

**PROCEDURA PER L’AFFIDAMENTO DELLA FORNITURA DI UN SISTEMA DI CONTROLLO, SORGENTE, PARTE DI BASSA E ALTA ENERGIA COMPATIBILE PER LA REALIZZAZIONE DI UN ACCELERATORE DI PROTONI COMPATTO PER DIAGNOSTICA NELL’AMBITO DEI BENI CULTURALI BASATO su RFQ a 750MHZ modello CERN patent n. EP3180966B1 (<https://patents.google.com/patent/US10051721B2/tr>).**

## **CAPITOLATO TECNICO**

### **1. PREMESSA, OBIETTIVI ED OGGETTO DELL’AFFIDAMENTO**

Nell’ambito degli investimenti pubblici del Piano nazionale per gli investimenti complementari finalizzato ad integrare, con risorse nazionali, gli interventi del Piano nazionale di ripresa e resilienza, è stato finanziato, dall’Agenzia della coesione territoriale, il progetto denominato “Space and Earth Innovation Campus (SEIC)” volto alla realizzazione di un Ecosistema dell’innovazione nel Mezzogiorno per attività di ricerca applicata e sviluppo tecnologico in collaborazione con istituzioni pubbliche e private come le imprese. Obiettivo del progetto SEIC è quello di rafforzare la capacità del territorio di trasferire conoscenze e tecnologie innovative, anche attraverso attività di alta formazione, con il supporto alle filiere industriali e la creazione di start-up e spin-off ad alto contenuto tecnologico. Il SEIC riqualificherà parte del patrimonio immobiliare ora in disuso e vedrà la realizzazione di laboratori per tecnologie avanzate.

Le attività di sviluppo tecnologico di SEIC, che coinvolgeranno in modo interdisciplinare tutte le aree scientifiche del GSSI, si concentreranno nei seguenti ambiti: design di missioni spaziali ad alta complessità e integrazione/sviluppo di payload per missioni scientifiche; caratterizzazione di componenti tecnologici per lo spazio; sviluppo di tecnologie quantistiche per applicazioni spaziali; sviluppo e applicazioni di artificial intelligence, blockchain, e advanced software; bioinformatica e simulazioni numeriche; monitoraggio, simulazione e gestione del territorio e dei grandi disastri; sviluppo piattaforme di concurrent engineering; sviluppo di piattaforme per la virtualizzazione dei processi produttivi e di digital twin; applicazioni di tecnologie per l’economia circolare e per la filiera dell’Idrogeno; tecnologie applicate ai beni culturali; valutazione e gestione dell’impatto sociale e ambientale dei progetti di ricerca e sviluppo.

Nell'ambito delle tecnologie applicate ai beni culturali, è stato finanziato un innovativo acceleratore di protoni di 2 MeV che ad oggi esiste come unico esemplare, in forma prototipale ma completa, in grado di studiare la composizione elementale delle opere d'arte utilizzando le tecniche di analisi con fasci ionici (Ion Beam Analysis, IBA). La caratteristica principale di questo acceleratore di particelle è la sua compattezza che lo rende anche trasportabile, ad esempio nei laboratori di diagnostica, conservazione e restauro e nei musei, essendo le tecniche IBA ampiamente utilizzate per la conoscenza approfondita dell'opera d'arte prima di un intervento conservativo.

Più specificatamente l'oggetto della fornitura è "MACHINA, Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Non-destructive Analysis : the new generation of accelerators for art", nei termini descritti di seguito, configurabile come bene infungibile (rif. Par. 5).

## **2. DESCRIZIONE DELLA FORNITURA**

Negli ultimi anni la strumentazione trasportabile per misure in situ sui beni culturali ha avuto una notevole diffusione, per motivi logistici, economici e di sicurezza. Le analisi con fasci ionici (IBA), un potente set di tecniche analitiche di grande importanza nel campo dei beni culturali, si svolgono invece con strumentazione fissa. Per superare questo limite, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), l'European Centre for Nuclear Research (CERN) e l'Opificio delle Pietre Dure (OPD) hanno proposto e realizzato il progetto MACHINA, per costruire il primo prototipo di un acceleratore trasportabile, compatto, con peso contenuto, bassa potenza assorbita e costi ridotti per applicazioni sui beni culturali.

La prima versione di MACHINA è stata realizzata ed è pronta per essere utilizzata presso l'OPD.

La fornitura qui proposta, oggetto del presente capitolato tecnico, consiste nella realizzazione della seconda versione di MACHINA (MACHINA2) ad eccezione delle cavità acceleranti di tipo quadrupoli ad alta frequenza (HF-RFQ, High Frequency-Radio Frequency Quadrupole) la cui fornitura, vincolata all'utilizzo del brevetto CERN patent n. EP3180966B1, sarà oggetto di una gara d'appalto separata.

### 3. DETTAGLI FORNITURA

Le parti principali che costituiscono MACHINA sono:

- sorgente di ioni e linea trasferimento a bassa energia (LEBT, Low Energy Beam Transfer)
- interfaccia ottimizzata per le cavità acceleranti HF-RFQ (brevetto CERN patent n. E EP3180966B1)
- linea trasferimento ad alta energia (HEBT, High Energy Beam Transfer);
- Apparati ancillari:
  - sistema di vuoto
  - alimentatori Power Amplifier (PA) a radiofrequenza per le HF-RFQ
  - chiller per le cavità e per i PA
- Sistema di controllo
- Sistema di rivelazione X e gamma di bassa energia.

#### 3.1 Sorgente di ioni

MACHINA utilizza una sorgente di protoni basata su una versione modificata della sorgente a radiofrequenza RF.

#### 3.2 Sistema di controllo

Il sistema di controllo di MACHINA ha un'impostazione di tipo master/slave.

### 4. REQUISITI DI PROGETTO

Visto il contesto di impiego, il sistema oggetto della presente fornitura, su cui si integreranno le HF-RFQ (secondo il brevetto CERN - patent n. EP3180966B1), deve rispettare i seguenti requisiti:

- essere composto da elementi indipendenti e movimentabili separatamente;
- avere un ingombro complessivo inferiore a 10 m<sup>2</sup>;
- avere massa inferiore a 1000 kg;
- assorbire una potenza inferiore a 10 kW;
- essere provvisto di un sistema di gestione della parte relativa alla radioprotezione;
- avere una sorgente capace di produrre un fascio di energia di 20 keV con physical geometrical

emittance dell'ordine di 28 pi mm mrad

- per essere iniettato nella RFQ
- gestire un fascio di protoni di energia finale di 1-2 MeV.

Questo comporta che la struttura complessiva deve prevedere:

- una sorgente, una linea di bassa energia e una di alta energia più semplici e compatte possibili, di lunghezza inferiore a 3 m e assorbimento di potenza inferiore a 10 kW a regime;
- una sezione che possa ospitare i moduli acceleranti (basata sulle cavità a radiofrequenza del CERN - patent n. EP3180966B1);
- un sistema di raffreddamento per le HF-RFQ;
- un sistema di alimentazione basato su PA per le cavità acceleranti a basso consumo e raffreddato ad aria;
- un sistema di ultra-alto-vuoto (UHV) il più leggero possibile e adatto a essere installato su un sistema trasportabile;
- un sistema di controllo caratterizzato da basso costo e facilità d'uso.

## **5. MOTIVAZIONI DI INFUNGIBILITÀ DELL'OGGETTO DELLA FORNITURA**

MACHINA 2 non solo soddisfa tutti i requisiti elencati nel paragrafo precedente ma rappresenta al momento l'unica possibilità data l'infungibilità del sistema per motivi tecnici, nel suo complesso e nelle sue parti.

Sotto si riportano in dettaglio le motivazioni dell'infungibilità del bene oggetto della fornitura.

- 1) **REQUISITO:** ridotto ingombro complessivo dello strumento e dei suoi sistemi ancillari, nonché l'essere composto da elementi indipendenti e movimentabili separatamente, che renda l'acceleratore trasportabile e installabile anche fuori da un laboratorio di ricerca, costituendo di fatto uno strumento di diagnostica mobile.

**INFUNGIBILITÀ:** MACHINA rappresenta al momento l'unico acceleratore trasportabile presso un centro di restauro o un museo per effettuare misure di tipo IBA su manufatti artistici.

2) **REQUISITO:** la potenza necessaria complessiva per alimentare l'acceleratore  $< 10$  kW, valore disponibile in musei e centri anche di dimensioni medio-piccole, rendendo per la prima volta fruibile questo strumento ad una vasta comunità di utenti.

**INFUNGIBILITÀ:** MACHINA, inclusi i suoi sistemi ancillari, è l'unico acceleratore che assorbe una potenza tale da non richiedere impianti con potenze tipiche di laboratori attrezzati (centinaia di kW o più).

3) **REQUISITO:** il sistema deve essere intrinsecamente non radiogeno e non richiedere alcuna strumentazione speciale per renderlo sicuro in qualunque ambiente e consentirne l'uso anche in presenza di persone non soggette a controlli di radioprotezione (pubblico).

**INFUNGIBILITÀ:** MACHINA è l'unico acceleratore del tipo richiesto ad essere intrinsecamente non radiogeno. È prevista in ogni caso una zona di divieto di accesso inferiore a un metro quadrato attorno al punto di misura.

4) **REQUISITO:** il sistema di ultra-alto vuoto (UHV) deve essere leggero e avere un'alta velocità di pompaggio che consenta di portare in tempi rapidi il sistema a pressioni inferiori a 10<sup>-5</sup> mbar (pressione necessaria per un uso sicuro dell'apparato accelerante) e poter essere utilizzato in situ senza rendere necessaria una interferenza prolungata alla normale fruizione dell'oggetto sotto analisi.

**INFUNGIBILITÀ:** MACHINA è l'unico acceleratore con un sistema UHV che pesa 36 kg e consente di raggiungere 10<sup>-6</sup> mbar e accendere l'acceleratore in meno di 15 minuti partendo da pressione atmosferica (circa 105 Pa)

5) **REQUISITO:** il livello di affidabilità meccanica della struttura di supporto deve consentire la trasportabilità dell'acceleratore trasportabilità a un grande numero di siti potenzialmente interessati.

**INFUNGIBILITÀ:** MACHINA è l'unico acceleratore con una struttura di supporto che garantisce di poterlo trasportare per migliaia di km senza inconvenienti.

6) **REQUISITO:** il sistema di controllo deve utilizzare software open-source (e quindi facilmente adattabile a nuove richieste) e componenti hardware largamente disponibili di bassissimo costo e di facile uso a personale non specificamente formato.

**INFUNGIBILITÀ:** MACHINA è l'unico acceleratore ad essere controllato da un software open-source e da un sistema hardware caratterizzato a basso costo, facilità d'uso e facilità di adattamento a specifiche richieste.

## **6. CONDIZIONI E TEMPI DELLA FORNITURA**

In questo capitolo verranno specificati i documenti forniti al soggetto aggiudicatario dell'affidamento, le forniture a carico del soggetto aggiudicatario e le forniture oggetto del presente capitolato tecnico con le relative tabelle recanti tempi e deliverable della fornitura. Eventuali variazioni che dovessero essere necessarie per raggiungere i requisiti richiesti, o se non espressamente specificati, saranno tempestivamente concordate con il committente.

Oggetto principale della presente fornitura è l'assieme MACHINA2, realizzato con l'utilizzo di un mock up delle cavità risonanti RFQ con stessa conduttanza del modello HF-RFQ (brevetto CERN patent n. EP3180966B1).

### **6.1 Documentazione fornita al soggetto aggiudicatario**

Dati i requisiti di progetto (vedi paragrafo 4) non è dovuta alcuna documentazione al soggetto aggiudicatario.

### **6.2 Prodotti che il soggetto aggiudicatario deve fornire al committente**

- Specifiche tecniche della strumentazione fornita
- Guide di utilizzo della strumentazione
- Report sui test di accettazione

### **6.3 Tempi e deliverable della fornitura: riunioni di avanzamento (milestone e SAL)**

Sono previste le seguenti riunioni di avanzamento (milestone) a cui partecipano i responsabili scientifici, il direttore esecutivo del contratto (DEC) ed il responsabile unico del progetto (RUP):

- $M1 = T0 + 1$  mese - Produzione documentazione tecnica generale;
- $M2 = T0 + 2$  mesi - Realizzazione telaio di supporto per MACHINA2;
- $M3 = T0 + 5$  mesi - Finalizzazione dell'elettronica di controllo;
- $M4 = T0 + 14$  mesi - collaudo del sistema MACHINA2 (elettrico, vuoto, radioprotezione) utilizzando delle cavità RFQ dummy con stessa conduttanza, collegate dal lato di bassa energia al sistema Source+LEBT e dal lato di alta energia al sistema HEBT+detection set-up.

Il lavoro del soggetto aggiudicatario sarà scandito da SAL (stato avanzamento lavori) a valle dei quali verranno eseguiti i pagamenti da parte del GSSI a seguito di verifica e certificazione da parte del DEC. I SAL previsti sono:

- $M1 = 25\%$  dell'ammontare del contratto;
- $M2 = 40\%$  dell'ammontare del contratto;
- $M3 = 30\%$  dell'ammontare del contratto;
- $M4 = 5\%$  dell'ammontare del contratto.

L'Aquila data firma digitale

Il Responsabile Scientifico del progetto SEIC

Prof. Roberto Aloisio

