



Monitoraggio della qualità dell'aria rilevamento del CO in un allevamento bovino

CENTRO RISORSE FLIGHT

Training 2000



Co-funded by
the European Union

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. DESTINATARI.....	3
3. SETTORE DI APPLICAZIONE.....	3
4. TIPO	4
5. DRONE UTILIZZATO.....	4
6. DURATA	4
7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO	4
8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE.....	4
1. Comunicazione e lingue	5
2. Competenze matematiche, scientifiche, tecniche e professionali.....	5
3. Competenze digitali.....	5
4. Competenze personali, sociali e professionali.....	5
5. Sicurezza, qualità e sostenibilità.....	5
6. Cittadinanza e competenza culturale	5
7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale	5
8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro	6
9. PREREQUISITI	6
10. SCHEMA DELLA LEZIONE	6
Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione).....	6
Fase 2 – Esplorazione (Indagine e confronto).....	8
Fase 3 –Applicazione (Esercitazioni pratiche)	10
Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione).....	15
15. CRITERI DI VALUTAZIONE	18



16.	MATERIALI DIDATTICI.....	18
17.	RISORSE ESTERNE	19



1. INTRODUZIONE

Questo progetto coinvolge gli studenti nella comprensione di come i droni possano rappresentare uno strumento fondamentale per la raccolta di dati ambientali. In questo caso specifico, è stato utilizzato un drone commerciale per acquisire dati finalizzati all'analisi e al confronto della qualità dell'aria in un'area urbana situata nelle vicinanze di un allevamento bovino.

La qualità dell'aria influenza l'ambiente e la salute umana in diversi modi. Gli inquinanti atmosferici possono diffondersi su vaste aree e ridurre la qualità dell'aria respirata. La misurazione della qualità dell'aria tramite sensori a terra richiede spesso numerosi sopralluoghi e lunghi periodi di attività. Questi metodi possono richiedere molto tempo e fornire informazioni limitate a zone ristrette. Gli strumenti di rilevamento remoto offrono un approccio alternativo per lo studio della qualità dell'aria, riducendo la necessità di presenza fisica sul luogo e fornendo una visione più ampia della distribuzione degli inquinanti nell'area analizzata.

Gli studenti installano un dispositivo di monitoraggio della qualità dell'aria come carico utile del drone, lo collegano alla piattaforma aerea, pianificano un semplice percorso di volo e conducono l'operazione del drone. L'intero processo viene documentato attraverso immagini e brevi video che potranno successivamente diventare materiali didattici.

Durante tutte le attività vengono richiamati frequentemente gli aspetti legati alla sicurezza operativa.

Il progetto permette inoltre agli studenti di riflettere sul futuro del pianeta, ponendosi domande su come potrebbe essere il mondo tra 10 o 15 anni e sulle conseguenze delle attuali scelte relative alla tutela ambientale globale.

2. DESTINATARI

- ☐ 15
- ☐ 16
- ☒ 17
- ☒ 18
- ☒ Oltre 18 anni

3. SETTORE DI APPLICAZIONE

- ☐ Agricoltura
- ☐ Risposta alle emergenze
- ☐ Costruzioni



- ☐ Gestione delle acque
- ✓ Protezione ambientale
- ☐ Altro

4. TIPO

- ☐ Piano di lezione
- ✓ Progetto
- ☐ Attività

5. DRONE UTILIZZATO

- ☐ Drone Personalizzato
- ✓ Drone Commerciale (DJI)

6. DURATA

- ☐ 1 lezione da 45 minuti - Portogallo
- ☐ 1 lezione da 60 minuti
- ☐ 1 blocco da 90 minuti
- ☐ 2 lezioni da 45 minuti
- ☐ 2 lezioni da 60 minuti
- ✓ Doppia sessione (2 × 60 minuti) con compiti a casa facoltativi basati su progetti.

7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO

O1: Identificare e confrontare le differenze nella qualità dell'aria tra specifiche aree agricole, come stalle per il bestiame, depositi di letame e aree di riferimento, riconoscendo l'influenza dell'attività biologica e del vento sulla qualità dell'aria.

O2: Pianificare ed eseguire una missione di volo con drone in modo sicuro e responsabile per raccogliere dati geolocalizzati sulla qualità dell'aria in un'area di interesse simulata o reale, in conformità con i protocolli di sicurezza pre-volo stabiliti.

O3: Analizzare e visualizzare i dati dei sensori raccolti, effettuando la pulizia del file .csv registrato e mappando il percorso di volo del drone insieme ai corrispondenti dati sulla qualità dell'aria e sulle concentrazioni di CO (monossido di carbonio).

O4: Interpretare i dati per trarre conclusioni sui modelli di qualità dell'aria e discutere il ruolo della tecnologia dei droni nel monitoraggio dei parametri ambientali.



8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE

1. Comunicazione e lingue

- ✓ Competenza di alfabetizzazione (comprensione e produzione di testi scritti/orali)
- ☐ La comunicazione in contesti professionali
- ☐ Competenza multilingue

2. Competenze matematiche, scientifiche, tecniche e professionali

- ☐ Competenza matematica
- ✓ Competenza scientifica, tecnologica e ingegneristica (STEM)
- ☐ Competenze numeriche applicate ai compiti lavorativi
- ☐ Interpretazione di informazioni tecniche (manuali, diagrammi, norme)
- ☐ Competenze professionali/tecniche
- ☐ Esecuzione di compiti pratici

3. Competenze digitali

- ☐ Competenza digitale (alfabetizzazione digitale generale)
- ☐ Utilizzo di strumenti digitali in ambito lavorativo

4. Competenze personali, sociali e professionali

- ☐ Competenza personale, sociale e di apprendimento
- ✓ Lavoro di squadra e collaborazione
- ☐ Autonomia e responsabilità
- ☐ Etica del lavoro e comportamento professionale
- ☐ Adattabilità e flessibilità
- ☐ Collaborazione con supervisori e colleghi

5. Sicurezza, qualità e sostenibilità

- ☐ Applicazione delle norme in materia di salute e sicurezza (OHS/SST)
- ☐ Procedure di qualità e norme sul luogo di lavoro
- ✓ Consapevolezza ambientale e di sostenibilità

6. Cittadinanza e competenza culturale

- ☐ Competenza di cittadinanza
- ☐ Consapevolezza culturale e competenza espressiva

7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale

- ✓ Risoluzione dei problemi e pensiero critico
- ☐ Competenza imprenditoriale



- ☐ Iniziativa e creatività
- ☐ Il processo decisionale in situazioni lavorative reali

8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro

- ☐ Integrazione nelle routine lavorative
- ☐ Seguendo le istruzioni e le procedure professionali
- ☐ Utilizzo di strumenti, attrezzature e tecnologie

This checklist merges the EU Key Competences for Lifelong Learning with the core competences expected in European Vocational Education and Training (VET).

9. PREREQUISITI

Gli studenti dovrebbero possedere una conoscenza di base dei protocolli di sicurezza per il pilotaggio dei droni e dei principi fondamentali dell'elettronica, inclusa l'esperienza nel collegamento di componenti su una breadboard. Sebbene non sia richiesta una conoscenza avanzata della programmazione per questo progetto, è fortemente consigliata una familiarità operativa con l'Arduino IDE. In particolare, gli studenti dovrebbero essere in grado di configurare l'IDE per la scheda ESP8266 e caricare il codice su un microcontrollore, come descritto nei materiali del manuale FLIGHT KIT.

Una conoscenza di base delle principali problematiche ambientali sarà utile per comprendere il contesto e lo scopo del progetto, nonché per partecipare alle discussioni sulle implicazioni dei risultati ottenuti nel mondo reale.

10. SCHEMA DELLA LEZIONE

Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione)

La sessione inizia con un'analisi critica dell'impatto ambientale dell'agricoltura moderna, che integra la coltivazione delle piante con l'allevamento del bestiame. Mentre i settori industriali hanno registrato miglioramenti radicali — come la riduzione del 90% delle emissioni di monossido di carbonio provenienti dai veicoli nell'Unione Europea (EEA 2025) — il settore agricolo rimane una sfida complessa. In particolare, l'allevamento è una delle principali fonti di metano e ammoniaca. Il metano rappresenta una sfida particolarmente rilevante: è un gas serra con un potere climalterante circa 28 volte superiore a quello del monossido di carbonio (CO). Gli studenti apprendono perché le emissioni e gli elevati livelli di concentrazione di questi gas rappresentino una criticità, in quanto possono avere effetti negativi sulla salute umana e sull'ambiente.

L'attenzione si sposta poi sull'ambiente agricolo locale, utilizzato come esempio reale della complessità delle dinamiche della qualità dell'aria. In questo contesto, le emissioni provengono da molteplici fonti, tra cui stalle per bovini, gestione del letame e utilizzo di macchinari agricoli specializzati.



Questo conduce alla sfida tecnica del progetto: gli inquinanti come metano e monossido di carbonio sono invisibili e spesso privi di odore. Come possiamo verificare se la qualità dell'aria in un'azienda agricola è sicura per i lavoratori e per l'ambiente?

Da questa riflessione nasce la domanda centrale: “Come possiamo misurare e mappare la qualità dell'aria intorno all'azienda agricola per comprenderne l'impatto ambientale?”. Viene quindi introdotto il drone, dotato di un sistema di sensori specializzato: il BME680 per la valutazione complessiva della qualità dell'aria (VOCs) e il MQ-7 per il rilevamento mirato del monossido di carbonio. Il drone rappresenta una soluzione tecnologica avanzata per rendere visibili e misurabili fenomeni ambientali altrimenti invisibili.



Vista panoramica dell'azienda agricola. Fonte: DJI Mini Pro

Presentazioni di gruppo:

Ogni gruppo prepara una breve presentazione che ripercorre le principali fasi del progetto. Gli studenti illustrano il percorso di volo pianificato e presentano i dati raccolti in ciascun punto di osservazione. Descrivono inoltre i modelli e le variazioni individuati nei dati relativi alla qualità dell'aria e discutono le possibili cause delle differenze riscontrate tra le diverse aree. L'attenzione rimane focalizzata sull'interpretazione dei dati ambientali piuttosto che sulla formulazione di conclusioni definitive.

Domande guida:

1. Quali tipi di inquinanti atmosferici potrebbero essere presenti nei pressi di un allevamento bovino e quali sono le loro fonti?



2. Perché l'utilizzo di un drone può essere più efficace rispetto alla raccolta di misurazioni da terra per questo tipo di attività?
3. Quali difficoltà potremmo incontrare nel pilotare un drone e nella raccolta di dati in un ambiente reale?

Fase 2 – Esplorazione (Indagine e confronto)

In questa fase, gli studenti passano da una discussione generale sulla qualità dell'aria a un'esplorazione mirata di come droni e sensori possano essere utilizzati per raccogliere dati ambientali in modo sicuro ed efficace nelle vicinanze di specifiche attività umane. L'obiettivo è comprendere le potenzialità e i limiti dell'utilizzo di un drone commerciale dotato di un sistema personalizzato di rilevamento della qualità dell'aria.

Gli studenti vengono inizialmente introdotti ai componenti del sistema di registrazione dei dati sulla qualità dell'aria. Il formatore illustra il ruolo di ciascun elemento: il sensore MQ-7 misura i livelli di monossido di carbonio, il microcontrollore ESP8266 gestisce la raccolta dei dati e la scheda SD consente la memorizzazione delle informazioni registrate. Per una comprensione più approfondita, si consiglia la consultazione dei seguenti manuali:

- [2.2.1. Getting Started with NodeMCU](#)
- [2.2.2. Environmental Sensing Modules](#)
- [2.2.3 Data Acquisition, Logging and Field Operations](#)

Il formatore introduce quindi il drone commerciale DJI e il suo utilizzo nell'ambito della protezione ambientale.

L'attenzione si concentra successivamente sulle difficoltà legate all'installazione di un payload personalizzato su un drone. Viene sottolineata l'importanza di mantenere attivi tutti i sistemi di sicurezza del dispositivo, rafforzando i principi di un utilizzo responsabile e professionale del drone.

Utilizzando Google Maps, gli studenti dovranno selezionare un'area di interesse e successivamente pianificare una missione di volo all'interno della zona individuata.





Agro-farm view. Source: GoogleEarth

On the selected farm area, students plan a strategic flight route to capture the air quality gradient. Using a satellite view of the facility, groups identify specific "hotspots" where gas concentrations—such as Ammonia and Methane—are expected to be highest (e.g. the Livestock zone, the solid manure storage tank). A control point upwind from the farm to measure the background air quality before it is influenced by the farm's activities.



Vista dell'azienda agricola. Fonte: Google Earth

Nell'area agricola selezionata, gli studenti pianificano un percorso di volo strategico per rilevare il gradiente della qualità dell'aria. Utilizzando una vista satellitare della struttura, i gruppi identificano specifici “hotspot” in cui si prevede che le concentrazioni di gas — come ammoniaca e metano — siano più elevate (ad esempio, la zona di allevamento del bestiame e il deposito del letame solido).

Viene inoltre individuato un punto di controllo sopravento rispetto all'azienda agricola, utilizzato per misurare la qualità dell'aria di fondo prima che questa venga influenzata dalle attività agricole.

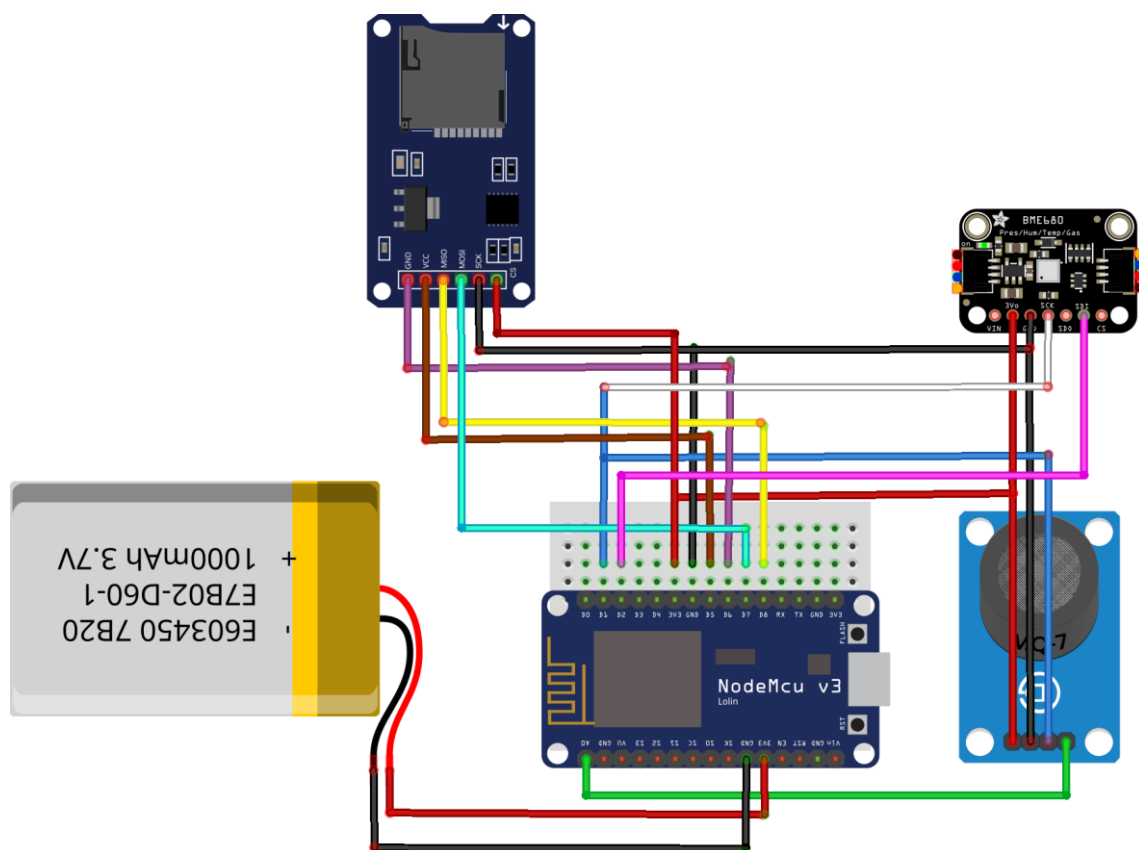
I gruppi discutono l'altezza di volo, la direzione del movimento e i punti in cui potrebbe essere necessario procedere con un volo più lento per migliorare la qualità dei dati e ridurre l'oscillazione del payload. Un aspetto importante da comunicare agli studenti prima dell'inizio dell'attività è l'importanza del rispetto della privacy e della sicurezza: non devono sorvolare persone o edifici senza aver ottenuto la relativa autorizzazione.

Fase 3 –Applicazione (Esercitazioni pratiche)

La sessione inizia con una breve introduzione ai manuali tecnici, che guidano gli studenti nella configurazione dell'ESP8266, nei test di base dei sensori e nella preparazione della scheda SD. Utilizzando lo schema elettrico fornito e il codice sorgente, il formatore illustra il collegamento dell'ESP8266 al sensore BME680, al sensore MQ-7 e alla scheda SD, concentrandosi sulla funzione di ciascun componente.

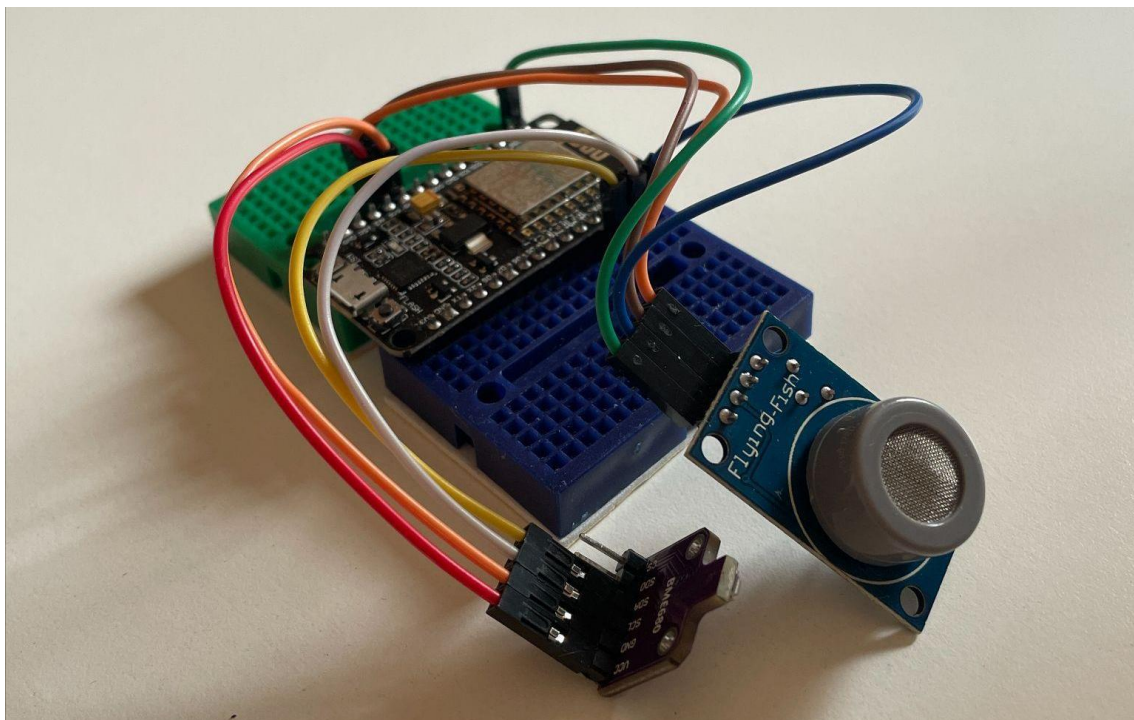
Gli studenti caricano il codice e verificano che la registrazione dei dati avvenga correttamente prima di integrare il sistema di rilevamento con il drone.





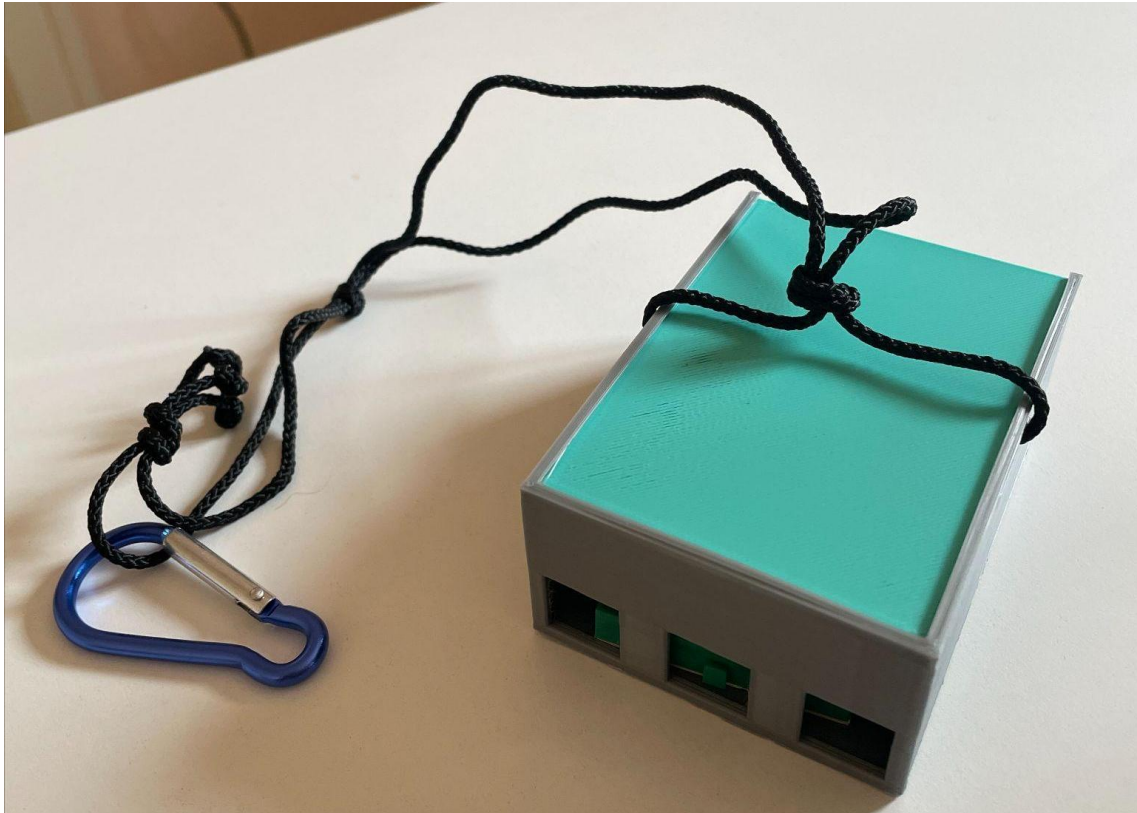
fritzing

Lo schema elettrico fornito ha finalità esclusivamente illustrative. A causa della disponibilità sul mercato e delle differenze tra i vari produttori, i componenti fisici presenti nel kit potrebbero variare leggermente rispetto alle immagini per quanto riguarda colore, forma o disposizione dei pin. Non basarsi quindi esclusivamente sulla corrispondenza visiva dei componenti; leggere sempre le etichette serigrafate presenti sui moduli specifici in dotazione per assicurarsi di effettuare un cablaggio corretto.



Integrazione del sensore BME680 e del sensore di gas MQ-7

Gli studenti assemblano quindi il sistema di payload sospeso da installare sul drone commerciale. Il payload viene fissato saldamente sotto il drone utilizzando una fascetta in plastica e una clip. Prima del volo viene eseguito un controllo pre-volo per verificare che il sistema di sospensione sia correttamente fissato e che la registrazione dei dati sia attiva.



Payload personalizzato per drone

Il volo viene effettuato in modo lento e regolare lungo il percorso pianificato, utilizzando movimenti delicati per ridurre l'oscillazione del payload.



Stalla per bovini (Punto di osservazione 1)



Deposito del letame solido (Punto di osservazione 5)

Al termine del volo, il payload viene rimosso, il drone viene fatto atterrare in sicurezza e la scheda SD viene estratta. Gli studenti trasferiscono quindi i dati registrati su un computer.

La tabella seguente illustra i risultati del monitoraggio registrati durante un momento specifico (22 dicembre 2026). I dati, acquisiti dai sensori di gas BME680 e MQ-7, includono temperatura, umidità, valori relativi ai gas, altitudine e livelli di CO (monossido di carbonio) e vengono forniti come supporto alla creazione di un'attività didattica da utilizzare con gli studenti.

Temperatura (°C)	Umidità (%)	Pressione (hPa)	Reistenza del gas (kOhms)	Altitudine (m)	Livello di monossido di carbonio (ppm/Analog)
19.93	62.07	1004.96	15.19	69.08	499
19.78	61.09	1004.97	17.61	69.17	572
19.66	60.61	1004.98	22.86	69.08	615
19.62	60.30	1004.98	28.38	69.00	643



19.60	59.87	1004.98	33.99	69.00	668
19.61	59.49	1004.98	38.63	69.00	686
19.66	59.40	1004.99	43.12	69.00	700
19.71	59.41	1004.98	47.10	69.00	711
19.73	59.13	1004.98	51.06	69.00	718
19.75	58.79	1004.99	54.76	69.00	723

Questi risultati hanno rafforzato l'obiettivo principale della missione (O4), dimostrando l'efficacia del monitoraggio ambientale basato sull'utilizzo di droni. Il piano di volo, generalmente condotto tra i punti in cui erano attesi i principali hotspot — in particolare la stalla dei bovini (Punto di osservazione 1) e il deposito del letame solido (Punto di osservazione 5) — ha permesso di raccogliere dati sulla qualità dell'aria in prossimità delle principali fonti di emissione dell'azienda agricola.

La missione ha mostrato concretamente come la tecnologia dei droni, equipaggiata con sensori BME680 e MQ-7, possa essere utilizzata come strumento educativo per consentire agli studenti di analizzare i modelli della qualità dell'aria; interpretare dati ambientali; comprendere il ruolo del telerilevamento nell'individuazione di importanti inquinanti, come composti organici volatili (VOCs) e monossido di carbonio (CO), associati alle emissioni degli allevamenti bovini.

Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione)

Presentazioni di gruppo

Ogni gruppo prepara una breve presentazione che ripercorre le principali fasi del progetto. Gli studenti illustrano il percorso di volo pianificato e presentano i dati raccolti in ciascun punto di osservazione. Descrivono inoltre i modelli individuati nei dati relativi alla qualità dell'aria e discutono le possibili ragioni delle differenze riscontrate tra le diverse aree. L'attenzione rimane focalizzata sull'interpretazione dei dati ambientali piuttosto che sulla formulazione di conclusioni definitive.

Discussione in classe

Dopo le presentazioni, il formatore guida una discussione collettiva. Gli studenti confrontano i risultati dei diversi gruppi e identificano somiglianze e differenze nei modelli di inquinamento all'interno dell'area di studio. La discussione stimola il pensiero critico sull'interpretazione dei dati e sui limiti delle misurazioni effettuate tramite drone.



I principali punti di discussione includono:

- Come i dati dei sensori rappresentati su una mappa aiutino a identificare i modelli spaziali della qualità dell'aria nelle vicinanze di attività umane (ad esempio aziende agricole e allevamenti).
- Quali limitazioni esistano nell'utilizzo di misurazioni effettuate con droni per periodi di tempo brevi.
- Come variabili quali la densità degli animali, il contenuto di umidità del letame solido e la velocità/direzione attuale del vento possano influenzare la concentrazione e la diffusione degli inquinanti.
- Perché la sicurezza e l'utilizzo responsabile del drone siano fondamentali in ogni ambiente, soprattutto in presenza di animali.
- Come questo tipo di dati possa supportare la consapevolezza ambientale e i processi decisionali.

Attività di riflessione

Per concludere il progetto, gli studenti completano una breve riflessione individuale, supportata da domande guida o tracce scritte. Riflettono sia sugli aspetti tecnici sia sugli apprendimenti ambientali, considerando:

1. Che cosa hanno imparato sulla raccolta di dati relativi alla qualità dell'aria tramite droni.
2. Come il pilotaggio di un drone con un payload sospeso abbia influenzato il processo decisionale.
3. Il ruolo della pianificazione, della sicurezza e del lavoro di squadra nella realizzazione di attività sul campo.
4. Come l'inquinamento atmosferico possa influenzare la vita urbana e la salute umana.

Quiz

1. Quale dei seguenti gas è un potente gas serra comunemente emesso dagli allevamenti?
 - a) Monossido di carbonio (CO)
 - b) Metano (CH₄)
 - c) Azoto (N₂)
 - d) Ossigeno (O₂)
2. L'utilizzo di un drone per misurare la qualità dell'aria è più efficace rispetto alle misurazioni da terra perché può coprire un'area più ampia e raggiungere zone difficili da monitorare. **Vero/Falso**
3. Indica due possibili difficoltà nella raccolta di dati ambientali tramite drone in un'azienda agricola.



4. Il sensore BME680 è in grado di misurare tutti i seguenti parametri tranne:
 - a) Temperatura
 - b) Monossido di carbonio (CO) direttamente
 - c) Umidità
 - d) Resistenza del gas (VOCs)
5. Il sensore MQ-7 rileva quale tipo di inquinante atmosferico?
 - a) Metano (CH₄)
 - b) Monossido di carbonio (CO)
 - c) Composti organici volatili (VOC)
 - d) Biossido di azoto (NO₂)
6. Secondo il contesto ambientale discusso, quanto è più potente il metano come gas serra rispetto al monossido di carbonio (CO)?
 - a) Ha la stessa potenza
 - b) 10 volte più potente
 - c) 28 volte più potente
 - d) Il 90% meno potente
7. Perché è importante stabilire un “punto di controllo” sopravento rispetto all’azienda agricola durante la fase di pianificazione del volo?
 - a) Per esercitarsi nell’atterraggio sicuro del drone
 - b) Per misurare la qualità dell’aria di fondo prima che venga influenzata dalle attività agricole
 - c) Per testare la velocità massima e la durata della batteria del drone
 - d) Per misurare con precisione la velocità del vento
8. Il sensore BME680 misura la resistenza del gas (Ohm) come indicatore della qualità dell’aria. Che cosa indica generalmente una diminuzione di questa resistenza?
 - a) Una maggiore concentrazione di composti organici volatili (VOC)
 - b) Aria più pulita e minori livelli di inquinamento
 - c) Un aumento dell’altitudine di volo
 - d) Una diminuzione della temperatura ambientale
9. Quale controllo pre-volo è fondamentale per il sistema di payload personalizzato?
 - a) Rimuovere la scheda SD per ridurre il peso
 - b) Assicurarsi che il sistema di sospensione del payload sia fissato correttamente e che la registrazione dei dati sia attiva
 - c) Scollegare il sensore MQ-7 per evitare il surriscaldamento
 - d) Verniciare il payload con un colore altamente visibile



10. Dopo il completamento del volo e l'atterraggio sicuro del drone, come vengono recuperati i dati ambientali raccolti?
- a) Vengono trasmessi via radio direttamente al telefono del formatore
 - b) La scheda SD viene rimossa e i dati registrati vengono trasferiti su un computer
 - c) I dati vengono stampati direttamente dall'ESP8266
 - d) Il drone carica automaticamente i dati su Google Earth

Risposte:

- 1. b (Il metano (CH_4) è un potente gas serra emesso dagli allevamenti.)
- 2. Vero (Il telerilevamento tramite drone consente di coprire aree più ampie e riduce la necessità di numerosi sopralluoghi a terra.)
- 3. Risposta aperta. Esempi di risposte accettabili:
 - Oscillazione del payload durante il volo.
 - Influenza della velocità e della direzione del vento sul drone e sui dati raccolti.
 - Necessità di garantire che il payload personalizzato sia fissato in modo sicuro.
 - Rispetto dei protocolli di sicurezza, come evitare il sorvolo di persone o edifici senza autorizzazione.
- 4. b (Il BME680 misura temperatura, umidità, pressione e VOC; per la misurazione diretta del monossido di carbonio è necessario il sensore MQ-7.)
- 5. b (Il sensore MQ-7 è specificamente utilizzato per il rilevamento del CO .)
- 6. c (Il metano è 28 volte più potente come gas serra rispetto al monossido di carbonio (CO), secondo il contesto ambientale discusso.)
- 7. b (Il punto di controllo sopravento misura la qualità dell'aria di fondo prima dell'influenza delle attività agricole.)
- 8. a (Una diminuzione della resistenza del gas nel BME680 indica generalmente una maggiore concentrazione di VOC.)
- 9. b (Il controllo pre-volo deve verificare che il payload sia fissato correttamente e che la registrazione dei dati sia attiva.)
- 10. b (La scheda SD viene rimossa manualmente dal payload e i dati registrati vengono trasferiti su un computer.)

11. CRITERI DI VALUTAZIONE

L'apprendimento degli studenti viene valutato secondo i seguenti criteri:

- Lo studente dimostra di comprendere che il sensore BME680 misura la resistenza del gas (Omega) come indicatore indiretto della qualità dell'aria. È in grado di spiegare che una diminuzione della resistenza indica generalmente una maggiore concentrazione di composti volatili (VOC) e livelli di concentrazione di monossido di carbonio emessi dall'azienda agricola.
- Lo studente contribuisce alla pianificazione del volo e sa spiegare le decisioni relative al percorso, all'altezza di volo e agli aspetti legati alla sicurezza.
- Lo studente partecipa efficacemente al lavoro di gruppo, rispettando i ruoli assegnati e contribuendo alle attività condivise.



- Lo studente presenta le informazioni in modo chiaro, utilizzando dati visivi per supportare le proprie spiegazioni.
- Lo studente riflette sulle potenzialità e sui limiti del monitoraggio ambientale basato sull'utilizzo di droni e riconosce l'importanza di un uso sicuro e responsabile della tecnologia.

12. MATERIALI DIDATTICI

Risorse	Link
1. Commercial drone DJI 4 Mini Pro	https://docs.google.com/document/d/1WKZLmW6b800Wqem2UvJzkMqQ1JuvwxXx/edit
2.2.1. Getting Started with NodeMCU	https://docs.google.com/document/d/1kQgIg533Jtssm3LG2PeQFb5h1b1OKwSLQl-dx8GvcHM/edit?usp=drive_link
2.2.2. Environmental Sensing Modules	https://docs.google.com/document/d/1TaEKu4fmXjR0nPVU_rB5BKxXWu_I-oj9cHaotPzbTBc/edit?usp=drive_link
2.2.3 Data Acquisition, Logging and Field Operations	https://docs.google.com/document/d/19S4BqSk_Rdi75qzwWkpkeVnbttc9otIEB-O9kfYv9Ww/edit?usp=drive_link

2- FLIGHT Kit utilizzato: componenti personalizzati per il drone:

- BME680 – Temperature, Humidity, Pressure, VOCs
- Laser PM2.5 Sensor – Particulate Matter
- MQ7 Gas Sensor – CO Detection
- GUVVA-S12SD – UV Intensity

13. RISORSE ESTERNE

Risorse	Link
Emissions of air pollutants from transport in Europe (Published 21 Oct 2025)	https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/emissions-of-air-pollutants-from
EU air quality standards	https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en

