

---

**POLITECNICO di Milano**



POLITECNICO  
DI MILANO

---

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italia

# Capitolato Speciale d'Appalto

---

**Per l'affidamento della fornitura di  
un sistema di misura 3D ed esame radiografico dei materiali  
basato su tomografia computerizzata a raggi X  
(X-Ray Computed Tomography)**

**Area Gestione Infrastrutture e Servizi**

## INDICE

<b>Art 1 - OGGETTO DELLA FORNITURA.....</b>	<b>3</b>
<b>Art 2 - RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>3</b>
<b>Art 3 - CARATTERISTICHE DELL'APPARECCHIATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>Art 4 - REQUISITI COSTRUTTIVI E DI FUNZIONAMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>Art 5 - PEZZI DI RICAMBIO E KIT DI MANUTENZIONE.....</b>	<b>7</b>
<b>Art 6 - TERMINE DI CONSEGNA E INSTALLAZIONE.....</b>	<b>7</b>
<b>Art 7 - COLLAUDO.....</b>	<b>7</b>
7.1 Certificazione o misurazione della tensione del tubo radiogeno .....	8
7.2 Misurazione della macchia focale.....	8
7.3 Certificazione delle prestazioni di radioprotezione .....	10
7.4 Certificazione delle prestazioni metrologiche .....	11
7.5 Misurazione della risoluzione strutturale.....	12
<b>Art 8 - ISTRUZIONE DEL PERSONALE .....</b>	<b>13</b>
<b>Art 9 - MANUALI E DOCUMENTAZIONE TECNICA .....</b>	<b>13</b>
<b>Art 10 - GARANZIA .....</b>	<b>14</b>
<b>Art 11 - CONDIZIONI DI FORNITURA.....</b>	<b>14</b>
<b>Art 12 - COLLABORAZIONI PREVISTE .....</b>	<b>14</b>
<b>Art 13 - ORGANIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ .....</b>	<b>15</b>
<b>Art 14 - DECORRENZA DEL SERVIZIO .....</b>	<b>16</b>
<b>Art 15 - PENALI.....</b>	<b>16</b>
<b>Art 16 - RISOLUZIONE DEL CONTRATTO .....</b>	<b>17</b>
<b>Art 17 - RECESSO .....</b>	<b>18</b>
<b>Art 18 - IMPORTO CONTRATTUALE .....</b>	<b>18</b>
<b>Art 19 - MODALITÀ DI PAGAMENTO.....</b>	<b>18</b>
<b>Art 20 - CAUZIONE DEFINITIVA .....</b>	<b>18</b>
<b>Art 21 - REQUISITI DI RISERVATEZZA DELLE INFORMAZIONI .....</b>	<b>19</b>
<b>Art 22 - IMPEGNO A CONTRIBUIRE AL CORRETTO SVOLGIMENTO DELLA PROCEDURA E ALLA REGOLARE ESECUZIONE DEL CONTRATTO.....</b>	<b>19</b>
<b>Art 23 - TRACCIABILITÀ DEI FLUSSI FINANZIARI.....</b>	<b>19</b>
<b>Art 24 - UTILIZZO DEL NOME E DEL LOGO DEL POLITECNICO .....</b>	<b>20</b>
<b>Art 25 - FORO COMPETENTE .....</b>	<b>20</b>
<b>Art 26 - CODICE DI COMPORTAMENTO DEI DIPENDENTI PUBBLICI .....</b>	<b>20</b>

## Art 1 - OGGETTO DELLA FORNITURA

L'appalto ha per oggetto la fornitura di un sistema di misura 3D ed esame radiografico dei materiali basato su micro-tomografia computerizzata a raggi X (X-Ray Computed Tomography, nel seguito "Micro CT Scanner") conforme alla vigente normativa tecnica nazionale e internazionale, con particolare riferimento a quella di seguito specificata, e in grado di effettuare l'ispezione e l'analisi tridimensionale della struttura esterna e interna di campioni di laboratorio e componenti meccanici. I requisiti costruttivi e di funzionamento della strumentazione sono specificati nel presente capitolato.

## Art 2 - RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

Il Micro CT Scanner oggetto della presente fornitura deve rispettare le norme italiane ed europee, se e dove applicabili, anche se non espressamente citate, per quanto riguarda, tra l'altro, la salute, la sicurezza, l'antincendio, il rumore, le apparecchiature elettriche sotto tensione, l'emissione di radiazioni ionizzanti, le sostanze pericolose e quant'altro attinente la fornitura, con particolare riferimento alla Nuova Direttiva Macchine e alla marcatura CE.

Nel presente capitolato si farà riferimento alle seguenti normative e riferimenti bibliografici (consultabili su richiesta):

### GENERALI

- ISO/IEC GUIDE 99:2007(E/F) International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM)
- UNI EN 16016-1:2011 Prove non distruttive – Metodi di irradiazione – Tomografia computerizzata – Parte 1: Terminologia

### NORME DI METODO

- UNI EN 16016-2:2011 Prove non distruttive – Metodi di irradiazione – Tomografia computerizzata – Parte 2: Principi generali, attrezzature ed oggetti da esaminare
- UNI EN 16016-3:2011 Prove non distruttive – Metodi di irradiazione – Tomografia computerizzata – Parte 3: Procedure operative e interpretazioni dei risultati
- UNI EN 16016-4:2011 Prove non distruttive – Metodi di irradiazione – Tomografia computerizzata – Parte 4: Qualificazione
- UNI 10627:1997 Sistemi di tomografia computerizzata per indagini strutturali
- UNI EN 14784-1:2006 Prove non distruttive - Radiografia industriale computerizzata mediante l'impiego di schermi ai fosfori - Parte 1: Classificazione dei sistemi

### SALUTE, SICUREZZA E RADIOPROTEZIONE

- 2006/42/CE Nuova Direttiva Macchine del 17 maggio 2006, recepita ed attuata per l'Italia mediante il decreto legislativo 27 gennaio 2010 n. 17.
- The Ionising Radiations Regulations 1999, Health and Safety, 1999 No. 3232, UK.
- DIN 54113-2:2005 Non-destructive testing - Radiation protection rules for the technical application of X-ray equipment up to 1 MV - Part 2: General technical safety requirements and testing for the manufacture, installation and operation

- DIN 54113-3E:2005 Non-destructive testing - Radiation protection rules for the technical application of X-ray equipment up to 1 MV - Part 3: Formulas and diagrams for the calculation of radiation protection; Estimating of control regions

## VERIFICA DELLE PRESTAZIONI

- VDI/VDE 2630/Part 1.3:2011 Computed tomography in dimensional measurement, Guideline for the application of DIN EN ISO 10360 for coordinate measuring machines with CT sensors.
- ISO 10360 Geometrical product specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM), in particolare ISO 10360-1:2000 Vocabulary, ISO 10360-2:2009 CMMs used for measuring linear dimensions, ISO 10360-5:2010 CMMs using single and multiple stylus contacting probing systems.
- ISO/TS 23165:2006 Geometrical product specifications (GPS) – Guidelines for the evaluation of coordinate measuring machine (CMM) test uncertainty.
- ISO 14253-1:1998 Geometrical product specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: Decision rules for proving conformance or nonconformance with specifications.
- UNI EN 12544-1:2003 Prove non distruttive - Misurazione e valutazione della tensione di tubi radiogeni – Metodo per partitore di tensione
- UNI EN 12543-5:2002 Prove non distruttive - Caratteristiche delle macchie focali di tubi radiogeni industriali per utilizzo in prove non distruttive - Parte 5: Misurazione della dimensione effettiva della macchia focale di tubi radiogeni a mini e micro fuoco
- UNI EN ISO 11699-1:2011 Prove non distruttive - Pellicole per radiografia industriale - Parte 1: Classificazione dei sistemi a pellicola per radiografia industriale
- EN 13068-1:2001 Prove non distruttive - Controllo radioscopico - Misurazione quantitativa delle caratteristiche d immagine

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- J.P. Kruth, M. Bartscher, S. Carmignato, R. Schmitt, L. De Chiffre, and A. Weckenmann (2011) Computed tomography for dimensional metrology, *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 60, 821–842.
- S. Carmignato, A. Pierobon, P. Rampazzo, M. Parisatto, and E. Savio (2012) CT for industrial metrology-accuracy and structural resolution of CT dimensional measurements. In *Proceedings of the Conference on Industrial Computed Tomography (ICT)*, pages 161–172, Wels, Austria, September 2012.

## Art 3 - CARATTERISTICHE DELL'APPARECCHIATURA

Il Micro CT Scanner oggetto della presente fornitura deve possedere i requisiti minimi indicati all'Art. 4. Sarà valutata positivamente ogni caratteristica aggiuntiva o migliorativa delle prestazioni rispetto alle caratteristiche minime indicate. La verifica dei requisiti minimi e della funzionalità complessiva dell'apparecchiatura sarà effettuata in fase di collaudo, eseguito secondo le modalità di cui all'Art. 7.

Le condizioni ambientali in cui l'attrezzatura dovrà operare saranno:

- temperatura tra +15°C e +30°C,
- umidità relativa tra 40% e 70%.

Il Concorrente dovrà specificare le condizioni ambientali operative e quelle relative alle prestazioni ottimali.

## **Art 4 - REQUISITI COSTRUTTIVI E DI FUNZIONAMENTO**

Vengono di seguito indicati i requisiti minimi e obbligatori che la fornitura dovrà rispettare e garantire e che l'offerta tecnica di ogni Concorrente dovrà soddisfare per poter essere considerata accettabile. La verifica dei requisiti minimi e della funzionalità complessiva dell'apparecchiatura sarà effettuata in fase di collaudo, eseguito secondo le modalità di cui all'Art. 7. Il Concorrente potrà proporre elementi migliorativi a questi requisiti senza che ciò comporti oneri ulteriori per il Politecnico di Milano, ma non saranno ammesse proposte "alternative" in cui un requisito minimo venga sostituito da un altro differente e presentato come "equivalente".

Il Micro CT Scanner dovrà essere realizzato con le migliori tecnologie disponibili e con materiali di qualità. Dovrà essere possibile eseguire ispezioni e misurazioni su oggetti / campioni costruiti in metalli, leghe metalliche, materiali polimerici, ceramici, compositi e biomateriali, senza successive modifiche, integrazioni o oneri da parte del Politecnico di Milano.

In riferimento alle norme di metodo e in particolare alla serie di norma UNI EN 16016:2011 (Parti 1, 2, 3 e 4), l'offerta tecnica dovrà fornire dettagli tecnico-costruttivi e funzionali dei principali componenti utilizzati quali:

- Sorgente a raggi X (Radiation Source),
- Rilevatore (Detector),
- Sistema di movimentazione/manipolazione (Manipulation),
- Software di acquisizione, ricostruzione, visualizzazione e immagazzinamento dei dati (Acquisition, reconstruction, visualization, and storage system),
- Software per l'ispezione e la misura dimensionale e geometrica (Inspection and Metrological Analysis).

Il sistema dovrà funzionare con tensione di rete (220V/380V) ovvero dovrà essere corredato da parte del fornitore di opportuno trasformatore di corrente. Il Concorrente dovrà comunicare l'assorbimento massimo di corrente e suggerire le caratteristiche di un opportuno gruppo di continuità/stabilizzazione per la macchina (potenza necessaria, onda quadra o sinusoidale, ecc.).

I requisiti minimi del Micro CT Scanner da approvvigionare sono i seguenti:

Componente di Riferimento /Prestazione	Caratteristica	Requisito minimo
Sorgente a Raggi X	Tensione operativa massima	$\geq 100$ kV
	Tensione operativa minima	$\leq 35$ kV
	Dimensione macchia focale	$\leq 5$ $\mu\text{m}$
	Filtri fisici per la correzione dell'indurimento del fascio	Almeno 3 filtri differenti (con relativa indicazione di impiego)
Sistema di movimentazione	Diametro massimo del campione misurabile	$\geq 50$ mm
	Altezza massima del campione misurabile	$\geq 70$ mm
	Peso massimo del campione misurabile	$\geq 1$ Kg
	Risoluzione assi lineari di movimentazione	$\leq 0,1$ $\mu\text{m}$
	Risoluzione angolare tavola rotante porta campione	$\leq 0,1^\circ$
	Campioni materiali per la calibrazione della scala dimensionale dell'immagine secondo UNI EN 16016-3:2011 §4.5.3.2	Almeno 2 campioni (con relativa indicazione di impiego)
Struttura	Interfaccia / Collegamenti interno/esterno addizionali	In alternativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo passacavo di 50 mm di diametro o equivalente.</li> <li>• Interfaccia di connessione: 2 USB, 1 RS232, 1 presa elettrica.</li> </ul>
Software	Pacchetti software disponibili	Acquisizione, ricostruzione, visualizzazione, immagazzinamento dati, ispezione, misura dimensionale.
	Formati di integrazione sistemi CAD	In alternativa: STEP o IGES o STL
	Formati esportazione immagini radiografiche e ricostruite	RAW, TIFF o JPEG
	Formati esportazione oggetto 3D ricostruito	In alternativa: STL o VXL
	Lingua dei moduli software	Inglese
Sicurezza	Radioprotezione: tasso di dose a una distanza pari a 0.1 m da qualsiasi superficie di accesso	$\leq 1$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Metrologia	Errore massimo permesso nelle misure di lunghezza (Length measurement error): Parametro $E_{\text{MPE}}$ secondo la norma VDI/VDE 2630/Part 1.3:2011 §4.2.4, si veda quanto indicato nell'Art. 7.	$E_{\text{MPE}} = a + b \cdot L$ [ $\mu\text{m}$ ] con $a \leq 20$ $\mu\text{m}$ $b \leq 0,02$ $\mu\text{m}/\text{mm}$ L: lunghezza misurando valutata in mm.
Ispezione /	Risoluzione strutturale valutata secondo	$\leq 10$ $\mu\text{m}$

Metrologia	quanto indicato nell'Art. 7.	
------------	------------------------------	--

In particolare le dimensioni (diametro e altezza) del campione misurabile sono riferite a quelle massime visibili in un'unica immagine radiografica.

## **Art 5 - PEZZI DI RICAMBIO E KIT DI MANUTENZIONE**

Il Concorrente dovrà fornire adeguato kit di manutenzione e pezzi di ricambio per la gestione del corretto funzionamento dell'apparecchiatura, quali ad esempio filamenti per il funzionamento della sorgente per un adeguato numero di ore di utilizzo.

Il Committente non definisce un requisito minimo in tal senso, ma valuterà la completezza della fornitura prevista dal Concorrente a corredo dell'apparecchiatura.

## **Art 6 - TERMINE DI CONSEGNA E INSTALLAZIONE**

Il Concorrente, nell'Offerta Tecnica, deve indicare i termini di consegna franco Politecnico di Milano e messa in attività della strumentazione. Tali termini dovranno prevedere un tempo non superiore a 5 mesi dalla data dell'ordine per la consegna e un tempo non superiore a un mese dall'installazione nel laboratorio dedicato per la messa in opera dello strumento. Consegna e installazione sono a esclusivo carico del Concorrente.

## **Art 7 - COLLAUDO**

Il collaudo prevede la verifica del funzionamento dell'intero Micro CT Scanner e dei suoi sistemi e componenti quali la sorgente a raggi X, il rilevatore, il sistema di movimentazione/manipolazione, il software di acquisizione, ricostruzione, visualizzazione e immagazzinamento dei dati e i moduli software per l'ispezione e la misura dimensionale e geometrica.

Il collaudo sarà eseguito in due fasi: una, iniziale, presso il fornitore e una, finale, presso la sede di installazione. Le attività di collaudo sono interamente a carico del Fornitore.

Si richiede al Concorrente di definire nell'Offerta Tecnica una procedura di collaudo volta a verificare il rispetto di tutti i requisiti tecnico-prestazionali dichiarati e che consideri almeno gli aspetti di seguito elencati (da §7.1 a §7.5). La completezza di tale proposta sarà valutata come requisito tecnico. Le procedure effettive di collaudo iniziale e finale saranno concordate nel loro dettaglio con la Committenza.

Al termine delle prove, il Fornitore dovrà produrre un opportuno e dettagliato verbale attestante il corretto svolgimento delle prove e la conformità della strumentazione ai requisiti della fornitura.

Nel caso in cui una o più prove diano risultati non soddisfacenti, il Fornitore dovrà provvedere a risolvere tempestivamente gli eventuali inconvenienti in modo tale da consentire il completo superamento delle prove previste entro il termine concordato con la Committenza. Nell'ipotesi di inadempienza della fornitura tale da determinarne due collaudi negativi consecutivi, la Committenza potrà procedere alla risoluzione immediata del contratto, ai sensi dell'art. 1456 del c.c. così come previsto nell'Art.16.

## 7.1 Certificazione o misurazione della tensione del tubo radiogeno

La tensione del tubo radiogeno dovrà essere adeguatamente certificata. In caso contrario, la misurazione diretta e assoluta della tensione del tubo radiogeno dovrà essere eseguita secondo le indicazioni della EN 12544-1:2003, mediante l'applicazione di un partitore di tensione al lato secondario del generatore di alta tensione. Il principio del partitore è mostrato in Figura 1.

Il valore dei resistori va scelto in modo che la corrente risulti pari al 10% della corrente effettiva del tubo. Essi, collegati in serie, devono avere un coefficiente di temperatura inferiore a  $50 \times 10^{-6}$  [ $1/^\circ\text{C}$ ] rispetto al valore del resistore. La tensione di uscita attraverso il resistore  $R_2$  rappresenta il valore dell'alta tensione. Si deve tenere conto della resistenza d'ingresso del voltmetro.

Lo scopo della misura consiste nel verificare la corrispondenza con il valore di alta tensione indicato sull'unità di controllo dell'impianto radiogeno per cinque differenti valori di differenza di potenziale applicata: il minimo dichiarato, il massimo dichiarato e tre valori intermedi equi distribuiti tra il minimo e il massimo.

In conformità con la norma di riferimento, la precisione globale richiesta dal metodo per partitore di tensione è pari all'1% della tensione massima del tubo radiogeno.

Il collaudo si concluderà con l'emissione di un rapporto di prova secondo le indicazioni della EN 12544-1:2003.

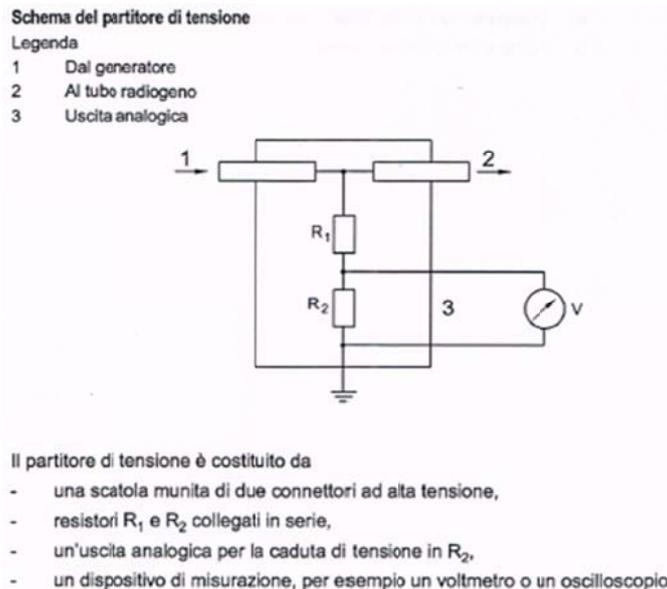


Figura 1 – Schema del partitore di tensione [EN 12544-1:2003]

## 7.2 Misurazione della macchia focale

La misurazione della macchia focale dovrà essere eseguita secondo le indicazioni riportate nella EN 12543-5:2002. Il metodo si basa sulla misurazione indiretta della dimensione della macchia focale mediante misurazione della penombra geometrica e, a questo scopo, l'immagine di uno "spigolo vivo" ("oggetto di prova") è riprodotta su una pellicola. Come oggetto di prova, si richiede l'utilizzo di una sfera in tungsteno con un diametro compreso tra 0.9 mm e 1.1 mm e con una precisione costruttiva di  $\pm 0.01$  mm.

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italy

Per la misurazione è richiesta la seguente apparecchiatura:

- Oggetto di prova come sopra descritto;
- Pellicole di classe C2 conformemente alla UNI EN ISO 11699-1:2011, min. 10 cm × 10 cm, senza schermi;
- Cassette per pellicole in polietilene;
- Supporto per la pellicola;
- Unità per il trattamento della pellicola;
- Microdensitometro in grado di leggere densità  $D \geq 3.0$  e dotato di un diaframma d'entrata  $d \leq 10 \mu\text{m}$ .

La sfera deve essere installata su un supporto sottile di polietilene. Le dimensioni del telaio di montaggio devono essere tali da consentire di posizionare l'oggetto di prova molto vicino alla finestra del tubo radiogeno. In particolare, la distanza minima tra l'oggetto di prova e la macchia focale deve essere cinque volte il diametro della sfera. Inoltre, la distanza tra l'oggetto di prova e il rivelatore deve consentire un ingrandimento di proiezione pari a 100x (vedere Figura 2).

#### Posizionamento dell'oggetto di prova

Ingrandimento di proiezione

$$M = (a + b)/a$$

Legenda

- 1 Anodo del tubo radiogeno
- 2 Oggetto di prova
- 3 Piano della pellicola

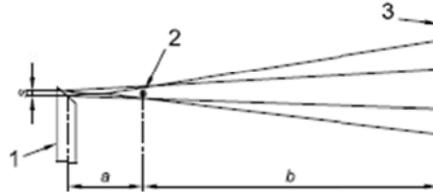


Figura 2 – Posizionamento dell'oggetto di prova [EN 12543-5:2002]

Le radiazioni diffuse devono essere evitate per quanto possibile e si deve evitare qualsiasi filtrazione addizionale dei raggi X. Il tempo di esposizione deve portare a una densità di fondo della pellicola radiografica  $D = 2.5 \pm 0.3$ .

Devono essere prodotte scansioni lineari dell'immagine nel senso della lunghezza e della larghezza. Tali scansioni devono essere eseguite con il microdensitometro sopra descritto. A partire da queste scansioni, i diametri  $D_l$  e  $D_w$  dell'oggetto di prova, nel senso della lunghezza (l) e della larghezza (w), devono essere misurati al 50% del contrasto totale dell'immagine (punti B e C in Figura 3).

L'ingrandimento geometrico è:

$$M_{l,w} = D_{l,w} / D_{reale}$$

dove  $D_{reale}$  è il diametro calibrato.

Quindi, secondo la Figura 3, i punti A e D sono ottenuti al 90% del contrasto. Le dimensioni l e w della macchia focale sono calcolate a partire dall'immagine, utilizzando le equazioni:

$$l = (EF + GH) / M_l$$

$$w = (EF + GH) / M_w$$

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italy

La maggiore di queste dimensioni deve essere utilizzata come “dimensione d della macchia focale”. Questa è valida solo collegata ai parametri operativi utilizzati e registrati durante la misurazione.

Il collaudo si concluderà con l’emissione di un rapporto di prova dettagliato e completo.

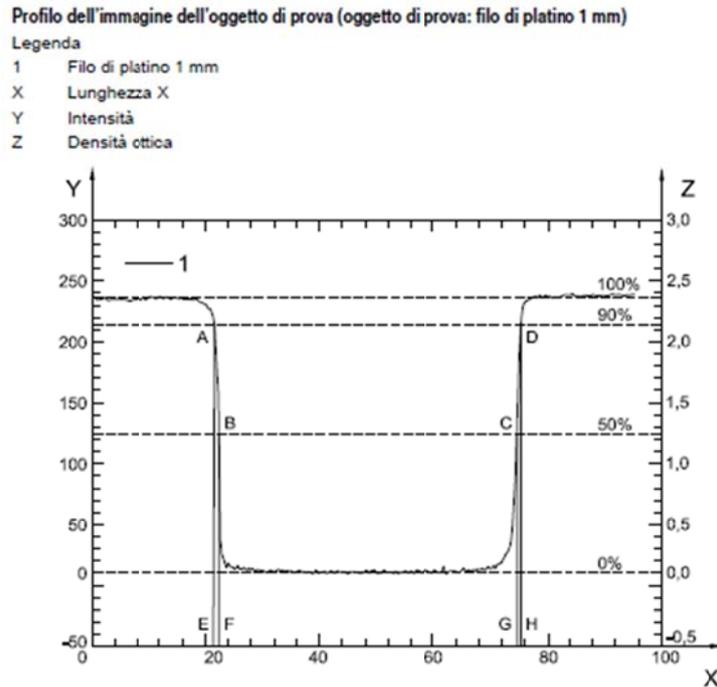


Figura 3 – Profilo dell’oggetto di prova [EN 12543-5:2002] (NB: figura riferita a puro titolo esplicativo alla scansione di un filo di platino da 1 mm di diametro)

### 7.3 Certificazione delle prestazioni di radioprotezione

In termini di radioprotezione, verrà richiesta una certificazione di prestazione dell’apparecchiatura e un documento di analisi dei rischi legati all’attività di utilizzo della stessa ed ai possibili incidenti conseguenti. Da questo punto di vista, viene qui richiesto di basarsi sulle indicazioni riportate nella “Ionising Radiations Regulations 1999” o nelle DIN 54113-2 e DIN 54113-3E.

La verifica, e la conseguente certificazione, sulle prestazioni della radioprotezione dovrà garantire che l’apparecchiatura, in condizioni normali e corrette di utilizzo impostate alla massima potenza di emissione delle radiazioni, non debba generare un tasso di dose maggiore di  $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  ad una distanza pari a 0.1 m da qualsiasi superficie di accesso.

L’analisi dei rischi dovrà, invece, produrre un documento sufficiente a dimostrare che:

1. tutti i pericoli in grado di causare un incidente con rilascio di radiazioni all’esterno dell’area radioprotetta siano stati identificati;
2. la natura e l’entità dei rischi per la persona dovuti a tali pericoli siano state valutate e stimate.

## 7.4 Certificazione delle prestazioni metrologiche

Sono richiesti i seguenti parametri di performance metrologica:

- $E_{MPE}$  secondo la norma VDI/VDE 2630/Part 1.3:2011 §4.2.4:
  - La procedura di verifica di tale parametro dovrà essere accuratamente descritta.
  - La verifica di tale parametro di performance dovrà essere eseguita utilizzando come campione tarato un sistema di steli con testa sferica simile, ma non necessariamente identico, a quello rappresentato in Figura 4.
  - Il test sarà condotto impostando l'ingrandimento di modo da ottenere un volume di lavoro avente diagonale volumetrica minima pari a 80 mm.
  - Nella valutazione del superamento del test di verifica delle performance sarà necessario tenere conto dell'incertezza del test, elaborata secondo la norma ISO/TS 23165:2006, come prescritto nella norma ISO 14253-1:1998.
  - Come requisito minimo si richiede il seguente valore massimo per  $E_{MPE}$ :

$$E_{MPE} = a + b \cdot L \text{ } [\mu\text{m}]$$

con

$$a \leq 20 \text{ } \mu\text{m};$$

$$b \leq 0,02 \text{ } \mu\text{m}/\text{mm};$$

L: lunghezza misurando valutata in mm.



Figura 4 – Esempio di campione materiale per la valutazione del parametro  $E_{MPE}$ .

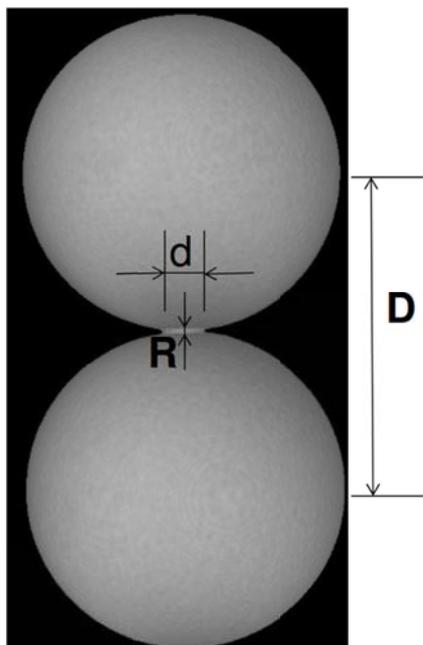
- $P_{S,MPE}$  secondo la norma VDI/VDE 2630/Part 1.3:2011 §4.1.4:
  - La procedura di verifica di tale parametro dovrà essere accuratamente descritta.
  - La verifica di tale parametro di performance dovrà essere eseguita utilizzando come campione tarato una sfera di materiale ceramico di diametro pari a 5 mm.

- Il test sarà condotto impostando l'ingrandimento di modo da ottenere un volume di lavoro avente diagonale volumetrica minima pari a 25 mm.
- Nella valutazione del superamento del test di verifica delle performance sarà necessario tenere conto dell'incertezza del test, elaborata secondo la norma ISO/TS 23165:2006, come prescritto nella norma ISO 14253-1:1998.
- **$P_{F,MPE}$**  secondo la norma VDI/VDE 2630/Part 1.3:2011 §4.1.4:
  - La procedura di verifica di tale parametro dovrà essere accuratamente descritta.
  - La verifica di tale parametro di performance dovrà essere eseguita utilizzando come campione tarato una sfera di materiale ceramico di diametro pari a 5 mm.
  - Il test sarà condotto impostando l'ingrandimento di modo da ottenere un volume di lavoro avente diagonale volumetrica minima pari a 25 mm.
  - Nella valutazione del superamento del test di verifica delle performance sarà necessario tenere conto dell'incertezza del test, elaborata secondo la norma ISO/TS 23165:2006, come prescritto nella norma ISO 14253-1:1998.

## 7.5 Misurazione della risoluzione strutturale

La risoluzione strutturale dovrà essere valutata mediante un campione "hourglass" come definito da Carmignato et al.:

- La procedura di verifica di tale parametro dovrà essere accuratamente descritta.
- La verifica di tale parametro di performance dovrà essere eseguita utilizzando come campione tarato una coppia di sfere in contatto fra loro, di materiale ceramico e di diametro pari ad 1 mm.
- Il test sarà condotto impostando l'ingrandimento di modo da ottenere un volume di lavoro avente diagonale volumetrica minima pari a 5 mm.
- La valutazione della risoluzione strutturale  **$R$**  sarà data mediante l'applicazione della formula riportata in Figura 5, dove  **$D$**  è il diametro tarato medio delle due sfere, e  **$d$**  è l'ampiezza (apparente) della strozzatura del campione.
- Nella valutazione del superamento del test di verifica delle performance sarà necessario tenere conto dell'incertezza del test, come prescritto nella norma ISO 14253-1:1998.



$$R = D - \sqrt{D^2 - d^2}$$

Figura 5 – Determinazione della risoluzione strutturale  $R$ .

## Art 8 - ISTRUZIONE DEL PERSONALE

L'istruzione del personale, da svolgersi presso il Committente, dovrà essere concordata nel dettaglio con la Committenza. Si richiede al Concorrente di definire una proposta di percorso formativo con relativa tempistica, tali da permettere l'istruzione di almeno 10 persone, individuate dalla Committenza. Il percorso formativo deve essere strutturato con l'obiettivo di permettere la gestione completa della strumentazione, di individuarne le principali cause di guasto e i possibili rimedi, e di gestire operazioni di manutenzione ordinaria e semplici operazioni di manutenzione straordinaria.

La completezza di tale proposta sarà valutata come requisito tecnico.

Si richiede inoltre che, per tutto il periodo di garanzia, il Committente possa disporre di assistenza urgente remota.

## Art 9 - MANUALI E DOCUMENTAZIONE TECNICA

A corredo della strumentazione oggetto della presente fornitura deve essere prodotta e fornita la seguente manualistica e documentazione tecnica in lingua inglese:

- Manuali d'installazione, utilizzo e manutenzione di tutti i principali sistemi e sotto-sistemi;
- Manuali d'utilizzo di tutti i moduli software forniti;

---

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italy

- Schede tecniche di tutti i principali sistemi e sotto-sistemi;
- Requisiti tecnici e ambientali per l'installazione del sistema;
- Dichiarazione di conformità come da normativa vigente;
- Documento che illustri tutti i sistemi di sicurezza attivi e passivi connessi alla fornitura nel suo complesso e in particolare alla radioprotezione (conformemente a quanto indicato nel §7.3).

## **Art 10 - GARANZIA**

È richiesta una garanzia di almeno 12 mesi dalla data di conclusione positiva delle procedure di collaudo sul Micro CT Scanner visto come sistema e sui relativi sottosistemi. La garanzia deve comprendere tutto quanto necessario a ripristinare la completa funzionalità dell'apparecchiatura, quindi anche ad esempio parti di ricambio, manodopera e relative spese di trasferta del personale.

È richiesto inoltre un servizio di assistenza post-vendita gratuito per un periodo di almeno 12 mesi a partire dalla data di collaudo comprensiva di assistenza telefonica ed informatica.

È richiesto, infine, un aggiornamento gratuito per un periodo di almeno 12 mesi di tutti i software necessari al corretto funzionamento dell'apparecchiatura, alla sua gestione e all'elaborazione dei relativi dati di output secondo le funzionalità previste dalla fornitura.

Saranno valutate positivamente secondo i criteri definiti nell' Art 2 del Disciplinare di Gara tutte quelle proposte del Concorrente che prevedano un'estensione della garanzia, dell'assistenza post-vendita e degli aggiornamenti gratuiti del software disponibile da 12 ad almeno 24 mesi.

Il Fornitore dovrà inoltre indicare la durata minima per cui garantirà il supporto (a pagamento) dell'apparecchiatura prima che essa sia dichiarata obsoleta.

## **Art 11 - CONDIZIONI DI FORNITURA**

L'offerta deve essere comprensiva di tutte le opere, accessori e materiali necessari per la realizzazione completa e il pieno funzionamento della strumentazione oggetto della presente fornitura presso il Politecnico di Milano anche se non espressamente citati nel bando.

Dovranno altresì essere indicati in modo esplicito i requisiti tecnici e ambientali per l'installazione del sistema da realizzarsi a cura del Politecnico di Milano.

## **Art 12 - COLLABORAZIONI PREVISTE**

Il Committente, presso il quale sarà installato il sistema, si rende disponibile a concordare con il Fornitore future collaborazioni secondo lo schema di lettera di seguito indicato.

The X-Ray Computed Tomography System, object of this tender, will be installed at Politecnico di Milano and will become part of the instrumentation of "Laboratorio Interdipartimentale AMALA". AMALA (Advanced MAnufacturing LABoratory), as stated in its constitutive documents, intends to become a reference in the field of processing and characterization of advanced materials, such
---

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italy

as special alloys, composites, innovative polymers. The Lab is located within Politecnico di Milano, i.e. in the middle of the most industrialized area in Italy.

This Lab is expected to establish an excellence center for the study of advanced materials and technologies, particularly in aerospace, transportation, bio-engineering sectors; in this respect, it will consolidate and activate further collaborations with industrial partners in the area of competitive research.

The Lab involves, at the moment, four of the most active Departments of Politecnico (Mechanical Engineering, Aerospace Science and Technology, Chemistry, Materials and Chemical Engineering, Civil and Environmental Engineering). Such Departments already have tight scientific partnerships with part of the most important companies operating in the sectors of aerospace, automotive and transport, mechanics, structural and functional materials in Italy. Some of these companies, such as Agusta Westland (helicopters), Alenia AerMacchi (aerospace), Brembo (automotive), Compagnia Generale per lo Spazio (space), United Technologies (aerospace, mechanics), Selex Galileo (space) have already confirmed their interest and scientific support to the activities of the Lab and intend to be part of its Industrial Advisory Board.

It should be considered, that the persons directly involved in the Lab activity are currently professors teaching to more than 1500 students in courses related to Manufacturing. The Lab will be active in experimental researches and theses involving master and PhD students, as well as newly graduated engineers. Whenever possible, citations of the instrumentations employed, will be indicated in the scientific reports and publications of the Lab.

AMALA will be available to collaborate with the company supplying the system, in possible instrument developments and/or research activities. Demonstrations of the CT system at Politecnico to some of the prospected key customers of the supplier can be agreed, according to instrument and personnel availability and safety regulations. Details of this agreement will be defined in consideration of mutual interests.

As stated by Politecnico rules, the name of Politecnico di Milano or AMALA laboratory will never be cited for advertising or commercial purposes, unless specific agreement is signed.

Si richiede al Concorrente di definire nell'Offerta Tecnica una proposta dettagliata di possibile collaborazione. Tale proposta sarà oggetto di valutazione. L'accordo effettivo di collaborazione sarà concordato nel dettaglio con la Committenza.

## **Art 13 - ORGANIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ**

Il Concorrente dovrà indicare un proprio "Responsabile della commessa", invariante nel corso della fornitura, che fungerà da referente unico nei confronti del Committente con particolare riferimento a:

- Coordinamento delle attività e delle risorse del Fornitore;
- Pianificazione, avanzamento e consuntivazione delle attività;
- Notifica e gestione di eventuali criticità o ritardi;
- Responsabilità dei rilasci;
- Avanzamento di richieste al Committente in relazione alle attività oggetto della fornitura.

## **Art 14 - DECORRENZA DEL SERVIZIO**

L'avvio della fornitura e di tutte le fasi descritte all'**Art 6** - hanno decorrenza dalla data di comunicazione di avvio della fornitura da parte della Committenza.

La comunicazione di avvio della fornitura potrà essere inviata anche nelle more della stipula del contratto, trascorsi i termini di cui all'Art. 11 c.10 del D.Lgs.163/06.

## **Art 15 - PENALI**

Il Fornitore è sempre obbligato ad assicurare la regolarità e la corretta e puntuale esecuzione della fornitura di cui al presente Capitolato nel rispetto delle modalità sopra descritte.

Il Fornitore riconosce al Committente il diritto di procedere, anche senza preavviso e con le modalità che riterrà più opportune o anche in contraddittorio, a verifiche e controlli volti ad accertare la regolare esecuzione dei servizi e l'esatto adempimento di tutte le obbligazioni assunte.

A fronte di eventuali inadempienze rilevate nell'esecuzione dei servizi, il Committente provvederà a notificare al Fornitore l'accertamento delle stesse e all'applicazione di penalità determinate sulla delle modalità di seguito descritte, fatto salvo il risarcimento di eventuali maggiori danni:

- A fronte del mancato rispetto delle scadenze previste dal piano delle attività specificato nell'Offerta Tecnica potrà essere applicata, per ogni giorno solare di ritardo imputabile al Fornitore, una penale pari allo 0,1% (zerovirgolauno per cento) del valore della fornitura.
- Fallimento di collaudi: nel caso in cui la medesima prova di collaudo dia esito negativo (prova fallita) oltre il termine stabilito nel Piano Attività, sarà applicata una penale pari allo 0,2% (zerovirgoladue per cento) del valore della fornitura per ciascuna prova fallita oltre la prima.
- Nel caso in cui il Fornitore non fosse in grado di implementare la totalità di quanto previsto dall'Offerta Tecnica presentata, potrà essere applicata una penale pari al 10% (dieci per cento) del valore complessivo della fornitura. Inoltre la Committenza si riserva in questo caso il diritto di rescindere il contratto senza alcun onere ed eventualmente di procedere per danni nei confronti del Fornitore.
- Nel caso in cui, a valle di prove effettuate con la strumentazione oggetto della presente fornitura (Collaudo) si dovesse rilevare il mancato rispetto di uno o parte dei requisiti previsti nella normativa vigente di cui all' Art.2 e all' Art 4 - o di quelli più restrittivi rispetto ad essa dichiarati dal Fornitore nell'Offerta Tecnica presentata, potrà essere applicata una penale pari al 10% (dieci per cento) del valore complessivo della fornitura. Inoltre la Committenza si riserva in questo caso il diritto di rescindere il contratto senza alcun onere ed eventualmente di procedere per danni nei confronti del Fornitore.

Tutte le penali verranno applicate previo contraddittorio con il Fornitore, con la sola formalità della contestazione scritta dell'inadempienza al Fornitore, con termine di 5 giorni lavorativi dalla data di ricevimento della stessa per eventuali difese scritte da parte di quest'ultimo.

---

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italy

Il Committente si riserva, al raggiungimento di penali per un importo pari al 10% dell'ammontare del contratto, indipendentemente da qualsiasi contestazione, di procedere alla risoluzione del rapporto, ai sensi dell'art. 1456 C.C., con semplice raccomandata a.r., con conseguente incameramento della cauzione, fatte salve le penali già stabilite e l'eventuale esecuzione in danno del gestore inadempiente, salvo il risarcimento per maggiori danni.

L'amministrazione si riserva, in tal caso, la facoltà di interpellare il secondo classificato.

Gli importi delle eventuali penali verranno trattenuti dall'ammontare delle fatture ammesse al pagamento o, in assenza di queste ultime, dalla cauzione.

## **Art 16 - RISOLUZIONE DEL CONTRATTO**

Oltre alle ipotesi di risoluzione prevista dalla normativa sugli appalti pubblici è facoltà della Committenza risolvere il contratto, previa comunicazione di diffida ad adempiere ex art. 1454 c.c., nelle seguenti ipotesi di inadempimenti del Fornitore:

- rifiuto ad effettuare anche una sola delle prestazioni previste nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e nell'offerta presentata;

Al verificarsi di una delle seguenti ipotesi è facoltà della Committenza dichiarare, mediante dichiarazione unilaterale a mezzo di semplice raccomandata, il contratto risolto di diritto ex art. 1456 c.c., senza la necessità di procedere a diffida e la Committenza avrà diritto all'incameramento della cauzione fissata nel precedente articolo 15, salvo l'eventuale risarcimento dei danni:

- utilizzo di materiale e prodotti non conformi alla legge;
- mancata indicazione del "Responsabile della commessa" come previsto dal precedente Art 13 - ;
- fallimento del Fornitore;
- nell'ipotesi che vengano posti in essere artefici volti ad ottenere il compenso o venga dichiarato il falso circa l'effettuazione delle prestazioni;
- applicazione di Art 15 - penali in misura superiore al 10% del valore della fornitura;
- esito negativo del Collaudo di cui al precedente articolo Art 15 - ;
- per gravi inadempimenti contrattuali, per reati accertati, per ritardo nell'esecuzione dei lavori di cui all' articolo Art 15 - , per violazione della normativa sul trattamento e sulla tutela dei lavoratori;
- affidamento in subappalto senza autorizzazione;
- cessione del contratto.

## **Art 17 - RECESSO**

Il Politecnico di Milano può recedere dal contratto nei seguenti casi non imputabili all'impresa:

- per motivi di pubblico interesse;
- in qualsiasi momento dell'esecuzione, avvalendosi delle facoltà concesse dal Codice Civile ed in particolare dell'art. 1464 c.c.

Il Politecnico di Milano è in ogni caso esonerato dalla corresponsione di qualsiasi indennizzo o risarcimento.

## **Art 18 - IMPORTO CONTRATTUALE**

La somma complessiva messa a disposizione dal Politecnico di Milano per il presente contratto ammonta a:

**€225.000,00 (duecentoventicinquemila/00) IVA esclusa.**

Non sono ammesse offerte in aumento rispetto a tale importo.

L'importo contrattuale sarà quello risultante dall'offerta presentata dall'aggiudicatario.

## **Art 19 - MODALITÀ DI PAGAMENTO**

La fatturazione relativa alla fornitura della strumentazione, a fronte di consuntivazione approvata dal Committente, avverrà:

- 40% alla formalizzazione dell'ordine
- 30% alla spedizione presso il Committente (dopo il primo collaudo presso il Fornitore – vedi Art. 7)
- 30% dopo il collaudo a valle dell'installazione presso il Committente (vedi Art. 7)

Il completamento delle attività sopra richiamate sarà certificato con apposita lettera del RUP e costituirà titolo per l'emissione della fattura.

Il pagamento avverrà entro 30 giorni dalla ricezione della fattura tramite posta elettronica all'indirizzo specificato in sede di aggiudicazione.

## **Art 20 - CAUZIONE DEFINITIVA**

Il Fornitore dovrà, prima della stipula del Contratto, costituire la cauzione definitiva a garanzia dell'adempimento di tutte le obbligazioni del contratto e del risarcimento di danni derivati dall'inadempimento delle obbligazioni stesse per il valore e secondo le modalità stabilite dall'Art.113 del D.Lgs.163/2006, in riferimento:

- alle obbligazioni contrattuali;
- al risarcimento degli eventuali danni e alle penali dipendenti dal mancato adempimento delle obbligazioni contrattuali;

---

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italy

- al rimborso di somme che, eventualmente, il Committente gli abbia corrisposto indebitamente.

La cauzione definitiva dovrà essere prestata in contanti o in titoli del debito pubblico o mediante fidejussione bancaria o polizza assicurativa, secondo le modalità previste dall'art. 113 del D.legs.163/06.

- Per la validità di tali forme di garanzia, l'istituto garante dovrà espressamente dichiarare: di aver preso conoscenza di tutti i documenti contrattuali, di ogni clausola dei medesimi e di ogni atto da essi citato;
- di rinunciare al beneficio della preventiva escussione del debitore principale;
- di rinunciare al termine semestrale di cui all'art. 1957 c.c.;
- che la garanzia avrà operatività entro 15 giorni, a semplice richiesta scritta della Committenza ;
- di procedere a pagamento dell'intera somma garantita o di parte della medesima, su esplicita richiesta della Committenza , senza opporre alcuna eccezione e/o ritardo;
- di ritenere valida la garanzia in oggetto per tutta la durata del rapporto contrattuale.

## **Art 21 - REQUISITI DI RISERVATEZZA DELLE INFORMAZIONI**

Tutte le informazioni raccolte nell'ambito della presente attività sono da considerarsi come altamente riservate ed eventuale documentazione raccolta dalla Committenza con la finalità di svolgimento dell'analisi oggetto di questo Appalto dovrà essere riconsegnata alla Committenza al termine dei lavori e dovrà essere distrutta quella ancora in possesso del Fornitore, sia essa in formato cartaceo o elettronico.

## **Art 22 - IMPEGNO A CONTRIBUIRE AL CORRETTO SVOLGIMENTO DELLA PROCEDURA E ALLA REGOLARE ESECUZIONE DEL CONTRATTO**

L'aggiudicatario:

1. s'impegna a non corrispondere né promettere di corrispondere ad alcuno - direttamente o tramite terzi, ivi compresi i soggetti collegati o controllati, somme di denaro o altra utilità finalizzate a facilitare l'esecuzione del contratto;
2. si impegna a segnalare all'Amministrazione qualsiasi illecito tentativo da parte di terzi di turbare, o distorcere la fase di esecuzione del contratto;
3. si impegna a segnalare all'Amministrazione qualsiasi illecita richiesta o pretesa da parte dei dipendenti dell'amministrazione o di chiunque possa influenzare le decisioni relative all'esecuzione del contratto;
4. si impegna, qualora i fatti di cui precedenti punti 2 e 3 costituiscano reato, a sporgere immediata denuncia all'Autorità giudiziaria o alla polizia giudiziaria;
5. si impegna, a rendere noti, su richiesta dell'Amministrazione aggiudicatrice, tutti i pagamenti eseguiti e riguardanti l'esecuzione del contratto.

## **Art 23 - TRACCIABILITÀ DEI FLUSSI FINANZIARI**

Il Fornitore assume tutti gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui all'articolo 3 della legge 13 agosto 2010, n. 136 e successive modifiche.

---

P.za L. da Vinci, 32 – 20133 Milano - Italy

Il Fornitore si impegna a dare immediata comunicazione alla stazione appaltante ed alla prefettura-ufficio territoriale del Governo della provincia di Milano della notizia dell'inadempimento della propria controparte (subappaltatore/subcontraente) agli obblighi di tracciabilità finanziaria.

Il Fornitore si impegna inoltre a fornire, su richiesta della Stazione appaltante, documentazione idonea per consentire le verifiche di cui al comma 9 della legge 136/2010.

A pena di risoluzione del contratto, tutti i movimenti finanziari relativi alla fornitura devono essere registrati su conto corrente dedicato e devono essere effettuati esclusivamente tramite lo strumento del bonifico bancario o altri strumenti previsti dalla legge 136/2010, salvo le deroghe previste dalla legge.

## **Art 24 - UTILIZZO DEL NOME E DEL LOGO DEL POLITECNICO**

Il Politecnico di Milano non potrà essere citato a scopi pubblicitari, promozionali e nella documentazione commerciale né potrà mai essere utilizzato il logo del Politecnico di Milano se non previa autorizzazione da parte del Politecnico stesso. Le richieste di autorizzazione possono essere inviate a [comunicazione@polimi.it](mailto:comunicazione@polimi.it).

## **Art 25 - FORO COMPETENTE**

Per ogni controversia che dovesse insorgere circa l'applicazione, l'interpretazione, l'esecuzione o la risoluzione del contratto, sarà competente il foro di Milano.

## **Art 26 - CODICE DI COMPORTAMENTO DEI DIPENDENTI PUBBLICI**

Ai sensi dell'art. 2 del D.P.R. 62/2013, il contraente si impegna a rispettare e a divulgare all'interno della propria organizzazione il codice di comportamento dei dipendenti pubblici, di cui all'art. 54 del D.Lgs. 165/2001, durante l'espletamento delle attività previste dal presente contratto.

Fatti salvi gli eventuali altri effetti, l'inosservanza delle norme e/o la violazione degli obblighi derivanti dal codice di comportamento dei dipendenti pubblici di cui all'art. 54 del D.Lgs. 165/2001 comporta la risoluzione del presente contratto ai sensi dell'art.1456 del c.c.