

**COMPLETAMENTO DELLA AGILITA' IN FREQUENZA
PER L'ANTENNA PARABOLICA DI MEDICINA**

**A. Orfei, G. Maccaferri, M. Morsiani,
J. Roda, G. Zacchioli**

Rapporto Interno IRA 387/06

File d:/ProgettiInCorso/NuovaVertex/IRA387-06Agility.doc

INDICE

1. Un lavoro più che decennale.....	pag. 2
2. Nuova struttura meccanica per l'agilità in fuoco secondario.....	pag. 7
3. Gli attuali ricevitori montati.....	pag. 9
4. La messa in opera del ricevitore 6÷7GHz montato traslato.....	pag. 11
5. Conclusioni.....	pag. 11
6. Riferimenti.....	pag. 12

1. UN LAVORO PIU' CHE DECENNALE

Questo rapporto interno tratta della fase conclusiva di un lunghissimo lavoro di ristrutturazione dell'antenna parabolica di Medicina la cui descrizione è contenuta in [1], un rapporto tecnico che apparve nel 1995, ma che fu concepito e scritto in forma di relazione in realtà nel 1994.

In quel rapporto si descrivevano tutta una serie di azioni di sviluppo da intraprendere sull'antenna, aventi come fine ultimo il poter far affidamento su un apparato rinnovato, al passo con le necessità, migliorato nelle sue prestazioni e nella sua capacità osservativa, quest'ultima da essere intesa non solo come miglioramento della sensibilità ma anche come accresciuta affidabilità e incremento del numero di osservazioni possibili nell'arco dell'anno.

Riportiamo qui sinteticamente ciò che il predetto rapporto elencava come necessario:

- 1) riverniciatura antenna
- 2) rifacimento totale del sistema rotaia
- 3) aumento della frequenza di lavoro dell'antenna tramite implementazione di una superficie attiva.
All'epoca si pensava di poter avere come frequenza-obiettivo la banda dei 43GHz. Questo punto portava inevitabilmente con sé anche la necessità del successivo punto 4
- 4) miglioramento delle prestazioni del puntamento d'antenna, il che si traduce in un miglioramento dei residui di compensazione degli errori sistematici e uno studio sui non sistematici
- 5) ristrutturazione dei due fuochi dell'antenna in ordine all'ottenimento di un cambio veloce e automatico di tutti i ricevitori disponibili (la cosiddetta "agilità in frequenza"). Questo punto portava con sé la ricollocazione dei ricevitori nei due fuochi d'antenna e la necessità dei successivi punti 6 e 7
- 6) movimentazione del subriflettore in ordine a un cambio veloce e automatico tra fuoco primario e secondario
- 7) ristrutturazione della cabina di fuoco secondario, sia per soddisfare l'esigenza della agilità in frequenza, sia per soddisfare un ulteriore obiettivo aggiuntivo, così schematizzabile
- 8) copertura continua di frequenza, almeno da 4GHz fino alla banda dei 43GHz, con ricevitori di nuova generazione

A distanza di più di una decina d'anni e in occasione del completamento dell'ultimo passo può valer la pena di tirare le somme del lavoro fin qui svolto confrontando la lista elencata e i risultati conseguiti.

Il *punto 1* fu effettuato subito nel 1994.

Il *punto 2* richiese molti anni di indagine e ben tre cantieri di lavoro, negli anni 1996 [2], 2000 e 2001. Alla fine però possiamo ben dire di aver trovato una soluzione nuova e migliorativa dell'originale risalente alla costruzione dell'antenna (fig. 1,2,3)

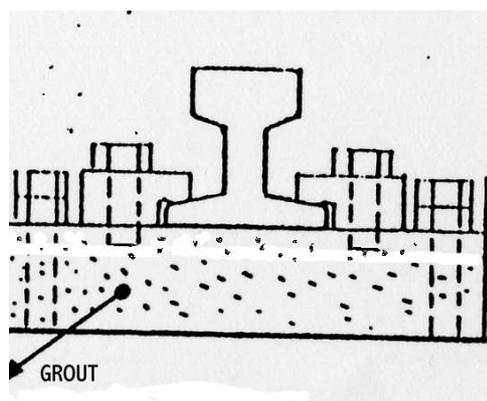


Fig. 1 Vecchia soluzione



Fig. 2 Nuova soluzione



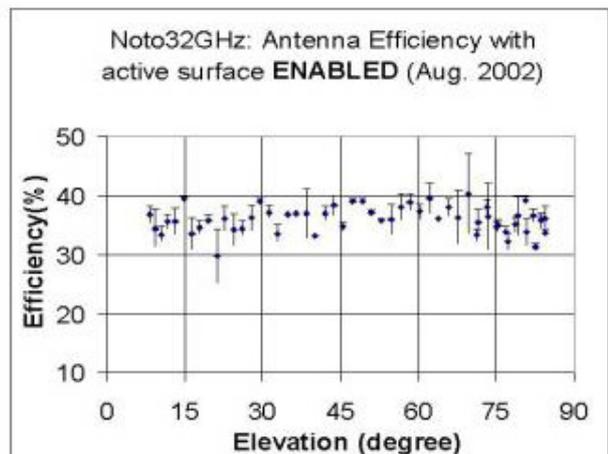
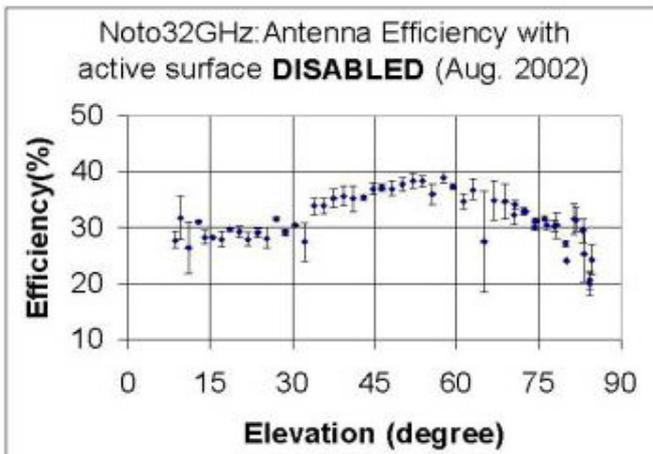
Fig. 3 Nuova soluzione completata

Il *punto 3* è stato portato a compimento nel 2001, ma non sull'antenna di Medicina bensì sulla gemella di Noto [3,4,5,6,7], fig.4.



Fig. 4 Attuatori montati sulla back-up structure dell'antenna di Noto

I risultati sono positivi, e anzi esiste la fondata speranza di poter fare lavorare l'antenna anche fino a 86GHz.



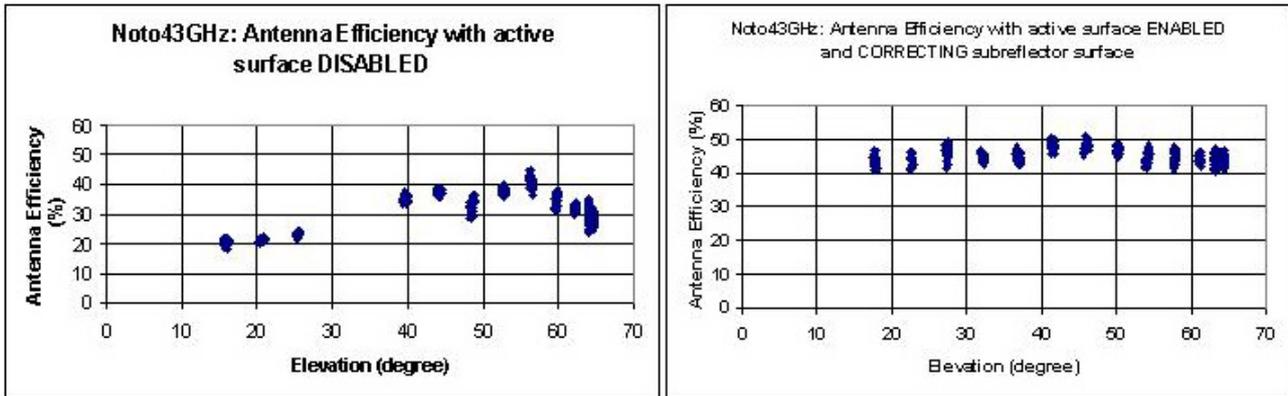


Fig.5 Confronto con e senza superficie attiva a 32 e 43GHz

Il *punto 4* è stato completato nel 2003 con l'installazione del nuovo servocontrollo dell'antenna. Tale fase era stata preceduta dalla installazione di un sistema simile all'antenna di Noto l'anno precedente. Questo lavoro, insieme a una elettromeccanica di subriflettore più precisa e moderna, si veda il commento relativo al successivo punto 6 e la soluzione del problema rotaria prima menzionato, ci consentono ora di avere una prestazione di puntamento con residui rms di circa 8 arcsec e stabilità di tracking inferiore all'arcsec. Questo dato è compatibile con osservazioni a 43GHz (HPBW \approx 60") solo a livello di HPBW/5, più marginalmente a 86GHz (HPBW \approx 30"), tuttavia migliora considerevolmente la prestazione che si otteneva dieci anni fa pari a un rms di 20"! A tal proposito sarà decisiva la ideazione di sistemi di misura, metrologia, degli effetti non sistematici che agiscono sul puntamento d'antenna, ovvero temperatura e vento. Un pò di lavoro era stato affrontato a Medicina nei primi anni '90 [8,9], ora tornato di attualità con la costruzione della nuova antenna SRT.

Il *punto 5* consisteva nel ricollocare alcune frequenze, la banda L per intenderci, da fuoco secondario a primario in modo da liberarsi dell'enorme dimensione dell'horn a 1.4/1.6GHz e quindi guadagnare lo spazio sufficiente in fuoco secondario per collocare tutte le frequenze da 4GHz alla banda di 43GHz. Tale ricollocazione è avvenuta nel 1995 costruendo un nuovo ricevitore banda L per fuoco primario [10], fig.6.

Il *punto 6* è stato portato a compimento nel 1996 con l'installazione di una nuova movimentazione per il subriflettore [11,12,13,14]. Per inciso, un sistema simile fu poi montato l'anno dopo anche all'antenna di Noto, fig. 6.



Fig. 6 Coesistenza della scatola ricevitori nelle bande S/X/K/L e il subriflettore

Il *punto 7* è stato effettuato nel 2003, contestualmente alla messa in opera del nuovo servoantenna. Ciò ha comportato anche il completo ricablaggio dell'antenna [15], fig. 7.



Fig. 7 Nuova sala vertex-room: rack strumenti (sinistra) e cablaggio

Attualmente il cablaggio e gli strumenti montati consentono la gestione di 9 ricevitori remotamente controllabili. Rimane invariata la gestione degli ulteriori ricevitori di fuoco primario (quattro bande), il cui segnale IF viene instradato in sala controllo con opportuni switch coassiali posti in vertex room.

Il *punto 8*, marcato in rosso, è ciò che rimane da portare a compimento, a parte un'auspicabile implementazione della superficie attiva anche a Medicina. Un primo esemplare di ricevitore di nuova generazione è pressochè completato (fig. 8,9), tuttavia molto rimane da fare per ottenere una copertura continua di frequenza [15].



Fig. 8 Feed system nella banda 4.3÷5.8GHz

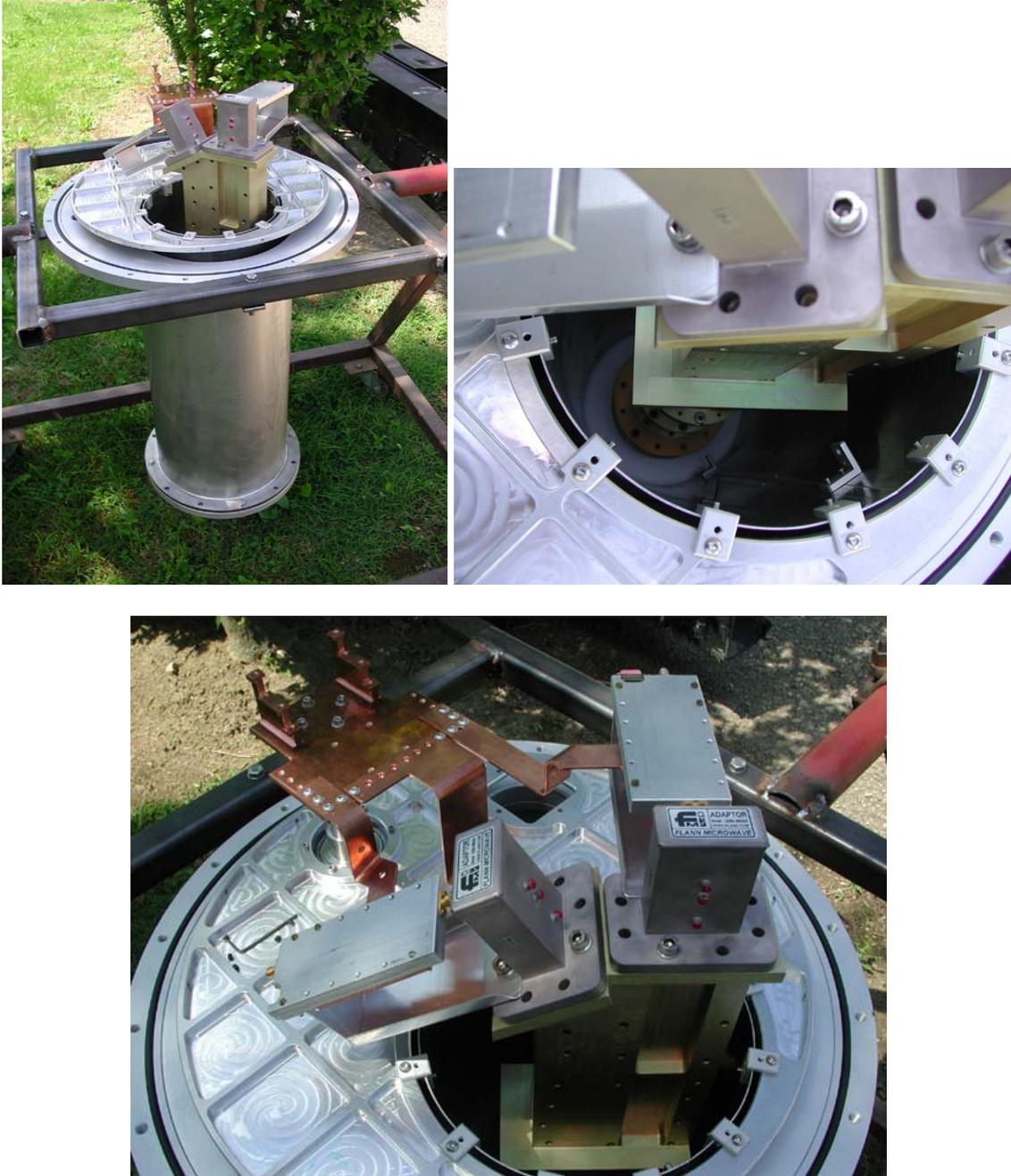


Fig. 9 Dewar del nuovo sistema ricevente 4.3÷5.8GHz

Al momento sono riempiti due dei nove fori alle due bande 5 e 6GHz, tuttavia i ricevitori in uso sono molto datati. Nei prossimi capitoli si descrive l'attuale situazione.

2. NUOVA STRUTTURA MECCANICA PER L'AGILITA' IN FUOCO SECONDARIO

La prima fase di attuazione della agilità in frequenza consistette nel rendere veloce e automatico il cambio fra ricevitori di fuoco primario evitando così di montare e smontare il subriflettore (ciò implicava anche la soluzione della coesistenza meccanica della scatola SXKL e dello specchio). Il completamento della "agilità" consisteva nel rendere veloce anche il cambio tra ricevitori in fuoco cassegrain: la soluzione adottata fu quella di montare un certo numero di sistemi, quanti necessari a coprire in modo continuo la banda 4÷48GHz, sull'area di fuoco del sistema ottico cassegrain, area che è ampia e pari a un cerchio di diametro di circa 1.5m. I ricevitori così traslati rispetto al fuoco cassegrain dovevano venire inclinati in direzione del fuoco primario e, contemporaneamente, il subriflettore veniva anch'esso ruotato, con centro di rotazione ancora il fuoco primario, fino a puntare il centro di fase dell'horn [16]. In questo modo è lo specchio secondario che va a scegliere il ricevitore che si vuole usare, semplicemente cambiando l'orientazione di tilt dello specchio, fig. 10

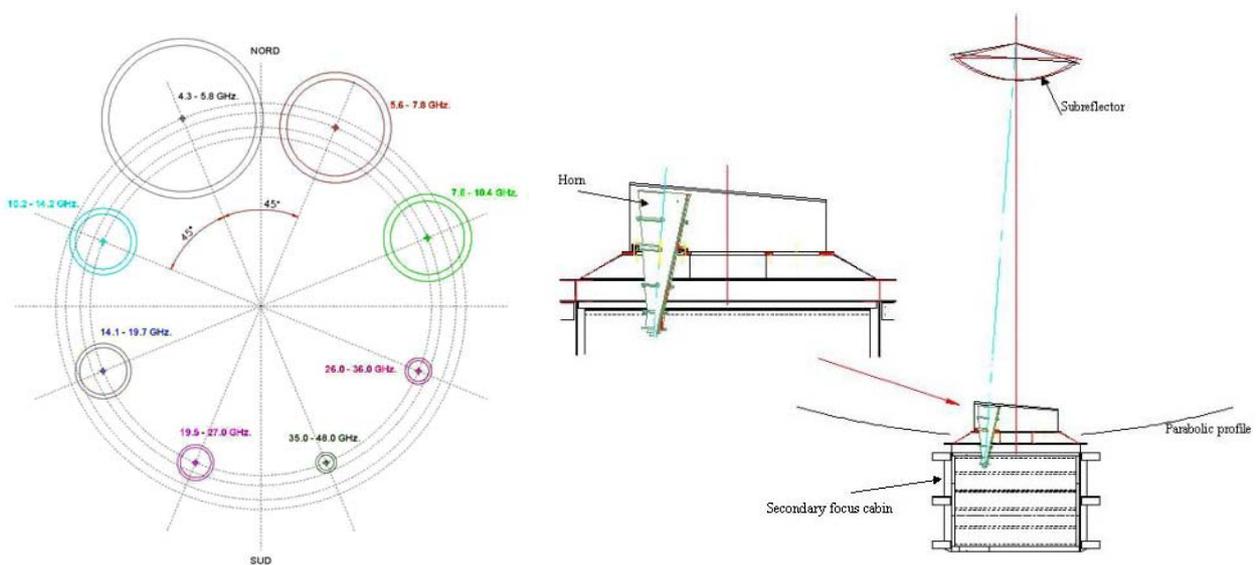


Fig. 10 Pianta della disposizione ricevitori

Vista laterale del puntamento di ogni ricevitore

Successive verifiche con simulatori elettromagnetici hanno confermato come questa disposizione sostanzialmente non variava l'efficienza d'antenna o comunque le prestazioni complessive, lobi laterali, cross, ecc. [17,18,19]. Questo sistema ha qualcosa di simile a quanto adottato nelle antenne VLBA e VLA, tuttavia la differenza più rimarchevole è che mentre nel VLBA il subriflettore può puntare solo una circonferenza, ove dunque sono obbligati a essere montati tutti i ricevitori, nel nostro caso è disponibile tutta l'area sottesa dalla circonferenza, in quanto la movimentazione del subriflettore permette il tilt di tutti gli angoli compresi tra 0° e 4.2°. Quest'ultimo valore corrisponde alla circonferenza su cui verranno effettivamente montati i ricevitori a frequenza più bassa.

E' stato dunque affrontato un progetto meccanico di nuova struttura che sostituisse l'originale. Quest'ultima contemplava solo un foro centrale ove veniva montato, a richiesta, il ricevitore necessario, fig. 11; la nuova invece prevede nove fori, otto laterali e uno centrale, fig. 12 (esterno), fig. 13 (interno). In fig. 15 sono riportate le dimensioni dei fori.



Fig. 11 Struttura originale di fuoco cassegrain, un solo foro centrale



Fig. 12 Nuova struttura con nove fori (esterno)



Fig. 13 Nuova struttura con nove fori (interno)

3. GLI ATTUALI RICEVITORI MONTATI

Attualmente sono stati occupati due dei nove fori, per collocare le prime bande della copertura in frequenza ipotizzata. Tali ricevitori non sono ancora quelli a banda larga, tuttavia dal punto di vista della agilità in frequenza, rispondono all'esigenza di un cambio veloce. In fig. 14 è mostrata la coppia di ricevitori a 5GHz (4.65÷5.15GHz) e 6GHz (6÷7GHz).



Fig. 14 I due ricevitori attualmente montati in vertex room

Il primo, montato nel foro centrale, è l'ormai storico ricevitore, costruito ancora vent'anni fa, e che dovrà essere sostituito con uno nuovo come descritto a pag. 5 e 6 di questo rapporto. Il secondo, montato spostato ove in fig. 15 è mostrata l'orientazione a 22.5° a Nord-Ovest, in realtà beneficia dell'esistenza del sistema feed nuovo (fig. 8) nella banda 4.3÷5.8GHz con l'ultimo pezzo di horn riprogettato, per far sì di poter lavorare decentemente nella banda 6÷7GHz.

Le IF di uscite dei ricevitori afferiscono al rack strumenti (fig. 7) e il 6GHz usa una elettronica di conversione che sarà in comune col nuovo 5GHz [20], fig. 16.

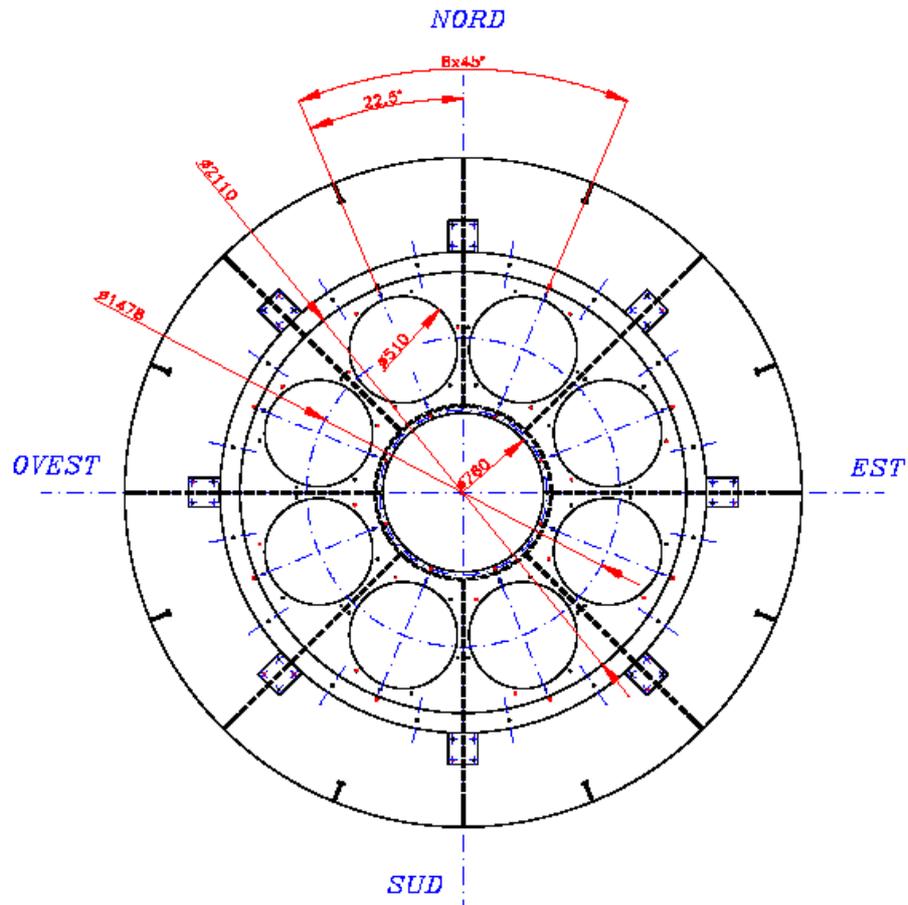


Fig. 15 Orientazione dei fori e ricevitori in vertex room



Fig. 16 Down conversions per i ricevitori 5 e 6-7GHz

4. LA MESSA IN OPERA DEL RICEVITORE 6÷7GHz MONTATO TRASLATO

La messa in opera del ricevitore montato traslato consiste nel verificare innanzitutto la bontà del puntamento. Considerando che l'illuminazione d'antenna che deriva dalla geometria di fig. 10 non introduce alcun errore di puntamento [18], si era confidenti che, se la struttura meccanica era stata progettata e montata con adeguata precisione le sorgenti dovevano essere visibili immediatamente anche usando il modello di puntamento del ricevitore 5GHz montato al centro. In [21] si dà la descrizione di queste prove, ma si anticipa subito che in effetti la collocazione spostata del ricevitore ha subito puntato la sorgente, praticamente sul picco del fascio d'antenna!, stando ciò a confermare la precisione del lavoro meccanico e anche la corretta simmetria dell'illuminazione dell'horn di nuova progettazione.

5. CONCLUSIONI

L'agilità in frequenza raggiunta è stata una innovazione molto importante. Ha permesso di più che raddoppiare il numero totale di cambio ricevitori in un anno [22], secondo i dati forniti ad appena due anni dalla sua prima installazione per il fuoco primario: dati aggiornati a oggi sicuramente migliorerebbero questo numero e l'attuale ultimo passo in fuoco secondario permetterà un ulteriore incremento. Il meccanismo di agilità è poi remoto e automatico, per cui può essere inserito come comando in schedula, può essere effettuato da computer remoto e velocizza tutte le operazioni di impostazione del sistema osservativo. A tal proposito si riporta, in Tab. 14 lo schema dei tempi di commutazione dei vari ricevitori:

TEMPI di COMMUTAZIONE tra RICEVITORI					
	SX/XX/SS	LL/LH	KK	CC	CH
SX/XX/SS		46"	26"	3'25"	3'25"
LL/LH	46"		22"	3'20"	3'20"
KK	26"	22"		3'21"	3'21"
CC	3'25"	3'20"	3'21"		3"
CH	3'25"	3'20"	3'21"	3"	

Tab. 14 I numeri della agilità in frequenza

Legenda dei codici ricevitori: SX (2/8GHz contemporanei)

XX (8GHz, 3.6cm)

SS (2GHz, 13cm)

LL (1.6GHz, 18cm)

LH (1.4GHz, 21cm)

CC (5GHz, 6cm)

CH (6GHz, 5cm)

KK (22GHz, 1.3cm)

Il sistema di agilità migliora l'affidabilità di impostazione di una osservazione in quanto evita di connettere e disconnettere cavi e dispositivi. Da ultimo, il sistema di agilità migliora la sicurezza sul lavoro in quanto evita di dover montare e smontare grosse apparecchiature a grandi altezze, come ad esempio si faceva con il subriflettore: un apparato da 800kg posto a 20m d'altezza, da muovere con una gru e con il lavoro di 4 persone impegnate per alcune ore. Naturalmente l'operazione era impossibile in presenza di forte vento, pioggia, neve, escludendo così la preparazione della osservazione richiesta.

Ora, con un click di un mouse o un comando impostato a computer qualunque ricevitore può essere selezionato.

6. RIFERIMENTI

1. A. Orfei, G. Maccaferri, S. Mariotti, M. Morsiani, G. Zacchioli
"Proposta operativa per un aggiornamento delle prestazioni della parabola VLBI di Medicina"
Rapp. Int. IRA 206/95
2. G. Zacchioli, A. Orfei, M. Morsiani
"Lavori di sostituzione rotaia e ruote alla antenna VLBI di Medicina"
Rapp. Int. IRA 233/97
3. A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri, J. Roda, F. Fiocchi
"The active surface system of the Noto radiotelescope"
Proceedings of the 6th European VLBI Network Symposium, Bonn 25-28 June 2002
4. A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri, J. Roda, F. Fiocchi
"The active surface for the Noto radiotelescope"
Proceedings of the XXVIIth General Assembly of URSI, Maastricht (The Netherlands) 18-25 August 2002, Poster paper
5. A. Orfei, G. Maccaferri, Morsiani, Roda, Zacchioli, Fiocchi
"Rapporto sulle misure a 32GHz sulla antenna di Noto dotata di Superficie Attiva"
Rapp. Int. IRA 325/02
6. P. Bolli, S. Mariotti, E. Natale, A. Orfei
"Misura dell'efficienza dell'antenna di Noto a 43GHz"
Rapp. Int. IRA 332/03
7. A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri, J. Roda, F. Fiocchi
"An Active Surface for Large Reflector Antennas"
IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 46, No 4, August 2004, pag. 11-19
8. G. Maccaferri, M. Morsiani, A. Orfei, G. Zacchioli
"Compensazione delle irregolarità della rotaia e delle deformazioni termiche della parabola di Medicina nei programmi di puntamento"
IV Workshop Interdisciplinare sull'uso delle antenne di Medicina e Noto, Arcetri(Firenze) 12 Ottobre 1994
9. R. Ambrosini, G. Grueff, M. Morsiani, G. Maccaferri, P. Zacchioli, A. Orfei
"Analysis of the alidade temperature behaviour of the Medicina VLBI radiotelescope"
Astrophysics and Space Science 239, pp. 247-258, 1996
10. A. Orfei, G. Maccaferri, S. Mariotti, M. Morsiani, G. Zacchioli
"Le prestazioni del nuovo ricevitore banda L in fuoco primario per l'antenna VLBI di Medicina"
Rapp. Int. IRA 200/95
11. A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri
"Prestazioni della nuova meccanica subriflettore: sensibilità, ripetibilità e stabilità di puntamento"
Rapp. Int. IRA 236/97
12. A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri
"Il nuovo sistema di posizionamento del subriflettore e dei ricevitori in fuoco primario per l'antenna VLBI di Medicina"
Rapp. Int. IRA 260/98
13. G. Maccaferri, A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli
"Agilità nel cambio frequenza con l'antenna VLBI di Medicina"
5° Workshop interdisciplinare sull'uso delle antenne di Medicina e Noto, Catania 16-18 Ottobre 1998
14. A. Orfei, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri
"An Agile Receiver Switching Solution for use with Parabolic Antennas"
IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 42, No. 1, February 2000
15. A. Orfei, S. Mariotti, M. Morsiani, G. Zacchioli, G. Maccaferri, J. Monari
"Un nuovo sistema di ricevitori in fuoco secondario per l'antenna di Medicina"

5° Workshop interdisciplinare sull'uso delle antenne di Medicina e Noto, Catania 16-18 Ottobre 1998

16. T. Veruttipong, V. Galindo-Israel, W. A. Imbriale,
 “Low-Loss Offset Feeds for Electrically Large Symmetric Dual-Reflector Antennas”,
IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-35, pp.745-755, July 1987

17. A. Monorchio, G. Tofani
 “Calcolo delle prestazioni delle antenne di Medicina e Noto in presenza di rotazione angolare del subriflettore”
 Arcetri Technical Report N. 8/1995

18. P. Bolli, A. Orfei
 “Prestazioni EM in funzione della posizione di montaggio dei *feed* in fuoco Cassegrain per l'antenna parabolica di Medicina”
 Rapp. Int. IRA 347/03

19. M. Poloni, P. Bolli, A. Orfei
 “Considerazioni aggiuntive sullo studio delle prestazioni EM dell'antenna parabolica di Medicina ed analisi dei fenomeni di bloccaggio”
 Rapp. Int. IRA 364/04

20. A. Scalambra, S. Mariotti, J. Monari, M. Morsiani, F. Fiocchi, M. Poloni, A. Cremonini
 “Ricevitore 5-7GHz. Ricevitore astronomico usato per la conversione in frequenza delle bande 4.3-5.8GHz e 5.6-7.8GHz”
 Rapp. Int. IRA 345/03

21. A. Orfei, G. Maccaferri, A. Orlati
 “Ricevitore 6-7GHz per l'antenna parabolica di Medicina nella nuova configurazione di agilità in frequenza”
 Rapp. Int. IRA /06 in preparazione

22. F. Mantovani, A. Orfei
 “Installazione dell'automatismo del cambio frequenza e attività osservativa della parabola di Medicina”

5° Workshop interdisciplinare sull'uso delle antenne di Medicina e Noto, Catania 16-18 Ottobre 1998