



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

**Procedura aperta per la fornitura di apparecchiature scientifiche
per il Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale Meccanica,
suddivisa in due lotti.**

**Lotto 2: Sistema di Particle Image Velocimetry (PIV)/Long-
Distance Micro-PIV e shadowing**

CIG 8218501991 – CUP E66C18000340001

Gara telematica n. 89433

CAPITOLATO PRESTAZIONALE



DEFINIZIONI

Aggiudicatario	Il Concorrente primo classificato nella graduatoria di valutazione delle Offerte ratificata da UniTrento.
Appaltatore	Il soggetto vincitore della Gara, con il quale UniTrento firmerà il Contratto.
Apparecchiatura / Sistema	Sistema di Particle Image Velocimetry (PIV)/ Long-Distance Micro-PIV e shadowing
AVCPass	Banca dati nazionale istituita presso l'A.N.A.C. per la verifica del possesso dei requisiti generali e speciali per la partecipazione alla Gara.
Capitolato prestazionale	Il presente documento, che definisce le caratteristiche tecniche della Fornitura.
Capitolato Speciale	Il documento contenente le condizioni generali del Contratto che sarà stipulato fra UniTrento e l'Aggiudicatario.
Concorrente	Ciascuno dei soggetti, siano essi in forma singola o raggruppata, raggruppanda che presenteranno Offerta per la Gara.
Contratto	Il contratto di appalto che sarà stipulato fra UniTrento e l'Aggiudicatario.
DICAM	Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica dell'Università di Trento.
Direttore dell'esecuzione del Contratto	La persona fisica, all'uopo indicata da UniTrento, con il compito di rappresentarla nella gestione del rapporto contrattuale con l'Appaltatore.
Disciplinare di Gara	Il documento che fornisce ai Concorrenti le informazioni necessarie alla preparazione e presentazione dell'Offerta, nonché i criteri di valutazione e di aggiudicazione.
Documenti di Gara	I seguenti documenti: Bando di Gara, Disciplinare di Gara, Capitolato Speciale lotto 2, Capitolato Prestazionale lotto 2 e loro allegati, che nel loro insieme forniscono ai Concorrenti i criteri di ammissione alla Gara, le informazioni necessarie alla preparazione e presentazione dell'Offerta,



	i criteri di valutazione delle offerte e di scelta dell'Aggiudicatario. Detti documenti sono parte integrante del rapporto contrattuale.
Fornitura	L'oggetto dell'appalto.
Mandatario	Per i Concorrenti raggruppati o raggruppandi, il componente che assume il ruolo di capofila del gruppo costituito o costituendo.
Offerta	L'offerta tecnica ed economica che ciascun Concorrente deve presentare per partecipare alla Gara.
Responsabile dell'Appaltatore	La persona fisica indicata dall'Appaltatore per la gestione del Contratto con funzioni di coordinamento e di garanzia al buon funzionamento della Fornitura.
Responsabile del procedimento di gara	Dott.ssa Elisabetta Endrici; <u>pec: ateneo@pec.unitn.it</u> .
UniTrento	L'Università degli Studi di Trento.



PREMESSA

In anni recenti lo studio dei processi idrologici e bio-geochimici all' interfaccia fra acque superficiali e sotterranee, della diluizione e mixing in campi di moto complessi, come ad esempio accade nei mezzi porosi, e dei processi di bio-fluidodinamica ha trovato importanti sbocchi nel campo della ricerca di base e applicata. Un ulteriore passo avanti nella comprensione delle tematiche sopra citate richiede l'utilizzo di tecniche sperimentali d'avanguardia fra le quali si può annoverare la Particle Image Velocimetry (PIV). Con l'obiettivo di potenziare la dotazione del laboratorio di Idraulica/Idrologia il DICAM intende acquistare un sistema PIV completo che include anche le tecniche di "Shadowing" e la possibilità di configurare il sistema per l'esecuzione della long-distance micro PIV. Il sistema è pensato principalmente per lo studio di moti fluidi a geometria complessa non turbolenti.

In sintesi, il sistema che si intende acquistare è costituito di una sorgente laser pulsata, un'ottica per convertire la sorgente laser in una lama di luce, due telecamere con opportune ottiche, un sincronizzatore, ed un sistema per l'acquisizione ed elaborazione delle immagini acquisite dalle telecamere. Il principio di funzionamento è il seguente: i) il fluido viene inseminato da particelle di tracciante che ne seguono fedelmente il movimento; ii) tali particelle vengono poi illuminate, nella sezione di interesse, da due impulsi consecutivi della lama di luce; iii) le telecamere acquisiscono due coppie di immagini (due per ogni telecamera) che, a loro volta, catturano la posizione delle particelle in due istanti diversi. Previa conoscenza dell'intervallo temporale intercorso tra i due impulsi di luce, un algoritmo di correlazione incrociata tra le immagini permette di ricavare il campo di moto tridimensionale nella sezione illuminata dal laser. Il sistema deve consentire anche l'esecuzione di misure di concentrazione di traccianti mediante la tecnica Planar Laser Induced Fluorescence (PLIF). Il tracciante viene immesso nel dominio e lasciato disperdere. La lama di luce illumina il piano d'interesse, mentre la telecamera dotata di un adeguato filtro ottico selettivo riprende il tracciante in movimento.

Il sistema è munito altresì di un'ulteriore ottica per il laser che, invece di generare una lama di luce, possa fare da diffusore. La luce diffusa andrà ad illuminare una porzione di fluido in movimento, mentre le telecamere poste dalla parte opposta alla sorgente, potranno rilevare l'ombra generata da particelle o bolle presenti nel flusso. Le immagini dovranno essere analizzate per ricavare velocità e dimensione delle particelle. In aggiunta il sistema dovrà consentire indagini del campo di moto all'interno di mezzi porosi e in dispositivi per microfluidica con scale d'indagine millimetrica e risoluzioni micrometriche. A tale scopo, il sistema dovrà essere corredato da un microscopio a lunga distanza (long-distance microscope) che renda possibile l'acquisizione di immagini ad alta risoluzione (Long-distance micro-PIV).

L'acquisto si pone nel contesto dell'iniziativa "Dipartimenti di Eccellenza MIUR" finanziata dal MIUR e orientata ad "incentivare l'attività dei Dipartimenti delle università statali che si caratterizzano per l'eccellenza nella qualità della ricerca e nella progettualità scientifica, organizzativa e didattica".



Il presente documento descrive i requisiti minimi essenziali che dovrà presentare il Sistema. Il mancato rispetto anche di uno solo di tali requisiti minimi comporterà l'esclusione dalla gara.

CARATTERISTICHE GENERALI

Il Sistema dovrà, a pena di esclusione, soddisfare i seguenti requisiti minimi necessari:

- 1) Sorgente laser (laser Nd:YAG lunghezza d'onda 532nm) con "power attenuator" remotizzato e motorizzato per avere controllo sull'intensità di luce in uscita;
- 2) Ottica laser per generare una lama di luce;
- 3) Due telecamere digitali dotate, ognuna, di obiettivo macro e filtri ottici e sistemi Scheimpflug per compensare le differenze di messa a fuoco;
- 4) Un sincronizzatore per sincronizzare le telecamere al laser;
- 5) Un diffusore di luce per utilizzare la strumentazione in modalità "shadow", al fine di visualizzare e stimare la dimensione di particelle o bolle in flussi multifase;
- 6) Un microscopio a lunga distanza che permetta di analizzare il campo di moto e la sua evoluzione con tecniche di Long-Distance Micro-PIV;
- 7) Un software per l'acquisizione e l'elaborazione di immagini PIV/Long-Distance Micro-PIV/shadow e PLIF;
- 8) Un computer per gestire l'acquisizione e l'analisi dei dati. Il software necessario all'elaborazione delle immagini acquisite sia mediante la tecnica PIV che la tecnica PLIF preinstallato sul computer;
- 9) Un braccio ottico;
- 10) Un target di calibrazione

Il sistema offerto e consegnato deve essere nuovo di fabbrica in ogni sua parte e/o componente. Non potranno essere offerti in gara strumenti usati, anche in condizioni "refurbished" o ex-demo.

Tutta la strumentazione che costituisce il sistema, compresa la parte software, deve essere scevra da qualsiasi difetto di progettazione, o riguardante materiale, l'esecuzione e la lavorazione, deve essere perfettamente funzionante nonché esente da vincoli, cauzioni o oneri, ipoteche, gravami e diritti di terzi di qualsiasi genere e da controversie imputabili a violazione di brevetti.

1. APPLICAZIONI ESEGUITE DAL SISTEMA

Il sistema "PIV/Long-Distance Micro-PIV e Shadowing" deve consentire all'operatore non solo la misura del campo di velocità tramite tecniche ottiche e la concentrazione di un tracciante (compresa la temperatura), ma anche la misura, in sistemi bifase, della dimensione della fase dispersa, bolle, gocce o particelle solide, nonché l'indagine di campi di moto di dimensione millimetrica.

2. REQUISITI TECNICI MINIMI DEL SISTEMA



- 1) Sorgente laser (laser Nd:YAG lunghezza d'onda 532nm). La sorgente laser deve generare un impulso caratterizzato da un'energia di almeno 200 mJ e una durata uguale a 10 ns e frequenza di emissione di almeno 10 Hz per ciascuna cavità.
- 2) Ottica laser per generare una lama di luce. L'ottica per la generazione della lama di luce deve essere montata all'uscita del braccio ottico e deve permettere di generare lame di luce con un range di divergenze da 5° a 35° (step non superiori ai 5°).
- 3) Diffusore di luce per utilizzare la strumentazione in modalità "shadow", al fine di visualizzare e stimare la dimensione di particelle o bolle in flussi multifase. Il diffusore di luce dovrà permettere, con continuità, di garantire una distribuzione di luce uniforme su un'area circolare nel punto di misura, con variazione della dimensione della zona illuminata ("spot light"). La dimensione minima dello "spot light" dovrà essere di 5mm, mentre la dimensione massima dovrà essere di 100 mm. Il diffusore deve essere disaccoppiato dal laser e permettere il trasporto della luce attraverso fibra ottica dal laser per almeno 1,5 m. Il diffusore deve altresì permettere a) di proiettare la luce nel punto di misura, b) di rimuovere lo "speckle noise" della sorgente laser, c) di garantire una distribuzione di luce uniforme su un'area di almeno 1cm x 1cm. Il diffusore deve essere munito di tutti gli accessori che permettano la connessione ottica alla sorgente laser di cui sopra;
- 4) Le due telecamere, da utilizzare per effettuare misure sia con fase continua gassosa che liquida, devono avere una risoluzione di almeno 8 Mp con almeno 12 bit, ed una frequenza di acquisizione (di coppie di immagini), alla massima risoluzione, di almeno 4 Hz. Le ottiche delle telecamere devono avere un obiettivo macro da 50 mm tipo Zeiss Milvus 50 mm f 2.0 Macro Lens, F-mount, o con caratteristiche compatibili ed equivalenti. Le telecamere dovranno essere dotate di filtri ottici rimovibili da almeno 532 nm per PIV, con trasmissione di almeno il 90% ed ulteriori filtri ottici per la rilevazione della radiazione emessa da traccianti passivi quali rodamina WT e fluorescina per l'utilizzazione con la tecnica PLIF. Le telecamere dovranno essere dotate di sistemi Scheimpflug per compensare la differenza di messa a fuoco.
- 6) Microscopio a lunga distanza per l'applicazione di tecniche di "Long-Distance Micro-PIV" con una field of view di almeno 4 mm con una risoluzione di 2 micron ed un ingrandimento minimo non superiore a 4x;
- 7) Un Software per l'acquisizione ed elaborazione di immagini PIV/Long-Distance Micro-PIV/shadow e PLIF. Un unico sistema software deve essere in grado di gestire l'hardware, effettuare l'acquisizione e l'elaborazione delle immagini. Il software deve permettere di gestire almeno due telecamere, due laser, e un sincronizzatore contemporaneamente. Per l'elaborazione delle immagini (PIV/Long-Distance Micro-PIV o shadow e PLIF) il software deve essere munito di una libreria di strumenti per l'analisi di immagini completa di filtri (low and high pass) per la rimozione del rumore. Il software per le elaborazioni delle immagini PIV/Long-Distance Micro-PIV deve permettere analisi di campi di velocità 2D e 3-D, tramite l'uso di due telecamere. Il software deve essere in grado di analizzare immagini acquisite con la tecnica PLIF al fine di determinare il campo di concentrazione di un tracciante fluorescente (rodamina e/o fluorescina) all'interno



del campo di moto. Il software per le elaborazioni delle immagini shadow deve permettere il riconoscimento di particelle, o bolle, in sospensione, la stima delle loro dimensioni e della loro velocità;

8) Un sincronizzatore per sincronizzare telecamere e laser. Il sincronizzatore dev'essere in grado di sincronizzare tutti gli elementi del sistema PIV/Long-Distance Micro-PIV/Shadow con una risoluzione inferiore o uguale a 10 ns. Il sincronizzatore dovrà essere in grado di gestire fino a 4 telecamere oltre al sistema di illuminazione con un range da 0 ad almeno 1000 secondi e con una risoluzione di almeno 250 picosecondi;

9) Un Computer con il software descritto preinstallato. Il Computer deve possedere le seguenti caratteristiche minime: un processore Intel XEON 8 core o equivalente, 3.2GHz, 32GB RAM, 256GB SSD per S.O., 4TB SATA HDD per i dati, DVD +/-RW, 512MB NVIDIA Quadro NVS 310, Monitor 23" 1920x1080, Win 10 Professional 64 bit e software gestionale preinstallato;

10) Il sistema dovrà inoltre essere corredato da un manuale utente in forma digitale, aggiornato per l'utilizzo dell'apparecchiatura e dalla scheda di installazione;

11) Training di tre giorni on site con tecnico da erogarsi in fase di installazione;

12) Il braccio ottico deve avere una lunghezza minima 1.5 m con almeno 2 snodi.

3. OPERAZIONI

Il Sistema dovrà essere in grado di eseguire tutte le seguenti operazioni:

- 1) Convertire la sorgente laser in una lama di luce attraverso un sistema di ottiche;
- 2) Catturare coppie di immagini (due per ogni telecamera) per poter rappresentare il movimento di particelle di tracciante o bolle presenti nel mezzo di studio;
- 3) Convertire la sorgente laser in una luce diffusa capace di illuminare una porzione di fluido in movimento;
- 4) Analizzare tramite opportuno software le immagini catturate al fine di ricavare il campo di moto tridimensionale nella sezione illuminata dal laser, la dimensione delle particelle e la concentrazione di un tracciante passivo.

4. SISTEMA DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Il Sistema dovrà essere completo di adeguato sistema di acquisizione dati in tempo reale dei parametri della prova. Dovranno essere forniti inoltre i driver Labview per la connessione ed il controllo mediante sistema di UniTrento. È oggetto della Fornitura la Workstation Pc che supporti il software di gestione dello strumento.

5. TEST DI FUNZIONALITÀ ESEGUITI DALL'APPALTATORE

Dopo l'installazione l'Appaltatore dovrà eseguire i test di funzionalità da effettuare alla presenza di personale designato da UniTrento. I risultati di detti test di funzionalità, che riguarderanno i requisiti minimi di cui al punto 2 e il raggiungimento delle risoluzioni richieste in tutte le modalità operative di cui al punto 3, nonché



tutte le funzionalità previste dai Documenti di gara, saranno riportati in idoneo documento che certifichi la corretta operatività dell'intero sistema e la conformità alle leggi. L'Appaltatore rilascerà al termine di questa fase il certificato di calibrazione del sistema.

6. REGOLARE ESECUZIONE

Il certificato di regolare esecuzione sarà emesso nei termini previsti dall'art. 102 del D.Lgs 50/2016 dall'esecuzione con esito positivo dei test di funzionalità (di cui al punto 5 che precede) e riguarderà la verifica di tutti i requisiti minimi descritti in precedenza e le operazioni di cui al punto 3. La verifica sarà effettuata da UniTrento in presenza dei tecnici dell'Appaltatore.

7. FORMAZIONE DEL PERSONALE E DOCUMENTAZIONE TECNICA

L'Appaltatore dovrà addestrare all'utilizzo del Sistema il personale designato da UniTrento per una durata minima di 3 giorni. Le giornate di formazione dovranno essere finalizzate a consentire l'utilizzazione della strumentazione da parte dei futuri utilizzatori; in particolare, il corso dovrà essere idoneo ad istruire il personale all'uso dello strumento e dovrà sviluppare le problematiche che possano verificarsi nel corso dell'utilizzo, comprese le tematiche inerenti la sicurezza dell'utilizzatore.

Le giornate di formazione dovranno essere effettuate entro e non oltre 15 (quindici) giorni lavorativi a decorrere dall'esito positivo del collaudo e comunque le date dovranno essere preventivamente concordate con il Direttore dell'esecuzione del contratto.

I contenuti della formazione dovranno essere modificabili, secondo le esigenze e le richieste del Direttore dell'esecuzione del contratto. L'Appaltatore è inoltre tenuto a fornire i manuali e ogni altra documentazione tecnica, redatti in lingua inglese e, ove disponibili anche in lingua italiana, idonei ad assicurare il funzionamento del sistema, i manuali di servizio (*service manual*), i manuali e le istruzioni concernenti le procedure di calibrazione e di lavoro, la diagnostica e l'utilizzo (avviamento, fermi, interventi per guasti, operazioni consentite in fase di elaborazione, ecc.).

La documentazione inerente la sicurezza dovrà essere consegnata obbligatoriamente sia in italiano che in inglese.

8. GARANZIA E MANUTENZIONE

Il Sistema di "PIV/Long-Distance Micro-PIV e Shadowing" dovrà essere coperto da garanzia full-risk per un periodo di 24 mesi o eventuale ulteriore termine migliorativo offerto a decorrere dal certificato di regolare esecuzione e con le modalità descritte di seguito.

L'Appaltatore deve garantire che il sistema di "PIV/Long-Distance Micro-PIV e Shadowing" fornito sia privo di vizi, difetti di fabbricazione o di funzionamento. L'Appaltatore è, pertanto, obbligato a eliminare a proprie spese senza alcun onere per UniTrento, tutti i vizi, i difetti, le imperfezioni e le difformità



manifestatisi durante il periodo di garanzia sui beni oggetto della fornitura, ancorché dipendenti da vizi di costruzione o da difetto dei materiali impiegati e non rilevati in sede di verifica di conformità.

Nelle suddette ipotesi l'Appaltatore dovrà intervenire con personale specializzato entro 7 giorni lavorativi dal ricevimento della chiamata inoltrata dal Direttore dell'esecuzione del contratto per la sostituzione delle parti non funzionanti e il ripristino della funzionalità del sistema di "PIV/Long-Distance Micro-PIV e Shadowing". Ove si rendesse necessario l'Appaltatore dovrà provvedere al ritiro del sistema di "PIV/Long-Distance Micro-PIV e Shadowing" e alla sostituzione con uno nuovo e funzionante.

La garanzia di cui al presente paragrafo non esclude la responsabilità dell'Appaltatore secondo la disciplina di diritto civile relativa alla vendita.

A ogni richiesta d'intervento verrà attribuito da parte dell'Appaltatore un numero identificativo.

Il servizio di garanzia dovrà prevedere le seguenti prestazioni:

- aggiornamento del software e relativa formazione del personale per le nuove versioni;
- supporto telefonico e/o da remoto da parte di personale tecnico specializzato in grado di comprendere e risolvere le problematiche connesse con l'utilizzo del sistema di "PIV/Long-Distance Micro-PIV e Shadowing". Detto servizio deve essere garantito tutti i giorni lavorativi (5 giorni a settimana) per almeno 8 ore.

Illimitati interventi di assistenza presso UniTrento: nel caso in cui il supporto telefonico e/o da remoto non sia risolutivo, l'appaltatore dovrà inviare presso UniTrento un idoneo tecnico specializzato entro e non oltre 5 giorni lavorativi dalla prima richiesta di assistenza. L'intervento dovrà essere concluso positivamente entro e non oltre 15 giorni lavorativi dalla data del primo intervento del suddetto tecnico.

Tali servizi di assistenza sono comprensivi di spese di viaggio, spese di soggiorno, mano d'opera, attrezzi e materiali di consumo necessari all'intervento, parti di ricambio e relative spese di spedizione.

Qualora l'Appaltatore provasse che i guasti o i malfunzionamenti fossero stati determinati per dolo del personale appartenente a UniTrento o da questa incaricato, le spese di riparazione, che l'Appaltatore è comunque tenuto a eseguire nei termini stabiliti ai commi precedenti, sono a carico di UniTrento.

9. INSTALLAZIONE

La Fornitura deve comprendere la consegna del Sistema presso il laboratorio di Idrologia e Mezzi Porosi del DICAM. L'installazione dovrà essere effettuata da personale tecnico qualificato e dovrà essere completata



entro 90 (novanta) giorni lavorativi e consecutivi a decorrere dalla data di stipula del contratto, in ogni caso previo accordo con il Direttore tecnico del contratto tenendo conto di eventuali chiusure del Dipartimento. In fase di installazione, il Fornitore dovrà fornire tutti gli elementi accessori necessari al funzionamento dello strumento (cavi di alimentazione, connessioni, raccordi, etc.).