

ALLEGATO 1 AL CAPITOLATO TECNICO

DESCRIZIONE LABORATORIO

GARA EUROPEA A PROCEDURA TELEMATICA APERTA PER L'“AFFIDAMENTO DELLA FORNITURA E DELL'INSTALLAZIONE DI APPARECCHIATURE PER LA REALIZZAZIONE DI V-FARM - LABORATORIO AUTOMATIZZATO PER LA RICERCA IN VERTICAL FARMING”, FINANZIATO CON I FONDI DELL'UNIONE EUROPEA, NEXT GENERATION EU

CIG B2683E9963

**National Research Centre for Agricultural Technologies
TECNOLOGIE DELL'AGRICOLTURA (AGRITECH)
CUP: D43C22001350001**

**Partenariato Esteso “RETURN”
Tematica 3. Natural, man-made and environmental risks
CUP: D43C22003030002**

Sommario

Introduzione.....	3
Descrizione del laboratorio.....	3
Piano 0	3
Piano 1	4
Piano 2	4
Piano 3	4
Dotazione del laboratorio	5
Involucro	5
Modulo di crescita idroponico (NFT).....	6
Modulo di crescita aeroponica.....	6
Manipolatori.....	7
Montacarichi.....	8
Illuminazione	8
Camera di germinazione (nursery).....	8
Sistema di controllo.....	9
Climatizzazione e trattamento aria.....	10
Apparecchi ausiliari.....	10
Impianto idrico.....	12
Scala d'accesso.....	12
Impianto elettrico.....	12
Aspetti legati alla sicurezza	13
Ubicazione del laboratorio	13
Limiti di fornitura e requisiti dell'involucro edilizio	14
Oneri dell'Aggiudicatario	15
Tempi tecnici relativi all'approntamento dell'involucro edilizio	15
Ulteriori precisazioni	16
Accantieramento e sicurezza.....	16

Introduzione

Il presente allegato tecnico definisce le caratteristiche di base necessarie alla progettazione di un laboratorio sperimentale denominato "V-Farm", da realizzare all'interno del Campus Bovisa del Politecnico di Milano.

Il nuovo laboratorio sarà destinato alla coltivazione indoor con sistemi robotici di asservimento, distribuiti su diversi livelli. È previsto uno spazio per lo sviluppo dei germogli "nursery station" e spazi dedicati ai sistemi di crescita, oltre a spazio espositivo, locale tecnico, spazi distributivi e di servizio al laboratorio. I sistemi robotizzati dovranno essere integrati con l'edificio quale loro contenitore, compresi gli impianti necessari al suo corretto funzionamento.

Con riferimento alla figura 1, la struttura a 4 piani è composta da 5 locali:

- piano terra: 1 locale adibito ad ufficio e control room
- primo piano: 1 locale tecnico e 1 locale per la semina e la geminazione delle piante
- secondo piano: laboratorio di crescita in ambiente controllato, asservito da robot;
- terzo piano: laboratorio di crescita in ambiente controllato, asservito da robot;

Tutti i piani devono essere previsti di pareti trasparenti sul lato lungo esposto a sud e su almeno un lato corto. Le superfici vetrate devono avere oscuramento comandabile. I piani devono poter essere raggiunti da una scala esterna.

I moduli relativi a ciascun piano dell'edificio devono essere costituiti da container standard impilati.

Il trasporto delle piante dal piano 0 ai piani 1, 2 e 3 deve avvenire tramite un montacarichi con volume utile per il trasporto pari a 500x500x800mm avente una portata massima di 50 kg e accessibile dai robot dei piani 2 e 3.

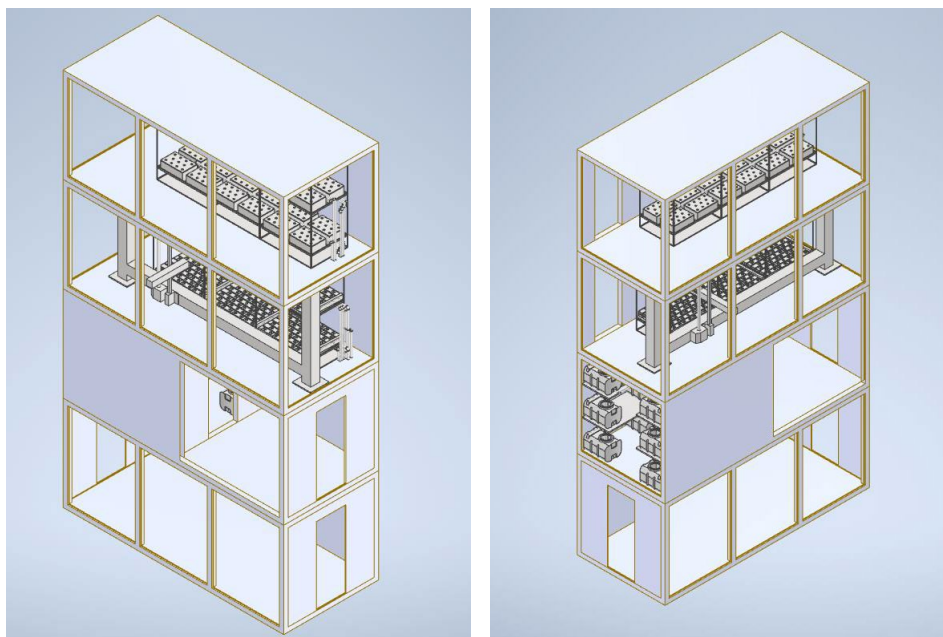


Figura 1: layout del laboratorio.

Descrizione del laboratorio

Piano 0

Lo spazio al piano terra è adibito a piccolo laboratorio e alla control room del V-Farm. Deve ospitare arredo da ufficio e sistemi di monitoraggio e controllo di quanto avviene nei locali di crescita ai piani 2 e 3 specificatamente le operazioni del robot e le funzionalità dei moduli di coltura idroponica e aeroponica. Deve inoltre ospitare un frigorifero e un forno essiccatore. Il laboratorio deve essere dotato di due scrivanie di acciaio inox facilmente pulibili con relative due sedie a cinque gambe, due armadiature e un lavandino da laboratorio.

Piano 1

Il modulo al primo piano è costituito da due locali utilizzati rispettivamente come camera di germinazione e locale tecnico.

Camera di germinazione:

Il locale deve ospitare un tavolo di lavoro in acciaio inox (dimensioni minime 180cm x 80cm), un lavandino (dimensioni minime 50cm x 40cm) e uno scaffale (dimensioni 60cm x 40cm x 200cm LxPxA) per ospitare i vassoi con le piante in germinazione; lo scaffale deve essere contenuto in una tenda per la crescita (esempio: Probox Propagator L) di uguali dimensioni e dotato di estrattore d'aria (cfr par. Climatizzazione). Ogni scaffale deve essere dotato di illuminazione indipendente e con specifiche sotto riportate (cfr par. Illuminazione).

Il locale deve essere climatizzato per controllare temperatura e umidità (cfr par. Climatizzazione).

Locale tecnico

Il locale deve ospitare gli impianti idraulici che controllano la portata e la qualità dell'acqua dei moduli idroponici e aeroponici installati ai piani 2 e 3. Il locale deve contenere 12 taniche con una capacità minima di 100L l'una; ognuna di queste taniche deve essere collegata alla rete idrica in modo da poter essere riempite all'occorrenza; almeno sei di queste taniche devono disporre di un sistema di filtraggio a osmosi inversa posto tra loro e la rete idrica. Ogni vasca necessita della sua pompa per il flusso d'acqua (Idroponica: capace di muovere un flusso d'acqua minimo di 0,5 l/min per canale e massimo di 3 l/min per canale. Aeroponica: pompa ad alta pressione capace di mantenere una pressione di almeno 7 bar nei tubi) controllabile indipendentemente e della sua pompa per i nutrienti e per il controllo del pH (anche questa indipendentemente controllabile) (cfr par. Modulo crescita Idroponico e Modulo crescita Aeroponico).

Piano 2

Il modulo posto al secondo piano deve ospitare il sistema di crescita delle piante con metodologia idroponica asservito da un robot manipolatore.

Per modulo di idroponica si intende un sistema composto da sistema di crescita con acqua a scorrimento con controllo indipendente della portata e dei nutrienti e del pH. Ogni modulo è illuminato in maniera indipendente con un sistema di luci descritto nel seguito. Ogni modulo ha una dimensione approssimativa di 140x100x110 (lunghezza x larghezza x altezza in cm). Lo spazio totale di crescita deve essere di almeno 420x100 cm composto da due piani per un'altezza massima di 220 cm. Il robot di asservimento dell'impianto (cfr. manipolatori) deve poter raggiungere ogni punto dello spazio di crescita e il vano del montacarichi.

Il locale deve essere climatizzato per controllare temperatura e umidità. Deve inoltre essere controllata la quantità di CO₂ con possibilità di immissione della stessa fino ad una concentrazione di 1500 ppm. Il locale deve essere continuamente ventilato, in modo da non avere zone di ristagno di aria o con caratteristiche di temperatura e umidità diverse da quelle desiderate: per questo motivo sono necessari dei ventilatori capaci di spostare una quantità di aria di almeno 300m³/h (in accordo con le dimensioni del locale di crescita). Il locale deve essere provvisto di sensori di temperatura (range 0-50°C; accuratezza 1°C), umidità (range 0-95% umidità relativa; accuratezza 3,5%), concentrazione di CO₂ (range 0-10000ppm; accuratezza 30ppm) e intensità luminosa (range 0-5kLUX).

Piano 3

Il modulo posto al secondo piano deve ospitare il sistema di crescita delle piante con metodologia aeroponica asservito da un robot manipolatore.

Per modulo di aeroponica si intende un sistema composto da sistema di crescita con acqua nebulizzata con controllo indipendente della portata e dei nutrienti e del pH. Ogni modulo è illuminato in maniera indipendente con un sistema di luci descritto nel seguito. Ogni modulo ha una dimensione approssimativa di 140x100x110 (lunghezza x larghezza x altezza in cm). Lo spazio totale di crescita deve essere di almeno 420x100 cm composto da due piani per un'altezza massima di 220 cm. Il robot deve

poter raggiungere ogni punto dello spazio di crescita e il vano del montacarichi.

Il locale deve essere climatizzato per controllare temperatura e umidità. Deve inoltre essere controllata la quantità di CO₂ con possibilità di immissione della stessa fino ad una concentrazione di 1500 ppm. Inoltre il locale deve essere continuamente ventilato, in modo da non avere zone di ristagno di aria o con caratteristiche di temperatura e umidità diverse da quelle desiderate: per questo motivo sono necessari dei ventilatori capaci di spostare una quantità di aria di almeno 300m³/h (in accordo con le dimensioni del locale di crescita). Il locale deve essere provvisto di sensori di temperatura (range 0-50C; accuratezza 1C), umidità (range 0-95% umidità relativa; accuratezza 3,5%), concentrazione di co₂ (range 0-10000ppm; accuratezza 30ppm) e intensità luminosa (range 0-5kLUX).

Dotazione del laboratorio

Involucro

Le specifiche sono progettate per garantire funzionalità, comfort ed efficienza in un clima che varia da estati calde (oltre 30°C) a inverni freddi (intorno a 0°C), senza sovraccaricare il sistema di controllo dell'aria.

Requisiti generali per tutti i moduli:

- Dimensioni: i moduli devono essere costituiti da container classificati 1CCC (ISO 668:2020) o, in alternativa, da struttura le cui dimensioni esterne non sia inferiori a 6000x2.438x2.896mm;
- Materiale di costruzione: telaio in acciaio resistente alla corrosione con pannelli isolanti per una maggiore durata ed efficienza termica.
- Isolamento: si richiede di garantire una differenza di temperatura tra ambiente esterno e ambiente interno non inferiore a 15°C
- Pavimentazione: durevole, impermeabile e antiscivolo, adatta per applicazioni agricole e di laboratorio.
- Finestre: utilizzo di doppi vetri con rivestimento a bassa emissività (low-E) e riempimento di gas argon. Le finestre dovrebbero avere un valore U di circa U-1,1 W/(m²·K) o inferiore.

Specifiche per tipo di container:

- Container da laboratorio agricoli verticali (2 unità):
 - Parete di vetro: almeno una parete sul lato lungo del container costruita con vetro ad alto isolamento; è inoltre auspicabile una parete di vetro opzionale su uno dei lati corti, entrambe con capacità di apertura per la ventilazione.
 - Tende: tende completamente oscuranti per fornire un controllo completo sulle condizioni di illuminazione interna.
 - Ventilazione: finestre regolabili o sistemi di ventilazione per il controllo manuale della qualità dell'aria.
- Container per locale tecnico:
 - Finestre: finestre apribili ad alta efficienza energetica con doppi vetri per l'isolamento termico e acustico.
 - Veneziane: tende oscuranti per la sicurezza e il controllo dell'esposizione alla luce.
 - Isolamento: isolamento migliorato secondo i requisiti generali, con ulteriore considerazione per l'isolamento acustico derivante dalle operazioni tecniche.
- Laboratorio con occupazione di personale:
 - Pareti in vetro: pareti esposte a sud e pareti facoltative esposte a est che utilizzano vetro colorato ad alto isolamento per ridurre al minimo l'esposizione ai raggi UV e ridurre l'abbagliamento, pur consentendo la luce naturale. Include il filtro UV per mitigare il rischio di scottature solari e garantire un ambiente di lavoro confortevole.
 - Tende: tende in grado di raggiungere l'oscurità completa per soddisfare varie esigenze operative e di ricerca.
 - Ventilazione e Filtri della Luce: Finestre dotate di meccanismi di ventilazione controllata e di filtraggio della luce di ultima generazione per gestire la luce naturale e proteggere dai

raggi UV.

Modulo di crescita idroponico (NFT)

Sistema progettato per ottimizzare l'utilizzo dello spazio e migliorare l'efficienza della crescita delle piante. Il sistema deve consentire l'integrazione del braccio robotico per scopi di monitoraggio e manutenzione, garantire facilità di pulizia e rispettare gli standard di sicurezza e salute.

- Dimensioni e configurazione del sistema:
 - Unità totali: 6 stazioni
 - Dimensioni dell'unità: ciascuna stazione dovrebbe avere un ingombro di 1,4 x 1 metri.
 - Livelli verticali: un minimo di due livelli per stazione per massimizzare l'efficienza dello spazio.
 - Spazio libero per il braccio del robot: uno spazio libero minimo di 0,7 metri sopra ciascun letto di crescita per consentire a un braccio del robot dotato di telecamera di spostarsi e operare liberamente senza ostacoli.
- Regolazione della densità delle piante: il sistema deve offrire la possibilità di regolare la densità delle piante all'interno dei canali. Ciò può essere ottenuto attraverso una spaziatura modulare tra le piante di 6 e 16 cm e inserti di canali regolabili tra 3 e 7 cm
- Controllo del flusso dell'acqua: ciascun canale deve essere dotato di un meccanismo modificabile del flusso dell'acqua per regolare il volume e la velocità della soluzione nutritiva, garantendo un'erogazione ottimale alle radici delle piante.
- Regolazione della pendenza del canale: la pendenza di ciascun canale deve essere regolabile per controllare la portata della soluzione nutritiva, facilitando l'adattamento a diversi tipi di piante e stadi di crescita.
- Manutenzione e pulizia:
 - Accessibilità dei canali: i canali devono essere progettati per una facile rimozione e pulizia, senza la necessità di strumenti complessi o di smontaggio. È preferibile un meccanismo di sgancio rapido per garantire l'efficienza della manutenzione.
 - Protocollo di pulizia: i materiali e le superfici devono essere resistenti ai comuni detergenti utilizzati nei sistemi idroponici, consentendo un'accurata igienizzazione tra i cicli colturali.
- Sicurezza e conformità:
 - Materiali: tutti i componenti a contatto con la soluzione nutritiva e le piante devono essere realizzati con materiali di qualità alimentare per prevenire la contaminazione e garantire la sicurezza dei prodotti.
 - Integrità strutturale: il sistema deve essere progettato per sopportare il peso della soluzione nutritiva, delle piante e di qualsiasi attrezzatura aggiuntiva senza rischio di collasso o danno.
 - Sicurezza elettrica: i componenti elettrici, come pompe e sensori, devono essere impermeabili e conformi agli standard di sicurezza pertinenti per prevenire incidenti.
 - Formazione operativa: è necessario fornire documentazione completa e materiale di formazione per garantire un funzionamento sicuro ed efficace del sistema da parte del personale.

Modulo di crescita aeroponica

Il sistema aeroponico ad alta pressione (HPA) deve essere progettato per un controllo preciso delle condizioni di crescita delle piante, l'efficienza nell'uso dell'acqua e dei nutrienti e l'integrazione di tecnologie di monitoraggio avanzate. I principali requisiti sono:

- Dimensioni e configurazione del sistema:
 - Unità totali: 6 stazioni
 - Dimensioni dell'unità: ciascuna stazione dovrebbe misurare 1,4 x 1 metri.
 - Livelli verticali: un minimo di due livelli per stazione, migliorando l'utilizzo dello spazio e la produttività del sistema.

- Navigazione del braccio robotico: un minimo di 0,7 metri di spazio libero attorno a ciascuna unità per ospitare un braccio robotico con una telecamera per il monitoraggio dell'impianto e la manutenzione del sistema.
- Caratteristiche di personalizzazione:
 - Regolazione della densità delle piante: capacità di modificare la densità delle piante all'interno del sistema per adattarsi a vari tipi di colture e fasi di crescita, potenzialmente attraverso siti di semina regolabili o camere di crescita modulari.
 - Controllo della dimensione delle goccioline: controllo di precisione sulla dimensione delle goccioline da 5 a 100 μm
 - Intervallo di pressione: da 50 a 100 PSI (libbre per pollice quadrato). I sistemi aeroponici ad alta pressione normalmente funzionano entro questo intervallo per produrre una nebbia sottile. L'estremità inferiore può essere utilizzata per le fasi iniziali di crescita o per le verdure a foglia verde, mentre pressioni più elevate possono essere più adatte per sistemi radicali più densi o per aumentare i tassi di ossigenazione e di assorbimento dei nutrienti.
- Manutenzione e pulizia:
 - Facile accesso per la pulizia: caratteristiche di design come camere di crescita a rilascio rapido o ugelli che garantiscono una facile pulizia e manutenzione senza lunghi disassemblaggi.
 - Compatibilità dei materiali: tutti i materiali devono essere compatibili con i comuni agenti di pulizia e sterilizzazione utilizzati nei sistemi HPA, prevenendo la corrosione o il degrado del materiale.
- Sicurezza e conformità:
 - Materiali per uso alimentare: tutti i componenti a contatto con le piante e le soluzioni nutritive devono essere costruiti con materiali per uso alimentare, garantendo la sicurezza dei prodotti per il consumo.
 - Sicurezza strutturale: la progettazione deve garantire stabilità e durata alle pressioni e ai pesi operativi del sistema.
 - Sicurezza elettrica e idrica: gli impianti elettrici devono essere impermeabili e conformi agli standard di sicurezza per mitigare i rischi di cortocircuiti o danni causati dall'acqua. Inoltre, il sistema dovrebbe incorporare meccanismi di rilevamento delle perdite d'acqua e di arresto di emergenza.

Manipolatori

Ognuno dei due laboratori di crescita (piano 2 e 3) deve essere dotato di un robot a 3 assi + eventuali gradi di libertà dell'end effector, con spazio di lavoro utile pari alla superficie di coltivazione (100cm x 420cm x 167cm) e del montacarichi. Il robot deve poter compiere le seguenti operazioni:

- prelevare i singoli germogli (provenienti dalla camera di germinazione) dal montacarichi (o da un nastro trasportatore adiacente a quest'ultimo) e posizzionarli uno ad uno in un preciso ordine nel sistema idroponico o aeroponico;
- prelevare le piante e posizzionarle ad una ad una in un vassoio che poi dovrà essere caricato nel montacarichi (dal robot stesso o da un nastro trasportatore);
- trasportare una camera multispettrale ed acquisire fotografie delle singole piante.
- Per poter eseguire queste operazioni il robot deve essere dotato di un adeguato manipolatore gripper (capace di eseguire soft-picking, per causare meno stress possibile alle piante); inoltre il robot deve essere capace di scambiare automaticamente questo end-effector con la camera multispettrale (che necessita di un'alimentazione via filo). Il carico minimo trasportabile dal robot deve essere di 8kg e la sua velocità minima di movimento deve essere di 0,3 m/s.

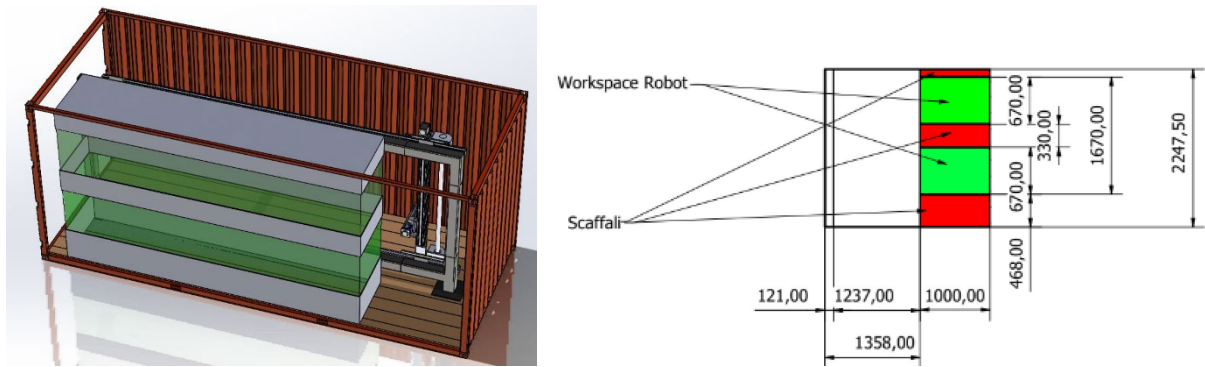


Figura 2: a) Possibile layout del manipolatore cartesiano e dei moduli idroponici/aeroponici. b) spazio di lavoro del manipolatore in sezione trasversale

Montacarichi

Il laboratorio (piano 0), la camera di germinazione (piano 1) e i due laboratori di crescita (piano 2 e 3) devono essere collegati tra loro tramite un montacarichi chiuso (posto esternamente o internamente alla struttura) di dimensioni interne utili pari a 50x50x100cm, con un carico minimo di 10kg. Nei laboratori di crescita il montacarichi deve essere scaricato e caricato automaticamente (tramite robot o nastro trasportatore) in modo che il suo contenuto sia raggiungibile dai robot. Il montacarichi deve poter essere controllato automaticamente, anche tramite programmi personalizzati.

Illuminazione

L'illuminazione dedicata alla crescita delle piante deve avere i seguenti requisiti:

- Tipologia: LED ad alta efficienza in grado di fornire spettri regolabili, comprese le lunghezze d'onda del rosso, del rosso lontano, del bianco e del blu. Compatibile con il sistema di controllo Philips GrowWise (o sistema simile) per regolazioni spettrali dinamiche.
- Emissione luminosa:
 - Densità minima del flusso di fotoni di $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ attraverso la chioma della pianta.
 - Intensità e colore regolabili tramite il sistema di controllo GrowWise (o sistema simile) per supportare varie fasi di crescita.
 - Uniformità dell'emissione luminosa
- Efficienza energetica: LED ad alta efficienza ($\geq 3,0 \mu\text{mol}/\text{J}$) per garantire operazioni di risparmio energetico.
- Sistema di controllo:
 - Integrazione con il sistema di controllo Philips GrowWise (o sistema simile) per creare e gestire ricette di luce personalizzate.
 - Funzionalità di regolazione e controllo del colore, con ricette di luce programmabili per diverse fasi e condizioni di crescita.
 - Accessibilità tramite PC, tablet o smartphone per una facile gestione e regolazione.

Camera di germinazione (nursery)

- Capacità e disposizione
 - Capacità dell'impianto: progettato per ospitare 720 piante.
 - Configurazione del vassoio: presupponendo una media di 72 cubi di lana di roccia per vassoio, sarebbero necessari 10 vassoi. Le dimensioni del vassoio possono variare, ma sono comuni dimensioni standard come 25 x 50 cm (10"x20").
 - Spaziatura: utilizzo efficiente dello spazio con una distanza minima tra i vassoi garantendo al tempo stesso un flusso d'aria adeguato.

- Dimensioni: l'intera stazione di germinazione dovrebbe essere uno scaffale con strati che non superi 60x50x200 cm
- Illuminazione
 - Tipo: luci di coltivazione a LED a spettro completo, comprese le lunghezze d'onda rossa, rosso lontano, bianca e blu
 - Intensità: regolabile per simulare le condizioni naturali della luce solare, con un valore PAR (radiazione fotosinteticamente attiva) adatto alla germinazione (tipicamente intorno a 200-400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$).
 - Fotoperiodo: timer programmabile per controllare i cicli di luce, imitando il giorno e la notte.
- Controllo della temperatura
 - Intervallo: regolabile da 20°C a 30°C, ottimale per la maggior parte dei semi.
 - Sistema: tappetini riscaldanti integrati e/o riscaldatori d'aria ambiente con controllo termostatico.
- Controllo dell'umidità
 - Intervallo: dal 70% al 90%, ideale per la germinazione dei semi.
 - Sistema: umidificatori e ventilatori per regolare e mantenere livelli di umidità costanti.
- Sistema di irrigazione (opzionale)
 - Tipo: sistema automatizzato di nebulizzazione o irrigazione a goccia.
 - Controllo: timer o sensori di umidità per garantire un'umidità costante del terreno senza irrigazione eccessiva.
- Monitoraggio e Automazione
 - Sensori: sensori di temperatura, umidità e umidità per il monitoraggio in tempo reale.
 - Pannello di controllo (opzionale): un'interfaccia digitale per l'impostazione e la regolazione delle condizioni. Opzionalmente, integrazione con un'app per smartphone per il monitoraggio e il controllo remoto.
- Materiali e durata
 - Costruzione: telai resistenti alla ruggine, preferibilmente alluminio o acciaio inossidabile.
 - Vassoi e contenitori: plastica durevole, per uso alimentare o materiali biodegradabili.
- Efficienza energetica
 - Illuminazione: luci a LED a risparmio energetico.
 - Design del sistema: ottimizzato per un basso consumo energetico senza compromettere la salute delle piante.

Sistema di controllo

Diversi parametri del laboratorio devono essere monitorati e controllati da un'unica unità di controllo (posta nel laboratorio al piano 0). Facoltativamente è richiesto un monitor per ogni locale che riporta i parametri in tempo reale inerenti al locale stesso. È necessario che i parametri siano controllabili sia manualmente che tramite programmi personalizzati.

- Camera di germinazione: il clima (temperatura e umidità) deve essere monitorato e controllabile; l'illuminazione e la ventilazione della tenda di germinazione deve essere monitorata e controllabile. Facoltativamente è richiesta un'irrigazione automatica a goccia (dotata di sensore di umidità del suolo per evitare l'innaffiamento eccessivo del terreno) per ogni vassoio contenente i germogli.
- Locale tecnico: in ognuno dei 12 serbatoi (uno per ogni modulo di crescita) devono essere monitorati e indipendentemente controllabili i seguenti parametri: portata d'acqua delle pompe, il pH della soluzione nutriente (modificabile sia in alto che in basso) e la sua composizione tramite la conduttività elettrica (un esempio di questa operazione è il prodotto Nido Pro V2). Si lascia la libera scelta di utilizzare 12 regolatori di nutrienti separati o di utilizzarne uno in grado di regolare indipendentemente le 12 vasche (nel caso di eccessiva complessità o eccessivo costo, si considera la possibilità di controllare indipendentemente tre moduli alla volta, o addirittura sei alla volta). Infine,

è necessario che il rabbocco delle taniche attraverso la rete idrica esterna sia eseguito in modo automatico (per esempio con un sistema PID sensore attuatore).

- Laboratori di crescita: in ognuno dei due laboratori devono essere monitorati e controllati indipendentemente i seguenti parametri: clima (temperatura, umidità, concentrazione di CO₂ e ventilazione), illuminazione dei sei moduli (indipendentemente tra loro, intensità e ciclo di lavoro). I sei moduli aeroponici necessitano di un'elettrovalvola che controlla il flusso di acqua nel sistema (questa valvola può essere posta anche nel locale tecnico): anche queste devono essere controllabili indipendentemente l'una dall'altra.
- Robot: il robot deve potersi muovere in modo da poter raggiungere e raccogliere tutte le piante (è sufficiente che le raggiunga tutte seguendo un ordine predefinito) e da potersi posizionare al di sopra di esse in almeno cinque posizioni predefinite per ogni modulo (angoli e centro). È necessario, inoltre, che esso possa caricare e scaricare il montacarichi (operazioni che possono essere predefinite). È necessario che il robot sia controllabile sia manualmente sia tramite programmi personalizzati.
- Montacarichi: il montacarichi deve poter essere caricato e scaricato automaticamente (operazioni che possono essere predefinite) quando è nei laboratori di crescita (non è necessario che lo sia nel laboratorio e nella camera di germinazione). La posizione del montacarichi deve essere monitorata e controllabile sia manualmente che tramite programmi personalizzati.

Climatizzazione e trattamento aria

- Il piano terra deve essere dotato di impianto di condizionamento che riesca a mantenere una temperatura confortevole (18-24°C) all'interno del locale durante ogni periodo dell'anno. Lo stesso si applica per il locale tecnico
- Nei locali nursery (piano 1) la temperatura e l'umidità devono essere monitorate e controllate (se possibile) indipendentemente dagli altri locali:
 - Temperatura 15-35°C
 - Umidità relativa 50-100%
 - Nella tenda di crescita che avvolge lo scaffale in cui sono presenti i germogli è necessari una ventilazione continua data da un estrattore (dotato di filtro) capace di muovere l'intero volume d'aria all'interno della tenda ogni due minuti.
- Nei laboratori di crescita dei piani 2 e 3 devono essere controllate, impostabili (e possibilmente indipendenti l'una dall'altra) le condizioni termiche, igrometriche e di contenuto di CO₂ nei valori qui riportati
 - Temperatura 15-35°C
 - Umidità relativa 50-100%
 - CO₂ 350-1500 ppm
 - Ventilazione continua tramite ventilatori capaci di muovere almeno 300 m³/h di aria (circa l'intero volume d'aria nel laboratorio di crescita ogni 2 minuti)
 - L'aria deve essere filtrata prima di essere immessa nel laboratorio

Apparecchi ausiliari

- Forno da laboratorio:
Scopo: essiccare campioni di piante per misurazioni del peso secco e analisi del contenuto di umidità
Intervallo di temperatura: da ambiente a 250°C con precisione di ±1°C.
Capacità: almeno 60 litri, per ospitare più campioni contemporaneamente.
Caratteristiche: controllo della temperatura programmabile, circolazione dell'aria forzata per un'asciugatura uniforme e display digitale.
- Bilancia da laboratorio di precisione:
Precisione: 0,1 grammi per garantire una misurazione precisa di campioni di piante e miscele di nutrienti.
Capacità: capacità minima di 5 kg per accogliere un'ampia gamma di dimensioni dei

campioni.

Caratteristiche: funzione tara, display digitale e funzionalità di calibrazione.

- Vetreria da laboratorio per la misurazione dei nutrienti:
Componenti: bicchieri (da 100 ml a 1000 ml), matracci tarati (da 100 ml a 1000 ml), pipette (da 1 ml a 10 ml) e cilindri graduati (da 10 ml a 1000 ml).
Materiale: vetro borosilicato per resistenza chimica e durata.
Standard: certificati ASTM o ISO per precisione e accuratezza.
- Frigorifero da laboratorio:
Intervallo di temperatura: da 2°C a 8°C, con controllo e display digitale della temperatura.
Capacità: minimo 200 litri, con ripiani regolabili per la conservazione di campioni e reagenti.
Caratteristiche di sicurezza: porte con serratura, allarme per deviazioni di temperatura.
- Apparecchiature di misurazione:
Penna PH: precisione di $\pm 0,01$ pH, con compensazione automatica della temperatura e design impermeabile.
Penna EC (conducibilità elettrica): precisione di $\pm 1\%$ fondo scala, con un intervallo fino a 20,0 dS/m, adatte per la misurazione della concentrazione della soluzione nutritiva.
Opzionale: penne specifiche per gli ioni per misurare elementi specifici (N, P, K, Ca, Mg) nell'acqua, con una precisione di $\pm 2\%$.
Sensore di intensità luminosa: sensore di luce portatile
- Stazione di lavoro:
 - Scrivanie regolabili:
Quantità: minimo 2
Caratteristiche: altezza regolabile (funzionalità sit-stand) per adattarsi sia alla posizione di lavoro in piedi che a quella seduta. Le scrivanie dovrebbero essere facili da regolare con un design robusto e stabile per supportare varie attività, comprese le misurazioni delle piante e l'uso di laptop.
Dimensioni: deve essere sufficientemente spazioso da contenere contemporaneamente strumenti, laptop e documentazione, dimensioni 180 cm x 80 cm
 - Sedie:
Quantità: corrispondente al numero di banchi, con posti a sedere aggiuntivi per visitatori o lavoro collaborativo.
Caratteristiche: progettato ergonomicamente per lunghi periodi di seduta, con altezza regolabile, supporto lombare e capacità di rotazione. I materiali dovrebbero essere durevoli e facili da pulire.
 - Prese di corrente:
Requisiti: ogni postazione di lavoro deve avere un facile accesso a più prese di corrente per ospitare laptop, apparecchiature di misurazione portatili e altri dispositivi elettronici. Le prese devono essere protette dalle sovratensioni per salvaguardare le apparecchiature sensibili.
 - Illuminazione:
Tipologia: plafoniera a LED con intensità regolabile. Illuminazione operativa su ogni postazione di lavoro per un lavoro mirato senza affaticamento degli occhi.
- Soluzioni di archiviazione:
 - Armadi per prodotti chimici:
Materiale: non reattivo e resistente al fuoco con meccanismo bloccabile per sicurezza.
 - Deposito di attrezzature e prodotti per la pulizia:
Materiale: materiale durevole e facile da pulire.
Caratteristiche: gli armadietti dovrebbero includere un mix di scaffali, cassetti e ganci per riporre in modo efficiente apparecchiature di misurazione, strumenti per la pulizia e forniture. Sezioni chiudibili a chiave per apparecchiature sensibili o di valore.
Etichettatura: tutti gli armadietti devono avere etichette chiare e durevoli per una facile identificazione del contenuto.
 - Sicurezza:
Attrezzature di emergenza: includere estintori facilmente accessibili, postazioni per il

lavaggio degli occhi e kit di pronto soccorso.

Impianto idrico

La portata d'acqua necessaria per ogni punto di distribuzione è la stessa richiesta dagli edifici abitativi (0,3 l/s).

In ogni piano (laboratorio, camera di germinazione e i due laboratori di crescita) è richiesta la presenza di un lavandino con relativo rubinetto e scarico.

Ognuno dei dodici moduli di crescita ha bisogno del proprio impianto idrico ad anello chiuso, ma collegato alla rete idrica per un eventuale rabbocco.

Lo schema per ognuno dei sei impianti idroponici (in caso di eccessiva complessità o costo del sistema, si accetta anche due impianti che collegano tre moduli a testa, oppure un singolo impianto che serve l'intero piano) è il seguente:

- La soluzione nutriente viene pompata dalla tanica nel locale tecnico al sistema idroponico posizionato in uno dei due laboratori di crescita
- Una volta arrivata al sistema NFT, la soluzione viene divisa equamente tra gli otto canali
- Una volta passata in ogni canale, l'acqua viene raccolta da un singolo scarico e rimandata alla tanica nel locale tecnico
- Prima di entrare nella tanica, la soluzione deve passare in un filtro (meccanico 80 micron)
- La tanica deve essere collegata all'impianto idrico esterno per eventuale rabbocco.

Lo schema per ognuno dei sei impianti aeroponici (in caso di eccessiva complessità o costo del sistema, si accetta anche due impianti che collegano tre moduli a testa, oppure un singolo impianto che serve l'intero piano) è il seguente:

- La soluzione nutriente viene pressurizzata (6-8 bar) e pompata dalla tanica nel locale tecnico al sistema aeroponico posizionato in uno dei due laboratori di crescita
- Passata la valvola di non ritorno la soluzione entra in un vaso di espansione in modo da mitigare la variazione di pressione e di diminuire il carico sulla pompa
- Una volta aperta l'elettrovalvola (controllabile automaticamente), la soluzione viene nebulizzata passando attraverso degli ugelli posti in dei contenitori in chiusi (che contengono le radici delle piante)
- Una volta nebulizzata, la soluzione viene raccolta in uno scarico e rimandata alla tanica
- Prima di entrare nella tanica, la soluzione deve passare in un filtro (meccanico 80 micron)
- La tanica deve essere collegata all'impianto idrico esterno per eventuale rabbocco. Inoltre tra la tanica e l'impianto idrico è necessario posizionare un impianto di osmosi inversa per depurare l'acqua.
- Il primo, il secondo e il terzo piano necessitano di uno scarico a terra per evitare eventuali allagamenti dovuti a guasti del sistema.

Scala d'accesso

I singoli piani devono essere accessibili tramite una scala esterna che consenta agli operatori di raggiungere i moduli agevolmente, trasportando i materiali e gli strumenti necessari alla manutenzione del sistema e al suo funzionamento.

Impianto elettrico

Il layout dell'impianto elettrico è a discrezione del fornitore con i seguenti vincoli:

- Posizionamento del quadro elettrico al piano terra
- Disposizione dei cavi di alimentazione per impianti, robot, servizi eseguita con attenzione al rischio di possibili allagamenti
- Predisposizione in ciascun locale di almeno 2 prese elettriche shuko 16A/220V
- Installazione di impianto di illuminazione di servizio (locali di crescita) e standard

(locali piano terra e primo piano)

Aspetti legati alla sicurezza

Ogni accesso al piano deve essere dotato di un sistema di controllato accessi tramite badge la cui fornitura è da intendersi a carico del proponente fornitore e secondo specifiche fornite dalla stazione appaltante in sede di sopralluogo. L'allacciamento del sistema di controllo accessi alla rete dedicata del Politecnico sarà a cura del personale del Politecnico.

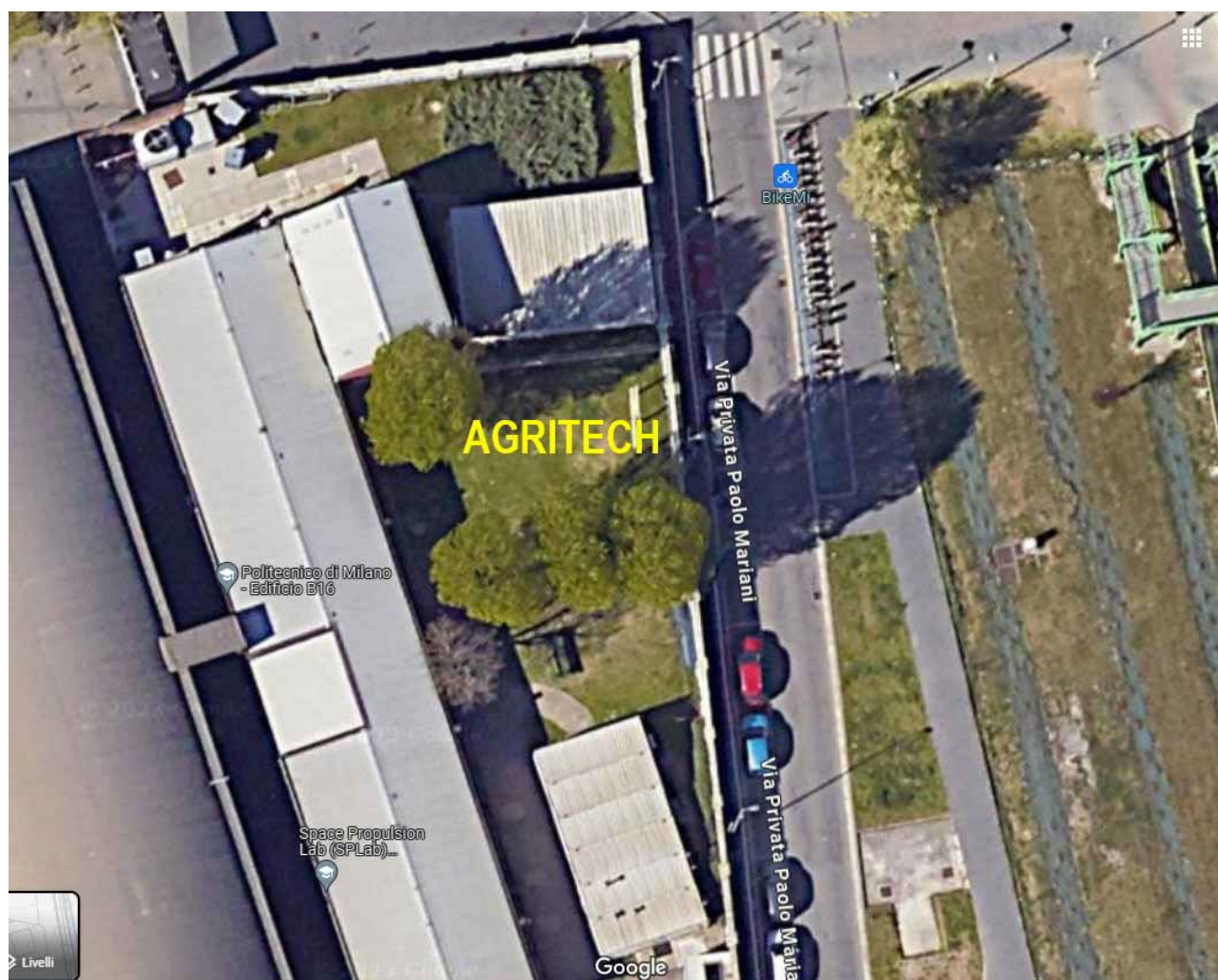
Ad ogni piano deve essere prevista la dotazione antincendio seguente: rilevatore fumo, pulsante di emergenza, pannello di evacuazione ottico - acustico e luci di emergenza per indicazione delle vie di esodo.

I locali nursery, piano 2 e 3 devono avere un sistema di scolo sul pavimento nonché sistemi di allarme per rischio di allagamento. Gli stessi locali devono inoltre essere dotati di sistemi di rilevamento della CO2.

I piani 2 e 3 devono essere dotati di sistema di sicurezza per il bloccaggio del robot in caso di ingresso di utenti all'interno dei locali.

Ubicazione del laboratorio

Alla data di emissione del presente bando il Politecnico ha confermato la decisione di collocare il manufatto prefabbricato destinato ad essere allestito per accogliere il nuovo laboratorio sperimentale all'interno del Campus Bovisa La Masa, in aree di proprietà del Politecnico di Milano ed ha avviato la fase istruttoria per l'ottenimento dei necessari assentimenti.



L'installazione deve considerarsi dal punto di vista edilizio un "edificio" e come tale necessita di autorizzazione edilizia.

Limiti di fornitura e requisiti dell'involucro edilizio

Sono a carico del Politecnico di Milano la verifica di fattibilità, l'ottenimento dei permessi edilizi e delle autorizzazioni all'esercizio dell'attività, la predisposizione di un'ideale fondazione di appoggio e la predisposizione di punti di allaccio ai servizi necessari al funzionamento degli impianti.

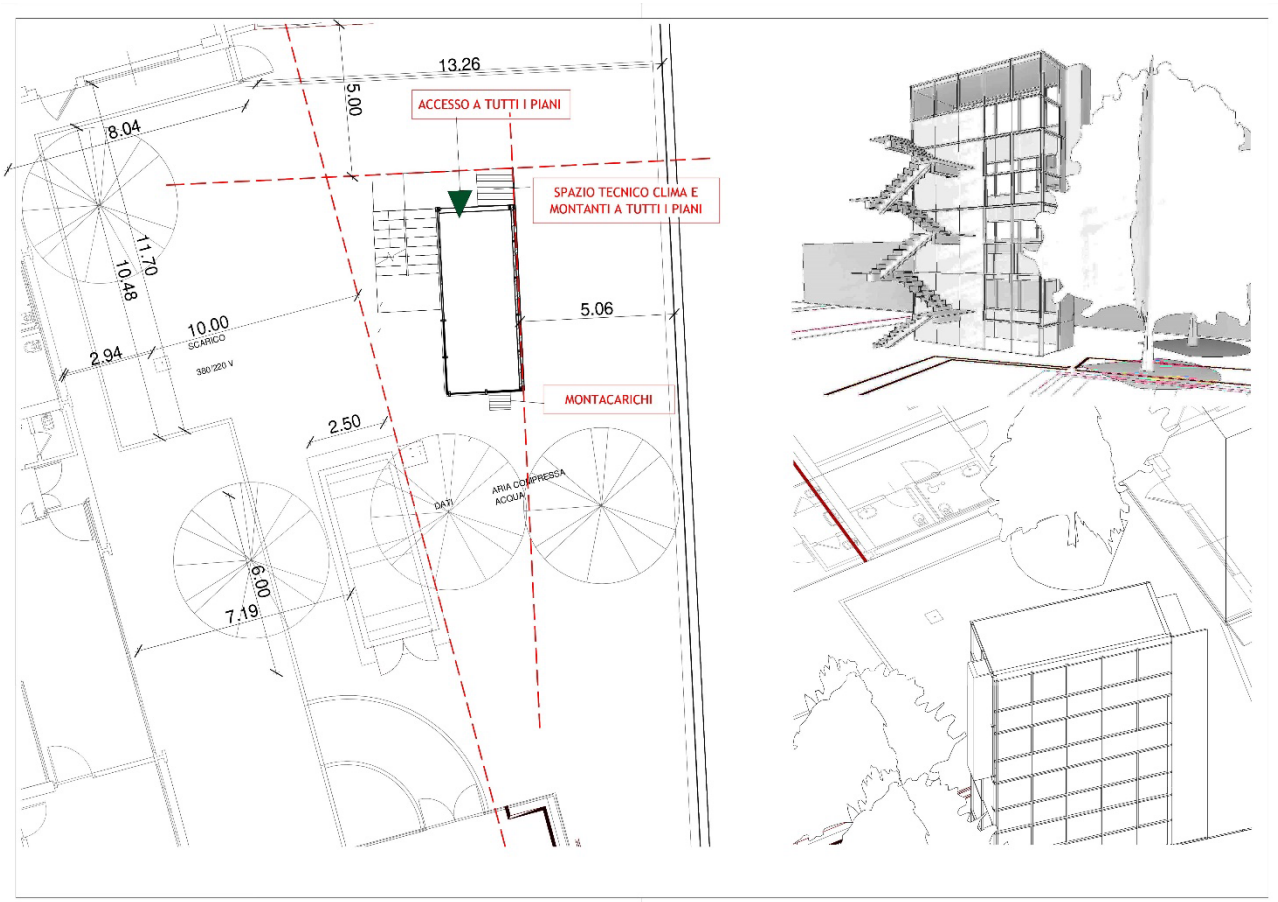
Sono a carico del Politecnico la progettazione e tutte le verifiche sottese all'ottenimento dell'agibilità.

Il manufatto, che costituisce l'involucro edilizio fuori terra a partire dalla quota di basamento, si intende fornito e montato in opera ad ogni onere e cura dell'Appaltatore aggiudicatario del presente bando, che dovrà altresì fornire preventivamente tutte le informazioni tecniche necessarie tanto alla progettazione esecutiva quanto alle verifiche progettuali secondo tutte le norme edilizie e tecniche applicabili, fra cui si citano a titolo esemplificativo e non esaustivo quelle inerenti la statica, la sismica, le progettazioni e certificazioni impianti, l'accessibilità, la sicurezza di utilizzo, la prevenzione incendi, la salubrità, il contenimento energetico.

Rimane inteso che gli elementi che costituiranno l'involucro edilizio dovranno essere adatti, verificati e certificati al fine di accogliere utilmente ed in condizioni di ordinaria operatività le attrezzature e le strumentazioni che costituiscono oggetto essenziale del presente bando, ivi inclusi tutti gli accorgimenti ed adattamenti necessari alla collocazione ed al perfetto funzionamento della robotica e degli impianti contestualmente forniti ed atti a perseguire le condizioni climatiche indoor necessarie al funzionamento del laboratorio come descritto nel presente bando.

A tal riguardo si cita in particolare la necessità di prevedere che l'involucro edilizio fornito a corredo per accogliere l'attrezzatura e strumentazione oggetto del presente bando abbia caratteristiche coerenti con le prestazioni richieste dalla sperimentazione in rapporto alle prestazioni delle macchine di climatizzazione installate a corredo. Conseguentemente, le dimensioni fisiche degli elementi che costituiranno l'involucro edilizio dovranno offrire le dimensioni sufficienti ad accogliere l'ideale stratigrafia dal punto di vista delle prestazioni dell'involucro edilizio, garantendo comunque le condizioni di agibilità interna sufficienti all'installazione dell'attrezzatura scientifica, al suo perfetto funzionamento ed alla corretta ispezionabilità da parte dei tecnici, oltre che alla sufficiente agibilità della stanza dove sarà collocata la postazione di supervisione e controllo della robotica.

A tal scopo e senza che ciò costituisca vincolo esclusivo in termini di scelta commerciale del prodotto, il Politecnico ha predisposto un progetto posto a base dell'istruttoria per l'ottenimento del titolo edilizio che prevede la realizzazione di un basamento idoneo alla collocazione sovrapposta di elementi prefabbricati standard secondo le ipotesi meglio descritte nel seguito.



Oneri dell'Aggiudicatario

L'Aggiudicatario del presente bando dovrà fornire tempestivamente, in rapporto al tempo necessario per il perfezionamento del progetto nei termini descritti al precedente paragrafo le informazioni tecniche ed il disegno costruttivo degli elementi dell'involucro e della relativa scala di accesso (i documenti costruttivi dovranno avere a corredo le certificazioni statiche e prestazionali dell'involucro e della scala di accesso) che rendano il Politecnico, anche per tramite di Soggetti Terzi, in grado di:

- verificare le prestazioni strutturali del basamento in rapporto alle caratteristiche del prefabbricato con attenzione agli aspetti statici, sismici ed energetici;
- attuare le predisposizioni necessarie al fissaggio degli elementi alla base ed agli allacciamenti;
- perfezionare il titolo edilizio, realizzare le opere di fondazione e procedere al relativo collaudo.

Tempi tecnici relativi all'approntamento dell'involucro edilizio

Alla luce di quanto sopra l'Operatore Economico che concorre per l'aggiudicazione del presente bando dovrà considerare, fermo restando le date di completamento della fornitura e messa in esercizio come indicate nel bando stesso, i seguenti tempi:

- un periodo di 30 giorni per addivenire ad approvazione da parte del Politecnico della proposta di involucro sulla scorta del progetto costruttivo completo e delle relative certificazioni (proposta di fornitura del prefabbricato);
- un periodo di 120 giorni (oltre ad ulteriori 30 giorni di buffer) a decorrere dalla data

di suddetta approvazione per la realizzazione durante il quale l'Aggiudicatario avvierà la produzione / preparazione degli elementi costituenti l'involucro ed i relativi accessori e nel contempo il Politecnico provvederà ad approntare il sito di installazione realizzando il basamento, le predisposizioni e procedendo al relativo collaudo;

- un periodo di 60 giorni per il trasporto, il montaggio e l'allestimento dell'involucro edilizio e della relativa scala di accesso ai piani oltre ad un ulteriore buffer temporale di ulteriori 60 giorni eventualmente necessario per la risoluzione di aspetti tecnici specifici e per i collaudi e la messa in esercizio degli impianti di controllo climatico, della strumentazione scientifica e della robotica.

Si precisa che il periodo di cui al precedente primo punto non potrà dichiararsi concluso se non con la efficace e completa definizione di tutte le caratteristiche necessarie alle azioni successive a carico del Politecnico per la consegna dell'area ai fini dell'installazione del prefabbricato; un eventuale ritardo nella definizione delle caratteristiche tecniche che non consenta al Politecnico di approntare il basamento o di perfezionare il titolo edilizio entro i tempi qui sopra stabiliti costituirà ritardo imputabile all'Appaltatore, trattato ai sensi di quanto previsto nel presente bando.

Ulteriori precisazioni

Dal punto di vista edilizio e della materiale realizzazione dell'involucro edilizio si precisa quanto segue. È onere in carico del Politecnico la resa in disponibilità dei luoghi, l'accessibilità alla zona di installazione, l'eventuale onere di occupazione di suolo pubblico per il tempo strettamente necessario alle operazioni di montaggio, il costo della gestione delle interferenze rispetto alle attività di Ateneo.

È onere a carico dell'Appaltatore l'allestimento della zona di lavoro nel rispetto del D.Lgs.81/2008, ogni onere relativo alla sicurezza aziendale e relativo all'organizzazione della sicurezza in rapporto al coinvolgimento di subfornitori e/o subappaltatori, la realizzazione fuori opera del prefabbricato, il relativo stoccaggio fino alla data stabilita per la consegna, il trasporto, il montaggio, il supporto al collaudo, ove necessario.

L'Operatore Economico che concorre per l'aggiudicazione del presente bando è edotto del fatto che rimane a Suo carico lo stoccaggio del prefabbricato dal momento del suo documentato approntamento fino alla stabilità per il trasporto e comunque per un periodo massimo di 8 mesi senza che ciò costituisca presupposto per il riconoscimento di indennizzo o altro onere, intendendo quindi tale limite temporale come potenzialmente ed intrinsecamente necessario a risolvere eventuali criticità impreviste.

Durante tale periodo l'Appaltatore dovrà consentire al Politecnico o suoi incaricati e previo concordamento uno o più sopralluoghi nel sito dove sarà conservato il prefabbricato al fine di poterne constatare aspetti di dettaglio relativi all'ingombro o altre caratteristiche, ai fini di accertare la coordinata prosecuzione delle attività e garantire anche così la convergenza delle attività di realizzazione dell'opera.

Accantieramento e sicurezza

Limitatamente alla fase di montaggio della struttura edilizia le attività si configureranno come lavori ricadenti nel campo di applicazione del titolo IV del D.Lgs. 81/2008 (lavori edili o di ingegneria civile ovvero lavori di costruzione [...] di opere fisse, permanenti o temporanee, [...] in cemento armato, in metallo, [...] o in altri materiali).

In coerenza con ciò il Politecnico individuerà in qualità di Committente le figure di Responsabile dei Lavori, Coordinatore per la sicurezza e Direttore dei Lavori mentre all'Appaltatore è richiesto di individuare una figura di adeguato profilo per qualifica professionale ed esperienza alla quale attribuire le funzioni di capo cantiere (inteso come figura tecnica deputata per conto del datore di lavoro committente a coordinare le attività di cantiere e preposto, nell'accezione di cui all'art.2 del D.Lgs.81/2008) nonché le funzioni di preposto ai sensi dello stesso articolo. La ditta esecutrice dei lavori ricadenti nell'ambito di applicazione del titolo IV del D.Lgs.81/2008 sarà soggetta a tutti gli obblighi inerenti la sicurezza, ivi inclusa la redazione del POS e delle eventuali procedure complementari e di dettaglio.

Per meglio rappresentare in via preliminare quanto sin qui esposto, il presente documento comprende una planimetria con la collocazione del laboratorio all'interno del Campus ed uno schema progettuale di massima come ipotizzato dal Politecnico, non vincolante.