



Document ID

Revisione

Tipo di Documento

Denominazione Gara

Tipo di procedura

Atto di avvio

Importo a base di gara

Finanziamento / Codice

CUP

CIG

**PON-OR5-01-SPE  
01**

***Documento tecnico descrittivo***

***Fornitura di un Sistema Metrologico per il  
Sardinia Radio Telescope.***

Dialogo competitivo ai sensi dell'art. 64 del D.lgs. 18 aprile  
2016, n. 50, e s.m.i.

**Determinazione n. 189 del 14 agosto 2019**

**€ 1.880.000,00**

PON FSE FESR / PIR01\_00010 "SRT\_HighFreq - *Potenziamento  
del Sardinia Radio Telescope per lo studio dell'Universo alle alte  
frequenze*"

C87E19000000007

8010367BF4



## Acronimi

ADC	Convertitore analogico digitale
AR	antenna di riferimento
AUT	antenna under test
CED	centro elaborazione dati
CRP	close range photogrammetry
FBG	fiber Bragg grating strain sensor
FEM/FEA	modello/analisi agli elementi finiti
IF	frequenza intermedia
INAF	Istituto Nazionale di Astrofisica
LO	oscillatore Locale
LUT	look-up table
M1	specchio principale
M2	specchio secondario (subriflettore)
OAC	Osservatorio Astronomico di Cagliari
OR	obiettivo realizzativo
PFP	primary focus positioner
PON	Programma Operativo Nazionale
PSD	position sensitive detector
RF	radio frequenza
RFI	radio-frequency interference
SA	stazione appaltante
SDK	software development kit
SRT	Sardinia Radio Telescope

## Contenuto del documento

Art. 1.	Premessa .....	3
Art. 2.	Ambito di riferimento – Il SRT .....	3
Art. 3.	Esigenze e finalità dell'Appalto .....	5
Art. 4.	Termini per l'ultimazione delle prestazioni - Consegna.....	5
Art. 5.	Obiettivi generali.....	5
Art. 6.	Descrizione della fornitura richiesta .....	8
Art. 7.	Requisiti generali .....	24
Art. 8.	Fasi e cronoprogramma stimato .....	26
Art. 9.	Condizioni di fornitura e modalità di consegna .....	27
Art. 10.	Collaudo – Termini e Modalità .....	27
Art. 11.	Garanzia, assistenza e supporto.....	27
Art. 12.	Assistenza post realizzazione .....	28

## Art. 1. Premessa

Il Ministero dell'Università e Ricerca (MIUR) ha assegnato all'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) un finanziamento PON (Programma Operativo Nazionale) finalizzato all'incremento delle capacità scientifiche del Sardinia Radio Telescope e al potenziamento della sua infrastruttura. Il finanziamento è articolato in nove distinti *obiettivi realizzativi* (OR). In questo quadro, il presente documento, allegato al *Disciplinare di Gara* relativo alla fornitura di un *Sistema Metrologico per il Sardinia Radio Telescope* (OR5 - SMS), fornisce una descrizione schematica e generale del nuovo sistema metrologico. I requisiti tecnici e prestazionali dei sottosistemi del SMS sono qui tratteggiati in modo essenziale, solo allo scopo di fornire agli attori che partecipano al *Dialogo Competitivo* uno schema di riferimento. L'architettura del sistema sarà compiutamente definita solo a valle delle fasi in cui il *Dialogo Competitivo* è articolato, trovando una sintesi nel *Capitolato Tecnico*. Nello spirito del *Dialogo Competitivo*, le aziende sono invitate a offrire idee progettuali e soluzioni innovative, anche parzialmente *alternative* allo schema qui proposto, che, se ritenute valide, potranno essere fatte proprie dalla *Stazione Appaltante*.

## Art. 2. Ambito di riferimento – Il SRT

Il Sardinia Radio Telescope (SRT) è una grande antenna a doppio riflettore gestita dall'INAF. E' composto da un riflettore principale (M1), a forma di paraboloide con diametro d'apertura di 64 metri, e un riflettore secondario (M2), a forma di ellissoide con diametro d'apertura di circa 8 metri, che insieme formano il sistema ottico secondo una configurazione detta Gregoriana. Un'articolata struttura reticolare su cui è vincolato M1 sorregge M2 tramite 4 travi reticolari, lunghe circa 31 m, che formano il quadripode. Tali strutture sono sorrette dall'alidada, una struttura portante d'acciaio alta circa 35 metri che è posata tramite 16 ruote su una rotaia circolare del diametro di 40 metri. Il peso totale gravante sulla rotaia è di circa 3000 tonnellate.

Il sistema ottico di SRT è attivo, ossia in grado di modificare la forma del profilo di M1 e di orientare opportunamente M2. Parti attive del SRT:

- Superficie attiva di M1. La superficie di M1 è dotata di un sistema di 1116 attuatori che azionano 1008 pannelli che costituiscono il mosaico della superficie dello specchio;
- Controllo attivo della posizione di M2. M2 è dotato di un sistema robotizzato, costituito da 6 attuatori elettro-meccanici, che permette l'orientamento e l'allineamento spaziale del suo asse ottico;
- Assi di elevazione e azimut. Questi due gradi di libertà, che permettono il puntamento astronomico dell'antenna, vengono sfruttati anche per introdurre gli offset di correzione del puntamento.

Considerando che ad oggi la massima frequenza osservativa di SRT è 26.5 GHz, l'attuale controllo ad *anello aperto* delle parti attive è sufficiente per raggiungere le prestazioni desiderate. In questo caso le deformazioni, ma solo quelle indotte dalla gravità, vengono misurate con opportuni approcci metrologici e modellistici per alcune elevazioni dell'antenna. Da tali misure si ottengono le tabelle di correzione (look-up table, LUT) della superficie di M1 e della posizione di M2 che vengono applicate automaticamente dal sistema di controllo

dell'antenna in funzione della sua elevazione. Le attuali LUT di M1 e M2 sono realizzate rispettivamente con la fotogrammetria close-range (CRP) e con il laser tracker. L'olografia a microonde è poi usata per migliorare l'accuratezza della superficie di M1 a due elevazioni, quelle a cui sono disponibili i satelliti geostazionari dal sito del telescopio.

La CRP raggiunge accuratizie di alcune centinaia di micron, ma l'esecuzione sul campo delle misure e la post-analisi sono estremamente laboriose. Inoltre la CRP è indicata per la caratterizzazione degli effetti gravitazionali, ma non è adatta negli schemi di controllo ad *anello chiuso*. In tal caso si può ricorrere a tecniche metrologiche più speditive, quali appunto l'olografia a microonde.

L'attuale sistema olografico in uso presso il SRT sfrutta il segnale di un satellite geostazionario per misurare le deformazioni della superficie di M1 con accuratizie inferiori a 0.2 mm. Ricevendo il segnale del satellite, il sistema, costituito dall'antenna under test (AUT, ossia SRT) e da un'antenna più piccola per il riferimento di fase (AR, installata sul piano APEX), è in grado di misurare dal fuoco primario il diagramma di radiazione in campo lontano dell'AUT in ampiezza e fase grazie al riferimento fornito dall'AR. Dalla misura del campo lontano complesso dell'AUT, svolta a 11.5 GHz a 44 e 31 gradi di elevazione, ottenuta tramite una correlazione in tempo reale dei segnali delle due antenne, si ottiene il campo complesso d'apertura e da questo la mappa delle deformazioni superficiali di M1 rispetto alla superficie nominale.

Per quanto riguarda il puntamento, il telescopio è sottoposto a periodiche misure di calibrazione utilizzando forti sorgenti radio astronomiche. Una volta ottenuta la distribuzione degli errori di puntamento rispetto alla direzione di osservazione, si ottiene il modello di puntamento del telescopio mediante un fit ai minimi quadrati.

Il gruppo di metrologia di SRT ha, negli ultimi anni, preso in esame, testato e selezionato diversi approcci metrologici per misurare le deformazioni del riflettore principale del Sardinia Radio Telescope all'interno di uno schema di controllo ad *anello chiuso* che sposti progressivamente il limite osservativo dell'antenna a 100 GHz. Per operare in modo efficiente a questa frequenza limite, è necessario un allineamento superficiale di M1 entro 150 micron RMS dall'allineamento nominale a tutte le elevazioni di SRT.

Si noti che secondo la teoria dei controlli lo schema che di seguito verrà delineato non è formalmente ad *anello chiuso*, in quanto non è basato, come nei telescopi ottici, sulla misura diretta del fronte d'onda incidente. Si è stabilito quindi di *rilassare* il concetto di *anello chiuso* applicandolo a un sistema basato su un *modello delle deformazioni* che permetta il controllo, in quasi tempo reale, delle parti attive dell'antenna deputate all'allineamento del sistema ottico e all'ottimizzazione del puntamento.

**Gli obiettivi prestazionali qui definiti devono essere intesi come valori limite, da conseguire mettendo a punto i sistemi metrologici, i modelli e i sistemi di controllo attraverso un processo di continuo affinamento. I test di validazione dell'efficacia complessiva del sistema metrologico saranno, nel tempo, le stesse misure astronomiche alla massima frequenza osservativa di SRT. I test di collaudo del sistema, invece, saranno concepiti in modo da valutare il corretto funzionamento, le prestazioni e il grado di integrazione dei singoli sottosistemi.**

Naturalmente anche gli effetti del vento incidono sulle capacità di puntamento dell'antenna. Benché tali effetti non verranno incorporati nel modello delle deformazioni, questi

saranno misurati e analizzati con l'intento di realizzare, in prospettiva, ma al di là degli obiettivi di questo bando, un modello di correzione del puntamento che consideri anche gli effetti laminari e di turbolenza con un'altissima frequenza di controllo.

### Art. 3. Esigenze e finalità dell'Appalto

Con il finanziamento PON "Ricerca ed Innovazione 2014-2020" INAF si doterà di una serie di ricevitori a microonde allo stato dell'arte che permetteranno osservazioni nella banda radio fino ad una frequenza di 110 GHz senza intervalli. Nello specifico, s'intende dotarsi dei seguenti apparati riceventi: Q-band(33-50 GHz, multibeam), 3-band(18-26 GHz, 33-50 GHz, 80-116 GHz simultanei), W-band (75-116 GHz, multibeam) e camera bolometrica banda W. L'installazione di questi ricevitori richiede un aggiornamento dell'infrastruttura del telescopio che include alcune parti meccaniche come il PFP, i "servo sistemi minori" per la movimentazione delle ottiche, gli impianti per la distribuzione delle linee dati, dei riferimenti e della radiofrequenza, i sistemi di condizionamento e l'impianto elettrico.

Al fine di incrementare l'affidabilità e minimizzare i periodi di *downtime* per manutenzioni ordinarie e straordinarie saranno effettuati anche alcuni lavori di miglioria su impianti e strumentazione di servizio al telescopio (sistema di protezione dai fulmini)

### Art. 4. Termini per l'ultimazione delle prestazioni - Consegna

I termini di consegna sono stabiliti in **22 (ventidue) mesi** dalla data di stipulazione del contratto, salvo successiva formale finalizzazione in sede di attivazione della Fase III del dialogo competitivo. I termini di consegna indicati non sono attualmente assoggettabili a proroga, essendo vincolati alla durata massima della fase di realizzazione, che **non deve superare i 32 mesi dalla data del 25 giugno 2019**.

Questo termine include il pagamento a saldo delle relative fatture.

### Art. 5. Obiettivi generali

Gli obiettivi generali del sistema sono volti a conseguire:

- **Incremento della precisione di puntamento** misurando e compensando, con un controllo ad *anello chiuso*, gli effetti gravitazionali e termici che deformano l'antenna relativamente alla sua massima frequenza di funzionamento;
- **Incremento dell'efficienza superficiale** misurando e correggendo gli effetti gravitazionali che deformano M1 rispetto alla minima lunghezza d'onda di funzionamento dell'antenna;
- **Caratterizzazione degli effetti strutturali indotti dal vento** (sistema non integrato nel modello delle deformazioni)
- Realizzazione di un **sistema di archiviazione dei dati e di un modello delle deformazioni**.

## **Incremento delle prestazioni di puntamento**

Le parti del radiotelescopio che hanno maggiore effetto sul puntamento sono l'alidada, la rotaia e M2. L'alidada è una complessa struttura, formata da travature in acciaio di diverse forme e dimensioni. L'effetto del riscaldamento differenziale di alcune sue parti da parte della radiazione solare incide sull'orientamento del piano formato dagli assi di elevazione e di cross-elevazione. Inoltre, la non perfetta planarità della rotaia, sulla quale le ruote di azimut si muovono, può introdurre degli offset di puntamento. Il posizionamento spaziale di M2 è influenzato dalle deformazioni del quadripode. Gli effetti termici e quelli gravitazionali provocano lo spostamento di M2 rispetto alla posizione ideale, fatto che implica un disallineamento rispetto all'asse di M1.

Per conseguire gli obiettivi dichiarati sono previste le seguenti azioni, oggetto della fornitura:

- Caratterizzazione preliminare dei punti dell'alidada, del quadripode e di M1 che maggiormente incidono sul puntamento in seguito alle deformazioni termiche. Ciò sarà reso possibile da una analisi agli elementi finiti che guiderà la scelta della collocazione di sensori di temperatura sugli elementi strutturali.
- Una volta installato il sistema in antenna, le misure istantanee delle temperature saranno disponibili per il modelling, in quasi tempo reale, delle deformazioni termiche con un modello agli elementi finiti.
- I tilt dell'asse di elevazione e di quello di cross-elevation, dovuti alle deformazioni dell'alidada e alla non idealità della rotaia, saranno monitorati, in tempo reale, grazie all'utilizzo di inclinometri elettronici ad alta risoluzione.
- Si intende inoltre misurare gli effetti termici sul quadripode con 2 position sensitive detectors (PSD) e un range-finder. Tale necessità è confermata da misure preliminari che hanno messo in evidenza quanto le deformazioni del quadripode incidono sugli errori di puntamento.
- Le deformazioni del quadripode saranno inoltre monitorate da estensimetri posati sugli struts (basati su fiber Bragg grating strain sensor, FBG).

## **Incremento dell'efficienza d'apertura per gli effetti gravitazionali e termici**

Le deformazioni meccaniche del riflettore principale di un grande radio telescopio causano una diminuzione dell'efficienza superficiale limitandone principalmente il guadagno d'antenna ad alta frequenza. Le deformazioni sono principalmente dovute agli effetti gravitazionali, a quelli termici e al vento. Verranno presi in considerazione solo gli effetti che si verificano nel dominio delle frequenze legati agli effetti gravitazionali e termici ( $< 1$  Hz). Negli ultimi anni si sono presi in esame, testati e selezionati diversi approcci metrologici per misurare le deformazioni del riflettore principale di SRT all'interno di uno schema di controllo ad *anello chiuso*. La risposta temporale e l'accuratezza rispetto al profilo nominale richieste sono dell'ordine dei minuti e 150 micron RMS rispettivamente.

Per conseguire gli obiettivi dichiarati sono previste le seguenti azioni, oggetto della fornitura:

- Realizzazione di un sistema olografico a microonde interferometrico da fuoco secondario in grado di acquisire alternativamente i segnali radio in banda K sia di un satellite



geostazionario sia di una forte sorgente cosmica (Maser H<sub>2</sub>O o calibratore radio astronomico). In particolare ci si riferisce all'implementazione di:

1. un'AR orientabile, che possa puntare una sorgente prescelta e fornire un segnale di riferimento stabile in fase e ampiezza, mentre l'AUT (nel caso specifico SRT) acquisisce una mappa radio della stessa sorgente. Il setup del sistema deve essere tale che, per tutta la durata dell'acquisizione della mappa, i due segnali devono essere amplificati, filtrati, equalizzati e convertiti a più bassa frequenza (Frequenza intermedia, IF) tra 100-2100 MHz, in modo coerente. In altre parole, gli oscillatori locali dell'AR devono essere agganciati in fase al segnale di riferimento a 10 MHz fornito dal laboratorio tempo e frequenza;
2. un ricevitore digitale (backend) a doppio canale basato su FPGA per la digitalizzazione dei segnali e la loro correlazione in tempo reale dotato di ingresso per il segnale di riferimento a 10 MHz.

La post-elaborazione della mappa radio sarà svolta off-line da un operatore tramite un software già disponibile presso la SA. A seconda della risoluzione spaziale desiderata sulla superficie del riflettore, l'olografia a microonde fornisce una mappa delle deformazioni dopo alcuni minuti o alcune ore, che sono principalmente dedicati alla misura e in minima parte alla post elaborazione e analisi da parte dell'operatore.

L'accuratezza di misura conseguibile è di centinaia o decine di micron a seconda del rapporto segnale rumore raggiunto nella misura della mappa radio. Più alto è questo valore, minore è l'incertezza di misura.

- Fornitura e installazione di uno scanner laser per misurare una nuvola di punti che rappresenti la superficie del riflettore primario con una risposta temporale dell'ordine dei minuti. La post-analisi richiede, di norma, la supervisione di un operatore. L'accuratezza finale dipende dalle caratteristiche dello strumento, da quanto è sofisticata l'analisi (calibrazione) e dal numero di punti rilevati.

### **Caratterizzazione degli effetti strutturali indotti dal vento**

Sebbene lo schema di controllo delle deformazioni non dovrà considerare gli effetti di turbolenza e le raffiche di vento, tali effetti a media-alta frequenza saranno comunque misurati, studiati e caratterizzati attraverso una rete di sensori (oggetto della fornitura).

### **Sistema di archiviazione dei dati e modello delle deformazioni**

Il sistema è composto da tre parti: un server, un archivio e un modello delle deformazioni.

Il server è l'interfaccia tra il modello delle deformazioni e la rete di sensori. Ha il compito di fare il *polling* dei sensori, di provvedere, tramite il database, all'archiviazione e di fornire al modello delle deformazioni i dati necessari per l'ottimizzazione del puntamento. Attraverso il server il sistema di controllo dell'antenna potrà accedere alle correzioni di puntamento determinate dal modello delle deformazioni.

L'archivio è un database il cui compito è fornire al sistema i dati storici o istantanei attraverso il server. I dati potranno anche essere consultati attraverso un'interfaccia WEB da parte del supervisore del sistema.

Il modello delle deformazioni è il modello che trasforma le misure dei sensori in correzioni per le parti attive e segnatamente i due assi principali dell'antenna (azimut e elevazione) e i 6 assi del subriflettore.

## Art. 6. Descrizione della fornitura richiesta

Per superare le limitazioni dell'attuale sistema metrologico, è necessario che il Sardinia Radio Telescope si doti di un nuovo sistema che permetta di misurare, modellare e correggere le deformazioni del telescopio. Lo schema generale del nuovo sistema metrologico è il seguente:

- una rete di sensori da integrare nel telescopio SRT;
- una antenna a riflettore parabolico esterna a SRT (antenna di riferimento, AR) per l'implementazione di un sistema olografico in banda K;
- un archivio per la raccolta, l'organizzazione e la consultazione dei dati;
- un modello delle deformazioni (basato su FEA) che trasformi i dati metrologici in correzioni da impostare tramite le parti attive del SRT.

Il sistema metrologico, inteso come l'insieme di sensori, reti, modelli, ecc. sarà descritto in termini di **sottosistemi** che raggruppano tipologie omologhe di sensori e di funzioni. Ogni sottosistema concorre a valutare l'entità delle cause o degli effetti delle deformazioni che degradano le prestazioni dell'antenna, con l'obiettivo di correggere le deformazioni del riflettore primario, l'allineamento del secondario e il puntamento, sfruttando le potenzialità offerte dalle parti attive dell'antenna.

I sottosistemi saranno di seguito schematicamente descritti nel contesto delle parti principali in cui SRT può essere suddiviso.

La rete di sensori metrologici (sottosistemi) sarà integrata nel sistema SRT. Le parti dell'antenna che ospiteranno i sensori possono essere idealmente raggruppate in tre macro sezioni (si veda Figura 1):

- Alidada
- M1 e la sua struttura reticolare
- Quadripode, PFP e M2

L'antenna di riferimento non essendo a bordo di SRT, ma posta a terra a poca distanza dal telescopio, non rientra in questo schema. La sua ubicazione e i suoi sottosistemi saranno descritti nel riquadro del sottosistema G.

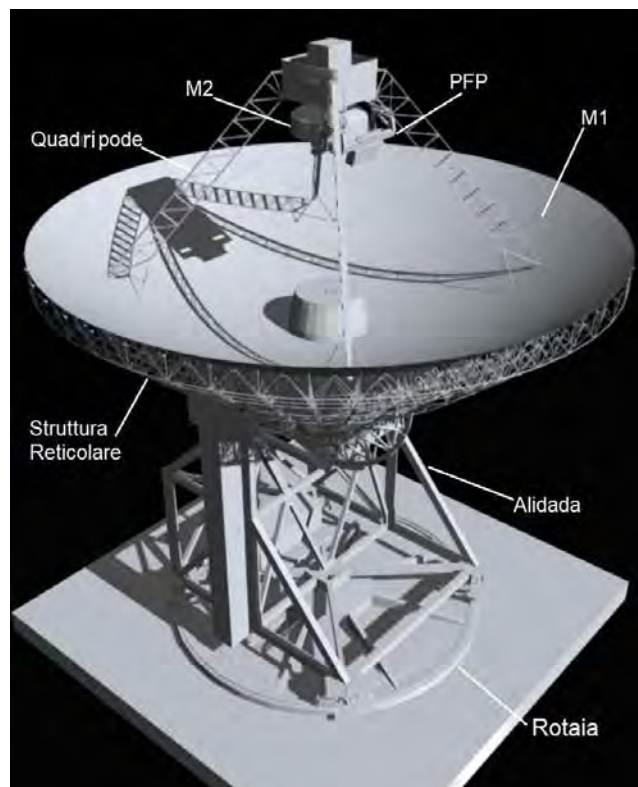


Figura 1 - L'antenna SRT

Le tre sezioni sono parzialmente infrastrutturate e consentono di accedere alla rete elettrica ed informatica d'antenna con diversi gradi di complessità a livello impiantistico.

Le ubicazioni dei punti di accesso alle reti e le caratteristiche tecniche saranno fornite alle aziende partecipanti sotto forma di documenti tecnici allegati.

La progettazione, il reperimento sul mercato, l'installazione, l'integrazione della rete di sensori e la relativa connessione alla rete dati metrologica, nonché la realizzazione della rete stessa, sarà onere dell'azienda aggiudicataria.

**Lo scenario definito, frutto dell'analisi effettuata dalla SA, costituisce una soluzione progettuale che dovrà essere valutata criticamente dagli operatori economici invitati al dialogo competitivo. In fase di dialogo si dovrà valutare l'opportunità tecnica di creare una dorsale dedicata alla metrologia del tutto svincolata, cioè, dall'architettura e dagli apparati di rete già installati in antenna. Ciò implica ovviamente la realizzazione una nuova dorsale che percorra le sezioni dell'antenna sfruttando le catene portacavi preesistenti. Questa opzione appare, allo stato attuale, vantaggiosa soprattutto da un punto di vista dell'efficienza e dell'integrità dei dati telemetrici, anche perché consente e favorisce l'eventuale utilizzo di protocolli industriali dedicati.**

La topologia finale della rete risulterà dallo studio e dalle simulazioni effettuate dall'azienda aggiudicataria durante la fase di progettazione, così come la scelta dei sensori, dei bus, dei microcontrollori ecc., che dovranno consentire il raggiungimento degli obiettivi prestazionali in termini di puntamento e di accuratezza superficiale. Le scelte tecniche inoltre dovranno essere guidate dall'esigenza di garantire alla rete di sensori e agli altri apparati

una adeguata durabilità, considerate le condizioni ambientali e climatiche in cui opera l'antenna.

Per ultimo, ma non per importanza, gli apparati attivi costituenti la rete metrologica dovranno essere scelti tali che le loro emissioni radio siano minime e non creino interferenza radio nelle bande dei ricevitori installati sul SRT. La stazione appaltante definirà delle linee guida per la verifica RFI preliminare degli apparati attivi o per la mitigazione a priori di tali effetti.

Come detto il sistema metrologico che sarà installato sul SRT va inteso come un corpo unico costituito da una rete di componenti o sottosistemi, ognuno dei quali sarà dotato di una rete dati autonoma che confluirà, attraverso *accentratori*, alla rete dedicata alla metrologia, segmentata in sottoreti corrispondenti a una delle tre sezioni dell'antenna: alidada, riflettore e APEX.

I sottosistemi previsti per SRT sono (figura 2):

- A. rete di sensori di temperatura
- B. inclinometri elettronici
- C. position sensitive detector e strain gauge
- D. rete di sistemi inerziali e rete anemometri
- E. server dati, archivio e modello delle deformazioni
- F. laser scanner
- G. antenna olografica di riferimento

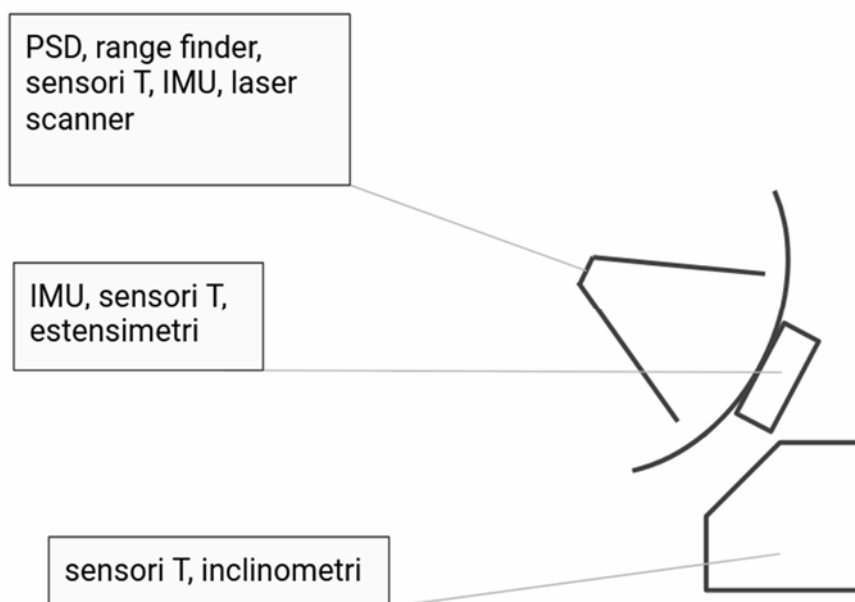


Figura 2 - Schematico delle parti di SRT dove saranno installati i vari sottosistemi da A a F.

Un discorso a parte va fatto per l'AR (sottosistema G). Quest'ultima deve essere installata all'interno del sito di SRT possibilmente nella parte più a sud, in modo da avere il cielo libero

in quella direzione in tutto l'arco di elevazione e limitando il più possibile l'occultamento del cielo a nord dovuto a SRT, si vedano le figure 3 e 4.



Figura 3 - Panoramica (Google Earth) del sito di SRT. Una delle possibili postazioni per l'installazione dell'antenna di riferimento è nella parte a sud del sito. Tale postazione è stata recentemente liberata dal container mostrato nell'immagine.



Figura 4 - Dettaglio di una delle possibili aree dove installare l'antenna di riferimento vista dal suolo guardando verso nord

Le figure 3 (vista dall'alto) e 4 (vista dal suolo) mostrano l'area dove potrebbe essere installata l'AR e dove è già presente un pozzetto attraverso il quale è possibile collegare la nuova infrastruttura all'alimentazione elettrica del sito. Gli altri servizi (linea dati, segnali di riferimento di frequenza e tempo es. IRIG-B) dovrebbero essere forniti tramite collegamento in fibra ottica da posare lungo il condotto interrato già presente, che collega il pozzetto suddetto al Box Ap. Si noti che il Box Ap è già del tutto infrastrutturato. Lo stesso condotto dovrà essere utilizzato per portare via cavo coassiale e/o fibra ottica il segnale dell'oscillatore locale (LO), necessario per la seconda conversione a più bassa frequenza del segnale, verso l'antenna e i segnali IF dall'antenna al backend olografico.

**Allo stato attuale del design si sta valutando se trasferire nel Box AP (figura 3), delocalizzando di fatto il sistema metrologico dal CED, sia il backend olografico sia tutte le workstation del sistema metrologico. Questa opzione sarà discussa e valutata in sede di dialogo competitivo esaminando i pro e i contro di tale opzione tecnica.**

Sono di seguito descritti sinteticamente i singoli sottosistemi metrologici oggetto della fornitura.

### Rete di sensori di temperatura

#### **Sottosistema:** A - rete di sensori di temperatura

**Obiettivo realizzativo:** incremento delle prestazioni di puntamento attraverso la misura delle temperature di alcuni elementi strutturali. Il sottosistema è costituito da una rete di sensori di temperatura posti sugli elementi dell'alidada, sul quadripode e sulla struttura reticolare di M1. Un numero limitato di sensori sarà dedicato alla misura della temperatura della superficie dei pannelli e dell'aria. La collocazione, le modalità di installazione, il corretto accoppiamento termico, il numero di sensori, la topologia e la tecnologia della rete saranno determinati dall'aggiudicatario grazie a uno studio FEA preliminare (soggetto all'approvazione del committente). La tipologia di sensore (PT100, NTC, PTC, ecc.) sarà selezionata sulla base di criteri legati alla accuratezza, all'affidabilità, alla compattezza, alla manutenibilità e, non ultimo, al tipo di sistema industriale adottato per l'implementazione della rete di misura. Conseguentemente i sensori saranno inseriti in una delle tipiche topologie a bus di campo usate per questa categoria di impianti. A valle del demultiplexing e della conversione in digitale i dati saranno inviati a un server appositamente realizzato. Il server avrà sostanzialmente il compito di popolare un database e di consentire l'accesso ai dati da parte degli operatori e del modello delle deformazioni. Uno dei punti critici sarà l'individuazione del numero e della posizione dei sensori. Si ribadisce che la scelta sarà guidata dalla modellazione FEA preliminare e dal vincolo di evitare una eccessiva complessità della rete stessa e conseguentemente dei cablaggi. Sono descritti in letteratura sistemi assimilabili che potranno costituire un riferimento. E' stato commissionato tempo fa uno studio FEA, per la sola alidada, che potrà costituire una traccia per guidare le scelte tecniche.

#### **Oggetto della fornitura**

- analisi FEA preliminare



- sensori termometrici il cui numero ottimale risulterà dall'analisi FEA. Il capitolo tecnico definirà comunque il numero minimo di sensori da installare nelle tre sezioni dell'antenna
- infrastruttura di rete (micro-controllori, bus di campo, convertitori analogico/digitale (ADC) )
- messa in opera e integrazione nel sistema antenna
- scatole EMC/RFI per componentistica digitale

**Prestazioni attese (requisiti minimi):** accuratezza 0.1 gradi Kelvin, duty cycle  $\sim 1$  Hz

**Design di massima del sottosistema e degli impianti:** il design è legato a uno studio preliminare FEA soggetto all'approvazione del committente.

**Documenti di riferimento:** studio FEA di UNICOMP, letteratura tecnica e articoli scientifici, disegni e schemi degli impianti d'antenna

### Inclinometri elettronici

**Sottosistema:** B - inclinometri elettronici

**Obiettivo realizzativo:** incrementare le prestazioni di puntamento attraverso la misura degli offset angolari dovuti alla non perfetta planarità della rotaia e agli effetti termici sulla alidada. Il sottosistema è costituito da quattro inclinometri a due assi e ad alta risoluzione angolare da installare sull'alidada. La collocazione degli inclinometri dovrà derivare da uno studio FEA. Durante il dialogo competitivo si valuterà se integrare i dati degli inclinometri nel modello delle deformazioni dell'antenna o se utilizzarli per calibrare il modello stesso.

#### Oggetto della fornitura

- studio FEA preliminare
- quattro inclinometri a due assi
- quattro scatole stagne
- messa in opera e integrazione nel sistema antenna

**Prestazioni attese (requisiti minimi):** accuratezza  $< 1$  arc sec, duty cycle  $> 1$  Hz

**Design di massima del sottosistema e del cablaggio:** Gli strumenti andranno alloggiati dentro scatole stagne (figura 5), i cui disegni sono messi a disposizione dalla SA.

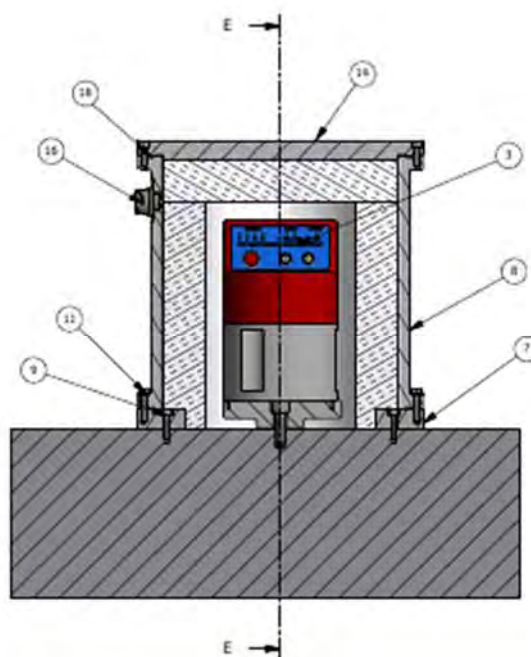


Figura 5 - Inclinometro ospitato nella scatola stagna.

**Documenti di riferimento:** disegni scatola stagna, disegni e schemi impianti

#### Position sensitive detector e sensore di posizione 2D

**Sottosistema:** C - position sensitive detector e sensore di posizione 2D

**Obiettivo realizzativo:** incrementare le prestazioni di puntamento attraverso la misura diretta degli scostamenti del subriflettore rispetto alla sua posizione nominale. Il sottosistema è costituito da un position sensitive detector a 4 assi, da un sensore di posizione a 2 assi, da un range finder e dai relativi trasmettitori laser. Il sistema 2D (2 traslazioni) permetterà un centraggio speditivo grazie ad una finestra ottica la cui grandezza sarà definita a valle dell'analisi FEA. I sensori a 4 assi (2 tilt + 2 traslazioni) e il range finder (asse z) verranno invece utilizzati per una caratterizzazione fine della posizione di M2 e per monitorare il suo de-foccheggiamento. Un possibile setup del sistema, studiato per facilitare le operazioni di allineamento e di manutenzione, prevede il posizionamento delle sorgenti laser in APEX room (fig. 6). Tale setup, mostrato in Figura 6, prevede che i fasci laser trasportati via fibra emergano dalla flangia centrale di M2 attraverso due piccoli fori protetti da finestre ottiche. Sulla flangia è posizionato anche un corner cube reflector per il rangefinder. I fasci sono collimati sui sensori posti sulla copertura del gregoriano.

Il sottosistema comprende inoltre un sistema di misura delle deformazioni del quadripode basato su “fiber Bragg grating strain sensor” (FBG). Gli estensimetri saranno installati lungo gli struts del quadripode. Un ulteriore estensimetro sarà applicato sulla ruota di elevazione per monitorare le sue deformazioni.

In fase di progettazione avanzata si valuterà se integrare i dati dei PSD nel modello delle deformazioni dell'antenna o se utilizzarli per calibrare il modello stesso.

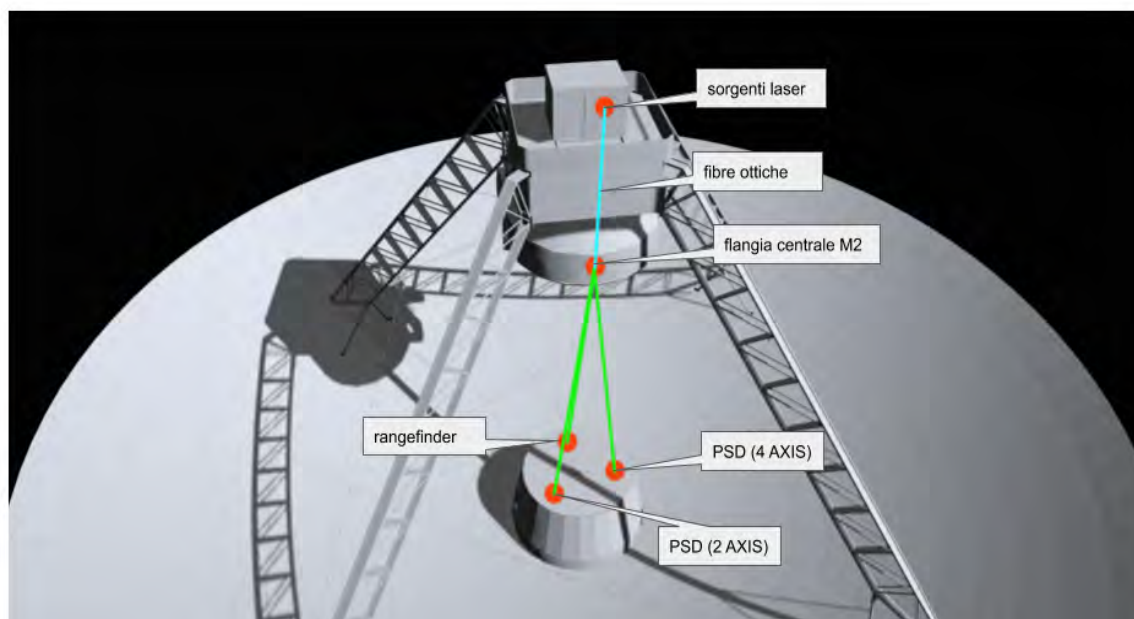


Fig. 6 - Possibile schema del sistema di monitoraggio di M2

### Oggetto della fornitura

- 1 PSD a 4 assi (2 traslazioni, e due tilt)
- 1 PSD a 2 assi (2 traslazioni) con ampia finestra ottica
- 1 range finder
- 3 laser a stato solido dotati di fibre ottiche
- 3 scatole stagne per i due PSD e per il rangefinder (dotati di finestra ottica)
- flangia centrale del sub-riflettore adattata per ospitare le fibre ottiche
- estensimetri FBG su quadripode e strain gauge su ruota di elevazione
- dispositivi di controllo (PC o microcontrollore)
- messa in opera e integrazione nel sistema antenna
- manualistica

**Prestazioni attese:** da definirsi durante il dialogo competitivo



**Design di massima del sottosistema e del cablaggio:** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Documenti di riferimento:** disegni e schemi impianti

### Rete di sistemi inerziali e rete anemometri

**Sottosistema:** D - rete di sistemi inerziali e rete anemometri

**Obiettivo realizzativo:** caratterizzare gli effetti del vento sugli specchi primario e secondario. Il sottosistema, costituito da giroscopi, accelerometri e anemometri tri-assiali (3D), consentirà di studiare gli effetti sull'errore di puntamento dovuti all'azione del vento. **Il sottosistema D non dovrà essere integrato nel modello delle deformazioni.**

#### Oggetto della fornitura

##### Alidada

- 2 accelerometri triassiali (o 6 monoassiali) per la determinazione delle accelerazioni del punto di riferimento della rotazione del primario (perno di rotazione dell'elevazione)
- 6 giroscopi per valutare la sua rotazione istantanea per la determinazione dei sei angoli che definiscono la posizione assoluta del punto di riferimento della rotazione del primario (perno di rotazione dell'elevazione)
- dispositivo (pc, scheda etc) di controllo
- messa in opera e integrazione nel sistema
- manualistica

##### Specchio primario

- 5 giroscopi per la determinazione degli angoli che definiscono univocamente il primario ai fini della valutazione della rotazione istantanea
- 1 accelerometro triassiale (o tre monoassiali) per la determinazione delle accelerazioni del punto di riferimento di rotazione del primario (perno di rotazione dell'elevazione)
- dispositivo (pc, scheda etc) di controllo
- messa in opera e integrazione nel sistema
- manualistica

##### Subriflettore

- 3 giroscopi per valutare la sua rotazione istantanea per la determinazione dei tre angoli che definiscono la posizione assoluta del subriflettore



- 1 accelerometro triassiale (o tre monoassiali) per la determinazione delle accelerazioni del subriflettore
- dispositivo (pc, scheda etc) di controllo
- messa in opera e integrazione nel sistema
- manualistica

#### Anemometri

- 3 anemometri 3D
- dispositivo (pc, scheda etc) di controllo
- messa in opera e integrazione nel sistema
- manualistica

**Prestazioni attese (requisiti minimi):** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Design di massima del sottosistema e del cablaggio:** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Documenti di riferimento:** da definirsi durante il dialogo competitivo

#### Laser scanner

**Sottosistema:** E - laser scanner

**Obiettivo realizzativo:** caratterizzazione delle deformazioni dello specchio primario con una accuratezza sub-millimetrica. Il sottosistema è costituito da uno scanner laser posto sul PFP o, in alternativa, su una gamba del quadripode. Con riferimento alla figura 7, la configurazione che prevede il PFP in posizione di parcheggio (posizione A) appare vantaggiosa rispetto alla posizione B perché non preclude l'utilizzo dello scanner quando l'antenna opera nella configurazione di fuoco gregoriano. Anche la posizione C appare piuttosto vantaggiosa per la maggiore facilità di accesso allo strumento. Lo scanner deve operare sempre capovolto (si veda nota prof.ssa G. Sanna) e deve quindi essere montato su una cerniera (dotata di attuatore) che asseconi il moto di elevazione dell'antenna mantenendolo verticale. Inoltre, al fine di ridurre le vibrazioni indotte dal vento che potrebbero inficiare le misure, si dovrà ideare un sistema di smorzatori.

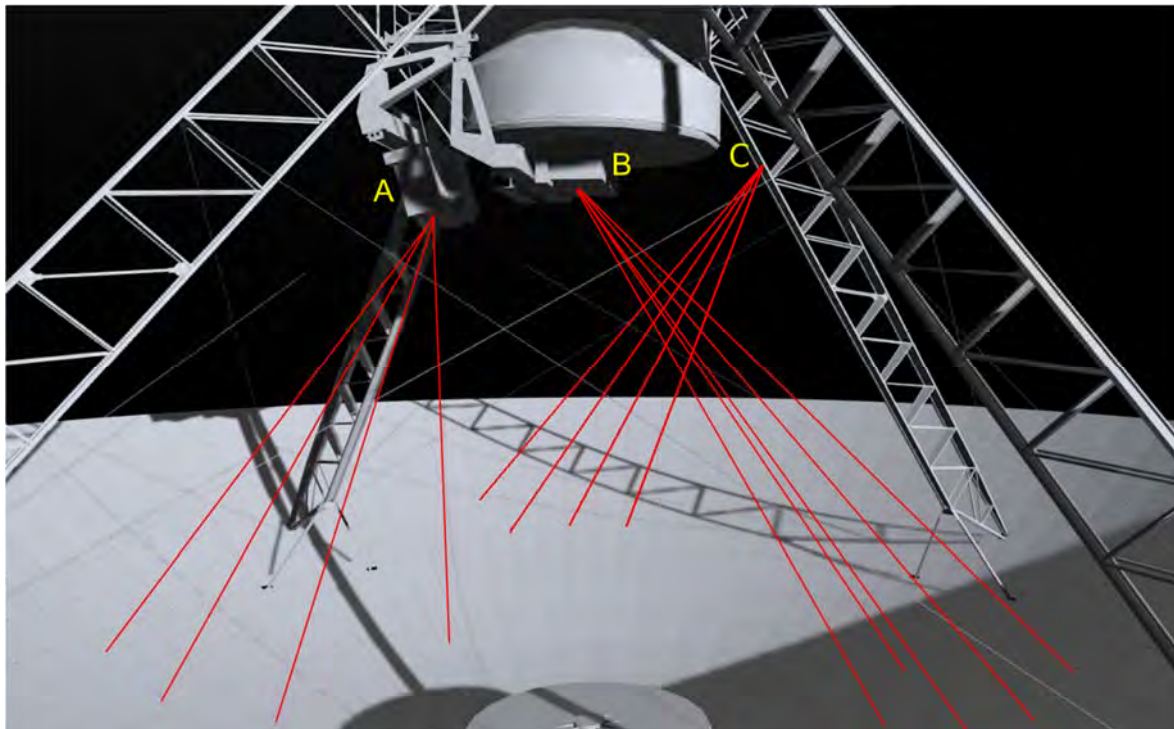


Figura 7 - Possibili posizionamenti del laser scanner sul PFP e sul quadripode.

Lo strumento deve essere protetto da una scatola stagna che lo preservi dagli agenti atmosferici che sia dotata di un sistema di apertura remotizzato. La scatola deve essere progettata in modo da ridurre al massimo possibili interferenze dovute alla elettronica a bordo e in ogni caso il sistema deve consentire lo spegnimento da remoto.

E' richiesta la remotizzazione e l'automazione di tutte le operazioni di controllo e di misura. Di norma gli scanner sono dotati di SDK che facilitano l'implementazione delle procedure automatizzate.

### Oggetto della fornitura

- laser scanner
- contenitore stagno con apertura remotizzata dotata di attuatore per mantenere lo strumento in posizione verticale (capovolto) per qualunque elevazione dell'antenna. Il contenitore deve limitare le interferenze della sua elettronica, proteggere lo strumento da emissioni esterne a radiofrequenza e preservare, quando chiuso, lo strumento da fattori ambientali esterni quali polvere, umidità ecc.
- PC di controllo da remoto. SW di analisi e relative licenze: Cyclone (tre licenze) e Spatial Analyzer (due licenze). Estensione di licenza pari ad almeno tre anni.
- script basato su SDK per automatizzare le misure e archiviare i dati.
- messa in opera e integrazione nel sistema antenna.
- manualistica.



### **Prestazioni attese (requisiti minimi):**

Precisione ranging: 1.2 mm + 10 ppm sulla portata massima

Precisione angolare: 8" orizzontale, 8" verticale

Precisione della posizione 3D: 3mm a 50m

Campo visivo: 360° orizzontale, 270° verticale

**Design di massima del sottosistema e del cablaggio:** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Documenti di riferimento:** disegni PFP e quadripode, Memo della prof.ssa Giannina Sanna

### **Server dati, archivio e modello delle deformazioni**

**Sottosistema:** F - server dati, archivio e modello delle deformazioni

**Obiettivo realizzativo:** Il sottosistema avrà il compito di raccogliere, organizzare e modellare i dati raccolti dalla rete di sensori al fine di correggere e migliorare il puntamento dell'antenna alle più alte frequenze di funzionamento. Il modello delle deformazioni sarà basato su un modello agli elementi finiti. La SA fornirà un modello dell'antenna basato su ANSYS che è dunque la piattaforma indicata dal committente per lo sviluppo. La SA è già in possesso di una licenza ANSYS e quindi non ne è richiesta la fornitura. Un punto delicato che dovrà essere affrontato durante le fasi del dialogo competitivo riguarda la scelta del set di sensori da utilizzare come input per il modello. Ad esempio, si potrebbe pensare di utilizzare i dati dei soli sensori di temperatura (utilizzando inclinometri, PSD e strain gauges per la validazione), oppure si potrebbe decidere di inserire nel modello un set più esteso di informazioni. Tali scelte progettuali scaturiranno dai colloqui tecnici in seno al dialogo competitivo che indirizzeranno il design finale del sistema. La figura 8 mostra un ipotetico schema del sistema. La rete di sensori è connessa al sottosistema server-archivio concepito per mettere a disposizione del modello FEA le informazioni necessarie al calcolo delle deformazioni in quasi tempo reale. Il modello delle deformazioni termiche determina le correzioni di puntamento (offset di puntamento) e le invia al modello di puntamento dell'antenna. Il modello di puntamento, parte integrante del sistema di controllo di SRT, ha il compito di compensare gli errori "statici" derivanti dalla non planarità del basamento dell'antenna, dalla non perfetta ortogonalità degli assi di azimut e elevazione, ecc.

Il sistema olografico e lo scanner laser misurano (indipendentemente) le deformazioni di M1. Tali deformazioni sono attualmente compensate per la sola componente gravitazionale con una LUT, ma con i due nuovi sistemi si sarà in grado di far fronte anche alle deformazioni termiche di M1 sotto forma di residuo rispetto al valore nominale. Tali deviazioni, tradotte in elongazioni degli attuatori andranno trasmesse al sistema di controllo della superficie attiva di M1.

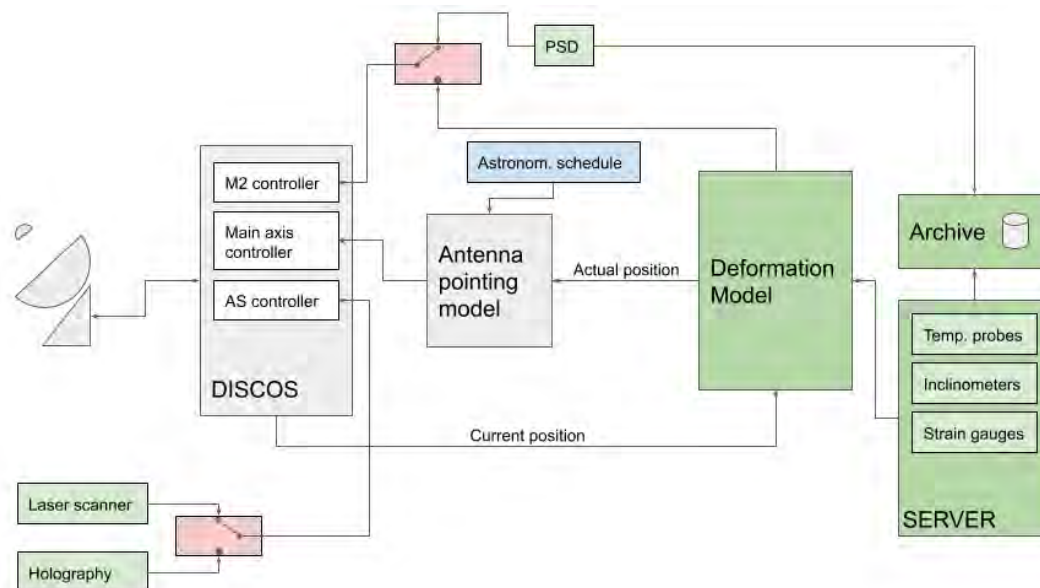


Fig. 8 - Schema del sistema di controllo delle deformazioni

Nello schema proposto, anch'esso da sottoporre ad analisi critica durante il dialogo competitivo, il controllo della superficie attiva risulta essere indipendente dal modello delle deformazioni e quindi scorrelato dalle correzioni di puntamento. In realtà le rototraslazioni di corpo rigido di M1 (dovute per esempio a effetti termici) possono incidere sull'efficienza di puntamento. Di tali effetti si potrà tener conto nel modello delle deformazioni attraverso gli input dei sensori di temperatura posti sulla backup structure.

Per quanto riguarda il subriflettore, questo è dotato di 6 DOF, ma non di una superficie attiva. Attualmente il suo allineamento all'asse ottico è garantito da una LUT che tiene conto dei soli effetti gravitazionali. Nello schema previsto le correzioni della posizione di M2, dovute a effetti termici, saranno derivate dal modello FEA attraverso le misure delle sonde termometriche poste sul quadripode e sulla backup structure. I dati dei PSD e degli strain gauge potranno essere usati per la validazione e affinamento del modello delle deformazioni.

Il sistema di controllo dell'antenna deve poter accedere, tramite il server, ai dati metrologici (storici e in tempo reale) e alle correzioni di puntamento determinate dal modello delle deformazioni. Il dialogo tra i due sistemi deve essere regolato da protocolli da concordare con il committente.

L'archivio dovrà contenere le serie storiche delle misure, esclusi il sistema olografico e lo scanner laser, e deve essere accessibile e gestibile da un comune tool di gestione archivi.

Si richiede che l'architettura del server e dell'archivio siano basati su sistemi open source (preferibilmente OS Linux). Dovranno essere oggetto di fornitura il software,



l'hardware, la documentazione tecnica relativa, i manuali e i codici sorgente dei programmi e degli script sviluppati per realizzare il sistema server-archivio, fatta eccezione, naturalmente, per il codice sviluppato da terze parti quale il "motore" del database.

### **Oggetto della fornitura**

- modello delle deformazioni basato su ANSYS
- sistema open source server-archivio
- workstations
- messa in opera e integrazione nel sistema antenna
- manualistica e codice sorgente

**Prestazioni attese (requisiti minimi):** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Design di massima del sottosistema e del cablaggio:** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Documenti di riferimento:** modello ANSYS di SRT, disegni e schemi impianti, report e articoli scientifici, modello 3D dell'antenna

### **Antenna di riferimento per olografia a microonde in banda K**

**Sottosistema:** G - antenna di riferimento (AR) per olografia a microonde in banda K

**Obiettivo realizzativo:** Misurare l'insieme delle deformazioni superficiali di M1 e M2 attraverso l'implementazione di un nuovo sistema olografico da fuoco gregoriano in banda K capace di ricevere il segnale di un satellite geostazionario (banda 20-21.5 GHz) oppure di una sorgente celeste (per esempio un calibratore o un Maser H<sub>2</sub>O, intorno a 22.23 GHz).

In un sistema olografico interferometrico, come quello oggetto di questa fornitura, l'AR è indispensabile per la misura del campo lontano complesso (ampiezza e fase) dell'AUT. Esso infatti fornisce il riferimento per la misura di fase del segnale della radio sorgente all'apertura dell'AUT, da cui poi si possono calcolare le deformazioni superficiali.

Nella fattispecie l'AR deve avere un riflettore di alcuni metri di diametro e deve essere dotata di un sistema di puntamento motorizzato alt-azimutale. L'accuratezza della superficie del riflettore e del sistema di puntamento dell'AR devono essere opportunamente scelte per osservare efficientemente in banda K.

La minima dimensione del riflettore deve essere definita a valle della valutazione del rapporto segnale rumore necessario per ricevere il segnale di una sorgente radio astronomica.

La catena RF deve essere dimensionata per convertire il segnale di cielo in banda K alla IF (nell'intervallo 100-2100 MHz), attraverso due oscillatori locali, il primo a



frequenza variabile e il secondo a frequenza fissa, agganciati in fase al segnale di riferimento a 10 MHz della stazione per assicurare la coerenza con il segnale ricevuto dall'AUT.

Il primo stadio di amplificazione della catena RF deve avere una risposta con una ampia dinamica. Da una parte deve essere abbastanza robusto (punto di compressione alto) da non saturare quando l'antenna punta un satellite geostazionario. In questo modo il sistema può misurare il diagramma di radiazione d'antenna fino almeno al terzo lobo laterale alle elevazioni (30 e 44 gradi) a cui i satelliti geostazionari sono disponibili alla latitudine di SRT. In questo caso, particolare cura dovrà essere posta sul resto della catena a valle del primo stadio per evitare la saturazione, eventualmente prevedendo uno stadio di attenuatori variabili (preferibilmente a controllo remoto).

Dall'altra il primo stadio deve essere raffreddato con un sistema termoelettrico (cella di Peltier) in modo da ridurre il più possibile il rumore della catena RF, soprattutto quando si vuole puntare una sorgente radioastronomica per caratterizzare il diagramma di radiazione dell'AUT alle elevazioni diverse da 30 e 44 gradi.

Infine, particolare attenzione deve essere posta nella valutazione della banda istantanea della catena RF allo scopo di trovare il compromesso migliore tra una configurazione a larga banda (utile per aumentare la sensibilità del sistema nelle osservazioni di radio sorgenti a spettro largo) o banda stretta (utile per migliorare il rapporto segnale rumore nelle osservazioni di sorgenti a spettro stretto).

Una volta convertito alla IF, il segnale deve essere digitalizzato e correlato con il segnale IF dell'AUT per ottenere il valore del diagramma di radiazione complesso. La correlazione dei due segnali deve essere svolta in tempo reale nel dominio della frequenza da un backend digitale a due canali basato su FPGA. Per questa applicazione, il backend deve essere dotato di 2 ADC (uno per canale) che possano campionare segnali radio fino a 2 GHz e con ampia dinamica (> di 80 dB, almeno 14 bit di risoluzione).

Il firmware dell'FPGA deve essere progettato e implementato in modo tale da poter variare all'occorrenza il tempo di integrazione dell'acquisizione del segnale della sorgente e correggere i ritardi di fase tra il segnale dell'AUT e quello dell'AR (per massimizzare la risposta dell'interferometro). Perciò deve essere dotato di un'interfaccia di comunicazione (con protocollo da definire in fase di dialogo) con il software di controllo dell'AUT per il passaggio di questi parametri e per essere comandato remotamente.

Infine, l'AR deve essere dotata di un sistema di controllo che consenta l'esecuzione di diverse modalità osservative (tracking siderale e di satelliti). E, così come per il backend, il suo sistema di controllo deve essere dotato di un'interfaccia di comunicazione (anche in questo caso con protocollo da definire in fase di dialogo) tramite il quale possa essere controllato e comandato da remoto.



### Oggetto della fornitura

- antenna a riflettore in banda K (dimensione e configurazione ottica da definire durante il dialogo competitivo) con montatura alt-azimutale motorizzata
- catena ricevente a radio frequenza doppia polarizzazione con banda di cielo compresa tra 21 e 22.5 GHz
- primo stadio di amplificazione raffreddato con sistema termoelettrico
- feed horn circolare
- due down-conversioni in frequenza per portare il segnale alla IF (100-2100 MHz)
- due sintetizzatori controllabili da remoto, uno a freq. variabile (fino a 18 GHz) e l'altro a freq. fissa (fino a 6 GHz), la cui posizione deve essere definita durante il dialogo competitivo
- 2 cavi RF (o eventualmente 1 cavo RF e una fibra ottica) per portare i segnali dei sintetizzatori alla catena RF dell'AR
- 2 link ottici fino a 2 GHz
- stadio di attenuatori variabili (a controllo remoto) a due canali (fino a 40 dB con step 1 o 2 dB)
- sistema di controllo remotizzato dell'antenna e degli apparati con interfaccia di comunicazione il cui protocollo deve essere definito durante il dialogo
- modalità osservative: tracking siderale e tracking satelliti (TLE)
- backend digitale a doppio canale basato su FPGA con ADCs, aventi dinamica di almeno 80 dB (almeno 14 bit di risoluzione), e ingresso per segnale di riferimento a 10 MHz
- firmware FPGA capace di compensare i ritardi tra di due segnali ed eseguire la cross-correlazione nel dominio della frequenza accettando il tempo di integrazione come parametro d'ingresso
- software di controllo del backend digitale con interfaccia di comunicazione il cui protocollo deve essere definito durante il dialogo
- PC (server) e SW opensource controllo antenna
- armadio stagno e schermato per la radio frequenza (RFI/EMC)
- messa in opera e integrazione
- manualistica

Non sarà richiesta la fornitura di:

- Fibre ottiche: 1 per dati, 2 per le IF, 1 per il riferimento di frequenza della stazione a 10 MHz sono già posate (da confermare dopo ispezione)
- Basamento antenna
- Scavo trincea 30-40 m (ultima tratta fibre)

**Prestazioni attese (requisiti minimi):** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Design di massima del sottosistema e del cablaggio:** da definirsi durante il dialogo competitivo

**Documenti di riferimento:** disegni e schemi impianti

## Art. 7. Requisiti generali

La progettazione dei cablaggi e dei relativi percorsi dovrà essere tale da utilizzare, nel limite del possibile, le canaline e i grigliati già presenti in antenna. In nessun caso i cavi dovranno essere ancorati direttamente alla struttura del telescopio con la sola eccezione della rete di sensori di temperatura. Nel caso si renda necessaria l'installazione di ulteriori canaline, queste dovranno essere installate in modo da consentire le regolari manutenzioni (pittura ad esempio) senza la necessità di essere rimosse. Le massime distanze dei cavi dovranno essere conformi a quanto richiesto dai singoli produttori degli apparati installati. I cavi di alimentazione dovranno essere posati su canaline separate o comunque ad un'adeguata distanza dagli altri cavi. Inoltre la tipologia di cavi scelti dovranno rispettare le seguenti specifiche:

1. Resistenti ai raggi UV e all'azione degli agenti atmosferici.
2. Flessibili e adatti ad essere posati all'interno di catene portacavi.
3. Schermati.

La strumentazione e gli apparati a supporto andranno ospitati in cabinet o box stagni a seconda che questi siano ospitati all'interno dell'antenna SRT o nelle parti esterne della struttura esposte alle intemperie.

***I ricevitori installati sul SRT, nonché tutta la strumentazione e gli apparati che si trovano nel fascio di trasmissione, potrebbero essere esposti a campi elettromagnetici di intensità significativa quando SRT verrà utilizzato in modalità di trasmissione in banda X e Ka dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), in base agli accordi stipulati nell'ambito delle attività del Sardinia Deep Space Antenna. Al momento tuttavia, non è possibile prevedere i livelli esatti di potenza a cui la strumentazione sarà esposta.***

*Per questo motivo si richiede al fornitore, ove possibile e senza degradarne le prestazioni o alterarne la tempistica di realizzazione, di proteggere tutte le componenti sensibili da installare sul SRT. In ogni caso, sia che venga applicata una protezione o meno, si richiede di esplicitare le soglie massime di tollerabilità delle varie componenti in modo da mettere in grado INAF e ASI di predisporre adeguate contromisure atte a preservarne integrità e prestazioni.*

### **Prescrizioni per i cabinet alloggiati all'interno dell'antenna (armadio industriale):**

1. Struttura metallica in acciaio inox.
2. Compatibile con lo standard IP55.
3. Compatibile EMI/EMC.
4. Aperture per i cablaggi dal basso.
5. Porte frontali completamente apribili.
6. Sistema di controllo della temperatura interna e termostatazione.

### **Prescrizioni per i box stagni alloggiati all'esterno:**

1. Struttura metallica in acciaio inox.
2. Compatibile con lo standard IP65.

3. Compatibile EMI/EMC.
4. Passacavo in acciaio inox e morsettiera interna.
5. Sistema di controllo della temperatura interna e termostatazione, qualora necessario.

Per quanto riguarda i PC da fornire, le architetture e il numero saranno definiti durante il dialogo competitivo con l'obiettivo di massimizzare le prestazioni e l'affidabilità del sistema. I requisiti minimi (indicativi) sono:

#### PC industriali

1. PC industriali fanless equipaggiati con almeno due schede di rete Gbit ethernet.
2. touch screen (mouse e tastiera sono da evitare soprattutto nelle parti mobili dell'antenna).

#### PC calcolo, server e database

1. Workstation I7 ottava generazione 32GB equipaggiate con rete 1 SSD da 1TB (per OS) e 2 HD 4TB, chassis industriale.

**Come prescrizione generale, gli apparati installati in antenna (sensori, PLC, ecc.) e nei pressi dell'AR (per esempio i sintetizzatori) dovranno consentire lo spegnimento da remoto. Tale prescrizione potrà essere derogata a fronte di motivate ragioni tecniche che andranno discusse e approvate dal committente.**

#### Documentazione richiesta

1. Documentazione di progetto comprendente i disegni degli impianti (bus e elettrici), della catena RF dell'AR e i datasheet dei componenti utilizzati.
2. Certificazione di qualità dei materiali in conformità con la normativa europea.
3. Procedura e report di accettazione in sito.
4. Manuali d'uso, backup e manutenzione dei sistemi server, database.
5. Manuale d'uso, ottimizzazione dei parametri e validazione del modello delle deformazioni.
6. Manuali d'uso e di controllo dei sistemi industriali comprese procedure di troubleshooting e manutenzione.
7. Manuale di manutenzione della rete (inteso come sistema) di sensori. Nel manuale andranno elencate tutte le parts number soggette a manutenzione e per ognuna di esse dovrà essere fornita dettagliata procedure di sostituzione.
8. Il firmware e il codice sorgente sviluppato per la fornitura sia a basso (PLC, datalogger, interfacce agli strumenti ecc.) che ad alto livello (database, server, modello deformazioni). I commenti al SW saranno in lingua italiana o inglese.
9. I formati e i protocolli usati per i comandi e per l'invio della telemetria (debitamente documentati).



## Prescrizioni e formati di consegna

1. La fornitura dovrà essere completa, compreso il test di accettazione in sito, **entro 22 mesi dalla stipula del contratto**.
2. Non è ammissibile l'uso di apparati basati su tecnologia per reti senza fili (WLAN).
3. I disegni, gli schemi dei cablaggi e di progettazione elettrica devono essere compatibili con il formato del software EPLAN.
4. I disegni meccanici devono essere prodotti e consegnati al committente in formato DWG e formato 3D (STEP / IGES).
5. Le parti installate in esterno dovranno essere realizzate in acciaio inox per limitare e prevenire la corrosione (per es. box che ospiterà lo scanner laser).
6. Gli oneri di smaltimento e ripristino sono a carico dell'affidatario.
7. Gestione cantiere e sicurezza: da definirsi durante il dialogo competitivo.
8. Tutti gli impianti eventualmente modificati dovranno essere consegnati con relativa certificazione secondo le normative di legge.
9. Certificazioni di qualità.
  - a. Certificazione CE e conformità alle direttive.
  - b. Certificazione EMC di tutte le parti elettroniche fornite.
10. L'alimentazione delle componenti elettroniche deve essere 230Vac +/- 10% e 50Hz +/-10%
11. Le componenti elettroniche oggetto della fornitura dovranno garantire perfetta funzionalità all'interno del range di temperature 0°C a 40°C se non diversamente specificato.
12. Le parti elettriche ed elettroniche dovranno essere realizzate con componentistica standard ad alta affidabilità e di facile reperibilità nel mercato europeo (COTS).
13. La documentazione richiesta dovrà essere scritta in lingua italiana o inglese.
14. Il SW proprietario necessario per il funzionamento di alcune parti del sistema (per es. laser scanner) dovrà essere fornito con una estensione di licenza di almeno tre anni.

## Art. 8. Fasi e cronoprogramma stimato

Si prevede che la fornitura sarà articolata su quattro milestone di progetto, per ciascuna di queste saranno previsti dei deliverables che l'aggiudicatario sarà tenuto a presentare. L'accettazione dei deliverables da parte della Stazione Appaltante comporterà lo sblocco del pagamento associato alla milestone. La definitiva progettazione delle milestone sarà comunicata con la lettera d'invito prima di presentazione dell'offerta finale.



- a) Preliminary Factory Acceptance Test: 30% della cifra pattuita
  - i) Disegni e Documentazione di progetto anche se parziali, e schema verifica modello delle deformazioni prima fase ma ad uno stato tale da permettere alla Stazione Appaltante la verifica di conformità con i requisiti.
- b) Factory Acceptance Test.: 30% della cifra pattuita
  - i) Disegni e documentazione di progetto completa.
  - ii) verifica componenti in fabbrica
  - iii) Stato avanzamento modello delle deformazioni
  - iv) Controllo ed ispezione delle parti meccaniche principali in fabbrica.
  - v) Procedure di test in fabbrica e report sulla verifica della funzionalità dei sotto-sistemi.
- c) On -Site Acceptance Test : 30% cifra pattuita
  - i) Disegni e documentazione di progetto, as-built
  - ii) Certificazioni di qualità
  - iii) Procedure di test in sito e report di test in sito
- d) Final acceptance test: saldo finale
  - i) Consegna di tutta la documentazione richiesta, compresa la manualistica.

## **Art. 9. Condizioni di fornitura e modalità di consegna**

Le modalità di consegna e fornitura e la competenza dei relativi costi saranno normati dallo standard INCOTERMS nella modalità DDP. Eventuali ed ulteriori dettagli saranno oggetto dello Statement of Work da considerare per l'offerta finale di chiusura del dialogo competitivo.

## **Art. 10. Collaudo – Termini e Modalità**

I termini e le modalità di collaudo quali:

- Presenza di personale impresa durante collaudo
- Modalità e tempi di eventuali verifiche e collaudi in corso d'opera
- Modalità e tempi collaudo finale
- Relazioni eventualmente richieste per i collaudi

saranno oggetto dello Statement of Work da considerare per l'offerta finale di chiusura del dialogo competitivo.

## **Art. 11. Garanzia, assistenza e supporto**

I termini e le modalità di garanzia come:



UNIONE EUROPEA  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Durata e modalità di erogazione
- Tipo di assistenza (on-site, on-center, telefonica, ecc. ecc.)
- Durata dell'assistenza
- Tempi di risposta dell'assistenza

saranno oggetto dello Statement of Work da considerare per l'offerta finale di chiusura del dialogo competitivo.

## **Art. 12. Assistenza post realizzazione**

In fase di chiusura del dialogo competitivo, nella richiesta di presentazione di offerta finale, verrà descritto e motivato come criterio di premialità il supporto e l'assistenza offerti nella fase di post realizzazione.