



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

Studio dell'antenna del radar Birales ai fini delle prestazioni radiative e della compatibilità EM

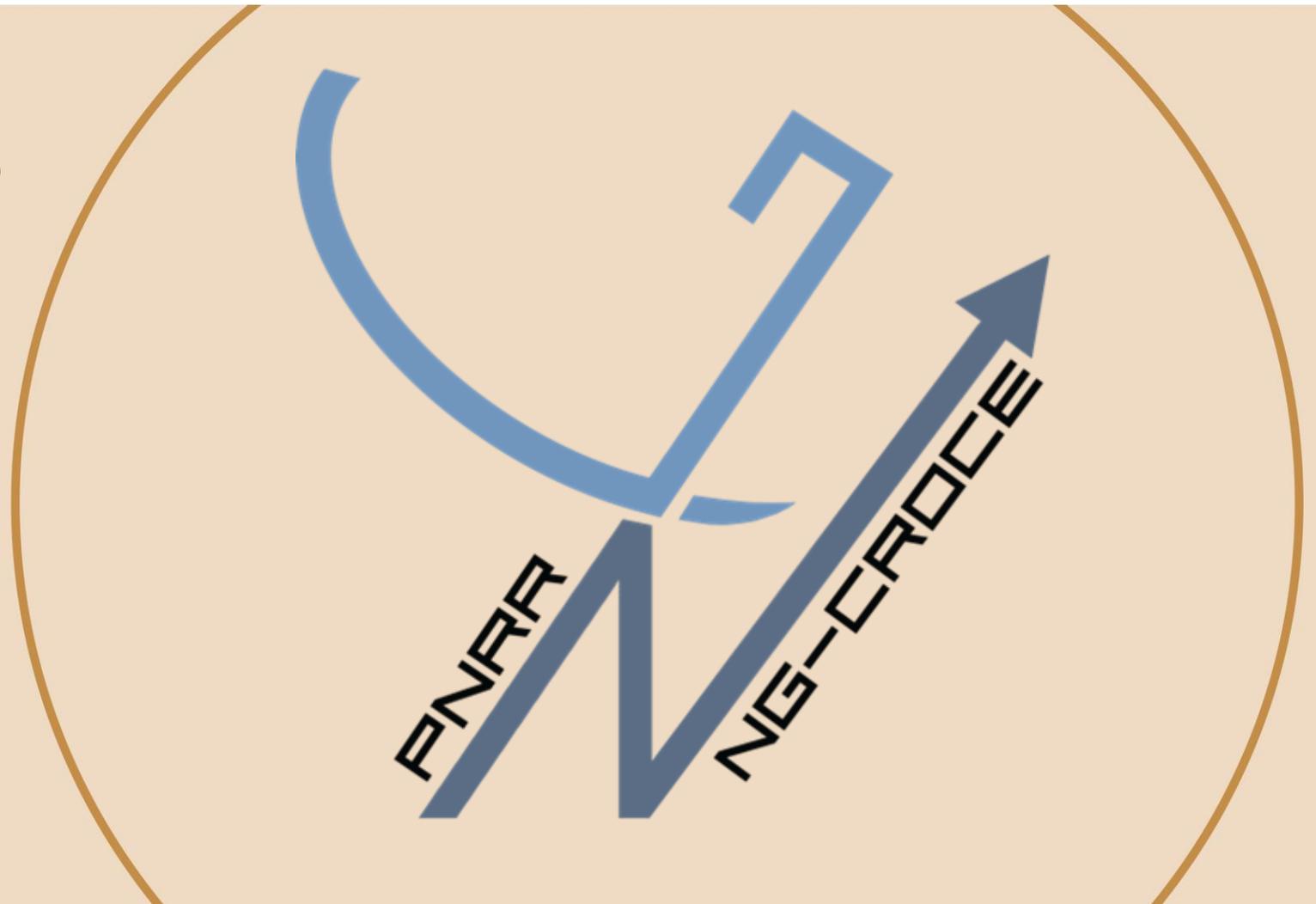
Free Space Srl

Relatori: Chiara Scarselli - Stefania Diana

Lunedì 12 Maggio

Radiotelescopi di Medicina

IRA - Bologna



Free Space Srl

CHI SIAMO



Free Space srl è una spin-off dell'Università di Pisa.

È stata fondata nel 2017 da un gruppo di ricercatori e ingegneri con elevata competenza nell'elettromagnetismo applicato, provenienti dal laboratorio di Microonde e Radiazione del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Pisa, da centri di ricerca (CNIT) e dal settore industriale.

I soci fondatori (10) sono professionisti altamente specializzati, la maggior parte dei quali con un dottorato di ricerca in elettromagnetismo applicato. Free Space ha la sua sede principale a Pisa (Italia) e una sede distaccata a Carrara (Italia).





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA




Matteo Bertoneri
Chief Executive Officer



Federico Bonessio
Chief Financial Officer



Guido Nenna
Chief Technical Officer



Alessandro Corucci
Chief Information Officer



Erica Calosci
Administration



Eliana Canicattì
Project & Proposal Specialist



Giuseppe Novellis
Quality Assurance Engineer



Chiara Ciampalini
Antenna Specialist



Chiara Scarselli
Antenna Engineer



Stefania Diana
EMC Developer



Martina Falchi
RF Materials Engineer



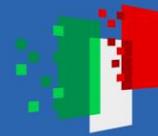
Valeria Lazzoni
RF Material Engineer



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

COSA FACCIAMO

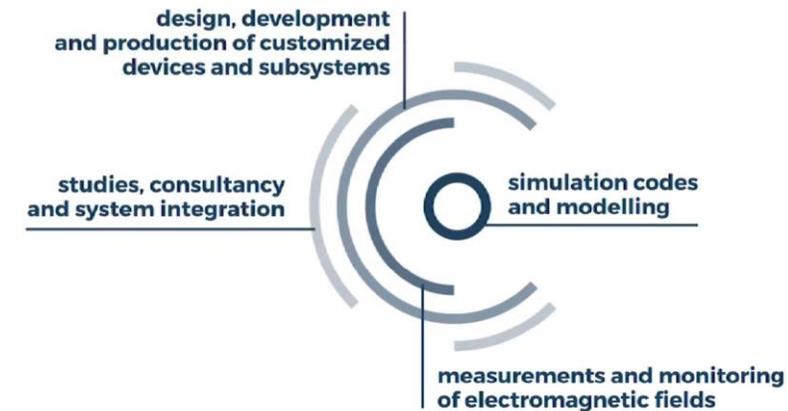
- Siamo specializzati nella progettazione RF e a microonde e nella produzione di antenne, sensori e metamateriali.
- Siamo esperti nella progettazione di metodi numerici per la simulazione elettromagnetica in ambienti complessi.
- Siamo in grado di analizzare, prevedere e testare scenari elettromagnetici complessi e sfidanti.

In questi ambiti di competenza offriamo:

- Consulenza ingegneristica
- Progettazione di prodotti RF
- Metodi per l'elettromagnetismo

Missione e Visione

La nostra missione è migliorare la qualità della vita e le prestazioni dei sistemi attraverso lo sviluppo e l'integrazione di tecnologie elettromagnetiche avanzate. Offriamo soluzioni su misura, costruite in stretta collaborazione con i nostri partner, per raggiungere obiettivi specifici in ogni fase del ciclo di vita del prodotto, garantendo risultati di successo e la piena soddisfazione del cliente.

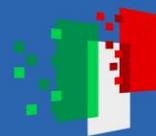




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

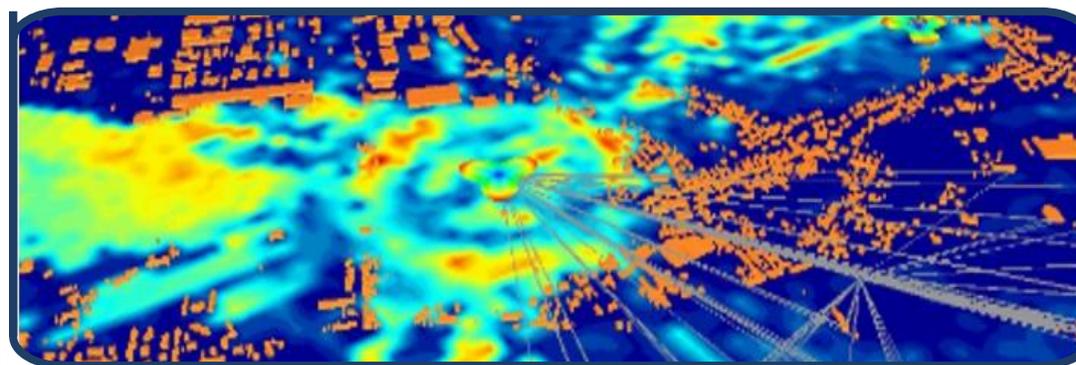
IL NOSTRO PORTFOLIO



INNOVATIVE
ANTENNAS



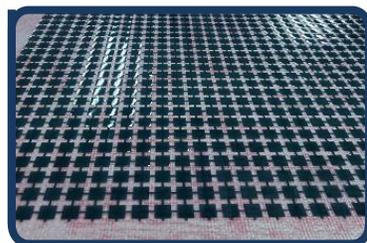
EME NAVAL SERVICE



EMC STUDY & RADIO PLANNING



EM SENSORS



METAMATERIALS
& ABSORBERS

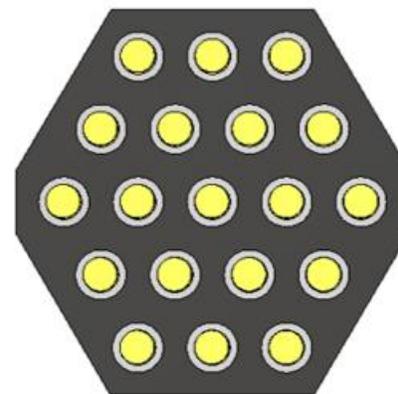
RICEVITORE RADAR BIRALES – ARRAY SAURON

SAURON (Sensors for Advanced Usage & Reconnaissance of Outerspace situation)

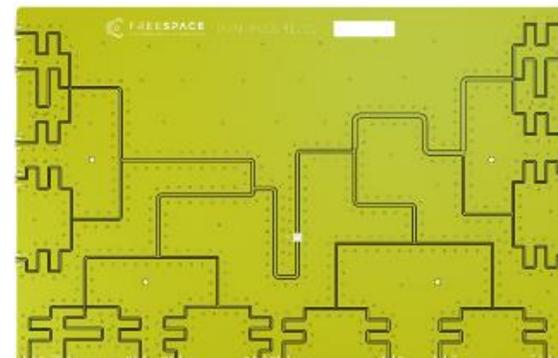
L'array ricevente SAURON opera alla frequenza di 412.5 MHz ed è composto da circa un centinaio di sub-arrays, ciascuno dei quali integra 19 elementi radianti circolari. Ogni elemento lavora in doppia polarizzazione circolare, supportando sia la polarizzazione destrorsa (RHCP) che sinistrorsa (LHCP). Il guadagno di un singolo sub-array è di circa 17 dBi.



Sub-array



Rete di Beamforming



Singolo elemento del Sub-array

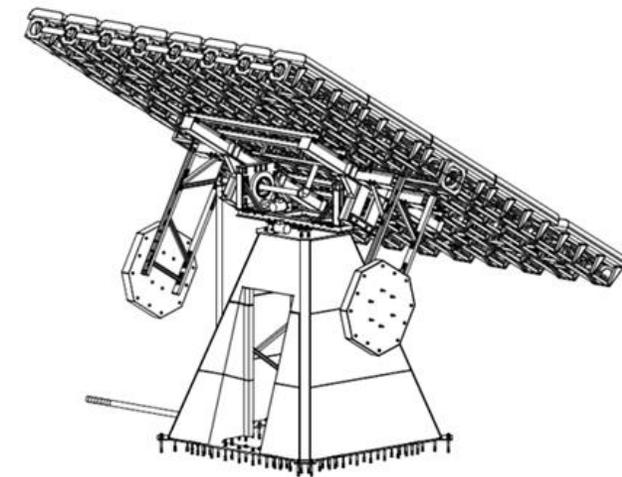
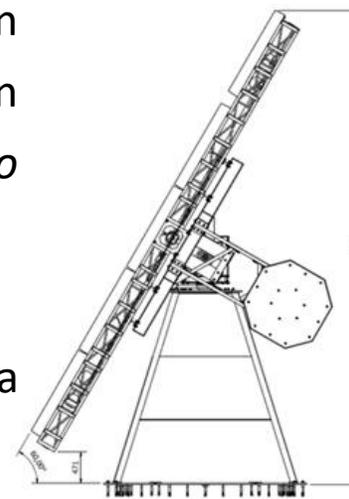


Scopo dello studio dell'antenna trasmittente BIRALES

Lo scopo dello studio elettromagnetico (EM) dell'antenna trasmittente del radar bistatico Birales è verificare la **compatibilità elettromagnetica (EMC)** fra l'**antenna** e il **sito** in cui verrà installata, presumibilmente identificato in un terreno di pertinenza del Ministero della Difesa, denominato **La Farnesiana**, e situato nel Comune di Civitavecchia.

Verranno valutati i diagrammi di radiazione e i potenziali rischi (*Radiation Hazard - RADHAZ*) dovuti all'esposizione al campo EM irradiato dall'antenna, in relazione alla sua installazione e alla sua movimentazione, verificandone la conformità alle normative vigenti e agli standard di sicurezza.

- ATTIVITÀ 1: Valutazione dei pattern copolari di antenna posizionata in ambiente anecoico e analisi delle distribuzioni spaziali del campo EM in zona di campo vicino ai fini HERP (*Hazards of Electromagnetic Radiation to personnel*);
- ATTIVITÀ 2: Valutazione nel sito operativo;
- ATTIVITÀ 3: Valutazione dell'impatto della radiazione EM emessa dall'antenna TX per i rischi RADHAZ (eccetto HERP);
- ATTIVITÀ 4: Campagna di misure.





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

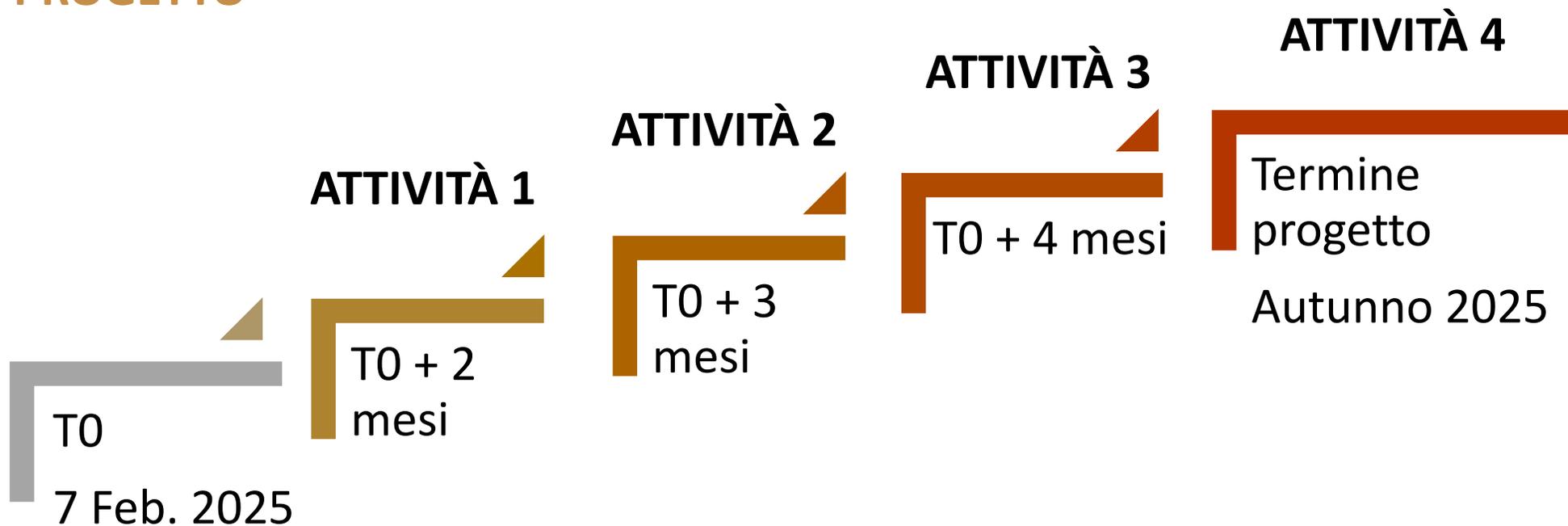


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTRONOMIA
E FISICA

GANTT PROGETTO

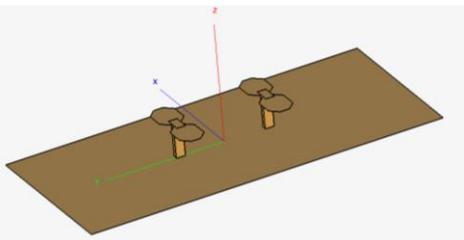


FREESPACE
ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGIES

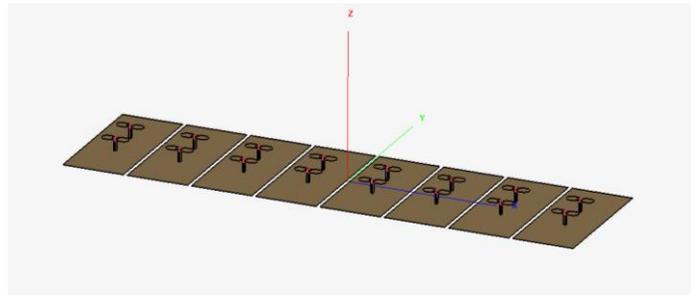
ATTIVITÀ 1: Modellazione antenna TX del radar BIRALES

L'antenna è composta da 2 antenne collocate denominate array *Wide* e array *Narrow*, rispettivamente costituite da una serie di pannelli *Wide* e di pannelli *Narrow*.

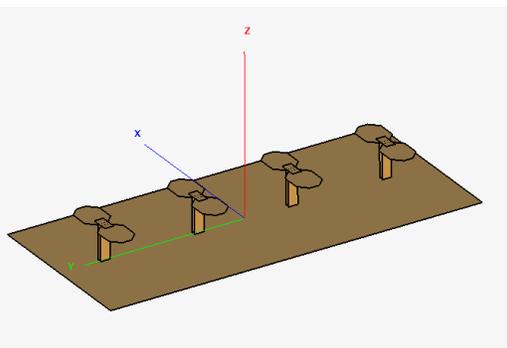
Singolo pannello Wide



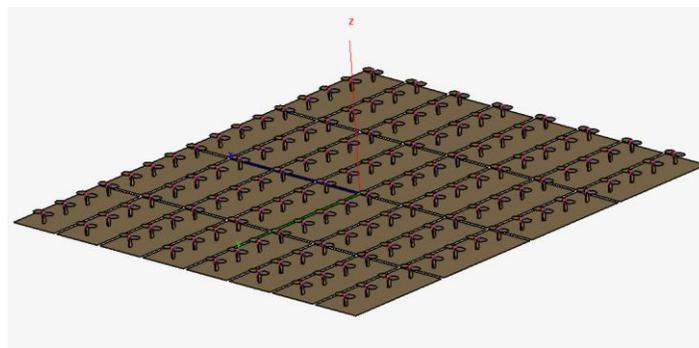
Array di 8 pannelli Wide



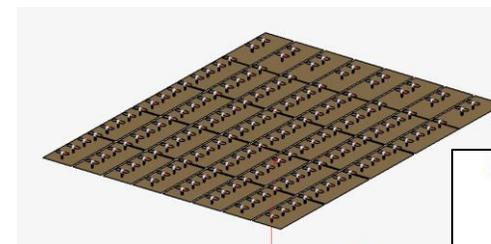
Singolo pannello Narrow



Array di 4x8 pannelli Narrow



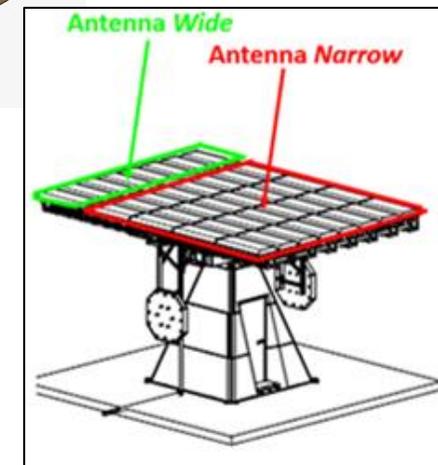
ANTENNA TX



8xPannello Wide



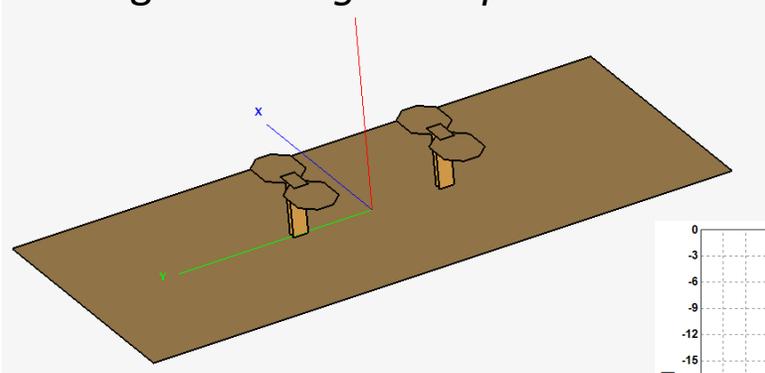
32xPannello Narrow



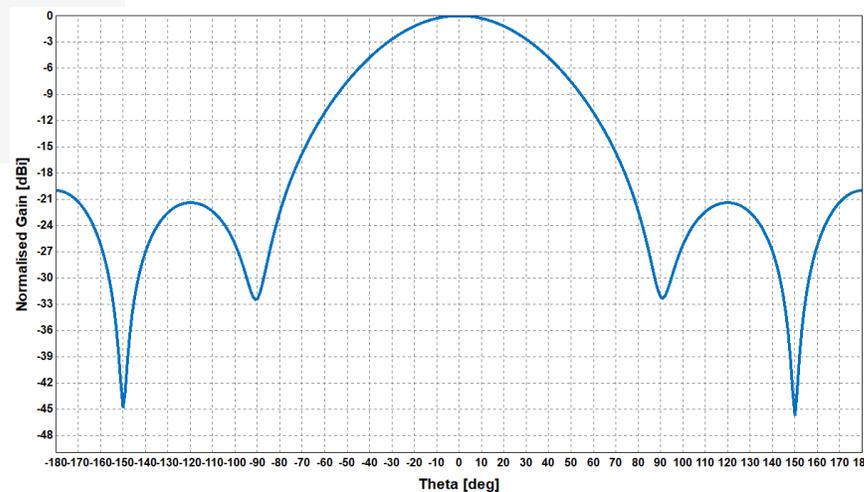
ATTIVITÀ 1: Modellazione antenna TX del radar BIRALES

PANNELLO WIDE

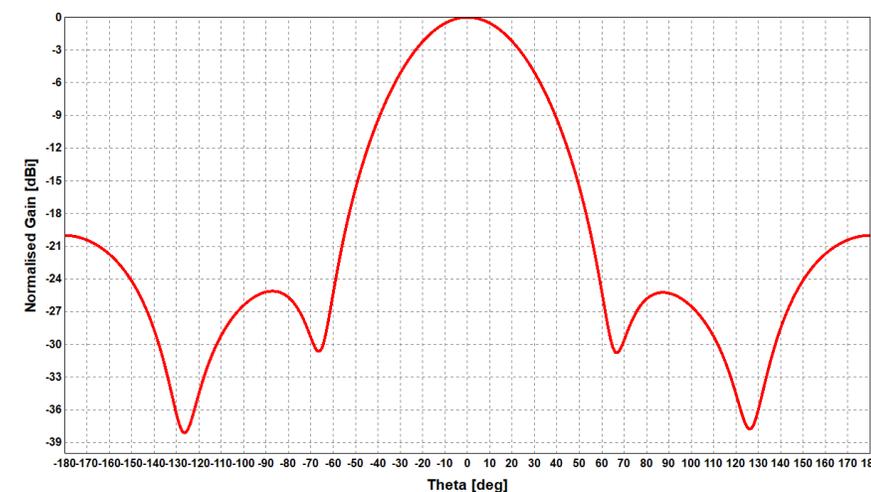
Il pannello *Wide* è stato modellato considerando due dipoli posizionati ad una distanza di $\lambda/2$ a 412.5 MHz tra loro e collegati ad un *ground plane* finito PEC di dimensioni 640 mm x 1440 mm.



PARAMETRO	VALORE
HPBW [°]	63.3 (H), 46.4 (V)
Guadagno (max) [dBi]	10.9



Piano Phi=0°



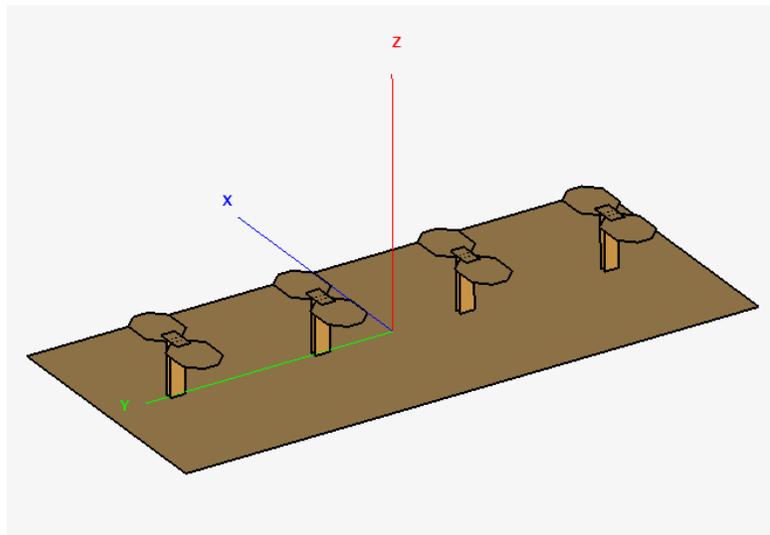
Piano Phi=90°



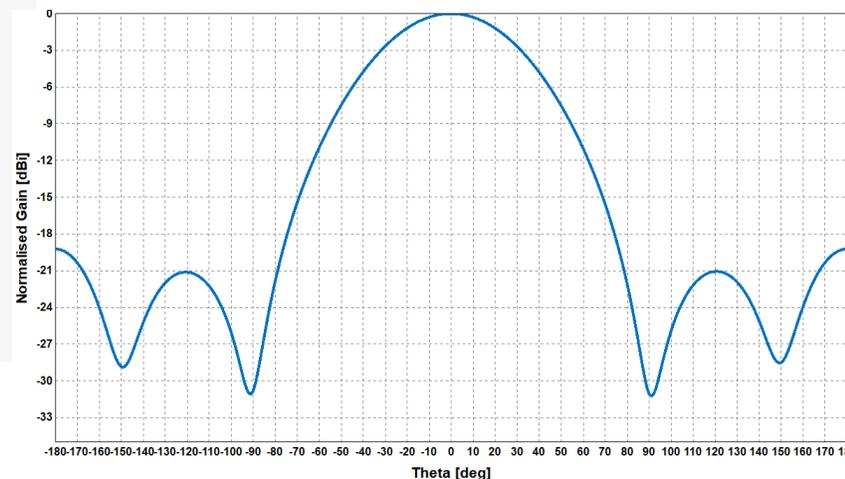
ATTIVITÀ 1: Modellazione antenna TX del radar BIRALES

PANNELLO NARROW

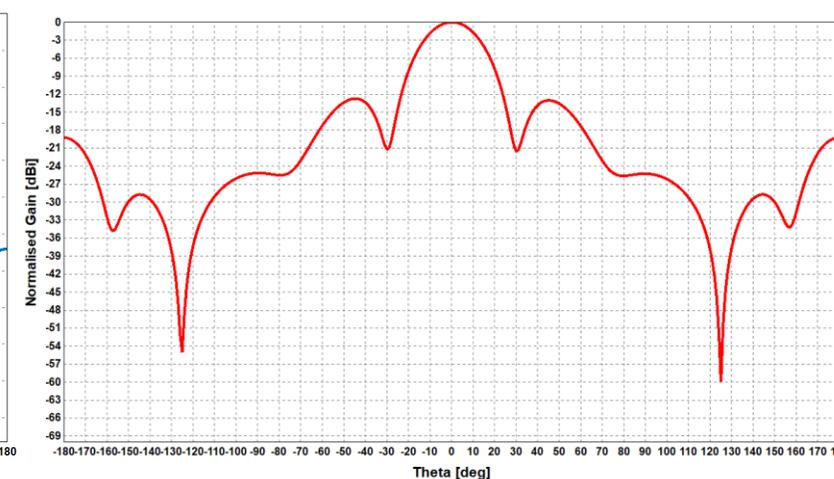
Il pannello *Wide* è stato modellato considerando due dipoli posizionati ad una distanza di $\lambda/2$ a 412.5 MHz tra loro e collegati ad un *ground plane* finito PEC di dimensioni 640 mm x 1440 mm.



PARAMETRO	VALORE
HPBW [°]	63.6 (H), 25.7 (V)
Guadagno (max) [dBi]	13.4



Piano Phi=0°

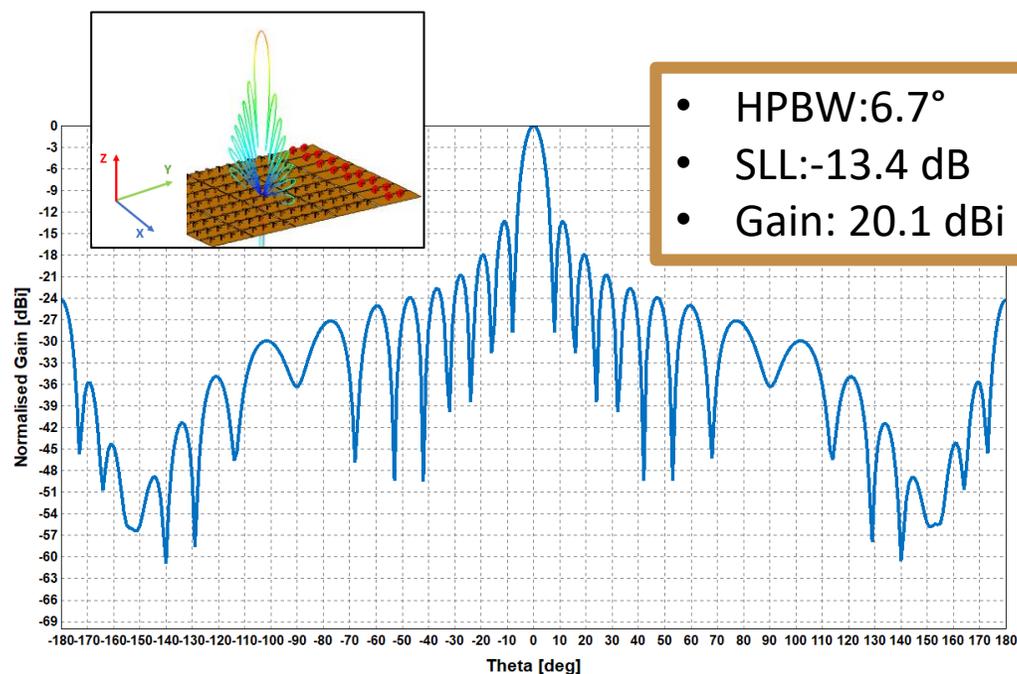


Piano Phi=90°

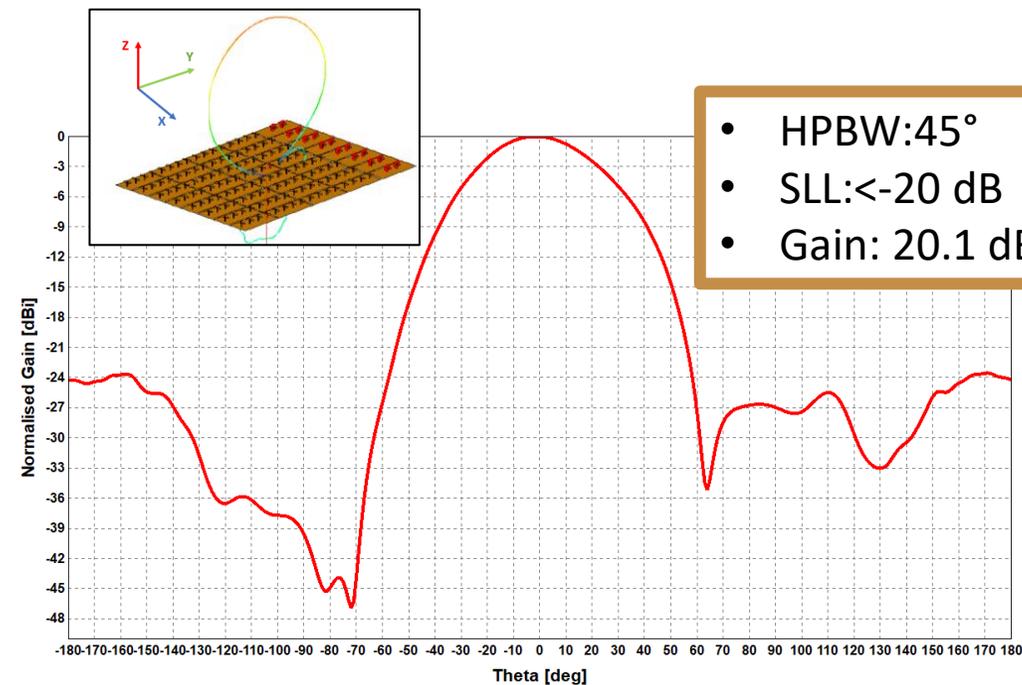
ATTIVITÀ 1: Diagramma di irradiazione in ambiente anecoico

Diagrammi di irradiazione in campo lontano dell'antenna trasmittente Biraless in configurazione *stand-alone*.

ANTENNA WIDE



Piano $\Phi=0^\circ$



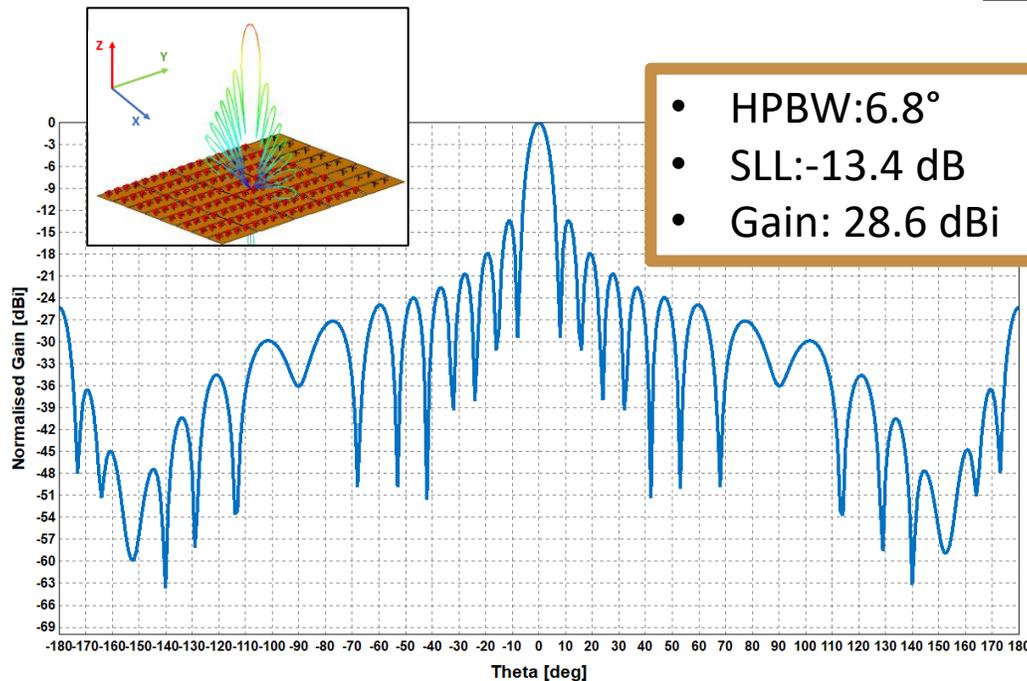
Piano $\Phi=90^\circ$



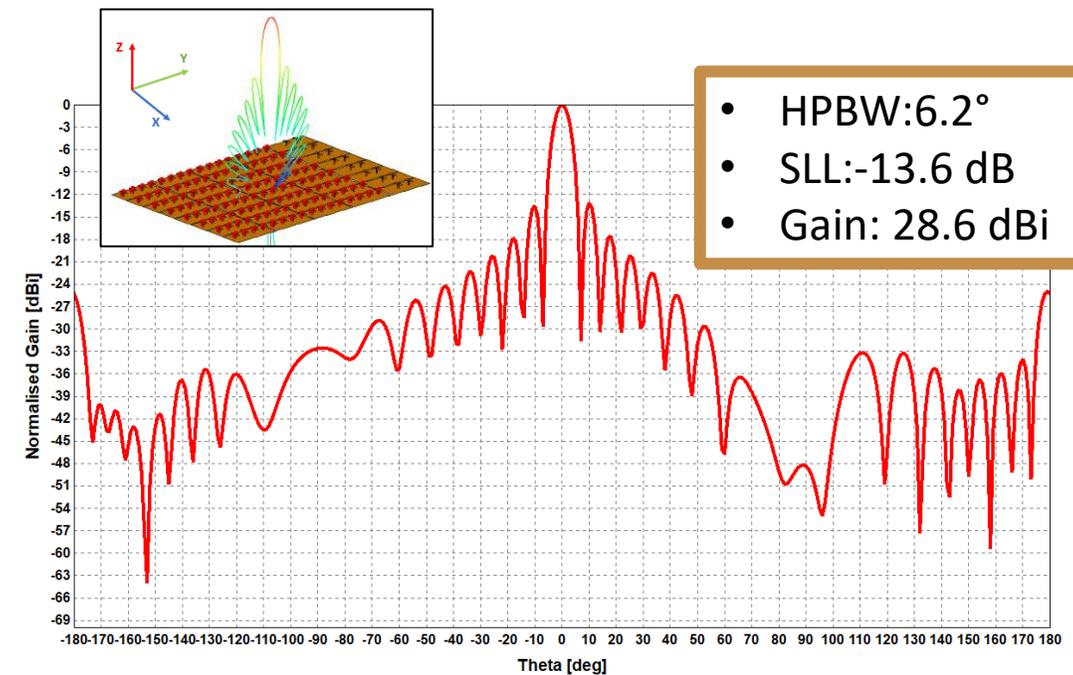
ATTIVITÀ 1: Diagramma di irradiazione in ambiente anecoico

Diagrammi di irradiazione in campo lontano dell'antenna trasmittente Biraless in configurazione *stand-alone*.

ANTENNA NARROW



Piano $\Phi=0^\circ$

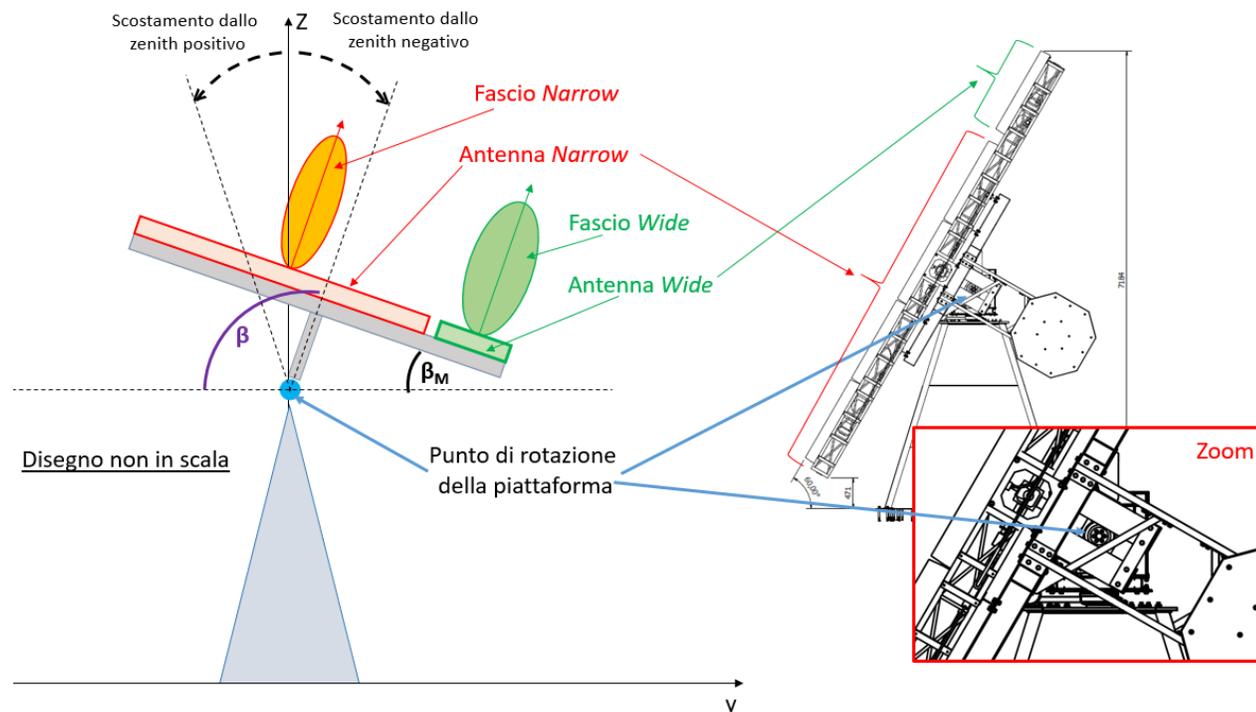


Piano $\Phi=90^\circ$

ATTIVITÀ 1: Valutazione del campo elettrico in zona di campo vicino

La struttura di movimentazione AZ-EL dell'antenna potenzialmente può ruotare in azimuth da 0° a 360° rispetto al Nord geografico e in elevazione da 30° a 150° rispetto all'orizzonte (elevazione meccanica massima).

Freq=412.5 MHz
Potenza=10kW





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

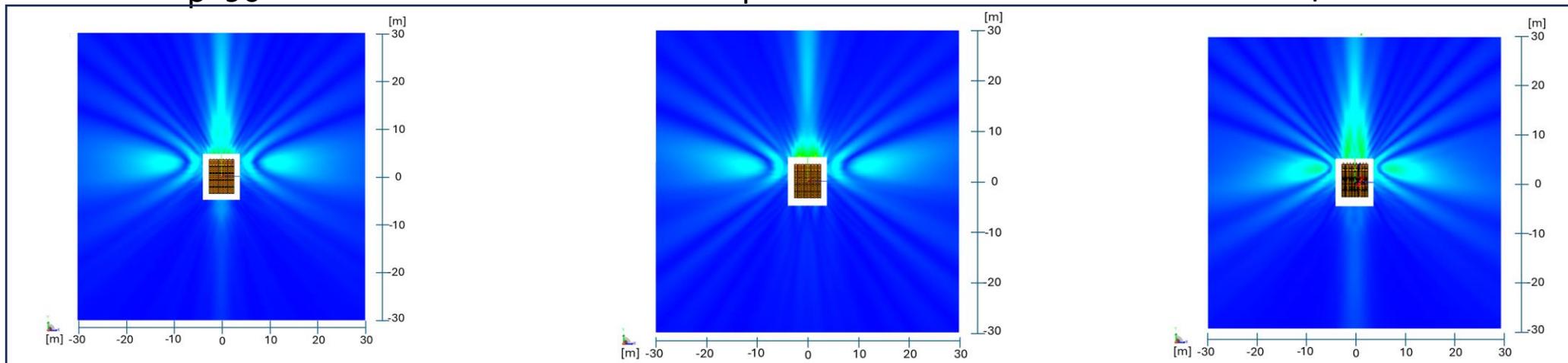
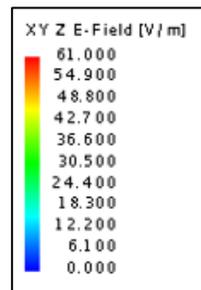
ATTIVITÀ 1: Puntamenti più utilizzati Wide

$\beta=90^\circ$

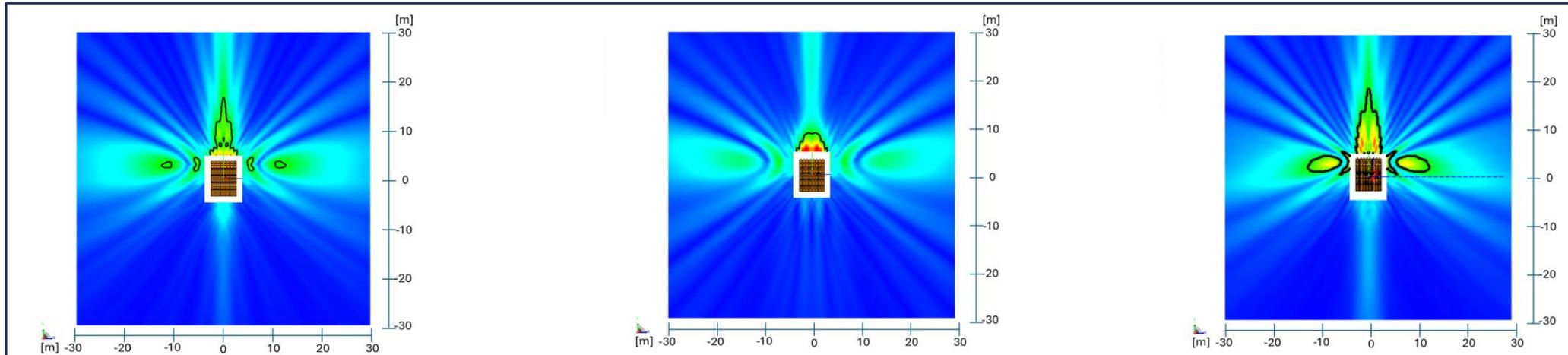
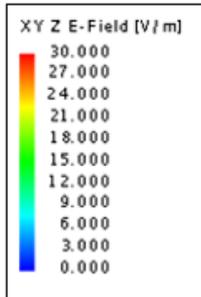
$\beta=70^\circ$

$\beta=110^\circ$

Lavoratori
Decreto lgs
n° 159



Popolazione
Gazzetta Uff
n° 303





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

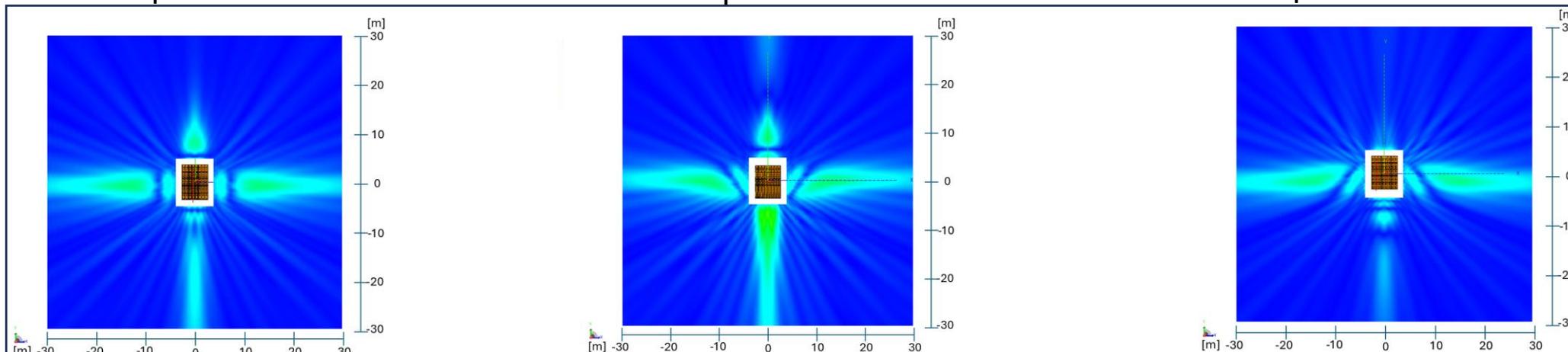
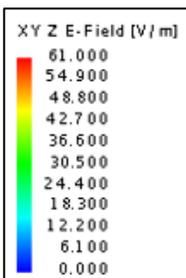
ATTIVITÀ 1: Puntamenti più utilizzati Narrow

$\beta=90^\circ$

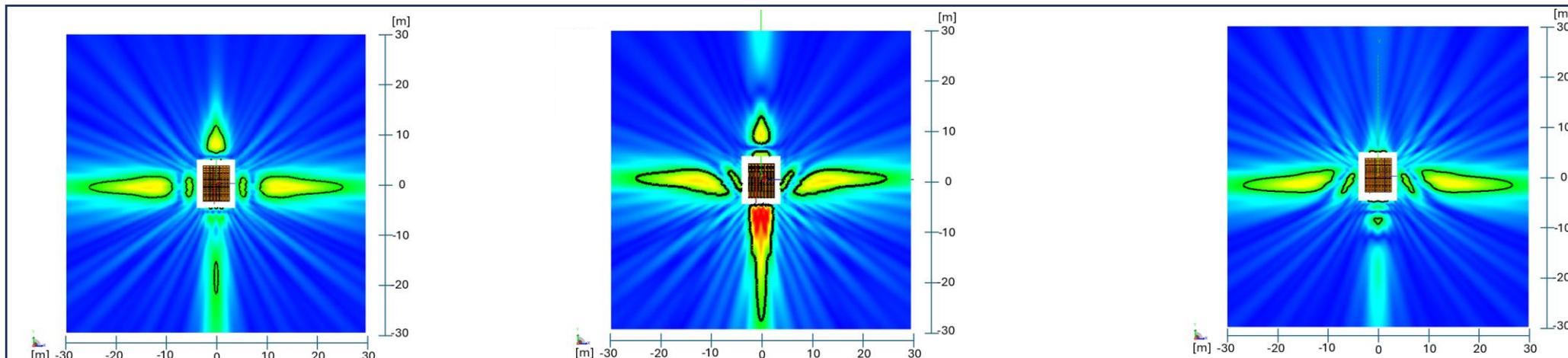
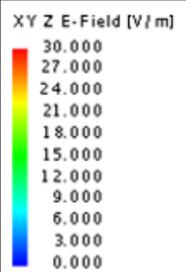
$\beta=70^\circ$

$\beta=110^\circ$

Lavoratori
Decreto IgsI
n° 159



Popolazione
Gazzetta Uff
n° 303

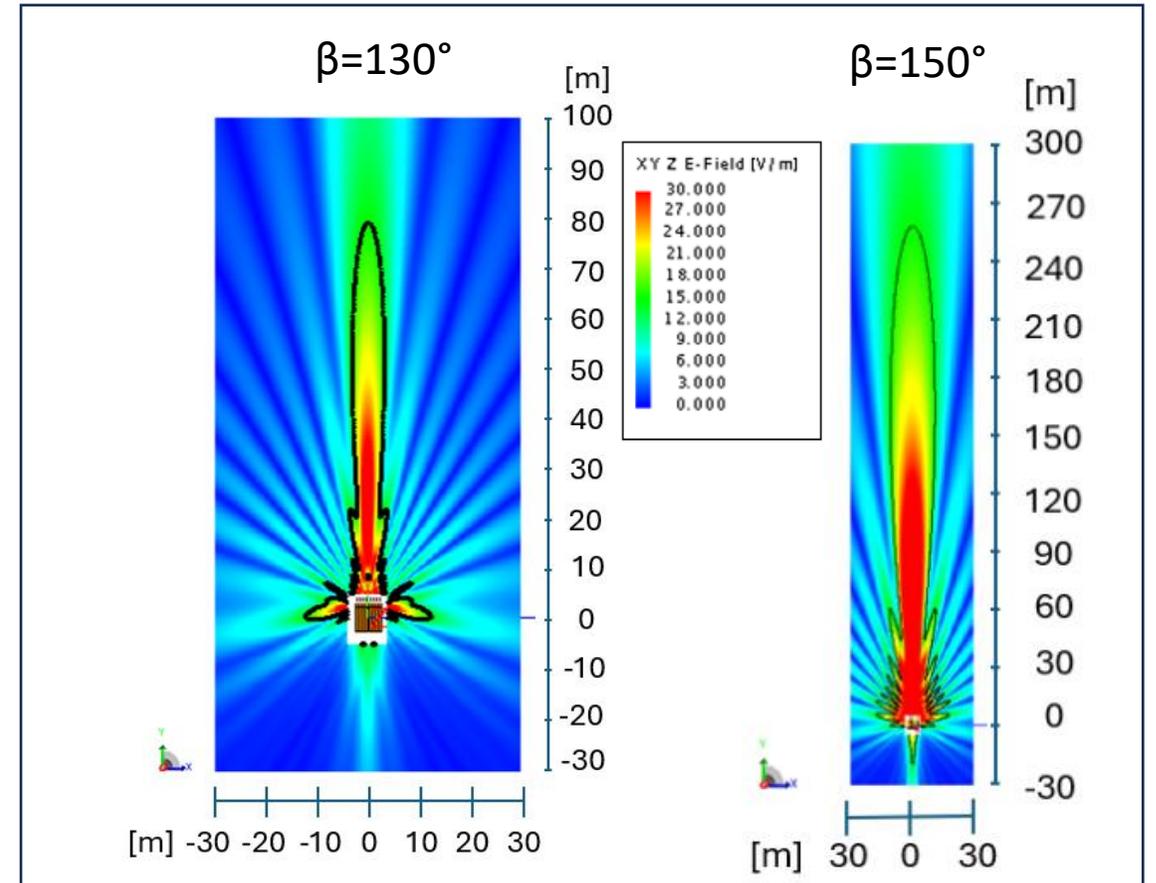
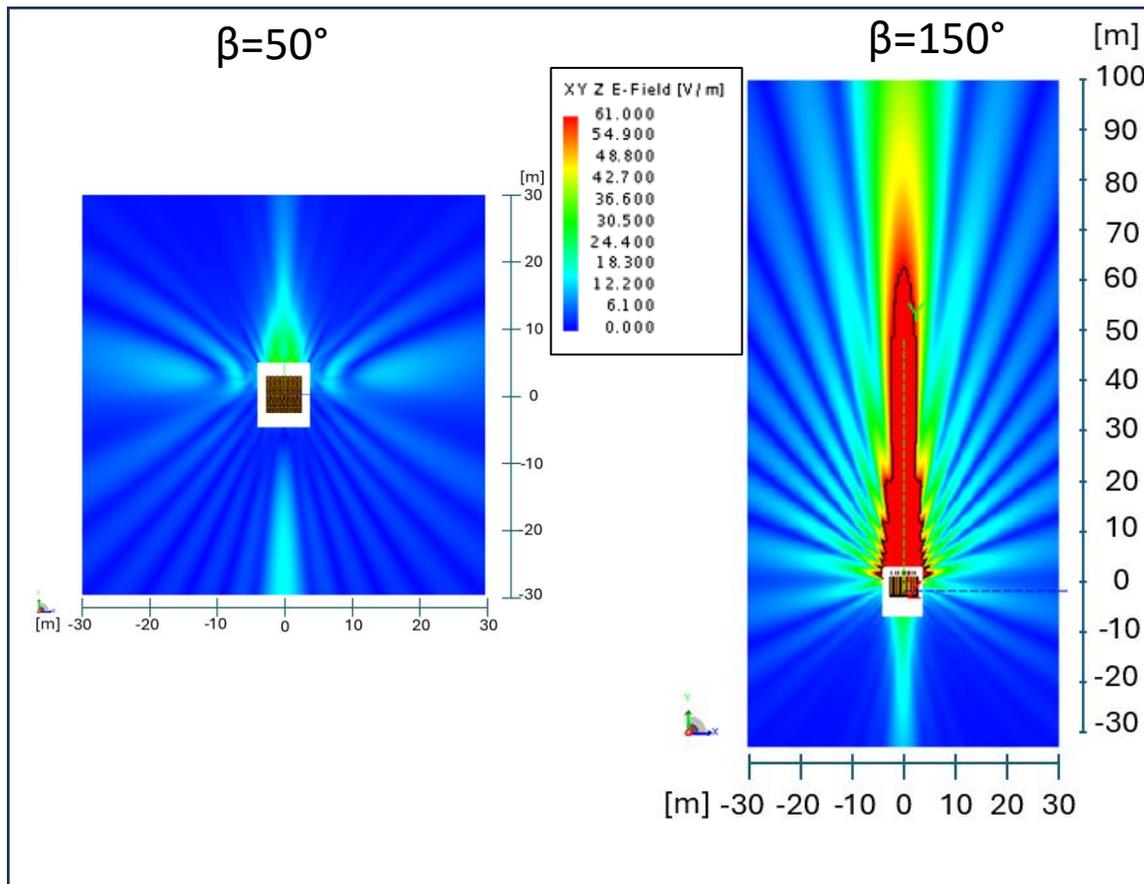




ATTIVITÀ 1: Puntamenti estremi Wide

Lavoratori Decreto Igsi n° 159

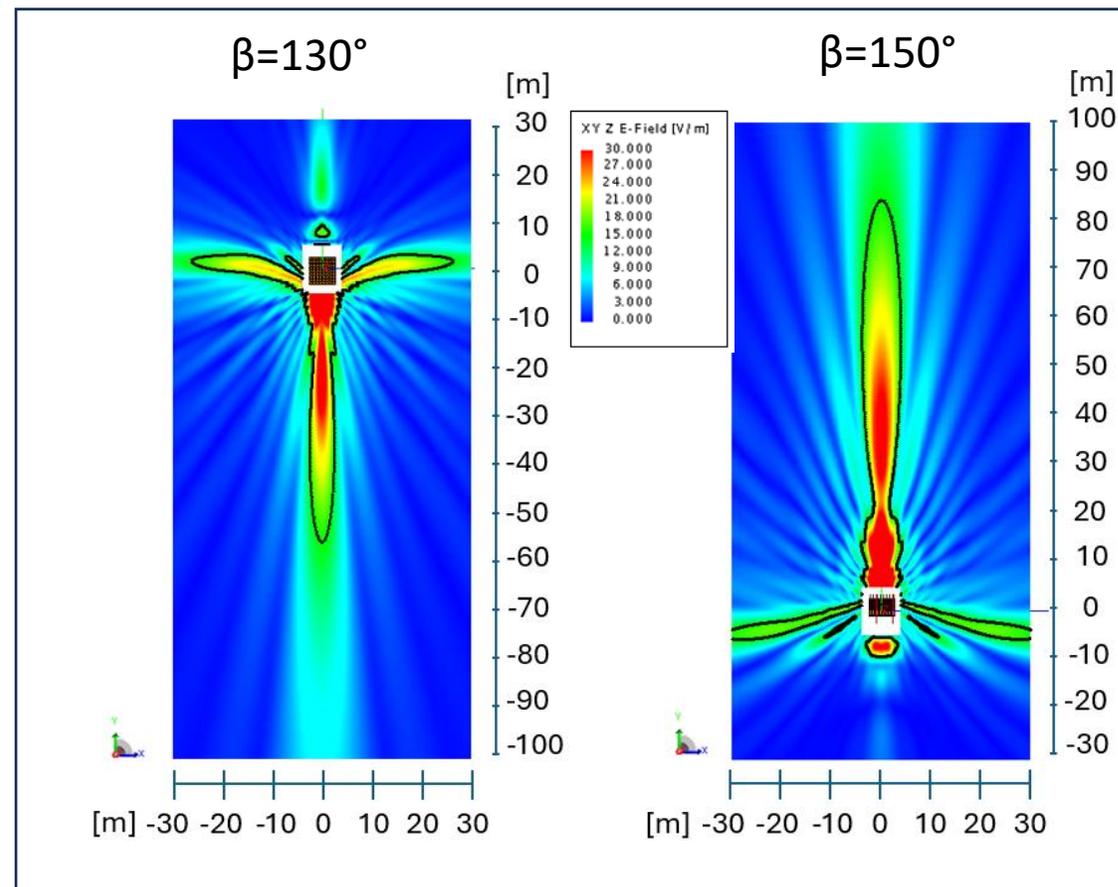
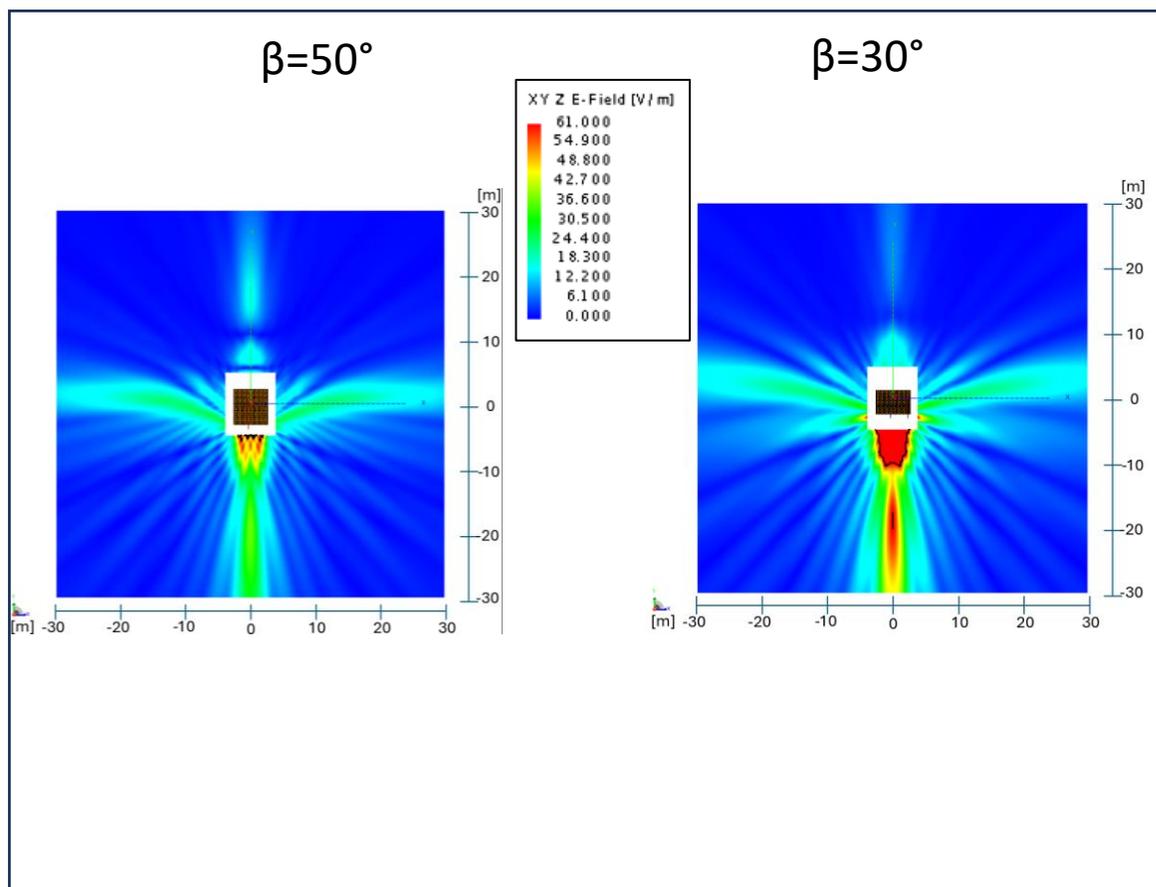
Popolazione Gazzetta Uff n° 303



ATTIVITÀ 1: Puntamenti estremi Narrow

Lavoratori Decreto Igsi n° 159

Popolazione Gazzetta Uff n° 303





ATTIVITÀ 1: Risultati

Per i **puntamenti più utilizzati** ($\pm 20^\circ$ attorno allo zenith):

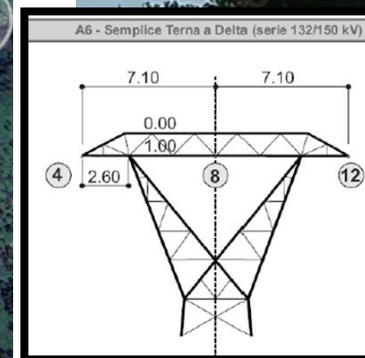
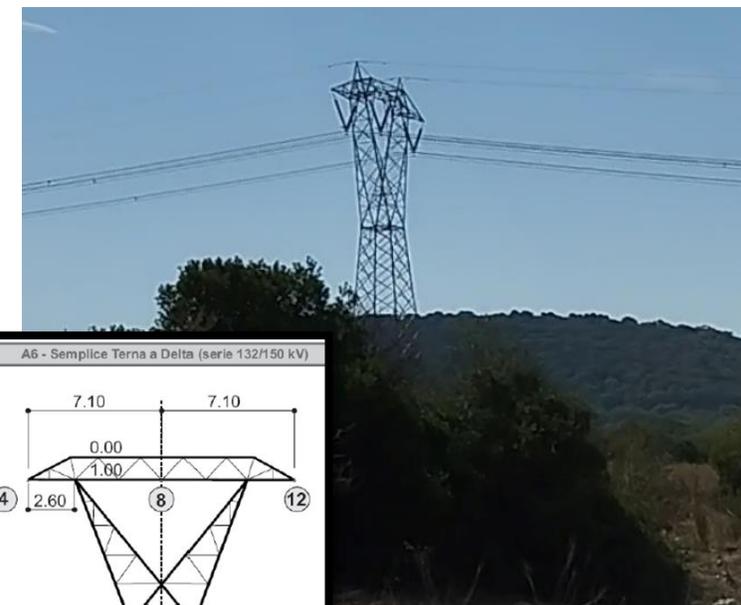
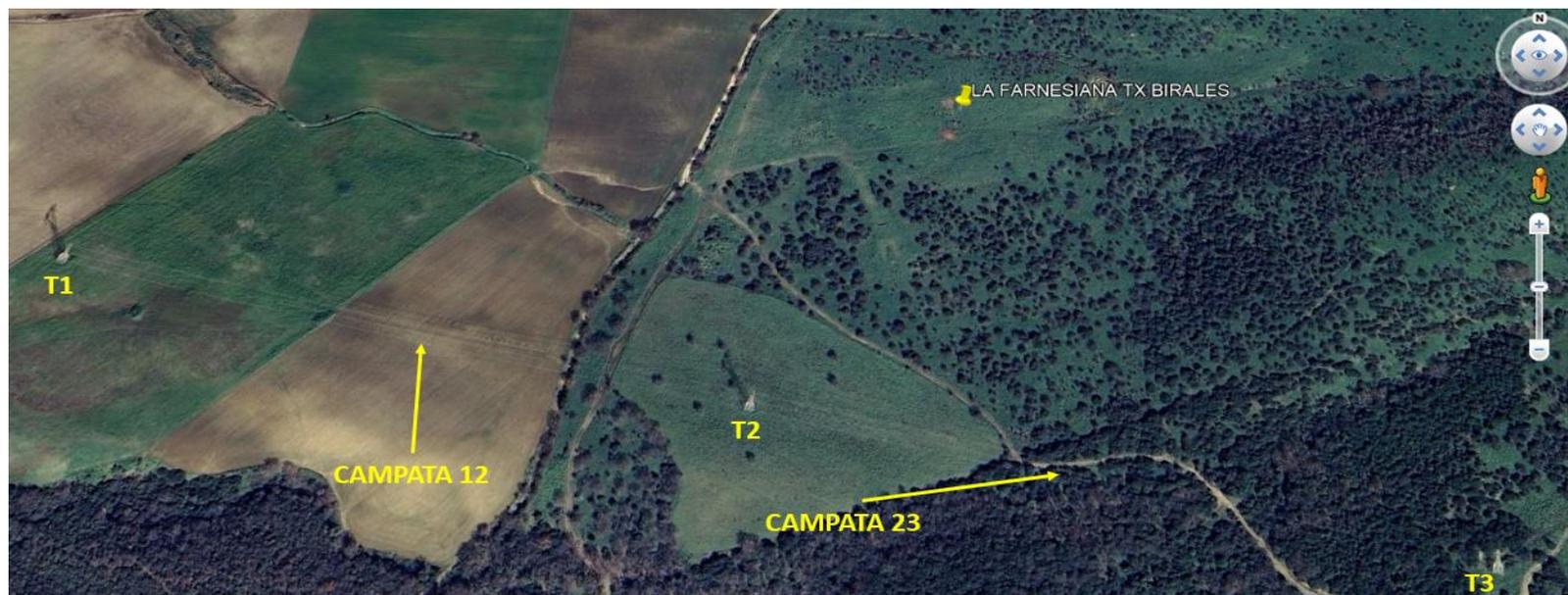
- Lavoratori: il limite di esposizione non è superato.
- Popolazione:
 - per l'antenna **Wide** la **zona di interdizione** è di $r \approx 20$ m.
 - per l'antenna **Narrow** la **zona di interdizione** è di $r \approx 30$ m.

Per i **puntamenti più estremi** ($\pm 40^\circ$ e $\pm 60^\circ$ attorno allo zenith):

- Lavoratori:
 - per l'antenna **Wide** per $\pm 40^\circ$ il limite di esposizione non è superato.
 - per l'antenna **Wide** per $\pm 60^\circ$ la **zona di interdizione** è di $r \approx 65$ m.
 - per l'antenna **Narrow** la **zona di interdizione** è di $r \approx 5$ m ($\pm 40^\circ$) e **15** m ($\pm 60^\circ$).
- Popolazione:
 - per l'antenna **Wide** la **zona di interdizione** è di $r \approx 80$ m ($\pm 40^\circ$) e **260** m ($\pm 60^\circ$)
 - per l'antenna **Narrow** la **zona di interdizione** è di $r \approx 55$ m ($\pm 40^\circ$) e **85** m ($\pm 60^\circ$).

ATTIVITÀ 2: Analisi nel sito operativo

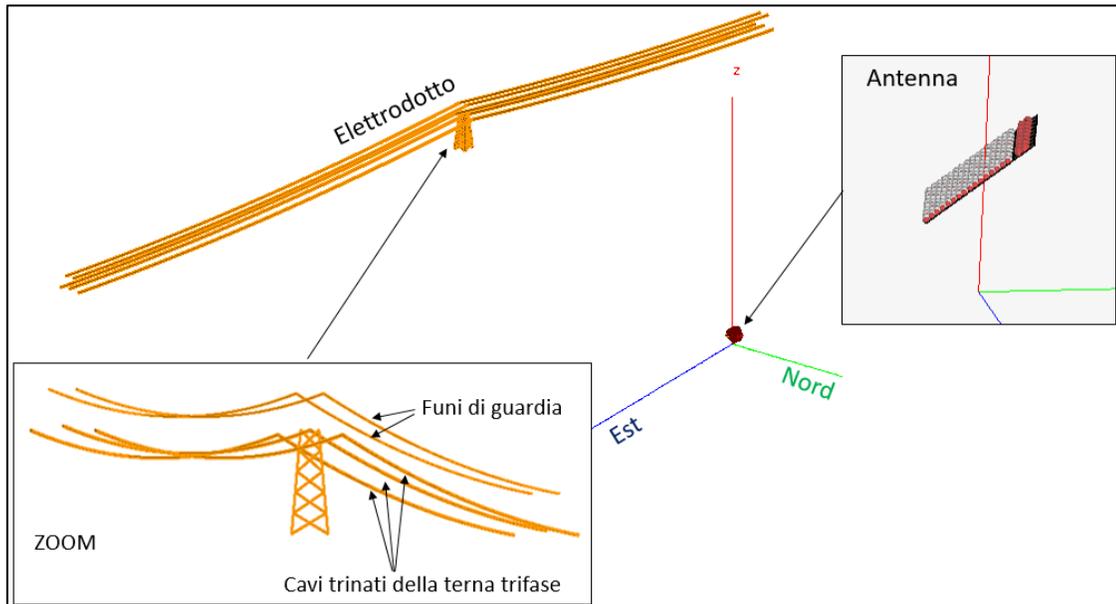
Lo scopo è stato quello di analizzare, mediante simulazione elettromagnetica, il diagramma di irradiazione dell'antenna trasmittente del radar Birales nel sito operativo e i livelli del campo elettrico, in *zona di campo vicino*, ai fini della valutazione dell'esposizione del personale lavoratore (problematica *HERP*) e della popolazione.



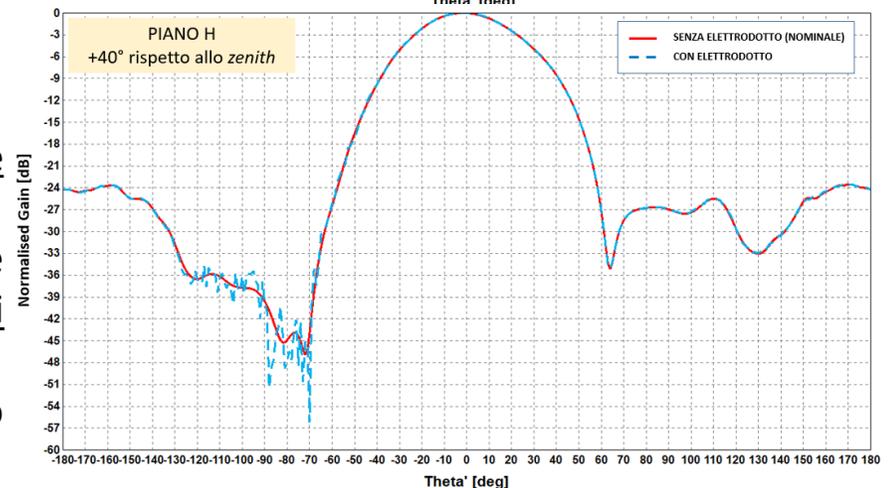
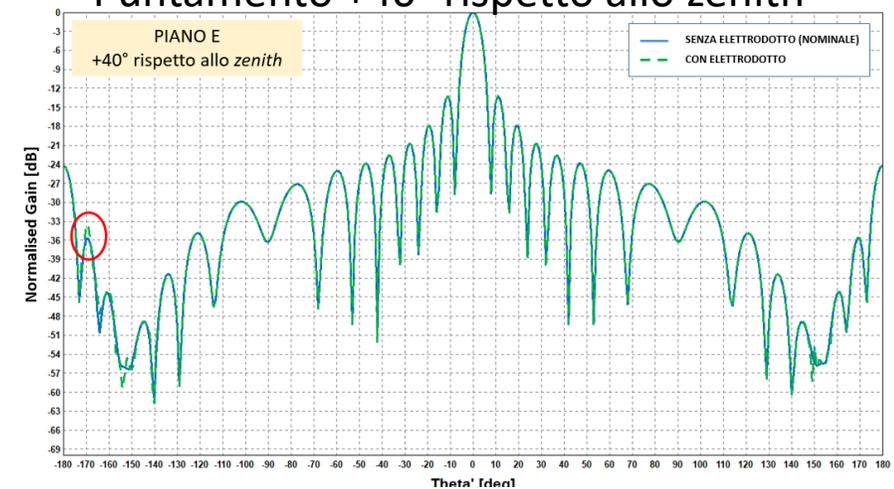
L'attenzione è stata rivolta all'effetto dell'elettrodotto essendo questo l'unico ostacolo presente nelle vicinanze dell'antenna.



ATTIVITÀ 2: Diagramma di irradiazione nel sito operativo



Puntamento +40° rispetto allo zenith



• **Antenna Narrow:** non è influenzata dallo scattering delle strutture metalliche dell'elettrodotto;

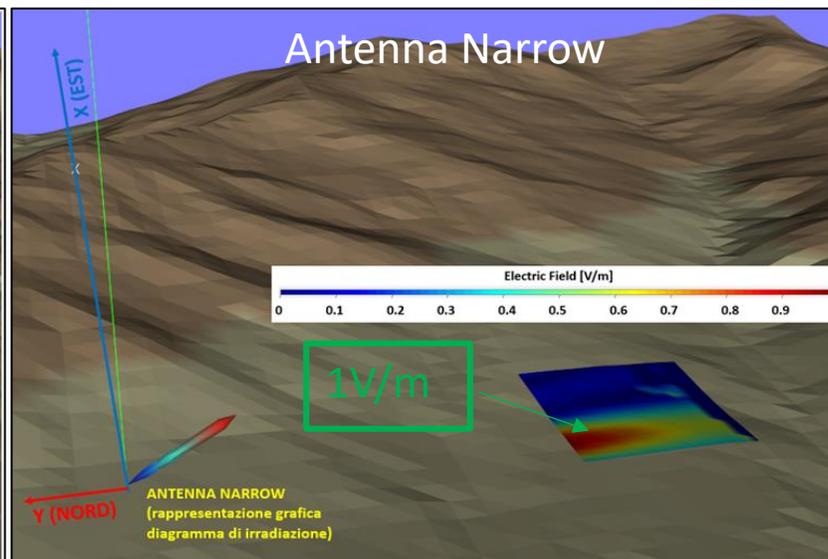
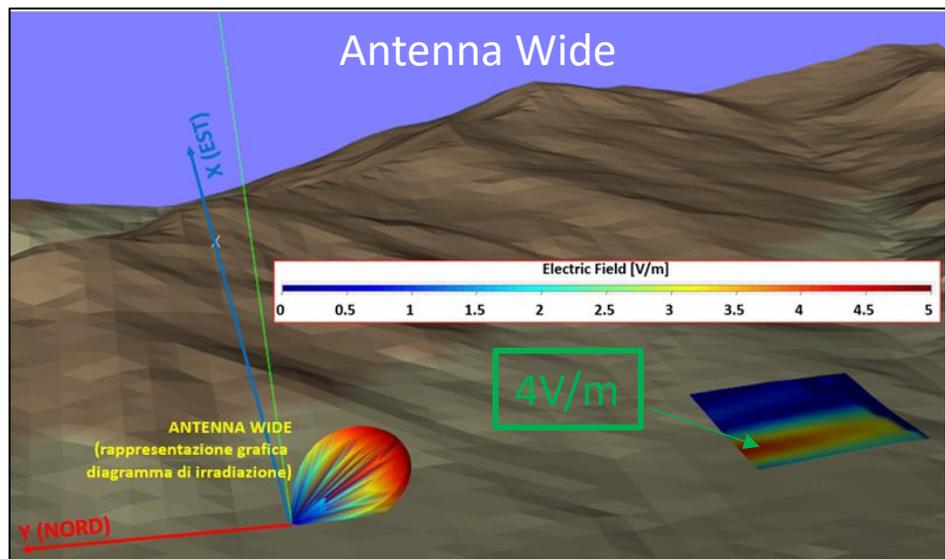
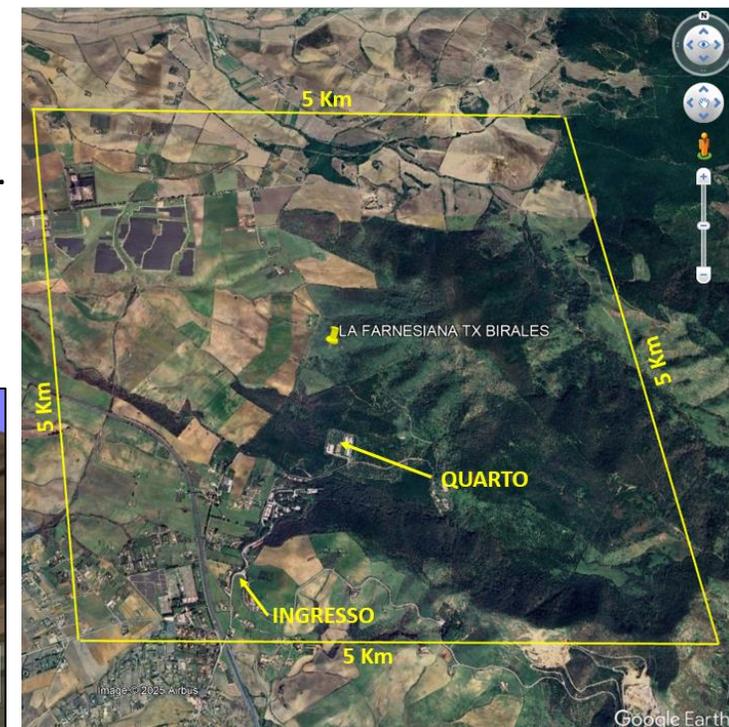
• **Antenna Wide:** il diagramma di irradiazione sul piano E (stretto) risulta sostanzialmente inalterato; il diagramma di irradiazione sul piano H (largo) presenta delle alterazioni sui lobi laterali per il puntamento di 40° rispetto allo zenith.

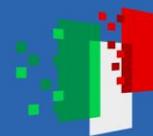
Tuttavia tali alterazioni risultano inferiori ai 30 dB rispetto al massimo e pertanto risultano trascurabili.

ATTIVITÀ 2: Valutazione del campo elettrico nel sito operativo ai fini HERP

Per lo studio del campo elettrico nel sito operativo:

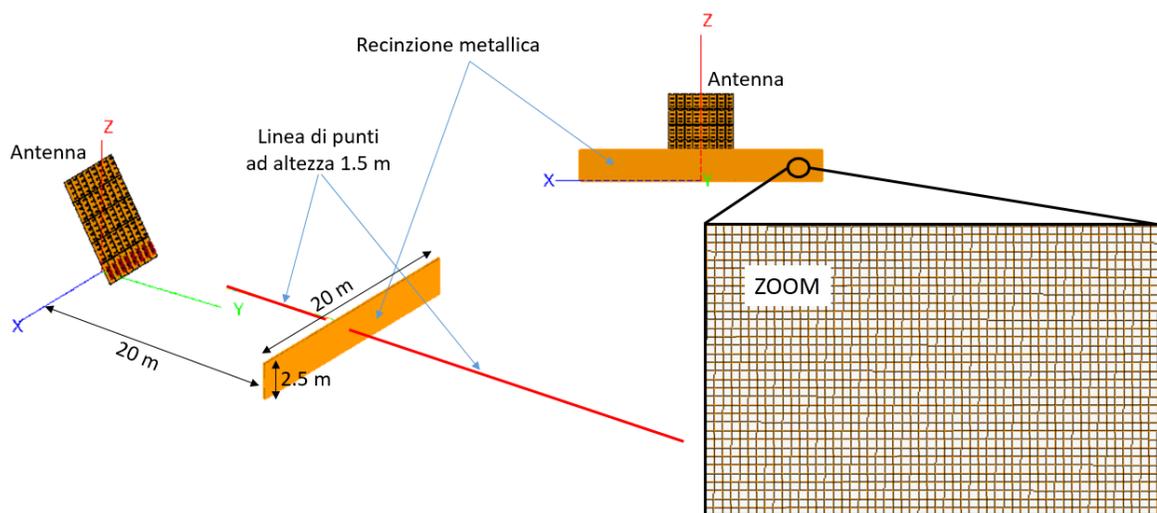
- è stato implementato lo scenario mediante **l'importazione dell'orografia**.
 - implementato un **modello sintetico dell'antenna** basato su una *Equivalent Near Field Source*.
 - è stata costruita una **griglia di osservazione** per la valutazione del campo elettrico ad altezza uomo.
- Le antenne Wide e Narrow sono state rivolte verso Sud con il puntamento di 60° rispetto allo zenith
- Per i lavoratori il valore limite di riferimento a 412.5 MHz di 61 V/m.
 - Per la popolazione il valore limite per il campo elettrico è di 15 V/m.





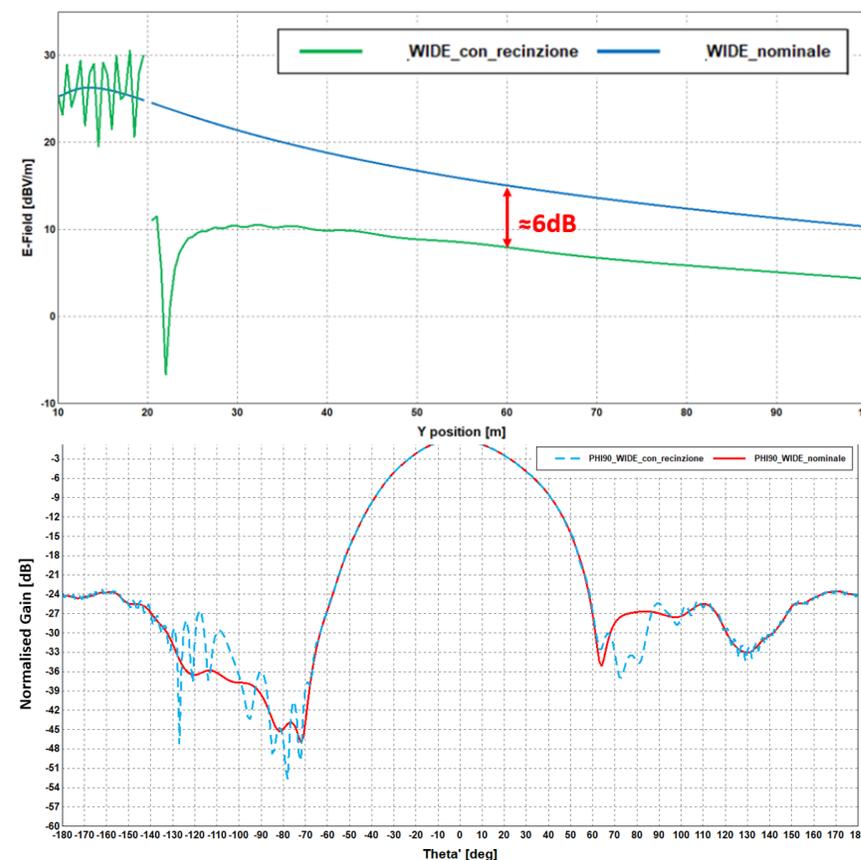
ATTIVITÀ 2: Analisi effetto recinzione metallica

Per ridurre i valori di C.E. nei dintorni dell'antenna BIRALES è stato analizzato l'effetto schermante di una recinzione metallica.



- Per la distanza fra l'antenna e la recinzione: valori massimi di C.E. possono risultare superiori a quelli del caso di assenza di recinzione.
- Per le distanze oltre la recinzione: C.E. attenuato di circa 6 dB rispetto al caso senza recinzione.
- Sul piano H si hanno alterazioni sui lobi laterali ma il fascio principale non viene perturbato.

Puntamento +20°





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ATTIVITÀ 3: Analisi RADHAZ

Lo scopo è quello di valutare, mediante simulazione elettromagnetica, i livelli del campo elettromagnetico generati dall'antenna trasmittente del radar Birales nel sito operativo ai fini della verifica dei RADHAZ (*Electromagnetic Radiation Hazards*) cioè attraverso il calcolo del campo elettrico, prodotto da una sorgente (antenna tx), che incide su una vittima.

HERO

(*Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance*):
relativo ai sistema d'arma o ad un'area adibita al
transito o allo stoccaggio di munizioni.
- MIL-STD-464D

HERE

(*Hazards of Electromagnetic Radiation to Equipment*):
relativo agli apparati elettrici ed elettronici.
-MIL-STD-461G , IEC 61000-6 , EN ISO 11452-2, EN 61000-4-3

WORK IN PROGRESS...

HERF

(*Hazards of Electromagnetic Radiation to Fuel*):
relativo a liquidi infiammabili e a carburanti
- MIL-STD-464D e NAVSEA OP 3565

HIRF

(*High Intensity Radiated Field*):
relativo ad aerei, droni, elicotteri ecc.
- **Regolamento (CE) N. 216/2008** del
Parlamento Europeo e del Consiglio del 20
Febbraio 2008.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



CONCLUSIONI

- Sono stati valutati i **diagrammi di irradiazione** delle due antenne nella situazione realistica di una antenna in presenza dell'altra; questa analisi ha sostanzialmente confermato i valori dei parametri radiativi caratteristici.
- Sono stati valutati i **livelli di campo elettrico**, in zona di campo vicino all'antenna, determinando le **zone di interdizione preliminari per i lavoratori e per la popolazione**: si suggerisce di dotare l'antenna di un sistema automatico di spegnimento in corrispondenza degli angoli di elevazione più bassi.
- Sono stati valutati i **diagrammi di irradiazione** delle antenne **nel sito operativo**: l'unico ostacolo presente nel sito rappresentato da un **elettrodotto** dell'alta tensione, non ne altera sostanzialmente le caratteristiche rispetto a quelle dei diagrammi dell'antenna *standalone*.
- I **livelli di campo elettrico** nei pressi del "Quarto", il caseggiato militare più vicino all'antenna, sono risultati **inferiori** di 15 volte e di 4 volte rispetto ai **valori limite** per il personale lavoratore e della popolazione rispettivamente
- E' stato analizzato l'**effetto di attenuazione sui livelli di campo elettrico** di una **recinzione metallica** che può essere sfruttato per ridurre l'estensione delle aree di interdizione: : l'effetto della recinzione è complessivamente **trascurabile**.
- In autunno sarà condotta una **campagna di misura** presso il sito in cui verrà installata l'antenna tx del radar Birales (attività 4).



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!