

Considerazioni aggiuntive
sullo studio delle prestazioni
EM dell'antenna parabolica
di Medicina ed analisi dei
fenomeni di bloccaggio.

M.Poloni¹, P. Bolli¹, A. Orfei¹

Rapporto Interno IRA 364/04

¹ Istituto di Radioastronomia – INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica) – Via Gobetti, 101 – 40129 – Bologna.

INDICE

1. Introduzione: dalla student edition alla versione completa.
2. Considerazioni aggiuntive sulla struttura geometrica dell'antenna.
 - 2.1- Ipotesi di NULL FIELD: Le Modificazioni sul Pattern d'Antenna.
 - 2.2- Analisi Rigorosa: Le Modificazioni sul Pattern d'Antenna.
 - 2.3- Commento agli Effetti di Bloccaggio
3. Gli struts.
 - 3.1- Geometria degli struts.
 - 3.2- Effetti sul pattern d'antenna: Cenni Teorici.
4. Determinazione command list completa.
 - 4.1- Descrizione dei comandi
 - 4.2- Come considerare gli struts.
5. Presentazione dei risultati.
 - 5.1- Considerazioni iniziali sulle simulazioni.
 - 5.2- Feed e sub riflettore allineati sull'asse focale.
 - 5.3- Spostamento del Feed
 - 5.3.1 – Feed riposizionato, non tiltato e sub riflettore non tiltato.
 - 5.3.2 – Feed riposizionato, tiltato e sub riflettore non tiltato.
 - 5.3.3 – Feed riposizionato, tiltato e sub riflettore tiltato (Progetto “Nuova Vertex Room”).
 - 5.4- Rotazioni Relative tra Feed e Sub Riflettore.
6. Conclusioni

References

Appendice 1: Breve descrizione del software.

Appendice 2: Wide Angle Sidelobes.

1- INTRODUZIONE: DALLA STUDENT EDITION ALLA VERSIONE COMPLETA.

Il seguente documento rappresenta il completamento di un precedente lavoro descritto nel rapporto interno IRA 347/03 [1] nel quale vengono presentate alcune considerazioni in merito alle prestazioni EM dell'antenna di Medicina in funzione della posizione di montaggio del feed in fuoco Cassegrain. Tutto è basato sul progetto “*Nuova Vertex Room*” secondo il quale i ricevitori, a diversa frequenza, verranno montati “contemporaneamente” in 8 nuove posizioni di fuoco secondario. A seconda del ricevitore che si vorrà utilizzare, lo specchio secondario (sub riflettore) sarà opportunamente ruotato. E' da tenere presente che le simulazioni effettuate nel presente lavoro, al momento, riguardano il solo ricevitore che lavora alla frequenza di 5.05GHz (frequenza centrale della banda 4.3-5.8GHz). Un procedimento del tutto analogo potrà essere effettuato per gli altri ricevitori che saranno montati nella nuova struttura (6.7GHz, 9GHz, 12GHz, 16.9GHz, 23.25GHz, 31GHz e 41.5GHz)[1].

Inoltre, non verranno effettuate considerazioni elettromagnetiche sui ricevitori poiché si terranno in debita considerazione gli elementi descritti in [1] in particolare per quello che riguarda il diagramma di irradiazione del feed. Si considererà, infatti, un andamento di tipo “gaussiano” e non “noto per punti”.

Il precedente lavoro è tuttavia limitato dalla versione del software GRASP8¹ utilizzata per le simulazioni. La “student edition” ha come limite principale quello di non poter analizzare il comportamento dell'antenna in tutti i suoi aspetti. In particolare, il contributo che non è stato possibile inserire nell'analisi precedentemente svolta è quello relativo alla struttura del quadrupode (struts). Sia quest'ultimo sia il sub riflettore risultano, infatti, essere elementi bloccanti in grado di alterare il diagramma di irradiazione. Ne consegue che la propagazione dei raggi è ostacolata da elementi strutturali dell'antenna. Con la versione “completa” del software è stato così possibile considerare l'effetto di tali elementi potendone osservare le relative implicazioni.

Tuttavia, la difficoltà principale è stata l'individuazione della giusta procedura di analisi da inserire nel simulatore al fine di tenere nella dovuta considerazione tutti gli effetti di “bloccaggio” (sub riflettore e struts).

2 - CONSIDERAZIONI AGGIUNTIVE SULLA STRUTTURA GEOMETRICA DELL'ANTENNA: IL BLOCCAGGIO.

Entrando nel vivo del presente lavoro, si comincia con l'effettuare una considerazione aggiuntiva sulla geometria dell'antenna, con particolare riferimento allo specchio primario. Per quanto riguarda il resto, la sua descrizione completa rimane inalterata ([1]).

Dal manuale di GRASP8 ([2], pag. 311-315), per stimare l'effetto di bloccaggio dello specchio secondario, è necessario considerare un “foro centrale” sulla superficie del riflettore primario. Utilizzando questo accorgimento, il software annulla le correnti superficiali indotte¹ nella regione dello specchio primario corrispondente all'ombra ottica del sub riflettore. Ciò equivale ad imporre una discontinuità delle correnti nella regione in esame. Tale assunzione prende il nome di “*Ipotesi NULL-FIELD*”. Occorre precisare che quest'approccio, è preciso quando viene richiesta la valutazione accurata della diminuzione del guadagno nella direzione di boresight, viceversa è meno accurato nella valutazione dell'ampiezza dei primi lobi laterali [2].

Qualora si richiedesse una stima più accurata di ciò che avviene nella regione dei “wideangle sidelobes”² occorre seguire un approccio più rigoroso. Il nuovo approccio consiste nell'utilizzare le correnti indotte sul riflettore primario per generare un *nuovo set di correnti* sul riflettore secondario. In base a queste, si calcola un ulteriore campo che sarà poi aggiunto al campo totale generato dalle correnti di primario.

¹ In Appendice 1 viene presentata una breve descrizione del simulatore GRASP8.

² Vedi Appendice 2

Da segnalare che le due metodologie comportano pesi computazionali differenti; infatti, l'ipotesi Null Field è sicuramente meno pesante dal punto di vista del calcolo. Le ragioni verranno spiegate nei paragrafi successivi.

L'applicazione di queste considerazioni sugli effetti di bloccaggio, comporta modifiche alla struttura geometrica dell'antenna. Le Fig.1a e Fig.1b mostrano l'antenna "con e senza center hole".

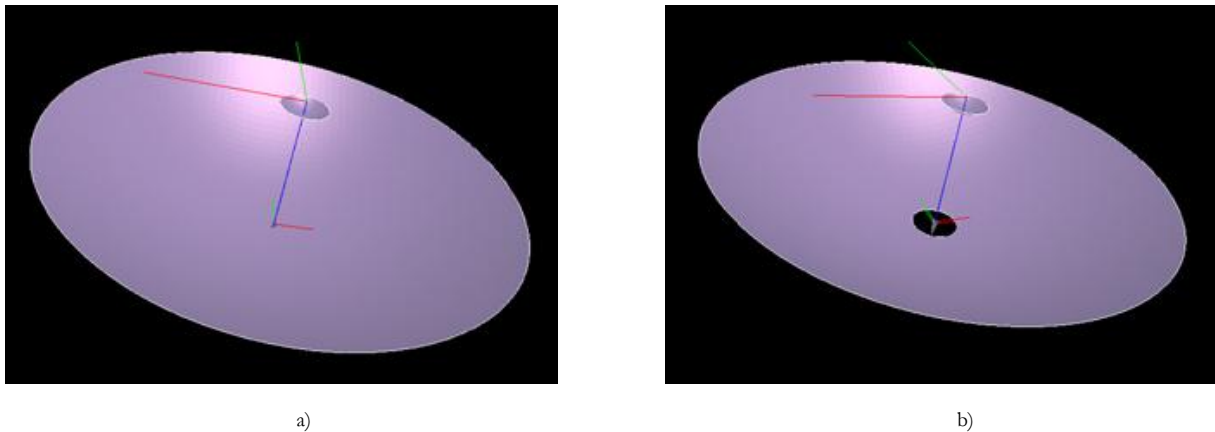


Fig.1: a) Riflettore primario senza "Center Hole". b) Riflettore primario con "Center Hole".

Nei paragrafi successivi saranno presi in considerazione gli effetti di bloccaggio introdotti dalla struttura di sostegno del sub riflettore stesso.

2.1 - Ipotesi Di NULL-FIELD: Le Modificazioni Sul Pattern Di Antenna³.

Una prima stima degli effetti di bloccaggio da parte del solo specchio secondario avviene introducendo un foro centrale nello specchio primario. Il risultato delle simulazioni è osservabile in Fig.2. Il foro, nel caso dell'antenna di Medicina ha raggio di 1,7272m.

I dati ottenuti confermano tutte le considerazioni reperibili in bibliografia. Infatti, come si nota dalla Fig.3a, è possibile osservare una riduzione del lobo principale; si passa, infatti, da un valore di 63.48dBi (in situazione di "non bloccaggio") ad un valore di 63.32dBi⁴ (bloccaggio con l'Ipotesi "NULL FIELD").

Oltre a questa perdita nel guadagno d'antenna (0.16dBi), si può riscontrare un notevole cambiamento sia nel livello sia nell'andamento dei lobi secondari (Fig.2 e Fig.3b). Ad ogni modo, nella situazione peggiore, i lobi secondari più alti si trovano a circa -26dB e -23dB sotto il livello del lobo principale rispettivamente nel caso di assenza e con il bloccaggio.

Quanto appena descritto è meglio osservabile nelle successive figure (Fig.3a e Fig.3b) dove sono evidenziati rispettivamente gli effetti di bloccaggio in termini di guadagno e nel pattern secondario.

³ Tutte le simulazioni sono state eseguite con il metodo delle correnti di PO (Physical Optic)..Un metodo alternativo è quello di utilizzare la PO per il riflettore primario e la GTD (Geometrical Theory of Diffraction) per il secondario. Ciò consente un risparmio nel tempo di calcolo.

⁴ I valori di guadagno e di campo forniti da Grasp sono normalizzati rispetto ad una potenza totale radiata pari a 4*PI_GRECO; tali valori vengono di conseguenza espressi in dBi

Come si vedrà nei paragrafi successivi, il software svolge la simulazione eseguendo una opportuna serie di comandi. Pertanto, anche i risultati appena presentati necessitano di qualche considerazione a questo proposito. Si rimanda al Capitolo 4 per la loro discussione.

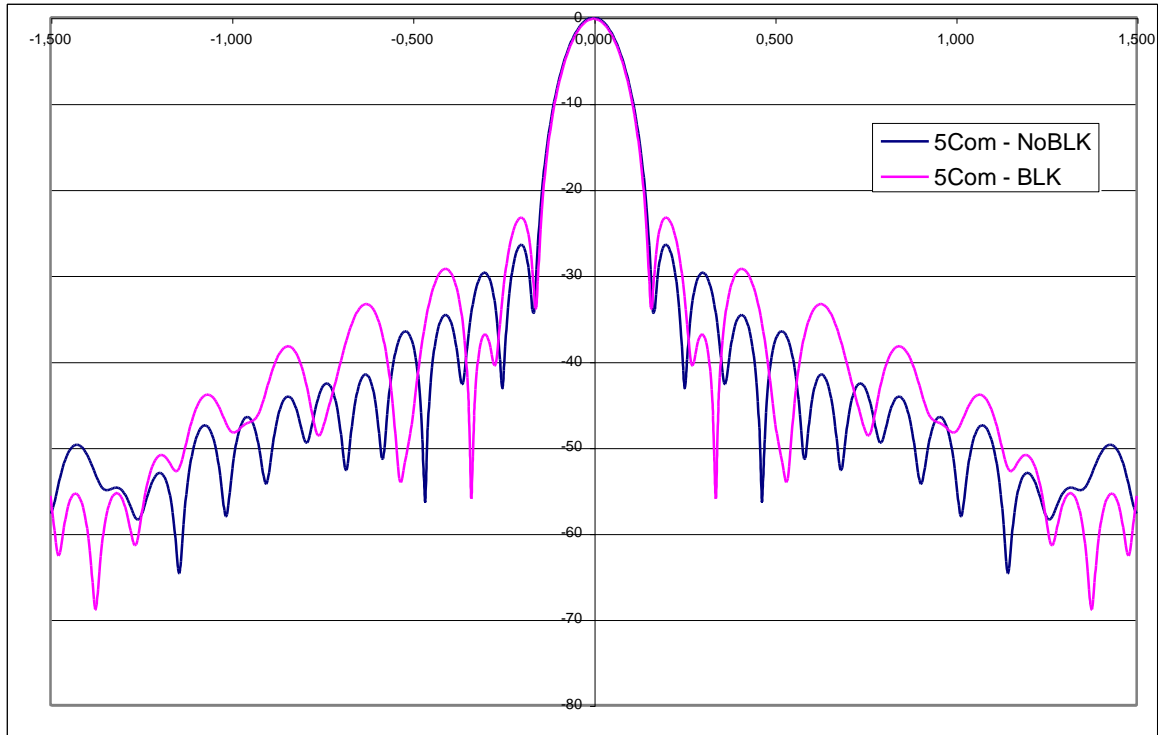
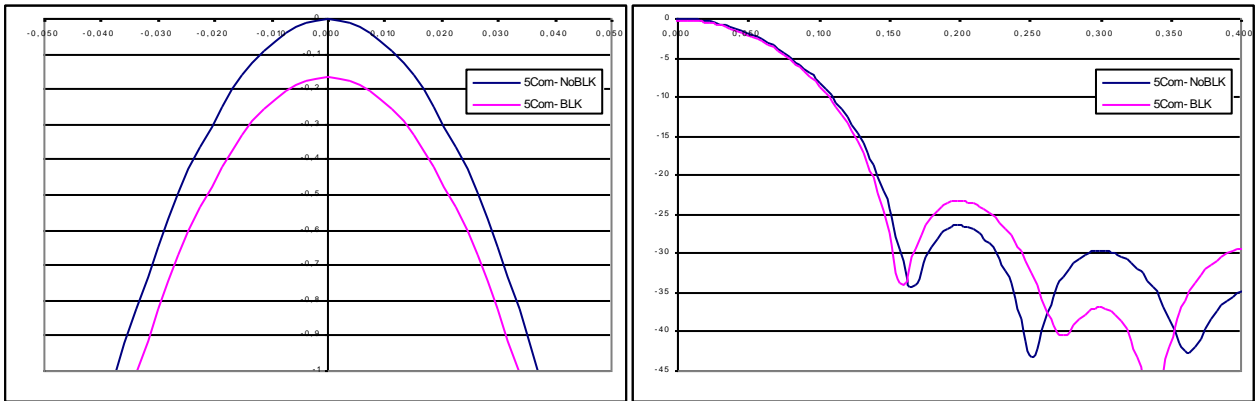


Fig.2: Effetto di bloccaggio da parte del sub riflettore.



a)

b)

Fig.3: a) Effetto sul guadagno d'antenna. b) Effetto sul pattern secondario (primi lobi laterali).

Nella seguente tabella 1 sono riassunti i dati ottenuti:

	“Senza Center Hole” [dBi]	“Con Center Hole” [dBi]	Effetto del Bloccaggio [dB]
Gain	63.48	63.32	-0.16
1st Side Lobe Level @ 0.2°	37.00	40.18	+3.18

Tabella 1

Il semiangolo a 3dB (HPBW) è di 0.064°.

2.2 - Analisi Rigorosa: Le Modificazioni Sul Pattern Di Antenna

Gli effetti del bloccaggio possono, come già accennato, essere trattati facendo generare un nuovo set di correnti sul sub riflettore. Tuttavia, questo metodo appesantisce notevolmente la simulazione da un punto di vista computazionale e, di conseguenza, la durata delle simulazioni aumenterà drasticamente. Ciò è dovuto al fatto che il sub riflettore si potrebbe venire a trovare in regione di near filed. In questo caso, occorrerà pertanto definire una griglia di punti sul riflettore primario decisamente più fitta al fine di portare a convergenza l'integrale del campo. In [2] (pag. 314) viene tuttavia esplicitato che qualora la dimensione dell'antenna risulti essere dell'ordine di diverse centinaia di lunghezze d'onda allora, l'unica possibilità di ottenere risultati in tempi ragionevoli è quella di utilizzare l'ipotesi di Null-Field appena descritta.

In questo paragrafo si vuole evidenziare esclusivamente che i risultati ottenuti con entrambi i metodi sono assolutamente confrontabili (Fig.4).

Restano inoltre valide le considerazioni sulla command list accennate nel paragrafo precedente. Anche in questo caso si rimanda al Capitolo 4 per la spiegazione di tali considerazioni.

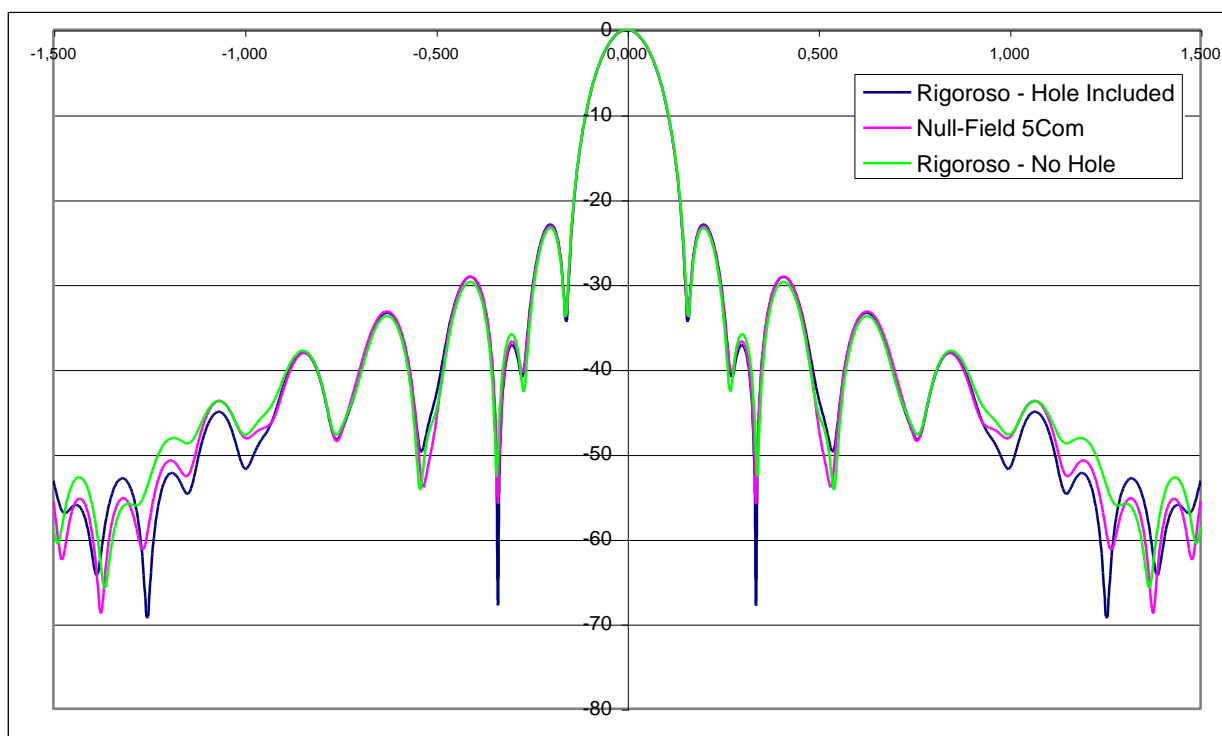


Fig.4: Confronto tra la metodologia “NULL FILED” e l’ANALISI RIGOROSA”.

Come si può notare, salvo minime variazioni, i metodi sono assolutamente confrontabili.

Nel caso dell'antenna di Medicina, considerando la frequenza di lavoro (5,05GHz) risulta che il diametro dello specchio primario (32m) è di circa 542λ . Pertanto, come confermato dai risultati delle simulazioni sarà possibile lavorare, nelle successive simulazioni, mantenendo valida l'ipotesi del paragrafo precedente, cioè l'ipotesi di Null Field. Si sceglierà pertanto l'analisi che comporta il minor tempo computazionale.

Dalla Fig.4 si possono evincere che l'analisi rigorosa, con la generazione del nuovo set di correnti sul sub riflettore, consente di non considerare il foro nel riflettore primario e considerare il bloccaggio da parte del sub riflettore semplicemente introducendo il "nuovo set di correnti superficiali indotte". Nel caso di analisi mediante l'ipotesi Null Field, tale foro dovrà invece essere considerato.

2.3 - Commento agli Effetti del Bloccaggio.

Le variazioni nel pattern dell'antenna riscontrate nei paragrafi precedenti (Par.2.1 e Par.2.2), in generale, sono spiegate considerando la relazione che lo descrive (Ref.[5], pag. 25):

$$F(u) = \int_0^{\pi} g(q) J_0(qu) q \, dq \quad \text{dove:} \quad q = \pi(r/a) = \text{parametro di normalizzazione}^5$$

$a = \text{raggio dell'apertura.}$

La perdita del guadagno d'antenna si può attribuire al fatto che, l'integrale appena citato è legato in maniera proporzionale alla diminuzione d'area (Ipotesi "Null-Field").

Un altro modo per dare una spiegazione delle modificazioni sul pattern d'antenna può essere interpretato tenendo in considerazione le fasi delle correnti ([6], [7]). Il bloccaggio, come già detto, può essere considerato alla stregua di un ostacolo che impedisce il propagarsi dei raggi. Si può quindi ritenere tale ostacolo come un elemento che introduce un campo sfasato di 180° . Il campo totale può essere calcolato come la sovrapposizione di due campi, uno che non tiene conto dell'ostacolo ed uno che invece lo considera.

Da qui in avanti tutte le simulazioni avranno corso mantenendo il foro centrale al fine di considerare gli effetti di bloccaggio del sub riflettore. Inoltre, verrà aggiunto anche il contributo di spillover del feed in modo da avere una trattazione rigorosa dell'analisi.

⁵ : Il sistema di coordinate di riferimento per la descrizione del paraboloide è (r, θ, ϕ)

3 - GLI STRUTS.

3.1 Gli Struts Nell'antenna Di Medicina.

A questo punto, si può proseguire lo studio facendo entrare in gioco la struttura di sostegno del sub riflettore. In questo lavoro, l'asse z sarà coincidente con l'asse focale. Infatti, GRASP8 lavora con "sistemi di riferimento": quello definito come "globale" ha l'asse z coincidente proprio con il vettore avente come direzione e verso quella dell'asse feed → sub riflettore.

Il quadrupode, o struts, consiste in una struttura formata da 4 gambe disposte simmetricamente rispetto l'asse focale della parabola ed aventi una sezione ovale. In Fig.3 è possibile osservare la loro disposizione.

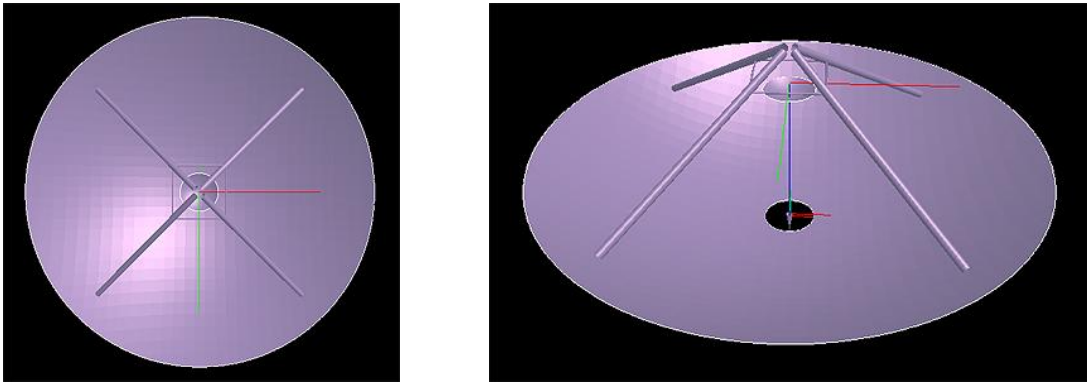


Fig.3: Disposizione degli struts. La disposizione è simmetrica rispetto all'asse focale.

Il software è in grado di lavorare solo con struts di sezione circolare o di sezione poligonale. Per questo motivo, nelle simulazioni, essi verranno considerati "a sezione circolare" (Appendice 1).

Le 4 gambe del quadrupode (Fig.4a) sono disposte a 45° nel piano xy (l'asse z è uscente dal piano del foglio). Hanno una lunghezza di 16.116m ed una inclinazione rispetto al piano xy di 30.2° (Fig.4b). In tale piano, essi sono fissati alla struttura di sostegno del primario ad una distanza di 13.929m (236λ) dall'asse z e ad una altezza di 4.424m (75λ) dal piano xy, il piano in cui giace il vertice della parabola (l'origine del sistema di riferimento globale usato dal simulatore). La sezione verrà considerata di 0.5m (circa 8λ). Da notare che i sostegni del sub riflettore, in realtà sono fissati al cesto (la struttura sulla quale è montato il riflettore primario).

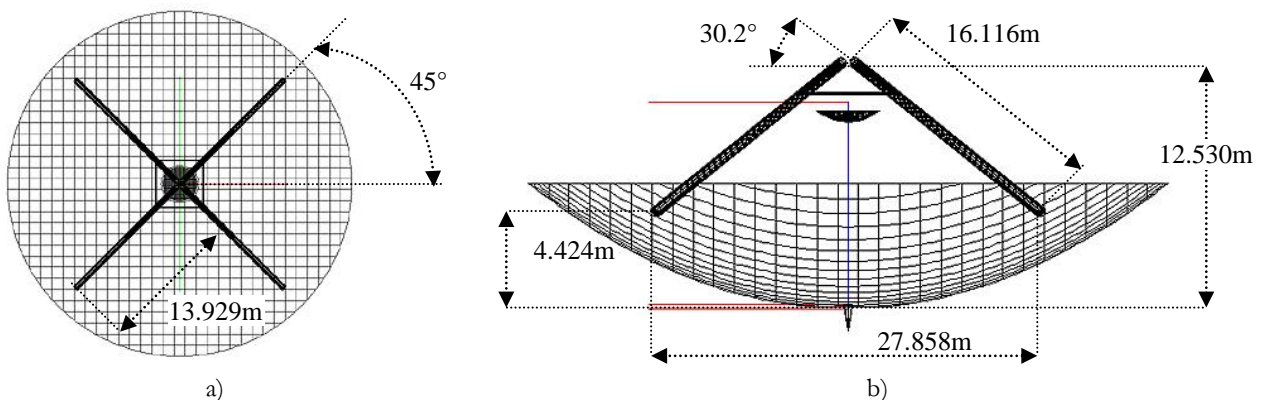


Fig.4: Gli strut e la loro "disposizione" nell'antenna di Medicina. a) Vista nel piano xy. b) Vista nel piano xz.

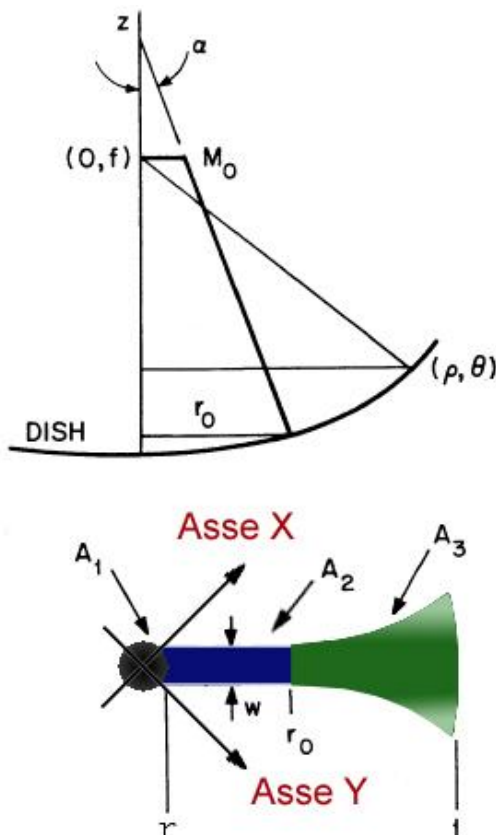
Considerare gli struts a sezione circolare ha il vantaggio di una maggiore semplificazione da un punto di vista del loro inserimento nel programma di simulazione. GRASP8 richiede, infatti, che siano inserite soltanto le coordinate dei punti iniziali, dei punti finali ed il diametro.

Gli struts, come sarà descritto, hanno effetti importanti sul diagramma d'irradiazione dell'antenna modificandolo sotto differenti aspetti [8].

3.2 Effetti Sul Pattern D'antenna: Cenni Teorici..

Gli struts portano ad una riduzione del guadagno (e quindi dell'efficienza), ad un aumento del livello dei lobi laterali e ad un aumento della cross-polarizzazione [8]. Vengono ora introdotti alcuni concetti teorici (descritti in bibliografia) atti a fornire una spiegazione teorica di tali modificazioni.

Il metodo generalmente utilizzato per analizzare i loro effetti consiste nella determinazione della loro ombra ottica considerandone la proiezione grafica sul piano dell'apertura. L'ombra che viene creata dagli struts è descrivibile con la Fig.5 dove, A1 ed A2 sono, rispettivamente, le ombre del sub riflettore e degli struts causati dall'onda piana uscente dal riflettore primario. A3 è l'ombra causata dall'illuminazione diretta degli struts da parte del sub riflettore (o da un feed in fuoco primario). [10]



Tali aree possono essere definite da [10] (Fig.5):

$$A1 = \pi r^2$$

dove r = Raggio del sub riflettore.

$$A2 = wN \left[(r_0 - r) - \frac{a}{3} (r_0^3 - r^3) \right]$$

dove w = Larghezza dello struts.

N = Numero degli struts presenti nella struttura.

r_0 = Raggio corrispondente al "confine" tra A2/A3 e corrispondente al punto di attacco dello struts sullo specchio primario.

$$A3 = \frac{wN}{M_0} \int_{r_0}^1 \frac{2f \sin[\theta - (90 - \alpha)] f(r) dr}{(1 + \cos \theta) \cos \alpha}$$

dove M_0 = Punto dal quale si estende lo struts alla sommità.

α = Angolo di inclinazione dello struts rispetto al piano dell'apertura.

Fig.5: "Ombra Ottica" degli struts sull'apertura.

La spiegazione di questo "allargamento" dell'ombra A3 risiede nel fatto che, quando il campo irradiato dal sub riflettore (o da un feed di fuoco primario) investe uno strut si verifica un effetto di scattering. Si crea un fenomeno definito come "Scattering Cone". Il cono ha il suo asse coincidente con l'asse dello

strut ed un angolo di apertura pari al doppio dell'angolo di incidenza (Fig.6). Questo effetto è alla base dell'innalzamento dei lobi laterali [9].

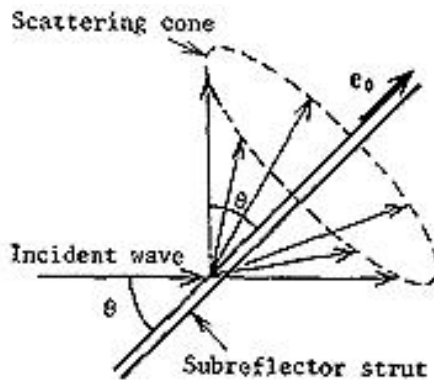


Fig.6: Scattering Cone.

In generale, è più conveniente fissare gli struts sul bordo del riflettore primario (disposti in modo simmetrico intorno al feed o al sub riflettore) per poter minimizzare le perdite di bloccaggio⁶. Per antenne di grandi dimensioni [10] è tuttavia più semplice da un punto di vista meccanico/strutturale fissare gli struts all'interno del riflettore primario (0.5 – 0.8 volte la dimensione del raggio). Ciò comporta che essi, richiedendo una lunghezza minore, possano essere dimensionati con sezioni trasversali minori. Questo consente una riduzione del loro effetto di bloccaggio [10]. Infatti, l'aumento dell'area A_3 viene compensato in parte dalla diminuzione delle dimensioni geometriche.

La riduzione del campo totale nella direzione boresight è calcolata sovrapponendo al campo relativo all'area complessiva “non bloccata” e il campo relativo all'ombra e “pesato” in maniera opportuna [11]. In particolare, il calcolo del campo totale potrebbe essere eseguito determinando prima di tutto il campo “scatterato” in direzione assiale dai supporti del sub riflettore (o del feed), sia in fase che in ampiezza. Si procede con il calcolo delle correnti indotte sul riflettore primario e, di conseguenza, il campo in direzione assiale (boresight) mediante la loro integrazione sulla superficie. Infine si sommano i due contributi. La complicazione più rilevante è che, nel caso di feed in fuoco primario, gli struts forniscono un contributo che deve essere calcolato in modalità “near field”.

⁶ : Il bloccaggio diminuisce in quanto viene ridotta notevolmente la regione d'ombra A_3 di Fig.5. [11]

4 - DETERMINAZIONE DELLA COMMAND LIST.

Fatte queste considerazioni, lo studio del comportamento EM dell'antenna di Medicina entra nel vivo. Come descritto in Appendice 1, il simulatore GRASP8 articola l'analisi seguendo una serie di comandi definiti dall'utente.

Nel paragrafo 2.1 si è cominciato ad accennare alla command list. Le simulazioni presentate in quella occasione sono riferite all'analisi del sistema con l'Ipotesi Null Field eseguita con una command list "semplificata" che viene qui di seguito riportata e commentata:

<i>Task Number</i>	<i>CHI?</i>	<i>COSA?</i>	<i>DOVE?</i>
1	Feed	Currents	Sub-Reflector
2	Sub-Reflector	Currents	Main-Reflector
3	Main-Reflector	Field	File Field_Cuts

Command List "semplificata"

Il feed system illumina lo specchio secondario generando un set di correnti. Queste genereranno a loro volta un altro set di correnti sullo specchio primario. Integrate, esse origineranno il campo EM che verrà immagazzinato in un opportuno file.

Una simile command list, deve però essere completata in quanto è necessario considerare altri contributi. Essi sono indicati in [2] a pag. 311: è necessario aggiungere al campo precedentemente calcolato i contributi del sub reflector (le correnti indotte sulla sua superficie generano un campo) e del feed. Questi hanno particolari effetti negli off axis sidelobes. La command list diverrà pertanto:

<i>Task Number</i>	<i>CHI?</i>	<i>COSA?</i>	<i>DOVE?</i>
1	Feed	Currents	Sub-Reflector
2	Sub-Reflector	Currents	Main-Reflector
3	Main-Reflector	Field	File Field_Cuts
4	Sub-Reflector	Add Field	File Field_Cuts
5	Feed	Add Field	File Field_Cuts

Command List "completa" (5Com)

E' possibile confrontare le modificazioni nei risultati forniti dalle due simulazioni. Pur non rilevando apprezzabili variazioni tra le due (0.03dBi sul lobo principale e uguale contributo di bloccaggio), sarà necessario considerare la versione "completa" poiché è più corretta da un punto di vista procedurale.

Nel caso di *analisi rigorosa*, occorre considerare che il campo del riflettore primario, genererà un nuovo set di correnti sul riflettore secondario. Tenendo in considerazione questo contributo si potranno

includere gli effetti di bloccaggio da parte del sub riflettore. La Command List che diverrà necessario considerare sarà la seguente:

<i>Task Number</i>	<i>CHI?</i>	<i>COSA?</i>	<i>DOVE?</i>
1	Feed	<i>Currents</i>	Sub-Reflector
2	Sub-Reflector	<i>Currents</i>	Main-Reflector
3	Main-Reflector	<i>Currents</i>	Sub-Reflector_2
4	Main-Reflector	<i>Field</i>	File Field_Cuts
5	Sub-Reflector_2	<i>Add Field</i>	File Field_Cuts
6	Sub-Reflector	<i>Add Field</i>	File Field_Cuts
7	Feed	<i>Add Field</i>	File Field_Cuts

Command List “rigorosa” (7Com)

In particolare, il task 3 è quello mediante il quale viene generato il nuovo set di correnti superficiali indotte sul secondario da parte del primario mentre, con il task 5 si includono gli effetti di bloccaggio.

Pertanto, anche il comportamento in presenza degli struts verrà studiato creando una ben precisa COMMAND LIST. Essa, in più, dovrà tenere in considerazione tutti gli effetti di scattering che si vengono a generare nel sistema in analisi.

Di fondamentale importanza sarà però individuare solo ed esclusivamente i contributi più importanti evitando di considerare inutili ridondanze le quali si tradurrebbero in un inutile aumento dei tempi di calcolo e quindi della durata delle simulazioni.

Nel presente lavoro, come descritto nel Cap.1, è stato utilizzato un feed a 5.05GHz posizionato in fuoco Cassegrain. E’ partendo da quest’ultimo che si deve studiare la command list. In essa, infine, devono ovviamente essere considerati anche tutti gli effetti di bloccaggio.

Il manuale di GRASP8 [2] suggerisce che, ai fini del calcolo del pattern d’antenna e delle implicazioni che il bloccaggio ha su di esso, bisogna individuare quali tra i seguenti effetti (visibili nelle Fig. 6a e Fig. 6b)⁷ diano origine a contributi rilevanti.

- A) Illuminazione degli struts da parte del campo riflesso dal riflettore primario (Fig.6a).
- B) Il sub riflettore (o anche un feed in fuoco primario) illumina gli struts creando zone d’ombra e modificando di conseguenza la distribuzione di correnti del riflettore primario (Fig.6a).
- C) Riflessione del campo scatterato dagli struts sul riflettore primario quando il campo incidente proviene dal riflettore primario stesso (Fig.6b).

Ciascuno di questi effetti presenta contributi più o meno dominanti nel calcolo finale del campo. In particolare, gli effetti A) e B) sono significativi per quello che riguarda la degradazione del guadagno (e quindi dell’efficienza) in configurazioni in cui il quadrupode è fissato all’interno del riflettore primario (Fig.6a). Il livello dei lobi laterali è invece influenzato prevalentemente dagli effetti di

⁷ : Sebbene tali figure sono relative ad un sistema di fuoco primario, il discorso è altrettanto valido nel caso di un *dual reflector system*. La differenza consiste nel sostituire il feed con un sub riflettore.

scattering da parte degli struts (effetto A') e dall'effetto C). Tuttavia, quest'ultimo, genera contributi significativi solo in quelle configurazioni in cui il quadrupode è fissato al bordo del riflettore primario (Fig.6a e Fig.6b).

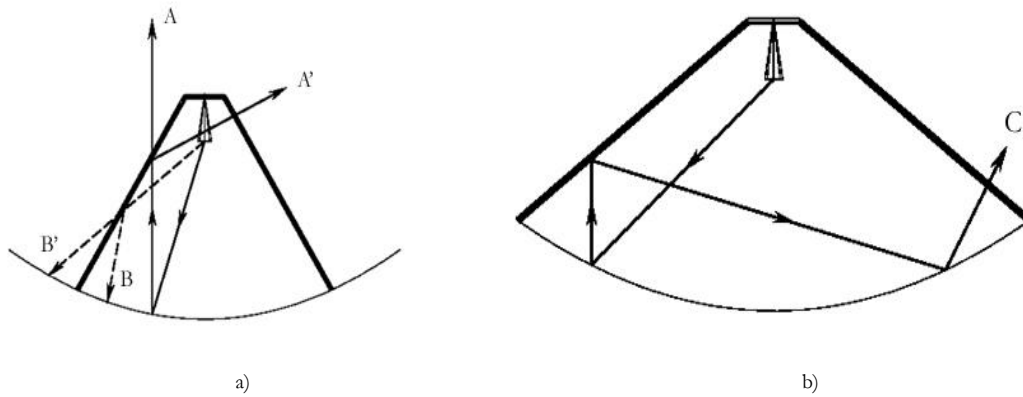


Fig.6: effetto degli struts sulle distribuzioni di correnti.

La logica con la quale la command list è stata creata segue il percorso del campo generato dal feed system. I comandi che è necessario eseguire vengono qui di seguito riportati (Tabella 1):

<i>Task Number</i>	<i>CHI?</i>	<i>COSA?</i>	<i>DOVE?</i>
1	Feed	<i>Currents</i>	Quadrupode_1
2	Feed + Quadrupode_1	<i>Composite Currents</i>	Sub-Reflector_1
3	Subreflector_1	<i>Currents</i>	Quadrupode_2
4	Sub-Reflector_1 + Quadrupode_2	<i>Composite Currents</i>	Main-Reflector
5	Main-Reflector	<i>Currents</i>	Quadrupode_3
6	Main-Reflector	<i>Currents</i>	Sub-Reflector_2
7	Main-Reflector	<i>Field</i>	File Field_Cuts
8	Sub-Reflector_1	<i>Add Field</i>	File Field_Cuts
9	Sub-Reflector_2	<i>Add Field</i>	File Field_Cuts
10	Quadrupode_3	<i>Add Field</i>	File Field_Cuts
11	Feed	<i>Add Field</i>	File Field_Cuts

TABELLA 1: La *command list* studiata ed applicata nelle simulazioni.

4.1 - Descrizione dei comandi

Con riferimento alla Tabella 1, viene ora presentata una sommaria descrizione dei comandi inseriti.

I primi 6 task sono necessari al calcolo di tutte le distribuzioni di correnti superficiali indotte.

Task 1: l'entità di questo contributo dipenderà dal taper del feed. Nel caso dell'antenna di Medicina è stato impostato un feed gaussiano ([1]) con taper di 12dB a 9.4° ma, con questo comando sarà considerato anche il suo spillover.

Task 2: l'effetto combinato del feed e del quadrupode genererà un set di correnti combinate indotte sulla superficie del sub riflettore.

Task 3: considerando l'angolo che il sub riflettore deve illuminare, vi sarà un nuovo effetto di scattering da parte del quadrupode. Si genererà un nuovo set di correnti indotte.

Task 4: l'effetto combinato del sub riflettore e degli struts andrà a generare un opportuno set di correnti sulla superficie del riflettore primario.

A questo punto, vengono calcolati gli effetti del bloccaggio vero e proprio in maniera più rigorosa⁸.

Task 5: Il nuovo set di correnti indotte che si genererà, servirà per considerare gli effetti di bloccaggio del quadrupode sul diagramma di radiazione.

Task 6: il riflettore principale genererà un nuovo set di correnti sul sub riflettore. Questo set di correnti è necessario per calcolare gli effetti di bloccaggio da parte del sub riflettore.

Con i successivi task viene calcolato il campo finale. A tale campo, saranno aggiunti di volta in volta i vari contributi di bloccaggio appena individuati.

Task 7: calcolo del campo ottenuto dalla distribuzione di correnti sul riflettore primario.

Task 8 - 9: somma dei contributi dei campi generati sul sub riflettore da parte del primario. Con questo comando si considera, in maniera più esatta, il bloccaggio del sub riflettore stesso.

Task 10: somma del contributo del campo generato sul quadrupode da parte del primario. Con questo comando si considera, in maniera più esatta, il bloccaggio da parte degli struts.

Task 11: somma del contributo di spillover generato dal feed.

⁸ Come già detto, il bloccaggio da parte del sub riflettore viene considerato inserendo il foro nel riflettore primario (*Ipotesi di Null Field*). Aggiungendo il campo generato dal nuovo set di correnti si affronta il problema in maniera più rigorosa.

5 - PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

5.1 - Considerazioni Iniziali Sulle Simulazioni.

In questo paragrafo saranno presentati i risultati delle simulazioni e relativi all'inserimento degli struts. Lo studio prevedrà inoltre, l'analisi degli effetti relativi allo spostamento del feed in base a quanto previsto nel progetto della Nuova Vertex Room.

Come accennato nel paragrafo 3.1 e nell'Appendice 1, gli struts sono considerati a sezione circolare. GRASP8 richiede che vengano introdotti mediante l'inserimento del raggio e delle coordinate dei loro punti iniziale e finale.

E' inoltre da tener presente che, considerando il punto nei quali essi sono fissati sulla back structure dello specchio primario, si ha di conseguenza un'intersezione (Fig.7a). Analoga situazione si verifica alla sommità del quadrupode: gli struts si intersecano (Fig.7b).

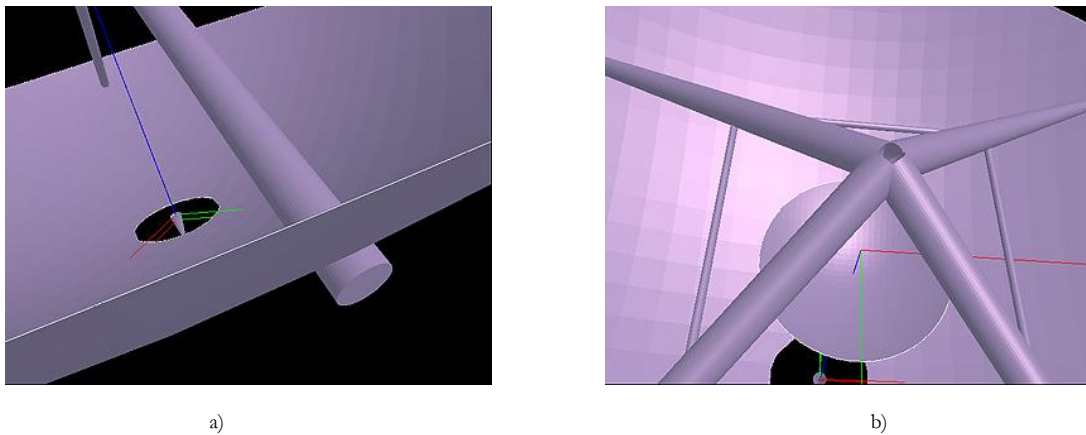


Fig.7: a) Intersezione fra una gamba del quadrupode ed il riflettore primario. b) Intersezione fra le quattro gambe alla sommità del quadrupode.

Da un punto di vista prettamente operativo, il manuale di GRASP8 consiglia di evitare una situazione del genere poiché ciò potrebbe presentare problemi nel calcolo della convergenza del campo. E' consigliato spostare il "punto di attacco" almeno di una lunghezza d'onda. Tuttavia, a causa del diametro della gamba del quadrupode (20", cioè 0.5m) e al fine di evitare punti di contatto, occorrerà effettuare uno spostamento maggiore.

Pertanto, sarà necessario "sollevare" gli struts in modo tale da non creare intersezioni. Occorrerà calcolare nuove coordinate geometriche da utilizzare nella definizione degli "end-points" richiesti dal simulatore.

La nuova situazione, dalla quale si partirà per le simulazioni, viene riportata in Fig.8 (a,b).

Da semplici considerazioni geometriche risulta che lo struts dovrà essere sollevato rispetto al riflettore primario ad una distanza pari ad 5λ , alla frequenza di 5.05GHz (0.059m). Analogamente verrà fatto per quanto riguarda la parte superiore del quadrupode: le 4 gambe non si toccano già ad una distanza di 5λ .

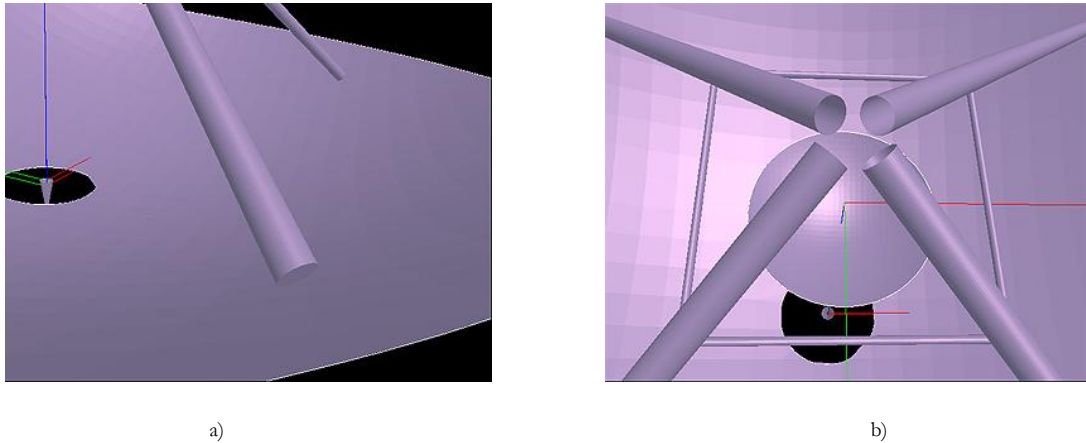


Fig.8: a) Spostamento rispetto al riflettore primario. b) spostamento delle 4 gambe del sostegno.

5.2 - Feed e Sub riflettore Allineati Sull'asse Focale.

La prima configurazione che sarà analizzata è quella in cui sia il sub riflettore sia il feed sono sullo stesso asse, l'asse focale. Nelle figure successive vengono riportati gli andamenti del pattern di antenna (Fig.9), della diminuzione del guadagno, e quindi anche dell'efficienza, (Fig.10) ed infine, l'andamento dei lobi secondari (Fig.11).

Le simulazioni sono state eseguite considerando un feed gaussiano @ 5.05GHz con polarizzazione lineare lungo x. La componente di cross polarizzazione è considerata nulla ([8], [12]).

Dalla Fig.10 è possibile osservare un ulteriore abbassamento del lobo principale a causa dell'effetto di bloccaggio del quadrupode. In particolare, il guadagno d'antenna passa da 63.32dBi (situazione in cui solo il sub riflettore generava bloccaggio) a 62.95dBi. Si nota anche una marcata dissimmetrizzazione del fascio.

Dalle Fig.9 e Fig.10, è visibile la modificazione del pattern secondario, in particolare, se ne evidenzia l'effetto di innalzamento. Nella peggiore delle due situazioni, il primo lobo secondario (visibile in corrispondenza di $+0.2^\circ$) passa da un valore di 40.18dBi (circa -23dBi dal lobo principale) ad un valore di 43.44dBi (circa -19dBi dal lobo principale).

	Senza Quadrupode [dBi]	Con Quadrupode [dBi]	Effetto di Bloccaggio del Quadrupode [dB]
Gain	+63.32	+62.95	-0.37
1 st Side Lobe ($+0,19^\circ$)	+40.18	+43.44	+3.26
1 st Side Lobe ($-0,19^\circ$)	+40.18	+42.00	+1,82

	Angolo @ HPBW [deg]
Senza Quadrupode	0.128
Con Quadrupode	0.128

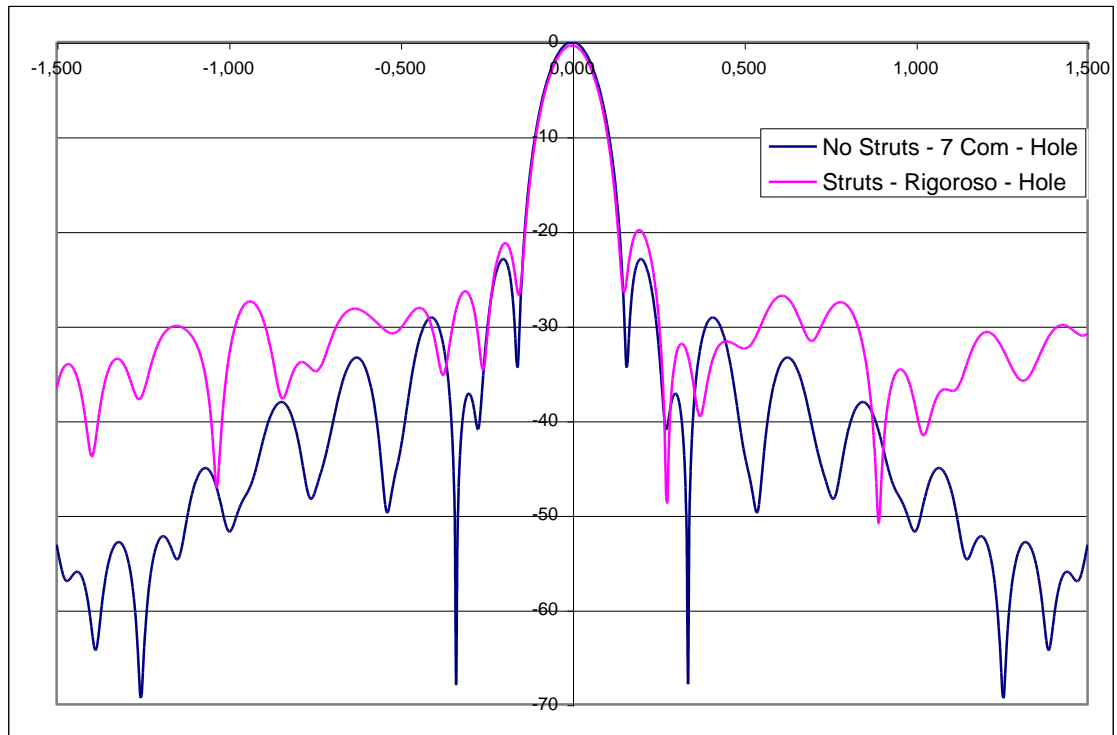
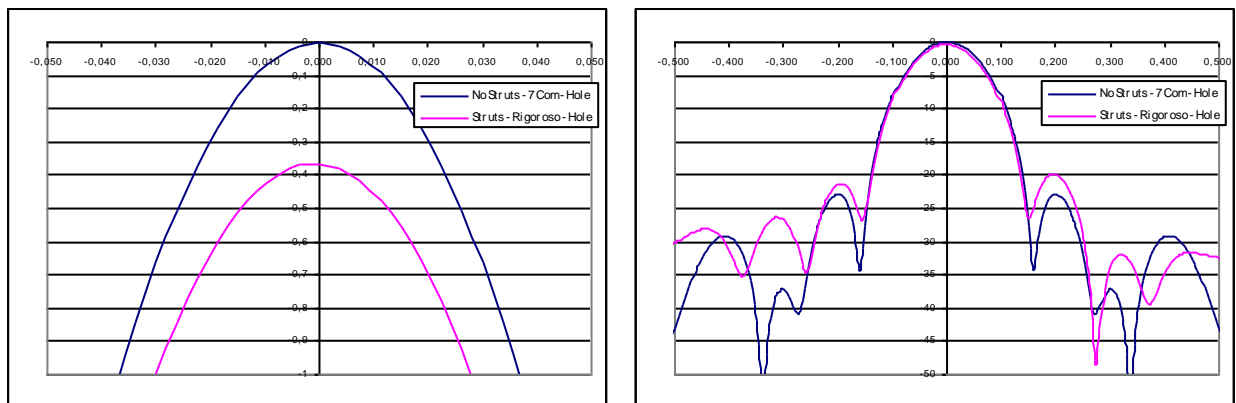


Fig.9: Diagramma d'antenna con Feed e Sub riflettore sull'asse focale: in blu "senza struts", in nero "con struts".



a)

b)

Fig.10: a) Riduzione del guadagno d'antenna a causa della presenza degli struts: in blu "senza struts", in nero "con struts".
b) Pattern secondario (fino a $0,5^\circ$ dall'asse focale): in blu "senza struts", in nero "con struts".

5.3 - Spostamento Feed.

A questo punto il feed a 5.05GHz viene “riposizionato” nella sede prevista dal progetto Nuova Vertex Room. Come indicato in [1] e [12], sia per il feed system sia per il sub riflettore è necessario fissare un punto di rotazione. Tale punto è scelto coincidente con il fuoco del riflettore parabolico (il fuoco primario).

La nuova posizione del feed system risiederà in un punto della circonferenza avente il centro sul fuoco primario e raggio pari alla distanza fuoco primario/fuoco secondario, cioè la distanza focale. Tale accorgimento consentirà di mantenere il sistema nelle giuste posizioni focali. In particolare, la nuova posizione sarà localizzata ad un angolo $\phi=112.5^\circ$ nel piano xy e $\theta=4.2^\circ$ rispetto al sistema di riferimento dello specchio secondario (l'asse z è rivolto verso il vertice dello specchio primario) come descritto più in dettaglio in [1]. La nuova sede del ricevitore è illustrata in Fig.11.

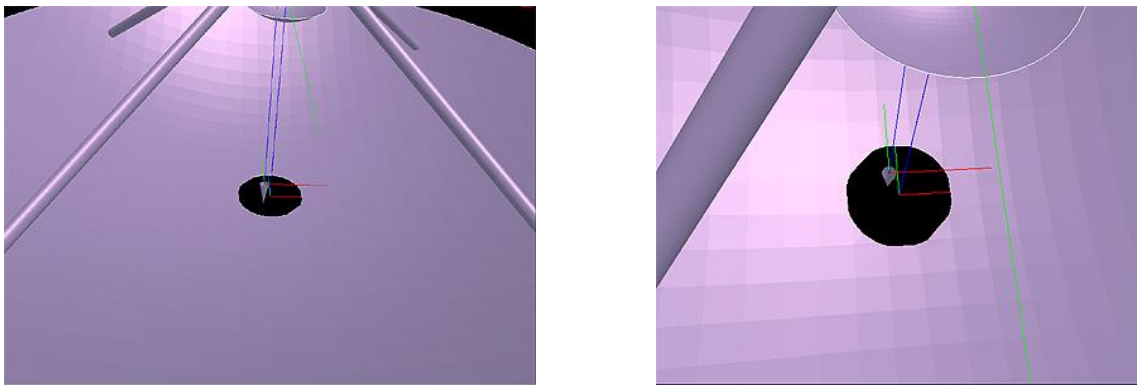


Fig.11: Feed riposizionato nella nuova sede secondo il Progetto Nuova Vertex room.

Una volta che il feed è stato riposizionato, è possibile cominciare ad analizzare il comportamento dell'antenna. Nel seguente lavoro, verranno presentati i risultati relativi a 3 casi particolari:

- a – Feed riposizionato, non tiltato e sub riflettore non tiltato.
- b – Feed riposizionato, tiltato e sub riflettore non tiltato.
- c – Feed riposizionato, tiltato e sub riflettore tiltato (Progetto “Nuova Vertex Room”).

Tuttavia, è possibile svolgere alcune considerazioni in merito a due diverse possibilità di tilt relativo tra il sub riflettore ed il feed stesso [12]: una rotazione pari allo stesso angolo ($\theta=4.2^\circ$) ed un'altra rotazione pari alla metà dell'angolo in questione ($\theta/2$). In coda a questo capitolo, saranno aggiunti commenti in proposito.

5.3.1 - Feed riposizionato, non tiltato e subriflettore non tiltato.

In questa simulazione il feed viene semplicemente spostato ma non tiltato in direzione del sub riflettore. Le informazioni aggiuntive rispetto ad [1] riguardano esclusivamente la presenza degli struts. In più, quello che si vuole evidenziare è l'errore nella direzione di puntamento.

Nella seguente Fig.12 sono visibili sia la modificazione introdotta dal quadrupode al pattern d'antenna (in particolare si può osservare la perdita nel guadagno) sia lo spostamento del beam principale (errore in fase di puntamento di una radio sorgente). Da quest'ultimo valore è possibile determinare l'entità del BDF (Beam Deviation Factor) [1].

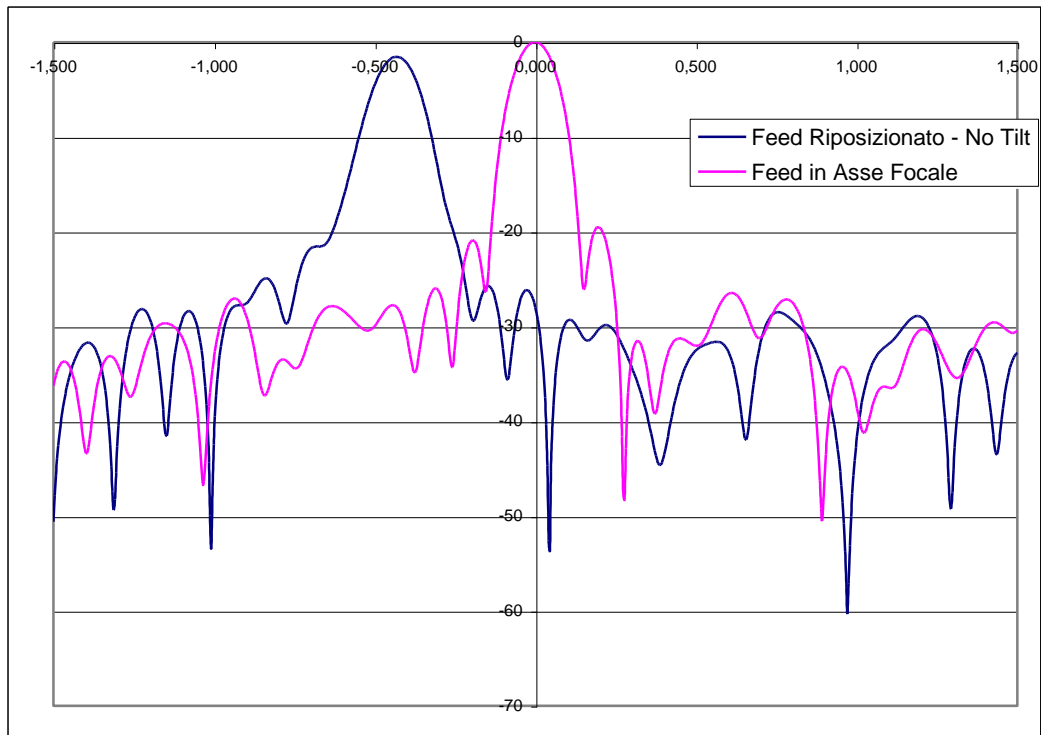


Fig.12: Effetti dello spostamento del feed. Nella traccia blu sono visibili l'errore di puntamento, le modificazioni nel pattern e la diminuzione di guadagno.

L'errore che si commette è tale che il lobo principale si trova a -0.43° ed il guadagno diminuisce fino a 61.42dBi.

	Feed System in Asse Focale [dBi]	Feed System Riposizionato Non Tiltato [dBi]	Spostamento Beam [deg]
Gain	+62.95	+61.42	-0.43°

Data la significativa modificazione non è possibile stabilire con esattezza né il valore massimo né l'angolo al quale si presentano i lobi laterali (vedi Fig.12). Inoltre, la determinazione dell'angolo corrispondente all'HPBW è di scarsa importanza visto che il sistema non lavora in situazione ottimale.

Per ovviare a questi problemi occorre effettuare due operazioni: la prima delle quali è quella di tiltare il feed di un angolo pari a 4.2° ⁹ in modo che possa puntare "al meglio" lo specchio secondario. In seguito, il medesimo angolo di tilt sarà imposto anche al sub riflettore stesso.

5.3.2 - Feed riposizionato, tiltato e sub riflettore non tiltato.

Tiltando il feed system verso il sub riflettore si può certamente migliorare la situazione. Come si può notare nella Fig.13, il tiltaggio del feed in direzione del sub riflettore porta ad un miglioramento del guadagno d'antenna tuttavia, tale operazione non è ancora sufficiente a recuperare l'errore di puntamento.

⁹: Si è scelto 4.2° poiché questo è l'angolo massimo di rotazione del sub riflettore.

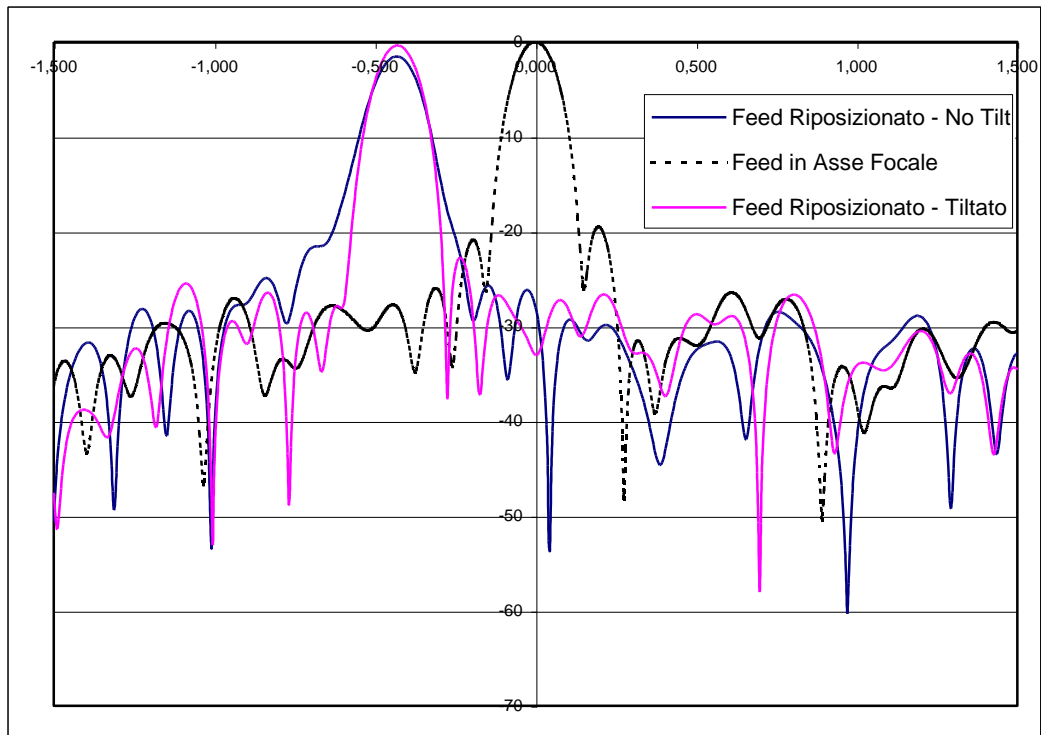


Fig.13: Effetti del tiltaggio del feed system verso il sub riflettore. La situazione “in asse” è riportata con linea tratteggiata

Con l'operazione di tiltaggio del feed system pur rimanendo un errore nel puntamento si ha un recupero del guadagno d'antenna fino ad un valore di 62.57dBi.

	Feed System in Asse Focale [dBi]	Feed System Riposizionato Tiltato [dBi]	Spostamento Beam [deg]
Gain	+62.95	+62.57	-0.43°

Anche in questo caso, l'individuazione dell'angolo corrispondente all'HPBW risulta poco significativa. Per quello che riguarda il livello dei lobi laterali, la situazione migliore rispetto al caso precedente ma di scarsa importanza poiché ancora ci si viene a trovare in situazione non ideale.

A questo punto, per recuperare anche l'errore nel puntamento occorrerà tiltare anche il sub riflettore, in modo che esso punti verso il feed system.

5.3.3 - Feed riposizionato, tiltato e sub riflettore tiltato (Progetto “Nuova Vertex Room”).

Infine, per consentire di recuperare anche l'errore nella direzione di puntamento, lo specchio secondario è ruotato in modo da allineare il suo vertice con il centro di fase del feed.

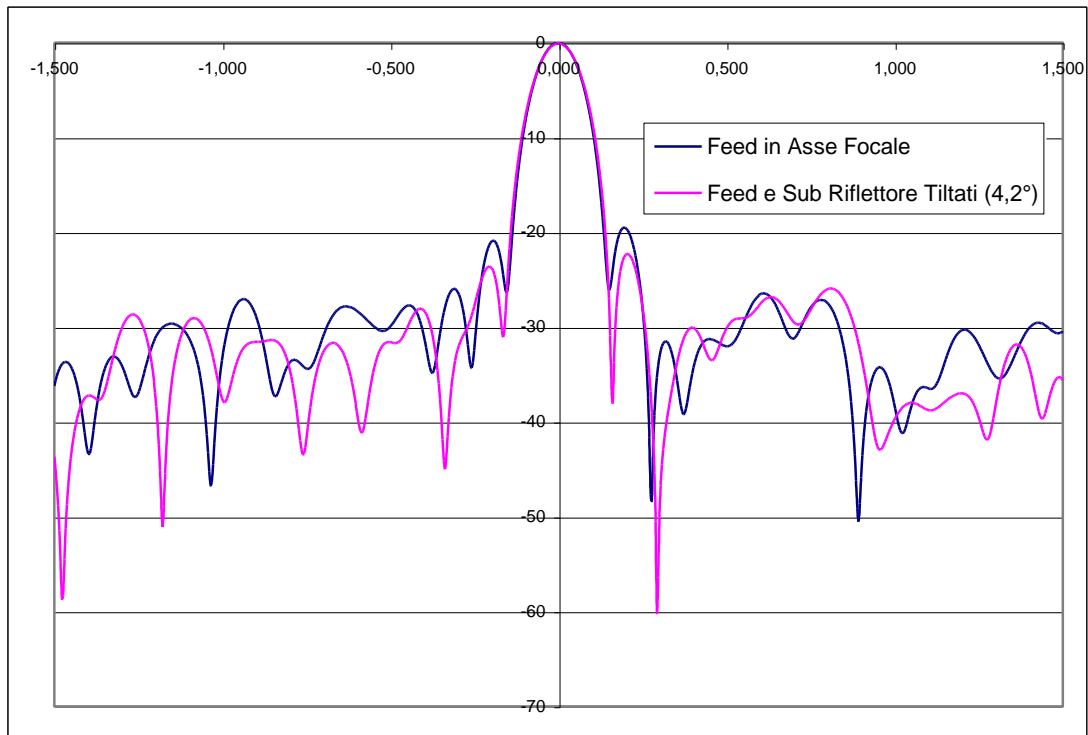
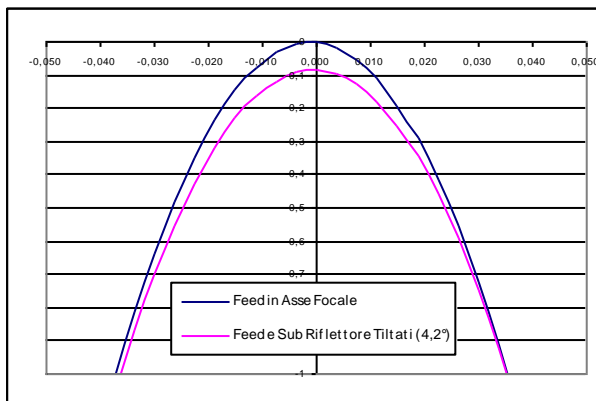
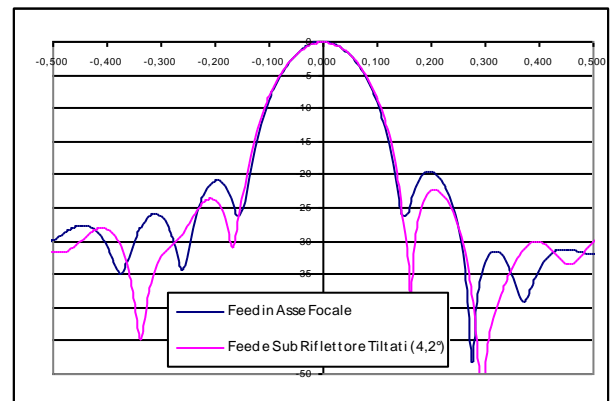


Fig.14: Feed system e sub riflettore tiltati.

Dalla Fig.14, si può notare come il beam d'antenna sia nuovamente riportato nella corretta posizione. Tuttavia, come verrà illustrato nelle seguenti figure, il guadagno d'antenna presenterà una minima perdita: rispetto alla situazione “in asse”, 62.95dBi, si passerà ad un valore di 62.87dBi (Fig.15a).



a)



b)

Fig.15: Feed e Sub Riflettore tiltati di 4,2°. a) Perdita di guadagno. b) Livello dei primi lobi laterali.

Occorre tuttavia notare che (Fig.15b) il valore massimo del primo lobo laterale nella nuova situazione si trova a 0.2° anziché a 0.19°.

	Feed System in Asse Focale [dBi]	Feed System e Sub Riflettore Riposizionati Tiltato @ 4.2° [dBi]
Gain	+62.95	+62.87
1 st Side Lobe	+43.44 @ +1,9°	+40.65 @ +0.2°
1 st Side Lobe	+42 @ -1,9°	+39.34 @ -0.2°

	Angolo @ HPBW [deg]
Feed System in Asse Focale con Struts	0.128
Feed e Riposizionato Tiltato @ 4.2°	0.128

E' interessante notare che non si hanno sostanziali modificazioni per quanto riguarda l'angolo corrisponde all'HPBW.

5.4 – Rotazioni Relative tra Feed e Sub Riflettore.

In questo paragrafo vengono presentate alcune considerazioni riguardo alla possibilità di applicare differenti “tilt relativi” tra il feed ed il sub riflettore [12]. Come già citato, per effettuare queste movimentazioni è necessario selezionare un opportuno centro di rotazione. Nel caso dell'antenna di Medicina, si deve scegliere il fuoco primario.

In base ai risultati presentati nella situazione “feed e subriflettore tiltati” si nota una leggera perdita di guadagno causata dal fatto che lo specchio primario presenta una porzione non illuminata (Fig17). Lo specchio secondario è comunque illuminato totalmente.

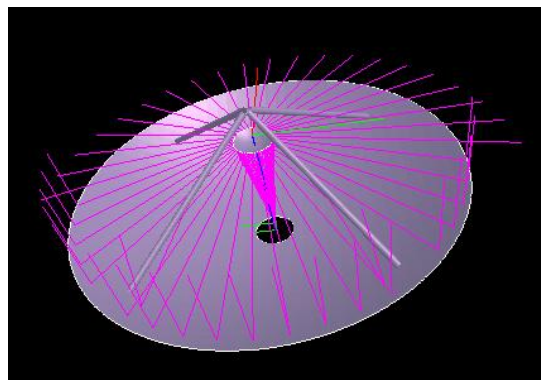


Fig.16: Il riflettore primario non è totalmente illuminato (parte in basso a sinistra).

In tale situazione, oltre ad avere una perdita di guadagno (Fig.15), si avrà un aumento della temperatura di rumore di sistema¹⁰ a causa degli effetti di spillover sullo specchio primario (visibili nella parte in alto a destra di Fig.16). Per diminuire questi effetti è possibile applicare una rotazione del sub riflettore pari alla metà dell'angolo di tilt del feed. La nuova situazione è visibile in Fig.17.

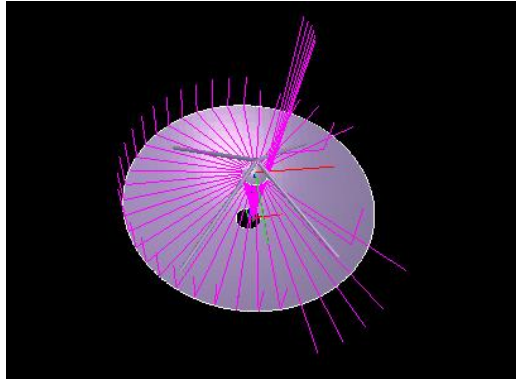


Fig.17: effetti di una rotazione del sub riflettore di un angolo pari alla metà della rotazione del feed.

I risultati della simulazione sono i seguenti (Fig.18):

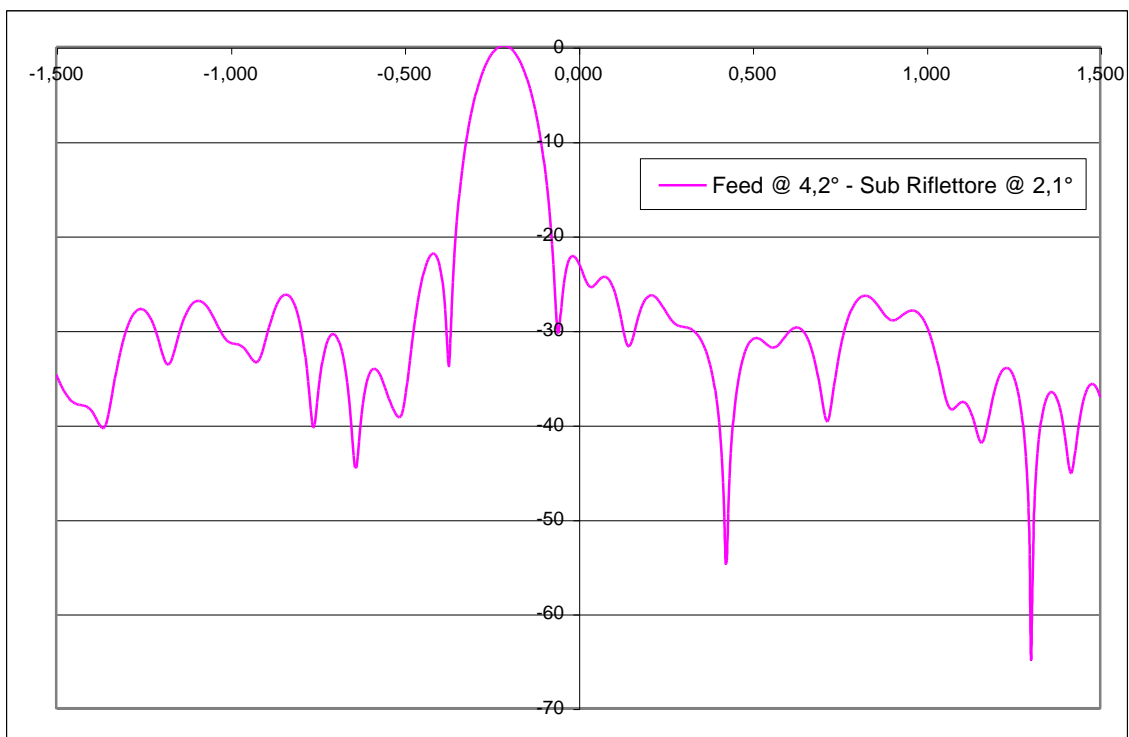


Fig.18: Tilt di 2,1° del sub riflettore: la simulazione evidenzia comunque un errore nella direzione di puntamento.

In questo caso, e come si vede dalle simulazioni, il riflettore primario non risulterà sotto illuminato. In più, lo spillover risulterà minore, abbassando di conseguenza la temperatura di rumore rispetto alla situazione precedente.

¹⁰ : La temperatura di rumore è legata sia alla componentistica del feed system sia dall'antenna (spillover, ecc.). Tale parametro, ovviamente altera il G/T dell'antenna.

	Feed System in Asse Focale [dBi]	Sub Riflettore @ 4.2° [dBi]	Sub Riflettore @ 2.1° [dBi]
Gain	+62.95	+62.87	+62.95

E' quindi importante osservare che con un tilt di questo tipo, pur verificandosi un errore in fase di puntamento si ha un recupero del guadagno rispetto alla situazione in asse.

6 - CONCLUSIONI

Con la nuova versione del software di simulazione GRASP8 è stato possibile analizzare in maniera più approfondita l'antenna di parabola di Medicina. Si sono potuti così inserire nuovi elementi strutturali che, con la precedente Student Edition, non è stato possibile considerare. E' stata inoltre sviluppata una serie di ulteriori considerazioni in merito ai diversi contributi di bloccaggio che alterano il pattern d'antenna. Particolare attenzione è stata posta agli struts, o quadrupode, in altre parole quegli elementi che compongono il sostegno del sub riflettore. Più specificatamente, si sono affrontate le problematiche ad essi associate come, ad esempio, il loro opportuno trattamento ai fini del bloccaggio. Infine, si è potuto perfezionare lo studio del comportamento elettromagnetico dell'antenna con riferimento al progetto Nuova Vertex Room e delle nuove posizioni di montaggio dei vari feed systems. Il completamento dell'analisi delle prestazioni dell'antenna di Medicina ha permesso pertanto di affrontare nuove tematiche di studio da riversare nello studio finale della nuova antenna SRT.

Unica limitazione al presente lavoro riguarda l'aver trattato il solo caso di un feed system a 5.05GHz (Banda VLBI) collocato in fuoco Cassegrain. Tuttavia, lo studio del comportamento del sistema può essere svolto in maniera del tutto analoga per gli altri ricevitori a diversa frequenza collocati nelle diverse posizioni stabilite nel progetto Nuova Vertex Room.

Riassumendo: la sola presenza del sub riflettore ha generato una situazione in cui il bloccaggio genera gli effetti riportati nella seguente tabella.

	“Senza Center Hole” [dBi]	“Con Center Hole” [dBi]	Effetto del Bloccaggio [dB]
Gain	63.48	63.32	-0.16
1st Side Lobe Level @ 0.2°	37.00	40.18	+3.18

La presenza degli struts comporta una notevole modificazione del pattern d'antenna. I risultati ottenuti sono evidenziati qui di seguito:

	Senza Quadrupode [dBi]	Con Quadrupode [dBi]	Effetto di Bloccaggio del Quadrupode [dB]
Gain	+63.32	+62.95	-0.37
1 st Side Lobe (+0,19°)	+40.18	+43.44	+3.26
1 st Side Lobe (-0,19°)	+40.18	+42.00	+1,82

Riferimenti:

- Ref. [1]: "Prestazioni EM in funzione della posizione di montaggio dei feed in fuoco Cassegrain per l'antenna parabolica di Medicina". P. Bolli, A. Orfei. Rapporto Interno IRA 347/03.
- Ref. [2]: "Technical Description of GRASP8", for software ver. 8.2.7 e 8.2.8, TICRA Engineering Consultants.
- Ref. [3]: "User's Manual for GRASP8", TICRA Engineering Consultants.
- Ref. [4]: "Central blocking in symmetrical Cassegrain Reflectors". A. Love. Antenna Designer's Notebook.
- Ref. [5]: "Microwave Horns and Feeds". P.J.B. Clarricoats & al.. IEE Electromagnetics Waves Series 99.
- Ref. [6]: "Microwave Antenna Theory and Design". S. Silver. IEE Electromagnetics Waves Series 19.
- Ref. [7]: "Low Sidelobe Aperture Distributions for Blocked and Unblocked Circular Aperture". A. C. Ludwig. IEEE Transactions on Antennas Propagation, Vol. AP-30, 1982.
- Ref. [8]: "Losses, sidelobes and cross-polarization caused by feed support struts in reflector antennas: design curves". P.S. Kildal et al.. IEEE Transaction on antenna Propagation, Vol. 36, 1988.
- Ref. [9]: "Feed Strut Scattering Analysis for Wide Angles Sidelobes", S.H. Lee, R. C. Rudduck, W. D. Burnside, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 1979, Volume: 17, Jun 1979.
- Ref. [10]: "Spillover control on Secondary Mirror Support Struts", ALMA Memo N° 195, January 1998.
- Ref. [11]: "Feed support Blockage Loss in Parabolic Antennas", J. Ruze, Microwave Journal, vol. 11, no. 12. pp. 76-80.
- Ref. [12]: "Low-Loss Offset Feeds for Electrically Large Symmetric Dual-Reflector Antennas". V. Galindo-Israel, T. Veruttipong, W. A. Imbriale. IEEE Transactions on Antennas Propagation, Vol. AP-35, 1987.

APPENDICE 1: BREVE DESCRIZIONE DEL SOFTWARE [2].

Generalità.

Per comprendere come lavora GRASP8 viene di seguito fornita una breve descrizione di questo software di simulazione.

GRASP8 è un software costituito da una serie di tools per l'analisi di antenne a riflettori. E' basato su una tecnica "object-oriented" cioè, ciascun elemento facente parte della struttura, come superfici dei riflettori e feed systems, sono considerati come oggetti appartenenti a differenti classi.

La struttura che viene creata può essere analizzata seguendo diverse modalità: PO (Physical Optics) integrata con la PTD (Physical Theory of Diffraction), GO (Geometrical Optics) ed infine la Uniform GTD (Geometrical Theory of Diffraction). Queste ultime due modalità consentono di visualizzare la struttura applicando un'analisi di ray tracing cioè basata sui "raggi" (Ray-Based Analysis).

L'analisi basata su PO e PTD è un metodo mediante il quale è possibile calcolare le correnti superficiali indotte su un riflettore e generate dal campo che viene irradiato su di esso.

L'analisi PO si articola seguendo una procedura composta da 3 steps:

- a – calcolo delle correnti superficiali indotte
- b – calcolo del campo da esse irradiato (integrazione superficiale)
- c – aggiunta dei campi incidente e diffuso al fine di calcolare il campo totale.

Il metodo segue pertanto la relazione:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}^i + \mathbf{E}^s$$

dove \mathbf{E} è il vettore del campo totale, \mathbf{E}^i è il vettore del campo incidente ed \mathbf{E}^s è il vettore del campo "scatterato".

Al fine di integrare le correnti occorre tuttavia considerare un'opportuna griglia di punti che consenta di definire la superficie da analizzare. Tale griglia è individuata da una coppia di variabili definite come **po1** e **po2**. Calcolare un opportuno valore per entrambe le variabili, consente di portare a "convergenza" l'integrale ed avere una maggior accuratezza nel calcolo del campo totale.

Nel caso di riflettori "circolari", la relazione per il calcolo del giusto valore di po1 e po2 in situazione di far field è data da:

$$po1 = \text{nint}(z/2.4)$$

$$po2 = \text{nint}(z)$$

$$\text{con} \quad z = 1.09 + \pi(D/\lambda)\sin\theta_0 + 10$$

D = Diametro del riflettore

λ = Lunghezza d'onda

θ_0 = Angolo massimo dal centro del beam nel quale l'integrale deve convergere.

La funzione *nint* restituisce il più vicino intero al suo argomento, in questo caso la variabile z.

Nel caso in cui sia necessario adottare un'analisi in near field occorrerà utilizzare una griglia di punti decisamente più fitta. In particolare, il calcolo dei valori di po1 e po2 è determinato secondo le relazioni:

$$po1 = \text{rint}(z/2.4)$$

$$po2 = \text{rint}(z)$$

dove z è definita praticamente allo stesso modo del caso “far field”:

$$z = 1.09 + \pi(D/\lambda)\sin\theta_{\text{MAX}} + 10 \quad \text{con:} \quad \theta_{\text{MAX}} = \tan^{-1}(D/R) \quad (\text{ref. [2], pag. 250})$$

in cui:

D = Diametro del riflettore.

R = Distanza dall'antenna al punto in cui si vuole calcolare il campo.

Seguendo la procedura di calcolo del campo totale il software è in grado di tenere in considerazione anche gli effetti di scattering sulle varie strutture meccaniche presenti nell'antenna. In particolare, mediante la PO sarà possibile analizzare gli effetti degli struts, ovvero le strutture che supportano il sub riflettore.

Infine, GRASP8 è dotato di un tool di grafica 3D in grado di consentire all'utente di visualizzare, sia in modalità “wireframe” sia in modalità “OpenGL”, il sistema nel suo complesso.

Tra le varie possibilità offerte dal software, esiste quella di avvalersi di un wizard per creare sistemi tipo single reflector o dual reflector. Creare un sistema a riflettore diverrà così più immediato poiché sarà sufficiente inserire esclusivamente le principali grandezze geometriche e la frequenza di lavoro.

Considerazioni sulla presenza degli struts [1].

Per avere una previsione delle modificazioni al diagramma d'irradiazione a causa della presenza degli struts, si procede considerando la distribuzione di correnti sulla loro superficie.

Esistono due modalità per l'analisi di uno strut: “simple PO” e “Canonical Solution”. Il primo prevede di analizzare uno strut grande in termini di lunghezza d'onda utilizzando l'ottica fisica (PO). Si deve valutare la convergenza delle correnti di PO¹¹ in una griglia individuata da una coppia di punti¹².

Dato uno strut di lunghezza L , di raggio a e lunghezza d'onda λ , si ha:

$$N_l = 3L/\lambda \quad \text{Numero di punti lungo l'asse dello strut.}$$

$$N_\phi = 16a/\lambda + 4 \quad \text{Numero di punti lungo la circonferenza strut.}$$

Il secondo metodo, è sicuramente più preciso ma complicato da applicare. Esso si basa partendo dal tipo di sorgente che illumina lo strut cioè se si tratta di un fronte d'onda sferico o piano. Si calcola la distribuzione delle correnti sulla circonferenza dello strut e quindi si calcola il campo.

La soluzione ottenuta con il metodo Simple PO, tende a convergere verso quella fornita dalla Canonical Solution” man mano il diametro dello strut aumenta in relazione alla lunghezza d'onda.

La COMMAND LIST.

Una volta definita la geometria dell'antenna occorre specificare le giuste modalità con le quali determinare i parametri elettromagnetici d'interesse per lo studio.

¹¹ Nella “zona non illuminata” dello strut, il simulatore impone a 0 le correnti.

¹² In alcuni casi, questa coppia di valori potrebbe essere presa come “punto di partenza”.

GRASP8 esegue la simulazione mediante una serie di comandi impostati dall'utente. Essi hanno una sintassi del tipo:

COMMAND OBJECT <object name> <message> <arguments>

In particolare, i comandi per eseguire le simulazioni hanno una sintassi particolare:

COMMAND OBJECT <object name> <function name> (<function_arguments>)

dove:

<object name>: è un oggetto "target" nel quale sono inseriti i risultati dei calcoli.

<function name>: è uno specifico comando che esegue un determinato calcolo.

(<function_arguments>): sono gli elementi di partenza sui quali basare i calcoli.

Definendo una serie di "azioni" composta da un'opportuna sequenza di comandi si definisce la COMMAND LIST che permetterà di analizzare la struttura impostata.

APPENDICE 2

Wide Angle Sidelobes

Per ottenere un wide-angle pattern esistono due strade: PO (Physical Optics) e GTD (Geometrical Theory of Diffraction).

Il problema di un'analisi in regioni angolari ampie, tipo nel back-lobe, è che il contributo di campo reirradiato dall'antenna a riflettore diventa confrontabile (se non inferiore) a quello del feed, per cui non si può prescindere da quest'ultimo.

Nell'analisi PO, per calcolare il campo totale irradiato dall'antenna, occorre considerare i seguenti comandi:

1. Pattern < Get field < PO_primario
2. Pattern < Add field < Primary feed

Il campo totale è, infatti, somma del campo legato alle correnti di Ottica Fisica e dei campi incidenti dal feed. Quest'ultimi devono essere valutati in assenza dell'antenna, mentre la seconda istruzione li valuta appunto in assenza dell'oggetto.

Viceversa, eseguendo soltanto la prima istruzione, si otterrebbe un andamento che non è quello corretto, e questo è proprio legato al teorema di equivalenza alla base della tecnica dell'Ottica Fisica.

Nell'analisi GTD è sufficiente eseguire il comando:

Pattern < Get field < GTD_primario

purchè, nei parametri del l'oggetto GTD_primario, il flag DIRECT venga impostato "ON".

Anche in questo caso, il campo totale viene valutato come somma dei due contributi: riflesso dall'antenna e diretto dal feed.

Quest'ultimo contributo deve essere valutato in presenza del riflettore.

Eseguendo una serie di comandi del tipo:

1. Pattern < Get field < GTD_primario
2. Pattern < Add field < Primary feed

dove l'oggetto GTD_primario ha il flag DIRECT su OFF, non si otterrebbe un corretto andamento, in quanto la seconda istruzione valuta il campo determinato dal feed in assenza dell'antenna.

Potrebbe infine, essere conveniente utilizzare una combinazione delle due tecniche: PO per la regione del main-lobe e GTD per la regione del back-lobe. La prima infatti è più accurata nella direzione del massimo, ma per angoli lontani dalla direzione di massimo tende ad essere computazionalmente onerosa. Infatti, l'analisi PO viene eseguita calcolando opportunamente il numero di punti PO1 e PO2 con semplici espressioni matematiche legate alla geometria dei riflettori. In esse è tuttavia presente il "sin θ " (θ è l'angolo massimo dal centro del beam).