

Avviso di Indagine di Mercato

OGGETTO: Progettazione esecutiva, realizzazione dei particolari meccanici, acquisto componentistica e assemblaggio di un rover per uso in ambito agricolo.

L'amministrazione Centrale del Politecnico di Torino - Area AQU I Approvvigionamento Beni e Servizi, Pianificazione Acquisti e Procurement – per conto del Centro Interdipartimentale PIC4Ser - rende noto che intende procedere alla richiesta di offerta per la progettazione esecutiva, realizzazione dei particolari meccanici, acquisto componentistica e assemblaggio di un rover per uso in ambito agricolo.

Al fine di contattare il maggior numero di operatori economici in grado di fornire il servizio oggetto di affidamento e di acquisire più preventivi, pubblica il presente avviso.

Le informazioni qui contenute hanno valore puramente indicativo e non costituiscono un vincolo per l'Amministrazione, che non assume alcun obbligo nei confronti degli operatori economici, i quali non hanno nulla da pretendere dal Politecnico di Torino, a qualsiasi titolo, in ragione della presente indagine.

1. Introduzione
2. Oggetto d'appalto – Descrizione del prototipo
 - 2.1. Caratteristiche meccaniche e funzionali
 - 2.2. Caratteristiche elettriche ed elettroniche
 - 2.2.1. Layout elettrico
 - 2.2.2. Alimentazione e batteria
 - 2.2.3. Sicurezza ed emergenza
 - 2.2.4. Modalità di controllo
 - 2.2.5. Sensori
3. Oggetto dell'appalto – Caratteristiche tecniche
 - 3.1. Progettazione esecutiva
 - 3.1.1. Unità di locomozione anteriore
 - 3.1.2. Box frontale
 - 3.1.3. Meccanismo di posizionamento
 - 3.1.4. Unità di locomozione posteriore
 - 3.1.5. Sottotelaio posteriore
 - 3.1.6. Sostegno mobile
 - 3.1.7. Telaio della piattaforma di atterraggio
 - 3.1.8. Layout elettrico
 - 3.2. Messa in tavola dei disegni esecutivi
 - 3.3. Verifica strutturale
 - 3.4. Studio del design
 - 3.5. Costruzione particolari meccanici
 - 3.6. Acquisto
 - 3.6.1. Motori
 - 3.6.2. Driver
 - 3.6.3. Encoder
 - 3.6.4. Componentistica meccanica
 - 3.6.5. Componentistica elettrica ed elettronica
 - 3.7. Programmazione radiocomando
 - 3.8. Assemblaggio
 - 3.9. Consegna e collaudo
4. Collaudo
 - 4.1. Caratteristiche generali del rover
 - 4.2. Test di controllo manuale del rover attraverso l'utilizzo del radiocomando e verifica funzionamento dei sensori propriocettivi.
 - 4.3. Test di verifica del sistema fotovoltaico

- 4.4. Test di funzionamento elettrico/elettronico
- 4.5. Test di sicurezza
- 5. Luogo e tempi di consegna
- 6. Penalità
- 7. Criterio di aggiudicazione ed elementi di valutazione premiale
- 8. Valore dell'iniziativa e modalità di fatturazione
- 9. Requisiti di partecipazione
- 10. Termini e modalità di presentazione delle offerte
- 11. Contenuto dell'offerta
- 12. Richieste di chiarimenti
- 13. Ripartizione tecnico-economica e metodo di formazione della graduatoria
- 14. Valutazione offerta tecnica
- 15. Valutazione offerta economica
- 16. Procedura di esame delle offerte
- 17. Responsabile del procedimento

1. Introduzione

Con il termine robotica di servizio si definisce lo sviluppo di robot che operano in maniera autonoma o semi-autonoma per compiere servizi per il benessere dell'uomo, escludendo l'ambito manifatturiero.

Nell'ambito della robotica di servizio, un settore in forte sviluppo riguarda l'agricoltura di precisione. La viticoltura è un primo settore applicativo di rilievo che si vuole affrontare tramite il progetto in oggetto. In particolare il monitoraggio, la mappatura ed il campionamento delle colture e del terreno agricolo possono fornire dati utili per ottimizzare la produzione, minimizzare l'uso di pesticidi e di fertilizzanti e conoscere lo stato della coltura nelle varie zone del terreno agricolo.

Le operazioni di monitoraggio e mappatura possono essere effettuate sia dal campo, tramite l'impiego di particolari camere trasportate da un veicolo autonomo, sia dall'alto, tramite l'impiego di specifici droni con relativi sistema di camere e sensori.

Le operazioni di campionamento, sia della coltura sia del terreno, possono essere affidate a speciali gripper meccanici trasportati da appositi veicoli.

Risulta di forte interesse lo sviluppo di un veicolo con specifiche caratteristiche funzionali che sia in grado di muoversi tra i vigneti, superando i tipici terreni su cui sorgono tali colture, trasportando sistemi di visione e sensori per le operazioni di monitoraggio e mappatura. Il veicolo dovrà essere idoneo all'installazione di un braccio collaborativo Kinova Jaco2 dotato di gripper meccanico per la raccolta di campioni (non facente parte del capitolato) e dovrà essere dotato di una piattaforma superiore orientabile coperta di pannelli fotovoltaici, per permettere la partenza e l'atterraggio di droni ed al tempo stesso la ricarica parziale delle batterie necessarie per il funzionamento del veicolo.

In base alle caratteristiche fisiche dei vigneti e alle operazioni da svolgere sono stati definiti i principali requisiti che devono essere rispettati dal rover in oggetto, denominato Agri.q:

- Peso del rover contenuto per evitare eccessiva compattazione del suolo: peso < 100 kg;
- Ridotte dimensioni in pianta per potersi muovere tra i filari: larghezza < 1,5 m;
- Capacità di superare terreni con pendenza elevata: 25 %;
- Buona mobilità su terreni accidentati;
- Velocità di avanzamento durante la fase di monitoraggio di 1 m/s;
- Velocità nominale di avanzamento in piano 4 m/s;
- Piattaforma di atterraggio drone: 2 m²;
- Inclinazione della piattaforma di atterraggio del drone regolabile su due assi;
- Minimizzazione del consumo energetico;
- Elevata destrezza dei gripper meccanici, con diversi posizionamenti del sostegno mobile della base del braccio robotico;
- Doppia soluzione di alimentazione: a) alimentazione diretta del rover da un sistema esterno (tethering), per le fasi di messa a punto e sviluppo, b) alimentazione a batteria, ed indicazione dello stato di carica;
- Doppio sistema di ricarica: a) sistema con carica batterie esterno; b) sistema a bordo composto da pannelli fotovoltaici e regolatori di carica;
- Dispositivi di sicurezza per l'arresto del veicolo in condizioni di emergenza, per evitare urti contro ogni tipologia di ostacolo e garantire la sicurezza di individui in prossimità del veicolo;
- Modalità di controllo e funzionamento manuale, tramite telecomando, per la gestione di tutti i servosistemi e per la guida del robot;
- Modalità di funzionamento automatico, ad inseguimento di traiettorie pianificate e realizzazione di specifici tasks di monitoraggio, raccolta, campionamento, atterraggio e decollo.

2. Oggetto d'appalto – Descrizione del prototipo

2.1. Caratteristiche meccaniche e funzionali

In base ai requisiti sopra citati, di seguito viene presentato il rover, denominato Agri.q, oggetto della gara d'appalto (Figura 1).



Figura 1

Il rover è composto da, figura 2:

- Due unità di locomozione anteriori (sinistra e destra);
- Box frontale;
- Sottotelaio posteriore;
- Due unità di locomozione posteriori (sinistra e destra);
- Assale posteriore;
- Meccanismo di posizionamento delle unità di locomozione posteriori;
- Telaio della piattaforma di atterraggio;
- Sostegno mobile della base del braccio robotico;

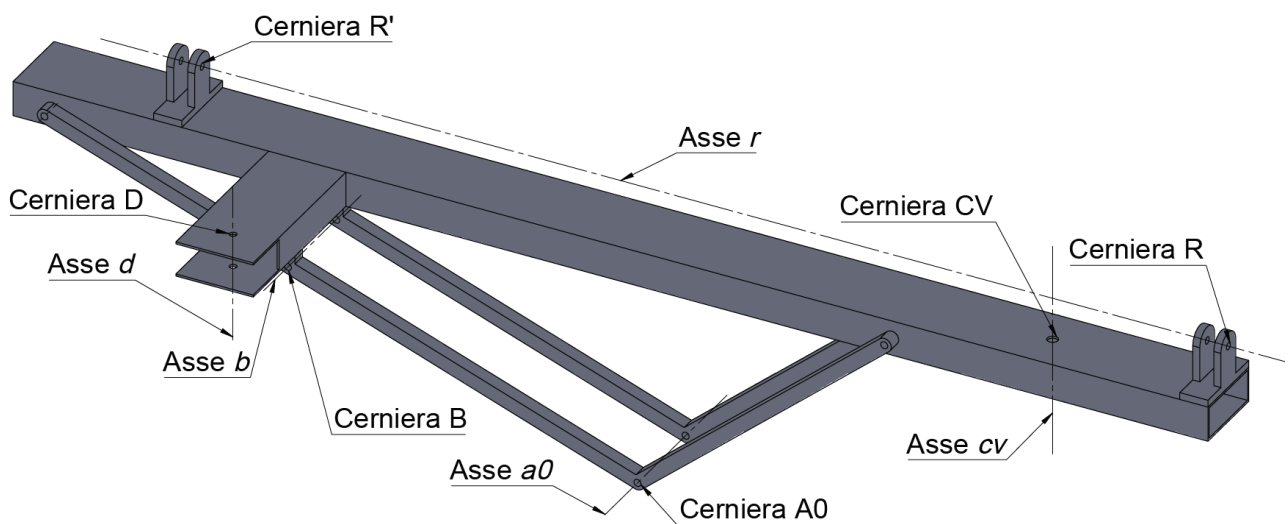
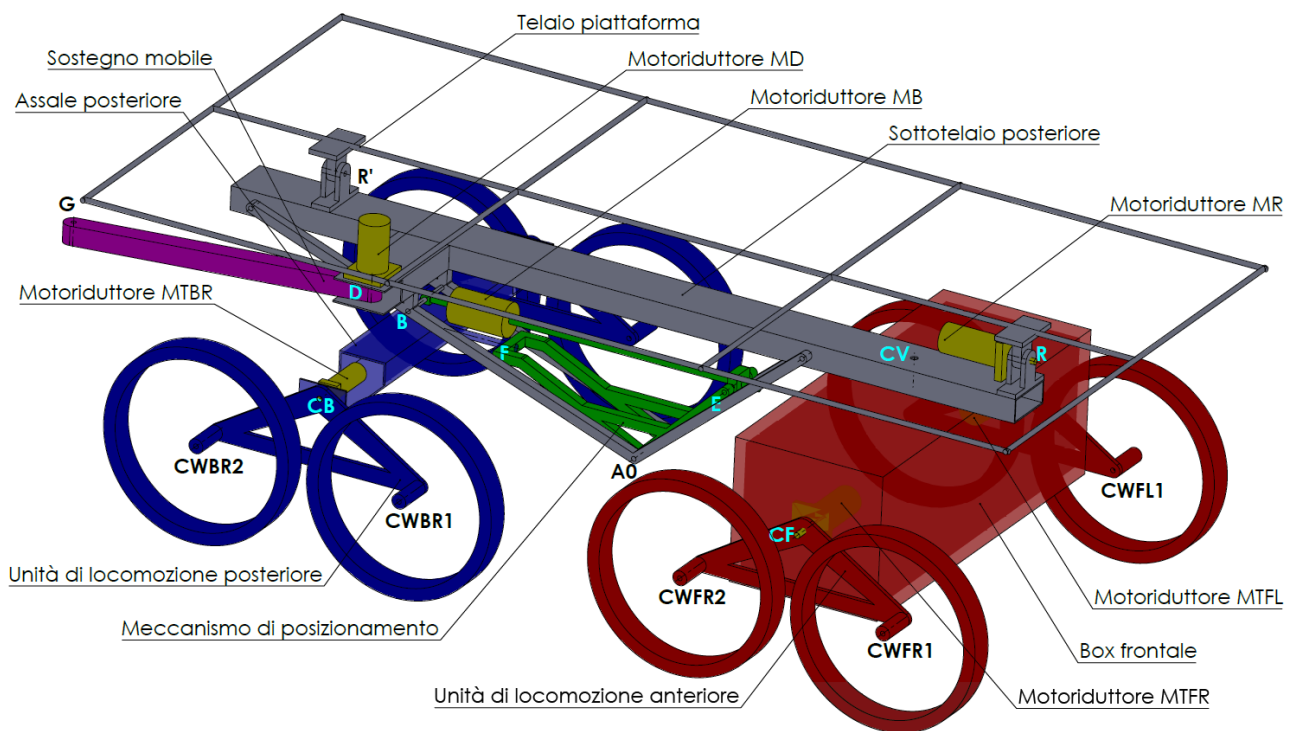


Figura 2

La singola **unità di locomozione anteriore** è costituita da due ruote montate su un bilanciante, con una definita geometria, che le connette al box frontale. Ogni unità di locomozione anteriore è dotata di un motoriduttore MTF (**MTFR** a destra, **MTFL** a sinistra) controllato in velocità e di un opportuno sistema a catena per trasmettere la potenza dal motoriduttore a entrambe le ruote poste su ogni unità. I due motori di trazione sono controllati in maniera indipendente per poter gestire la traiettoria del rover. Il **box frontale** contiene i componenti elettronici di potenza e di comando dell'intero rover. Il **sottotelaio posteriore** è connesso al box frontale attraverso il giunto rotoidale CV; è inoltre connesso al meccanismo di posizionamento tramite il giunto rotoidale A0. Il meccanismo di posizionamento è connesso tramite il giunto F all'assale che sostiene le due unità di locomozione posteriori. L'assale posteriore può ruotare attorno alla **cerniera F** per consentire un corretto contatto delle ruote su terreni irregolari. Inoltre, il sottotelaio posteriore sostiene il **telaio della piattaforma** di atterraggio il cui angolo di rollio, rispetto al sottotelaio posteriore, può essere controllato dal motoriduttore **MR**, che attua la

rotazione del giunto rotoidale **R**. Per realizzare il controllo del rollio del sottotelaio della piattaforma possono essere ipotizzati e valutati diversi meccanismi attuati, da definirsi in fase di progetto. Sul telaio della piattaforma dovranno essere posizionati dei **pannelli fotovoltaici** per formare la superficie di atterraggio del drone, che svolgerà anche la funzione di area di captazione delle radiazioni solari per provvedere ad una ricarica parziale delle batterie durante le missioni operative del rover Agri.q. Il **meccanismo di posizionamento**, tramite un sistema vite-madrevite ed il relativo motoriduttore **MB**, permette di controllare l'angolo di beccheggio del sottotelaio posteriore rispetto al terreno. Infine, il sottotelaio posteriore è dotato di un **sostegno mobile** alla cui estremità sarà posizionato uno specifico **braccio robotico**, su una opportuna piastra di interfaccia posta all'estremità del sostegno mobile. Il sostegno mobile è posto in rotazione dal motoriduttore **MD**. Ogni unità di locomozione posteriore è dotata di due motori di trazione MTB (**MTBR** a destra, **MTBL** a sinistra).

In figura 3 vengono riportate le caratteristiche dimensionali di ingombro generale e la disposizione delle coppie cinematiche che consentono i movimenti precedentemente descritti.

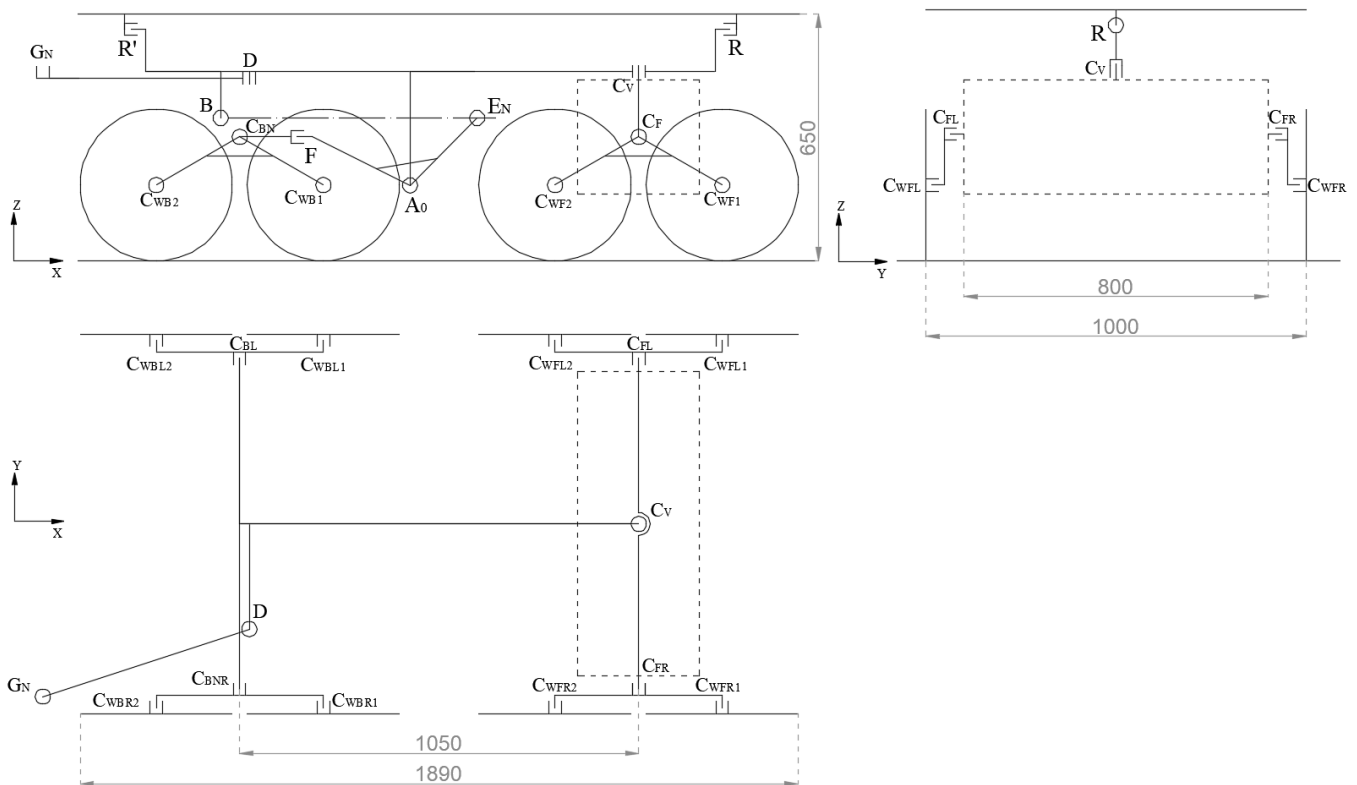


Figura 3

Il rover è dotato di 9 gradi di libertà (g.d.l.), più i sistemi di trasmissione del moto alle ruote. Di questi g.d.l., 6 sono passivi e 3 dotati di sistema di attuazione e controllo.

I 6 g.d.l. passivi sono:

- le rotazioni attorno alle 4 cerniere di supporto dei bilanci (CFL, CFR, CBL, CBR) che sostengono le unità di locomozione;
- la rotazione longitudinale attorno alla cerniera F di sostegno dell'assale posteriore;
- la rotazione attorno alla cerniera CV che collega il box frontale al sottotelaio posteriore.

I 3 g.d.l. dotati di sistema di attuazione sono:

- la rotazione attorno alla cerniera A0 del sistema di posizionamento, che controlla il

beccheggio del veicolo;

- la rotazione attorno alla cerniera R che controlla il rollio del telaio della piattaforma;
- la rotazione attorno alla cerniera D, a cui è vincolato il sostegno mobile del braccio robotico del rover.

La traiettoria del rover è ottenuta controllando le velocità di avanzamento delle due unità di locomozione frontali; la rotazione passiva attorno alla cerniera CV, consente alla parte posteriore di seguire correttamente la traiettoria della parte anteriore. Come rappresentato nella vista in pianta di figura 4, il box frontale e le due unità di locomozione anteriori hanno la possibilità di ruotare attorno alla cerniera CV rispetto al resto del rover definendo così un angolo di imbardata, θ . L'angolo θ deve avere un campo di mobilità pari a $\Delta\theta = \pm 40^\circ$ e nella realizzazione costruttiva devono essere assicurate opportune battute di fine corsa; freni abbinati ai motori di trazione MTF hanno la funzione di freni di stazionamento.

La scelta della soluzione costruttiva e la conseguente progettazione esecutiva del giunto Cv dovranno consentire una semplice e veloce connessione e disconnessione meccanica della parte frontale (box e relative unità di locomozione) dal sottotelaio posteriore. Il rover deve, quindi, essere smontabile in due parti connesse attraverso la cerniera Cv, sia per ragioni di manutenzione e sviluppo, sia per agevolare eventualmente il trasporto.

Analoga sconnessione deve essere prevista per la parte elettrica, sia di potenza che di segnale, e realizzata con opportuni connettori interposti tra i due sottosistemi.

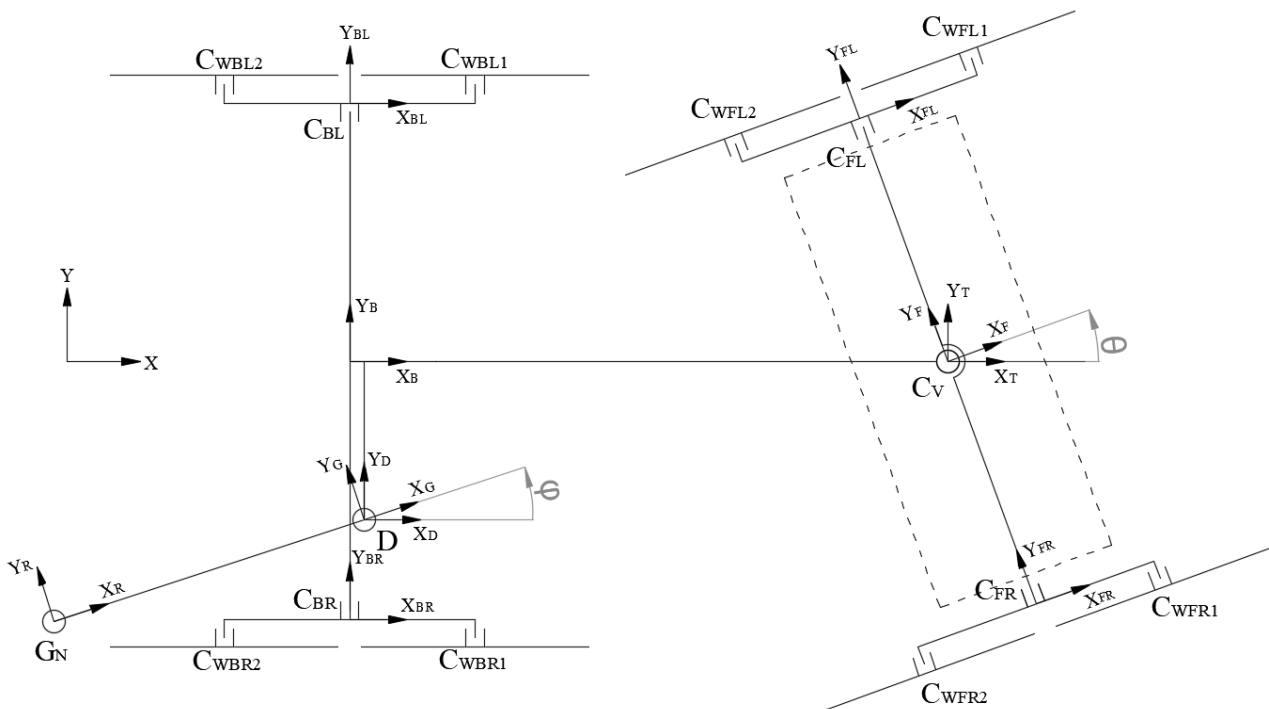


Figura 4

Per permettere di posizionare la piattaforma di atterraggio in piano oppure per ottimizzare la funzione di inseguimento solare, il rover può ruotare attorno alla cerniera CF di un angolo di beccheggio, $\Delta\gamma = +40^\circ, -5^\circ$, figura 5, azionando il meccanismo di posizionamento che, tramite un sistema vite-madrevite (BE), ruota il link EA_0F . Anche in questo caso il sistema di azionamento deve essere dotato di opportune battute meccaniche, sensori di fine corsa e freno sull'attuatore MB che impedisca movimenti involontari.

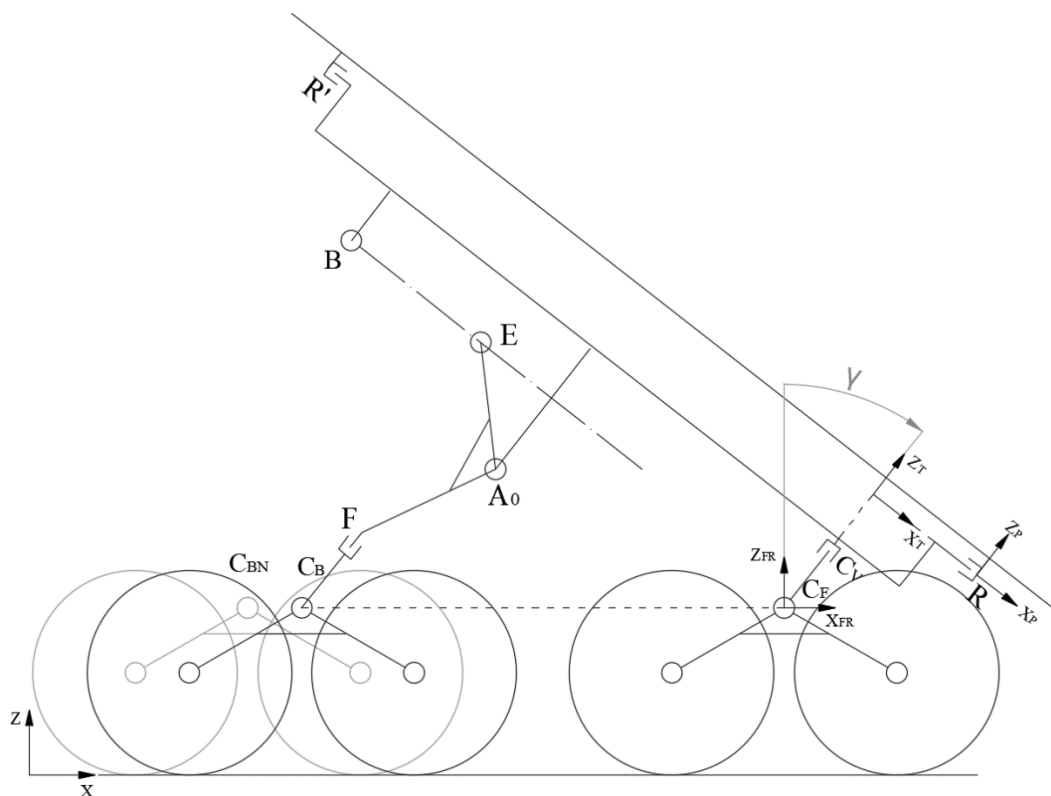


Figura 5

La piattaforma di atterraggio ha un ulteriore grado di libertà, che permette di ottimizzarne il posizionamento. In particolare, essa può ruotare attorno all'asse passante per le cerniere R e R' con un angolo di rollio di ampiezza massima pari a $\Delta\alpha_R = \pm 20^\circ$, figura 6, governato da un sistema di attuazione controllato in posizione angolare. Tale sistema di attuazione, MR, è da definirsi in fase di progetto esecutivo e deve essere dotato di battute meccaniche, interruttori di fine corsa e freno che impedisca movimenti involontari.

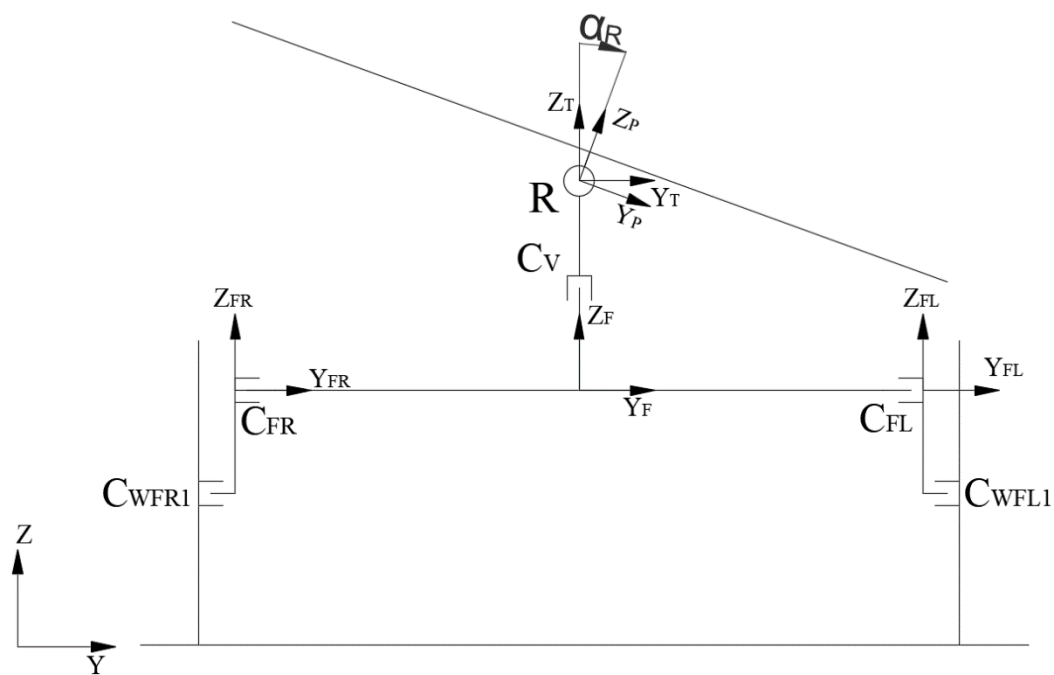


Figura 6

L'ultimo grado di libertà è fornito al sostegno mobile per posizionare la base del braccio robotico. In particolare, figura 7, il sostegno mobile ruota, grazie ad un servosistema controllato in posizione, attorno alla cerniera D che porta la base del robot, posizionata in G, nelle diverse configurazioni di lavoro. Il sostegno mobile dovrà essere definito in fase di progetto esecutivo e dovrà essere dotato di battute meccaniche, interruttori di fine corsa e freno che impedisca movimenti involontari.

Gli estremi del campo di mobilità sono $\phi_1 = 29^\circ$ e $\phi_2 = 209^\circ$, corrispondenti alle posizioni G1 e G2 della base del braccio robotico. Il sostegno mobile ha una posizione nominale in condizioni di viaggio, GN, che deve consentire di ripiegare ed appoggiare il braccio robotico su appositi sostegni, definita dall'angolo $\phi_n = 162^\circ$.

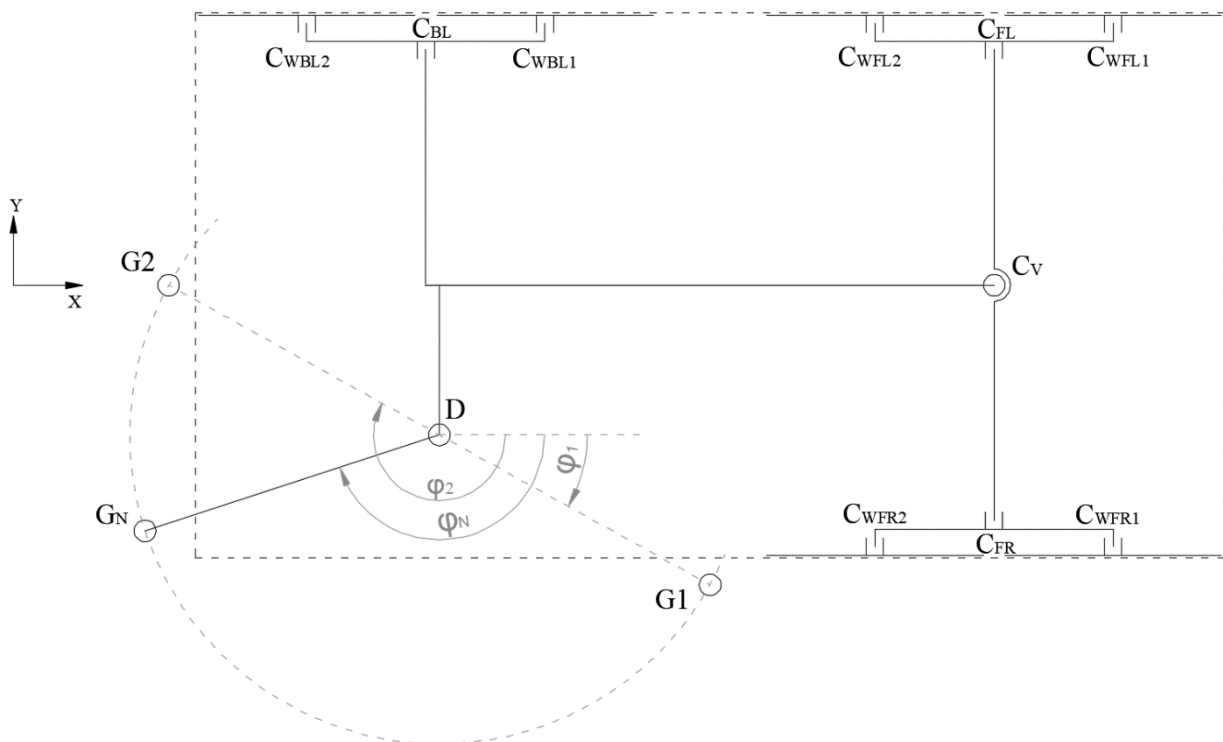


Figura 7

L'unità di locomozione anteriore, figura 8, è composta da una coppia di ruote connesse ad un sottotelaio a bilanciere, che può ruotare attorno alla cerniera CF di un angolo $\Omega = \pm 40^\circ$ come rappresentato in figura 10b. Il motoriduttore MTF è posizionato sulla cerniera CF e tramite un sistema a catena viene trasmesso il moto ai due pignoni condotti solidali alle ruote. L'installazione di una puleggia di rinvio è utile per garantire un angolo di avvolgimento sufficiente della catena attorno al pignone motore. L'angolo di imbardata θ è conseguente al controllo in velocità delle ruote delle unità di locomozione anteriore sinistra e anteriore destra. I due motoriduttori MTL e MTR devono essere dotati di opportuni sensori e driver per il controllo in velocità. Deve essere presente un freno per evitare movimenti del rover durante le fasi di arresto.

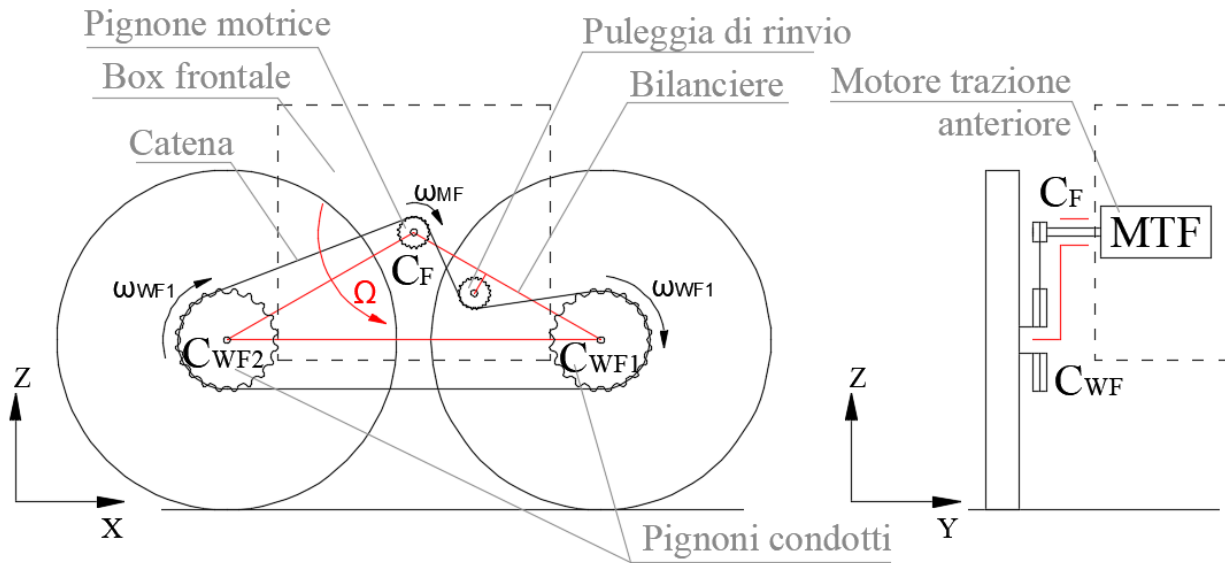


Figura 8

Le unità di locomozione posteriori, figura 9, presentano la stessa struttura delle unità di locomozione anteriori; le dimensioni principali sono riassunte in figura 10a e in tabella 1; in figura 10b è indicato il movimento che possono fare i bilanceri posteriori. Le ruote dell'unità di locomozione posteriore sono dotate di ruote libere. Questa scelta evita di far ruotare la catena e l'albero motore quando i motori di trazione posteriore sono spenti. Infatti, i motori di trazione posteriore verranno impiegati solo nel caso in cui la potenza dei soli motori di trazione anteriori non sia sufficiente a superare una rampa o un ostacolo o durante fenomeni di slittamento delle ruote anteriori.

I due motoriduttori MTBL e MTBR devono essere dotati di opportuni sensori e driver per il controllo in coppia, poiché si prevede di utilizzarli solo per un miglioramento delle condizioni di trazione del veicolo, ma non per la definizione della traiettoria dello stesso.

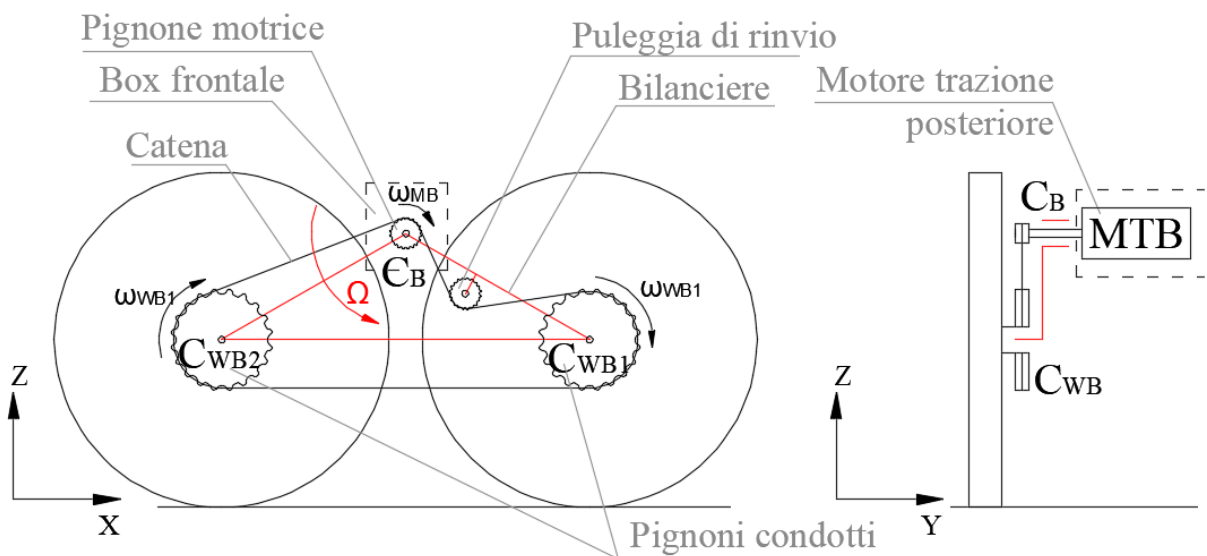
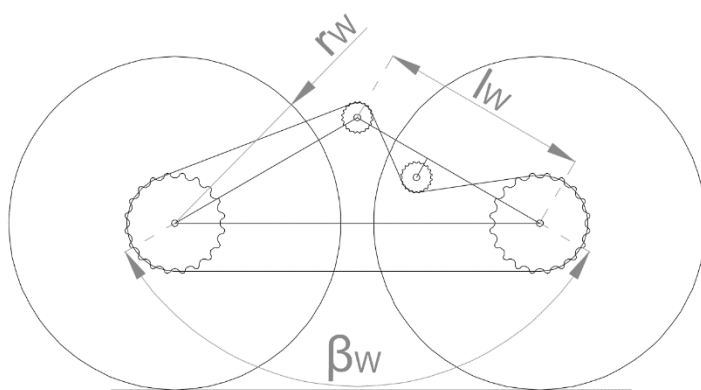


Figura 9



Simbolo	Valore	Unità di misura
r_w	200	mm
l_w	254	mm
β_w	120	°

Tabella 1

Figura 10a

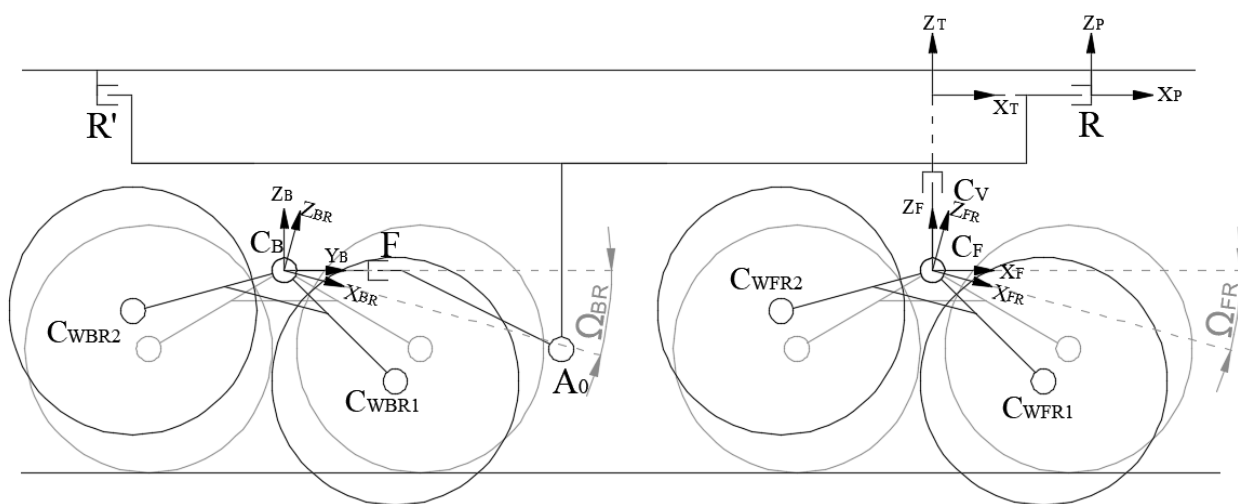


Figura 10b

I motoriduttori MTF sono posizionati all'interno del box frontale mentre i motori MTB sono posizionati sull'assale posteriore che connette le due unità di locomozione posteriori. Sulla parte superiore del box frontale vi è un apposito giunto CV che permette un angolo di imbardata tra il box frontale, che sostiene le unità di locomozione anteriori, e il sottotelaio posteriore con le relative unità di locomozione, indicato con l'angolo θ , come descritto precedentemente in figura 4. Inoltre, due apposite cerniere CFL e CFR, figura 11, sono posizionate rispettivamente sul lato sinistro e destro del box frontale. Tali cerniere servono per connettere il box frontale alle due unità di locomozione anteriore e permettono il passaggio dei due alberi dei motori di trazione per trasferire la potenza alle ruote.

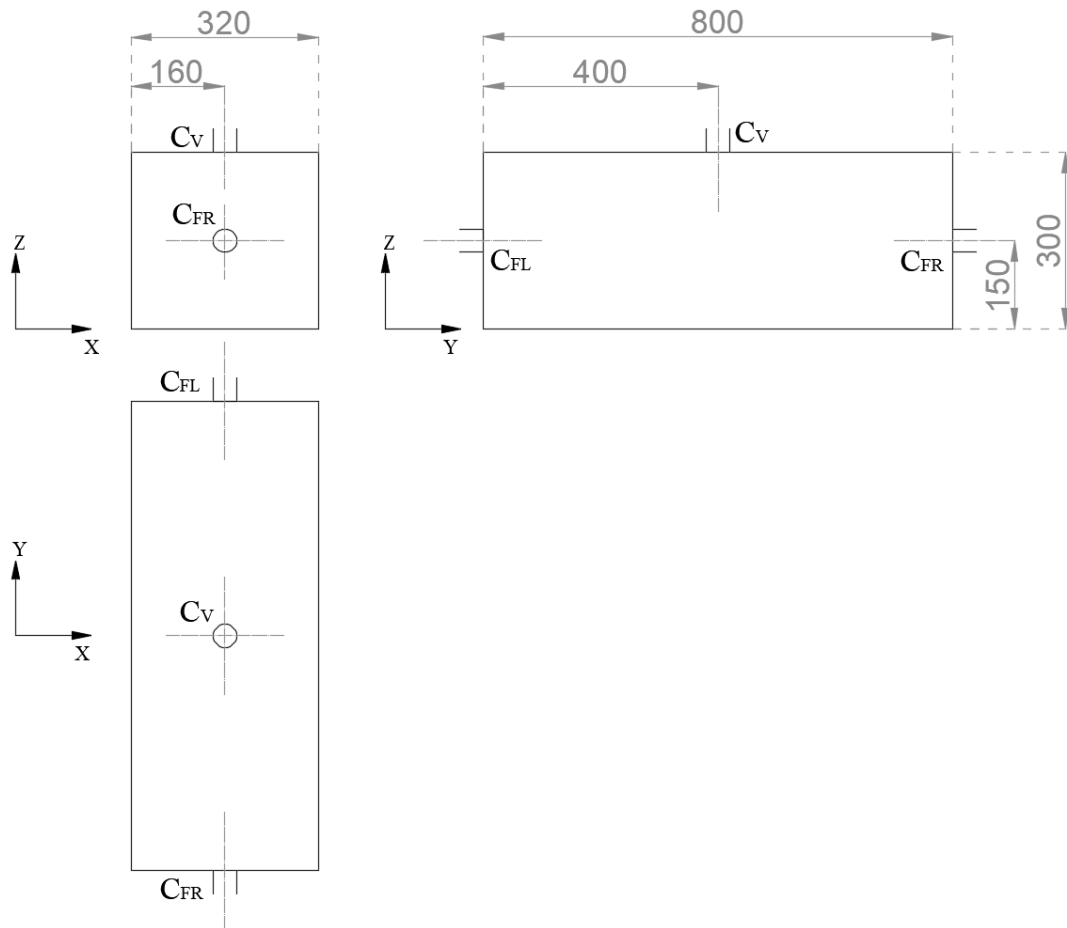


Figura 11

Il meccanismo di posizionamento è costituito da un leveraggio $E-A_0-C_B$, incernierato in A_0 al sottotelaio posteriore. La Figura 12 riporta il meccanismo nella sua condizione nominale $E_N-A_0-C_{BN}$. Esso è incernierato in E_N alla madrevite di un sistema vite-madrevite $B-E$ ed è collegato in C_{BN} all'assale posteriore che sostiene le cerniere C_{BL} , C_{BR} . Il leveraggio integra un giunto di rollo passivo F , che consente una rotazione relativa tra il meccanismo di posizionamento e l'assale posteriore attorno all'asse passante per C_B ed F .

Sono definiti i seguenti significati dei pedici per le variabili cinematiche controllate:

- N, condizione nominale per l'avanzamento del veicolo in piano, $\Delta\gamma_N = 0^\circ$
- i, condizione di massima inclinazione del pendio su cui può essere posto il rover, da compensare per consentire l'atterraggio droni, $\Delta\gamma_i = + 24^\circ$
- s, condizione di massima inclinazione per captazione solare, $\Delta\gamma_s = + 40^\circ$
- d, condizione di inclinazione negativa del pendio, da compensare per consentire l'atterraggio droni, $\Delta\gamma_d = -5^\circ$

Queste rotazioni $\Delta\gamma$ vengono ottenute mediante corrispondenti rotazioni $\Delta\alpha$ del meccanismo di posizionamento, ottenute tramite il sistema vite madrevite in esso contenuto.

Il motoriduttore M_B , incernierato al sottotelaio posteriore in B , causa la rotazione della vite ed il conseguente spostamento della madrevite. Gestendo la distanza BE , si ottiene la rotazione $\Delta\alpha$ del leveraggio $E-A_0-C_B$ attorno ad A_0 e, di conseguenza, la rotazione della direzione che passa dalle cerniere C_F e C_B (Figure 13 e 14) quando il veicolo è appoggiato a terra. In particolare, ai fini del mantenimento di una posizione orizzontale del pianale di atterraggio in presenza di pendenza del terreno (Figura 13), una rotazione del leveraggio pari a $\Delta\alpha_i$ comporta una

The diagram illustrates a mechanical system. A horizontal slider block of mass M_B moves along a horizontal guide. A vertical force F_N acts on the block. A rotating arm of length r_A is pivoted at point A_0 . The arm is at an angle ω to the horizontal. The horizontal distance from the pivot A_0 to the center of mass C_{BN} of the block is r_C . The horizontal distance from the pivot A_0 to the point E_N on the arm is l_A . The vertical distance from the pivot A_0 to the center of mass C_{BN} is e . The center of mass of the arm is at point C_F .

The diagram shows a mechanism with joints at points A₀, B, C_B, C_{BN}, E, and C_N. A force F acts at point C_B. A normal force pN acts at point E, with its horizontal component Δα and vertical component ΔN indicated. Dashed lines represent the virtual displacement paths for each joint.



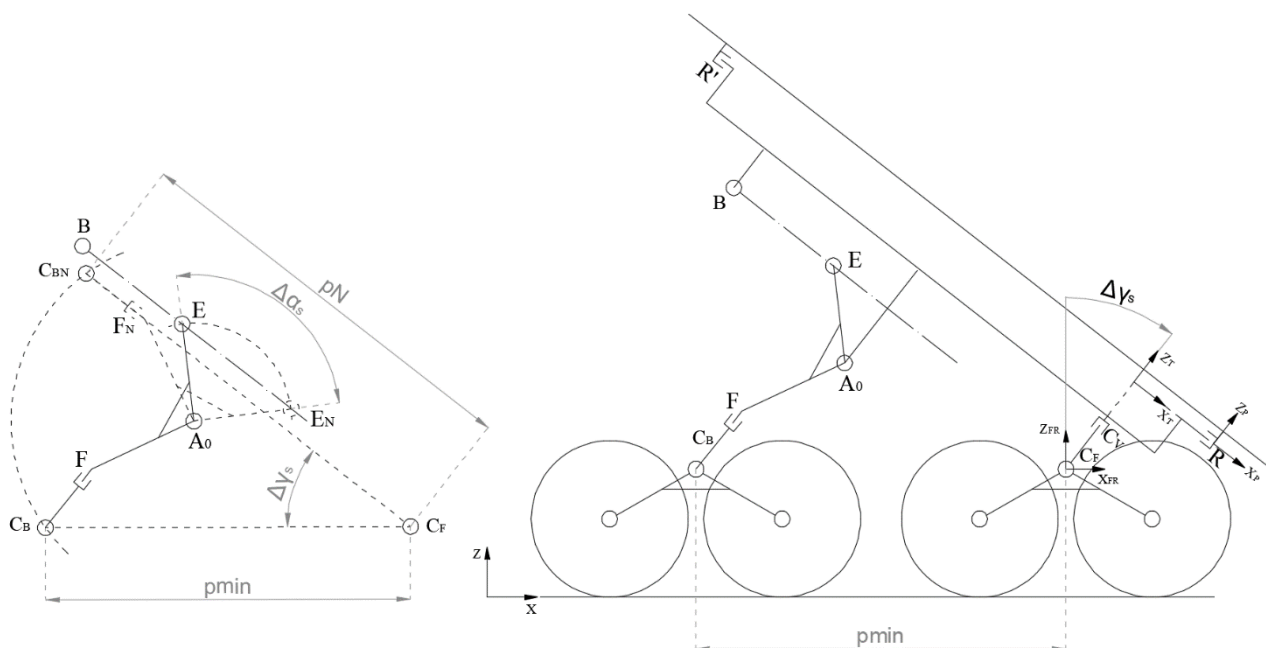


Figura 14

In Tabella 2 sono riportate le caratteristiche dimensionali del meccanismo di posizionamento.

Simbolo	Valore	Unità di misura
e	177	mm
l_A	689	mm
r_C	466	mm
r_A	260	mm
ε	61	°
$\Delta\alpha_i$	56	°
$\Delta\gamma_i$	24	°
$\Delta\alpha_s$	94	°
$\Delta\gamma_s$	40	°
$\Delta\alpha_d$	-12	°
$\Delta\gamma_d$	-5	°

Tabella 2

Il sostegno mobile G-D ha la funzione di portare la base del braccio robotico Kinova Jaco 2 posizionata in G, in una pluralità di posizioni disposte lungo una circonferenza, ruotando attorno all'asse passante per D, solidale al sottotelaio posteriore. In figura 15 e in tabella 2 sono rappresentate e indicate le caratteristiche geometriche del sostegno mobile.

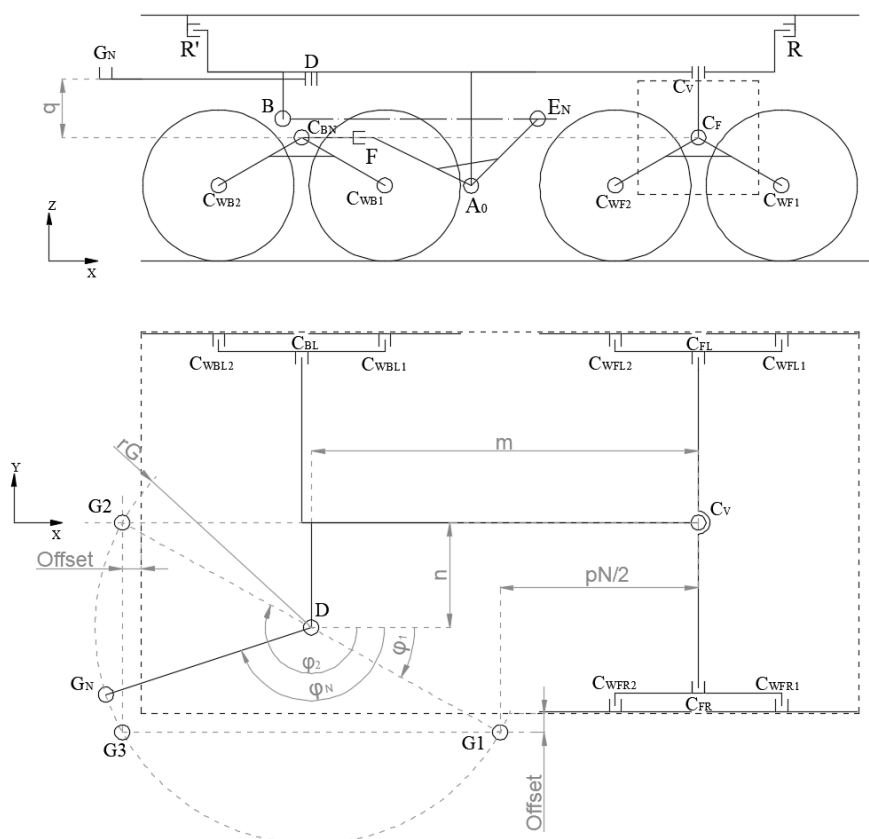


Figura 15

Simbolo	Valore	Unità di misura
q	153	mm
r_G	575	mm
n	278	mm
m	1025	mm
φ_1	29	°
φ_2	209	°
φ_N	162	°
Offset	60	mm

Tabella 3

La posizione G_N corrisponde alla posizione di riposo del braccio mentre le posizioni G_1 e G_2 sono due posizioni particolari di lavoro. Tramite uno studio di sintesi grafica sono state definite le quote della cerniera D e di G nelle diverse configurazioni.

Una flangia in G deve permettere l'installazione del braccio robotico, la cui base deve essere posizionata con il primo asse di rotazione parallelo alla direzione z, verticale. A pagina 25 dell'allegato "Ultra-lightweight-robotic-arm_UserGuide_EN_Web_0" è rappresentata la connessione meccanica del braccio robotico con la rispettiva flangia. Il braccio robotico non è oggetto della richiesta di offerta, ma il rover deve essere predisposto per la sua installazione.

Durante l'avanzamento del veicolo, la cerniera G sarà in posizione nominale G_N e il braccio robotico sarà ripiegato sotto la piattaforma di atterraggio. Risulta necessario prevedere un sostegno solidale al sottotelaio posteriore sul quale il braccio robotico si può appoggiare. Tale sostegno deve essere rivestito di un materiale in gomma per evitare il contatto diretto del braccio col metallo.

Il telaio della piattaforma di atterraggio deve sorreggere un particolare tipo di pannello fotovoltaico il quale servirà come piattaforma di atterraggio e partenza per un drone del peso di circa 2 kg. Il telaio della piattaforma, quindi la superficie di atterraggio, deve poter ruotare attorno alle cerniere R ed R' di un angolo di rollio α . Viene richiesto di minimizzare la distanza della piattaforma di atterraggio dalla cerniera R, come rappresentato in figura 16.

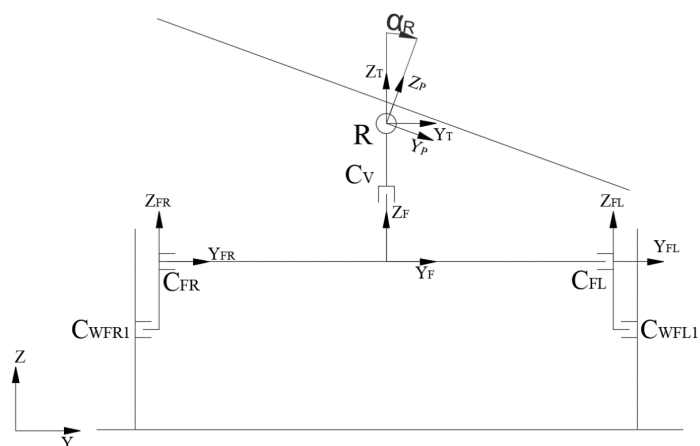


Figura 16

Il sottotelaio posteriore collega i sottosistemi precedentemente descritti rispettando le quote presenti in figura 17 e in tabella 3. Nella figura 17 i vincoli al sottotelaio posteriore (non rappresentato) sono indicati con le linee tratteggiate inclinate. Le caratteristiche strutturali e dimensionali devono garantire una adeguata rigidità e leggerezza del telaio. Tutte le coppie rotoidali devono essere dimensionate per garantire resistenza strutturale, elevato grado di precisione, resistenza agli agenti atmosferici quali polveri ed umidità.

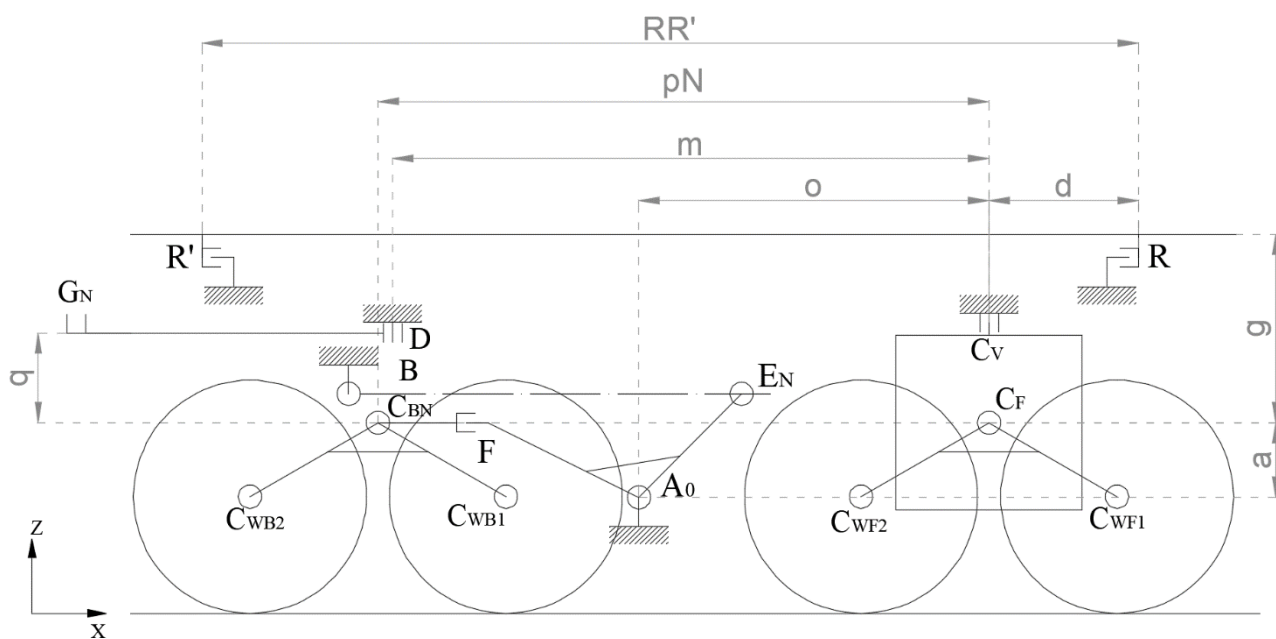


Figura 17

Simbolo	Valore	Unità di misura
a	128	mm
d	200-300	mm
g	323	mm
m	1025	mm
o	601	mm
pN	1050	mm
q	154	mm
RR'	1500-1700	mm

Tabella 4

Lo schema funzionale di figura18 evidenzia le posizioni dei giunti, ma non rappresenta una specifica soluzione costruttiva. Tale soluzione andrà definita durante il progetto, nel rispetto dei calcoli di verifica strutturale, delle esigenze derivanti dalla non interferenza tra le parti in movimento, e da un requisito generale di contenimento dei pesi. Si riassumono di seguito i componenti connessi al sottotelaio posteriore con la descrizione dell'accoppiamento cinematico.

- Box frontale, tramite la cerniera CV che permette un movimento attorno all'asse *cv*
- Meccanismo di posizionamento tramite le cerniere A0 e B che permettano un movimento rispettivamente attorno all'asse *a0* e all'asse *b*
- Sostegno mobile tramite la cerniera D che permette un movimento attorno all'asse *d*
- Telaio piattaforma di atterraggio tramite le cerniere R ed R' che permettano un movimento attorno all'asse *r*

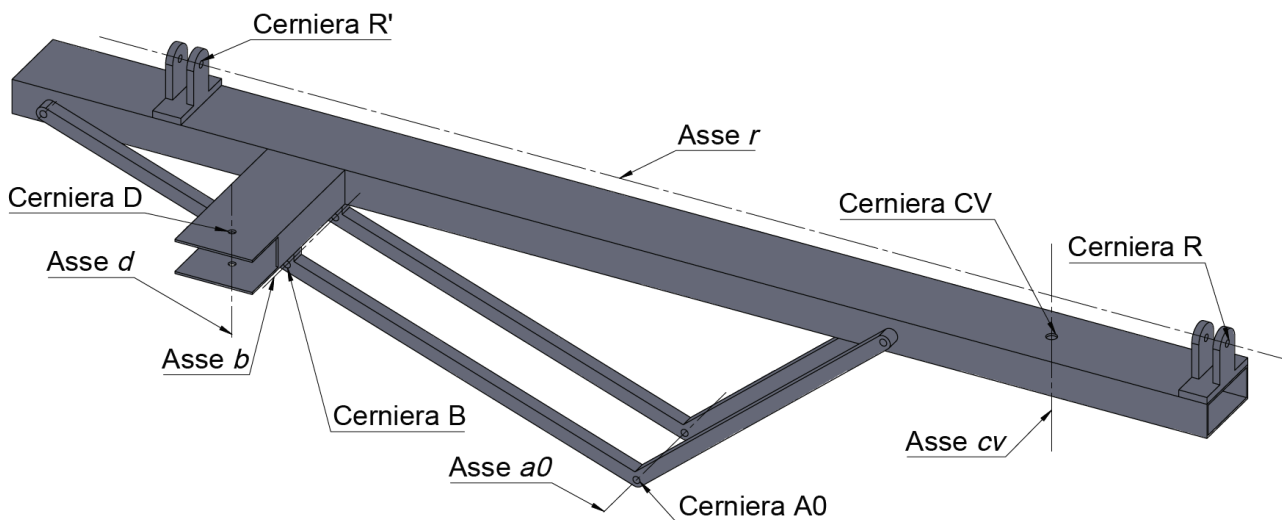


Figura 18

2.2. Caratteristiche elettriche ed elettroniche

2.2.1. Layout elettrico

In figura 19 è mostrato lo schema funzionale di massima del cablaggio elettrico e le interconnessioni dati tra i vari dispositivi. Nel riquadro tratteggiato sono rappresentati i dispositivi posizionati all'esterno del box frontale, i restanti dispositivi trovano alloggio all'interno del box frontale. In rosso e nero sono rappresentati i cablaggi di alimentazione rispettivamente 12V e Massa, in bianco le connessioni dati ed i segnali digitali di controllo ed in blu le fasi dei motori.

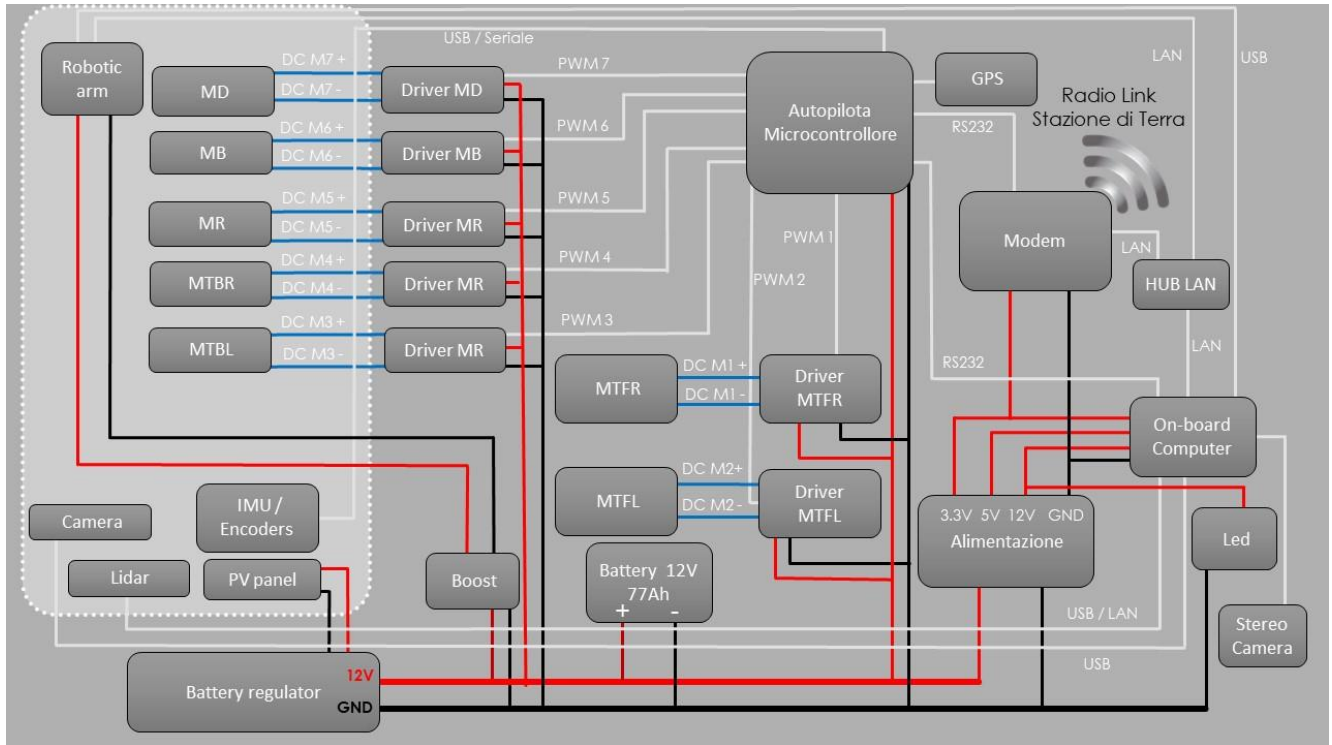


Figura 19

2.2.2. Alimentazione e batteria

Il sistema di alimentazione elettrica del rover prevede l'utilizzo di una batteria al litio in grado di fornire la potenza e l'energia necessaria per i 7 attuatori (MTFL, MTR, MTBL, MTBR, MR, MB e MD), per il braccio robotico, per i sensori e per tutti i componenti elettronici presenti. Inoltre, durante le fasi di messa a punto in laboratorio il rover deve essere alimentato tramite un sistema esterno (Tethering). La batteria ha due modalità di ricarica: tramite il sistema fotovoltaico durante la missione del rover e con un carica batterie esterno. Si prevede inoltre la possibilità di sostituire la batteria in maniera agevole, per poter eseguire una nuova missione senza attendere la ricarica delle batterie.

L'impianto fotovoltaico è costituito da tre pannelli ad alta efficienza con un totale di 72 celle che occupano per intero lo spazio a disposizione sul telaio della piattaforma di atterraggio, di circa 2m². A ciascun pannello è collegato un regolatore di carica MPPT (Maximum Power Point Tracker) in grado di individuare il punto di massimo trasferimento della potenza sulla caratteristica Tensione-Corrente in base alla variabilità di irraggiamento dei pannelli stessi. I tre regolatori sono connessi in parallelo sulla medesima batteria. Complessivamente il sistema fotovoltaico provvederà a fornire una potenza di picco di circa 360 W; la suddivisione in tre segmenti assicura l'immissione di energia nella batteria anche in condizioni di parziale ombreggiamento.

2.2.3. Sicurezza ed emergenza

Oltre a quanto indicato in figura 19, bisogna prevedere dei pulsanti di emergenza per l'arresto immediato del rover e di tutti i gradi di libertà attuati. I pulsanti si devono trovare sia a bordo rover in posti facilmente raggiungibili sia laterali, posteriori e frontali. In aggiunta un pulsante di emergenza potrebbe essere installato sul radiocomando o comunque da remoto.

Oltre a questa modalità di arresto devono essere previsti dei dispositivi che evitino l'urto con ostacoli o persone durante le missioni del rover.

2.2.4. Modalità di controllo

Il controllo del rover deve essere garantito in due modalità principali: in manuale e in automatico.

a) Guida manuale del rover, tramite telecomando gestito da operatore, che invia i segnali di abilitazione ed i riferimenti ai servosistemi presenti:

- invio dei due segnali di riferimento di velocità ai due driver dei motoriduttori per la trazione anteriore MTFL, MTFR, con lo scopo di gestire traiettoria e velocità del rover
- invio dei due segnali di riferimento in coppia ai due driver dei motoriduttori per la trazione posteriore MTBL, MTBR, con lo scopo di migliorare le condizioni di trazione. Eventualmente questi segnali, uguali tra loro, potrebbero essere ricavati come una percentuale del valor medio dei riferimenti in velocità per i motori anteriori, definita dall'operatore con opportuno potenziometro di comando.
- invio dei tre segnali di riferimento di velocità ai tre driver dei motoriduttori MD, MB e MR che controllano rispettivamente il sostegno mobile, il meccanismo di posizionamento, ed il rollio della piattaforma di atterraggio.

- Controllo del braccio robotico Kinova Jaco2 tramite l'opportuno joystick

In questa modalità i segnali di tutti i sensori ed i segnali di riferimento devono essere letti e memorizzati nell'on-board computer, per una successiva elaborazione

b) Guida automatica: guida autonome del rover impostando determinate missioni attraverso specifici programmi (NON OGGETTO DEL CAPITOLATO), presenti sul computer di bordo o da remoto, e l'acquisizione di dati acquisiti dai sensori propriocettivi ed eterocettivi ed elaborati dallo stesso programma.

2.2.5. Sensori

A bordo del rover sono presenti differenti sensori che si possono suddividere in due categorie: Sensori propriocettivi ed eterocettivi.

I sensori propriocettivi misurano grandezze proprie del rover ovvero relativo allo stato interno del sistema come i dati relativi agli attuatori e l'assetto. Di seguito si elencano i sensori propriocettivi e la loro relativa funzione:

- Due encoder per misurare la velocità di rotazione dell'albero in uscita dai motoriduttori di trazione frontali: MTFL e MTFR;
- Due encoder per misurare la velocità di rotazione dell'albero in uscita dai motoriduttori di trazione posteriore: MTBL e MTBR;
- Un encoder assoluto posizionato sul giunto Cv per misurare l'angolo θ , ovvero l'angolo formato tra il box frontale e il sottotelaio posteriore;
- Un encoder assoluto posizionato sul giunto D per misurare l'angolo ϕ , ovvero l'angolo formato tra il sottotelaio posteriore ed il sostegno mobile;
- Un encoder assoluto posizionato sul giunto R per misurare l'angolo α_R , ovvero l'angolo di rollio del telaio della piattaforma di atterraggio rispetto al sottotelaio posteriore;
- Un sensore per la misurazione dell'angolo $\Delta\alpha$, ovvero la rotazione del meccanismo di posizionamento rispetto al sottotelaio posteriore. La rotazione può essere misurata direttamente sul giunto A₀ o indirettamente rilevando la distanza tra la cerniera B ed E.
- Un inclinometro a due assi solidale con il telaio della piattaforma di atterraggio.
- I.M.U. (Unità di misura inerziale) a 3 assi solidale al telaio della piattaforma di atterraggio.

- Sensore per la misurazione della carica della batteria

Tutti i segnali ricevuti dai sensori sopracitati devono essere memorizzati sul computer di bordo. Per la navigazione autonoma il rover verrà provvisto di un autopilota PixHawx posizionato all'interno del box frontale. All'interno dell'autopilota sono presenti i seguenti sensori:

- GPS
- Barometro
- Bussola
- Accelerometro
- Giroscopio
- Sensore di carica

I sensori eterocettivi misurano le grandezze esterne al rover che permettono di identificare l'ambiente in cui si sta operando. Di seguito si elencano i sensori eterocettivi e la loro relativa funzione:

- Lidar: Sensore laser in grado di scansionare l'ambiente. Il lidar ha un FOV orizzontale di 100° e di 3° in verticale con una frequenza di aggiornamento fino a 100 Hz. Il Lidar deve essere posizionato in modo che parti del rover stesso non ostruiscano la visuale (FOV).
- Stereocamera frontale: 2 webcam poste a distanza fissa una dall'altra sulla parte frontale del veicolo, con la funzione di vedere da remoto il terreno di fronte al rover e per valutare la distanza degli ostacoli posti di fronte al rover.
- 3 Webcam, laterali e posteriori: che permettono la visione da remoto dell'ambiente che circonda il rover.
- Webcam sul braccio robotico per vedere da remoto le operazioni del gripper.

Oltre a questi sensori, il progetto di dettaglio del layout elettrico deve prevedere una semplice aggiunta di eventuali ulteriori sensori analogici e digitali.

3. Oggetto dell'appalto – Caratteristiche tecniche

Costituisce oggetto del presente avviso l'attività di progettazione esecutiva, la costruzione dei particolari meccanici, l'acquisto della componentistica e l'assemblaggio di un rover per applicazioni agricole secondo quanto descritto nel paragrafo precedente.

Nello specifico, sono comprese le seguenti attività:

3.1. Progettazione esecutiva

3.1.1. Unità di locomozione anteriore

Progettazione esecutiva dell'unità di **locomozione anteriore**, a partire dai parametri di progetto indicati nelle figure 8 e 10 e tabella 1 comprensivo di:

- 3.1.1.1. Scelta dei motoriduttori MTFL e MTR con i dati riportati in tabella 5

n2: Velocità out [min^{-1}]	M2: Coppia out [Nm]	P2: Potenza out [W]
$200 \cdot \tau$	$(26)/\tau$	250

Tabella 5

Dove τ è il rapporto definito da: $\tau = z2/z1$, con $z2$ numero di denti del pignone condotto e $z1$ numero dei denti del pignone motrice

- 3.1.1.2. Scelta di 2 driver per i rispettivi motoriduttori MTFL e MTR
- 3.1.1.3. Scelta di 2 encoder incrementali per misurare la velocità di rotazione dell'albero motore
- 3.1.1.4. Scelta di 4 ruote con raggio specificato in figura 10. Le ruote devono avere un battistrada largo almeno 40 mm e un'adeguata tassellatura per terreni sterrati.
- 3.1.1.5. Sistema di trasmissione a catena
- 3.1.1.6. Cerniera CFR e CFL che connettono le unità di locomozione anteriore al box frontale

3.1.2. Box frontale

Progettazione esecutiva del **box frontale**, a partire dai parametri di progetto indicati in figura 11 comprensivo di:

- 3.1.2.1. Telaio del box frontale
- 3.1.2.2. Giunto CV dotato di un meccanismo per sganciare in modo rapido il box frontale dal sottotelaio posteriore
- 3.1.2.3. Scelta di un Encoder assoluto per misurare l'angolo θ

3.1.3. Meccanismo di posizionamento

Progettazione esecutiva del **meccanismo di posizionamento** a partire dai parametri di progetto indicati nelle figure 12-13-14 e tabella 2 comprensivo di:

- 3.1.3.1. Telaio F-A₀-E
- 3.1.3.2. Scelta del motoriduttore MB, dotato di freno per garantire l'irreversibilità del moto, con le caratteristiche riportate in tabella 5. I valori di coppia necessaria sono stati ottenuti considerando un rendimento del sistema di azionamento pari a 0,46, ovvero un coefficiente di attrito a secco tra vite (in acciaio Inox) e madrevite (in acciaio Inox) pari a 0,1. La velocità di rotazione della vite, imposta dal motoriduttore MB, è stata ricavata considerando una velocità di avanzamento della madrevite di 50 mm/s e l'utilizzo di una vite trapezia di diametro 12 mm, ad un principio, con passo di 3 mm. Si potrebbe migliorare il rendimento della trasmissione utilizzando un accoppiamento vite in acciaio inox e madrevite in acciaio inox con boccola in materiale plastico integrata. Tale scelta implicherebbe un aumento del diametro della vite da 12 mm a 16 mm ed il ricalcolo della velocità di rotazione e della coppia richieste al motoriduttore.

n2: Velocità out [min ⁻¹]	M2: Coppia out [Nm]	P2: Potenza out [W]
1000	1	150

Tabella 6

- 3.1.3.3. Scelta di un driver per il motoriduttore MB
- 3.1.3.4. Scelta di un encoder assoluto per misurare la rotazione α del meccanismo di posizionamento, od in alternativa la traslazione della madrevite.
- 3.1.3.5. Scelta del sistema vite-madrevite
- 3.1.3.6. Scelta delle soluzioni costruttive per le cerniere B ed A0
- 3.1.3.7. Scelta della soluzione costruttiva per la cerniera F

3.1.4. Unità di locomozione posteriore

Progettazione esecutiva dell'unità di **locomozione posteriore**, a partire dai parametri di progetto indicati in figura 9 e 10 e tabella 1 e comprensivo di:

- 3.1.4.1. Scelta dei motoriduttori MTBL e MTBR con i dati riportati in tabella 6

n2: Velocità out [min ⁻¹]	M2: Coppia out [Nm]	P2: Potenza out [W]
200* τ	(10)/ τ	100

Tabella 7

Dove τ è il rapporto definito da: $\tau = z2/z1$, con $z2$ numero di denti del pignone condotto e $z1$ numero dei denti del pignone motrice

- 3.1.4.2. Scelta di 2 driver per i rispettivi motoriduttori MTBL e MTBR
- 3.1.4.3. Scelta di 2 encoder incrementali per misurare la velocità di rotazione dell'albero motore
- 3.1.4.4. Utilizzo di 4 ruote identiche a quelle scelta per le unità di locomozione frontali.
- 3.1.4.5. Sistema di trasmissione a catena, con pignone su motoriduttore dotato di ruotalibera.

- 3.1.4.6. Assale posteriore con connessione alla cerniera F del meccanismo di posizionamento
- 3.1.4.7. Cerniere CBR e CBL che connettono le unità di locomozione posteriore all'assale

3.1.5. Sottotelaio posteriore

Progettazione esecutiva del **sottotelaio posteriore**, a partire dai parametri di progetto indicati nelle figure 17 e 18 e in tabella 4 comprensivo di:

- 3.1.5.1. Connessione con le cerniere A0, B, D e CV
- 3.1.5.2. Cerniere R ed R'
- 3.1.5.3. Progettazione di un ulteriore punto di ancoraggio fisso della base del braccio robotico sull'estremità anteriore del sottotelaio, come connessione in alternativa all'uso del braccio di sostegno

3.1.6. Sostegno mobile

Progettazione esecutiva del **sostegno mobile** a partire dai parametri di progetto indicati in figura 15 e tabella 3 e comprensivo di

- 3.1.6.1. Scelta del motoriduttore MD con relativo freno. Il motoriduttore deve garantire la rotazione del sostegno mobile con il braccio robotico del peso di 5 kg e un payload aggiuntivo pari a 2 kg in condizioni di un angolo di beccheggio di 10° e di una velocità di rotazione minima di 5 r.p.m. Il freno deve mantenere la posizione del braccio robotico del peso di 5 kg e un payload aggiuntivo di 2 kg in condizioni di un angolo di beccheggio pari a 40°.
 - 3.1.6.2. Scelta di un driver per il motoriduttore MD
 - 3.1.6.3. Scelta di un encoder assoluto per misurare l'angolo ϕ
- Progetto strutturale del braccio, dotato di piastra per il sostegno del braccio robotico Kinova Jaco2, le cui caratteristiche geometriche saranno definite in accordo con il committente.

3.1.7. Telaio della piattaforma di atterraggio

Progettazione esecutiva del **telaio della piattaforma di atterraggio** a partire dai parametri di progetto indicati in figura 16 e dalle dimensioni del pannello fotovoltaico specificate in figura (In attesa delle dimensioni definitive si considerino: larghezza 1m, lunghezza 2 m e peso 2 kg) e comprensivo di:

- 3.1.7.1. Scelta del motoriduttore MR che permetta di ruotare il telaio della piattaforma di atterraggio con il pannello fotovoltaico del peso di 2 kg e di un ulteriore payload del peso di 2 kg posto sulla piattaforma di atterraggio in posizione laterale con una velocità di rotazione minima di 10 °/s, dotato di freno di stazionamento.
In alternativa è possibile in fase di progetto proporre un diverso meccanismo attuato per il controllo del rollio della piattaforma di atterraggio, sempre nel rispetto delle specifiche sopraelencate.
- 3.1.7.2. Scelta del driver per il motoriduttore MR
- 3.1.7.3. Scelta di un encoder assoluto per misurare l'angolo α_R

3.1.8. Layout elettrico

Progettazione esecutiva del layout elettrico/elettronico a partire dallo schema funzionale di massima mostrato in figura 19

- 3.1.8.1. Dimensionamento dei cavi di interconnessione e connettori per permettere uno sgancio rapido del sottotelaio posteriore dal box frontale. Tutti i connettori sono da intendersi waterproof con indice di protezione IP67.
- 3.1.8.2. Per le connessioni standard descritte in tabella 9 occorre prevedere un alloggiamento stagno in prossimità dello snodo.

Computer	Braccio	Camera	Sensori	Potenza
----------	---------	--------	---------	---------

4 x USB	1 x USB	1 x USB	1 x USB	Cavi Motore: 8 x 4 mm2
1 x Lan	1 x Lan			Cavi potenza: 2 x 30 mm2
1 x Hdmi				Cavi Pannello: 2 x 6 mm2

Tabella 9

- 3.1.8.3. Cablaggio atto a minimizzare peso e lunghezza dei cavi
- 3.1.8.4. Fissaggio dei dispositivi sul rover come specificato nello schema di figura 19
- 3.1.8.5. Connessione elettrica del braccio robotico con le specifiche riportate nell'allegato "Ultra-lightweight-robotic-arm_UserGuide_EN_Web_0"
- 3.1.8.6. Definizione del sistema di ricarica delle batterie, e disposizione di connettori per tale scopo, interruttori ed indicatori di carica.
- 3.1.8.7. Definizione di un sistema per la rapida e semplice sostituzione delle batterie, eseguibile anche durante missioni del rover prolungate senza difficoltà di accesso al vano di contenimento e con connettori dedicati
- 3.1.8.8. Definizione dei sistemi per l'arresto in condizioni di emergenza, con pulsanti evidenti ed accessibili

3.2. Messa in tavola dei disegni esecutivi

3.3. Verifica strutturale

La verifica strutturale dei seguenti componenti:

- Bilanciere
- Cerniere CFR, CFL, CBR, CBL, B e G
- Giunto CV e F
- Telaio F-A0-E
- Assale posteriore
- Sottotelaio posteriore
- Sostegno mobile

3.4. Studio del design

3.5. Costruzione particolari meccanici

La costruzione dei particolari meccanici oggetto della progettazione esecutiva descritta dai punti dal 3.1.1. al 3.1.7.

3.6. Acquisto

Acquisto della seguente componentistica meccanica ed elettronica

3.6.1. Motori

Acquisto dei 7 motoriduttori descritti ai punti 3.1.1.1, 3.1.3.2, 3.1.4.1, 3.1.6.1 e 3.1.7.1

3.6.2. Driver

Acquisto dei 7 driver descritti ai punti 3.1.1.2, 3.1.3.3, 3.1.4.2, 3.1.6.2 e 3.1.7.2

3.6.3. Encoder

Acquisto degli 8 encoder descritti ai punti 3.1.1.3, 3.1.2.3., 3.1.3.4, 3.1.4.3, 3.1.6.3 e 3.1.7.3

3.6.4. Componentistica meccanica

Acquisto della seguente componentistica meccanica:

- 8 ruote descritte ai punti
- 4 sistemi a catena per la trasmissione del moto dai motoriduttori di trazione alle ruote descritti nei punti

- Un sistema vite-madrevite descritto al punto
- Tutta la componentistica meccanica necessaria alla realizzazione del prototipo (minuteria, bulloneria, profilati, tubolari, boccole, ecc....)

3.6.5. Componentistica elettrica ed elettronica

Acquisto di tutta la componentistica elettrica ed elettronica come specificato in tabella 10

Oggetto	Quantità	Marca	Modello	Tipologia
Radiomodem	2	Microhard	PicoDDL	Freq. 2.4 Ghz
Radiocomando	1	Spektrum	DX9	Freq. 2.4 Ghz
Ricevente	1	Spektrum	AR9030T	9 canali
Kit autopilota	1	Pixhawk2.1	The Cube"	
Microccontrollore	1	Arduino	Mega 2560	
Lidar	1	LeddarTech	LeddarVu 8-Segment	Solid-State
Embedded computer	1	ADLINK	AmiTX-SL-G	
Batteria	1	Bioenno Power	BLF-2440A	LiFePo
Indicatore di carica	1			
Pannello fotovoltaico	3	GiocoSolutions/ Solbian		
Regolatore di carica	3	GiocoSolutions/ Solbian		
Tasto ON-OFF	1			
Pulsante di emergenza	q.b.			
Webcam	4	Logitech	c922	
Inclinometro a 2 assi	1			
I.M.U.	1			3 assi
Connettore di potenza	1-2			impermeabile
Connettore ricarica batteria	1			
Connettore alimentazione da rete	1			

Tabella 10

3.7. Programmazione radiocomando

Programmazione del radiocomando di tabella 10 che permetta di controllare il rover in modalità manuale, in particolare deve:

- Controllare in velocità i due motoriduttori di trazione anteriori in maniera indipendente
- Controllare in posizione i motoriduttori MB, MD ed MR
- Controllare in coppia i due motoriduttori di trazione posteriore

3.8. Assemblaggio

Assemblaggio del rover sia dal punto di vista meccanico sia dal punto di vista elettrico come indicato nella progettazione esecutiva del paragrafo 3.1.

3.9. Consegna e collaudo

La consegna del prototipo, unitamente a tutta la documentazione di progetto (sia in formato cartaceo che elettronico), costituita dai CAD 3D del complessivo e di tutti i particolari, dai risultati dei calcoli di verifica strutturale, dall'elenco di tutti i componenti commerciali presenti, con relativi manuali e dati tecnici, dai progetti di tutta la parte elettrica/elettronica sia in modo funzionale (layout simbolico) sia con schemi che identificano la disposizione spaziale e geometrica di tutte le

parti, verrà effettuata presso il Dipartimento DIMEAS del Politecnico di Torino. A consegna avvenuta, verrà effettuata la fase di collaudo descritta al paragrafo 4.

4. Collaudo

La fornitura sarà sottoposta a collaudo funzionale da parte della ditta che effettuerà il lavoro. Le operazioni di collaudo saranno effettuate in contraddittorio con un incaricato rappresentante del Politecnico di Torino, con cui si dovrà concordare la data, con anticipo di almeno 5 giorni.

L'operazione di collaudo avrà lo scopo di verificare o effettuare:

4.1. Caratteristiche generali del rover

4.1.1. Il soddisfacimento dei requisiti di ingombro specificati in figura 2 $\pm 10\%$,

4.1.2. Il soddisfacimento dei requisiti di massa inferiore ai 100 kg

4.1.3. Il soddisfacimento dei requisiti di campo di mobilità dei gradi di libertà descritti nel paragrafo 1 e la verifica di eventuali interferenze e la presenza delle battute e fine corsa necessari

4.2. Test di controllo manuale del rover attraverso l'utilizzo del radiocomando e verifica funzionamento dei sensori propriocettivi.

In particolare verranno valutate le seguenti capacità:

4.2.1. Valutazione delle prestazioni di avanzamento del rover

4.2.1.1. Velocità su terreno pianeggiante con fondo asfaltato pari ad almeno 4 m/s impiegando solamente i motori anteriori controllati in velocità

4.2.1.2. Capacità di salire una strada asfaltata con pendenza del 25%

4.2.1.3. Prova destrezza controllo traiettoria e verifica di funzionamento dell'encoder posizionato sul giunto C_v per misurare l'angolo di imbardata

4.2.1.4. Verifica di funzionamento dei motori di trazione posteriori controllati in coppia

4.2.1.5. Verifica di funzionamento degli Encoder posti sui 4 motori di trazione (due anteriori e due posteriori)

4.2.2. Funzionalità meccanica del meccanismo di posizionamento

4.2.2.1. Requisiti del campo di lavoro come specificato nelle figure 12, 13 e 14

4.2.2.2. Capacità del sistema di attuazione MB eseguire il movimento di beccheggio

4.2.2.3. Correlazione rotazione vite-madrevite e angolo di beccheggio rilevate dal relativo encoder e inclinometro a due assi solidale alla piattaforma di atterraggio

4.2.3. Funzionalità meccanica del sostegno mobile

4.2.3.1. Requisiti del campo di lavoro come specificato in figura 15

4.2.3.2. Capacità del sistema di attuazione MD di movimentare il sostegno mobile e di frenarlo nella condizione descritte al punto 6.1

4.2.3.3. Funzionalità del relativo encoder

4.2.4. Funzionalità meccanica del telaio della piattaforma di atterraggio

4.2.4.1. Requisiti del campo di lavoro come specificato in figura 16

4.2.4.2. Capacità del sistema di attuazione MR di movimentare la piattaforma di atterraggio con un payload pari a 2 kg

4.2.4.3. Funzionalità del relativo encoder

4.3. Test di verifica del sistema fotovoltaico

4.3.1. Test di carica con parziale ombreggiamento

4.3.2. Valutazione del tempo di ricarica della batteria tramite sistema fotovoltaico, in condizioni di buon irraggiamento dei pannelli

4.3.3. Valutazione del tempo di ricarica della batteria tramite sistema di ricarica collegato alla rete elettrica

4.4. Test di funzionamento elettrico/elettronico

- 4.4.1. Test di funzionamento di tutti i componenti elencati in tabella 8.
- 4.4.2. Verifica interconnessioni e funzionamento dei dispositivi
- 4.4.3. Lettura e calibrazione di tutti i sensori presenti sul rover

4.5. Test di funzionamento del braccio robotico

- 4.5.1. Test di funzionamento del braccio, orientato alla verifica della corretta alimentazione, e del corretto cablaggio.

4.6. Test di sicurezza

- 4.6.1. Verifica di funzionamento dei pulsanti di emergenza posti a bordo del rover e sul radiocomando e dei sistemi anticollisione

Al termine delle operazioni di collaudo l'incaricato rappresentante del Politecnico di Torino redigerà una relazione. Nel caso in cui le caratteristiche del prototipo non fossero rispondenti alle specifiche offerte in sede di gara o non superassero le prove funzionali e diagnostiche, verranno concessi 10 giorni alla ditta aggiudicataria per effettuare le modifiche/correzioni necessarie a rendere il prototipo rispondente alle specifiche richieste. Qualora il prototipo, entro i sopracitati 10 gg non superasse, in tutto o in parte, il nuovo collaudo, il Politecnico di Torino potrà esercitare la facoltà di:

- Richiedere all'appaltatore la sostituzione delle parti/dispositivi/componenti/motori non rispondenti ai requisiti, con spese e oneri correlati a carico dell'appaltatore stesso, e ripetere un ulteriore collaudo;
- Risolvere il contratto. In tal caso il Politecnico di Torino potrà affidare la fornitura al concorrente secondo classificato nella trattativa e addebitare l'incremento di spesa all'appaltatore inadempiente.

5. Luogo e tempi di consegna

La consegna del prototipo dovrà avvenire entro tre mesi naturali dalla stipula contrattuale presso la sede di C.so Duca degli Abruzzi, previo accordo telefonico ed email con il prof. Giuseppe Quaglia (0110906925, giuseppe.quaglia@polito.it)

La fornitura dovrà essere completata secondo i seguenti stati di avanzamento:

- consegna progetto esecutivo: quarantacinque (45) giorni da data ordine;
- collaudo: tre (3) mesi da data ordine.

6. Penalità

Sono previste le seguenti penalità:

- per mancato rispetto dei singoli Stati di Avanzamento indicati al par. precedente: penale in ragione del 0,5 % dell'importo contrattuale per ogni settimana di ritardo.

7. Criterio di aggiudicazione ed elementi di valutazione premiale

L'aggiudicazione avverrà in base al criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, ai sensi dell'art. 95, comma 2 del D. Lgs. 50/2016.

Caratteristiche premiali		Prestazione richiesta e relativo criterio di valutazione applicabile)	Punteggio massimo attribuibile
EV 1		EV 1.1 - Realizzazione di prototipi di dispositivi	Fino a 20 pts

	Esperienza comprovata nella progettazione di prototipi di dispositivi meccatronici per attività di ricerca e sperimentazione	meccatronici interagenti con l'uomo. Criterio di valutazione: referenze contrattuali e/o progetti di ricerca attinenti.	
		EV 1.2 - Realizzazione di dispositivi meccatronici con elevato grado di automazione Criterio di valutazione: referenze contrattuali e/o progetti di ricerca attinenti.	Fino a 10 pti
		EV 1.3 - Progettazione di dispositivi o sistemi meccatronici in grado di ottimizzare il consumo energetico Criterio di valutazione: referenze contrattuali e/o progetti di ricerca attinenti.	Fino a 15 pti
EV 2	Disponibilità di progettista meccanico senior dislocato presso sede Politecnico di Torino durante le fasi di taratura, debug e messa in funzione del prototipo	EV 2.1 - 10 giorni	3 pti
		EV 2.2 - 20 giorni	6 pti
		EV 2.3 - 30 giorni	10 pti
EV 3	Estensione della garanzia	Estensione a 24 mesi della garanzia così come definita	10 pti
EV 4	Manutenzione	Disponibilità a svolgere (qualora la Stazione Appaltante avesse bisogno) eventuali attività di manutenzione presso la sede del Politecnico di Torino	5 pti

8. Valore dell'iniziativa e modalità di fatturazione

L'importo posto a base dell'affidamento è pari a euro **32.000,00 +IVA**.

Non sono previsti oneri per la sicurezza da interferenze non soggetti a ribasso.

Modalità di fatturazione:

Nelle fatture ed altri documenti fiscali emessi ai fini dell'ottenimento del pagamento, l'aggiudicatario è tenuto a riportare gli estremi del conto corrente dedicato, nonché il Codice Identificativo di Gara (CIG) che verrà comunicato all'operatore economico aggiudicatario, al momento dell'ordine.

Il RUP provvederà all'emissione di un certificato di pagamento per ogni milestone secondo la seguente rateizzazione:

- 30% a seguito di ordinativo della strumentazione del futuro rover;
- 30% a seguito della consegna del progetto esecutivo;
- 40% a seguito dell'esito positivo della verifica di regolare esecuzione.

In base al combinato disposto dell'art. 1, comma 209 della L. 244/2007, dell'art. 6, comma 3 del Decreto MEF 55/2013 e dell'art. 25, comma 1 del D.L. 66/2014, a decorrere dal 31.03.2015 la fatturazione nei confronti del Politecnico di Torino dovrà essere effettuata esclusivamente in formato elettronico e soggetta a split payment, secondo le modalità previste dal Sistema di Interscambio appositamente realizzato dall'Agenzia delle Entrate e da SOGEI: tutte le informazioni necessarie per operare secondo le nuove modalità sono disponibili all'indirizzo internet www.fatturapa.gov.it.

Il Codice Identificativo Univoco dell'Ufficio, indispensabile per la trasmissione delle fatture elettroniche attraverso il predetto Sistema di Interscambio, è il seguente: **LDUOKT**.

Il pagamento delle fatture sarà effettuato mediante bonifico bancario a 30 giorni data ricevimento fattura, fatte salve le tempistiche necessarie per le verifiche di regolarità contributiva e fiscale previste dalla vigente normativa.

L'Ateneo non potrà essere ritenuto responsabile per pagamenti effettuati oltre il termine nel caso in cui le fatture non riportino quanto indicato nel capoverso precedente.

9. Requisiti di partecipazione

L'operatore economico interessato dovrà essere in possesso dei seguenti requisiti:

- Requisiti di ordine generale di cui all'art.80 del D.Lgs. 50/2016;
- Idoneità professionale: iscrizione alla Camera di Commercio per attività coerente con quella oggetto di affidamento.

10. Termini e modalità di presentazione delle offerte

L'istanza e le offerte dovranno pervenire in un plico sigillato, entro e non oltre le ore 15,00 del giorno 16/01/2019, al seguente indirizzo:

Politecnico di Torino
Ufficio Protocollo – Rettorato I Piano
C.so Duca degli Abruzzi, 24
10129 Torino

Tale plico dovrà contenere quanto previsto dal successivo paragrafo 11, e riportare all'esterno la denominazione, l'indirizzo del mittente e la seguente dicitura:

*OFFERTA TECNICO ECONOMICA PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA,
REALIZZAZIONE DEI PARTICOLARI MECCANICI, ACQUISTO
COMPONENTISTICA E ASSEMBLAGGIO DI UN ROVER PER USO IN AMBITO
AGRICOLO.*

I plichi devono pervenire, a scelta del concorrente, per mezzo del servizio postale o tramite agenzia di recapito autorizzata, ovvero brevi mano.

La consegna dei plichi è ammessa esclusivamente presso l'Ufficio Protocollo del Politecnico di Torino, che rilascerà apposita ricevuta, dal lunedì al giovedì dalle ore 9,00 alle ore 16,00, e il venerdì dalle ore 9,00 alle ore 12,00.

Si informa che, causa festività natalizie, non sarà possibile consegnare i plichi nei seguenti giorni: 24/12, 31/12, 02/01, 03/01 e 04/01.

Il tempestivo recapito del plico presso l'Ufficio Protocollo del Politecnico di Torino rimane a totale rischio del mittente, restando esclusa ogni responsabilità dell'Amministrazione nel caso in cui il plico stesso, per qualsiasi motivo, non pervenga entro il termine previsto all'indirizzo su indicato.

I plichi pervenuti oltre il termine di scadenza non verranno aperti. Ai fini del rispetto del termine perentorio di cui sopra non farà alcuna fede la data apposta dall'ufficio postale accettante.

Nessun rimborso spetterà ai partecipanti per eventuali spese di partecipazione alla presente richiesta di offerta.

Si precisa che la portineria del Politecnico di Torino non è autorizzata a ritirare i plichi contenenti documentazione di gara.

11. Contenuto dell'offerta

Il plico di cui al precedente paragrafo 10 dovrà contenere al suo interno due buste, opportunamente sigillate, recanti all'esterno la denominazione e l'indirizzo del mittente, nonché, rispettivamente, le seguenti diciture: "A – Offerta tecnica" e "B- Offerta economica".

A-Offerta tecnica:

L'operatore economico dovrà produrre una relazione tecnica:

- diretta ad indicare gli elementi tecnici offerti nell'ambito dell'offerta economicamente più vantaggiosa, contrassegnati dall'identificativo da EV.1 a EV.4 (e i relativi sotto elementi) nella tabella riportata al par.7 del presente avviso.

La documentazione tecnica prodotta NON deve riportare, a pena di esclusione, alcuna indicazione o riferimento al contenuto dell'offerta economica.

B-Offerta economica:

Modulo di offerta economica predisposto dalla stazione appaltante, riportante (in cifre ed in lettere) la percentuale di ribasso offerta rispetto all'importo posto a base della richiesta di offerta.

12. Richieste di chiarimenti

Per eventuali chiarimenti o per ulteriori informazioni tecniche necessarie, gli operatori economici potranno inviare richieste all'indirizzo mail procurement.tecnici@polito.it **entro e non oltre le ore 15.00 del 9 Gennaio 2019.**

13. Ripartizione tecnico-economica e metodo di formazione della graduatoria

L'appalto di cui al presente avviso sarà aggiudicato secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, ai sensi dell'art. 95 del D. Lgs. 50/2016, individuata sulla base del miglior rapporto qualità/prezzo nonché dei punteggi e dei parametri sotto indicati:

PUNTEGGIO MAX	
Valutazione Tecnica	70/100
Valutazione Economica	30/100

La graduatoria della gara sarà stilata utilizzando il metodo aggregativo-compensatore, mediante la seguente formula:

$$C_i = W_t * V_t(i) + W_e * V_e(i)$$

dove:

C_i = punteggio totale di valutazione dell'offerta del concorrente i -esimo;

W_t = punteggio massimo attribuibile all'elemento tecnico

$V_t(i)$ = coefficiente di valutazione dell'elemento tecnico dell'offerta del concorrente i -esimo

W_e = punteggio massimo attribuibile all'elemento economico;

$V_e(i)$ = coefficiente di valutazione dell'elemento economico dell'offerta del concorrente i -esimo

14. Valutazione offerta tecnica

La valutazione dell'offerta tecnica verrà effettuata, con riferimento agli elementi di valutazione EV1 e i suoi sotto elementi indicati nella tabella di cui al precedente par. 7, utilizzando il metodo del confronto a coppie; in particolare:

- per ogni sub-elemento di valutazione p -esimo, ogni commissario esaminerà ognuna delle offerte presentate effettuando un confronto tra tutte le possibili coppie di offerte;
- per ogni sub-elemento di valutazione, i risultati delle comparazioni saranno riportati, quindi, in una matrice quadrata costituita da tante caselle quante sono le possibili combinazioni tra tutte le singole offerte considerate due a due. In ogni casella sarà riportato il grado di preferenza espresso dal singolo Commissario, conferito sulla base della seguente scala semantica:
 - 1 = parità
 - 2 = preferenza minima
 - 3 = preferenza piccola
 - 4 = preferenza media
 - 5 = preferenza grande
 - 6 = preferenza massima
- La matrice dei confronti è di tipo quadrata (n . righe= n . colonne) e si compone di un numero di righe (e quindi colonne) pari al numero delle offerte da valutare.
- Le matrici saranno così costruite: nella diagonale principale sarà riportato il valore unitario in quanto rappresenta il confronto dell'elemento dell'offerente i -esimo con se stesso (parità). In corrispondenza della riga i -esima con la colonna j -esima, si riporterà il punteggio Z_i (da 1 a 6) se la preferenza è stata accordata all'offerente i -esimo ovvero l'inverso di detto punteggio se la preferenza è stata accordata all'offerente j -esimo. In corrispondenza della riga j -esima e della colonna i -esima verrà riportato il punteggio inverso ($1/Z_i$).
- Ognuno dei 3 (tre) commissari definirà, sulla base delle proprie valutazioni, una matrice dei confronti.
- terminate le valutazioni, da ogni matrice quadrata verrà estratto – per ogni operatore economico concorrente - il coefficiente tecnico provvisorio di valutazione (K_{tpi}), variabile tra 0 ed 1, ottenuto utilizzando il criterio fondato sul calcolo dell'autovettore principale della matrice quadrata, attraverso il metodo approssimato illustrato nel Quaderno dell'AVCP "Il criterio di aggiudicazione dell'offerta economicamente più vantaggiosa" (consultabile nel sito dell'ANAC al seguente indirizzo

<https://www.anticorruzione.it/portal/rest/jcr/repository/collaboration/Digital%20Assets/PDF/Quad.07.12.11.pdf>).

- Si procederà successivamente, per ogni operatore economico concorrente, a calcolare la media dei coefficienti di valutazione estratti per ogni commissario.
- Le medie così calcolate verranno trasformate nel coefficiente tecnico definitivo del sub-elemento di valutazione per il concorrente i-esimo (K_{tdi}), variabile tra 0 ed 1, attribuendo il valore 1 alla media più elevata e calcolando per interpolazione lineare i valori relativi alle altre medie.
- il punteggio attribuito al concorrente i-esimo con riferimento al sub-elemento di valutazione verrà calcolato moltiplicando il coefficiente K_{tdi} per il punteggio massimo attribuibile al sub-elemento stesso.

A seguito della valutazione dei singoli elementi tecnici premiali, il punteggio tecnico provvisorio ottenuto da ogni operatore economico concorrente, risultante dalla somma dei punteggi attribuiti ai singoli elementi o sub-elementi tecnici premiali, verrà trasformato nel coefficiente di valutazione dell'offerta tecnica, variabile tra 0 e 1, mediante l'operazione di riparametrazione sintetizzata nella seguente formula:

$$V_{ti} = P_{tpi} / P_{tp \text{ MAX}};$$

dove:

V_{ti} = punteggio definitivo relativo all'elemento tecnico dell'offerta del concorrente i-esimo;

P_{tpi} = punteggio provvisorio relativo all'elemento tecnico dell'offerta del concorrente i-esimo;

$P_{tp \text{ MAX}}$ = punteggio provvisorio più alto ottenuto dagli operatori economici concorrenti con riferimento all'elemento tecnico dell'offerta.

Il punteggio tecnico definitivo attribuito all'offerta del concorrente i-esimo verrà calcolato moltiplicando il coefficiente di valutazione dell'offerta tecnica per il punteggio massimo attribuibile all'elemento tecnico.

15.Valutazione offerta economica

Il coefficiente di valutazione dell'offerta economica del concorrente i-esimo, variabile tra 0 e 1, sarà calcolato sulla base della seguente formula:

$$V_{ei} = R_i / R_{MAX}$$

dove:

V_{ei} = indice di valutazione dell'offerta economica del concorrente i-esimo;

R_i = ribasso percentuale offerto dal concorrente i-esimo;

R_{MAX} = ribasso percentuale più alto tra quelli offerti dagli operatori economici concorrenti.

Il punteggio economico attribuito all'offerta del concorrente i-esimo verrà calcolato moltiplicando il coefficiente di valutazione dell'offerta economica per il punteggio massimo attribuibile all'elemento economico.

16.Procedura di esame delle offerte

Scaduto il termine previsto per la presentazione delle offerte, la Stazione Appaltante procederà a verificare nell'ordine:

- la verifica della regolarità e della completezza della documentazione tecnica presentata dagli operatori economici;
- la valutazione dell'offerta tecnica con l'attribuzione dei punteggi, sulla base degli elementi di valutazione riportati al par. 7;
- la regolare formulazione e l'ammontare dell'offerta economica.

Fatta salva la necessità di sospendere la seduta per richiedere agli operatori economici chiarimenti, la seduta terminerà con l'individuazione dell'aggiudicatario provvisorio.

17. Responsabile del procedimento

Il Responsabile del Procedimento ai sensi dell'art. 31 del D. Lgs. 50/2016 è stato individuato nell'ing. Fabio Agostino.