



Analisi del rilevamento di perdite e infiltrazioni nelle linee di trasmissione

CENTRO RISORSE FLIGHT

Amministrazione idrica e fognaria di Gaziantep - TURCHIA



Co-funded by
the European Union

Sommario

1. INTRODUZIONE	2
2. DESTINATARI	2
3. SETTORE DI APPLICAZIONE.....	2
4. TIPO.....	2
5. DRONE UTILIZZATO.....	2
6. DURATA	3
7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO	3
8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE	3
1. Comunicazione e lingue	3
2. Competenze matematiche, scientifiche, tecniche e professionali.....	3
3. Competenze digitali.....	3
4. Competenze personali, sociali e professionali	3
5. Sicurezza, qualità e sostenibilità	4
6. Cittadinanza e competenza culturale	4
7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale	4
8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro	4
9. PREREQUISITI	4
10. SCHEMA DELLA LEZIONE	5
Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione).....	5
Fase 2 – Esplorazione (Indagine e Confronto).....	6
Fase 3 – Applicazione (Esercitazioni pratiche).....	8
Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione).....	9
11. CRITERI DI VALUTAZIONE (Focus sullo spazio confinato e sulla stazione di pompaggio)	11
12. MATERIALI DIDATTICI.....	12



1. INTRODUZIONE

Gli studenti piloteranno droni lungo linee di trasmissione che attraversano vasti terreni per analizzare dati di umidità e temperatura ad alta precisione forniti dal sensore BME680, identificando i cambiamenti "microclimatici" causati da perdite d'acqua sotterranee o superficiali.

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

Gli studenti condurranno una simulazione di "approvazione dell'ingresso sicuro" dispiegando droni in stazioni di pompaggio profonde dove l'ingresso umano comporta rischi vitali, misurando la concentrazione di gas, l'umidità e l'indice di qualità dell'aria (IAQ) tramite il sensore BME680.

Gli studenti analizzeranno il comportamento di stratificazione dei gas pericolosi sul piano verticale e i rischi di carenza di ossigeno confrontando i dati raccolti da diverse profondità delle stazioni di pompaggio. Sulla base dei risultati delle misurazioni effettuate tramite droni, gli studenti progetteranno un "Protocollo di ventilazione di emergenza e accesso sicuro" volto a proteggere la sicurezza della vita del personale in spazi confinati ad alto rischio.

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

Ci si aspetta che gli studenti acquisiscano una conoscenza di base di Arduino/MicroPython e delle norme fondamentali in materia di salute e sicurezza sul lavoro.

Per quanto riguarda l'uso della tecnologia, gli studenti devono avere familiarità con i principi fondamentali della sicurezza del volo dei droni, tra cui i controlli pre-volo, le procedure di decollo e atterraggio sicuri, la gestione della batteria e il mantenimento della linea visiva. Competenze digitali di base, come l'utilizzo di un dispositivo mobile o di un tablet per il controllo del volo e la revisione delle immagini acquisite, favoriranno una partecipazione efficace alla lezione.



10. SCHEMA DELLA LEZIONE

Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione)

Fase 1: Pericoli invisibili nelle stazioni di pompaggio (briefing sui rischi del gas e logica operativa del BME680)

Parte 1: Il "pericolo invisibile" nelle stazioni di pompaggio

Questa sezione si concentra sui rischi all'interno di ambienti chiusi e profondi, come le stazioni di pompaggio delle acque reflue, che sono spesso impercettibili ai sensi umani:

- **Presentazione dei Silent Killers:** un'esplorazione dettagliata delle caratteristiche (incolori, inodori o pungenti) e degli effetti fisiologici dell'accumulo di metano (CH₄) e idrogeno solforato (H₂S) nelle stazioni di pompaggio.
- **Comportamento fisico dei gas:** discussione su come i gas più pesanti dell'aria si depositano sul fondo delle stazioni di pompaggio, creando "sacche di gas" letali.
- **Prospettiva in materia di salute e sicurezza sul lavoro (OHS):** analisi delle conseguenze di una ventilazione inadeguata o del mancato utilizzo di dispositivi di protezione individuale (DPI) nelle stazioni profonde.

Parte 2: Logica operativa della misurazione della resistenza al gas BME680

Una discussione tecnica su come il sensore BME680 misura queste minacce invisibili nell'ambiente di campo:

- **Principi di resistenza ai gas:** spiegazione di come le molecole di gas reagiscono con lo strato di ossido metallico del sensore per modificare la resistenza elettrica, che viene poi convertita in un valore numerico.
- **Valori soglia e livelli di allarme:**
 - **TWA (media ponderata nel tempo):** limite di esposizione su un turno di 8 ore.
 - **STEL (limite di esposizione a breve termine):** soglia di sicurezza per intervalli di 15 minuti.
 - **Sensibilità incrociata:** discussione del potenziale del sensore di reagire a gas diversi dal gas target e del suo impatto sulla precisione complessiva dei dati.

Parte 3: Introduzione alla calibrazione dei sensori

Preparazione per l'implementazione sul campo, sottolineando perché i sensori devono essere verificati periodicamente per mantenere dati affidabili

- **Calibrazione zero:** assicurarsi che il sensore visualizzi esattamente "0" in ambienti con aria pulita in cui non sono presenti gas target.
- **Calibrazione della campata:** verifica della precisione della misurazione utilizzando un gas di prova di concentrazione nota.
- **Avvelenamento dei sensori:** spiegazione dei rischi di perdita di sensibilità dei sensori a causa dell'esposizione a sostanze chimiche ad alta concentrazione o silicioni.



Domande guida / Discussione in classe:

- Perché il monitoraggio delle concentrazioni di gas nelle stazioni di pompaggio è considerato una difesa fondamentale contro un "pericolo invisibile"?
- In che modo il processo di calibrazione del sensore in un ambiente controllato garantisce l'affidabilità dei dati raccolti durante le applicazioni sul campo?
- Perché è essenziale che il drone resti sospeso su una coordinata fissa per 30 secondi per garantire una registrazione accurata dei dati?

Fase 2 – Esplorazione (Indagine e Confronto)

Fase 2: Profilazione verticale del gas e integrazione della IAQ BME680
Descrizione:

In questa fase, gli studenti studiano le “tre grandi minacce” alla sicurezza operativa in ambienti profondi: accumulo di gas, deriva dei sensori e vincoli di accesso fisico. Imparano come integrare l'algoritmo IAQ (Air Quality Index) nel software del drone per monitorare i cambiamenti della qualità dell'aria mentre il drone scende a diverse altitudini di una stazione di pompaggio.

Parte 1: Processo di calibrazione e verifica tecnica

Questa sezione riguarda l'"azzeramento" e la regolazione della sensibilità dei sensori prima del volo verticale

Calibrazione aria zero: impostazione del sensore su "0" al livello di ingresso (aria pulita di riferimento) per stabilire una linea di base pulita.

Regolazione della campata: testare la risposta del sensore utilizzando un gas a concentrazione nota per garantire che le letture digitali corrispondano alla realtà fisica degli ambienti con pozzi profondi.

Analisi della deriva dei sensori: analisi di come le variazioni di umidità e temperatura all'interno delle stazioni profonde possano causare la "deriva" dei sensori e perché la verifica pre-volo sia fondamentale.

Parte 2: Profilazione verticale e osservazione dei dati

Gli studenti analizzano come la qualità dell'aria si traduce in segnali digitali durante la discesa graduale:

- **Simulazione della discesa verticale:**
 - **Livello base:** monitoraggio dei dati di riferimento sull'aria pulita.
 - **Livello medio:** osservazione dell'aumento iniziale della resistenza al gas e dell'inizio dell'accumulo di gas. Livello profondo (sala pompe e valvole): misurazione dei dati nella zona a rischio massimo, dove la densità del gas è più elevata.
- **Tempo di risposta (T90):** misurazione del tempo necessario al sensore per stabilizzarsi a ciascun livello di elevazione.
- **Algoritmo IAQ e grafici di stratificazione:** monitoraggio del modo in cui l'umidità e la resistenza ai gas cambiano a diverse altezze attivano soglie di allarme specifiche (ad esempio, limite di allarme inferiore - LAL).



Parte 3: Rischi di calibrazione impropria in spazi confinati

- **Pericolo di deriva negativa:** analisi del rischio se un sensore non riesce a rilevare sacche tossiche al "livello profondo" a causa di un azzeramento improprio.
- **Falsi allarmi e protocolli di ingresso:** discussione su come una calibrazione scadente possa causare "stanchezza da allarme", costringendo il personale a rischiare l'ingresso in sale pompe pericolose.

Domande guida / Discussione in classe:

- Perché può verificarsi un accumulo letale di gas al livello profondo (sala valvole) anche se il sensore al livello di ingresso mostra "aria pulita"?
- In che modo la capacità del BME680 di misurare l'umidità migliora l'affidabilità dei dati IAQ nelle stazioni di pompaggio umide?
- Quale elevazione (Entry, Mid o Deep) rappresenta la sfida più grande per la stabilità dei droni e la registrazione accurata dei dati?
- Breve lettura / Infografica:
- Effetto "Heavy Pocket": una guida visiva che mostra come gas come H_2S si depositano alle quote più basse delle stazioni di pompaggio, creando pericoli invisibili per le squadre di manutenzione.

Attività di lavoro di gruppo:

Piccoli gruppi analizzano i registri di volo verticali; identificano a quale specifica altitudine la concentrazione di gas è diventata "irrespirabile" e determinano i protocolli di sicurezza richiesti affinché un tecnico possa entrare nell'area di medio livello.



Fase 3 – Applicazione (Esercitazioni pratiche)

Fase 3: Analisi IAQ (indice di qualità dell'aria) e missione sul campo

Descrizione: Questa fase riguarda i protocolli operativi per convertire i dati sul campo in un punteggio IAQ (0-500) utilizzando il sensore BME680 montato sul drone. Gli studenti classificheranno le zone a rischio per determinare i dispositivi di protezione individuale (DPI) necessari, come maschere o tute protettive complete, sulla base di letture della qualità dell'aria in tempo reale.

Parte 1: Preparazione pre-volo e protocolli di sicurezza IAQ

- **Coordinare la selezione e la pianificazione della missione:** predefinire i punti ad alto rischio sulla mappa dei rischi dell'impianto, come le sale valvole e gli ingressi delle acque reflue, dove sono più previsti bassi punteggi IAQ (elevato inquinamento).
- **Valutazione ambientale:** valutazione della velocità del vento, della temperatura e della potenza del segnale GPS, che influiscono direttamente sulla sicurezza del volo e sulla precisione del sensore.
- **Preparazione di sensori e DPI:** verificare che il sensore calibrato sia montato saldamente e garantire che maschere e tute protettive complete siano preparate secondo le classificazioni di sicurezza previste.

Parte 2: Esecuzione operativa e punteggio dei dati

- **La regola del passaggio del mouse di 30 secondi (punteggio IAQ):** mantenere una posizione stabile su ciascuna coordinata per 30 secondi per consentire al sensore di raggiungere il suo tempo di risposta completo (T90), garantendo un punteggio IAQ accurato e stabile compreso tra 0 e 500.
- **Gestione dell'altitudine:** esecuzione di misurazioni a diverse altezze (ad esempio, livello del suolo rispetto a linee elevate) per osservare come l'indice di qualità dell'aria fluttua lungo il profilo verticale.
- **Registrazione dati sincronizzata:** registrazione simultanea delle coordinate GPS con timestamp e dei valori IAQ per mantenere l'integrità spaziale del set di dati.

Parte 3: Classificazione IAQ e classificazione della gestione del rischio dei punteggi (0-500):

- **Rischio basso/moderato:** identificazione delle aree in cui il lavoro può essere svolto in sicurezza o con una mascherina protettiva standard.
- **Rischio elevato:** rilevamento di "zone rosse" con punteggi IAQ critici che impongono l'uso di tute protettive complete e un accesso limitato al personale.
- **Protocolli di navigazione e di emergenza:** garantire la sicurezza del volo attorno alle condutture e alle linee ad alta tensione e implementare protocolli di "ritorno a casa" (RTH) in caso di perdita del segnale GPS in aree vegetali profonde o confinate.





Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione)

Fase 4: Creazione di un protocollo di lavoro sicuro (analisi dei dati e autorizzazione all'ingresso sul campo)

Descrizione: Questa fase prevede l'elaborazione di dati grezzi sul campo in un ambiente digitale per calcolare il tempo di ventilazione richiesto in base alle concentrazioni di gas misurate prima dell'ingresso del personale e la preparazione di una bozza di "Permesso di ingresso sul campo".

Parte 1: Trasferimento dati e conversione del formato

- **Scarico dati:** trasferimento di file con timestamp in formato .csv o .txt dalla memoria interna del drone o da un data logger specializzato a un computer.
- **Pulizia dei dati:** filtraggio del set di dati per rimuovere il rumore dai periodi di decollo, atterraggio e transito, concentrandosi esclusivamente sulle finestre "hovering" di 30 secondi su ciascuna coordinata designata.
- **Sincronizzazione spaziale:** garantire che ogni lettura della concentrazione del gas (ppm) o punteggio IAQ sia accuratamente abbinato alla coordinata GPS corrispondente per mantenere l'integrità spaziale.

Parte 2: Analisi dei dati e calcolo della ventilazione

- **Definizione delle soglie critiche:** integrazione degli standard di sicurezza industriale nel foglio di calcolo per stabilire i livelli di "Sicuro", "Avvertenza" e "Pericolo".
- **Calcolo del tempo di ventilazione richiesto:** determinazione matematica della durata minima di ventilazione necessaria per portare l'ambiente a livelli sicuri in base alla densità del gas misurata.
- **Analisi statistica (media vs. picco):** calcolo delle concentrazioni medie negli intervalli di 30 secondi per filtrare le fluttuazioni e identificare al contempo i "valori di picco" per individuare le fonti esatte delle perdite.
- **Generazione di mappe di rischio:** creazione di mappe di calore o grafici di distribuzione sovrapposti al layout dell'impianto per fornire una rappresentazione



visiva della densità e del movimento del gas.

- **Redazione del "Permesso di ingresso sul campo":** preparazione di una bozza formale di documento che delinea le condizioni specifiche (ad esempio, tempo di ventilazione, tipi di maschera richiesti) in base alle quali al personale è consentito entrare nella zona.
- **Risultati del supporto alle decisioni:** finalizzazione dei report che identificano le "zone rosse" per attivare azioni amministrative immediate, come manutenzione di emergenza o accesso limitato al personale.



Attività di riflessione/Domande guida:

- **Raccolta dati verticale:** cosa hai imparato sul processo tecnico di raccolta dei dati di profilazione verticale del gas dai punti più profondi delle stazioni di pompaggio utilizzando la tecnologia dei droni?
- **Processo decisionale operativo:** in che modo pilotare un drone con un carico utile integrato con sensore BME680 in spazi ristretti e profondi ha influenzato il processo decisionale operativo e l'approccio alla sicurezza del volo?
- **La regola dei 30 secondi:** perché la regola del "hovering" di 30 secondi è così fondamentale per garantire l'accuratezza dei tempi di ventilazione calcolati e l'affidabilità del rapporto finale sulla sicurezza?
- **Rilevamento dei pericoli invisibili:** qual è il ruolo fondamentale di una pianificazione meticolosa, della calibrazione dei sensori e del lavoro di squadra nel rilevare con successo i "pericoli invisibili" (come le sacche di metano e H₂S) negli ambienti delle stazioni di pompaggio?
- **Sicurezza basata sui dati:** sulla base della tua analisi Excel e del "Permesso di ingresso sul campo" che hai redatto, in che modo i protocolli basati sui dati migliorano la gestione dei rischi per la sicurezza e la salute del personale e le decisioni gestionali all'interno della struttura?

11. CRITERI DI VALUTAZIONE (Focus sullo spazio confinato e sulla stazione di pompaggio)

Quiz sui rischi dei gas nelle stazioni di pompaggio e sulla tecnologia dei sensori:

vengono somministrati brevi quiz per misurare la comprensione da parte degli studenti dei rischi specifici dei gas nelle stazioni di pompaggio (metano, H₂S) e del meccanismo dei sensori BME680. Le domande a risposta chiusa valutano la logica di resistenza del sensore e i valori di soglia critici, mentre le domande a risposta aperta esplorano il motivo per cui la profilazione verticale basata su droni è indispensabile per la sicurezza della vita nelle stazioni profonde.

Identificazione delle anomalie dei gas negli spazi confinati e delle zone a rischio: gli studenti vengono valutati in base alla loro capacità di identificare la stratificazione pericolosa dei gas che può verificarsi nelle profondità delle stazioni di pompaggio (come le sale pompe e valvole) e le anomalie nei registri dei dati. La valutazione comprende l'analisi delle immagini di volo verticale all'interno della stazione e la marcatura accurata delle "Zone Rosse" (punti di ingresso non sicuri) all'interno dei set di dati Excel.

Autovalutazione per l'ingresso e l'ispezione sicuri: gli studenti compilano liste di controllo di autovalutazione per valutare la loro competenza nell'utilizzo di droni per ispezioni profonde delle stazioni e la loro abilità nell'eseguire calibrazioni dei sensori. Il processo di riflessione si concentra sull'uso responsabile della tecnologia dei droni contro i rischi legati allo spazio confinato e sulle sfide operative incontrate.

Protocolli operativi e revisione tra pari: durante le attività di gruppo, gli studenti valutano la sicurezza del piano di volo di profilazione verticale del gas, l'accuratezza dei calcoli del tempo di ventilazione e il coordinamento all'interno del team attraverso protocolli di revisione tra pari.

Portfolio "Analisi dell'ingresso sicuro": ogni gruppo invia un portfolio contenente note di misurazione delle stazioni di pompaggio, tabelle di dati del profilo verticale (Excel/Google Sheets), mappe di calore contrassegnate e bozze di "Permessi di ingresso sul campo"

Campionamento verticale e documentazione delle immagini: la valutazione riguarda l'aderenza del drone alla regola del volo stazionario di 30 secondi all'interno della stazione, l'allineamento delle coordinate di misurazione selezionate con i punti ad alto rischio (livelli di valvole/pompe) e la capacità dei dati visivi acquisiti di supportare decisioni di ingresso sicure.



12. MATERIALI DIDATTICI

1-

Risorse	Link
1. DJI Mini 4 Pro with DJI RC 2 remote controller Handbook_V4	https://docs.google.com/document/d/1fFIacOnKl3LNpETiJVGHhQkoenCvt5ct/edit?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):

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

