

**Prestazioni EM in funzione della posizione
di montaggio dei *feed* in fuoco Cassegrain
per l'antenna parabolica di Medicina**

P. Bolli, A. Orfei

Istituto di Radioastronomia CNR

IRA 347/03

**Prestazioni EM in funzione della posizione
di montaggio dei *feed* in fuoco Cassegrain
per l'antenna parabolica di Medicina**

P. Bolli, A. Orfei

Istituto di Radioastronomia
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Via P. Gobetti 101, I-40129 - Bologna, Italia

Abstract

Nel presente rapporto vengono descritte alcune simulazioni elettromagnetiche atte a valutare il comportamento della irradiazione d'antenna in funzione del montaggio geometrico dei *feed* nel nuovo progetto *Vertex Room* dell'antenna parabolica di Medicina. Tale progetto consiste nell'installazione nel fuoco Cassegrain di una struttura meccanica sulla quale inserire otto ricevitori funzionanti a differenti frequenze, comprese tra 4.3 e 48GHz. Uno studio simile effettuato attraverso il pacchetto software commerciale Sletten è stato proposto in [1]. La disposizione dei *feed* all'interno della *Vertex Room* è ricavata sulla base di [2]. In funzione della frequenza di utilizzo, lo specchio secondario verrà ruotato rispetto al fuoco primario sull'opportuno ricevitore in maniera da far coincidere l'asse di tale specchio con l'asse del *feed*.

Le simulazioni, con le quali si sono valutate le prestazioni elettromagnetiche dell'antenna, principalmente guadagno, diagramma d'irradiazione e componente cross-polare, sono state condotte attraverso il codice elettromagnetico basato sulla tecnica ad alta frequenza dell'Ottica Fisica prodotto dalla Tlcra: Grasp 8.0 Student Edition [3]; purtroppo alcune limitazioni della Student Edition non hanno consentito uno studio completo della struttura.

Nonostante il presente rapporto tecnico sia incentrato sull'analisi elettromagnetica del ricevitore a 5GHz, gran parte delle considerazioni dedotte sono state estese anche a frequenze più elevate.

Particolare attenzione è stata infine rivolta alla sensibilità del sistema a leggeri spostamenti dei ricevitori in fase di montaggio rispetto alla geometria di progetto. Il rapporto si conclude con una sezione dedicata alla stima del campo di vista complessivo dell'antenna e con due appendici, una relativa alla deviazione angolare del fascio in funzione della rotazione dello specchio secondario e del *feed* e l'altra riassuntiva dei risultati ottenuti.

1. Descrizione delle caratteristiche elettromagnetiche dei ricevitori

I dati di partenza a disposizione sono i diagrammi di irradiazione di progetto delle componenti co-polari e cross-polari di due *horn* circolari operanti a 5 e 7GHz; in particolare tali diagrammi si riferiscono alle frequenze centrali ed agli estremi di banda: 4.3, 5.05 e 5.8GHz per il primo *horn* e di 5.6, 6.7 e 7.8GHz per il secondo. In realtà, siccome il simulatore elettromagnetico utilizzato, Grasp 8.0 SE, non permette l'utilizzo di diagrammi d'irradiazione noti per punti, si ipotizza che tutti i *feed* abbiano un andamento gaussiano. Tale andamento è stato comunque controllato operando un *fit* gaussiano sui diagrammi di irradiazione disponibili, imponendo il passaggio della gaussiana per il valore di *taper* da progetto. Il *fit* gaussiano mostra un ottimo accordo fintanto che il fascio intercetta il riflettore secondario dopodiché la differenza tende ad aumentare con l'angolo di osservazione. Gli andamenti gaussiani con cui si è riprodotto il diagramma di irradiazione di

progetto per i due ricevitori, sono caratterizzati da valori di *taper* per *taper angle* uguale a 9° riportati in Tab.I.

Tab.I – Valori di *taper* per frequenza centrale ed estremi di banda per i ricevitori a 5 e 7GHz

	Ricevitore a 5GHz			Ricevitore a 7GHz		
	4.3GHz	5.05GHz	5.8GHz	5.6GHz	6.7GHz	7.8GHz
<i>Taper</i> [dB] @ 9°	-8.6	-11.4	-13.1	-8.2	-11.3	-13.2

In Fig.1 e Fig.2 si riportano gli andamenti dei diagrammi d'irradiazione di progetto, sia per la componente co-polare che cross-polare, a confronto con quelli gaussiani rispettivamente per il primo e per il secondo *horn*.

Il campo elettrico generato dal *feed* si suppone avere una polarizzazione lineare lungo y , che rappresenterà la componente co-polare; per quanto invece riguarda la componente cross-polare, allineata lungo x , Grasp 8.0 SE impone un altro limite che è quello di trattare componenti cross-polari con identico andamento della componente co-polare, ma scalate in ampiezza. Nel caso dell'*horn* a 5GHz, si sceglie una differenza di ampiezza tra co-polare e cross-polare pari a -30dB, che rappresenta una stima pessimistica della differenza tra il primo massimo della componente cross-polare ed il relativo valore della componente co-polare; tali valori, differenti in funzione della frequenza, sono riportati in Fig. 1.

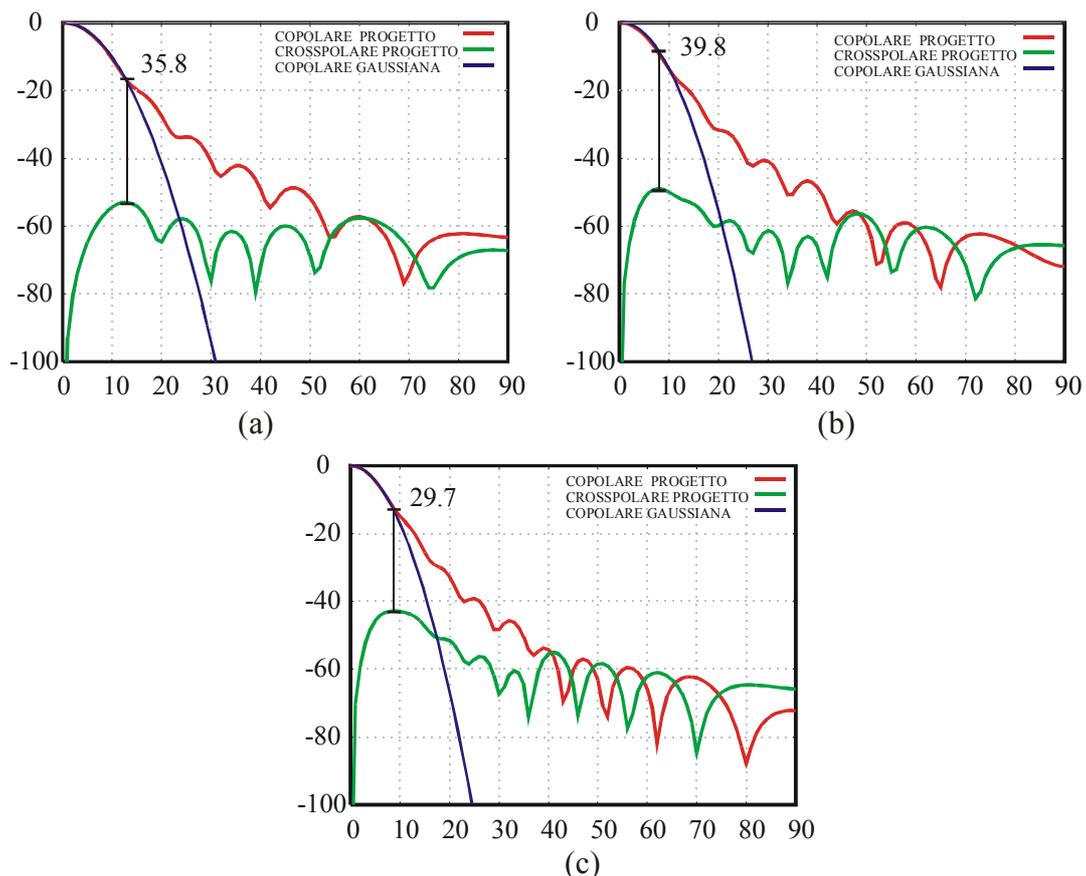


Fig.1 – Diagrammi d'irradiazione del primo *horn* alle frequenze [GHz]: (a) 4.3, (b) 5.05 e (c) 5.8

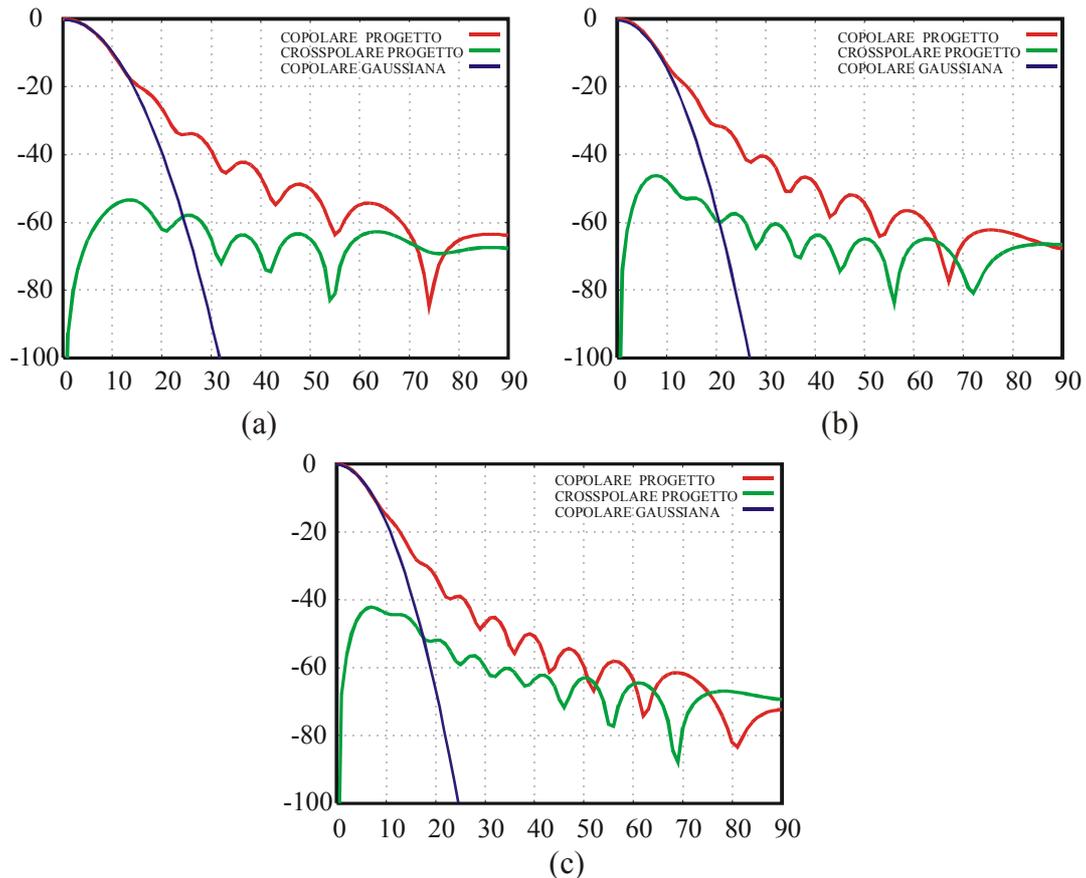


Fig.2 – Diagrammi d’irradiazione del secondo *horn* alle frequenze [GHz]: (a) 5.6, (b) 6.7 e (c) 7.8

In Fig.3 sono invece tracciati gli andamenti delle misure dei diagrammi d’irradiazione effettuate da TILAB per i due piani principali sia per la componente co-polare che cross-polare per il ricevitore a 5GHz [4]; sebbene il modo di trattare la componente cross-polare imposto dalla versione Student Edition di Grasp non corrisponda esattamente alla situazione reale, da Fig.3 si evince che la componente cross-polare non presenta un andamento molto dissimile dalla componente co-polare. Risultano pertanto plausibili le assunzioni introdotte da Grasp 8.0 SE. Dai grafici di Fig.3 il livello relativo co-polare - cross-polare vale -40dB , ma questo riguarda il solo *horn*. Misure del sistema *feed* completo [4] mostrano un livello di cross-polare attestato a -30dB , giustificando quindi il valore assunto nelle presenti simulazioni.

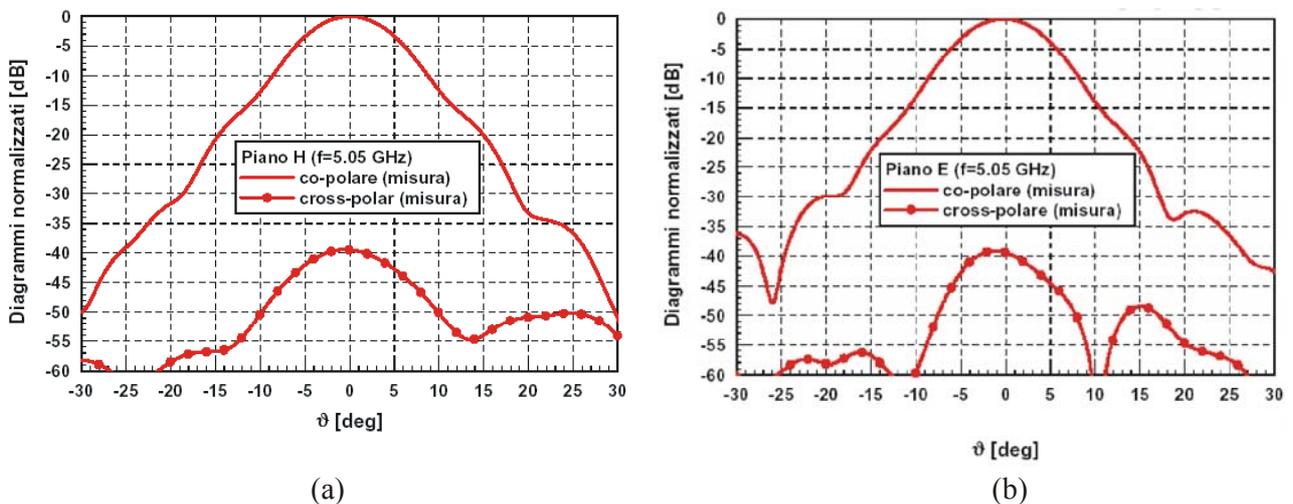


Fig.3 – Diagrammi d’irradiazione misurati dell’*horn* a 5GHz: (a) nel piano H e (b) nel piano E

pari alla distanza tra i due fuochi; inoltre sia l'asse dello specchio secondario che quello del *feed* sono *tiltati* così da coincidere. Questa configurazione d'ora in avanti verrà chiamata disposizione *multi-feed*.

Oggetto del presente lavoro è quello di verificare le prestazioni elettromagnetiche del sistema *multi-feed* così da valutare sia la bontà delle regole geometriche con le quali si sono individuate le posizioni dei *feed* all'interno della *Vertex Room* sia la tolleranza rispetto a tali valori nominali di progetto.

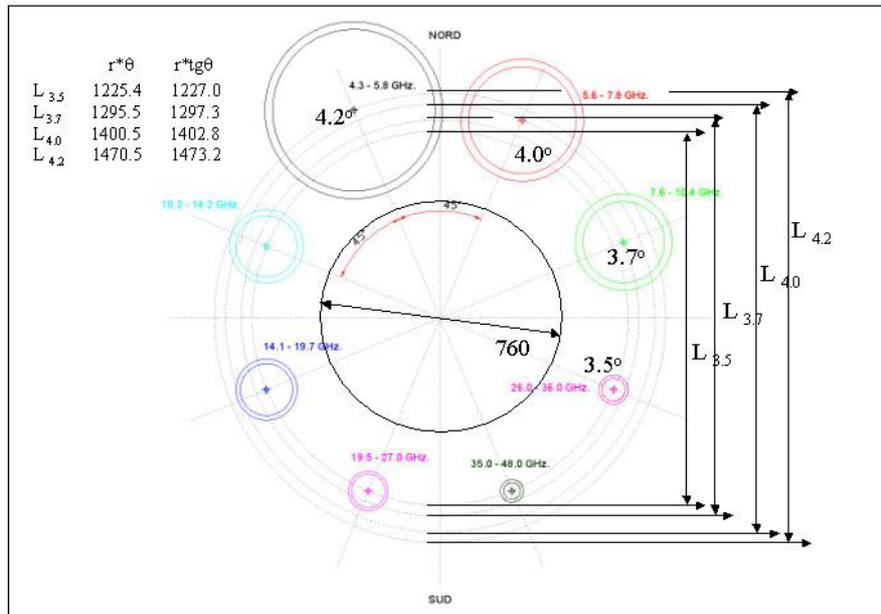
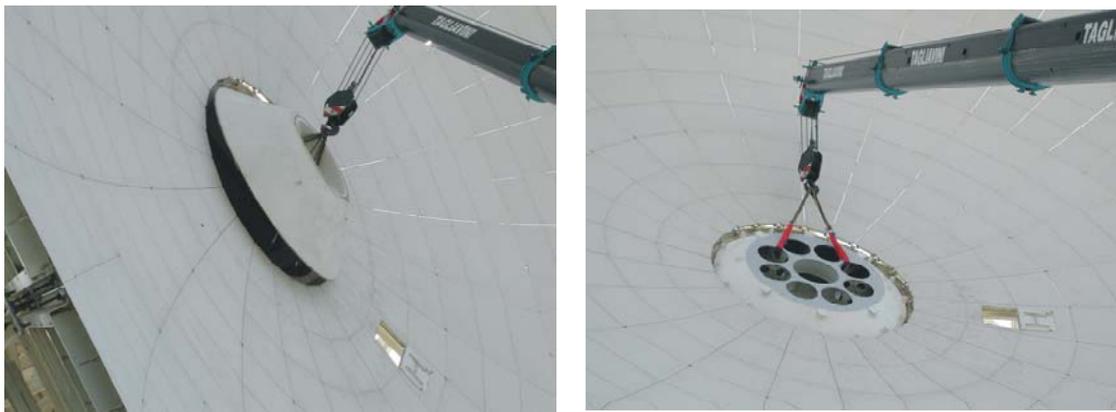


Fig.5 – Disposizione dei feed nella nuova Vertex Room

Due fotografie prima dell'installazione della nuova *Vertex Room* e dopo, sono riportate in Fig.6.



(a)

(b)

Fig.6 – Immagini: (a) della vecchia Vertex Room e (b) della nuova Vertex Room

La presenza degli *strut* di sostegno dello specchio secondario ovviamente altera le prestazioni elettromagnetiche dell'antenna, in particolare l'efficienza e la cross-polarizzazione si degradano, mentre il *Side Lobe Level* aumenta. Purtroppo, le simulazioni effettuate con Grasp SE non consentono di considerare nell'analisi elettromagnetica tali strutture.

Il simulatore elettromagnetico è basato sul metodo di Ottica Fisica; per considerare i contributi di campo diffratto determinati dai bordi dei due riflettori, si ricorre alla sua estensione della *Physical Theory of Diffraction* (PTD).

3. Valutazione delle prestazioni per il sistema *multi-feed*

3.1. Risultati delle simulazioni alla frequenza di 5GHz

Supponendo di illuminare l'antenna a riflettore con il *feed* a 5GHz posto nel fuoco Cassegrain dello specchio secondario si ottengono per le componenti co-polari e cross-polari gli andamenti riportati in Fig.7. Laddove non specificato diversamente, le simulazioni elettromagnetiche relative al ricevitore a 5GHz sono state condotte alla sua frequenza centrale pari a 5.05GHz. Il *feed* risulta distare 12.25λ dall'asse focale.

Data la perfetta simmetria del caso appena proposto, la componente cross-polare è legata esclusivamente al contributo di alimentazione dell'*horn*, che, come detto, vale -30dB rispetto alla componente co-polare. Le differenti curve sono relative a differenti tagli azimutali di osservazione. Gli andamenti riportati in Fig.7(b) relativi alla componente cross-polare soffrono del limite imposto dalla versione a disposizione di Grasp che vincola l'andamento della cross-polare dell'*horn* come identico a quello della componente co-polare.

Nel grafico di Fig.8 sono tracciate invece le componenti co-polare e cross-polari nel caso di *feed* di 5GHz posto nella configurazione *multi-feed*, sempre per i tre tagli azimutali.

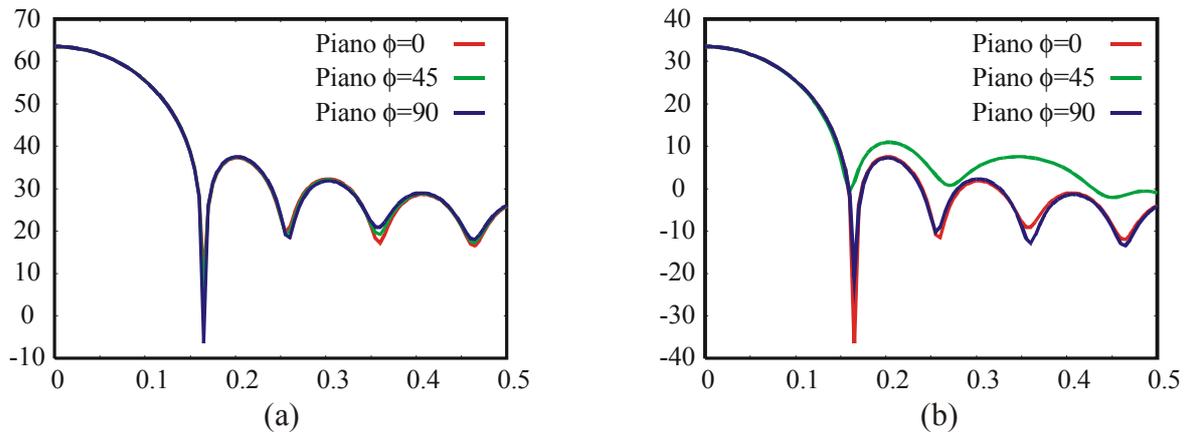


Fig.7 – Diagrammi d'irradiazione dal sistema complessivo con *horn* a 5GHz nel fuoco in vari piani azimutali per componente: (a) co-polare e (b) cross-polare

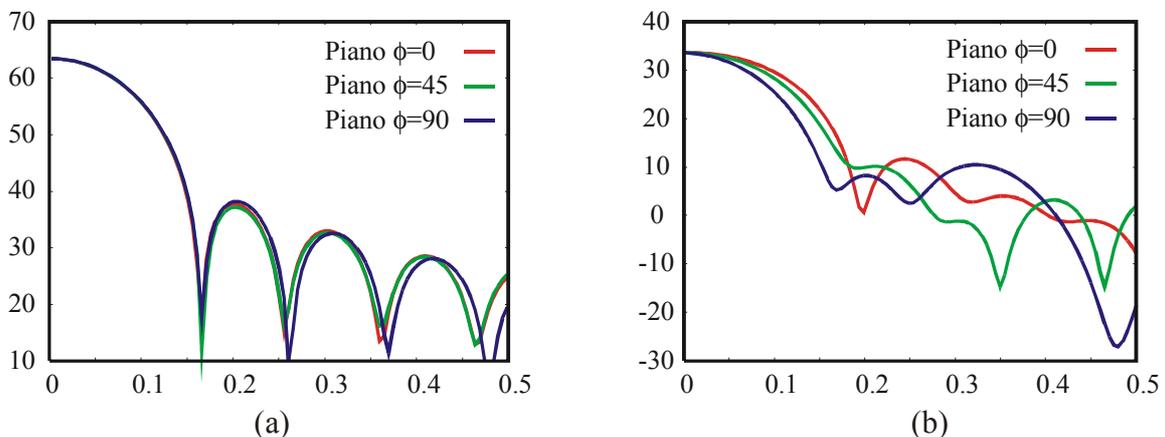


Fig.8 – Diagrammi d'irradiazione dal sistema complessivo con *horn* a 5GHz nella configurazione *multi-feed* in vari piani azimutali per componente: (a) co-polare e (b) cross-polare

Per i diagrammi d'irradiazione nel piano $\phi = 0^\circ$ si riportano in Tab.II i valori dei guadagni per le due componenti per le due posizioni del *feed*, per la componente co-polare risulta interessante conoscere anche il semi-angolo a -3dB . Sempre per le due posizioni del *feed* in Tab.II sono riportate le ampiezze del primo lobo secondario della componente co-polare.

Tab.II – Guadagno ed angolo a -3dB per componente co-polare e cross-polare tra caso a fuoco e *multi-feed*

	Co-polare			Cross-polare
	Massimo	Semi-angolo a -3dB	Primo lobo secondario	Massimo
Sistema a fuoco	63.5dBi	0.063°	37.9dBi @ 0.2°	33.5dBi
Sistema <i>multi-feed</i>	63.5dBi	0.064°	37.7dBi @ 0.2°	33.3dBi

Sulla base dei risultati appena mostrati si evince che:

- Per la componente co-polare la configurazione a fuoco rispetto a quella *multi-feed* non risulta alterare le prestazioni elettromagnetiche né in termini di guadagno né in termini di larghezza del fascio.
- Lo spostamento del *feed* nel piano focale non determina differenti direzioni di puntamento del sistema antenna; la rotazione dello specchio secondario in direzione dell'*horn* (in altre parole l'asse dello specchio secondario passante per il centro di fase dell'*horn*) infatti mantiene il massimo del *pattern* per il sistema *multi-feed* sempre nella stessa direzione di quello per il sistema a fuoco.
- Nonostante sia naturale aspettarsi che la rottura della simmetria di rivoluzione del sistema *multi-feed* possa ripercuotersi prepotentemente nei livelli di cross-polare, dai risultati fin qui ottenuti non sembra che tale componente si degradi eccessivamente; risulta comunque molto difficile tracciare conclusioni definitive sulla componente cross-polare, a causa delle limitazioni di Grasp SE.

Per la stessa struttura in configurazione *multi-feed* si sono effettuate due simulazioni per gli estremi della banda con le caratteristiche dei *feed* riportate in Tab.II; i risultati ottenuti a queste frequenze sono in Tab.III.

Tab.III – Guadagno e semi-angolo a -3dB per componente co-polare agli estremi di banda

Frequenza	Configurazione	Co-polare	
		Massimo	Semi-angolo a -3dB
4.3GHz	Sistema <i>multi-feed</i>	62.0dBi	0.072°
	Sistema a fuoco	62.0dBi	0.072°
5.8GHz	Sistema <i>multi-feed</i>	64.6dBi	0.057°
	Sistema a fuoco	64.6dBi	0.057°

Anche per le frequenze estreme della banda, non si hanno prestazioni differenti tra sistema nominale e *multi-feed*.

Per meglio caratterizzare il comportamento elettromagnetico dello spostamento nel piano focale del *feed*, si è ritenuto importante un'altra configurazione: la nuova situazione analizzata consiste nel porre il *feed* nella posizione *Vertex Room*, senza però *tiltare* lo specchio secondario; la situazione per quanto concerne la geometria dei due specchi è quindi identica a quella della configurazione a fuoco. In questa configurazione sono state effettuate due differenti simulazioni: *feed tiltato*, ovvero con direzione di puntamento del *feed* verso il fuoco primario e non *tiltato*, ovvero con asse del *feed* parallelo all'asse dei due specchi. In entrambi i casi, alla frequenza di 5.05GHz, si ottiene un

massimo del fascio co-polare posto nel piano $\phi = 122.5^\circ$ a $\vartheta = -0.43^\circ$ con valori però sostanzialmente differenti pari rispettivamente a 63.4dBi e 62.2dBi.

Quindi al di là di un forte spostamento della direzione di osservazione, legato alla mancata compensazione dello spostamento del *feed* attraverso una rotazione dello specchio secondario, **il degrado del guadagno non risulta essere significativo laddove il *feed* oltre essere traslato viene anche opportunamente ruotato. E' opportuno insistere sul fatto che lo spostamento angolare del fascio principale di per sé non rappresenta un problema, essendo possibile compensarlo con un aggiustamento della direzione di puntamento dell'antenna, viceversa non è possibile recuperare il degrado del guadagno.**

Il fatto che uno spostamento dall'asse focale del *feed*, pari a d , si ripercuota in una differente direzione di puntamento, pari a ϑ , è tenuto in considerazione dalla seguente formula:

$$\vartheta = BDF \cdot \arctan \left[\frac{d}{f \cdot M} \right] \quad (1)$$

dove BDF rappresenta il *Beam Deviation Factor*, f e M rispettivamente distanza focale dello specchio primario e magnificazione dell'antenna Cassegrain, e pari a $f = 10.259\text{m}$ e $M = 9.48$ per l'antenna di Medicina. Avendo ricavato che per uno spostamento pari a $d = 0.735\text{m}$ corrisponde una direzione pari a $\vartheta = -0.43^\circ$ ed inserendo questi valori nella (1) si ottiene un BDF circa unitario. Tale risultato è coerente con quanto descritto in [6] per antenne Cassegrain con rapporto focale effettivo, considerando quindi anche la magnificazione, molto maggiore di uno. I diagrammi d'irradiazione nel piano $\phi = 122.5^\circ$ per la situazione *tiltata* e non *tiltata* sono riportati per entrambe le componenti co- e cross-polare in Fig.9. In Tab.IV è invece esplicitata l'ampiezza del primo lobo secondario, il semi-angolo a metà potenza ed il valore massimo assunto dalla componente cross-polare.

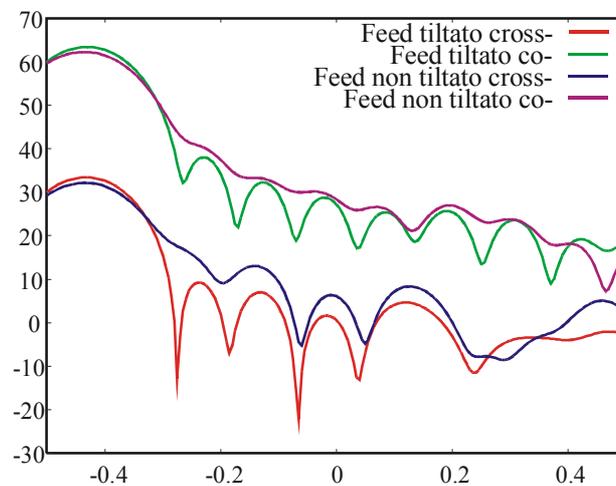


Fig.9 – Diagrammi d'irradiazione con specchio secondario non ruotato

Tab.IV – Principali valori elettromagnetici con specchio secondario non ruotato

	Co-polare		Cross-polare
	Primo lobo secondario	Semi-angolo a -3dB	Massimo
<i>Feed tiltato</i>	38.0dBi @ -0.23°	0.064°	33.4dBi
<i>Feed non tiltato</i>	-(*)	0.0675°	32.2dBi

(*) Il *pattern* della configurazione con *feed* non *tiltato* è tale da non permettere di individuare con precisione i lobi secondari.

3.2. Risultati delle simulazioni alla frequenza di 48GHz

Per valutare la sensibilità del montaggio nella *Vertex Room* alle varie frequenze di lavoro, in questa prima fase anziché implementare esattamente gli altri *feed*, si è ipotizzato di lavorare con lo stesso *feed* fin qui utilizzato non più alla frequenza di 5GHz bensì di 48GHz. Si sono quindi effettuate due differenti simulazioni, entrambe alla frequenza di 48GHz, la prima con *feed* in posizione a fuoco e la seconda con *feed* posto secondo la configurazione *multi-feed*, ovvero *tiltato* di 4.2° (lo specchio secondario risulta *tiltato* della stessa quantità); la leggera differenza di guadagno tra la prima (83.1dBi) e la seconda configurazione (83.0dBi), dimostra come all'interno di una determinata regione prossima al fuoco dell'antenna [2] spostamenti del *feed* anche elevati in termini di lunghezza d'onda (lo spostamento attuale risulta pari a 117.6λ) non provocano degradazioni significative, laddove si abbia l'accortezza di *tiltare* opportunamente il *feed*. In Fig.10 è tracciato il diagramma d'irradiazione per le due componenti, nel piano $\phi = 122.5^\circ$ per le due configurazioni appena descritte. Simulazioni effettuate su differenti tagli azimutali, $\phi = 157.5^\circ$ e $\phi = 202.5^\circ$, forniscono diagrammi molto simili a quelli di Fig.10.

Nella condizione *multi-feed* precedente con *feed* traslato, ma questa volta non *tiltato* si ottiene un guadagno pari a 81.7dBi, con una perdita significativa di circa 1.4dBi. Tale perdita è molto simile a quella ottenuta per 5.05GHz, si può quindi concludere che non dipende dalla frequenza.

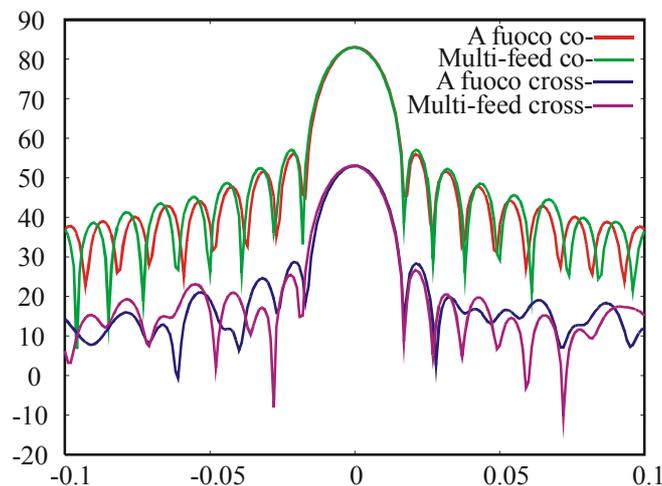


Fig.10 – Diagrammi d'irradiazione alla frequenza di 48GHz

4. Degrado dei parametri per spostamenti del *feed* dalla posizione nominale nella *Vertex Room*

Nel caso di sistema *multi-feed* risulta essere di un certo interesse valutare la tolleranza delle caratteristiche elettromagnetiche rispetto ad eventuali spostamenti del *feed*. Partendo dal sistema di riferimento del *feed* nella posizione nominale all'interno della *Vertex Room* nello schema *multi-feed*, le deviazioni considerate sono le seguenti:

1. *feed* con stessa direzione di puntamento spostato in asse di una quantità pari ad una lunghezza d'onda ($\pm 6\text{cm}$) nella direzione *feed* – asse specchio secondario;
2. *feed* con stessa direzione di puntamento spostato fuori asse nella direzione Nord-Sud (stabilita dalla specchio primario) di una quantità pari ad una lunghezza d'onda ($\pm 6\text{cm}$);
3. *feed* con stessa direzione di puntamento spostato fuori asse nella direzione Ovest-Est (stabilita dallo specchio primario) di una quantità pari ad una lunghezza d'onda ($\pm 6\text{cm}$);

4. *feed* nella stessa posizione con *tilt* angolare del *feed* rispetto al proprio centro di fase pari a $\pm 1^\circ$ (sia in elevazione che in azimuth) tra la direzione dell'asse del *feed* e quella dello specchio secondario.

Nei precedenti casi, non si sono considerati movimenti dello specchio secondario, il quale è rimasto nella sua posizione nominale per il *feed* a 5GHz, ovvero direzione dell'asse ruotato di 4.2° rispetto all'asse del primario e di 112.5° rispetto al piano *xy*. I principali valori ottenuti nelle precedenti quattro configurazioni sono riportati in Tab. V.

Tab.V – Principali valori elettromagnetici nel piano $\phi=0^\circ$ per piccoli spostamenti del *feed*

Caso	Componente co-polare			Componente cross-polare
	Massimo [dBi]	Ampiezza primo lobo secondario [dBi]	Semi-angolo a -3dB	Massimo [dBi]
1 (asse)	63.5	37.4	0.064°	33.3
2 (N-S)	63.4	35-36	0.065°	33-34
3 (O-E)	63.4	34-35	0.065°	33-34
4 (<i>Tilt</i>)	63.4	34-35	0.065°	33-34

Ovviamente il massimo del diagramma d'irradiazione risulta ora spostarsi, e questo è da ricondurre al fatto che l'asse dello specchio secondario non interseca più il centro di fase del *feed*. Nel caso di spostamento nella direzione Ovest-Est si è valutato il *pattern* nel piano $\phi = 0^\circ$ in particolare il valore di massimo è ottenuto per $\vartheta = 0.035^\circ$ e $\vartheta = -0.035^\circ$ rispettivamente per spostamenti in direzione Ovest ed Est. Gli stessi valori si sono ottenuti anche nel caso di spostamento nella direzione Nord-Sud considerando il piano $\phi = 90^\circ$ sempre per $\vartheta = 0.035^\circ$ e $\vartheta = -0.035^\circ$ rispettivamente per spostamenti in direzione Sud e Nord. Inserendo i valori qui ottenuti nella (1) e considerando $d = 0.06\text{m}$, si conferma anche per questa configurazione il valore di *Beam Deviation Factor* precedentemente ottenuto.

Appare interessante visualizzare, in Fig.11, per il caso 3, spostamento Ovest-Est, i diagrammi di radiazione. È così possibile mettere in luce per i due spostamenti, i *tilt* del massimo del lobo principale. Andamento simile si ottiene nel piano $\phi = 90^\circ$ per gli spostamenti nella direzione Nord-Sud.

Il sistema risulta quindi essere piuttosto robusto all'imprecisione meccanica sul posizionamento del *feed*.

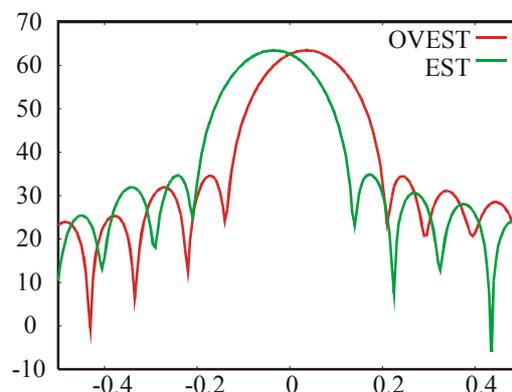


Fig.11 – Diagrammi d'irradiazione nel caso 3 per componente co-polare nel piano $\phi=0^\circ$

5. Stima del campo di vista

In questa sezione si cerca di dare una stima del campo di vista del sistema, ovvero il massimo spostamento del *feed* nel piano focale, con relativo *tilt* dello specchio secondario, senza che si alterino eccessivamente le prestazioni del sistema; si è supposto quindi di utilizzare sempre lo stesso *feed* a 5GHz in tre differenti posizioni: posizione a fuoco (detta posizione 0), posizione nominale nella *Vertex Room* distante quindi 12.25λ dall'asse focale (detta posizione 1) ed infine *feed* spostato sempre nel piano $\phi=112.5^\circ$ di 40λ dall'asse focale (detta posizione 2). Quest'ultima posizione prevede un *tilt* del *feed* pari a 13.32° anziché i precedenti 4.2° . In tutti i tre casi, asse del *feed* ed asse dello specchio secondario coincidono. I diagrammi d'irradiazione per la componente co-polare e cross-polare sono riportati per il piano $\phi=112.5^\circ$ in Fig.12, mentre i guadagni per la componente co-polare sono riportati in Tab.VI; in tale figura si mette in luce il comportamento dei diagrammi d'irradiazione nella zona del massimo.

Tab.VI – Differenze di guadagno per spostamenti del *feed*

Posizione	Guadagno
Posizione 0	63.5dBi
Posizione 1	63.5dBi
Posizione 2	63.0dBi

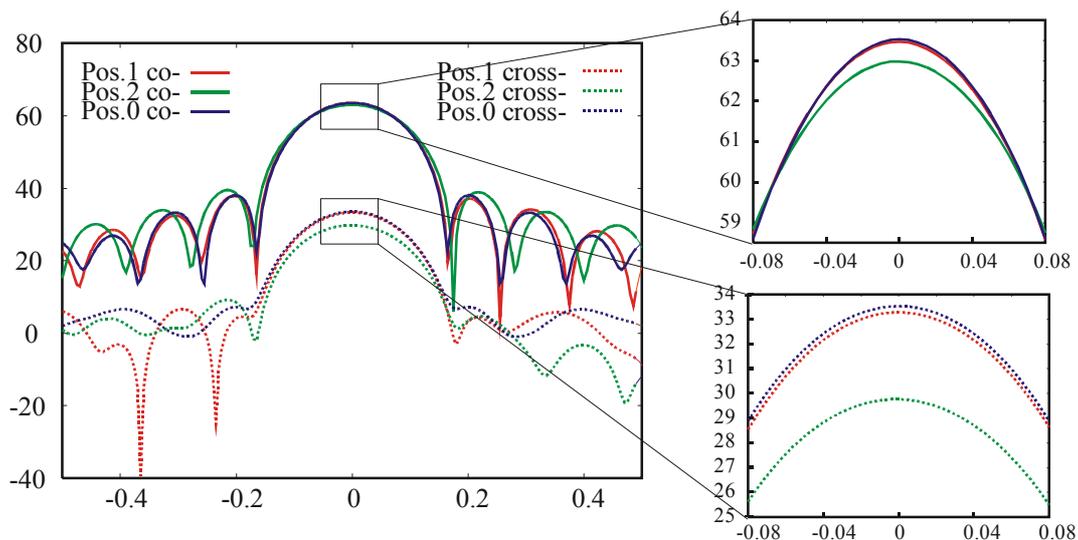


Fig.12 – Diagrammi d'irradiazione per la valutazione del campo di vista

Uno spostamento di 40λ determina una perdita di guadagno di circa 0.5dBi pari, in termini percentuali, a -6% di efficienza totale; questo valore risulta essere una soglia attendibile per definire il campo di vista. Infine anche in questo caso, ovvero in presenza di un elevato spostamento del *feed*, non risultano differenti direzioni di puntamento dell'antenna, purché l'asse dello specchio secondario continui a puntare il *feed* stesso. L'ottimo risultato in termini di campo di vista qui ottenuto è relativo ad un *feed* ruotato così da puntare il fuoco primario.

Il caso ora descritto, sebbene di elevato interesse nella valutazione del campo di vista teorico, risulta solo ipotetico in quanto, per motivi meccanici, la rotazione massima dello specchio secondario non può superare i 4.2° . Si è pertanto effettuato un'ulteriore prova, più interessante dal punto di vista applicativo, considerando lo specchio secondario ruotato secondo il valore massimo (4.2°) e mantenendo il *feed* nella condizione precedente (traslato di 40λ e ruotato di 13.32°). In questo caso il guadagno si attesta al valore di 61.9dBi, ovvero con una perdita complessiva rispetto alla precedente posizione 0 (a fuoco) pari a 1.6dBi, inoltre il *beam* si sposta nella nuova direzione pari a

-0.935° . Infine non considerando nessun *tilt* dello specchio secondario il nuovo valore di guadagno sarebbe 58.9dBi (a -1.36°). Rispetto al caso descritto nel §3.1, dove il valore di guadagno risultava indipendente dalla rotazione dello specchio secondario, lo spostamento del *feed* è ora talmente significativo da alterare le prestazioni anche in termini di guadagno laddove l'asse dello specchio secondario non interseca il centro di fase del *feed*.

Si supponga ora di traslare sempre nel piano $\phi = 112.5^\circ$ il *feed* di una quantità contenuta pari a $7\lambda = 0.416\text{m}$ ($x = -0.159\text{m}$ e $y = 0.384\text{m}$), senza comunque *tiltarlo*, lo specchio secondario viene invece ruotato di un angolo $\theta = 2.37^\circ$ così da intercettare il *feed* stesso; risulta così un guadagno pari a 63.0dBi con un perdita rispetto al sistema a fuoco di 0.5dBi.

Il caso appena trattato risulta differente da tutti i precedenti: si tratta infatti di specchio secondario ruotato e *feed* traslato, ma non *tiltato*. È interessante osservare che anche in questo caso non si ha uno spostamento della direzione di puntamento dell'antenna e questo è legato al fatto che l'asse dello specchio secondario interseca il centro di fase del *feed*.

Supponendo di definire il campo di vista come la regione al cui interno la perdita di guadagno dovuta a spostamenti laterali del *feed* risulta essere inferiore a 0.5dBi, si ha che il raggio di tale regione vale 40λ o 7λ , rispettivamente nel caso di *feed tiltato* e non *tiltato*.

L'ultima configurazione descritta risulta avere un certo interesse in vista del nuovo sistema *feed-array* a 22GHz che verrà montato sul fuoco secondario dell'antenna di Medicina; questo sistema avrà un *feed* posto esattamente nel fuoco mentre gli altri 4 *feed* saranno ovviamente fuori fuoco ed anche non *tiltati*; inoltre anche lo specchio secondario risulterà non *tiltato*. Si ripete pertanto l'ultima simulazione con *feed* posto a 7λ dal fuoco secondario non *tiltato* e specchio secondario anch'esso non *tiltato*. Questa configurazione richiama quella riportata nella seconda riga di Tab.IV con la differenza che la situazione attuale prevede uno spostamento laterale del *feed* più contenuto della precedente a 5GHz (7λ contro 12.25λ); come era lecito attendersi, la simulazione effettuata restituisce, differentemente da quella a 12.25λ , un buon valore di guadagno (63.1dBi) con un puntamento angolare del *beam* pari a -0.245° .

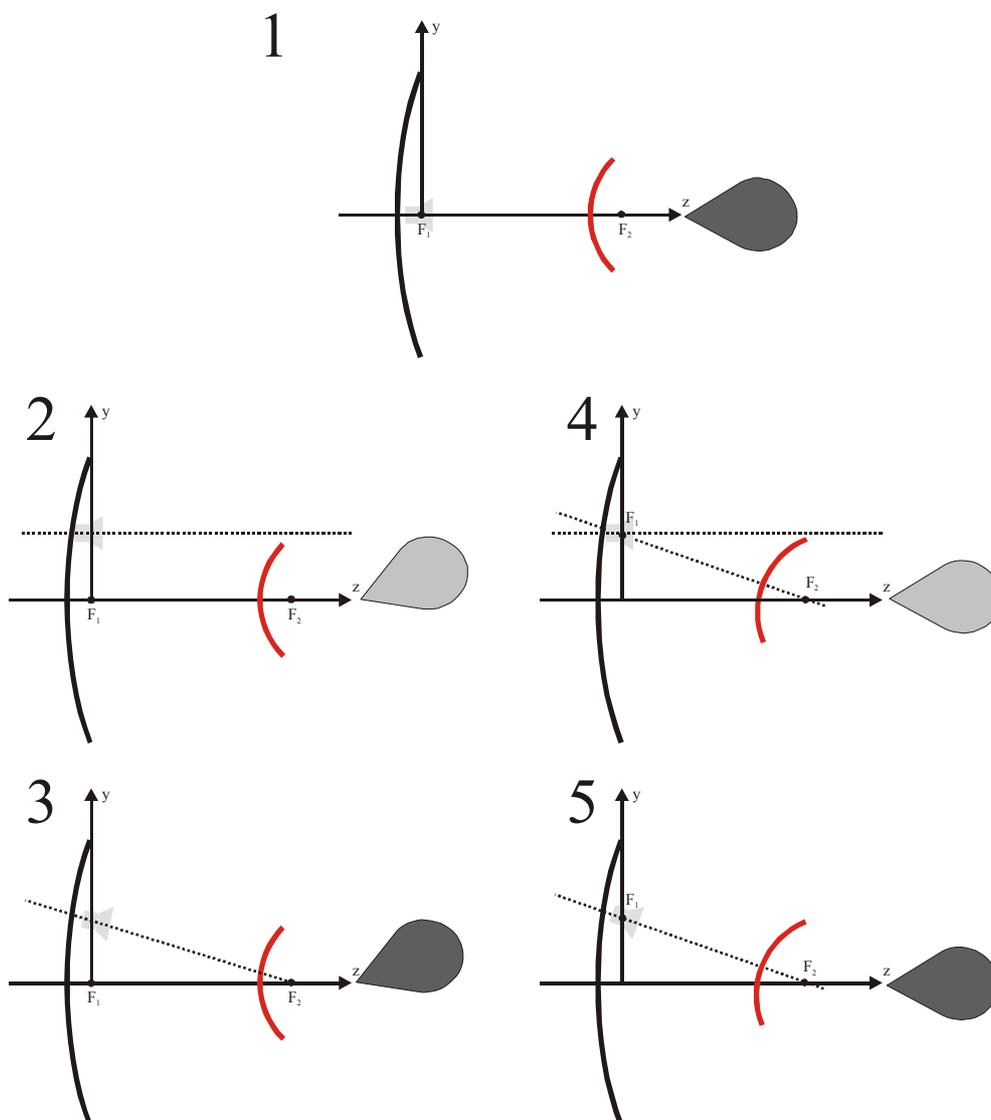
Bibliografia

- [1] A. Monorchio, G. Tofani, "Calcolo delle prestazioni delle antenne di Medicina e di Noto in presenza di rotazione angolare del subriflettore," Arcetri Technical Report, n. 8/1995, Dicembre 1995.
- [2] Veruttipong, Galindo-Israel, Imbriale, "Low-loss offset feeds for electrically large symmetric dual-reflector antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-35, n. 7, July 1987.
- [3] TICRA Engineering Consultants, Technical Description of Grasp 8 version 8.2.5, Copenhagen, Denmark, March 2002.
- [4] Rapporto di misura, Illuminatore 5 GHz per il Radiotelescopio di Medicina, Telecom Lab, Antenna and Microwave Technologies, Giugno 2003.
- [5] A.C. Ludwig, "The definition of cross polarization," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-21, pp. 116-119, Jan. 1973.
- [6] J.W.M. Baars, "Characteristics of a reflector antenna," *ALMA Memo 456*, April 2003.

APPENDICE A

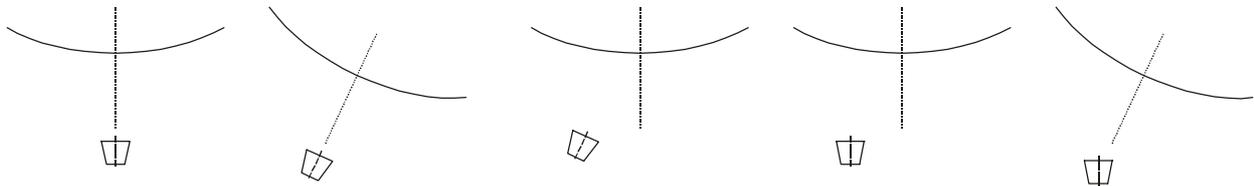
In questa appendice si riportano alcune conclusioni riassuntive e schematiche relative alla deviazione angolare del *beam* in funzione della rotazione degli specchi e del *feed*. Si sono considerati cinque casi differenti con i relativi disegni. Per il *beam* sono stati utilizzati due differenti colori in funzione dell'intersezione tra l'asse del *feed* ed il fuoco primario.

	Specchio Primario	Specchio Secondario	<i>Feed</i>	<i>Beam</i>
1	In asse	In asse	Nel fuoco - In asse	In asse
2	In asse	In asse	Fuori fuoco - In asse	<i>Tiltato</i>
3	In asse	In asse	Fuori fuoco - <i>Tiltato</i>	<i>Tiltato</i>
4	In asse	<i>Tiltato</i>	Fuori fuoco - In asse	In asse
5	In asse	<i>Tiltato</i>	Fuori fuoco - <i>Tiltato</i>	In asse



APPENDICE B

Nella presente appendice si riporta una panoramica sui risultati ottenuti per le varie configurazioni *feed* - subriflettore analizzate.



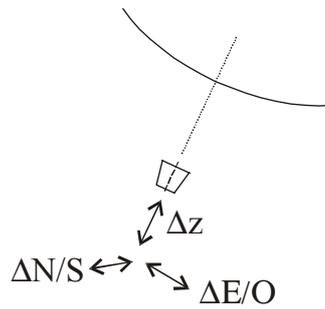
Specchio secondario non *tiltato* – *feed* non *tiltato* e a fuoco Specchio secondario *tiltato* – *feed* *tiltato* e traslato Specchio secondario non *tiltato* – *feed* *tiltato* e traslato Specchio secondario non *tiltato* – *feed* non *tiltato* e traslato Specchio secondario *tiltato* – *feed* non *tiltato* e traslato

Distanza <i>feed</i> - asse focale pari a 12.25λ - frequenza 5GHz				
G = 63.5dBi	G = 63.5dBi	G = 63.4dBi	G = 62.2dBi	(*)G = 62.2dBi
HPBW/2 = 0.063°	HPBW/2 = 0.064°	HPBW/2 = 0.064°	HPBW/2 = 0.0675°	HPBW/2 = 0.0667°
Cross < -30dBi	Cross < -30.2dBi	Cross < -30dBi	Cross < -30dBi	Cross < -30dBi
1 st lobe = -25.7dBi	1 st lobe = -25.8dBi	1 st lobe = -25.4dBi	1 st lobe = NA	1 st lobe = NA
<i>Beam</i> in asse	<i>Beam</i> in asse	<i>Beam</i> fuori asse	<i>Beam</i> fuori asse	<i>Beam</i> in asse
Distanza <i>feed</i> - asse focale pari a 117.6λ - frequenza 48GHz				
G = 83.1dBi	G = 83.0dBi		G = 81.7dBi	
HPBW/2 = NA	HPBW/2 = NA		HPBW/2 = NA	
Cross < NA	Cross < NA		Cross < NA	
1 st lobe = NA	1 st lobe = NA		1 st lobe = NA	
<i>Beam</i> in asse	<i>Beam</i> in asse		<i>Beam</i> in asse	
Distanza <i>feed</i> - asse focale pari a 40λ - frequenza 5GHz				
	G = 63.0dBi			
	HPBW/2 = NA			
	Cross < NA			
	1 st lobe = NA			
	<i>Beam</i> in asse			
Distanza <i>feed</i> - asse focale pari a 7λ - frequenza 5GHz				
			G = 63.1dBi	G = 63.0dBi
			HPBW/2 = NA	HPBW/2 = NA
			Cross < NA	Cross < NA
			1 st lobe = NA	1 st lobe = NA
			<i>Beam</i> fuori asse	<i>Beam</i> in asse

(*) Simulazione non commentata all'interno del rapporto.

APPENDICE C

L'ultima appendice è relativa al riepilogo sulla sensibilità alla precisione di montaggio del *feed*.



	G (dBi)	Cross (dBi)	HPBW / 2	1 st lobe (dBi)
$\Delta z = \pm \lambda$	63.5	< -30.2	0.064°	-26.1
$\Delta N/S = \pm \lambda$	63.4	< -29.4	0.065°	-27.4
$\Delta E/O = \pm \lambda$	63.4	< -29.4	0.065°	-28.4
Tilt = $\pm 1^\circ$	63.4	< -29.4	0.065°	-28.4