



COSMOCHILL

Critical Design Review Document

Data: 7 Aprile 2023

RESPONSABILI STESURA DOCUMENTO:

Leonardo Rossoni, Leonardo Matteo Bolognese,
Fabio Vito Spadaro, Matteo Furlato, Emanuele Arici

CANSAT Italia 
Critical Design Review Document
Team COSMOCHILL

This Document Was Redacted By CosmoChill Team

Other information regarding development and mission status are available at:

<https://www.cosmochill.space>

Indice

1	Descrizione generale del progetto	3
1.1	Membri e suddivisione del lavoro	3
1.2	Obiettivi di missione	5
1.3	Divulgazione	5
2	Missione secondaria	8
2.1	Cambiamento di obiettivo	8
2.2	Cosa sono i VOC	8
2.3	Perchè rilevarle	8
2.4	Risultati attesi	9
3	Stato dello sviluppo del CanSat	11
3.1	Check e soluzioni adottate per rispettare requisiti tecnici	11
3.2	Soluzioni Hardware e di telecomunicazione	13
3.3	Soluzioni Software	18
3.4	Soluzioni Recovery	20
4	Panoramica sulle operazioni di missione	24
4.1	Operazioni pre-lancio	24
4.2	Operazioni sulla fase di missione	24
4.3	Operazioni post-lancio: analisi dei dati di missione	25
5	Budget di missione	26
5.1	Budget modello CanSat	26
5.2	Progetti di sponsorship	27

1 Descrizione generale del progetto

1.1 Membri e suddivisione del lavoro



Leonardo Rossoni:

- Team Leader
- Architetto di sistemi e hardware spaziali



Leonardo Matteo Bolognese:

- Sviluppatore software per l'ambiente chimico e spaziale



Fabio Vito Spadaro:

- Specialista delle operazioni di recupero e di finanza



Matteo Furalto:

- Esperto di chimica atmosferica ed ambientale



Emanuele Arici:

- Esperto di chimica atmosferica ed ambientale

1.2 Obiettivi di missione

1.2.1 Obiettivi primari

- Rilevazioni dei valori di pressione atmosferica e temperatura dell'aria durante l'intera discesa del dispositivo.
- Trasmissione di questi dati almeno una volta per secondo alla stazione di terra attraverso telecomunicazione radio.
- Rientro a terra del dispositivo attraverso il paracadute.
- Recupero del dispositivo contenente tutti i dati necessari all'elaborazione della relazione finale.
- Percezione dei valori di Composti Organici Volatili (VOC) in atmosfera durante l'intera discesa, per poi determinare la qualità dell'aria alle varie altitudini.

1.2.2 Obiettivi secondari

- Essere in grado di confrontare i dati ottenuti dal sistema di rilevazione per le VOC con quelli ottenuti in ambienti inquinati simulati in laboratorio.
- Essere in grado di riconoscere che tipo di molecole inquinano l'atmosfera dove è avvenuto il lancio, attraverso i dati ottenuti in laboratorio in combinazione con software di Intelligenza Artificiale.
- Il dispositivo CanSat, dopo il primo recupero, deve essere in condizioni tali da poter sostenere un nuovo lancio in breve tempo.

1.3 Divulgazione

1.3.1 Sito Web

La pagina web ha un ruolo fondamentale nel nostro progetto CanSat, principalmente per quanto riguarda la visibilità: il sito ci consente di presentare il nostro lavoro in modo dettagliato e accessibile, fornendo informazioni sulle finalità, gli obiettivi e le caratteristiche tecniche del dispositivo ad un pubblico ampio ed eterogeneo. Ci permette di creare una presenza online che ci aiuterà a promuovere il nostro lavoro e a connetterci con studenti e altri appassionati di tecnologia e

Che cos'è un Cansat

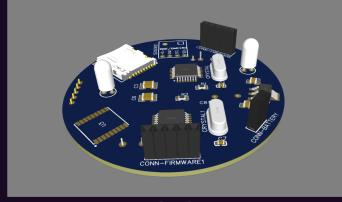
CanSat è un'iniziativa che sfida gli studenti a realizzare un **mini satellite** delle dimensioni di una lattina. L'obiettivo è quello di adattare tutti i principali sottosistemi presenti in un satellite, come alimentazione, sensori e un sistema di comunicazione, nel volume e nella forma di una lattina di bibite. Gli studenti avranno l'opportunità di lanciare i loro CanSat fino a **1 km di altitudine**. Effettueranno un esperimento scientifico e/o una dimostrazione tecnologica, e analizzeranno i dati raccolti. La partecipazione è aperta a giovani dai 14 ai 19 anni, in gruppi composti da un minimo di 4 e un massimo di 6 studenti.

Missione primaria

Il team dovrà costruire un CanSat e programmarlo affinché completi la missione primaria obbligatoria:

- Misurare i seguenti parametri
 - la **temperatura dell'aria**
 - la **pressione atmosferica**
- dopo il rilascio e durante la discesa e inviarli alla stazione di terra almeno una volta al secondo.

Nella fase post volo, la squadra dovrà essere in grado di **analizzare i dati ottenuti** (ad esempio calcolare la latitudine) e tradurli in **grafici** (ad esempio, grafico dell'altitudine rispetto al tempo e grafico della temperatura rispetto all'altitudine)



Missioni secondarie

Il team si è fin da subito concentrato sullo studio di **sostanze inquinanti** presenti in atmosfera e che potrebbero comportare gravi danni per la salute delle persone. La nostra attenzione è ricaduta su una classe di componenti denominati VOC, o **Complessi Organici Volatili**. Queste sono sostanze che vengono rilasciate nell'aria e quindi per lo più invisibili, alcune anche inodori. Non si vedono, non si percepiscono, ma **si respirano**. Le VOC possono essere cause di una vasta gamma di effetti che vanno dal disagio sensoriale fino a gravi alterazioni dello stato di salute; ad alte concentrazioni negli ambienti interni, possono causare effetti a carico di numerosi organi o apparati, in particolare a carico del sistema nervoso centrale. La loro presenza in atmosfera è in continuo aumento ed il nostro obiettivo è quello di **mapparli** nel modo più preciso possibile.

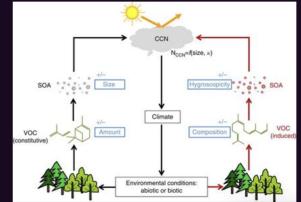


Immagine 1: La pagina Home del sito

spazio. In questo modo, potremmo attirare l'attenzione di potenziali sponsorizzazioni o collaborazioni.

La pubblicazione è avvenuta il 19 febbraio e da quel momento è in continuo sviluppo. È stata aggiunta recentemente la pagina “Send Your Name”, ispirata all'iniziativa NASA. Nella pagina in questione è presente un form, nel quale si può scrivere il proprio nome e “inviarlo” sul nostro dispositivo. Infatti abbiamo intenzione di scrivere i nomi inviati sul paracadute, in modo che ognuno possa partecipare al lancio. Ci sembrava un ottimo modo per far sì che tutta la comunità, quella scolastica in particolare, si avvicini al settore ingegneristico-spaziale.

Entro fine aprile abbiamo in programma di ampliare il sito con la pagina del modello 3D del nostro CanSat, nella quale si potrà esplorare una versione digitale del satellite.

1.3.2 Pagina Social

Per promuovere la nostra missione, abbiamo deciso di creare una pagina Instagram ([@cosmochill](#)) dedicata al nostro progetto CanSat. La scelta di Instagram come canale di comunicazione è stata determinata principalmente dal fatto che tra i giovani è il social network più popolare. Grazie alla nostra pagina, siamo in grado di tenere aggiornati i nostri followers sui progressi del nostro progetto, mostrando immagini e video del dispositivo durante la fase di assemblaggio e dei test che eseguiamo. Inoltre, attraverso i social network, invitiamo le persone a partecipare alle nostre conferenze e ad altre iniziative, come la campagna Send Your Name.

1.3.3 Divulgazione alla comunità scolastica

Come previsto dai criteri di valutazione, la divulgazione dell'iniziativa CanSat e del lavoro personale dei team è parte fondamentale della campagna di lancio. Per questo motivo, dopo aver provveduto alla pubblicazione del sito e alla creazione della pagina social, il team si è impegnato nella realizzazione di conferenze mirate alla comunità scolastica. Il loro obiettivo, era quello di illustrare il progetto in maniera chiara ed esaustiva, senza però ricadere nel tecnico e spegnere l'entusiasmo dei ragazzi e ragazze che partecipavano al seminario. Grazie alla disponibilità del liceo, abbiamo avuto la possibilità di utilizzare l'auditorium, dove abbiamo ospitato più di 100 persone tra studenti e professori.



Immagine 2: Partecipanti alla conferenza in auditorium

1.3.4 Divulgazione scientifica

Inoltre, sempre per un fattore di divulgazione, il reparto di ricerca scientifica si sta ora impegnando nella stipulazione di documenti contenenti l'intera ricerca sui Composti Organici Volatili e la loro rilevanza.

2 Missione secondaria

2.1 Cambiamento di obiettivo

Inizialmente la nostra idea per la missione secondaria riguardava le molecole PFAS, o Sostanze Perfluoro Alchiliche. Essenzialmente, si trattano di inquinanti contenuti in detersivi, pesticidi e altri prodotti. Queste sostanze rimangono nell'ambiente per tanto tempo, evaporando da laghi e fiumi insieme all'acqua e ricadendo con la pioggia, ripetendo lo stesso ciclo, accumulandosi. Fin dalle prime ore di lavoro il team di ricerca ha riscontrato la bassa concentrazione di tali molecole, almeno in Italia, e la loro inerzia chimica. Quest'ultimo fattore crea notevoli difficoltà nella loro rilevazione, la quale sarebbe stata possibile solo tramite strumenti molto costosi. Abbiamo dunque scelto di sfruttare le nostre conoscenze, già acquisite tramite le ricerche sulle PFAS, ampliando il nostro interesse all'intera classe di VOC (volatile organic compounds). Tali composti sono assai più presenti in atmosfera e responsabili di un'ampia gamma di conseguenze, sia sulla nostra salute che sull'ambiente.

2.2 Cosa sono i VOC

I VOC (Volatile organic compounds) sono il macrogruppo di molecole che comprende tutte le sostanze volatili a bassa temperatura e di origine organica. Per essere classificata come tale il gas deve avere una pressione di vapore a temperatura ambiente (20°C) superiore ai 0.01 kPa; ovvero deve presentarsi in concentrazione superiore ai 100 ppm se un serbatoio di sostanza organica pura viene lasciata in contatto con l'aria. I Voc sono sostanze organiche per cui devono contenere atomi di carbonio, i legami e le altre molecole presenti nella molecola del gas ne determinano la tipologia della molecola. All'interni dei Voc possiamo distinguere dei principali gruppi di sostanze: idrocarburi alifatici, idrocarburi aromatici, idrocarburi alogenati, alcoli e fenoli, aldeidi, chetoni ed eteri.

2.3 Perchè rilevarle

2.3.1 Effetti sulla salute

I COV possono essere causa di una vasta gamma di effetti che vanno dal disagio sensoriale fino a gravi alterazioni dello stato di salute; ad alte concentrazioni negli ambienti interni, possono causare effetti a carico di numerosi organi o apparati, in particolare a carico del sistema nervoso centrale. Alcuni di essi sono riconosciuti cancerogeni per l'uomo o per l'animale. I VOC

possono provocare due tipologie di tossicità: tossicità di tipo acuto (a breve termine), che è il risultato di un'unica esposizione o di più esposizioni ripetute nell'arco di una giornata. Gli effetti comprendono mal di testa, nausea, irritazioni a occhi, gola e naso, vertigini e asma; tossicità di tipo cronico (a lungo termine), che è il risultato di un'esposizione duratura nel tempo. Gli effetti comprendono (a seconda del composto che li genera) danni al sistema nervoso centrale, ai reni o al fegato. Possono anche portare a complicazioni nel midollo osseo, con conseguente diminuzione nella produzione di globuli rossi e bianchi, per poi arrivare all'anemia.

2.3.2 Effetti sull'ambiente

Una delle conseguenze ambientali più importanti dovute all'accumulo di VOC è la comparsa di smog fotochimico, il quale è caratterizzato da un'anomala presenza di ozono in troposfera. Questo strato di atmosfera occupa i primi 15 km di altitudine e sarà la sede di operazione del nostro CanSat. Affinché si formi smog fotochimico è necessaria la presenza di NO_x e VOC. Questi ultimi vengono coinvolti nelle reazioni di formazione di radicali, utili per la trasformazione di NO in NO_2 , unico ossido di azoto con rilevanza tossicologica e fondamentale nella formazione dell'ozono. In condizioni normali le concentrazioni di O_3 in troposfera non variano, seppur questa molecola venga costantemente prodotta all'interno del ciclo fotostazionario. Le condizioni iniziali vengono infatti ristabilite, a meno che non avvengano processi che portino ad un'eccessiva formazione di NO_2 , come quello precedentemente descritto. Per ossidare il NO derivante da scarichi di automobili e centrali termoelettriche a NO_2 sono necessari dei radicali perossido liberi, ROO , provenienti dalle molecole di VOC. Il NO_2 che viene prodotto diventa quindi la "benzina" per la fotolisi dell'ozono, la quale inizia a produrre uno strato di O_3 dove non dovrebbe esserci. Si è inoltre calcolato che la sua presenza in troposfera amplifica del 16% l'effetto serra, e dunque il riscaldamento globale. Tecnologie come quella che stiamo sviluppando potranno essere usate in futuro per monitorare, ed in seguito rimuovere, le grandi quantità di VOC in atmosfera.

2.4 Risultati attesi

I sensori che utilizzeremo non verranno adoperati per ottenere dati ad elevatissima precisione. Ciò che cercheremo di ottenere è un insieme di indici OAQ (outdoor air quality), con cui saremo in grado di stabilire le altitudini maggiormente inquinate da VOC. I dati potranno essere analizzati ed interpretati a vari livelli e con diverse metodologie, per poi essere presentati sia analiticamente che graficamente, per una migliore comprensione e una divulgazione scientifica

più efficace. Le tecnologie e la componentistica applicata nel sistema di rilevazione delle VOC è spiegata in modo più approfondito nelle pagine successive.

3 Stato dello sviluppo del CanSat

3.1 Check e soluzioni adottate per rispettare requisiti tecnici

Regolamento	Progressi	Check
Tutti i componenti devono stare dentro una lattina (115mm di altezza per 66mm di diametro) ad eccezione del paracadute.	L'involucro del CanSat, realizzato in plastica leggera, resistente e flessibile, contiene l'intero sistema ed è delle dimensioni corrette, come stabilito da regolamento	
La massa deve essere compresa tra 300g e 350g	Il nostro dispositivo ha peso conforme come da regolamento.	
Sono strettamente proibiti esplosivi, detonatori e altri materiali pirotecnicici, infiammabili o pericolosi.	Il CanSat non contiene elementi di queste categorie.	
Il CanSat deve essere alimentato da una batteria e/o pannelli solari. Il sistema potrà rimanere acceso per 4 ore consecutive.	Il nostro satellite contiene un sistema di alimentazione a batteria che fornisce 2000mAh all'intero dispositivo, garantendo il funzionamento (dati i calcoli effettuati attraverso i consumi del CanSat in operazione) per il tempo richiesto.	
La batteria deve essere facilmente accessibile per ricambi o ricariche.	La batteria, una volta rimosso l'involucro esterno, è facilmente accessibile per ricambi e ricariche.	
Il CanSat deve avere un interruttore generale facilmente accessibile.	Il nostro dispositivo monta un doppio interruttore generale facilmente accessibile ai diversi livelli del satellite. Una volta attivato, questo rimuove l'alimentazione elettrica all'intera scheda del satellite, effettivamente separando la sezione della batteria da quella dei processori e sensori.	
È raccomandabile avere un sistema di localizzazione del CanSat per il suo recupero.	Il satellite monta due sistemi di localizzazione: un modulo GPS che trasmette le coordinate alla stazione di terra ed un cicalino per ritrovare il dispositivo una volta raggiunta l'area di atterraggio.	

Regolamento	Progressi	Check
Il CanSat dovrà possedere un sistema di recupero, come un paracadute, riutilizzabile dopo il lancio.	Il satellite è provvisto di un paracadute progettato e costruito dal team in Nylon40D, per garantire leggerezza e resistenza.	
Il collegamento del paracadute al CanSat deve sopportare forze fino a 50N.	Il paracadute è stato costruito e testato per resistere a tali forze. Studi sul collegamento tra CanSat e paracadute sono in corso.	
Per ragioni legate al recupero si raccomanda una velocità di discesa tra $8m/s$ e $11m/s$. In ogni caso, la velocità non deve essere inferiore a $5m/s$ o superiore a $12m/s$ per motivi di sicurezza.	Il paracadute permette una velocità di discesa media prevista di circa $7m/s$. La velocità è stata scelta dopo varie considerazioni riguardanti la componentistica del satellite.	
Il CanSat deve sopportare una accelerazione fino a 20 G.	Il satellite è costruito con materiali flessibili e resistenti, in grado di resistere a tali accelerazioni.	
Il budget totale del modello definitivo di CanSat non deve superare i 500 euro. La stazione di terra e qualsiasi altro oggetto non inherente il volo non sono considerati nel budget.	Il team si è impegnato nella costruzione di un sistema COST-EFFECTIVE e un budget dettagliato del modello finale è disponibile nelle pagine successive di questo documento.	
La frequenza assegnata deve essere rispettata da tutte le squadre partecipanti alla campagna di lancio. È importante che le squadre stiano attente alla progettazione dell'integrazione della strumentazione e all'interconnessione in modo che le frequenze possano essere modificate facilmente se necessario.	Il satellite monta un modulo di trasmissione radio ad elevata potenza di trasmissione e lungo raggio di trasmissione. Inoltre, è possibile selezionare uno dei 100 canali di cui dispone in modo da evitare interferenze con gli altri team. In caso di necessità, queste impostazioni possono essere modificate in pochi minuti, anche poco prima del lancio.	

Tabella 1: Regolamento della competizione

3.2 Soluzioni Hardware e di telecomunicazione

3.2.1 Computer di bordo

Il computer di bordo è stato progettato e sviluppato con l'obiettivo di gestire tutti i dati necessari per la missione primaria e per comunicare efficacemente con il sistema di telecomunicazione del satellite, quindi per la lettura dei dati GPS e per la scrittura dei dati verso il modulo radio per la trasmissione. Inoltre, la componentistica è stata selezionata anche per il basso consumo di corrente elettrica, date le limitazioni dovute alle dimensioni del CanSat.

Descrizione	Dimensioni	Tensione di esercizio[V]	Corrente di esercizio[mA]	Interfacce
Si tratta dell'unità di controllo centrale (MCU). La PCB ospita il microcontrollore principale, il quale si occupa della gestione di tutti gli altri dispositivi del satellite, almeno per quanto riguarda la missione primaria.	62mm x 62mm [forma circolare]	3.3	10÷20	SPI, I2C, UART

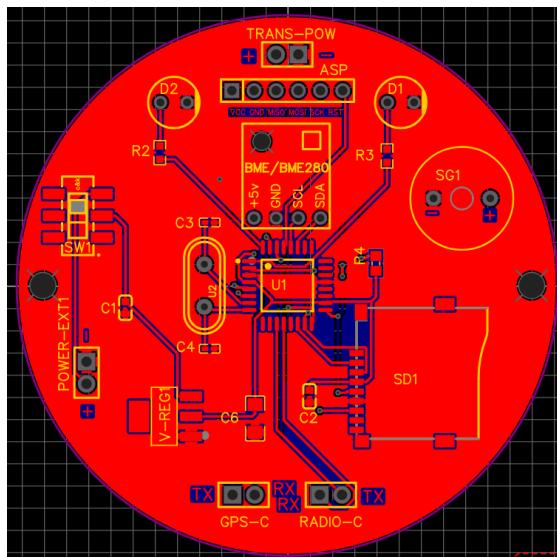


Immagine 3: PCB del computer di bordo

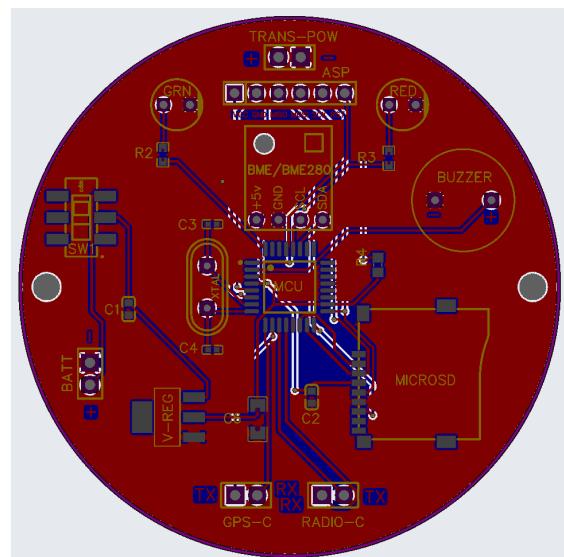


Immagine 4: PCB del computer di bordo

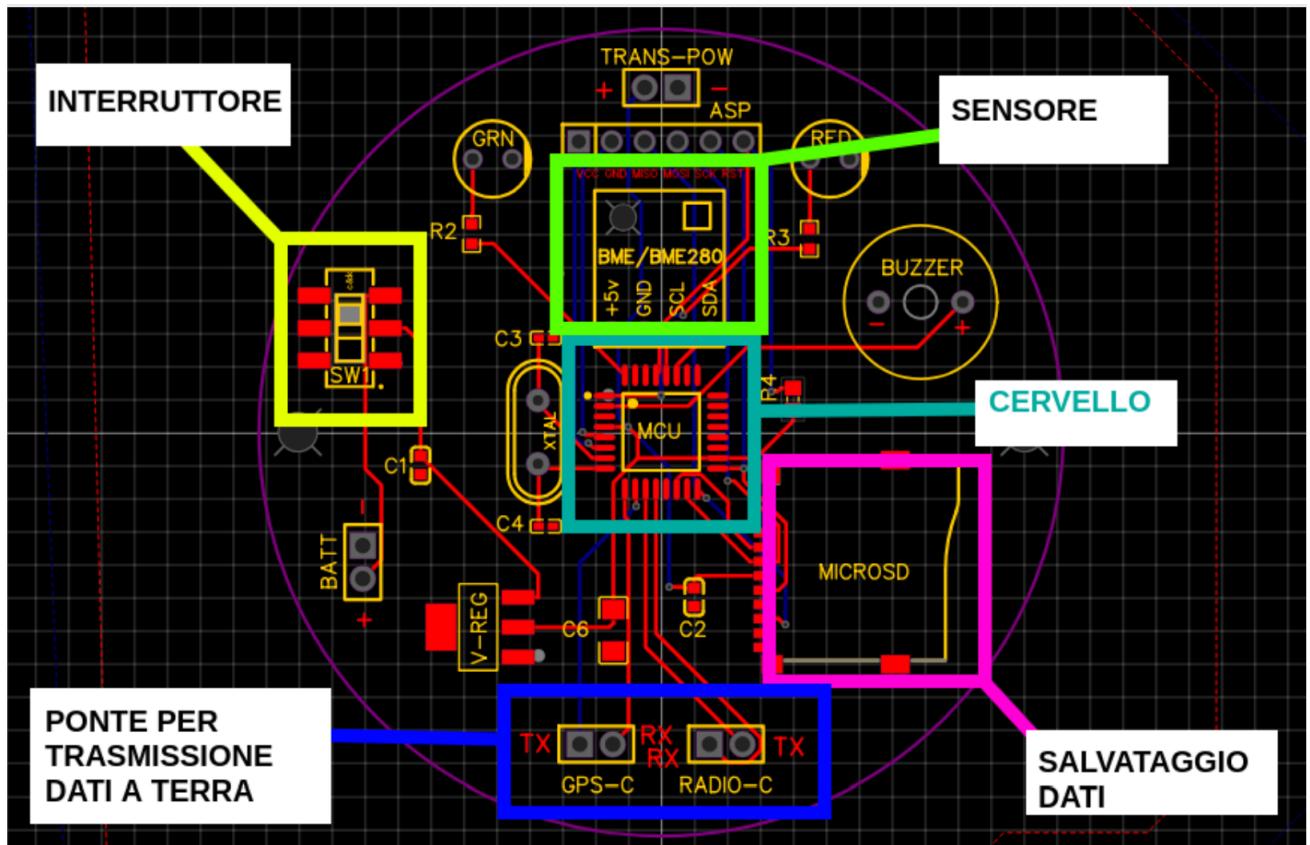


Immagine 5: Schematica semplificata del computer di bordo

COMPONENTISTICA COMPUTER DI BORDO
MCU → ATMEGA328P-AU
CRISTALLO OSCILLATORE → 16MHz
CONDENSATORI CERAMICI SMD → 22pF, 10uF, 100uF
RESISTORI CHIP SMD → 220 ohm, 10k ohm
LED → verde, rosso
INTERRUTTORE GENERALE
REGOLATORE DI VOLTAGGIO → da 20V [MAX] a 3.3V stabili
SOCKET PER MICROSD → per salvataggio dei dati di missione
BUZZER → segnalatore acustico
CONNETTORE A 6PIN → interfaccia SPI per l'upload del firmware
BME280 → sensore per rilevare pressione e temperatura atmosferica

3.2.2 Sistema di telecomunicazione

Il sistema di telecomunicazione consiste in una PCB dotata di modulo GPS e modulo di trasmissione radio. I due moduli sono stati selezionati per la loro affidabilità e la loro facile implementazione affianco agli altri dispositivi elettronici.

Descrizione	Dimensioni	Tensione di esercizio[V]	Corrente di esercizio[mA]	Interfacce
Sezione del satellite che si occupa di tutto ciò che riguarda la telecomunicazione, sia per quanto riguarda la lettura dei dati GPS dai satelliti dedicati, sia per la trasmissione dei dati verso la stazione di terra.	62mm x 62mm [forma circolare]	3.3	60÷80	UART

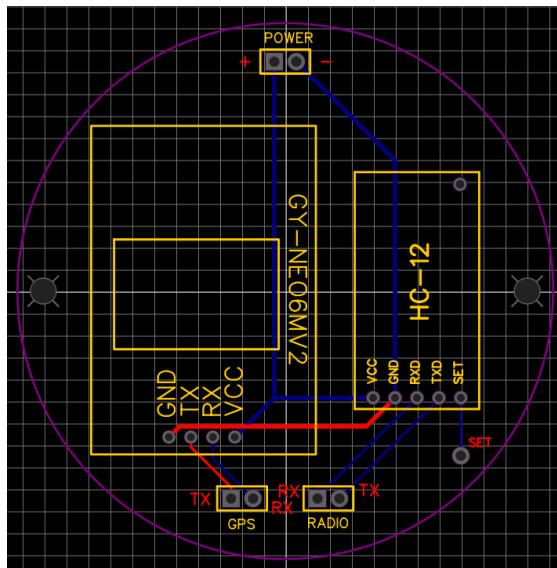


Immagine 6: PCB del sistema di comunicazione

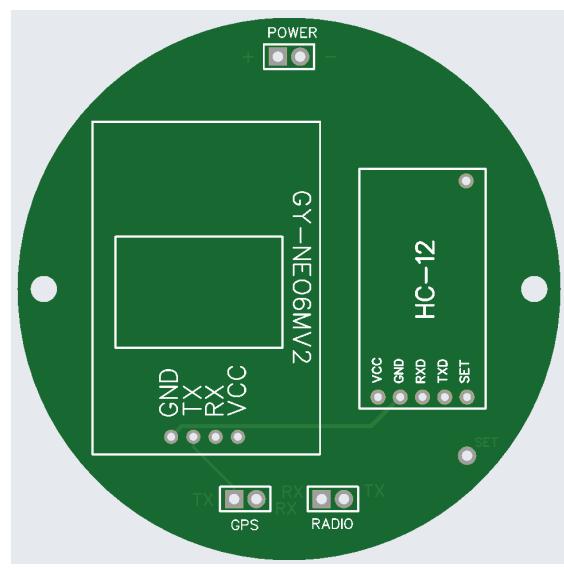


Immagine 7: PCB del sistema di comunicazione

COMPONENTISTICA SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONE

MODULO GPS → dispositivo NEO6M, in grado di ricevere dati dalle costellazioni GPS, GLONASS, Beidou e Galileo.

MODULO RADIO → dispositivo HC12, in grado di trasmettere a 433MHz a lunga distanza, fino a 1.8km senza antenne esterne.

3.2.3 Alimentazione elettrica

Date le dimensioni contenute del CanSat, la realizzazione del sistema di alimentazione a batteria ha rappresentato una sfida particolare. Dopo aver concluso la progettazione, il satellite è stato dotato di un sistema di alimentazione a doppia batteria LiPo, a singola cella, delle dimensioni di 35mm x 51mm. Ogni batteria è in grado di fornire 1000mAh al satellite, per un totale di 2000mAh distribuiti sui due computer di bordo.

Descrizione	Dimensioni	Tensione di esercizio[V]	Corrente di esercizio[mA]
Sistema di alimentazione elettrica per l'intero CanSat.	62mm x 62mm [forma circolare]	4.2÷3.2	2000

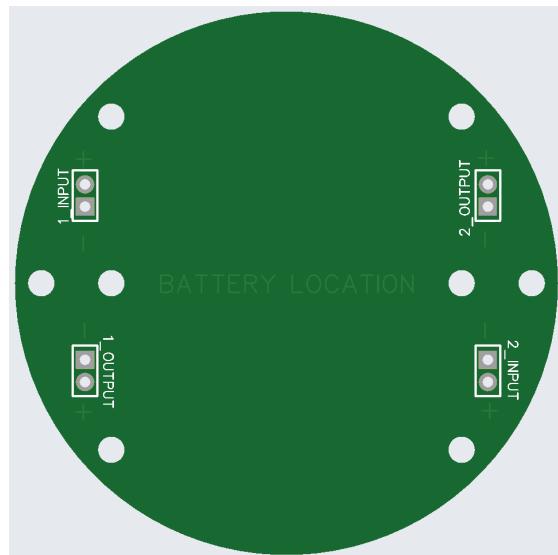


Immagine 9: Batteria

Immagine 8: PCB del sistema di alimentazione

3.2.4 Sistema di rilevazione VOC

Date le basse concentrazioni di VOC presenti in atmosfera, il circuito che si occupa della rilevazione di queste molecole deve essere dotato di sensori appositi in grado di operare in quei

tipi di ambienti. Questo vuol dire che il sistema deve essere suscettibile a cambiamenti di VOC nell'aria nell'ordine dei PPB [parti per miliardo]. Sul mercato non sono disponibili molti dispositivi come questi a prezzi contenuti, soprattutto perché vengono venduti all'ingrosso ad aziende del settore e non a privati, come nel nostro caso. Dopo molte ricerche, i sensori che verranno adoperati produrranno misurazioni simultanee che verranno combinate per ottenere un'unica linea di rilevazione, per aumentare così la precisione e l'attendibilità dell'intero sistema.

Descrizione	Dimensioni	Tensione di esercizio[V]	Corrente di esercizio[mA]	Interfacce
Sezione del CanSat che si occuperà della rilevazione delle VOC, quindi della gestione della missione secondaria. Per questa ragione, monta un proprio MCU e un proprio sistema di salvataggio dati in locale, oltre che gli appositi sensori.	62mm x 62mm [forma circolare]	3.3	10÷30	SPI, I2C, PWM



Immagine 10: BME688

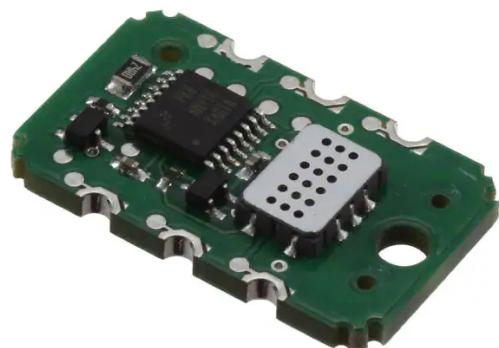


Immagine 11: MICS-VZ-89TE

COMPONENTISTICA SISTEMA DI RILEVAZIONE VOC

BME688 → sensore di Bosch SensorTech, può rilevare VOC nell'ordine delle PPB. Conosciuto per l'elevata affidabilità anche a condizioni non ottimali di temperatura, pressione e umidità.

MICS-VZ-89TE → sensore di Amphenol Advanced Sensors, dotato di tecnologia MOS (metal-oxide-semiconductor) per la rilevazione di VOC a basse concentrazioni (0÷1000 PPB). Il dispositivo è in grado di produrre segnali in output attraverso due interfacce, una I2C e una PWM.

3.3 Soluzioni Software

Il ground control software consente di monitorare e controllare il CanSat durante il suo volo. Il software permette di ricevere, attraverso l'antenna direzionale e un sistema d'interpretazione, i dati trasmessi dal CanSat, come la temperatura, la pressione e la posizione GPS, e di visualizzare queste informazioni in tempo reale su un'interfaccia grafica. La GUI è realizzata tramite PyQt5, un framework di sviluppo di Python, che ci ha fornito una serie di strumenti per la gestione degli eventi e la gestione degli widget. Grafana consente di creare dashboard personalizzate con una vasta gamma di grafici interattivi, tabelle

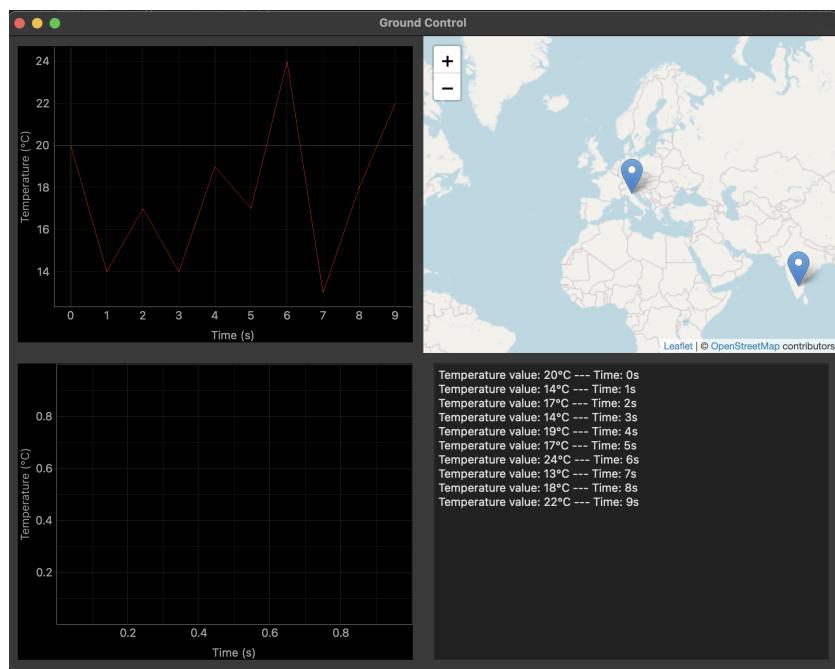


Immagine 12: Versione beta del ground control

Il software è diviso in due parti:

- La parte di discesa;
- La parte di analisi dati post-discesa;

Discesa	Post-discesa
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Pressione • Posizione GPS • Inserimento in grafico e mappa 	<ul style="list-style-type: none"> • Inserimento concentrazioni VOC • Dati standard vs nostri dati

Per aiutarci nella fase di analisi dei dati utilizzeremo un'applicazione web: Grafana.

Grafana è una piattaforma open source per l'analisi e la visualizzazione di dati in tempo reale. È principalmente utilizzata per monitorare e analizzare il comportamento di sistemi complessi, come reti di computer, infrastrutture cloud, sistemi industriali e sensori IoT. Il software consente di creare dashboard personalizzate con una vasta gamma di grafici interattivi e tabelle.



Immagine 13: Esempio di Grafana

3.4 Soluzioni Recovery

Il regolamento prevede una velocità di discesa compresa tra 5m/s e 12m/s; la velocità consigliata per il satellite varia da 8m/s a 11m/s. Il nostro team ha preso la decisione di mantenere una velocità di circa 7÷8 m/s basandosi sulle caratteristiche tecniche della componentistica.

Per prevedere la velocità di discesa abbiamo applicato la formula per l'attrito viscoso:

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot p \cdot v^2 \cdot c_D \cdot [(\frac{D}{2})^2 - (\frac{d}{2})^2] \quad (1)$$

- D = diametro paracadute (m)
- d = diametro foro (m)
- p = densità fluido (kg/m^3 , nel caso dell'aria ≈ 1.225)
- v = velocità oggetto (m/s)
- c_D = coefficiente d'attrito dell'oggetto (≈ 0.75 per gli esagoni piatti)

La velocità limite del satellite viene raggiunta quando l'equazione della forza gravitazionale viene pareggiata da quella di attrito.

$$m \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot p \cdot v^2 \cdot c_D \cdot [(\frac{D}{2})^2 - (\frac{d}{2})^2] \quad (2)$$

- m = massa satellite (kg)
- g = costante di accelerazione terrestre ($9,81m/s^2$)

Per i calcoli preliminari abbiamo deciso di usare questi due calcolatori online:

1. <https://www.translatorscafe.com/unit-converter/en-US/calculator/parachute-size/>
2. <https://www.rocketreviews.com/parachute-size-calculator.html>

across the parachute. You will find several other examples at the end of the calculator description.

Input

Descent Rate
 meter/second (m/s) ▾

Parachute Drag Coefficient

Parachute Shape
 Parachute, hexagon ▾

Rocket Recovery Mass
 gram (g) ▾

Spill Hole Diameter Percentage
 %

Air Density
 kg/m³

Gravitational acceleration
 m/s²

Output

Parachute with a Spill Hole

Parachute Reference Area
 $S_p = 1,936.3136 \text{ cm}^2$

Parachute Size Across
 $d_p = 49.6527 \text{ cm}$

Spill Hole Area
 $S_{\text{spill}} = 38.7208 \text{ cm}^2$

Spill Hole Diameter
 $d_{\text{spill}} = 7.0215 \text{ cm}$

Area decreasing percentage because of adding a spill hole
 2.8405%

Calculate | **Reset** | **Share**



Immagine 14: I calcoli svolti

Parachute Calculator

Approximate Parachute Sizes for a Rocket Weighing 320 grams:

Descent Rate	Diameter
3 mps	98.27 cm
4 mps	73.71 cm
5 mps	58.96 cm
6 mps	49.14 cm

The above sizes are estimates based on a parachute with a drag coefficient of 0.75.

You may use the form below to calculate the parachute size for another rocket.

Rocket Weight	<input type="text" value="320"/>	grams ▾
Submit		

Immagine 15: Confronto tra velocità e dimensioni

L'utilizzo di molteplici fonti è necessario per capire quale di esse è la più affidabile e su quale basarsi, perciò la decisione e' stata quella di fare inizialmente una media dei due siti, quindi il paracadute sarebbe dovuto essere di 46cm, considerando il rinforzo di 1,5 cm di scotch, 48 cm, per l'area efficace che va a perdere ai bordi:



Immagine 16: Le misure del paracadute



Immagine 17: Le misure del paracadute

Il buco interno, con un diametro pari a 7cm, il 14,6% del diametro complessivo, è ideale per non ridurre tanto la forza di attrito generata, ma allo stesso tempo garantire maggiore stabilità, per via delle sacche di alta e bassa pressione che vanno a destabilizzare la discesa e a mettere a rischio l'intera missione:



Immagine 18: Un altro esempio del paracadute

I test effettuati hanno dato più credito al primo sito, probabilmente per via delle personalizzazioni più elevate dello stesso, i valori sono stati aggiustati eliminando l'errore fisso calcolato di circa 0.4 secondi. Per verificarlo usiamo la seguente formula:

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (3)$$

- h = altezza di caduta (nel nostro caso $8.5m$)
- g = costante di accelerazione terrestre ($9,81m/s^2$)
- t = tempo di caduta (s)

Dopo aver effettuato i test e aggiustato i valori sottraendo il valore fisso, abbiamo potuto ricavare una media dei valori. Attraverso la formula 3.4 si può ricavare successivamente la velocità media della caduta.

	Test1	Test2	Test3	Test4	Media	Media Corretta
Con Foro	2.18	2.27	2.31	2.25	2.25	1.85
Senza Foro	2.31	2.25	2.64	2.05	2.29	1.89
Senza paracadute	1.83	1.61	1.76	1.68	1.72	1.32

Con Foro	Senza Foro	Senza Paracadute
$4.59m/s$	$4.49m/s$	$6.44m/s$

I fili che collegheranno il paracadute al CanSat sono composti di nylon 0.5 millimetri di diametro, capace di resistere a una forza di 180N; ben oltre le necessità di un satellite dal peso di 300÷350 grammi.

Da tutti i dati cui sopra abbiamo infine deciso di ridurre il diametro a 42cm, per via dei dati più aderenti al primo sito e per raggiungere la velocità da noi desiderata, riducendo il rischio di perdere il CanSat, senza compromettere il corretto funzionamento della componentistica.

4 Panoramica sulle operazioni di missione

4.1 Operazioni pre-lancio

4.1.1 Check dei prerequisiti tecnici

- Avverà l’ispezione del dispositivo CanSat per verificare che tutti i prerequisiti tecnici per il lancio. Ogni membro del team è preparato su tutta la tecnologia del satellite ed è in grado di interagire con i responsabili dell’ispezione.

4.1.2 Fase di accensione pre-lancio

- Il CanSat verrà acceso con un anticipo di 35/45 minuti rispetto al lancio, in modo che tutte le tecnologie siano pronte all’uso al momento della partenza. Tra queste troviamo il GPS (tempo per il collegamento ai satelliti di geolocalizzazione) e i sensori per VOC (tempo per il riscaldamento della superficie di rilevazione).

4.1.3 Check prelancio dei sistemi di telecomunicazione

- Durante la fase di accensione pre-lancio, il team si assicurerà del corretto funzionamento del sistema di telecomunicazione che comunica con la stazione di terra. In questo modo, i dati in entrata, forniranno informazioni utili anche sullo stato di funzionamento degli altri sistemi del CanSat.

4.1.4 Check strutturale prelancio

- Il CanSat verrà chiuso all’interno della sua struttura esterna e collegato al paracadute. Dopodichè, verranno effettuati gli ultimi controlli sull’integrità strutturale di questi.

4.2 Operazioni sulla fase di missione

4.2.1 Fase di discesa

- Il satellite si trova ora in discesa controllata verso il terreno. Questo svolgerà le due missioni per cui è stato realizzato mentre il team a terra continuerà a ricevere i dati necessari via radio.

4.2.2 Recupero del CanSat

- Una volta che il satellite sarà atterrato, il team si preoccuperà della ricerca di questo a partire dagli ultimi dati GPS ottenuti dal sistema di telecomunicazione radio. Una volta raggiunta la zona, il CanSat sarà facilmente individuabile attraverso il segnale acustico che emette. Una volta ritrovato, il CanSat verrà spento attraverso gli interruttori generali e messo in sicurezza, preparandolo così alla fase di analisi dei dati di missione.

4.3 Operazioni post-lancio: analisi dei dati di missione

4.3.1 Recupero e storage schede di memoria

- Oltre il salvataggio dei dati in entrata alla stazione di terra via radio, il satellite salverà i propri dati di missione su due schede MicroSD, una per i dati della missione primaria e una per i dati della missione secondaria. Il team estrarrà i dati da questi per l'analisi.

4.3.2 Analisi dei dati di missione

- L'intero team si occuperà di analizzare approfonditamente i dati di missione. I dati riguardanti la missione primaria, verranno interpretati per tracciare la relazione tra altitudine e pressione, e la relazione tra temperatura ed altitudine. I dati riguardanti la missione secondaria, invece, verranno analizzati dal reparto scientifico e tecnico, al fine di estrarre alcuni indici di qualità dell'aria (per quanto riguarda l'inquinamento di VOC) alle diverse altitudini. Inoltre, sarà possibile inserire i dati all'interno di un software di Intelligenza Artificiale per analizzarli in modo approfondito rispetto ai dati ottenuti in laboratorio durante le fasi di sviluppo del CanSat

4.3.3 Presentazione finale

- Una volta analizzati i dati, il team si occuperà di stilare la documentazione di fine missione e le varie presentazioni sui dati di missione da sottoporre alla giuria per la valutazione. Questo concluderà anche la campagna di lancio del CanSat.

5 Budget di missione

5.1 Budget modello CanSat

Il budget del progetto deve essere sotto i 500 euro, grazie all'intenso lavoro di ricerca di componentistica efficace, ma allo stesso tempo facilmente reperibile, per quanto riguarda la missione primaria abbiamo speso un totale di 71.16 euro, quindi 14.23 euro a testa, tutta spesa per hardware, i costi maggiori sono quelli legati alla trasmissione radio, il GPS ed il sensore di pressione e temperatura.

Missione Primaria:						
ID	Prezzo	Numero	Descrizione Oggetto (Brand)	Link Foto	Link	Totale
PHB1	16,00 €	1	Moduli HC12 (HC01)	Amazon	Amazon	16,00 €
PHA4	12,00 €	1	BME280 Pressione/Temperatura	Amazon	Amazon	12,00 €
PHA9	9,99 €	1	Flight control GPS modulo con antenna (NEO6M-GPS)	Amazon	Amazon	9,99 €
PHA3	8,20 €	1	Batteria LiPo 1100mAh	Amazon	Amazon	8,20 €
PHB4	6,00 €	1	PCB alimentazione	JlcPCB	JlcPCB	6,00 €
PHB5	6,00 €	1	PCB trasmissione	JlcPCB	JlcPCB	6,00 €
PHB6	6,00 €	1	PCBs per missione primaria	JlcPCB	JlcPCB	6,00 €
PHA2	3,08 €	1	ATMEGA328P-AU	Farnell	Farnell	3,08 €
PHC1	1,20 €	1	MicroSD card slot socket	Amazon	Amazon	1,20 €
PHA1	0,80 €	1	Buzzer attivo 5V (ICQUANZX)	Amazon	Amazon	0,80 €
PHB7	0,56 €	1	Regolatore di tensione	Farnell	Farnell	0,56 €
PHB2	0,50 €	1	Interruttore a slitta	Farnell	Farnell	0,50 €
PHA5	0,25 €	1	Condensatori ceramici SMD (100uF)	Farnell	Farnell	0,25 €
PHA8	0,24 €	1	Cristallo 16 MHz	Farnell	Farnell	0,24 €
PHA6	0,07 €	2	Condensatori ceramici SMD (10uF)	Farnell	Farnell	0,15 €
PHB3	0,05 €	2	LED	Amazon	Amazon	0,10 €
PHB8	0,03 €	1	Resistori SMD (10kΩ)	Farnell	Farnell	0,03 €
PHB9	0,02 €	2	Resistori SMD (220Ω)	Farnell	Farnell	0,03 €
PHA7	0,01 €	2	Condensatori ceramici SMD (22pF)	Farnell	Farnell	0,02 €
71,01 € 23				TOTALE:	71,16 €	
PREZZO MEDIO CAD.: 3,09 €				TOTALE SPARTITO (5 MEMBRI):	14,23 €	

Immagine 19: Tabella prezzi missione primaria

Nella missione secondaria la spesa è sempre tutta legata all'hardware, con un totale complessivo di 75.10 euro, cioe' 15.02 euro a testa, qui i costi maggiori sono i sensori per le VOC.

Missoine Secondaria:						
ID	Prezzo	Numero	Descrizione Oggetto (Brand)	Link Foto	Link	Totale
SHA7	26,86 €	1	MICS-VZ-89TE sensore VOC		DigiKey	26,86 €
SHB1	12,42 €	2	BME688 sensori VOC		Digikey	24,84 €
SHA2	8,20 €	1	Batteria LiPo 1100mAh		Amazon	8,20 €
SHB4	6,00 €	1	PCBs per missione secondaria		JlcPCB	6,00 €
SHA1	3,08 €	1	ATMEGA328P-AU		Farnell	3,08 €
SHB8	1,20 €	1	MicroSD card slot socket		Amazon	1,20 €
SHB2	0,71 €	4	Resistore SMD (4.7kΩ)		DigiKey	2,84 €
SHB5	0,56 €	1	Regolatore di tensione		Farnell	0,56 €
SHA8	0,50 €	1	Interruttore a slitta		Farnell	0,50 €
SHA3	0,25 €	1	Condensatori ceramici SMD (100uF)		Farnell	0,25 €
SHA6	0,24 €	1	Cristallo 16 MHz		Farnell	0,24 €
SHB3	0,09 €	1	Condensatori ceramici SMD (0,1uF)		DigiKey	0,09 €
SHA4	0,07 €	3	Condensatori ceramici SMD (10uF)		Farnell	0,22 €
SHA9	0,05 €	2	LED		Amazon	0,10 €
SHB6	0,03 €	2	Resistori SMD (10kΩ)		Farnell	0,06 €
SHB7	0,02 €	2	Resistori SMD (220Ω)		Farnell	0,03 €
SHAS	0,01 €	2	Condensatori ceramici SMD (22pF)		Farnell	0,02 €
60,30 €				TOTALE:	75,10 €	
PREZZO MEDIO CAD.: 2,78 €				TOTALE SPARTITO (5 MEMBRI):		15,02 €

Immagine 20: Tabella prezzi missione secondaria

La recovery ovviamente ha dei costi minori, ovverosia un totale di 4.83 euro, vale a dire 0.97 euro ciascuno, essendoci solo due elementi, dove la componente tecnologica non è presente.

Recovery:						
ID	Prezzo	Numero	Descrizione Oggetto (Brand)	Link Foto	Link	Totale
RA1	0,02 €	4	Filo nylon 0.5mm (Idena)		Amazon	0,08 €
RA2	7,14 €	0,665	Nylon ripstop 40D 1m2 (9KM DWLife)		Amazon	4,75 €
7,16 €				TOTALE:	4,83 €	
PREZZO MEDIO CAD.: 1,03 €				TOTALE SPARTITO (5 MEMBRI):		0,97 €

Immagine 21: Tabella prezzi recovery

5.2 Progetti di sponsorship

Dopo aver presentato il nostro progetto a scuola con l'obiettivo di diffonderlo, ci è stata offerta l'opportunità di ottenere uno sponsor per il nostro team, in modo da non dover sostenere i costi personalmente. Abbiamo quindi preparato un breve documento di presentazione, che è stato inviato a diverse aziende, già in contatto con la scuola poiché solite fornire esperienze PCTO.

Inizialmente avevamo pensato di finanziarci tramite progetti di crowdfunding, ma abbiamo capito che non saremmo riusciti a raggiungere il nostro obiettivo, poiché non eravamo in grado di offrire un prodotto in cambio della donazione. Tuttavia, abbiamo notato che potremmo offrire visibilità ad un'azienda applicando il suo logo sul nostro satellite.

Questa sarebbe un'ottima opportunità per l'azienda di guadagnare esposizione e per noi di ricevere il supporto finanziario di cui abbiamo bisogno per portare avanti il nostro progetto con successo.

made with L^AT_EX