



GASKİ Genel Müdürlüğü

**Projeht monitorovania kvality ovzdušia a mapovania toxických plynov v čistiarni odpadových vôd**

**Odkaz na aktivitu: 3.2 – Tvorba projektov pre FLIGHT RESOURCE CENTER**



## Obsah

|                                                                                                 |                |            |                                          |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------------------------------------|-----------------------|
| <b>1. Chyba!</b>                                                                                | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.2.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.3.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.4.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.5.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.6.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.7.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.8.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.9.</b>  |
| <b>Chyba!</b>                                                                                   | <b>Záložka</b> | <b>nie</b> | <b>je</b>                                | <b>definovaná.10.</b> |
| <b>Chyba! Záložka nie je definovaná. Fáza 1 – Úvod do témy (Aktivizovať a kontextualizovať)</b> |                |            |                                          | <b>7</b>              |
| <b>Fáza 2 – Objavovanie (Skúmať a porovnávať)</b>                                               |                |            |                                          | <b>7</b>              |
| <b>Fáza 3 – Realizácia (Praktické cvičenie)</b>                                                 |                |            |                                          | <b>9</b>              |
| <b>Fáza 4 – Reflexia a upevňovanie (Súčasnosť a prepájanie)</b>                                 |                |            |                                          | <b>10</b>             |
| <b>11.</b>                                                                                      |                |            |                                          | <b>Chyba!</b>         |
| <b>Záložka nie je definovaná.12.</b>                                                            |                |            |                                          | <b>Chyba!</b>         |
| <b>Záložka nie je definovaná.13.</b>                                                            |                |            |                                          | <b>Chyba!</b>         |
| <b>Záložka nie je definovaná.14.</b>                                                            |                |            | <b>Chyba! Záložka nie je definovaná.</b> |                       |

## 1. NÁZOV

Monitoring kvality ovzdušia a mapovanie toxických plynov v čistiarni odpadových vôd



Co-funded by  
the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



## 2. KRÁTKY OPIS

Tento projekt, navrhnutý pre žiakov odborného vzdelávania na úrovni ISCED 3 (vyššie sekundárne vzdelávanie), prepája oblasť environmentálneho inžinierstva s technológiami Priemyslu 4.0, robotikou a bezpilotnými leteckými systémami. Čistiare odpadových vôd predstavujú kritickú infraštruktúru, v ktorej sa môžu vyskytovať neviditeľné nebezpečenstvá, ako sú sýrovodík ( $H_2S$ ), oxid uhoľnatý ( $CO$ ) a prchavé organické zlúčeniny ( $VOC$ ), ktoré predstavujú významné riziko pre bezpečnosť pracovníkov a často znemožňujú bezpečný manuálny monitoring.

V tomto interdisciplinárnom projekte sa žiaci z pasívnych pozorovateľov stanú aktívnymi technikmi a inžiniermi. Zostavia, naprogramujú a otestujú vlastný dron FLIGHT Kit, ktorý vybaví senzormi MQ7 na detekciu oxidu uhoľnatého a BME680 na monitorovanie kvality ovzdušia, prchavých organických zlúčenín a ďalších environmentálnych parametrov. Následne vykonajú monitorovací let, počas ktorého budú bezpečne zhromažďovať geolokalizované údaje o kvalite ovzdušia v potenciálne rizikovom prostredí bez priameho vystavenia človeka nebezpečným plynom.

Na záver spracujú získané údaje do podoby digitálnej mapy koncentrácie toxických plynov (Toxic Gas Heat Map), čím sa naučia premieňať namerané senzorové údaje na prakticky využiteľné informácie pre hodnotenie rizík, ochranu zdravia pri práci a environmentálny monitoring. Tento projekt zároveň rozvíja kompetencie v oblasti digitálnej inšpekcie, analýzy dát, bezpečnosti práce a inteligentného monitorovania kritickej infraštruktúry. **Occupational Health and Safety (OHS) intelligence.** This hands on approach equips learners with essential skills in sensor coding, data analysis, and risk management for the industries of the future.





### 3. PREDMET

- ☐ Poľnohospodárstvo
- ☐ Reakcia na katastrofy a mimoriadne udalosti
- ☐ Stavebníctvo
- ☒ Vodohospodárstvo
- ☒ Ochrana životného prostredia
- ☐ Iné

### 4. TYP

- ☒ Vyučovací hodina
- ☐ Projekt
- ☐ Aktivita

### 5. POUŽITÝ DRON

- Custom Drone (FLIGHT Kit)

### 6. TRVANIE

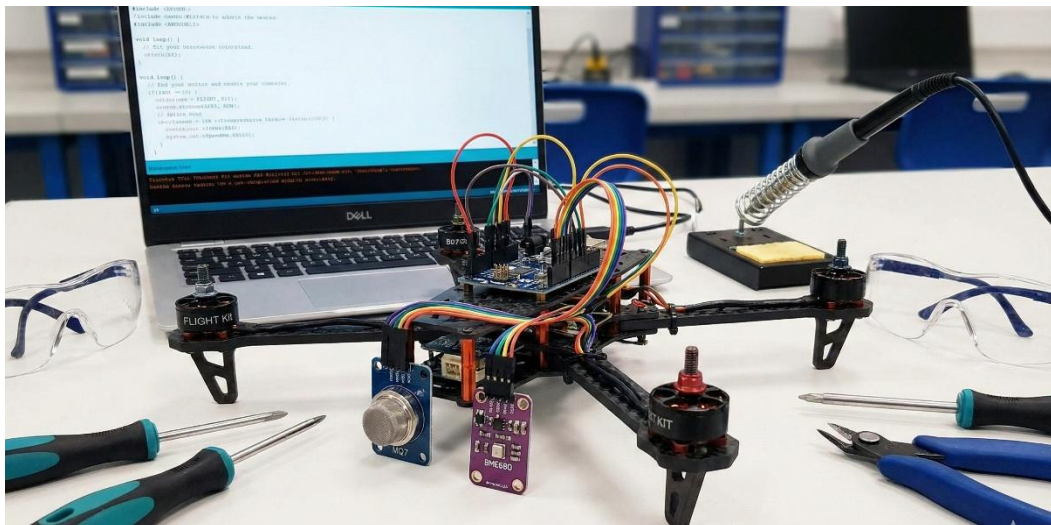
- ☐ 1 x 45-minutová hodina
- ☐ 1 x 60-minutová hodina
- ☐ 1 x 90-minutový blok



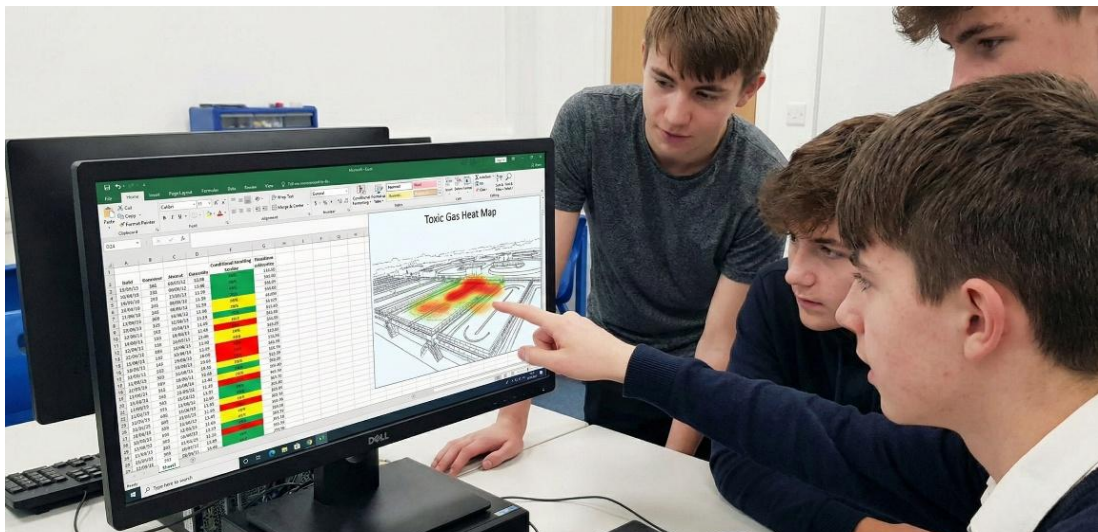
- 2 x 45-minutové hodiny
- 2 x 60-minutové hodiny
- Dvojhodinový blok (2 x 60 minút) voliteľné projektové domáce zadanie.

## 7. CIELE VYUČOVACEJ HODINY

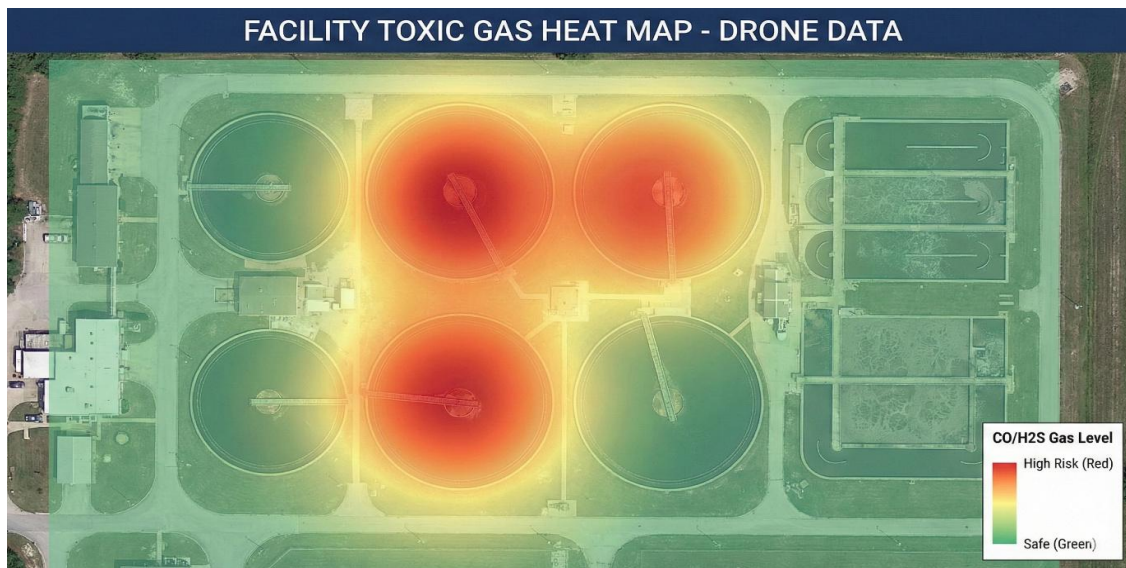
- Žiaci (*subjekt*) nastavlia (*akčné sloveso*) frekvenciu načítavania údajov (*objekt*) programovaním senzorov MQ7 a BME680 na súprave FLIGHT v prostredí školskej dielne ( *kontext*).



- Žiaci (*subjekt*) vytvoria (*akčné sloveso*) mapu kvality ovzdušia (Air Quality Heat Map) monitorovaného objektu(*objekt*) spracovaním zozbieraných údajov v tabuľkovom procesore (*kontext*).



- Žiaci (*subjekt*) vytvoria (*akčné sloveso*) **teplotnú mapu kvality ovzdušia** (**Air Quality Heat Map**) monitorovaného objektu (*objekt*) spracovaním zozbieraných údajov v tabuľkovom procesore (napr. Microsoft Excel alebo Google Sheets) (*kontext*).



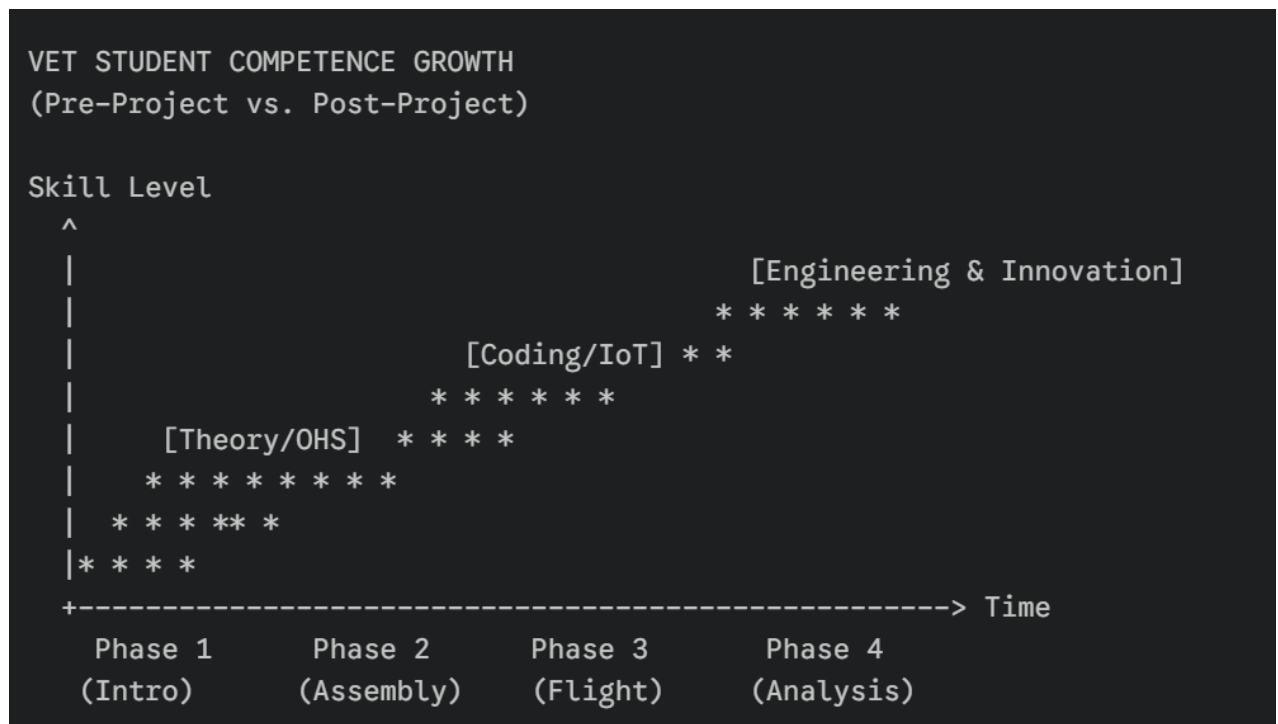
## 8. ROZVOJ KL'ÚČOVÝCH KOMPETENCIÍ

( Vybrané podľa Európskeho referenčného rámca kľúčových kompetencií pre celoživotné vzdelávanie )

- **Matematická kompetencia a kompetencia v oblasti STEM:**
  - Aplikovanie matematických vzťahov na prevod surových údajov zo senzorov (napätových hodnôt) na zrozumiteľné jednotky koncentrácie plynov PPM (Parts Per Million – počet častíc na milión).
  - Vykonávanie štatistickej analýzy nameraných údajov vrátane výpočtu priemeru, mediánu a maximálnych hodnôt koncentrácie plynov a ich grafickej interpretácie.
  - Osvojenie si celého inžinierskeho procesu prostredníctvom prepojenia údajov z reálneho prostredia (koncentrácie plynov) s ich digitálnym spracovaním a modelovaním.
- **Digitálna kompetencia:**
  - Rozvíjanie algoritmického myslenia programovaním IoT senzorov MQ7 a BME680 na mikrokontroléroch **Arduino/ESP**.
  - Spracovanie rozsiahlych súborov nameraných údajov ( **Data Logging**) vo formáte **CSV** a rozvíjanie schopnosti filtrovať, triediť a analyzovať údajepomocou tabuľkových procesorov ( Microsoft Excelalebo Google Sheets)
  - Transformácia nameraných údajov do zrozumiteľných digitálnych výstupov prostredníctvom vizualizačných nástrojov, ako sú map koncentrácie "Heat Maps."
- **Občianska kompetencia:**



- Pochopenie významu a **pravidiel bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci ( BOZP)** v kritickej infraštruktúre, akou sú čistiarne odpadových vôd, a rozvíjanie schopnosti vykonávať analýzu rizík..
  - Pochopenie plyvu environmentálnych hrozieb, najmä emisií toxických plynov, na verejné zdravie a rozvíjanie zodpovedného inžinierskeho prístupu k minimalizácii týchto rizík .
  - Budovanie povedomia využívání moderných technológií v prospech spoločnosti a na ochranu ľudského života.
- **Podnikateľské kompetencie:**
- Rozvíjani shcopnosti identifikovať problémy a navrhovať zlepšenia procesov prostredníctvom inovátnych a nákladovo efektívnych riešení, ako je diaľkový monitoring pomocou dronov, namiesto tradičných a rizikových metó manuálneho merania.



## 9. PRDCHÁDZAJÚCE VEDOMOSTI

- Základné znalosti programovania v prostredí Arduino alebo MicroPython..
- Základné poznatky o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci ( BOZP) vrátane správneho používania osobných ochranných pracovných prostriedkov ( OOPP).

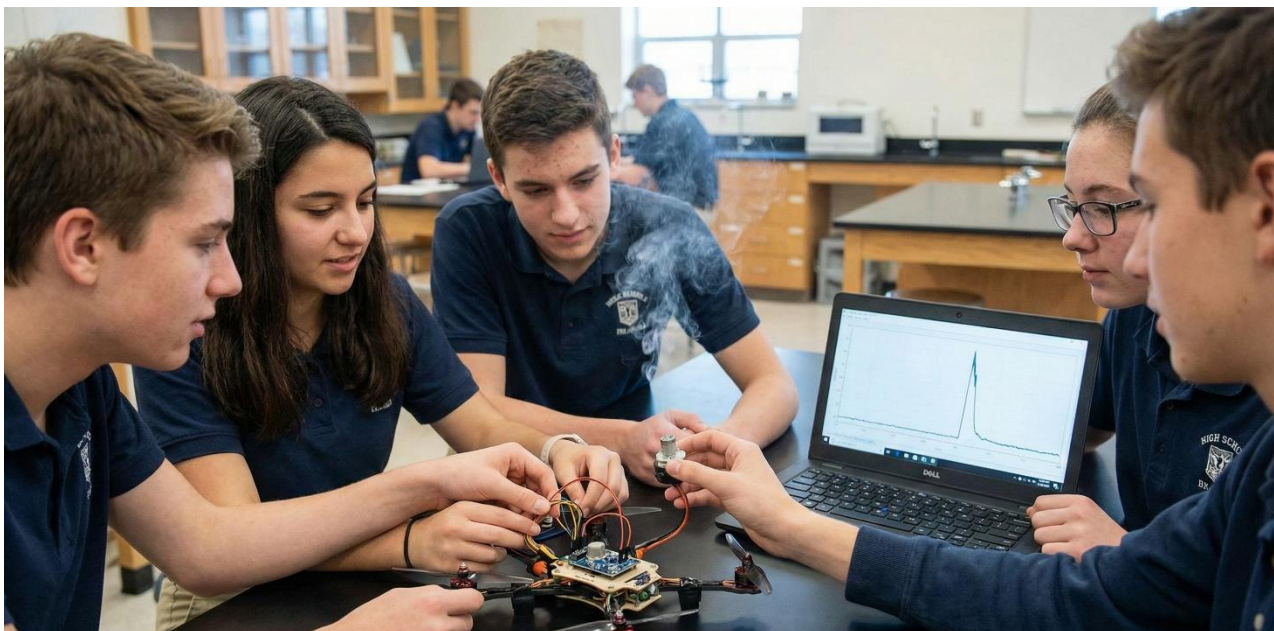


## 10. OSNOVA VYUČOVACEJ HODINY

### Fáza 1 – úvod: Zaujať a zasadiť do kontextu (trvanie: 15 minút)

- Cieľ: Aktivovať predchádzajúce vedomosti žiakov o rizikách práce v "uzavretých priestoroch" a poukúzať na zásadný význam využívania dronových technológií.
- Aktivita (video a modelová situácia):
  - Žiakom sa premietne 2 až 3 minútové bezpečnostné video s názvom "Neviditeľné nebezpečenstvo: H<sub>2</sub>S" ktoré znázorňuje, ako môžu plyny nahromadené v šachtách alebo nad nádržami čistiare odpadových vôd spôsobiť náhlu stratu vedomia.
  - Modelová situácia: Žiakom sa predstaví modelová situácia "Predstavte si, že ste vedúcim prevádzky. Došlo k poruche, ale nevíete, či sa nad nádržou nachádza toxický plyn. Poslali by ste tam pracovníka"
- Usmerňujúce otázky:
  - "Dokáže ľudský nos vždy rozpoznať nebezpečenstvo ." ( Diskusia sa zameria na skutočnosť, že H<sub>2</sub>S môže otupiť čuch a vytvoriť falošný pocit bezpečia.)
  - "Ako nám môže elektronický nos, teda senzor umiestnený na drone poskytnúť potrebné údaje bez ohrozenia ľudského života?"

### Fáza 2 – Skúmanie: Preskúmať a porovnať (Trvanie: 30 minút)

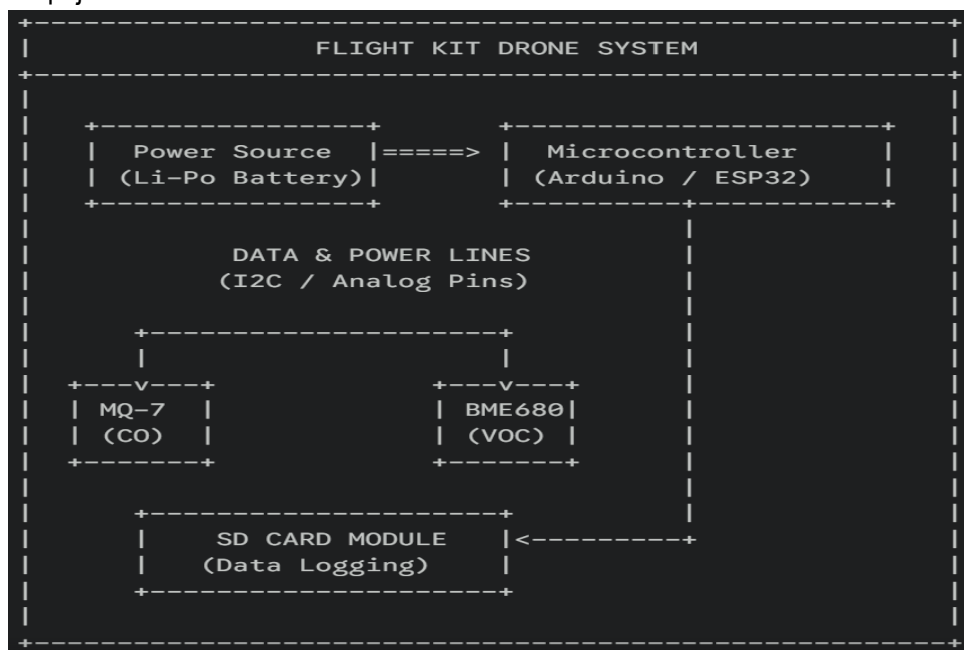


- Cieľ: Pochopiť princíp fungovania senzorových technológií a analyzovať rozdiely medzi údajmi získanými z čistého a znečisteného ovzdušia.
- Skupinová práca: Žiaci pracujú v tímoch po 3 až 4 členoch:



- Technik hardvéru: Skontroluje správne zapojenie senzorov MQ7 BME680 na súprave FLIGHT KIT.
- Vedúci programovania: Analyzuje programový kód, ktorý prevádza analógové údaje ( napätie) zo senzorov na digitálne hodnoty vyjadrené v jednotkách PPM( parts per million)
- Analytik údajov: Zaznamenáva namerané hodnoty a pripravuje ich na ďalšie spracovanie.
- Koordinátor tímu: Riadi priebeh aktivity, zabezpečuje spoluprácu členov tímu a prezentuje výsledky.
- Laboratórna aktivita (kalibrácia senzorov):
  - Krok 1 (Referenčné meranie): Dron sa zapne a zaznamená sa referenčná hodnota "Baseline Value" kvality ovzdušia v triede, ktorá predstavuje východiskový stav čistého vzduchu ( nar. 0-5 jednotiek).
  - Krok 2 (Simulácia): Senzor sa vystaví bezpečnému zdroju dmu, alebo kontrolovanému prostrediu so zvýšenou koncentráciou plynov. Žiaci pozorujú, ako sa namerané hodnoty na obrazovke okamžite zvýšia ( napr. Z 0 – 5 na 150 – 200 jednotiek) a analyzujú reakciu senzora na zmenu kvality ovzdušia.
  - Krok 3 (Prahová hodnota): Žiaci v programovom kóde definujú "Prahovú hodnotu alarmu" pri ktorej systém automaticky upozorní na nebezpečnú koncentráciu plynov. (napríkladf "Ak je nameraná hodnota > 100, aktivuj výstrahu Nebezpečenstvo").

#### "Zapojenie hardvéru"

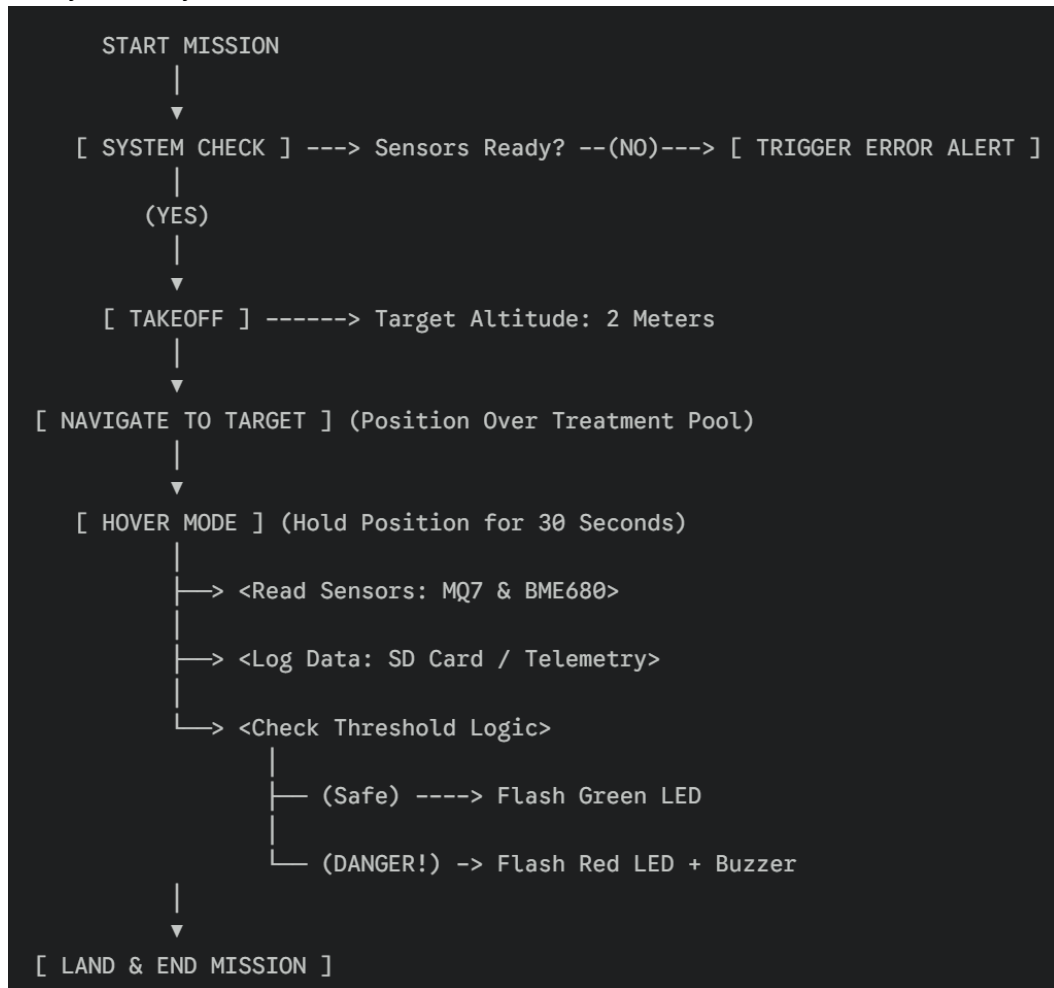


### Fáza 3 – Aplikácia: Praktické precvičovanie (Trvanie: 45 minút – terén alebo otvorené priestranstvo)



- Ciel': Aplikovať získané teoretické poznatky v reálnom alebo simulovanom prebádzkovom prostredí, vykonať monitorovanie kvality ovzdušia pomocou dronu vybaveného senzormi a zhromaždiť údaje na ich následnú analýzu
- Predletová kontrola:
  - Skontroluje sa stav vrtúľ, úroveň nabitia batérie a bezpečné upevnenie kabeláže senzorov.
  - Bezpečnostná inštrukcia: Pred začiatkom letu sa oboznámi celý tím s bezpečnostnými pravidlami. Stanoví sa minimálna bezpečná vzdialenosť 5 metrov medzi dronom a osobami, určí sa bezpečnostná zóna overí sa, že v letovom priestore sa nenachádzajú nepovolané osoby ani prekážky.
- Terénne cvičenie (Záznam údajov):
  - Dron vzlietne nad vopred určenú monitorovanú oblasť napríklad "Simulovanú nádrž čistiare odpadových vôd" (alebo nad vyznačenú plochu v školskom areáli).
  - Misia: Dron vykoná stabilný vznos "Hover" počas 30 sekúnd na 3 vopred určených meracích bodoch (vstup, stred, výstup) vo výške 2 metre .
  - Záznam údajov: Počas monitoovnia sa každú sekundu automaticky zaznamenávajú údaje "Čas – poloha – hodnota koncentrácie plynov". Dáta sa ukladajú na SD karte, alebo zobrazujú na telemetrickej obrazovke na následné spracovanie a analýzu.

- Dokumentácia: Jeden člen tímu zabezpečuje videozáznam, zatiaľ čo ostatní členovia priebežne sledujú tok údajov zo senzorov.



#### Fáza 4 – Reflexia a upevnenie poznatkov: Prezentovať a prepájať (trvanie: 30 minút)



- Cieľ: Premeniť súrové namerané údaje na zmysluplné informácie a formulovať odborné závery.
- Analýza dát a mapovanie:
  - CSV dáta sa prenesú do počítača a otvoria v programe Microsoft Excel alebo Google Sheets.
  - Podmienené formátovanie: študenti použijú funkciu podmieneného formátovania na farebné označenie nameraných hodnôt podľa úrovne rizika ( nízka koncentrácia =zelená, stredná koncentrácia = žltá, vysoká koncentrácia=červená).
  - Namerané hodnoty sú zakreslené do jednoduchšej schémy monitorovaného objektu a vytvoria mapu koncentrácie toxických plynov "Toxic Gas Heat Map."
- Skupinová prezentácia:
  - Každá skupina odprezentuje svoju mapu a zodpovie otázku: "ktorá časť monitorovaného objektu predstavuje najvyššie riziko vstupu?"
- Reflexia:

Študenti písomne odpovedia na otázku: "Ak by som v budúcnosti pracoval/a ako špecialista BOZP, alebo inžinier, v ktorých ďalších nebezpečných prostrediach by som mohol využiť technológiu dronov na ochranu zamestnancov?" (e.g., bane, požiariská, radiačne kontaminované zóny).

| Zóna / Lokalita | Vstupný bod | Stred bazény | Výstupný bod | Strana kancelárie |
|-----------------|-------------|--------------|--------------|-------------------|
| Severný sektor  | 15 PPM      | 45 PPM       | 20 PPM       | 05 PPM            |
| Východný sektor | 50 PPM      | 180 PPM      | 60 PPM       | 10 PPM            |
| Južný sektor    | 20 PPM      | 155 PPM      | 55 PPM       | 08 PPM            |
| Západný sektor  | 10 PPM      | 40 PPM       | 25 PPM       | 05 PPM            |

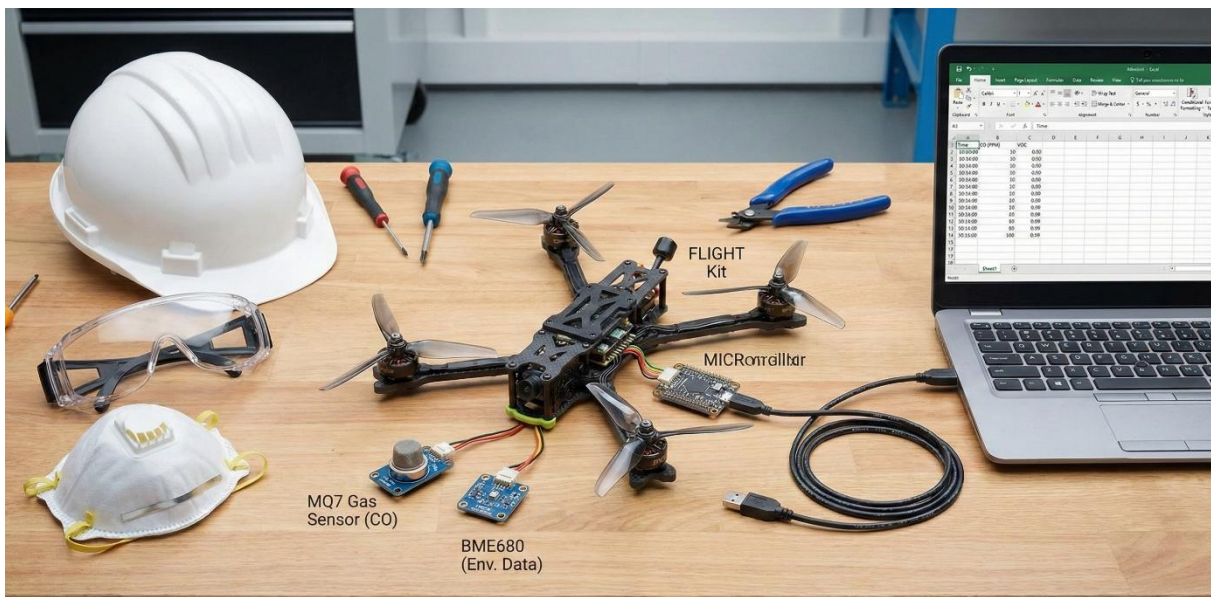
## 11. HODNOTIACE KRITÉRIÁ

- **Portfólio:** Posúdenie presnosti vytvorenej mapy kvality ovzdušia ( Air Quality Heat Map) a jej zhody so surovými nameranými údajmi zaznamenanými v tabuľkách.
- **Pozorovania:** Poučenie schopnosti bezpečne ovládať dron, úspešnosti programovania a zberu údajov zo senzorov a dodržiavania postupov BOZP počas monitorovania.



## 12. POMÔCKY

- **Komponenty dronu FLIGHT Kit:**
  - **MQ7 senzor plynu** – CO detekcia.
  - **BME680** – teplota, vlhkosť vzduchu, tlak, prchavé organické zlúčeniny .
- Notebook a dátový kábel na prenos údajov..
- Osobné ochranné pracovné prostriedky ( OOPP) – ochranné masky a prilby.
- Softvér na spracovanie a analýzu údajov ( Microsoft Excel/ Google Sheets)



## 13. EXTERNÉ ZDROJE

- Príručka bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci BOZP v čistiarňach odpadových vôd (voľne dostupný zdroj – Open Access)
- Vzdelávacie videá o používaní plynových senzorov s platformou Arduino/MicroPython.