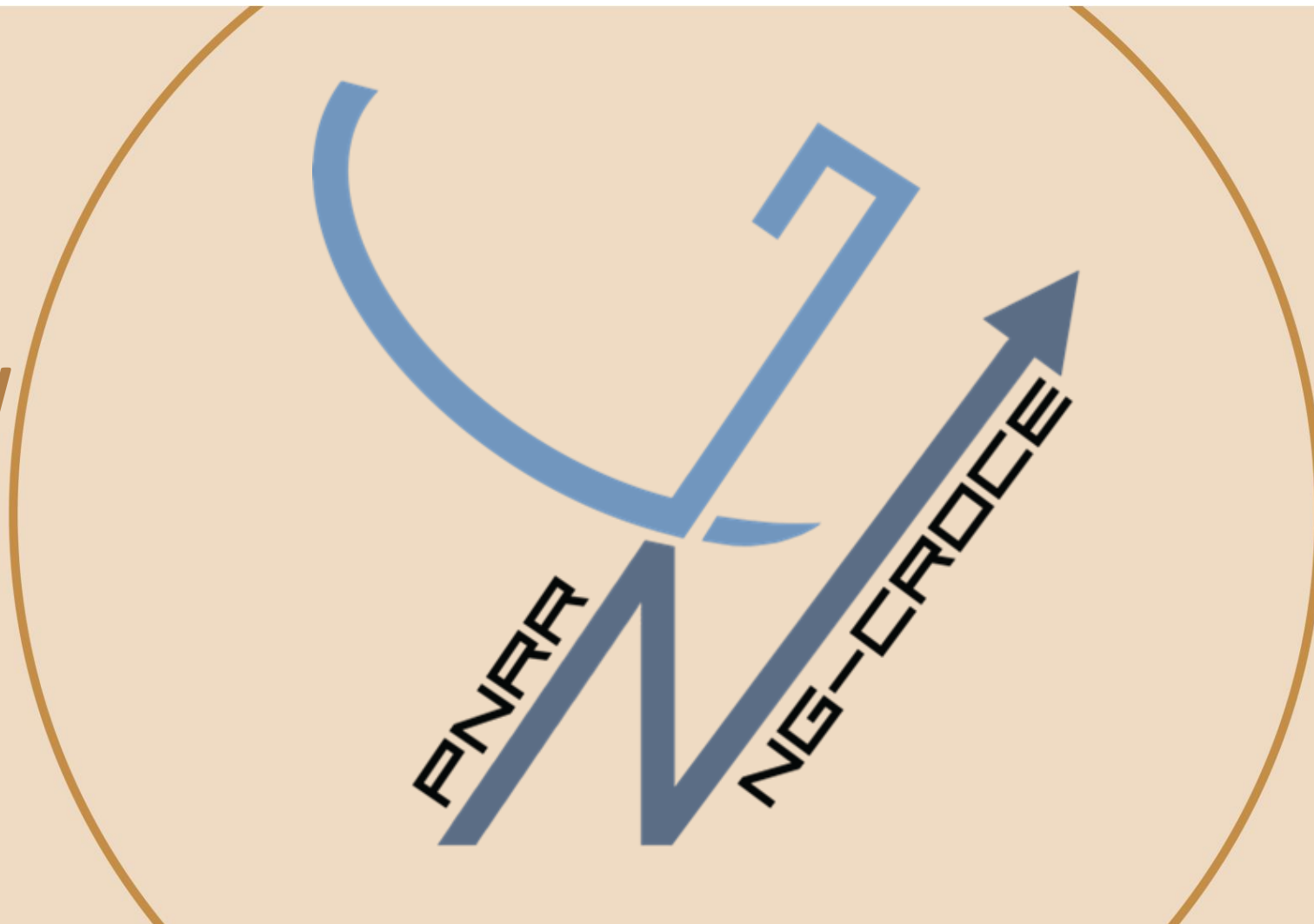
Studio elettromagnetico EW

Review Meeting

Giovedì 12 Settembre - Venerdì 13 Settembre

Radiotelescopi di Medicina

IRA - Bologna



Mirko Bercigli – IDS Ingegneria Dei Sistemi S.p.a.



L'attività è stata articolata in due obiettivi principali:

- 1) trasformare l'attuale array operante in configurazione passiva 6 porte/6 fasci indipendenti in una configurazione più flessibile ($M > 6$ porte "elementari" indipendenti) idonea a poter formare dinamicamente $N > 1$ fasci (con caratteristiche variabili in base al numero $K \leq M$ di porte elementari selezionate dall'utente) combinando i segnali in fase di processing (Digital Beam Forming Network);
- 2) migliorare l'efficienza dell'ottica, attraverso una "attività di ottimizzazione dell'accoppiamento tra linea focale ed antenna a riflettore", analizzando possibili soluzioni alternative più performanti quali:
 - rivisitazione del corner reflector (mantenendo lo stesso tipo di feeder di tipo "dipolo");
 - modifica radicale della configurazione del feeder.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

Analisi elettromagnetica dello stato attuale



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

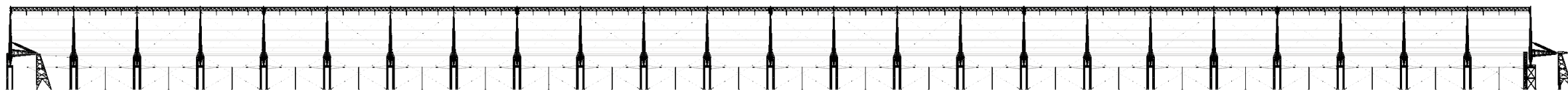
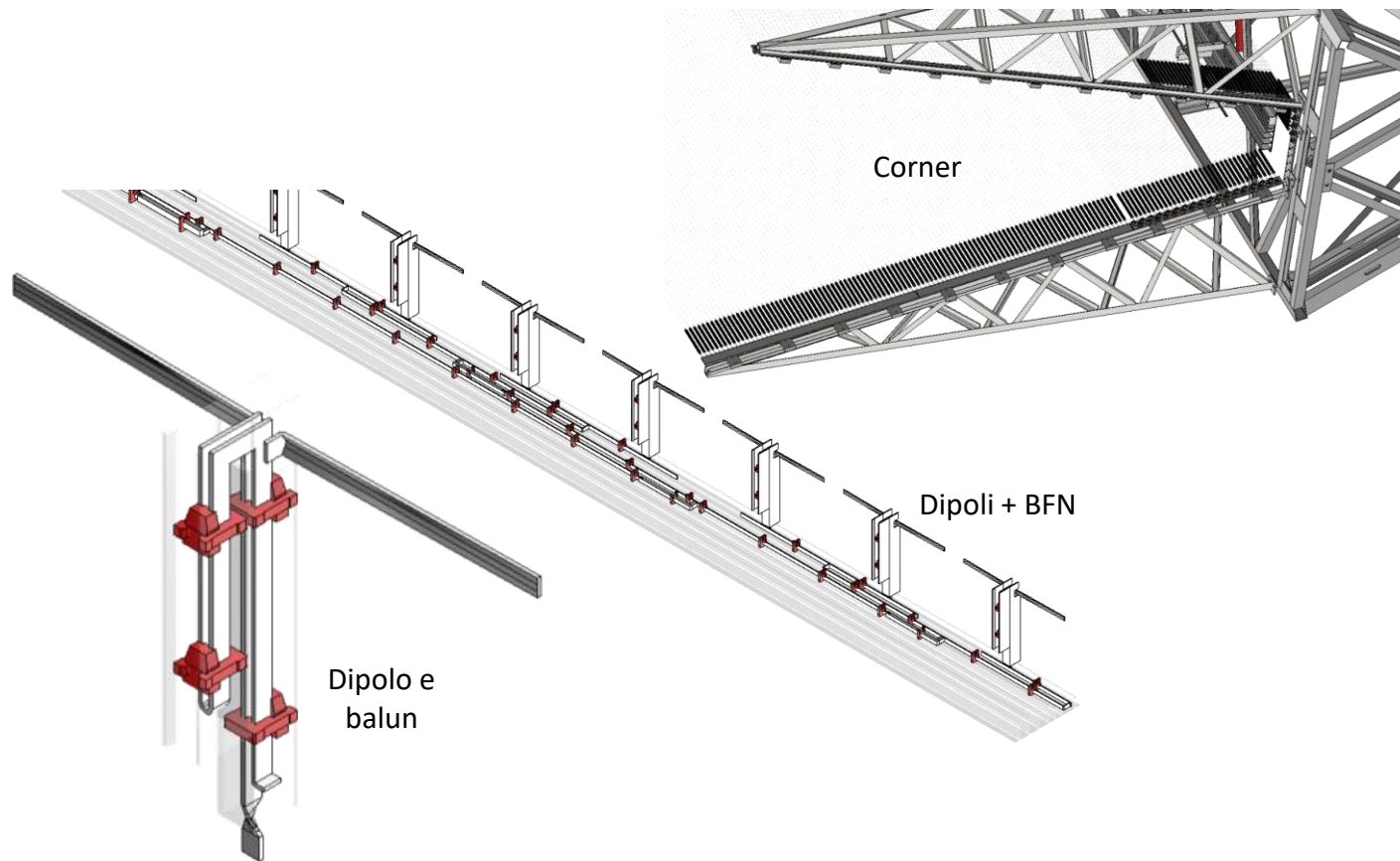
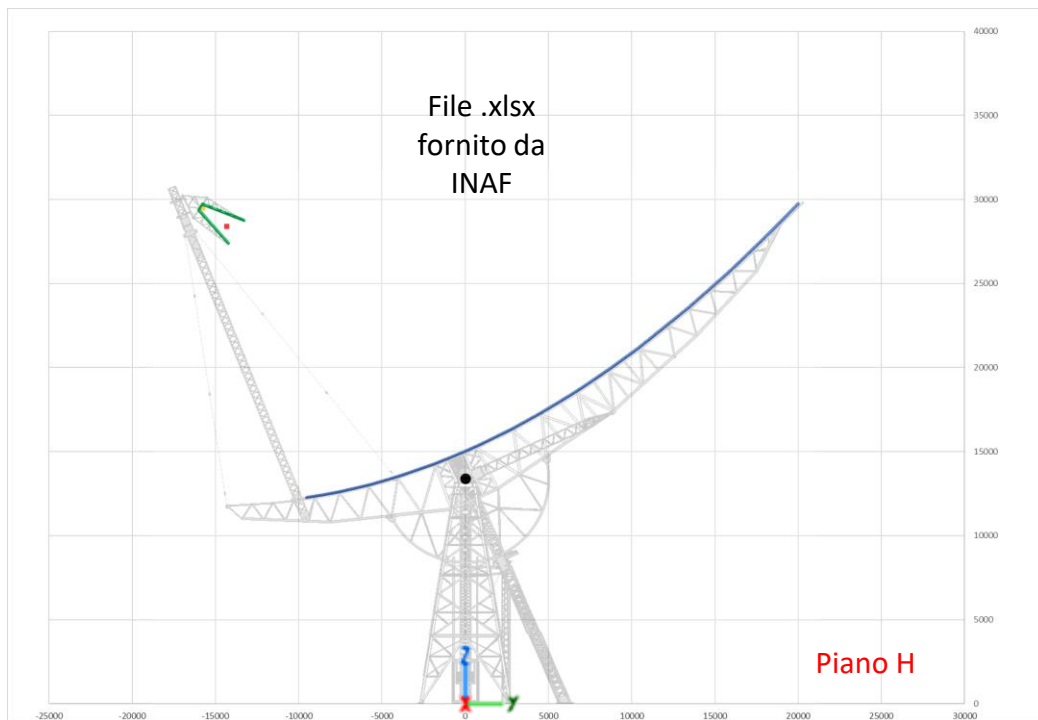


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

Dati di input

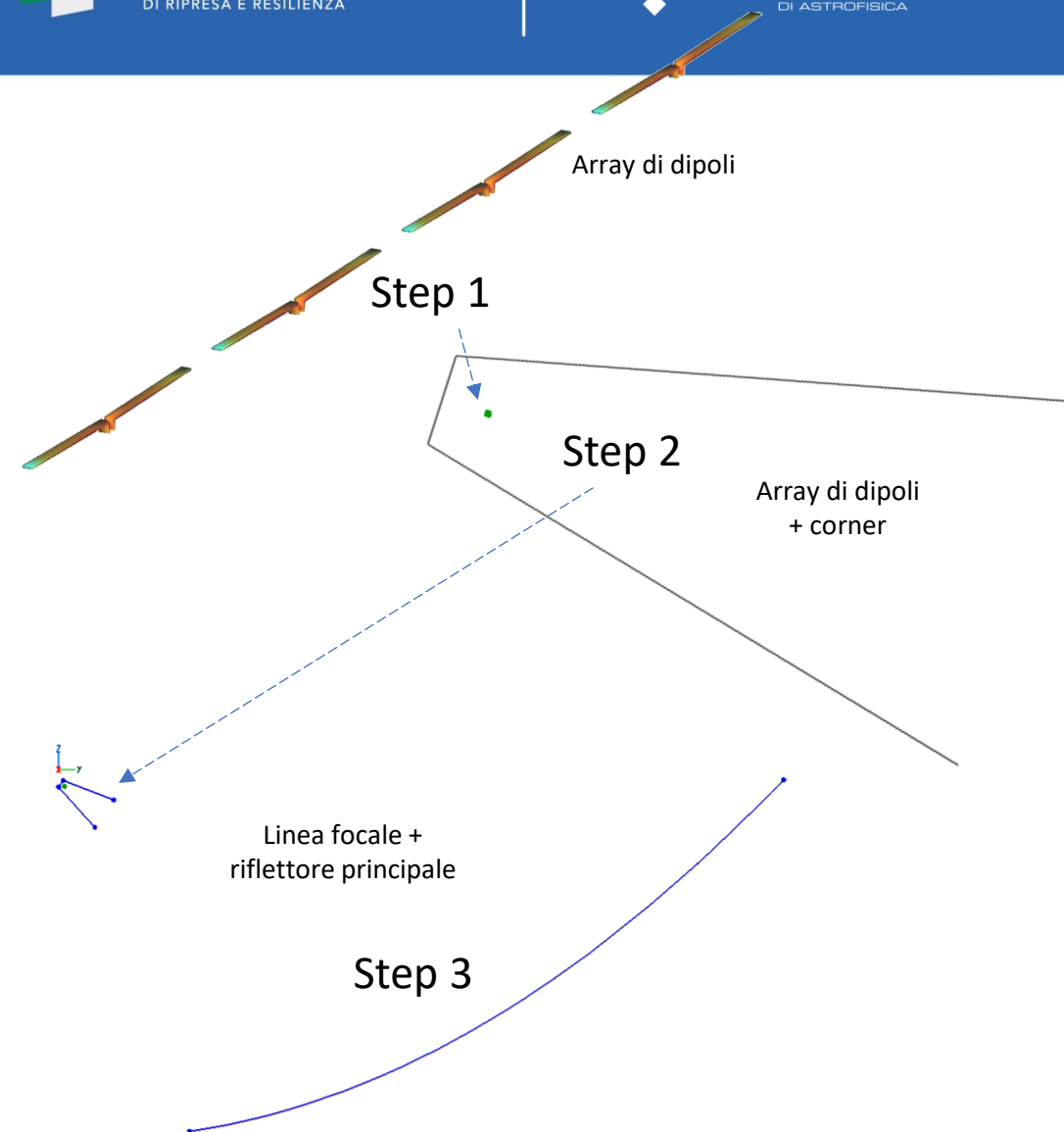


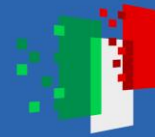
Piano E

Procedura di calcolo

Le caratteristiche del solutore elettromagnetico (Metodo dei Momenti) utilizzato e l'HW disponibile per le simulazioni hanno reso possibile l'analisi full-wave dell'intera struttura (linea focale + riflettore principale) tramite un approccio a 3 step:

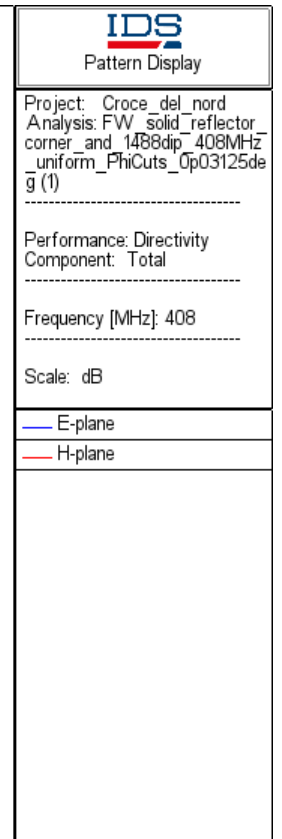
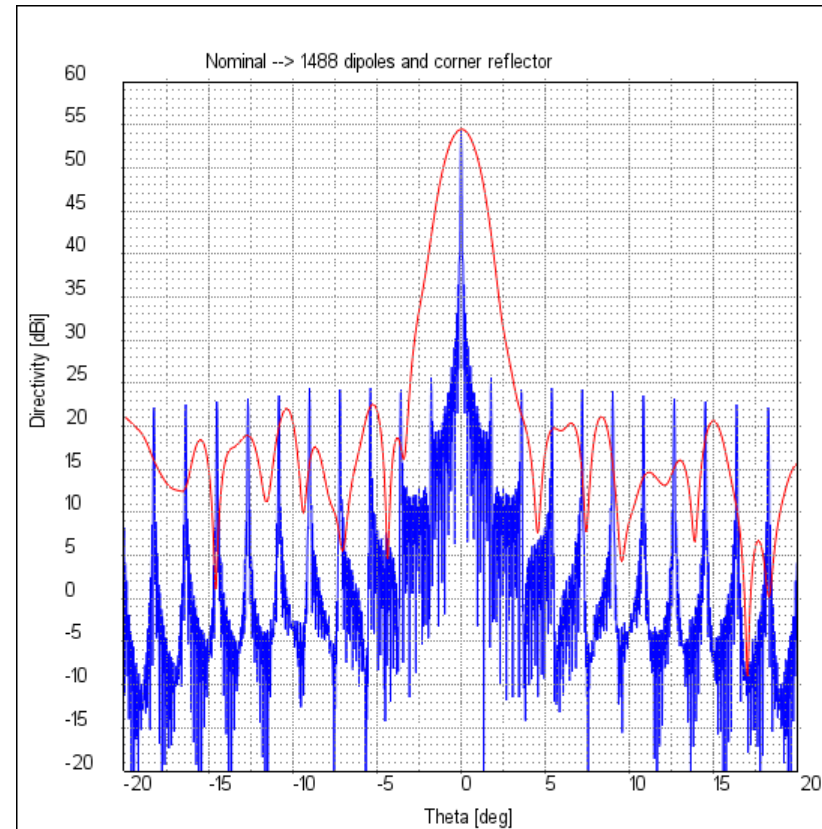
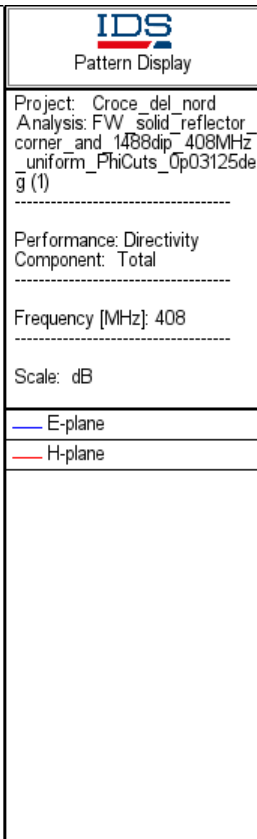
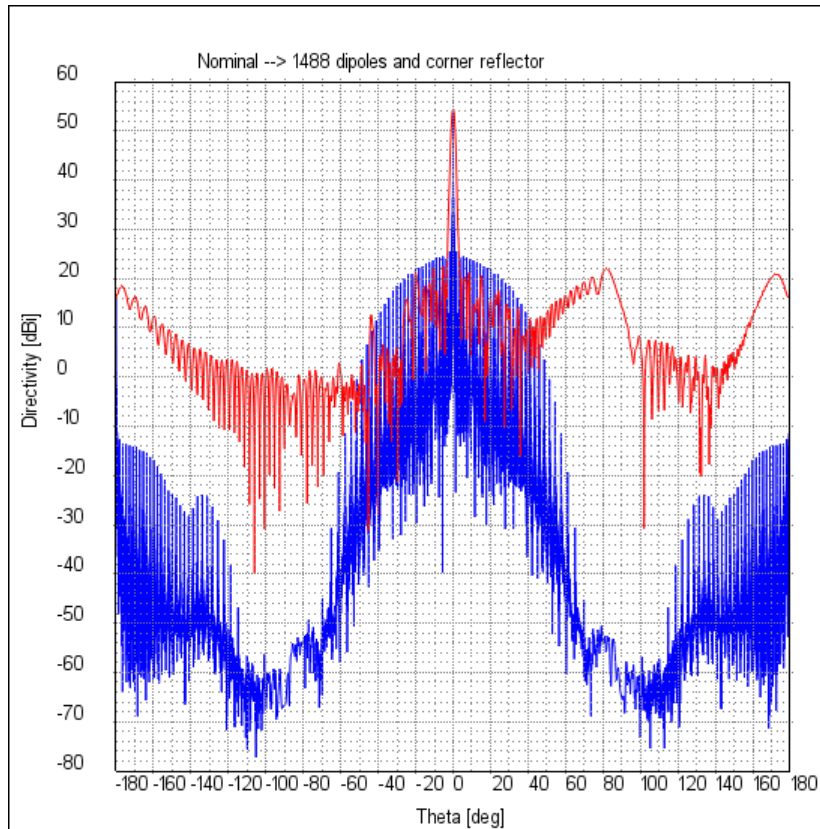
- 1) Soluzione del problema relativo al solo array di dipoli e generazione di un modello equivalente a correnti;
- 2) soluzione del problema relativo alla sola linea focale (dipoli + corner) e generazione di un modello equivalente a correnti;
- 3) soluzione del problema complessivo (linea focale + riflettore principale) e calcolo del pattern finale.

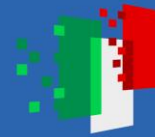




Risultati simulazione: 1488 dipoli (248x6)

Diagramma di irradiazione ramo EW Croce del Nord





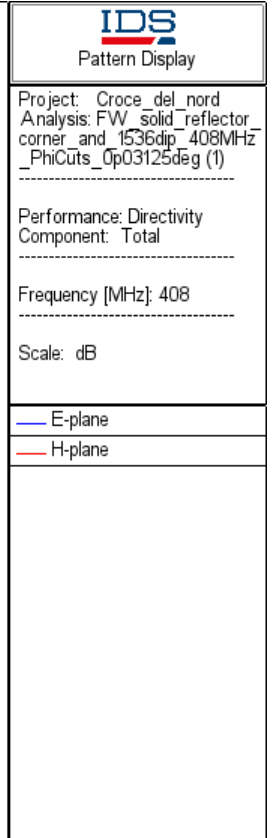
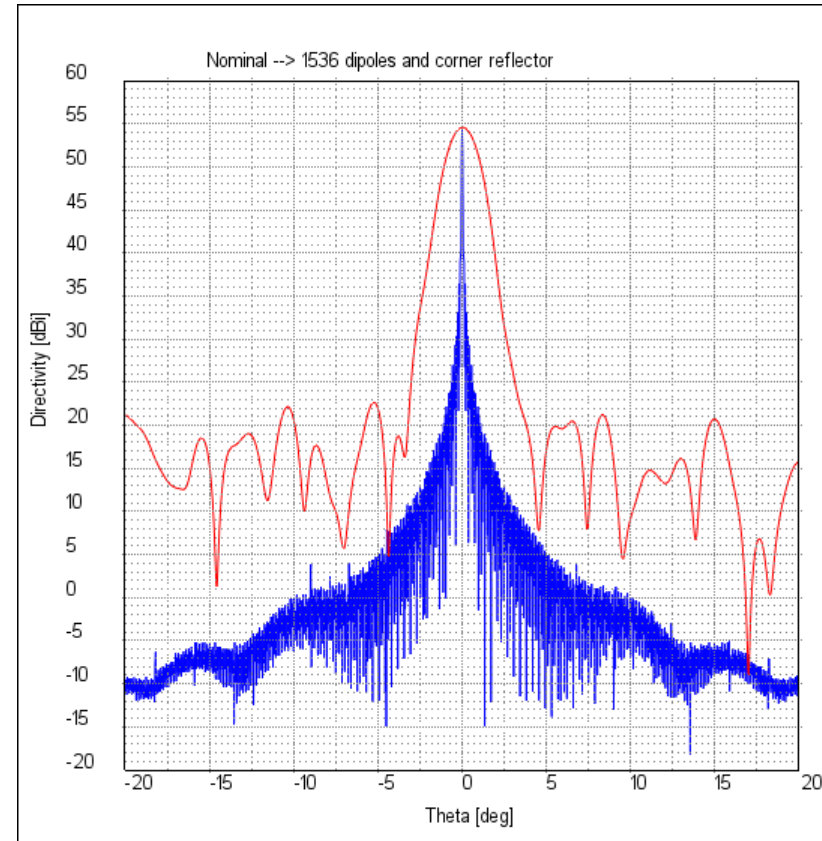
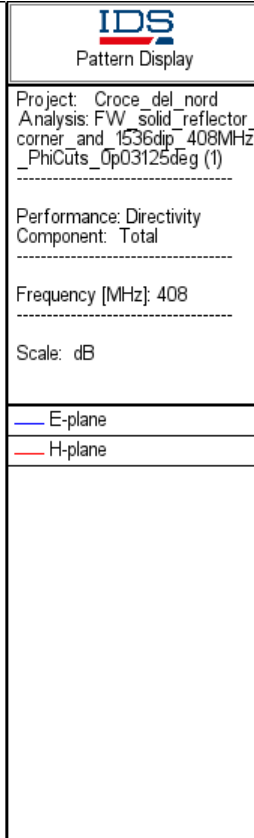
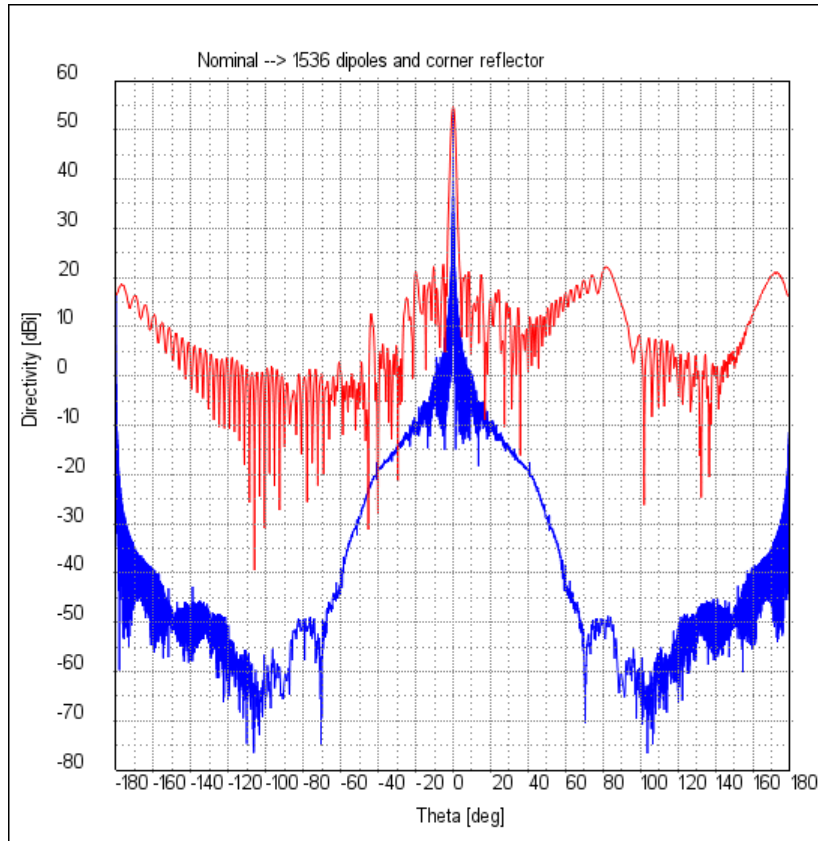
Risultati simulazione: 1488 dipoli (248x6)

	400 MHz	408 MHz	416 MHz
Max dir.	54.31 dBi	54.46 dBi	54.58 dBi
HPBW piano E	0.067°	0.066°	0.065°
HPBW piano H	1.8°	1.8°	1.8°
SLL piano E	13.2 dB	13.3 dB	13.2 dB
SLL piano H	31.8 dB	31.9 dB	32.2 dB
Campo di vista piano E	0.202°	0.198°	0.194°
Posizione lobi di grating piano E	0.228°	0.224°	0.22°
Perdite di inserzione	/	0.8 dB	/
Temperatura di rumore al ricevitore (T_{sys})*	/	135° K	/
Sensibilità (A_{eff}/T_{sys})	/	89 m ² /K	/

(*) stima effettuata usando l'efficienza di Spillover per il calcolo del rumore proveniente dal terreno



Risultati simulazione: 1536 dipoli (256x6)



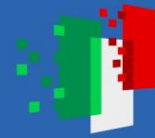
408 MHz
Max dir. 54.6 dBi



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



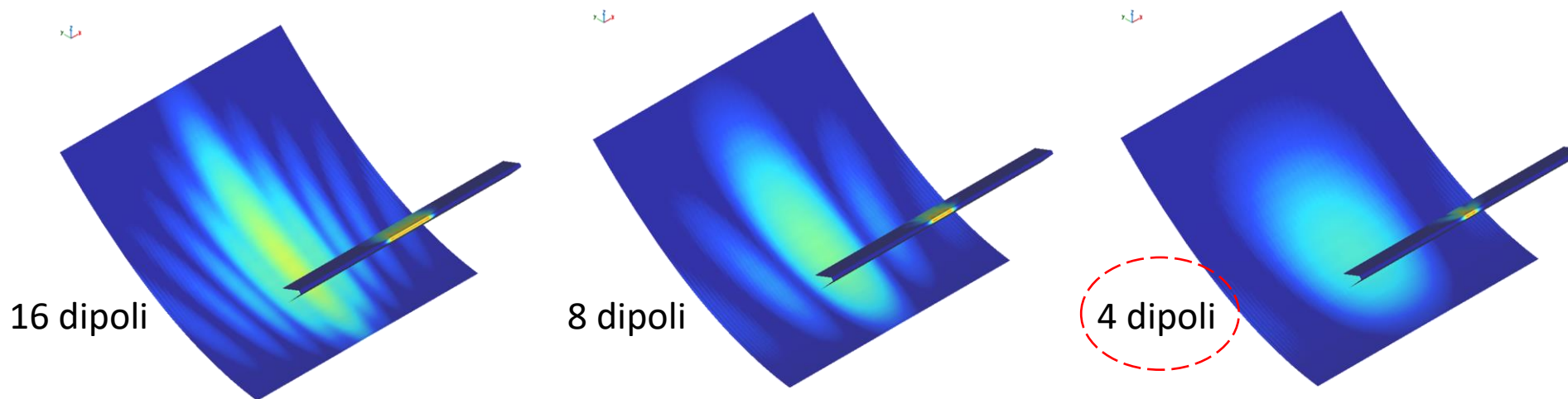
Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

Configurazioni alternative analizzate

Analisi in funzione della composizione del sub-array



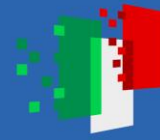
Parametro	Sub-array 4 dipoli (384 porte)	Sub-array 3 dipoli (512 porte)
Max dir.		54.56 dBi
HPBW piano E		0.066°
HPBW piano H		1.8°
SLL piano E		13.3 dB
SLL piano H		31.9 dB
Campo di vista piano E	12.66°	16.83°
Posizione lobi di grating piano E	15°	20.9°



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

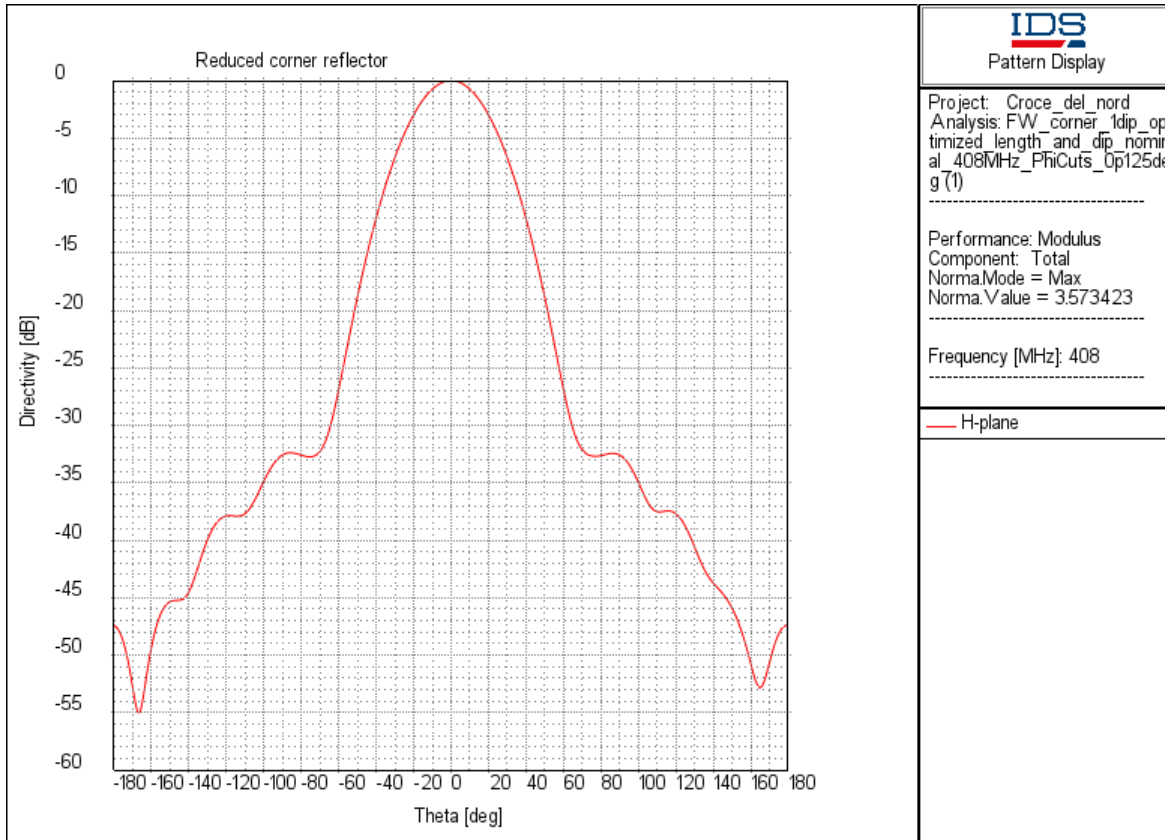


Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

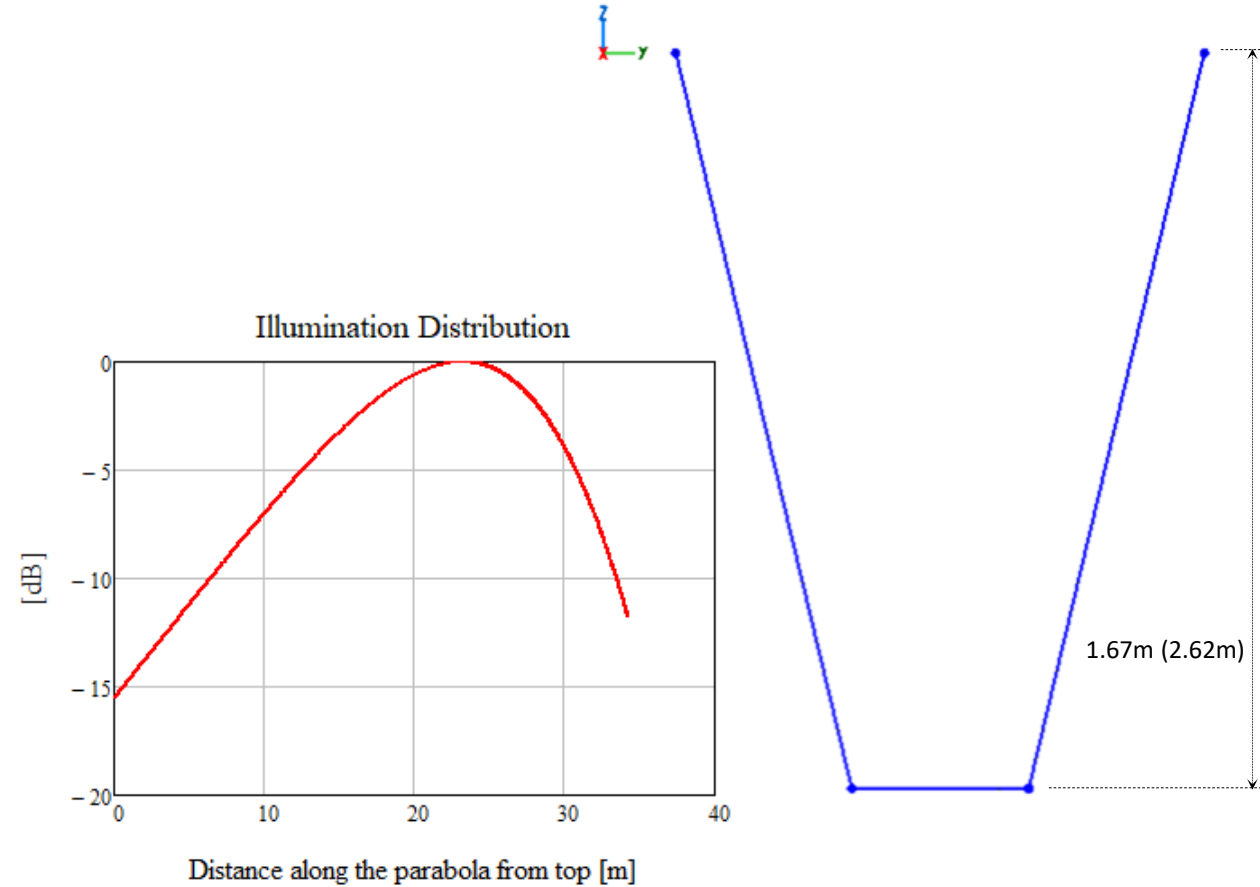


INAF
ISTITUTO NAZIONALE DI ASTRONOMIA

Corner reflector ottimizzato da CNR-IEIIT



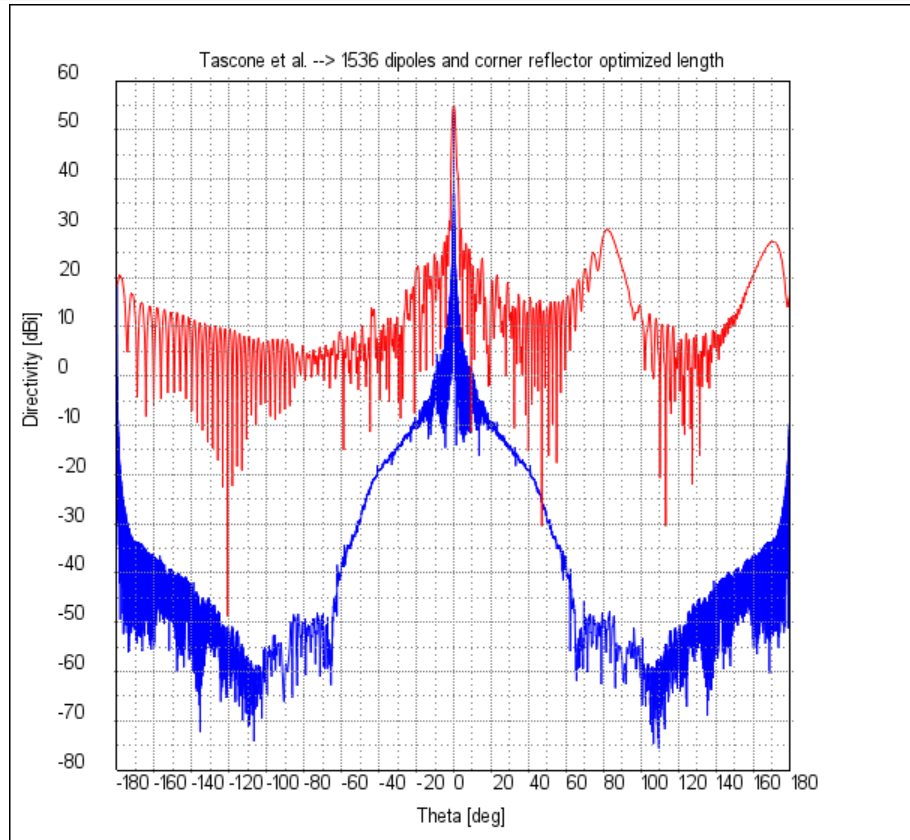
408 MHz
HPBW H-plane 40.1° (30.2°)



Efficienza di spillover (ϵ_S) = 97.1% (99.1%)



Risultati simulazione: corner reflector ottimizzato da CNR-IEIIT, 1536 dipoli (256x6)



IDS
Pattern Display

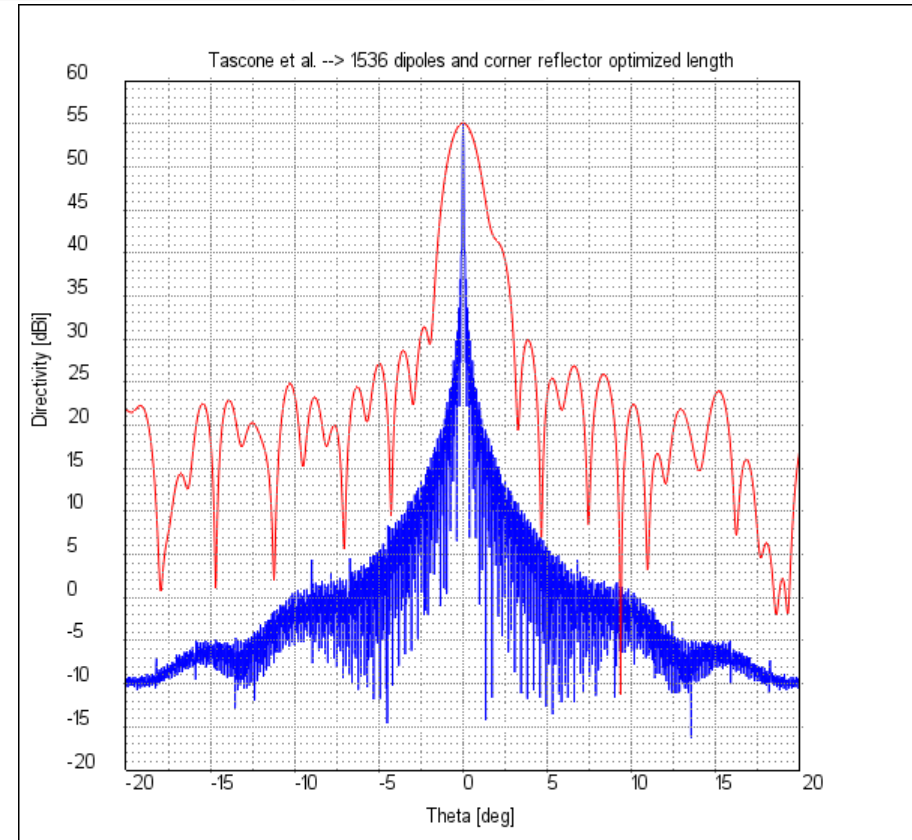
Project: Croce_del_nord
Analysis: FW_solid_reflector_corner_OptLength_and_1536dip_408MHz_uniform_PhiCuts_0p03125deg (1)

Performance: Directivity
Component: Total

Frequency [MHz]: 408

Scale: dB

— E-plane
— H-plane



IDS
Pattern Display

Project: Croce_del_nord
Analysis: FW_solid_reflector_corner_OptLength_and_1536dip_408MHz_uniform_PhiCuts_0p03125deg (1)

Performance: Directivity
Component: Total

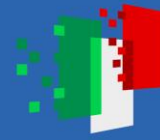
Frequency [MHz]: 408

Scale: dB

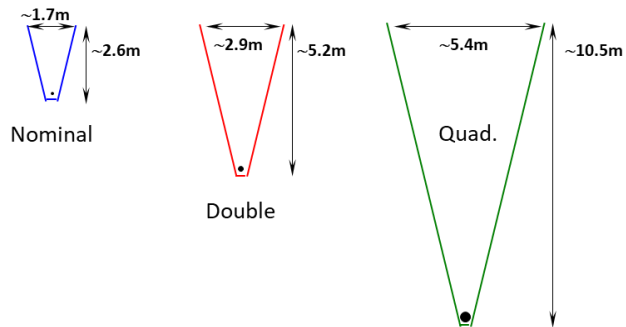
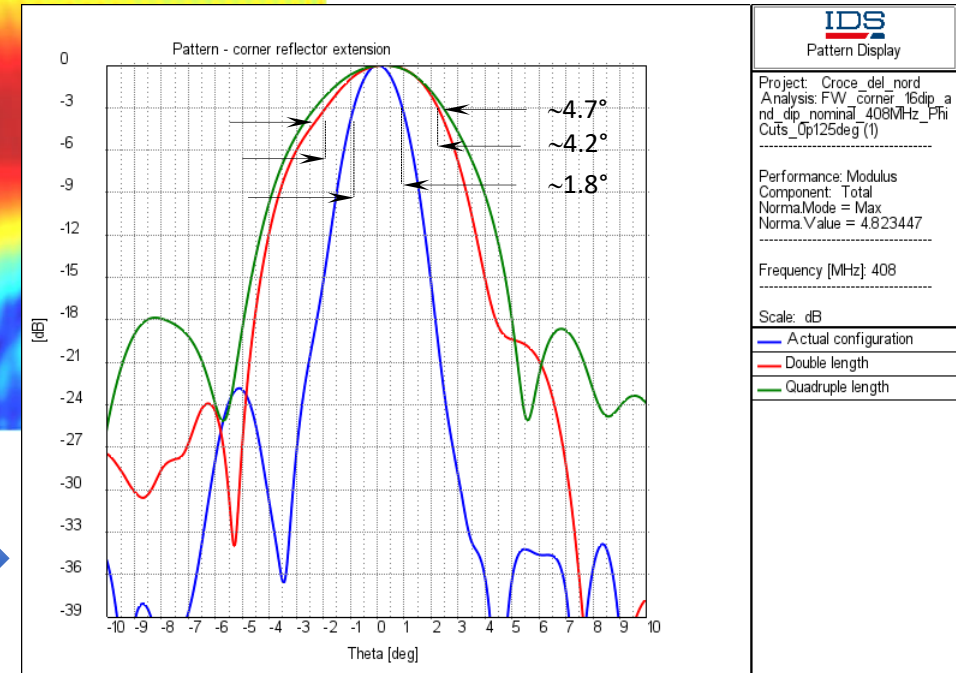
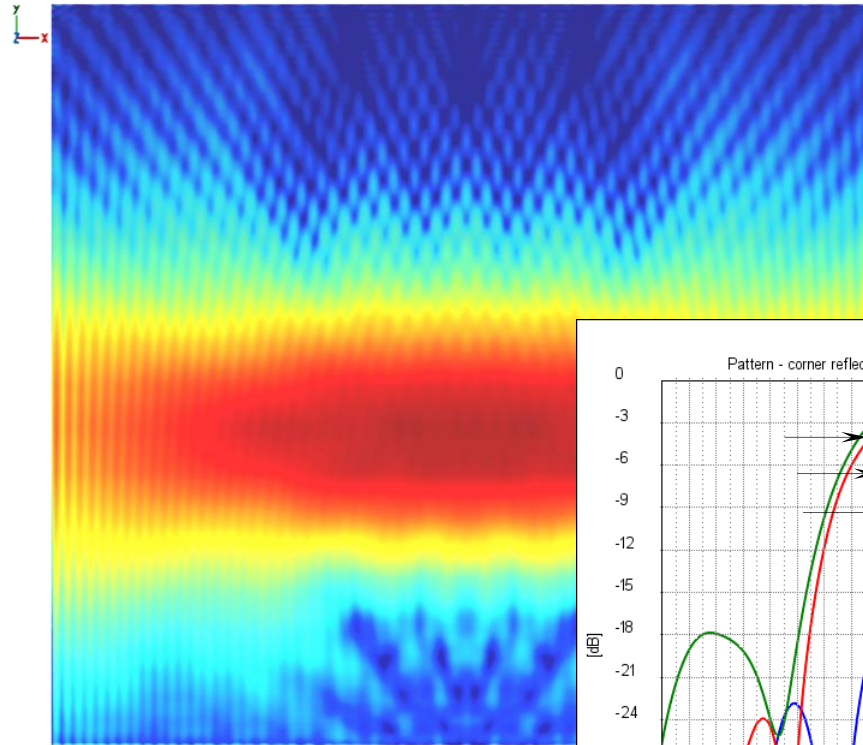
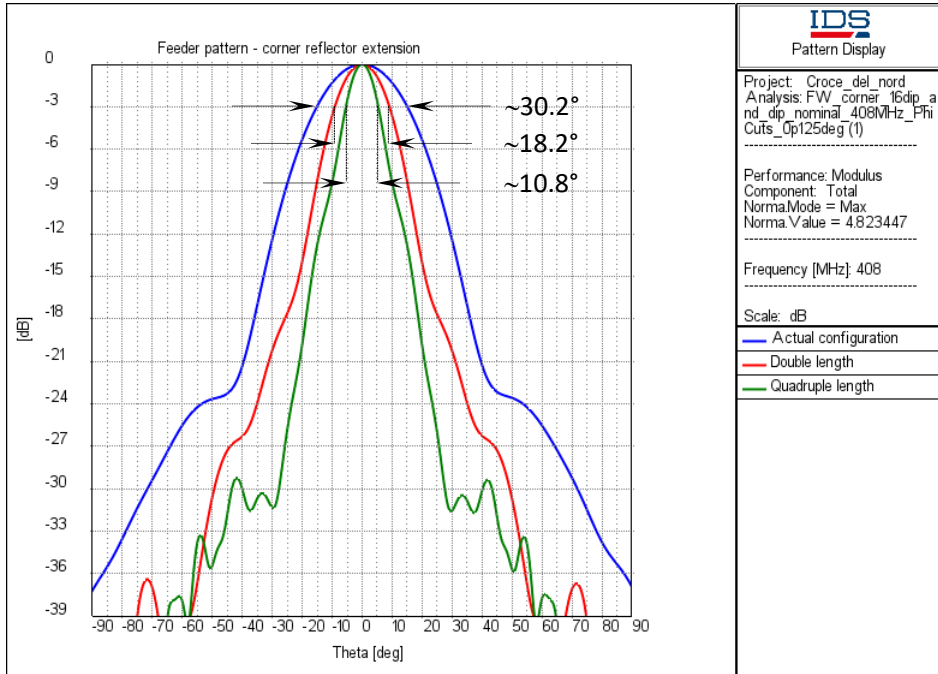
— E-plane
— H-plane

408 MHz	
Max dir.	55.1 dBi (54.6* dBi)
HPBW piano H	1.53° (1.8°)

(*) corner + 1536 dipoli



Estensione corner reflector per aumentare l'HPBW nel piano H



Soluzione basata su antenne Yagi-Uda

Le caratteristiche radiative dei sub-array composti da 3 o 4 dipoli all'interno del corner reflector sono tali da poter essere riprodotte da antenne di tipo Yagi-Uda. Tali antenne hanno vari pregi tra cui:

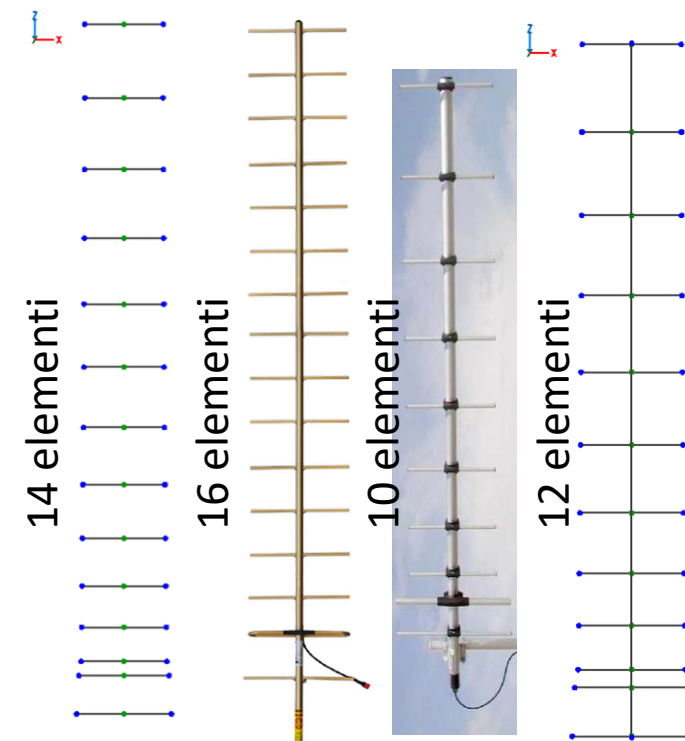
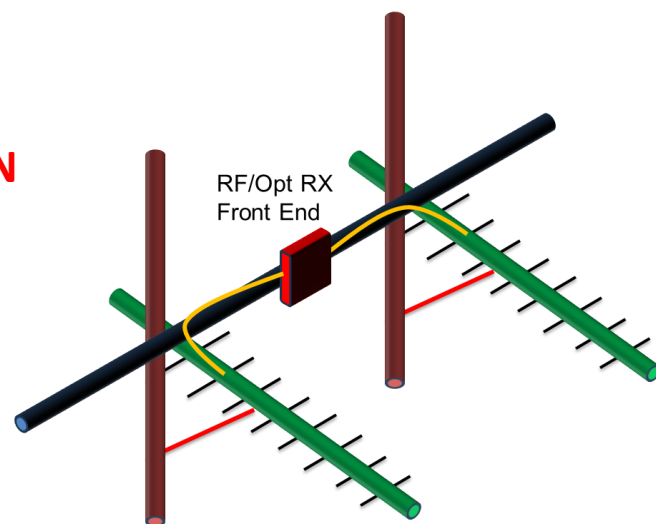
- semplicità meccanica e realizzativa;
- robustezza meccanica, agli agenti atmosferici ed all'invecchiamento in generale;
- pesi ridotti;
- sono fornite già provviste di balun.

- **Non c'è sostanzialmente necessita di BFN**

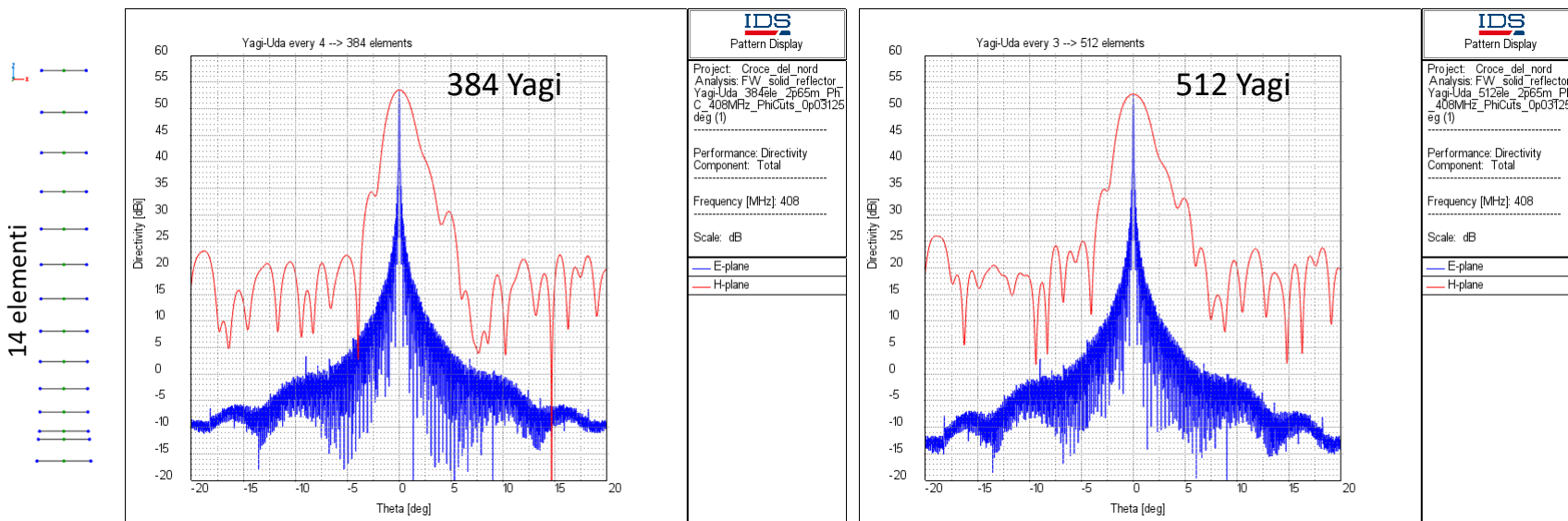
Larghezza fascio per soluzione dipoli +
corner e sub-array da 3/4 elementi:

HPBW piano E: $25^\circ \div 34^\circ$

HPBW piano H: $30^\circ \div 40^\circ$



Prestazioni e.m. del sistema in funzione del numero di Yagi



Configurazione	Max. dir [dBi]	Max. dir [dBi]
	Tilt (θ) = -0.224°	
Attuale*, sub. 256	50.7	54.6
Attuale*, sub. 4	54.4	54.6
512 Yagi	52.6	52.7
384 Yagi	53.4	53.5

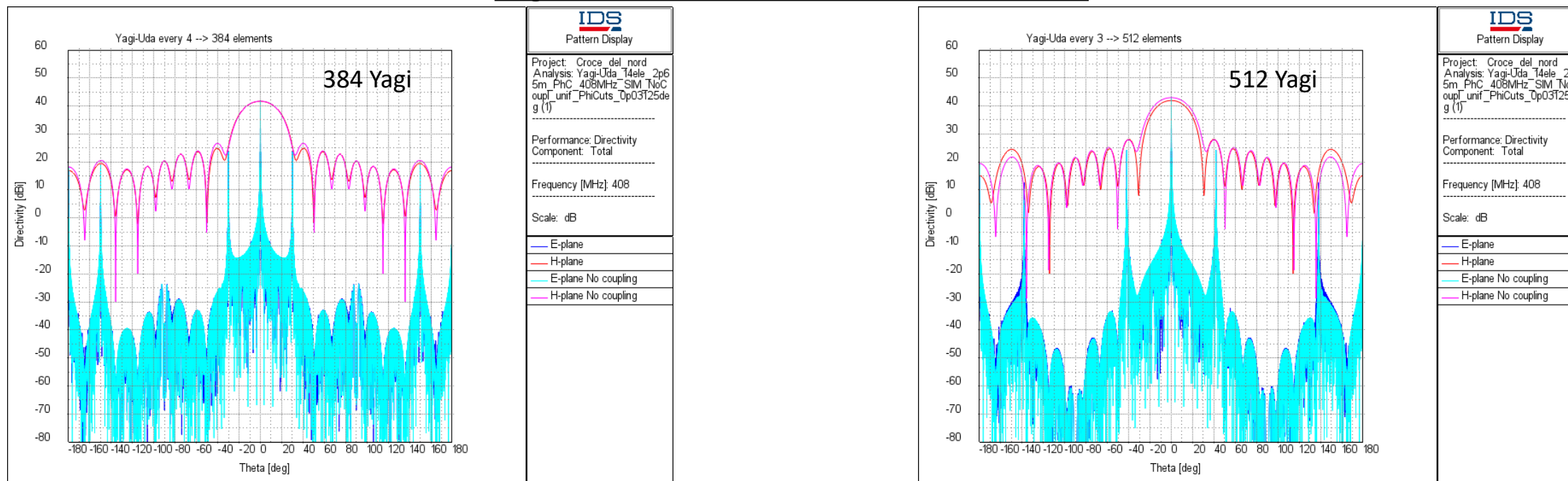
Configurazione	Tilt (θ)	Max. dir [dBi]
512 Yagi	-19.49°	50.6
Attuale*, sub. 4	-14.49°	51.2
384 Yagi		50.2

Configurazione	Max. dir [dBi]	HPBW piano E	HPBW piano H
Attuale*	54.6	0.066°	1.8°
CNR-IEIIT*	55.1	0.066°	1.53°
512 Yagi	54.8	0.066°	1.55°
384 Yagi	53.9	0.066°	1.55°

(*) corner + 1536 dipoli

Effetto dell'accoppiamento fra le Yagi sulle prestazioni e.m. del sistema

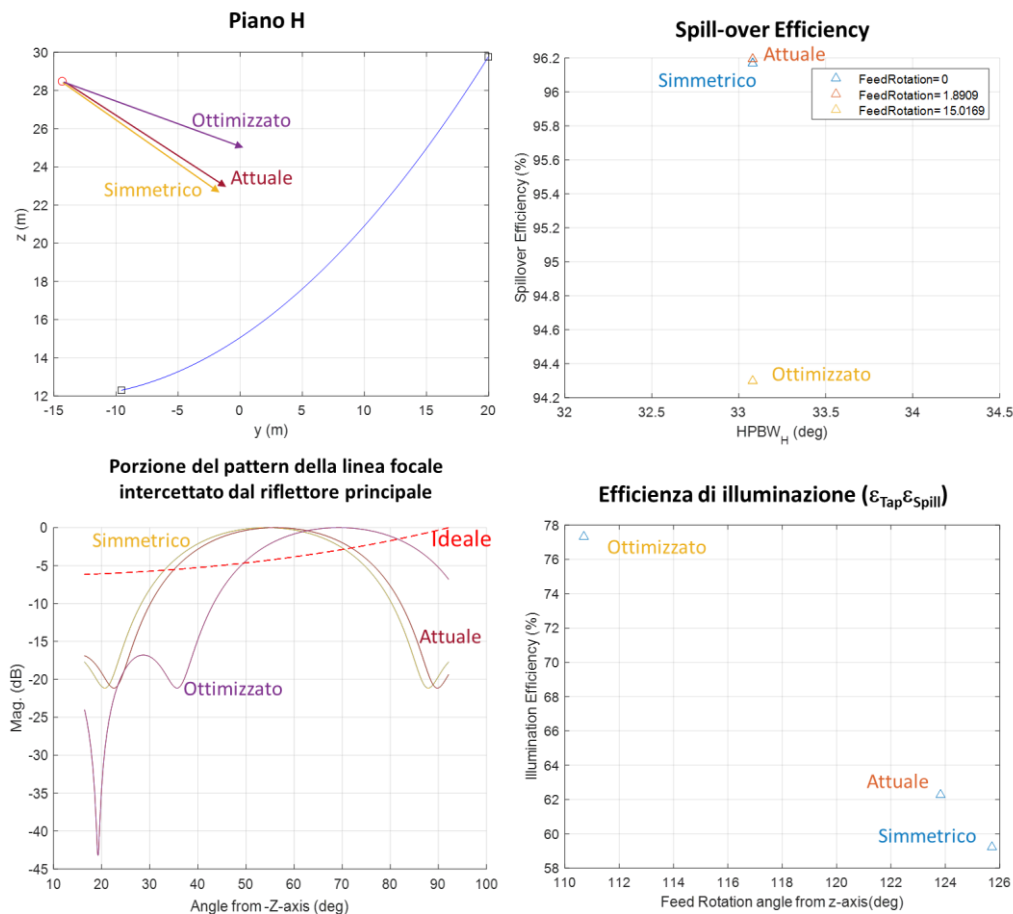
Diagramma di irradiazione relativo alla sola linea focale



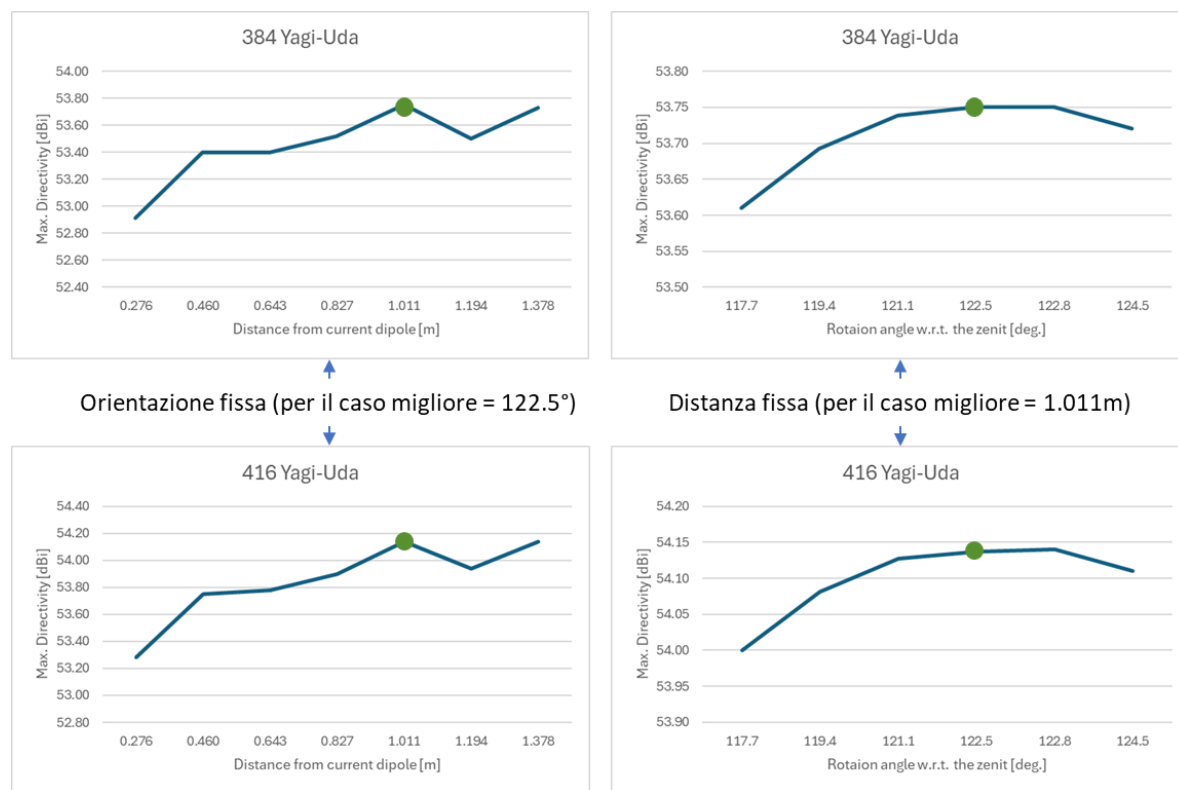
Configurazione	Max. dir [dBi]	HPBW E-plane	HPBW H-plane
512 Yagi	41.9	0.066°	30.5°
512 Yagi - no coupling	42.9	0.066°	32.5°
384 Yagi	41.6	0.066°	33.1°
384 Yagi - no coupling	41.7	0.066°	32.5°

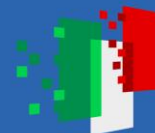
Effetto della posizione rispetto al fuoco e dell'orientazione delle Yagi

Procedura analitica

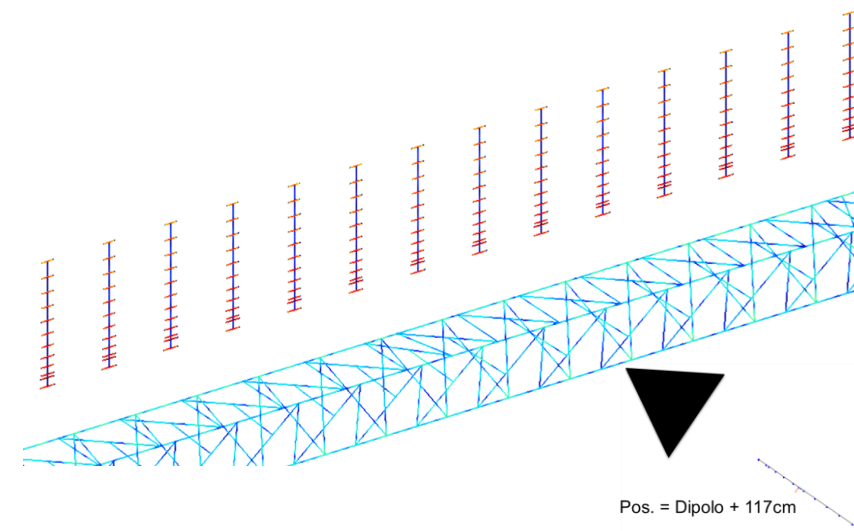
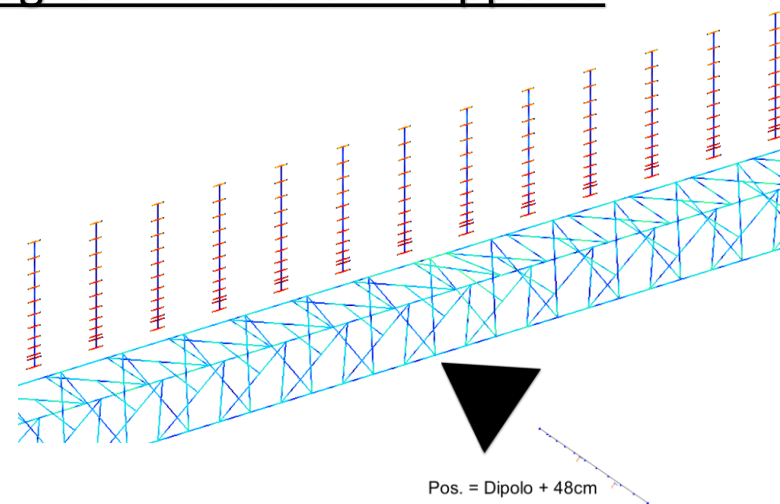
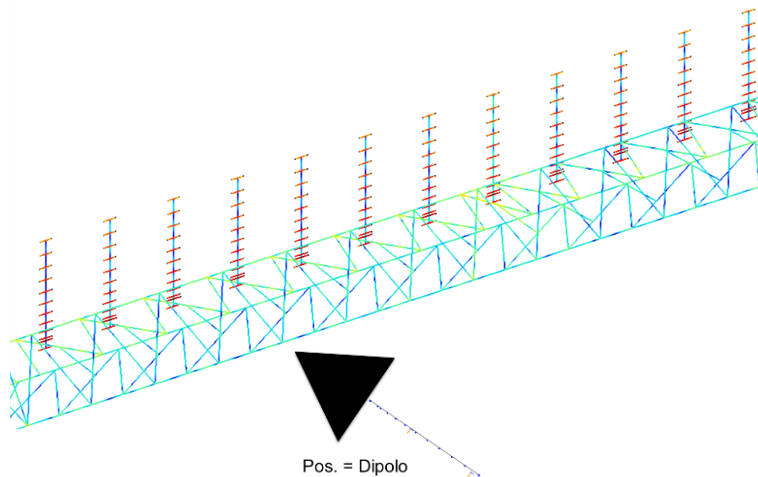


Simulazioni





Effetto dell'accoppiamento fra le Yagi ed il traliccio di supporto



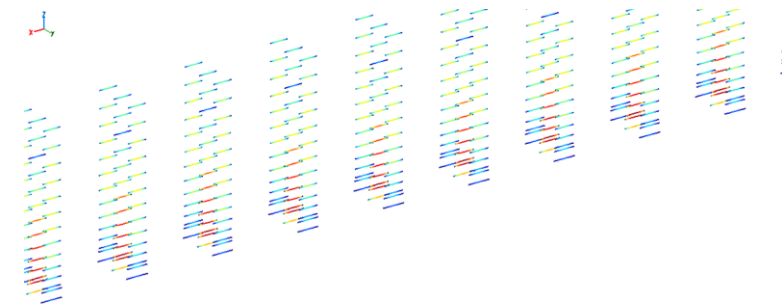
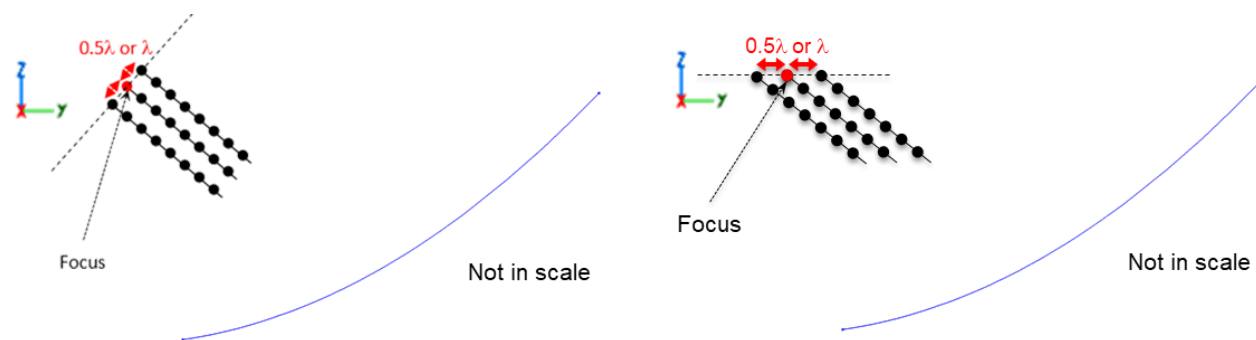
Parametri diagramma di irradiazione relativo alla sola linea focale

Configurazione	Max. dir [dBi]	HPBW E-plane	HPBW H-plane
Senza traliccio	40.32	0.066°	41.1°
Con traliccio (dipole)	40.09	0.066°	43.7°
Con traliccio (dipole + 48cm)	40.35	0.066°	40.4°
Con traliccio (dipole + 117cm)	40.21	0.066°	42.4°

Parametri diagramma di irradiazione complessivo

Configurazione	Max. dir [dBi]	HPBW E-plane	HPBW H-plane
Con traliccio (dipole + 48cm)	53.79 (53.78)	0.066° (0.066°)	1.64° (1.64°)
Con traliccio (dipole + 117cm)	53.84 (53.86)	0.066° (0.066°)	1.71° (1.71°)

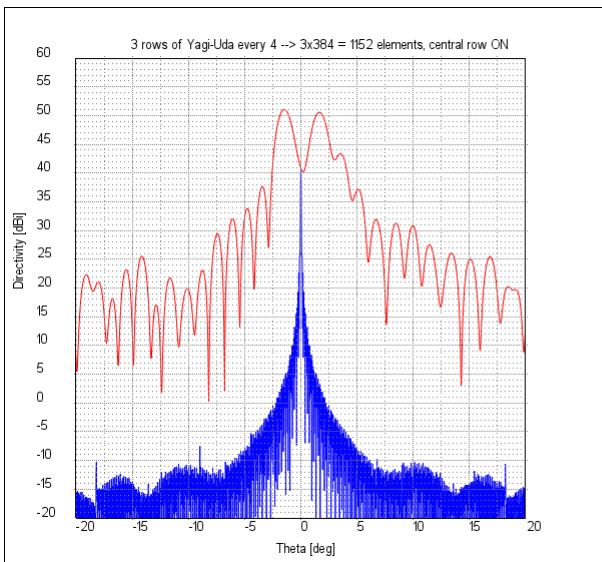
Sperimentazioni su linea focale multipla



Spostamento simmetrico

Spostamento asimmetrico

3 x 384 = 1152 Yagi



IDS
Pattern Display

Project: Croce_del_nord
Analysis: FW_sol_refl_3-Yag
Uda_384ele_2p65m_PhC_4
08MHz_OZ_unif_PhICuts_Op
03125deg (1)

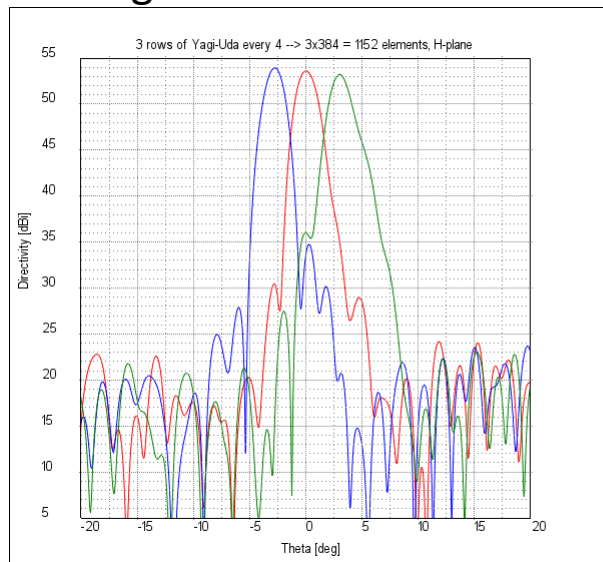
Performance_Directivity Component: Total

Frequency [MHz]: 408

Scale: dB

— E-plane
— H-plane

Dist. = 0.5λ
Solo linea centrale



IDS
Pattern Display

Project: Croce_del_nord
Analysis: FW_sol_refl_3-Yag
Uda_384ele_2p65m_PhC_4
08MHz_OZ_unif_PhICuts_Op
03125deg (2)

Performance_Directivity Component: Total

Frequency [MHz]: 408

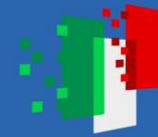
Scale: dB

— Central row
— +Z row
— -Z row

Dist. = 1.5λ

384 + 2x32 Yagi - Dist. = 1λ

Configurazione	Max. dir [dBi]	HPBW E-plane	HPBW H-plane
Solo centrale	12	42.6°	51.4°
Centrale + 2(x32) spostamento simm.	11.6	46°	52.1°
Centrale + 2(x32) spostamento asimm.	10.5	40.6°	61.5°



Requisiti per Yagi-Uda 'ottima'

Parameter	Value
Nominal Gain (dBi)	> 14
Frequency (MHz)	400-420
VSWR (Return Loss)	< 1.5:1 (14 dB)
Nominal Impedance (Ohm)	50
Nominal Vertical Beamwidth (deg) / E-plane	36
Nominal Horizontal Beamwidth* (deg) / H-plane	39
Front/Back Ratio F/B (dB)	>20
Input Power (W)	100
Construction	Aluminium passivated
Length (m)	< 2.5
Weight (Kg)	< 3
Termination	N-male connector
Wind resistance (Km/h)	> 130
Lifetime (years)	> 10
Insertion loss (dB)	< 0.2

(*) Sarebbe preferibile che i primi 2 nulli fossero al di fuori dell'intervallo +/-43 deg, ovvero che l'FNBW fosse maggiore di 86 deg.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

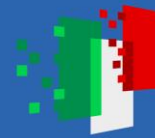


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

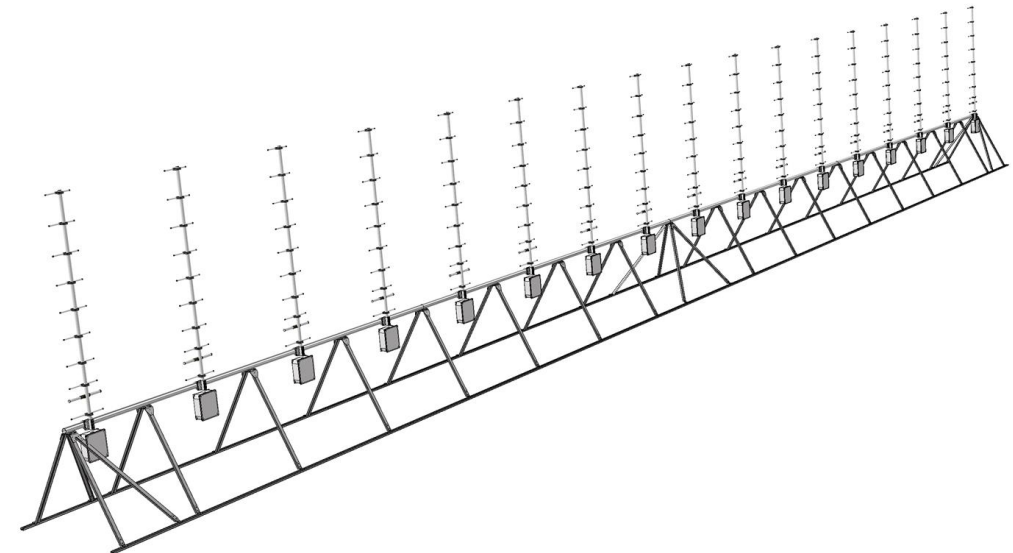
Nuova configurazione



Soluzione individuata

Configuration	Distance	Rotation [Deg.]	Max. Dir. [dBi]	Pointing [Deg.]		HPBW [Deg.]	
	W.r.t. current dipole [m]			E plane	H plane	E plane	H plane
416	0.276	122.8	53.28	0	-0.031	0.064	1.75
416	0.460	122.8	53.75	0	0	0.064	1.58
416	0.643	122.8	53.78	0	-0.031	0.064	1.62
416	0.827	122.8	53.90	0	0.063	0.064	1.61
416	1.011	117.7	54.00	0	0	0.064	1.55
416	1.011	119.4	54.08	0	0	0.064	1.54
416	1.011	121.1	54.13	0	0.031	0.064	1.53
416	1.011	122.5	54.14	0	0.031	0.064	1.54
416	1.011	122.8	54.14	0	0.031	0.064	1.54
416	1.011	124.5	54.11	0	0.063	0.064	1.55
416	1.194	122.8	53.94	0	0.063	0.064	1.65
416	1.378	117.7	54.00	0	0.156	0.064	1.58
416	1.378	119.4	54.08	0	0.125	0.064	1.56
416	1.378	121.1	54.13	0	0.125	0.064	1.56
416	1.378	122.8	54.14	0	0.125	0.064	1.56
416	1.378	124.5	54.12	0	0.125	0.064	1.56

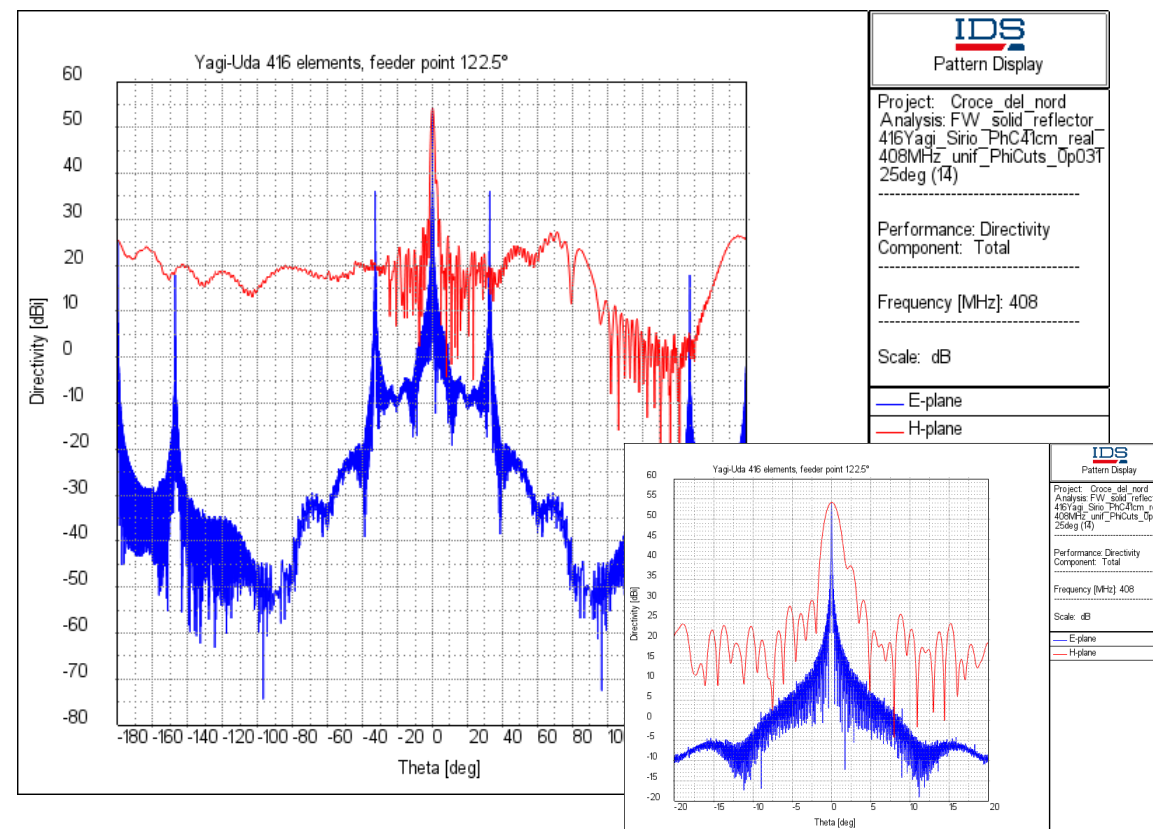
- 416 Yagi
- Spaziatura uniforme (1.357m $\sim 1.8\lambda$ @ 408MHz)



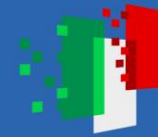


Risultati simulazione: 416 Yagi

	400 MHz	408 MHz	416 MHz
Max dir.	53.84 dBi	54.14 dBi	54.3 dBi
HPBW piano E	0.067°	0.066°	0.065°
HPBW piano H	1.52°	1.53°	1.59°
SLL piano E	13.2 dB	13.3 dB	13.2 dB
SLL piano H	14.9 dB	15.8 dB	16.9 dB
Campo di vista piano E	14.25°	13.5°	12.2°
Posizione lobi di grating piano E	16.76°	16.39°	16.04°
Perdite di inserzione	/	0.2 dB	/
Temperatura di rumore al ricevitore (T_{sys})*	/	94° K	/
Sensibilità (A_{eff}/T_{sys})	/	119 m ² /K	/



(*) stima effettuata usando l'efficienza di Spillover per il calcolo del rumore proveniente dal terreno



Confronto con configurazione attuale @ 408MHz

	Attuale	Nuova	Δ
Max dir.	54.46 dBi	54.14 dBi	-0.32 dB
HPBW piano E	0.066°	0.066°	0°
HPBW piano H	1.8°	1.53°	-0.27°
SLL piano E	13.3 dB	13.3 dB	0 dB
SLL piano H	31.9 dB	15.8 dB	-16.1 dB
Campo di vista piano E	0.198°	13.5°	+13.3°
Posizione lobi di grating piano E	0.224°	16.39°	+16.2°
Perdite di inserzione	0.8 dB	0.2 dB	-0.6 dB
Temperatura di rumore al ricevitore (T_{sys})*	135° K	94° K	-41° K
Sensibilità (A_{eff}/T_{sys})	89 m ² /K	119 m ² /K	+30 m ² /K

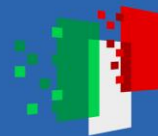
(*) stima effettuata usando l'efficienza di Spillover per il calcolo del rumore proveniente dal terreno



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

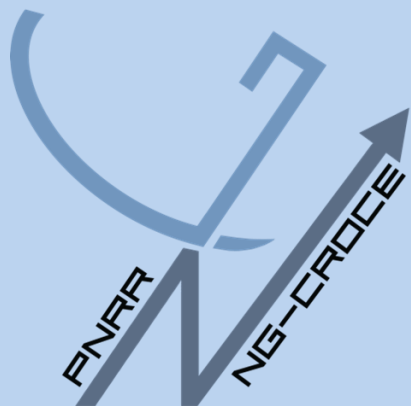


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Next Generation – Croce del Nord

IR0000026

Intervento finanziato nell'ambito del PNRR - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

M4C2

Missione 4 - Istruzione e Ricerca

Componente 2 - Dalla Ricerca alla Impresa

Linea di Investimento 3.1 - Rafforzamento e creazione di Infrastrutture di Ricerca

CUP C53C22000880006