



**Monitoraggio della qualità dell'aria e rilevamento di CO in un impianto di
trattamento delle acque reflue urbane**

CENTRO RISORSE FLIGHT

Training 2000



Co-funded by
the European Union

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. DESTINATARI.....	4
3. SETTORE DI APPLICAZIONE.....	4
4. TIPO	4
5. DRONE UTILIZZATO.....	4
6. DURATA	4
7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO	5
8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE.....	5
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.....	6
6. Cittadinanza e competenza culturale	6
7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale	6
8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro	6
9. PREREQUISITI	6
10. SCHEMA DELLA LEZIONE	7
Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione).....	7
Fase 2 – Esplorazione (Indagine e Confronto)	9
Fase 3 – Applicazione (Esercitazioni pratiche)	10
Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione)	18
11. CRITERI DI VALUTAZIONE	21



12.	MATERIALI DIDATTICI	21
13.	RISORSE ESTERNE	22
14.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	22



1. INTRODUZIONE

Questo progetto coinvolge gli studenti nell'utilizzo di droni e sensori ambientali intelligenti per la gestione avanzata e il controllo delle infrastrutture idriche urbane. I partecipanti configurano e utilizzano un drone dotato di un sensore BME680 e di un sensore MQ-7 presso il depuratore delle acque reflue di Aset S.p.A. a Fano, gestito da Aset S.p.A., l'organizzazione locale responsabile della gestione dei servizi ambientali.

Il trattamento delle acque reflue urbane e industriali si è storicamente concentrato principalmente sul rispetto dei parametri chimico-fisici richiesti per lo scarico finale dell'acqua. Tuttavia, i moderni impianti di depurazione devono anche gestire gli impatti atmosferici locali, controllando le emissioni diffuse di odori (composti dello zolfo, ammoniaca, VOC) e i gas derivanti dai processi di stabilizzazione biologica. L'ispezione di vaste aree occupate da vasche idrauliche aperte, canali di flusso e linee di trattamento dei fanghi tramite strumenti tradizionali a terra è un'attività lenta, parziale e logisticamente complessa a causa delle barriere fisiche e dei percorsi industriali. L'integrazione di un payload multisensore su un drone consente agli studenti di mappare in tempo reale la dispersione aerea delle sostanze volatili nelle diverse sezioni dell'impianto di trattamento, confrontando direttamente la telemetria del volo con i campioni analitici di routine effettuati dai tecnici dell'impianto.

La misurazione della qualità dell'aria e il rilevamento dei livelli di CO sopra le vasche aperte o nelle vicinanze delle sezioni di pretrattamento richiedono spesso l'installazione di impalcature oppure espongono gli operatori a fumi concentrati in spazi confinati. Un approccio basato sulla robotica aerea permette di superare questi limiti legati alla sicurezza.

Gli studenti assemblano il sistema di acquisizione dati, lo integrano sul drone, pianificano un percorso di volo automatizzato basato su waypoint spaziali ed eseguono la missione monitorando i parametri di sicurezza. Questo processo consente loro di mappare visivamente l'impronta atmosferica generata dalle diverse fasi del ciclo di depurazione delle acque, valutando l'efficacia dei sistemi di aspirazione e abbattimento degli odori installati presso l'impianto.

I processi di trattamento delle acque reflue urbane sono regolamentati in modo uniforme nell'Unione Europea dalla Direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane (Direttiva 91/271/CEE). Di conseguenza, la configurazione funzionale dell'impianto di Fano (grigliatura, ossidazione, sedimentazione, linea fanghi) è in linea con quella di qualsiasi altro impianto di depurazione presente in Europa. I centri di formazione possono facilmente replicare questo percorso didattico a livello locale collaborando con i gestori regionali del servizio idrico. L'utilizzo di semplici dispositivi di rilevamento ambientale e di droni commerciali consente di realizzare il progetto con costi accessibili, formando tecnici specializzati nella gestione delle transizioni ecologiche e nel monitoraggio dei parametri ambientali.



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 nei gradienti generali di qualità dell'aria nelle specifiche fasi di trattamento dell'acqua. Gli studenti riconosceranno come i processi biologici (aerobici e anaerobici) influenzano la qualità dell'aria circostante, mappando il comportamento dei composti organici volatili (COV) in varie aree vegetali. Capiranno che un calo nella resistenza ai gas del sensore BME680 indica una maggiore densità di gas traccia emessi.

O2: Pianificare ed eseguire una missione di volo con droni sicura e reattiva su un impianto di trattamento delle acque per raccogliere dati geolocalizzati sulla qualità dell'aria, in linea con i protocolli di sicurezza pre-volo stabiliti, tenendosi lontani dai macchinari industriali ed evitando interferenze di downwash dei droni.

O3: Analizzare e visualizzare i dati dei sensori raccolti pulendo il file .csv registrato e correlando i picchi chimici raccolti dal drone lungo le rotte di volo selezionate e i punti di monitoraggio.

O4: Interpretare i vettori di emissione per valutare l'efficienza delle infrastrutture di trattamento dell'aria, discutendo il ruolo delle tecnologie aeree mobili nella mitigazione degli impatti degli odori urbani all'interno di un quadro di smart city e sostenibilità.

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 devono avere una conoscenza di base dei protocolli di sicurezza per il pilotaggio dei droni e dell'elettronica di base, compresa l'esperienza nel collegamento dei componenti su una breadboard. Sebbene per questo progetto non siano richieste conoscenze avanzate di programmazione, si consiglia vivamente di avere familiarità con l'IDE Arduino. Nello specifico, gli studenti dovrebbero sentirsi a proprio agio nel configurare l'IDE per la scheda ESP8266 e nel caricare il codice su un microcontrollore, come dettagliato nei materiali del manuale FLIGHT KIT. Una conoscenza di base delle problematiche ambientali generali, della gestione dei rifiuti industriali e dei concetti chimici di base (come la decomposizione anaerobica) sarà utile per contestualizzare lo scopo del progetto e avviare discussioni sulle implicazioni concrete delle sue scoperte.



10. SCHEMA DELLA LEZIONE

Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione)

La sessione inizia esaminando la complessa chimica atmosferica che si sviluppa all'interno di un moderno impianto di trattamento delle acque reflue. Quando le acque reflue urbane entrano nell'impianto, il carico organico e i composti dello zolfo disciolti possono rilasciare gas maleodoranti attraverso processi di volatilizzazione, in particolare l'idrogeno solforato (caratterizzato dal tipico odore di uova marce), insieme a una miscela eterogenea di composti organici volatili (VOC).

L'attenzione si sposta sull'impianto di trattamento delle acque reflue Baia Metauro di Fano come modello reale di ingegneria idrica avanzata e protezione ambientale.

L'impianto tratta i reflui urbani separando i solidi, degradando i carichi organici carboniosi e azotati attraverso microrganismi benefici e restituendo all'ambiente acqua depurata nel pieno rispetto delle rigorose normative europee.

Oltre ai processi biologici di trattamento delle acque, il movimento meccanico dei fanghi residui e l'utilizzo dei veicoli di servizio dell'impianto introducono nell'aria locale emissioni di origine legata alla combustione interna.

Gli studenti approfondiscono la logica operativa del payload multisensore installato sul drone: il sensore semiconduttore BME680 monitora temperatura (°C), umidità (%), pressione (hPa) e resistenza ai gas, utilizzata come indicatore generale della presenza di VOC e composti dello zolfo. Contemporaneamente, il sensore elettrochimico MQ-7 monitora in modo specifico i livelli di monossido di carbonio (CO).

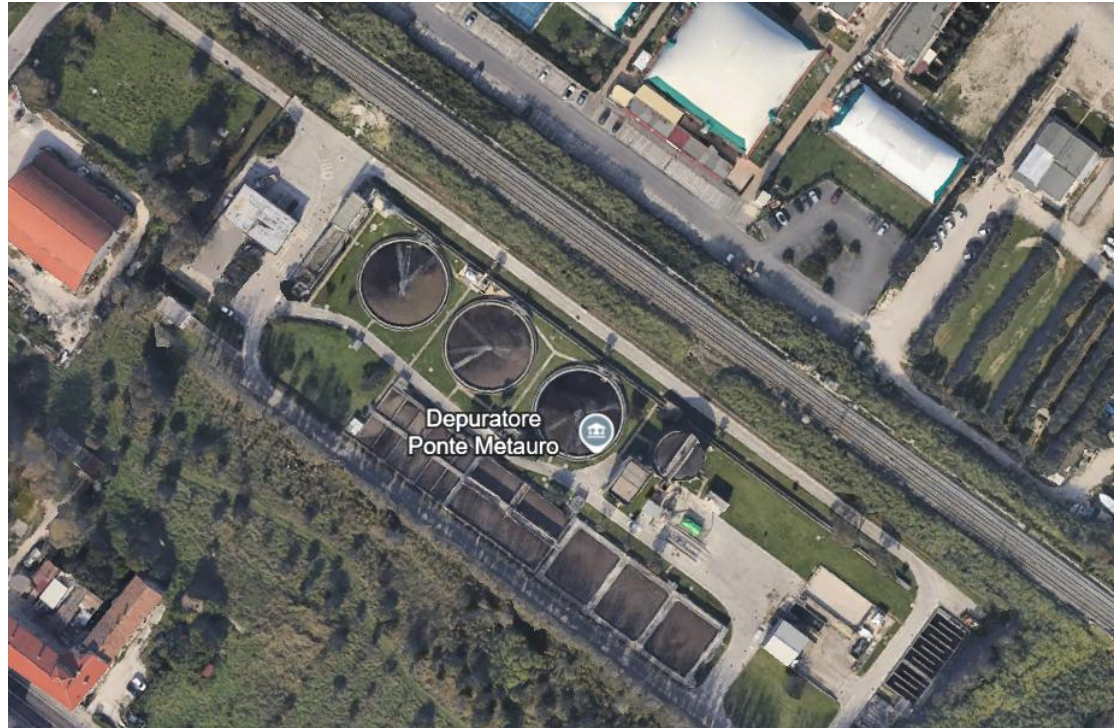
Gli studenti imparano a interpretare questa doppia firma ambientale: una forte diminuzione della resistenza ai gas del BME680 indica la presenza di gas derivanti dall'evaporazione dell'acqua o dai processi biologici; al contrario, un picco isolato del sensore MQ-7 indica una combustione meccanica proveniente dai macchinari di servizio in funzione.

Gli studenti vengono introdotti al payload del drone dotato del sensore BME680, che monitora parametri ambientali fondamentali:

- Temperatura (°C)
- Umidità (%)
- Pressione (hPa)
- Resistenza ai gas
- Altitudine (m)

Gli studenti apprendono che la resistenza ai gas funziona come indicatore indiretto: una forte diminuzione della resistenza rivela la presenza di VOC dispersi accidentalmente insieme a biogas invisibile.





Vista aerea dell'impianto di trattamento delle acque di Fano. Fonte: DJI Mini 4 Pro

Domande guida:

1. In che modo un impianto di trattamento delle acque come quello di Fano trasforma un potenziale rischio ambientale in un sistema gestito e a ciclo chiuso?
2. Perché l'utilizzo di un drone è più efficace per individuare le emissioni di odori sopra i bacini di trattamento delle acque rispetto all'utilizzo di una singola stazione di monitoraggio fissa a terra?

3. Quali sfide ambientali e operative potremmo affrontare durante il volo di un drone per raccogliere dati vicino a grandi superfici liquide aperte all'interno di un impianto industriale?

Fase 2 – Esplorazione (Indagine e Confronto)

In questa fase, gli studenti passano da una discussione generale sugli impianti di trattamento delle acque a un'esplorazione mirata di come droni e sensori vengono utilizzati per raccogliere dati ambientali in modo sicuro. L'obiettivo è comprendere le capacità e i limiti dell'utilizzo di un drone dotato di un registratore ambientale multiparametrico.

Per prima cosa, agli studenti vengono presentati i componenti del registratore della qualità dell'aria. Il formatore spiega il ruolo di ciascun elemento: il sensore BME680 misura temperatura, umidità, pressione e COV, il sensore MQ7 Gas per i livelli di CO, il microcontrollore ESP8266 gestisce la raccolta dei dati e la scheda SD memorizza i dati. I seguenti manuali sono utili per una migliore comprensione:

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

Il formatore presenta poi il drone commerciale e la sua applicazione per la tutela dell'ambiente. Il trainer introduce la configurazione a doppio sensore: il BME680 tiene traccia di temperatura, umidità, pressione e ampia resistenza ai gas COV, mentre l'MQ-7 si concentra specificamente sui livelli di monossido di carbonio.

Viene quindi prestata attenzione alle sfide legate al collegamento di un carico utile personalizzato a un drone. Viene fortemente sottolineata l'importanza di mantenere abilitati tutti i sistemi di sicurezza, rafforzando il funzionamento responsabile e professionale dei droni.

Utilizzando Google Maps, gli studenti identificano specifiche zone target operative per pianificare una rotta di volo ottimizzata.



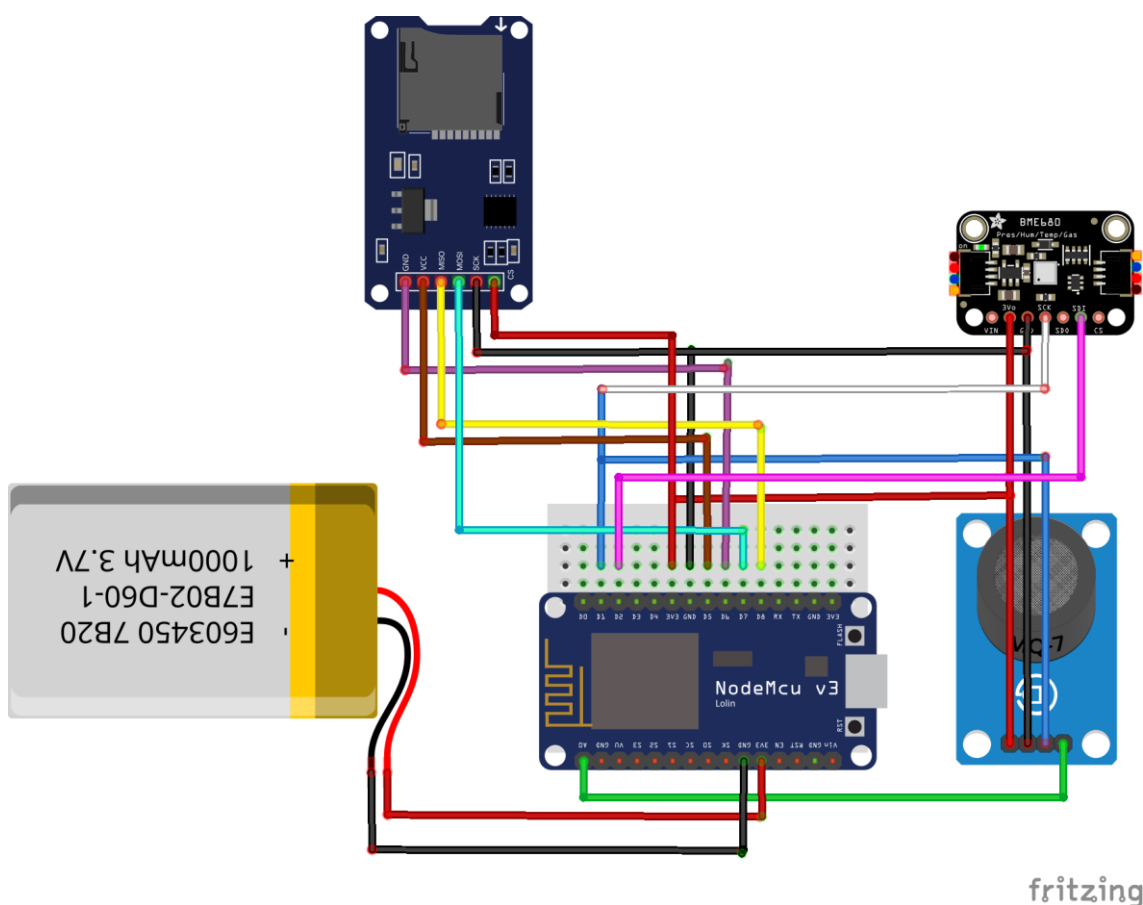
Punto di osservazione nell'impianto di trattamento delle acque di Fano. Fonte: Google Earth

Nell'ambiente selezionato, gli studenti pianificano una rotta di volo strategica per catturare i gradienti di qualità dell'aria, i COV e i livelli di CO.

I gruppi discutono l'altezza del volo, la direzione del movimento e i punti in cui potrebbe essere necessario un volo più lento per migliorare la qualità dei dati e ridurre l'oscillazione del carico utile. Una cosa importante da dire agli studenti prima di iniziare questo compito è mantenere il rispetto e non sorvolare persone/edifici senza il loro permesso.

Fase 3 – Applicazione (Esercitazioni pratiche)

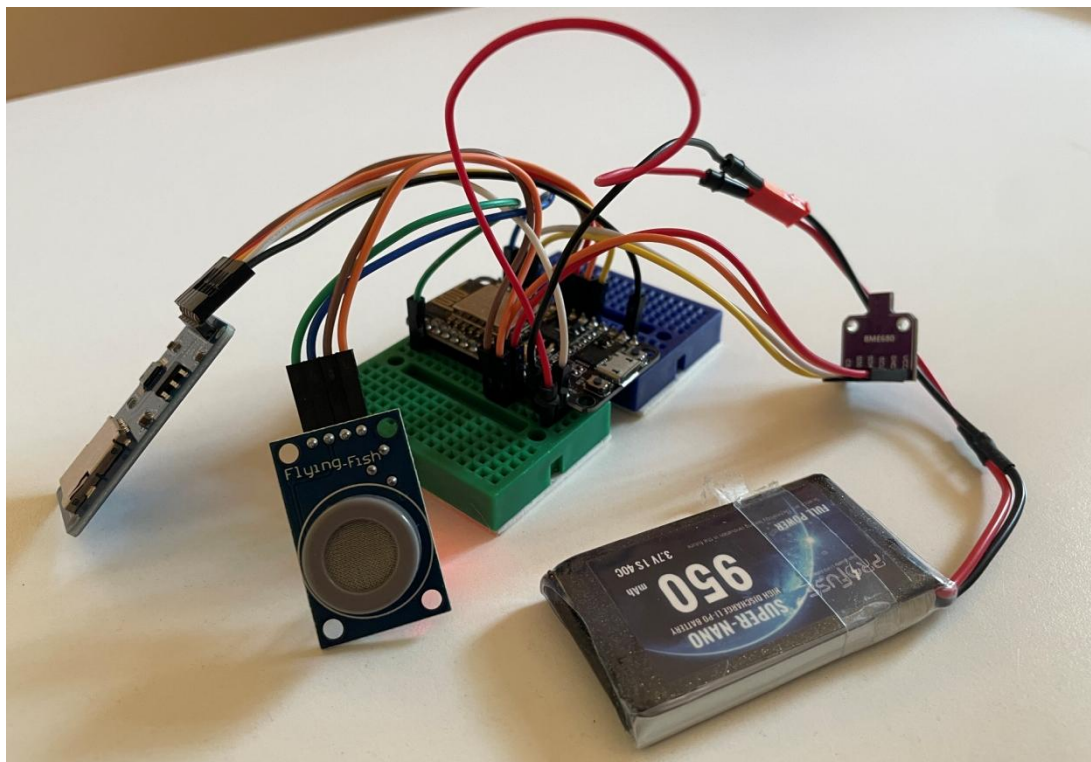
La sessione inizia con una breve introduzione ai manuali tecnici, che guidano gli studenti nella configurazione dell'ESP8266, nei test di base dei sensori e nella preparazione della scheda SD. Utilizzando lo schema elettrico fornito e il codice sorgente, il formatore spiega come l'ESP8266 si collega 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 i dati vengano registrati correttamente prima di integrare il sistema con il drone.



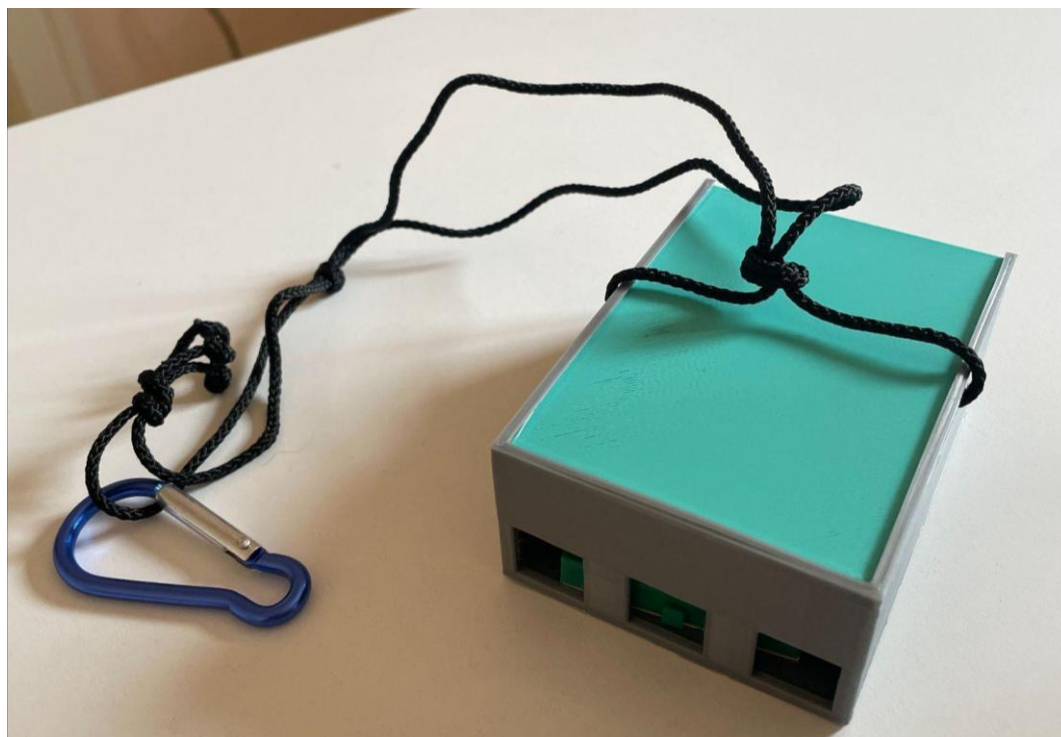
fritzing

Lo schema elettrico fornito ha uno scopo puramente illustrativo. A causa della disponibilità sul mercato e delle differenze tra i vari produttori, i componenti fisici presenti nel kit potrebbero variare leggermente per colore, forma o

disposizione dei pin rispetto alle immagini. Non affidatevi esclusivamente al confronto visivo; leggete sempre le etichette serigrafate stampate sui vostri specifici moduli per garantire un corretto collegamento dei cavi.



Integrazione del sensore BME680 e del sensore di gas MQ7



Payload del drone

Gli studenti procedono quindi con l'assemblaggio del sistema di payload sul drone commerciale. Il payload viene fissato saldamente sotto il drone tramite una corda. Un'altra possibilità consiste nell'utilizzare un filo in plastica con una clip per collegare il payload al drone personalizzato.



Drone DJI 4 Mini Pro con payload.

Viene effettuato un controllo pre-volo per verificare che il sistema di sospensione del payload sia fissato correttamente e che la registrazione attiva dei dati sia funzionante.



Vista aerea dell'impianto di trattamento delle acque. Fonte: DJI 4 Mini Pro

Le operazioni sul campo vengono svolte lentamente e in modo regolare lungo il percorso pianificato, utilizzando movimenti delicati e progressivi degli stick di controllo per ridurre al minimo l'oscillazione del payload. Il drone rimane sospeso in sicurezza a una distanza regolamentata sopra ciascuna zona operativa designata, consentendo a entrambi i sensori di stabilizzarsi.



Ingresso dell'impianto di trattamento delle acque (Punto di monitoraggio 1). Fonte: DJI Mini Pro 4



Percorso di volo del drone DJI (Punto di monitoraggio 2). Fonte: DJI Mini Pro 4





Impianto di trattamento delle acque (Punto di monitoraggio 3). Fonte: DJI Mini Pro 4

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

La tabella seguente illustra i risultati del monitoraggio registrati durante un momento specifico (16 giugno 2026) presso l'impianto di trattamento delle acque reflue urbane di Fano. I dati, raccolti dai sensori BME680 e MQ7, includono temperatura, umidità, gas e livelli di CO e vengono forniti come supporto per la creazione di un foglio di lavoro destinato ai formatori da utilizzare con gli studenti.

Punto di monitoraggio	Temp. (°C)	Umidità (%)	Pressione (hPa)	Resistenza del gas (kOhms)	Livello di monossido di carbonio (Analogico) Dati grezzi	Livello di monossido di carbonio (ppm) Stimato
Punto di monitoraggio 1 – Ingresso dell'impianto	30.97	60.18	1017.9	220.5	736	0,84
	30.77	60.27	1017.91	200.75	740	0,83
	30.66	60.99	1017.91	189.1	744	0,81
	30.61	60.99	1017.91	184.27	746	0,8
	30.6	60.96	1017.9	178.19	745	0,8

	30.6	61.01	1017.9	173.93	744	0,79
	30.63	61.24	1017.93	171.62	747	0,79
	30.63	60.75	1017.92	170.05	748	0,8
	30.61	60.87	1017.92	168.68	748	0,8
	30.64	60.78	1017.92	167.5	748	0,82
Punto di monitoraggio 2 – Bacino di trattamento delle acque reflue urbane	30.24	62.99	1017.99	149.42	738	0,81
	30.25	62.59	1017.98	151.04	738	0,82
	30.25	62.13	1017.98	151.72	739	0,82
	30.26	61.67	1017.97	150.63	739	0,83
	30.28	61.48	1017.96	149.55	739	0,83
	30.32	61.3	1017.95	148.76	739	0,83
	30.35	61.21	1017.95	148.89	738	0,83
	30.4	61.05	1017.95	148.76	739	0,83
	30.45	60.93	1017.96	147.71	740	0,83
	30.5	60.9	1017.97	147.45	740	0,83
Punto di monitoraggio 3 – Tra i due bacini di trattamento delle acque reflue	30.55	60.85	1017.98	145.9	740	0,83
	30.6	60.98	1017.99	146.42	740	0,83
	30.65	60.71	1018	147.58	740	0,83



30.7	60.52	1018.02	148.49	740	0,83
30.76	60.36	1018.03	149.02	740	0,83
30.8	60.19	1018.04	149.69	740	0,83
30.84	60.08	1018.05	150.09	740	0,83
30.88	59.97	1018.05	150.9	740	0,83
30.91	59.85	1018.06	151.58	740	0,83
30.94	59.75	1018.07	152.83	741	0,83

Punto di monitoraggio	Temp. (°C) media	Umidità (%) media	Pressione (hPa) media	Resistenza del gas (kOhms) media	Altezza (m) media	Livello di monossido di carbonio (Analogico) Dati grezzi media	Livello di monossido di carbonio (ppm) Stimato media
1	30.24754	61.17077	1017.937	167.1238	740	30.24754	0,82
2	30.17737	62.23947	1017.993	150.6342	738.6316	30.17737	0,81
3	30.78091	60.26818	1018.033	149.3627	737.6364	30.78091	0,83

In conclusione, questo caso di studio dimostra che il profilo manuale tramite drone rappresenta un metodo altamente efficace e accessibile per il rilevamento localizzato della qualità dell'aria e del monossido di carbonio (CO) presso un impianto di trattamento delle acque reflue urbane.

Il sensore BME680 ha mappato l'impronta generale della qualità dell'aria dell'impianto, registrando una diminuzione della resistenza ai gas direttamente sopra i bacini di trattamento delle acque reflue, dovuta all'accumulo localizzato di composti organici volatili.

Per il monitoraggio specifico dei gas tossici, il sensore MQ-7 ha mantenuto una linea di riferimento stabile in tutti i punti di rilevamento, confermando la presenza di un ambiente pulito e privo di processi di combustione.



Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione)

Presentazioni di gruppo:

Ogni gruppo prepara una breve presentazione che ripercorre le principali fasi del progetto. Gli studenti spiegano il percorso di volo pianificato e presentano i dati raccolti in ciascun punto di osservazione. Descrivono inoltre quali schemi hanno osservato nei dati sulla qualità dell'aria e nei livelli di concentrazione di CO₂, discutendo le possibili ragioni delle differenze 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. Gli studenti confrontano i registri dei dati provenienti dai diversi gruppi e identificano somiglianze e differenze nelle letture dei gas nelle varie zone di studio. I principali punti di discussione includono:

- Come la combinazione di un sensore di rilevamento ad ampio spettro (BME680) con un sensore specifico per un determinato gas (MQ-7) permetta di distinguere l'impatto operativo dei macchinari pesanti dai normali processi di decomposizione naturale.
- Quali limitazioni esistano nell'utilizzo di voli con drone di breve durata e localizzati rispetto a stazioni ambientali permanenti di monitoraggio a lungo termine.
- Come variabili ambientali quali velocità e direzione del vento, temperatura ambiente e pressione barometrica influenzino la concentrazione e il movimento dei pennacchi di gas dispersi accidentalmente.
- Perché il rigoroso rispetto delle norme di sicurezza e l'utilizzo responsabile dei droni siano essenziali durante i voli all'interno di aree industriali operative.
- Come questo tipo di dati aerei di monitoraggio a doppio parametro possa supportare i responsabili degli impianti nell'ottimizzazione della manutenzione e nella prevenzione delle fughe di gas serra.

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, includendo:

- Cosa hanno imparato sulla raccolta di dati relativi alla qualità dell'aria utilizzando i droni.
- Come il pilotaggio con un payload sospeso abbia influenzato il processo decisionale.
- Il ruolo della pianificazione, della sicurezza e del lavoro di squadra nel successo delle attività sul campo.
- Come l'inquinamento atmosferico possa influenzare l'ambiente e la salute umana.



Quiz**1. Che cosa misura il sensore MQ-7?**

- a) Velocità del vento
- b) Monossido di carbonio (CO) proveniente da motori e scarichi
- c) Temperatura dell'aria
- d) Purezza dell'acqua

2. Quando si utilizza il sensore di qualità dell'aria BME680, cosa significa una diminuzione della resistenza ai gas?

- a) La batteria si sta scaricando.
- b) L'aria sta diventando più pulita.
- c) Il drone sta volando troppo velocemente.
- d) La quantità di gas o composti organici nell'aria è aumentata.

3. Perché un drone dovrebbe rimanere in hovering (fermo in volo) per 10-15 secondi quando raccoglie un campione d'aria?

- a) Per permettere ai motori del drone di raffreddarsi.
- b) Per ridurre il movimento del sensore e consentirgli di ottenere una lettura dell'aria stabile e accurata.
- c) Per fare una pausa e controllare il livello della batteria.
- d) Per permettere alla fotocamera di eliminare vecchie fotografie.

4. Qual è il motivo principale per cui viene effettuata una misurazione di "baseline" (linea di riferimento) in aria pulita prima di iniziare una missione?

- a) Per verificare quanto velocemente può volare il drone quel giorno.
- b) Per avere un riferimento di aria pulita da confrontare successivamente con le aree inquinate.
- c) Per verificare se il GPS del drone funziona.
- d) Per controllare se i sensori sono impermeabili.

5. Se un drone rileva un'elevata umidità e una diminuzione della temperatura proprio sopra una vasca di trattamento delle acque reflue, cosa indica questo?

- a) I sensori del drone sono guasti.
- b) Sta per piovere sull'impianto.
- c) L'acqua sta evaporando attivamente o si sta mescolando con l'aria sovrastante.
- d) Il terreno è completamente asciutto.

6. Cosa significa se il grafico del sensore di gas rimane completamente piatto e stabile durante tutto il volo?

- a) Il sensore è caduto dal drone.
- b) Non sono presenti perdite improvvise di gas né mezzi in movimento che stanno inquinando l'aria nelle vicinanze.
- c) La pressione dell'aria è troppo elevata per permettere al drone di volare.
- d) Il drone sta volando in cerchio.

7. Se il sensore generale dei gas mostra una grande variazione ma il sensore del monossido di carbonio (CO) rimane stabile, cosa possiamo concludere?

- a) Un camion è fermo con il motore acceso direttamente sotto il drone.
- b) La variazione dell'aria deriva da un processo biologico o legato all'acqua, non dagli scarichi dei motori.
- c) Il drone è volato troppo in alto entrando tra le nuvole.
- d) Entrambi i sensori hanno smesso completamente di funzionare.

8. Se la nostra centralina sensori non possiede un GPS integrato, come possiamo associare i dati dei gas alla posizione del drone?

- a) Indovinando dove si trovava il drone basandosi sulla memoria.
- b) Abbinando l'orario preciso della registrazione dei dati del gas con l'orario presente nel file dei sottotitoli video (.SRT) del drone.
- c) Collegando la centralina sensori al Wi-Fi dell'aula durante il volo.
- d) Appendendo un lungo metro dal drone fino al terreno.

9. Qual è un importante vantaggio del pilotaggio manuale del drone rispetto all'utilizzo di un percorso automatico in un sito industriale?

- a) Il drone può volare autonomamente senza essere controllato.
- b) Il pilota può evitare facilmente ostacoli imprevisti, come macchinari in movimento, mantenendo il controllo del drone.
- c) Il drone ricarica automaticamente la batteria in modalità manuale.
- d) Il pilota non deve rispettare alcuna norma di sicurezza aeronautica.

10. Perché è importante utilizzare esattamente le stesse procedure di raccolta dati ogni volta che viene effettuata una missione con drone?

- a) Perché il drone possa sempre volare alla massima quota consentita dalla legge.
- b) Per garantire che i file possano essere trasformati facilmente in formati per videogiochi.
- c) Per permettere ai diversi gruppi di studenti di confrontare accuratamente e verificare i dati sulla qualità dell'aria raccolti.
- d) Per assicurarsi che i sensori non debbano mai essere puliti.

Risposte

- 1. b — Il sensore MQ-7 misura nello specifico il monossido di carbonio (CO).
- 2. d — Quando i sensori a ossido metallico rilevano una maggiore quantità di gas target, la loro resistenza elettrica diminuisce.



3. b — Rimanere fermi elimina le turbolenze generate dalle eliche e i movimenti del payload, garantendo un campione più affidabile.
4. b — Una misurazione di riferimento stabilisce lo standard di “zero” per l’aria pulita in quella specifica giornata.
5. c — L’umidità proveniente dai processi con acqua raffredda direttamente l’aria e aumenta i valori rilevati di umidità.
6. b — Una linea piatta indica l’assenza di pennacchi di inquinamento localizzati o di veicoli in movimento nelle vicinanze.
7. b — Poiché il sensore della combustione (CO) non ha reagito, la variazione del gas è probabilmente dovuta a un processo non legato alla combustione.
8. b — L’associazione temporale permette di utilizzare i dati della telemetria del drone per georeferenziare i dati successivamente.
9. b — Il pilotaggio manuale con mantenimento del contatto visivo consente al pilota di adattarsi alle condizioni variabili degli ambienti industriali.
10. c — Mantenere la stessa metodologia garantisce che i dati siano scientificamente affidabili e riproducibili.

11. CRITERI DI VALUTAZIONE

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

- Lo studente dimostra di aver compreso che il BME680 misura la resistenza al gas come indicatore della qualità dell'aria e il sensore di gas MQ7 per rilevare i livelli di CO. Possono spiegare che un calo della resistenza indica tipicamente una maggiore concentrazione di composti volatili (COV) e livelli di concentrazione di monossido di carbonio (CO) emessi dagli impianti di trattamento delle acque.
- Lo studente contribuisce alla pianificazione del volo e spiega le decisioni relative al percorso, all'altezza e alla sicurezza.
- Lo studente partecipa efficacemente al lavoro di gruppo, rispettando i ruoli e contribuendo ai compiti condivisi.
- Lo studente presenta le informazioni in modo chiaro, utilizzando dati visivi per supportare le spiegazioni.
- Lo studente riflette sia sul potenziale che sui limiti del monitoraggio ambientale basato sui 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/1fFIacOnKl3LNpETiJVghhQkoenCvt5ct/edi



	t?usp=drive_link&ouid=110204741178376447896&rtpof=true&sd=true
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 del drone personalizzato):

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

13. RISORSE ESTERNE

Risorse	Link
Urban wastewater, European Commission	https://environment.ec.europa.eu/topics/water/urban-wastewater_en

14. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Aset S.p.A., Technical Management Framework and PSC - Baia Metauro Water Treatment Plant, Municipality of Fano, <https://www.asetservizi.it/servizio-idrico-integrato/servizi-dell-azienda/impianti/depuratori-acque-reflue/>

