SARDIGNA CHIRCAS
SARDEGNA RICERCHE

ET ITALY
Einstein Telescope

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Programma Regionale

SARDEGNA FESR 2021 – 2027

Obiettivo specifico Os1.i): Sviluppare e rafforzare le capacità di ricerca e di innovazione e l'introduzione di tecnologie avanzate - Azione: 1.1.1.

AIUTI PER PIANI DI INNOVAZIONE DELLE MPMI NELLE KET DELLA S3 REGIONALE

Linee di intervento:

K-PRO – Innovazione di prodotto e/o di processo con KET
ET-TECH – Tecnologie per l'Einstein Telescope

ALLEGATO F
Ambiti tecnologici ET-TECH

INDICE

1. **Premessa** 3
2. **Coibentazione tubi a vuoto ET** 3
3. **Realtà Virtuale e Intelligenza Artificiale** 3
4. **Produzione di O-Rings** 3
5. **Compatibilità elettromagnetica** 3
6. **Monitoraggio ambientale indoor e outdoor** 4
7. **Monitoraggio Marino** 5
8. **Progettazione acustica delle infrastrutture sotterranee di ET** 5
9. **Logistica per ET** 5

1. Premessa

Il futuro rivelatore di onde gravitazionali Einstein Telescope (ET) è una sfida ambiziosa dal punto di vista tecnologico, in quanto richiede lo studio e la progettazione di nuove tecnologie per essere realizzato. Nel presente documento vengono descritte alcune delle linee di ricerca che sono state individuate in cui le aziende possono manifestare il loro interesse.

Gli ambiti tecnologici da sviluppare sono stati definiti in collaborazione con l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), con l'obiettivo di individuare soluzioni innovative per i fabbisogni nella fase di progettazione dell'infrastruttura di ricerca.

L'INFN è il coordinatore scientifico della candidatura italiana ad ospitare l'infrastruttura Einstein Telescope. Coordina la partecipazione degli enti di ricerca e delle università italiane al progetto e che concorrono all'individuazione delle tecnologie avanzate necessarie per ET e la sua collocazione presso il sito di *"Sos Enattos"*.

2. Coibentazione tubi a vuoto ET

Sviluppare un materiale isolante termico a base di sughero e/o lana per il sistema di vuoto dell'ET. Questo sistema è composto da moduli lunghi 15 metri e con un diametro di un metro, realizzati in acciaio inossidabile con uno spessore di 4 mm, rinforzati con anelli spessi 6 mm, alti 50 mm e distanziati ogni 1,5 m, per una lunghezza totale di 120 km. L'isolante verrà impiegato durante le operazioni di bakeout, in cui sezioni di 5 km di tubo sottovuoto sono attraversate da una corrente di 1800 A e raggiungono temperature di 150°. Con l'isolamento termico adeguato, la potenza media stimata è di circa 210 W/m.

3. Realtà Virtuale e Intelligenza Artificiale

Realizzare una versione digitale di realtà virtuale dell'infrastruttura di ET basata su modelli Revit, BIM e GIS forniti dall'INFN (ancora in evoluzione). Navigabile con visore VR all'interno dell'infrastruttura consentendo di simulare ingombri, accessi, ispezione di componenti, trasporto con mezzi, evacuazione di emergenza. Il sistema dovrà essere associato a un database di tipo BIM in modo che cliccando su un elemento della realtà virtuale sia possibile avere informazioni aggiuntive.

4. Produzione di O-Rings

Progettazione, Produzione e qualificazione di O-rings di grandi dimensioni destinati alle torri di vuoto. Le torri saranno composte da due parti:

Le virole avranno un diametro interno di 2 m e uno spessore dell'o-ring di 6,99 mm e una pressione di esercizio ≤ 10^{-7} mbar. Ogni flangia avrà due o-ring con pompaggio differenziale. Dovrà garantire una tenuta in alto vuoto (HV) per una durata di 25 anni.

I portelloni a sezione rettangolare avranno le dimensioni di 120 cm x 150 cm, uno spessore dell'o-ring di 6,99 mm e una pressione di esercizio < 10^{-11} mbar. Ogni portellone avrà due o-ring con pompaggio differenziale. Dovrà garantire una tenuta in alto vuoto (UHV) per una durata di 25 anni, minimizzando la contaminazione da idrocarburi e mantenendo una bassa permeazione.

5. Compatibilità elettromagnetica

Studio dell'inquinamento elettromagnetico al fine di mitigare il rumore magnetico nelle misure di ET.

Bobine

Implementazione di un sistema di monitoraggio magnetico distribuito nelle caverne e nei nodi dell'infrastruttura di ET, consistente in una rete di sensori magnetici e di dispositivi di iniezione magnetica (l'iniezione magnetica di interesse va da pochi Hz a 1000 Hz e consente di stimare un noise budget, mentre l'intensità del campo magnetico dipende dalle condizioni ambientali della infrastruttura). Gli iniettori magnetici sono bobine di grandi dimensioni installate dentro le caverne con alimentatori di potenza. Anche, bobine di grandi dimensioni (realizzazione/avvolgimento) sono utilizzate in configurazione Helmholtz in prossimità di zone sensibili (specchi) per la mitigazione del rumore magnetico ambientale, progettate per operare in un range di frequenza da pochi Hz ad una decina di Hz (range di interesse per il rumore magnetico in ET).

Sviluppo di strumenti magnetometri o nuove tecnologie

Fornitura di sensori magnetici per ET-LF compatibili con ultra-alto vuoto e sensori compatibili con temperature criogeniche.

Progettazione materiali di shielding e trattamenti termici (annealing):

- Sviluppare schermi magnetici con materiali ad alta permeabilità magnetica, come il mu-metal. Sviluppare una procedura di produzione di schermi magnetici a geometria pseudo-complessa (es. cilindri), senza compromettere le proprietà magnetiche del materiale.
- Sviluppare sofisticati trattamenti termici per gli schermi magnetici per ottimizzare le proprietà fisiche, meccaniche e magnetiche del materiale post-lavorazione.

Saldature a bassa resistenza elettrica:

Implementazione di saldature ad alta efficienza, con particolare attenzione alla riduzione della resistenza elettrica, più bassa possibile, per minimizzare le perdite e le problematiche legate alle correnti indotte. Saldature a bassa resistenza elettrica almeno su rame e alluminio.

Tecniche di "twist" di cavi elettrici a ridotta emissione:

Implementazione di tecniche di "twist" di cavi per ridurre l'emissione elettromagnetica e minimizzare l'accoppiamento magnetico tra test mass e cavi in prossimità. Sviluppo di procedure operative standard per l'installazione e la gestione di qualsiasi conduttore di potenza/segnale installato, includendo linee guida su come applicare i twist dei cavi in modo che l'emissione EM sia ridotta al minimo.

6. Monitoraggio ambientale indoor e outdoor

Integrazione della rete di monitoraggio ambientale

Per il monitoraggio ambientale della miniera di Sos Enattos, bisognerà progettare l'aggiunta di sensori di corrente e tensione per misurare l'assorbimento delle attrezzature di servizio. I sensori dovranno integrarsi con quelli già presenti usando dei sistemi di acquisizione dati che operano a una frequenza di almeno 550 Hz, simili a quelli usati nella rete esistente.

Per registrare le condizioni ambientali del sito sotterraneo e la loro dinamica nel corso del tempo, bisognerà progettare anche l'integrazione con sensori di temperatura, umidità e pressione che saranno dislocati lungo le gallerie della miniera, a diverse profondità. L'acquisizione dei dati potrà essere fatta con sistemi a bassa velocità, ad esempio 1 Hz. La progettazione dovrà includere non solo la scelta dei sensori più adatti ma anche l'elettronica di gestione e condizionamento dei segnali.

Rete di sensori ambientali a zero inquinamento elettromagnetico.

Per monitorare continuamente le condizioni in cui opera il rivelatore, sarà necessario progettare una rete di sensori ambientali interni con basso inquinamento elettromagnetico, che forniranno informazioni relative: all'attività sismica, all'inquinamento elettromagnetico, all'inquinamento acustico e dati termici, di pressione, umidità, corrente e tensione. Nella progettazione bisognerà considerare sia l'elettronica di acquisizione e/o condizionamento che la caratterizzazione della sensoristica. I sensori dovranno avere un'emissione nella banda di frequenze da 1-10000 Hz in locali con basso inquinamento elettromagnetico. Una volta caratterizzati i sensori bisognerà progettare dei sistemi di schermatura per ridurre ulteriormente il rumore elettromagnetico.

7. Monitoraggio Marino

Tra le fonti di rumore sismico, nella banda 0.1-1 Hz, quello indotto dal moto ondoso del mare è senza dubbio il più importante e dovrà essere monitorato con una boa ondametrica da installare al largo della costa orientale, lontana dalla rete nazionale. I parametri da misurare dovranno essere: altezza dell'onda, direzione e frequenza. Altri parametri, come salinità, temperatura superficiale dell'acqua, direzione ed intensità del vento, non sono ritenuti strettamente necessari. L'attività prevede l'acquisizione dei dati raccolti dalla rete ondametrica nazionale.

8. Progettazione acustica delle infrastrutture sotterranee di ET

Il sistema di ventilazione e le macchine nei tunnel e nelle caverne necessari per il funzionamento del telescopio Einstein produrranno rumore acustico, che può disturbare il funzionamento degli interferometri laser ad alta precisione e ridurre la sensibilità e la qualità dei dati. Bisognerebbe indagare dei metodi di riduzione del rumore che:

- Possono ridurre il rumore alla fonte scegliendo o sviluppando macchine più silenziose
- isolamento delle vibrazioni con materiali fono assorbenti o strutture antivibranti
- Pianificare la struttura del sito, come la dimensione delle caverne e la posizione delle macchine in modo che il rumore generato interferisca il meno possibile con gli strumenti sensibili
- Usare dei microfoni per caratterizzare la fonte del rumore e usare delle tecniche specifiche di mitigazione.

9. Logistica per ET

Presentare uno studio integrato di uso dei porti della Sardegna, degli aeroporti, delle sue infrastrutture viarie, che minimizzi i costi di trasporto di ET, l'impatto ambientale e sulla popolazione (escluso il trasporto dei materiali di scavo).

Lo studio deve prevedere:

1. il trasporto da porti sardi dei moduli del sistema di vuoto di ET o delle lastre di acciaio con cui produrre i moduli direttamente sul sito.
2. Il trasporto delle torri e dei criostati considerando i loro ingombri
3. La valutazione dettagliata dei costi di trasporto e strategia di minimizzazione
4. La valutazione dell'impatto in termini di CO_2 emessa e strategia di minimizzazione
5. La valutazione dell'impatto in termini di disturbo alla popolazione e un piano di minimizzazione dell'impatto
6. Una proposta di potenziamento delle infrastrutture di trasporto in Sardegna, compatibile con le esigenze di ET in fase di costruzione e di operazione.