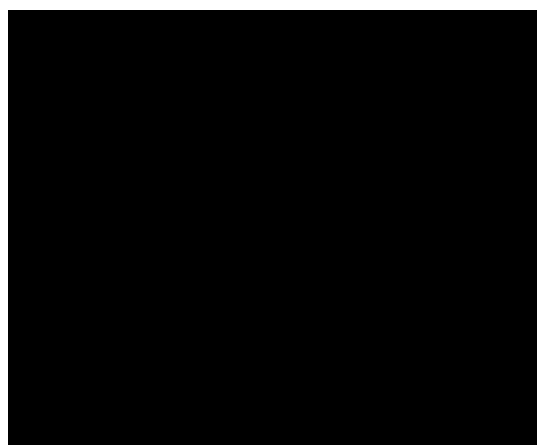




Analýza povrchových vôd: sledovanie kontaminácie ťažkými kovmi v riečnom prostredí

FLIGHT RESOURCE CENTER

Training 2000 in collaboration with IIS Galilei



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.



**Co-funded by
the European Union**

Obsah

Obsah

1. STRUČNÝ OPIS

CIEĽOVÁ SKUPINA

2. OBLASŤ PREDMETU

3. TYP

4. POUŽITÝ DRON

5. TRVANIE

6. VZDELÁVACIE CIELE

7. ROZVÍJANÉ KLÚČOVÉ KOMPETENCIE

8. Predchádzajúce vedomosti / predpoklady

9. Osnova vyučovacej hodiny/projektu

Fáza 1 – Úvod (zapojenie a uvedenie do kontextu)

Fáza 2 – Skúmanie (preskúmaj a porovnaj)

Fáza 3 – Aplikácia (praktická činnosť)

Fáza 4 – Reflexia a upevnenie (prezentuj a prepájaj)

10. Kritériá hodnotenia

11. Učebné materiály

12. Externé zdroje

13. Referencie

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.



Co-funded by
the European Union

1. STRUČNÝ OPIS

Táto projektovo orientovaná vyučovacia jednotka skúma, ako ťažké kovy, najmä olovo z poľovníckeho streliva a historických artefaktov (napr. projektílov z 1. svetovej vojny), kontaminujú mokrade. Žiaci budú analyzovať chemicko-fyzikálne parametre vody a skúmať, ako sa olovo prostredníctvom oxidácie a vylúhovania z pôdy dostáva do potravinového reťazca. Vyučovacia jednotka využíva moderné technológie vrátane dronov na odber vzoriek vody a atómovej spektroskopie na kvantifikáciu kovov, aby poskytla obraz o kvalite vody v troch talianskych riekach (Esino, Cesano a Piave) a v jednej rieke na Islande.

CIEĽOVÁ SKUPINA

- ☐ 15
- ☐ 16
- ☐ 17
- ☐ 18
- ☐ Nad 18 rokov

2. OBLASŤ PREDMETU

- ☐ Poľnohospodárstvo
- ☐ Reakcia na katastrofy
- ☐ Stavebníctvo
- ☐ Vodné hospodárstvo
- ☐ Ochrana životného prostredia
- ☐ Iné

3. TYP

- ☐ Plán vyučovacej hodiny
- ☐ Projekt
- ☐ Aktivita

4. POUŽITÝ DRON

- ☐ Vlastný dron
- ☐ Komerčný dron (DJI)

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.



5. TRVANIE

- ☐ 1 × 45-minútová vyučovací hodina
- ☐ 1 × 60-minútová vyučovací hodina
- ☐ 1 × 90-minútový blok
- ☐ 2 × 45-minútové vyučovacie hodiny
- ☐ 2 × 60-minútové vyučovacie hodiny
- ☐ Dvojhodinový blok (2 × 60 minút); voliteľná domáca úloha založená na projektovom vyučovaní.

6. VZDELÁVACIE CIELE

O1: Pochopiť chemické vlastnosti olova a jeho toxikologické účinky na ľudské zdravie a životné prostredie.

O2: Identifikovať mechanizmy šírenia olova v mokradiach vrátane oxidácie, vylúhovania a vplyvu legislatívnych predpisov.

O3: Osvojiť si technický postup environmentálneho monitoringu pomocou dronov, multiparametrických sond a atómovej absorpčnej spektrofotometrie (AAS-GF).

O4: Analyzovať a interpretovať environmentálne údaje s cieľom vyvodiť závery o dlhodobom pretrvávaní znečisťujúcich látok.

7. ROZVÍJANÉ KLÚČOVÉ KOMPETENCIE

1. Komunikácia a jazyky

- ☐ Kompetencia gramotnosti (porozumenie a tvorba písomných/ústnych textov)
- ☐ Komunikácia v odbornom kontexte
- ☐ Viacjazyčná kompetencia

2. Matematické, prírodovedné, technické a odborné zručnosti

- ☐ Matematická kompetencia
- ☐ Prírodovedná, technologická a inžinierska kompetencia (STEM)
- ☐ Numerická gramotnosť uplatňovaná pri pracovných úlohách
- ☐ Interpretácia technických informácií (manuály, schémy, normy)
- ☐ Odborné/technické zručnosti
- ☐ Realizácia praktických úloh

3. Digitálne kompetencie

- ☐ Digitálna kompetencia (všeobecná digitálna gramotnosť)

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.



**Co-funded by
the European Union**

- ☐ Používanie digitálnych nástrojov v pracovnom prostredí

4. Osobné, sociálne a profesijné kompetencie

- ☐ Osobná, sociálna kompetencia a schopnosť učiť sa
- ☐ Tímová práca a spolupráca
- ☐ Samostatnosť a zodpovednosť
- ☐ Pracovná etika a profesionálne správanie
- ☐ Prispôsobivosť a flexibilita
- ☐ Spolupráca s nadriadenými a kolegami

5. Bezpečnosť, kvalita a udržateľnosť

- ☐ Uplatňovanie noriem bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP)
- ☐ Postupy kvality a normy na pracovisku
- ☐ Environmentálne povedomie a povedomie o udržateľnosti

6. Občianska a kultúrna kompetencia

- ☐ Občianska kompetencia
- ☐ Kultúrne povedomie a kompetencia vyjadrovania

7. Tvorivosť, riešenie problémov a podnikavosť

- ☐ Riešenie problémov a kritické myslenie
- ☐ Podnikateľská kompetencia
- ☐ Iniciatíva a tvorivosť
- ☐ Rozhodovanie v reálnych pracovných situáciách

8. Učenie sa pracou a integrácia na pracovisku

- ☐ Začlenenie do pracovných postupov
- ☐ Dodržiavanie odborných pokynov a postupov
- ☐ Používanie nástrojov, zariadení a technológií

Tento kontrolný zoznam spája kľúčové kompetencie EÚ pre celoživotné vzdelávanie so základnými kompetenciami očakávanými v európskom odbornom vzdelávaní a príprave (OVP).

8. Predchádzajúce vedomosti / predpoklady

Žiaci by mali mať základné znalosti bezpečnostných postupov pri pilotovaní dronov a základnej elektroniky vrátane skúseností so zapájaním komponentov na kontaktnom poli.

Základné povedomie o všeobecných environmentálnych otázkach pomôže žiakom pochopiť kontext cieľa projektu a zapojiť sa do diskusií o praktických dôsledkoch ich zistení.

9. Osnova vyučovacej hodiny/projektu

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.

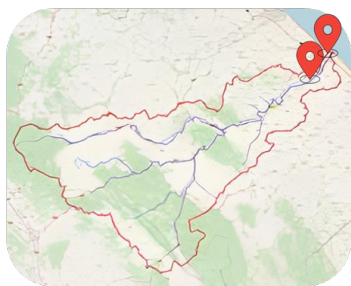


**Co-funded by
the European Union**

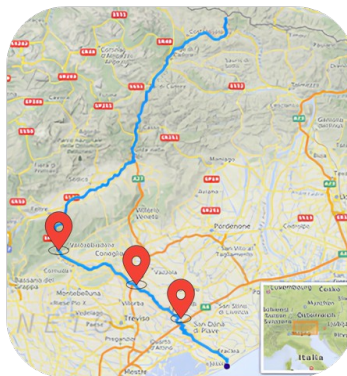
Fáza 1 – Úvod (zapojenie a uvedenie do kontextu)

Vyučovací jednotka sa začína úvodom do vlastností olova (Pb). Olovo je lesklý kov s modrastým odtieňom. Je veľmi tvárne a kujné a je slabým vodičom elektriny. Odoláva korózii, ale na vzduchu ľahko oxiduje. V podzemnej vode, ktorú upravuje legislatívny dekrét 30/09, je prahová hodnota olova 10 µg/l; pre útvary podzemnej vody napájajúce povrchové vody je hodnota 7,2 µg/l.

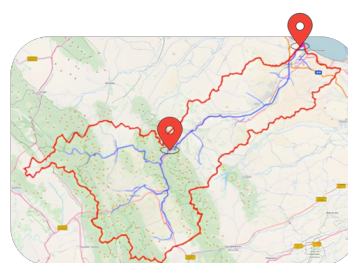
Projekt vychádza zo zavedenia novej európskej legislatívy vo februári 2023 (nariadenie 2021/57). Toto nariadenie striktnie zakazuje vypúšťanie alebo prenášanie olovených brokov obsahujúcich 1 % alebo viac olova podľa hmotnosti v mokradiach alebo do vzdialenosti 100 metrov od nich. Hoci cieľom právneho predpisu je zabrániť požitiu olovených brokov vtákmi, projekt skúma aj to, či sa olovo uvoľňuje do životného prostredia prostredníctvom oxidácie a vylúhovania z pôdy.



Rieka Cesano (stredné Taliansko)



Rieka Piave (severné Taliansko)



Rieka Esino (stredné Taliansko)



Island, miesta odberu vzoriek. Zdroj: IIS G. Galilei, Jesi

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.



**Co-funded by
the European Union**

Usmerňujúce otázky / diskusia v triede:

- Prečo sa olovo používa v streľbe? Čo sa stane s olovenou strelou, ak zostane 100 rokov na dne rieky?

Fáza 2 – Skúmanie (preskúmaj a porovnaj)

Opis: V tejto fáze žiaci použili komerčný dron na odber vzoriek vody z rieky. Užitočné zaťaženie tvorila multiparametrická sonda na analýzu chemicko-fyzikálnych parametrov.

Dron je vybavený držiakmi na upevnenie skúmaviek a papierikov na priamu detekciu, ktoré umožňujú analýzu a odber vzoriek vody a povrchov, hodnotenie okolitého prostredia, tepelné merania a vizuálne kontroly.



Komerčný dron DJI MAVIC vybavený špecializovaným užitočným zaťažením a multiparametrickou sondou používanou na odber vzoriek vody a terénne kontroly. Zdroj: IIS G. Galilei, Jesi

Prenosný prístroj na monitorovanie chemických a fyzikálnych parametrov kvality vody. Obsahuje viacero senzorov, pričom každý meria konkrétnu veličinu.

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.



**Co-funded by
the European Union**



Odber vzoriek vody v teréne: žiakom (vľavo) pomáhajú učitelia (vpravo). Zdroj: IIS G. Galilei, Jesi.

Sonda sa pomocou dodaného kábla ponorí do vodného útvaru a meria tieto parametre:

- pH, teplotu,
- rozpustený kyslík,
- tlak, vodivosť,
- celkové rozpustené látky,
- redox potenciál

Skupinová aktivita:

Žiaci analyzujú tabuľku údajov chemicko-fyzikálnych parametrov (pH, vodivosť, rozpustený kyslík), aby identifikovali rozdiely medzi odbernými miestami „proti prúdu“ a „pri ústí“.

Fáza 3 – Aplikácia (praktická činnosť)

V tejto fáze žiaci:

1. Prefiltrovali odobraté vzorky vody, aby boli vhodné na analýzu.
2. Vykonali spektrofotometrické analýzy pomocou terénneho spektrofotometra. Tento prístroj je založený na absorpcii elektromagnetického žiarenia vo viditeľnej oblasti. V prístroji je vzorka ožiarená lúčom monochromatického svetla a jej zložky sa kvantifikujú podľa počtu absorbovaných fotónov.
3. Analyzovali dusičnany (NO_3^-), dusitany (NO_2^-), amoniak (NH_3), sírany (SO_4^{2-}), kationové povrchovo aktívne látky, aniónové povrchovo aktívne látky a neiónové povrchovo aktívne látky.
4. Vzorky vody prefiltrované a stabilizované okyslením počas odberu boli analyzované priamo pomocou AAS-GF, zatiaľ čo vzorky sedimentu boli podrobené kyselinovému rozkladu (mineralizácii) a následne po zriedení opätovne analyzované pomocou AAS-GF

Analýza vzoriek so žiakmi

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.



**Co-funded by
the European Union**



Analýza vzoriek so žiakmi

Vysokopresný prístroj umožňujúci merať množstvo ťažkých kovov v roztoku s citlivosťou na úrovni stotín ppb (ng/l)

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.



**Co-funded by
the European Union**



Vysokopresný prístroj umožňujúci merať množstvo ťažkých kovov v roztoku s citlivosťou na úrovni stotín ppb (ng/l).



Analyzované kovy:

- Olovo (Pb)
- Kadmium (Cd)
- Chróm (Cr)

Prístroj je založený na interakcii lúča monochromatického svetla s jednotlivými atómami látky.

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.

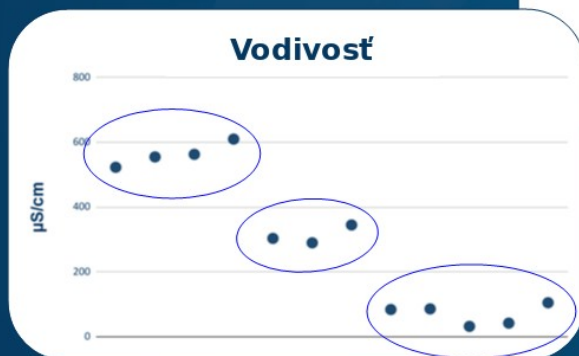


Co-funded by
the European Union

Výsledky sú uvedené nižšie:

	ESINO PROTI PRUDU	ESINO USTIE	CESANO PROTI PRUDU	CESANO USTIE	PIAVE VALDOBBIADENE	PIAVE MRTVE RAMENO	PIAVE SALGAREDA	ISLAND
Teplota (°C)	14,80	16,81	18,20	18,35	10,23	11,45	14,25	10,90
Tlak (atm)	0,998	0,998	0,992	0,991	0,992	0,998	1,001	0,981
Vodivosť (µS/cm)	523,00	555,00	563,00	610,00	303,50	289,90	345,00	84,00
Rozpustený kyslík (mg/l OD)	8,10	3,30	6,32	3,90	3,65	8,26	9,32	10,19
Redox potenciál (ORP)	249,80	229,40	271,50	219,70	265,70	279,80	314,30	291,90
TDS (ppm)	262,00	277,00	282,00	302,00	152,00	155,00	173,00	42,00
Dusičnanový dusík (mg/l)	0,47	1,30	1,70	1,40	1,40	0,60	1,00	0,30
Katiónové tensidy (mg/l)	0,00	0,74	2,50	0,05	0,02	0,95	1,63	1,61
Sířany (mg/l)	83,00	61,00	69,00	78,00	35,00	38,00	41,00	4,00
Olovo (µg/l)	0,36	0,38	0,23	0,57	0,58	0,74	1,19	6,77
Kadmium (µg/l)	0,06	0,17	0,00	0,03	0,01	0,01	0,02	0,36
Chróm (µg/l)	3,60	3,80	3,81	4,25	4,35	3,42	4,40	13,65

Údaje spracované
do grafov



príklady lineárnejších
hodnôt

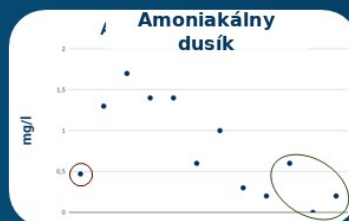


This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



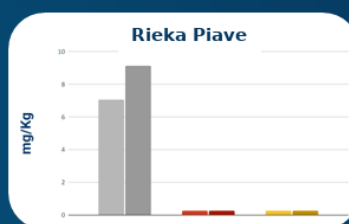
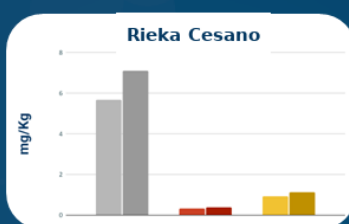
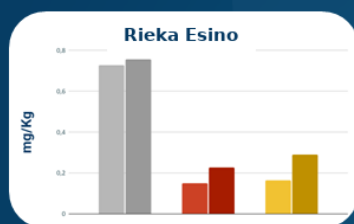
Co-funded by
the European Union

príklad premenlivých hodnôt medzi horným a dolným tokom

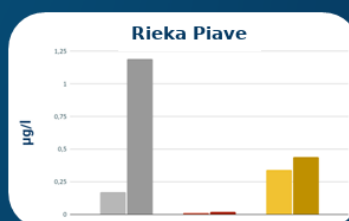
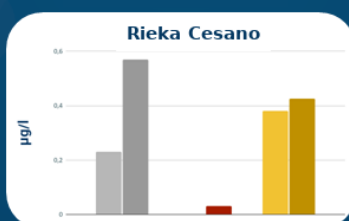
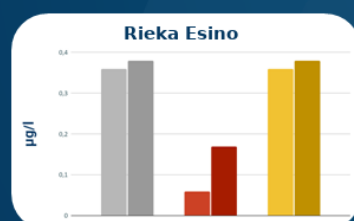


Ťažké kovy

SEDIMENTY



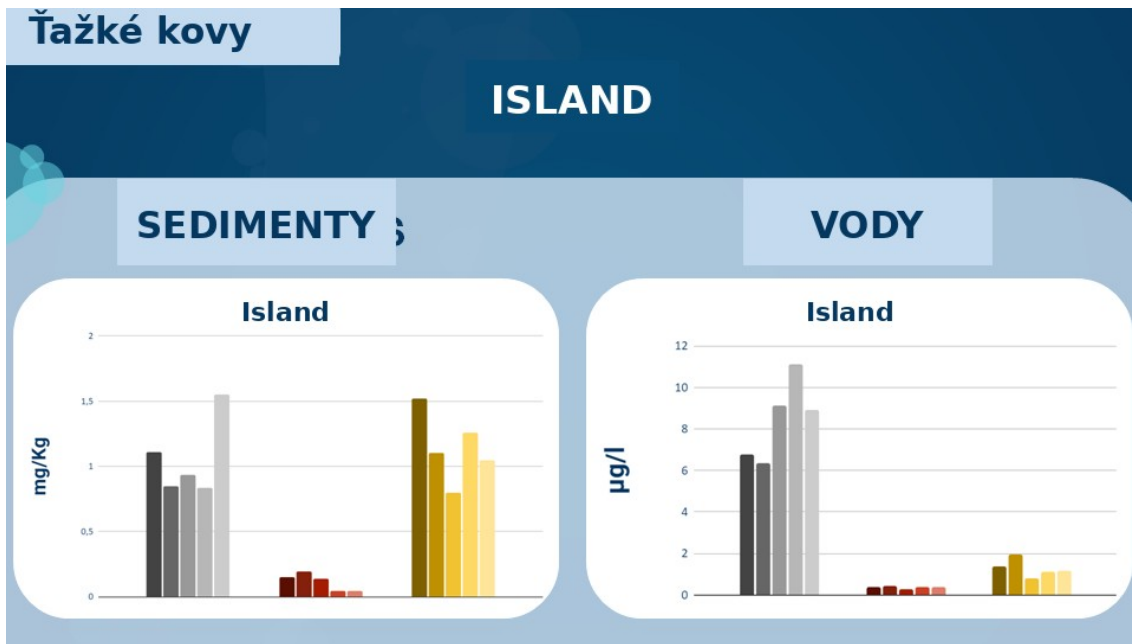
VODY



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.



Co-funded by
the European Union



Fáza 4 – Reflexia a upevnenie (prezentuj a prepájaj)

Skupinové prezentácie

Každá skupina pripraví krátku prezentáciu, v ktorej zhrnie hlavné fázy projektu odberu vzoriek vody. Žiaci vysvetlia, ktoré miesta odberu povrchovej vody pozdĺž brehov riek alebo v mokradiach vybrali pomocou satelitného mapovania, a predstavia multiparametrické údaje získané v teréne (napr. pH, teplotu, rozpustený kyslík a vodivosť). Opíšu tiež, ako výsledky laboratórnej spektrofotometrie a atómovej absorpčnej spektrofotometrie (AAS-GF) odhalili vzorce kontaminácie ťažkými kovmi, najmä šírenie olova (Pb), a diskutujú o možných environmentálnych príčinách rozdielov medzi referenčnými miestami proti prúdu a odbernými miestami po prúde. Dôraz zostáva na interpretácii údajov o kvalite vody a transporte znečisťujúcich látok, nie na formulovaní absolútnych záverov.

Diskusia v triede:

Po prezentáciách vedie školiť spoločnú diskusiu. Žiaci porovnávajú výsledky vody a sedimentov z rôznych skupín, aby identifikovali priestorové podobnosti a rozdiely vo vzorcoch znečistenia v skúmaných mokradiach a riečnych údoliach. Diskusia podporuje kritické myslenie o interpretácii analytických údajov a obmedzeniach profesionálneho terénneho vybavenia. Medzi hlavné témy diskusie patria:

- Ako mapovanie multiparametrických údajov zo senzorov a koncentrácií ťažkých kovov pomáha sledovať mechanizmy šírenia neviditeľných chemických znečisťujúcich látok v citlivých prírodných rezerváciách.

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.



Co-funded by
the European Union

- Aké praktické a vedecké obmedzenia má používanie príslušenstva na odber vzoriek povrchovej vody pripevneného ku komerčným dronom v porovnaní s rozsiahlym dlhodobým monitoringom automatizovanými stanicami.
- Ako fyzikálne premenné, napríklad dynamika riečného prúdu, lokálne zmeny teploty vody, historické nánosy poľovníckeho streliva a mikroklima riečnych kaňonov, ovplyvňujú ukladanie a usadzovanie ťažkých kovov v podvodných sedimentoch.
- Prečo je dodržiavanie prísnych environmentálnych regulačných rámcov (napríklad európskeho nariadenia 2021/57 o obmedzení olovených brokov v blízkosti mokradi) nevyhnutné na udržateľnú ochranu ekosystémov.
- Ako kombinácia diaľkového odberu vzoriek pomocou dronov a vysokopresných laboratórnych atómových absorpčných analýz môže poskytovať využiteľné údaje na podporu environmentálneho povedomia verejnosti, politiky využívania územia a rozhodovania o bezpečnosti povodí.

Reflexná aktivita:

Na záver projektu žiaci vypracujú krátku individuálnu reflexiu s pomocou usmerňujúcich otázok a písomných podnetov. Zamyslia sa nad technickým vykonaním laboratórnych činností aj širšími environmentálnymi poznatkami a odpovedajú na tieto otázky:

1. Čo zistili o bezpečnom odbere nekontaminovaných vzoriek povrchovej vody z ťažko dostupného terénu pomocou špecializovaných konfigurácií komerčných dronov.
2. Ako vykonávanie vysoko citlivých laboratórnych mineralizácií (kyselinových rozkladov) a spektrofotometrických skúšok ovplyvnilo ich technickú presnosť a profesionálnu zodpovednosť.
3. Akú kľúčovú úlohu zohrávajú spoločné plánovanie, vzájomná kontrola kalibračných kontrolných zoznamov zariadení a dôsledné tímové bezpečnostné postupy pri úspešnom terénnom výskume v súlade s právnymi predpismi.
4. Ako môže hromadenie ťažkých kovov v prírodných vodných útvaroch ohroziť citlivú vodnú biodiverzitu, bezpečnosť podzemnej vody po prúde a regionálne systémy verejného zdravia.

Kvíz

1. Aké sú hlavné historické a rekreačné zdroje kontaminácie olovom v mokradiach skúmaných v tejto prípadovej štúdii?

- a) Poľnohospodárske hnojivá a pesticídy
- b) Poľovnícke strelivo a historické projektily z 1. svetovej vojny
- c) Priemyselné odpadové vody z textilných závodov
- d) Degradácia starých vodovodných potrubí

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.



**Co-funded by
the European Union**

2. Ktorá z nasledujúcich možností podľa textu NIE JE chemickou alebo fyzikálnou vlastnosťou olova (Pb)?

- a) Je veľmi tvárne a kujné.
- b) Je slabým vodičom elektriny.
- c) Odoláva korózii, ale na vzduchu ľahko oxiduje.
- d) Je veľmi reaktívnym kovom, ktorý horí vo vode.

3. Aké konkrétne obmedzenie zaviedlo európske nariadenie 2021/57 v súvislosti s mokradami?

- a) Zákaz lietania s dronmi do vzdialenosti 100 metrov od rieky.
- b) Zákaz vypúšťania alebo prenášania olovených brokov s obsahom 1 % alebo viac olova do vzdialenosti 100 metrov od mokradí.
- c) Obmedzenie množstva vody, ktoré možno odoberať na poľnohospodárske účely.
- d) Úplný zákaz všetkých druhov poľovníctva v celej Európe.

4. Aká je podľa legislatívneho dekrétu 30/09 prahová hodnota olova v podzemnej vode, ktorá napája povrchové vody?

- a) 10 µg/l
- b) 7,2 µg/l
- c) 1,0 µg/l
- d) 50 µg/l

5. Aký typ dronu sa v tomto projekte používal na odber vzoriek povrchovej vody?

- a) Vlastný dron MayFly
- b) DJI Mini 4 Pro
- c) Komerčný FID-MAVIC3DJI vybavený na odber vzoriek povrchovej vody
- d) Poľnohospodársky dron s pevným krídlom

6. Počas terénneho skúmania sa do vodného útvaru ponorí prenosná multiparametrická sonda. Ktorý z nasledujúcich parametrov NEMERIA?

- a) Rozpustený kyslík
- b) pH a teplotu
- c) Celkové rozpustené látky a vodivosť
- d) Presnú koncentráciu olova v častiach na miliardu (ppb)

7. Ako terénny spektrofotometer kvantifikuje zložky vzorky vody (napríklad dusičnany, dusitany a povrchovo aktívne látky)?

- a) Meraním elektrickej vodivosti vody.

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.



**Co-funded by
the European Union**

- b) Ožiaréním vzorky lúčom monochromatického svetla a kvantifikáciou počtu absorbovaných fotónov.
- c) Varením vody a meraním zvyškovej hmotnosti.
- d) Filtrovaním vody cez uhlíkovú sieťku.

8. Aký vysokopresný prístroj sa v laboratóriu používa na detekciu ťažkých kovov, ako sú olovo (Pb), kadmium (Cd) a chróm (Cr), s citlivosťou na úrovni stotín ppb (ng/l)?

- a) Atómová absorpčná spektrofotometria (AAS-GF)
- b) Terénny spektrofotometer
- c) Mikrokontrolér NodeMCU
- d) Plynový senzor MQ-7

9. Pred analýzou vzoriek sedimentu na ťažké kovy pomocou AAS-GF musia vzorky prejsť špecifickou prípravou. Ako sa tento proces nazýva?

- a) Okyslenie
- b) Kyselinový rozklad (mineralizácia)
- c) Tepelná oxidácia
- d) Magnetická filtrácia

10. V ktorých geografických lokalitách žiaci vykonávali odber vzoriek vody pre tento projekt?

- a) Tri talianske rieky (Esino, Cesano, Piave) a jedna rieka na Islande.
- b) Iba v prírodnom parku „Gola della Rossa“.
- c) V pobrežných morských oblastiach južného Talianska.
- d) Výlučne v islandských geotermálnych oblastiach

Odpovede

- 1. b
- 2. d
- 3. b
- 4. c
- 5. d
- 6. b
- 7. a
- 8. b
- 9. a

10. Kritériá hodnotenia

Vzdelávanie žiakov sa hodnotí podľa týchto základných kritérií:

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.



**Co-funded by
the European Union**

- Žiak preukáže jasné pochopenie rozdielu medzi predbežným terénnym multiparametrickým profilovaním (pH, teplota, rozpustený kyslík a vodivosť) a vysokopresnými laboratórnymi analýzami. Dokáže presne vysvetliť technický postup spektrofotometrie a atómovej absorpčnej spektrofotometrie (AAS-GF), ktoré sa používajú na detekciu stopových množstiev ťažkých kovov, napríklad olova (Pb), vo vodných útvaroch a vrstvách sedimentu. Zároveň dokáže objasniť, ako chemické okyslenie, mineralizácia vzoriek (kyselinový rozklad) a absorpcia svetla umožňujú kvantifikovať neviditeľné znečisťujúce látky až na úroveň častí na miliardu (ppb).
- Žiak sa aktívne podieľa na plánovaní letu na diaľku a odôvodňuje geografický výber odberných miest na satelitných snímkach podľa dostupnosti terénu, charakteru prúdenia povrchovej vody a blízkosti predpokladaných historických zdrojov kontaminácie. Dokáže vysvetliť prevádzkové rozhodnutia týkajúce sa optimalizácie letovej trasy, stability užitočného zaťaženia a minimalizácie environmentálnych rizík.
- Žiak efektívne pracuje v multidisciplinárnom tíme, dôsledne dodržiava pridelené bezpečnostné úlohy v laboratóriu a teréne, rešpektuje protokoly nakladania s environmentálnymi údajmi a produktívne prispieva k spoločným výskumným úlohám.
- Žiak jasne prezentuje technické výsledky výskumu a využíva vizuálne mapovanie údajov, porovnávacie grafy alebo tabuľky na sledovanie trendov šírenia znečisťujúcich látok a mapovanie lokálnych koncentračných gradientov v jednotlivých častiach mokradí.
- Žiak reflektuje prevádzkové výhody aj praktické obmedzenia odberu vzoriek vody pomocou dronu v porovnaní s tradičným pozemným odberom. Uvedomuje si zásadný význam dodržiavania právnych predpisov a bezpečného používania technológií v rámci regionálnych ochranárskych rámcov, napríklad európskeho nariadenia 2021/57 zameraného na obmedzenie ťažkých kovov v blízkosti citlivých mokradových ekosystémov.

11. Učebné materiály

Zdroj	Odkaz
Používateľská príručka DJI MAVIC 3	https://dl.djicdn.com/downloads/DJI_Mavic_3/DJI_Mavic_3_User_Manual_v1.8_en.pdf
Princípy spektrofotometrie, spektroskopie a stanovenia proteínov	https://oercommons.org/authoring/6718-spectrophotometry-spectroscopy-and-protein-determi/view
Atómová absorpčná spektrofotometria (AAS): princípy, prístrojové vybavenie a porovnanie s inými technikami AS	https://www.sepscience.com/atomic-absorption-spectrophotometry-aas-principles-instrumentation-and-comparisons-with-other-as-techniques-12134

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.



**Co-funded by
the European Union**

2 – Použitý FLIGHT Kit (komponenty vlastného dronu):

- ☐ BME680 – teplota, vlhkosť, tlak, VOC
- ☐ Laserový senzor PM2,5 – pevné častice
- ☐ Plynový senzor MQ7 – detekcia CO
- ☐ GUVA-S12SD – intenzita UV žiarenia

12. Externé zdroje

Zdroj	Odkaz
Rámcová smernica o vode, Európska komisia	https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj
Olovo v brokoch, nábojoch a rybárskych závažiach, Európska chemická agentúra	https://echa.europa.eu/hot-topics/lead-in-shot-bullets-and-fishing-weights

13. Referencie

IIS G. Galilei. (n.d.). *projekt IOSONOAMBIENTE, prezentácia*. Dostupné na: iisgalilei.ges.it/iis-g-galilei-sbarca-in-islanda-per-un-importante-missione-scientifica-internazionale/

“Skúmanie mechanizmov šírenia znečisťujúcich látok v prírode: vplyv olova prítomného v strelive na znečistenie vody v mokradiach” – prezentácia výsledkov projektu (k dispozícii na požiadanie).

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.



**Co-funded by
the European Union**