

Inovacijski projekt - merilnik mikro plastike v vodi

Gregor Nemec

Osnovna šola Puconci

Laško, 16. in 17. april 2025

8. konferenca učiteljev/-ic
naravoslovnih predmetov –
NAK 2025



ZRSŠ
ZAVOD
REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA ŠOLSTVO



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA VZGOJO IN IZOBRAŽEVANJE



Sofinancira
Evropska unija

OSNOVNA ŠOLA PUCONCI

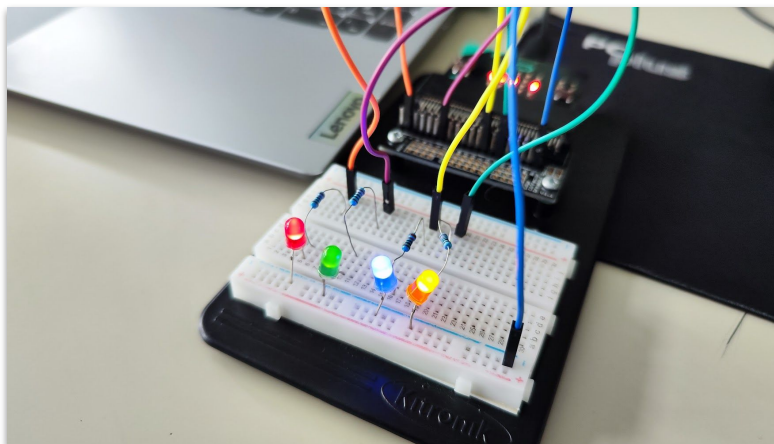
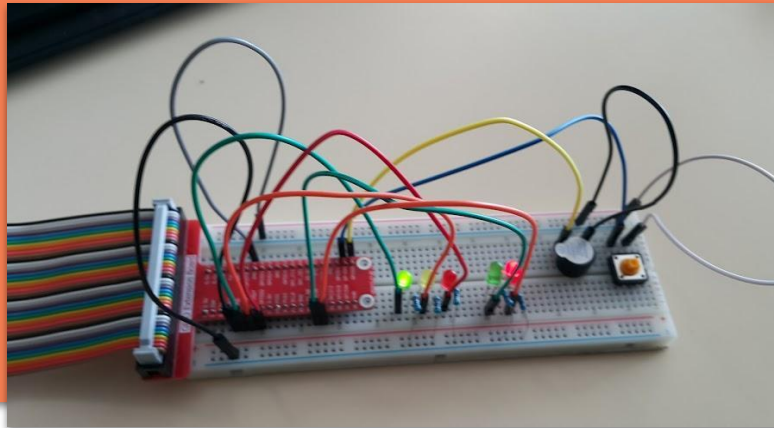
Osnovna šola Puconci je osrednja izobraževalna ustanova v Občini Puconci, ki deluje na treh lokacijah, matični šoli v Puconcih ter podružničnih šolah v Bodoncih in Mačkovcih.



SODOBNE UČNE TEHNOLOGIJE

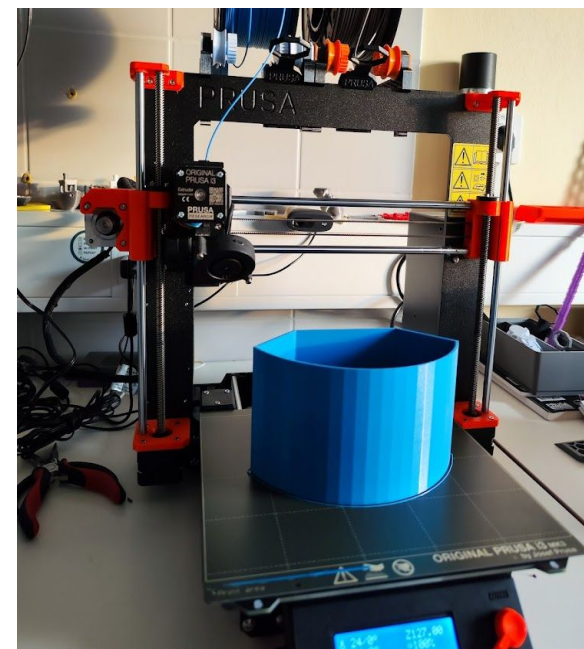
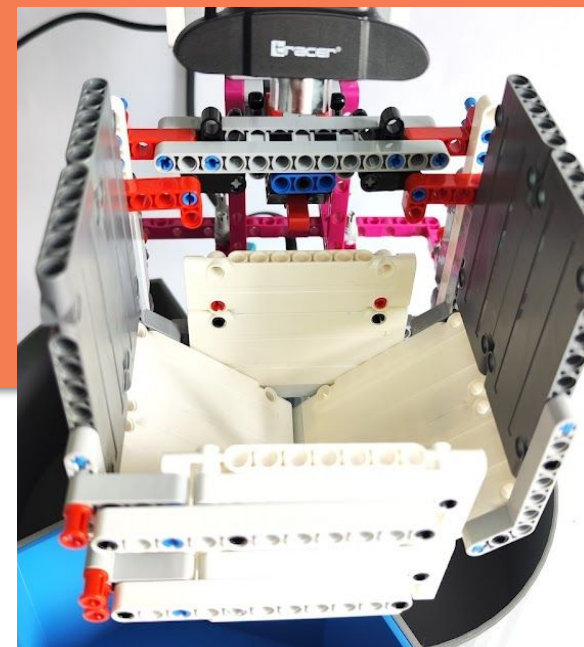
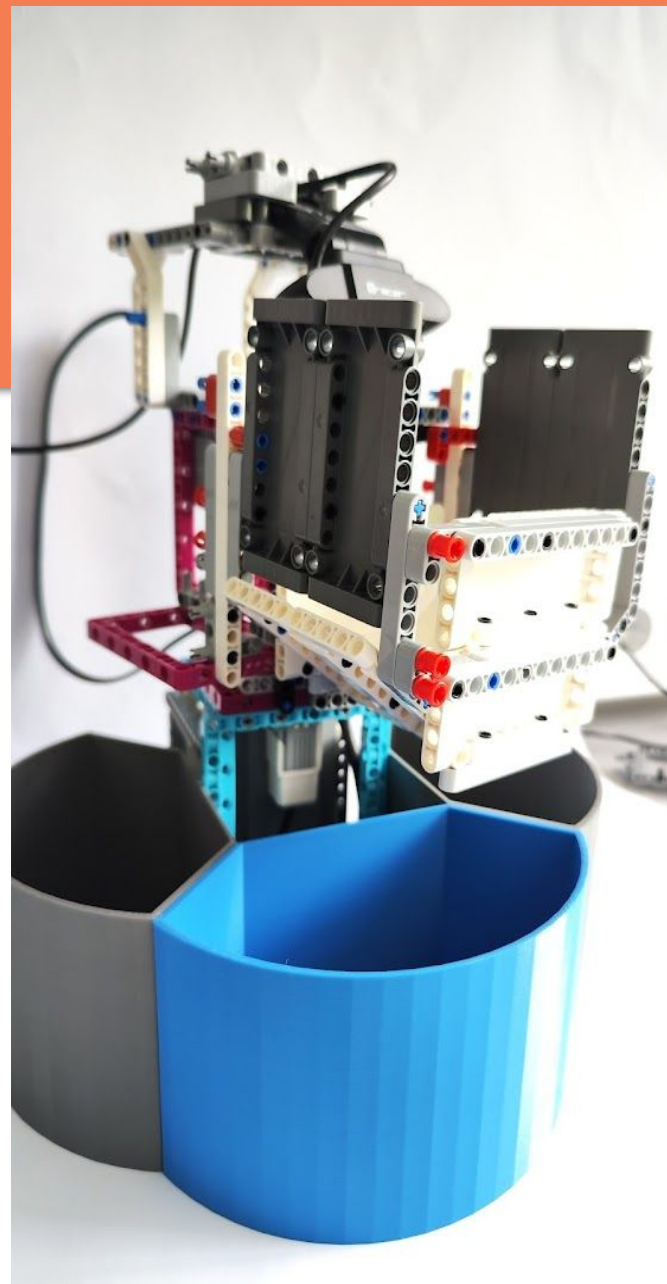
Na OŠ Puconci našim učencem omogočamo učenje s sodobnimi učnimi pristopi in tehnologijami:

- Uporaba **Microbit**, **Raspberry Pi**;
- Robotika z **EV3** in **Spike Prime**, **WeDO**, **FLL**;
- **3D tiskalnik** in laserski rezalnik;
- Merilna oprema **Vernier**;
- **Astronomska** opazovanja s šolskim teleskopom.



PAMETNI SMETNJAK

Pametni smetnjak je bil prvi takšni primer celostnega projekta, kjer smo uporabili in združili različne tehnologije, programiranje, robotiko in strojno učenje s prepoznavanjem slike.



FIRST LEGO LIGA

First Lego League je globalni program, ki spodbuja mlade k raziskovanju znanosti, tehnologije, inženirstva in matematike (STEM), hkrati pa jih uči timskega dela, inovativnosti in reševanja problemov.



Učenci OŠ Puconci v programu sodelujejo že od leta 2018.

Inovativni projekt je nastal v okviru programa FLL.

VREDNOTE FLL



Skupinsko delo

Če sodelujemo,
smo močnejši.



Vključevanje/Inkluzija

Spoštujemo drug
drugega in upoštevamo
razlike med nami.



Vpliv

Kar se naučimo, upo-
rabimo za izboljšanje
našega sveta.



Zabava

Uživamo v tem, kar
počnemo in smo
ponosni na svoje
dosežke!



Odkrivanje

Odkrivamo, razvijamo
nove veščine in ideje.



Inovativnost

Pri reševanju proble-
mov smo ustvarjalni
in vztrajni.

Sestava programa FLL

Inženirski princip dela



"Pod gladino"

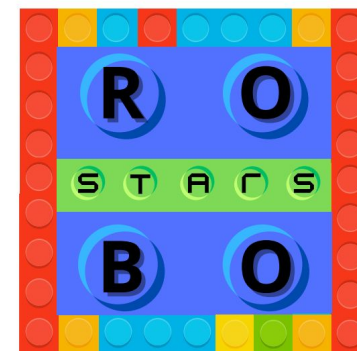
Sezona 2024/25

Izziv sezone v tem šolskem letu je bil, **prepoznati in raziskati probleme, ki so povezani z raziskovanjem oceanov.**



EKIPA OŠ Puconci

Pomembna je delitev dela



ROBO STARS

TIJANA

**VODJA EKIPE
RAZISKOVALEC
PROJEKTNI VODJA**

NINO

**PROGRAMER
KOMUNIKATOR
STRATEG MISIJE**

BENJAMIN

**VODENJE
DOKUMENTACIJE
3D OBLIKOVALEC**

LIAM

**KONSTRUKTOR
OBLIKOVALEC**

POGLED NA OCEANE

Oceani so izjemno pomemben del našega planeta. Žal ljudje vedno ne skrbimo najboljše za njih.

Velik problem se pojavlja z **onesnaževanjem mikroplastike**, ki zaide v prehranjevalno verigo številnih organizmov.

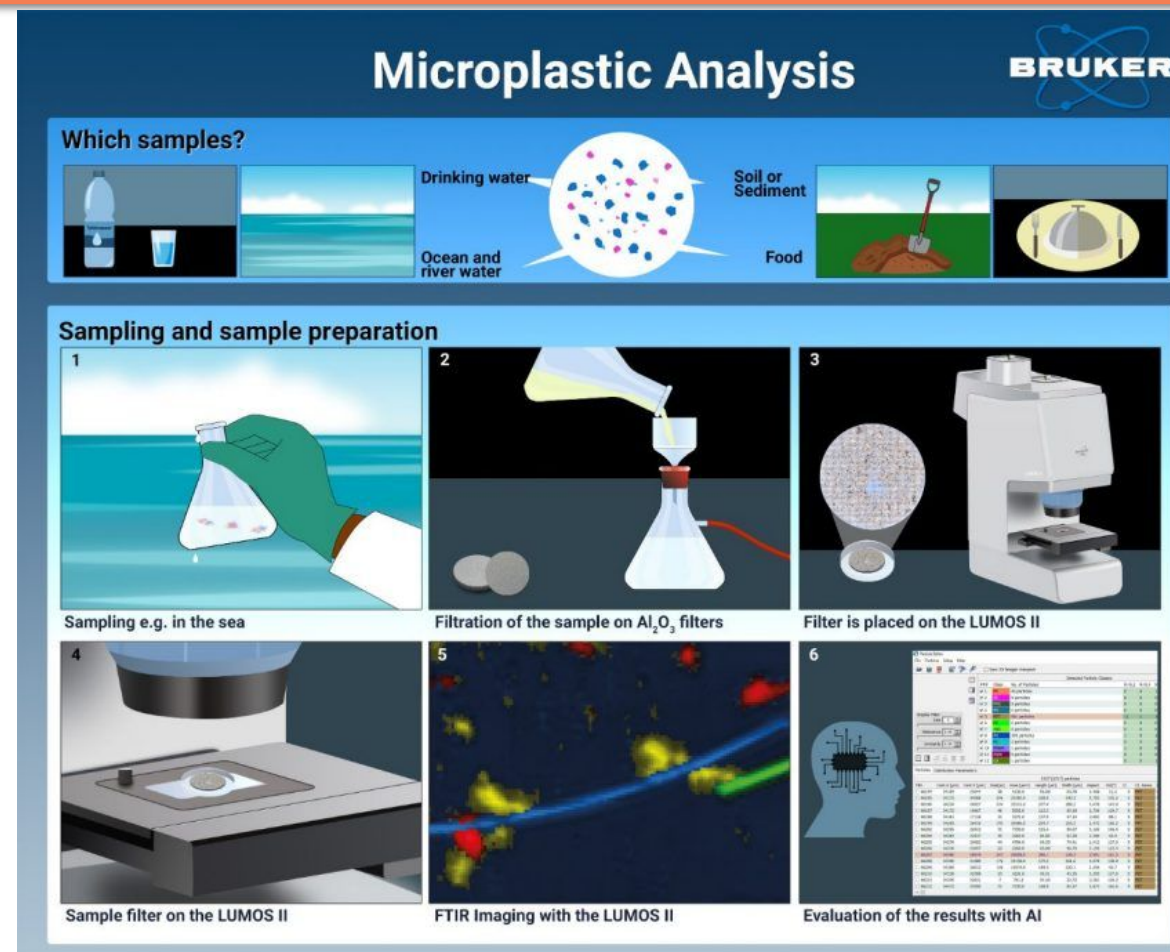
Ključnega pomena je **spremljanje stanja mikroplastike v oceanih** ter iskanje izvora onesnaženja.



RAZISKOVALNI PROBLEM

Pri odkrivanju načinov merjenja koncentracij mikroplastike v oceanih, smo ugotovili, da večino raziskav poteka na način, da se **zbere vzorec in se tega analizira v laboratoriju.**

Postopek je pogosto dolgotrajen in zahteven.

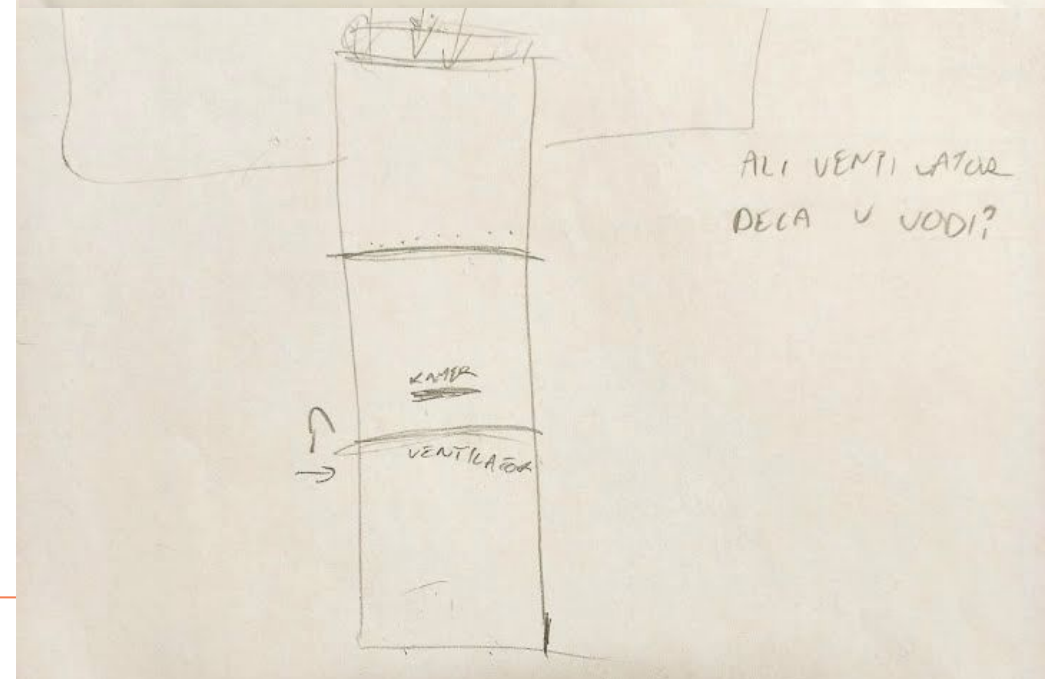
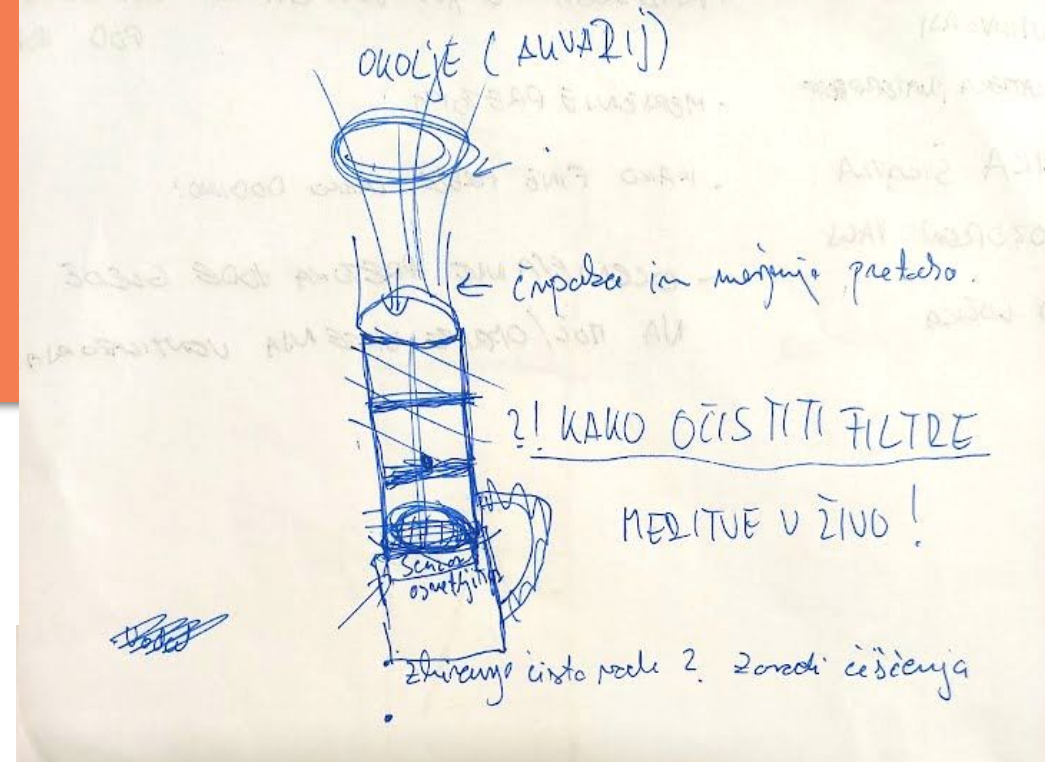


CILJ PROJEKTA

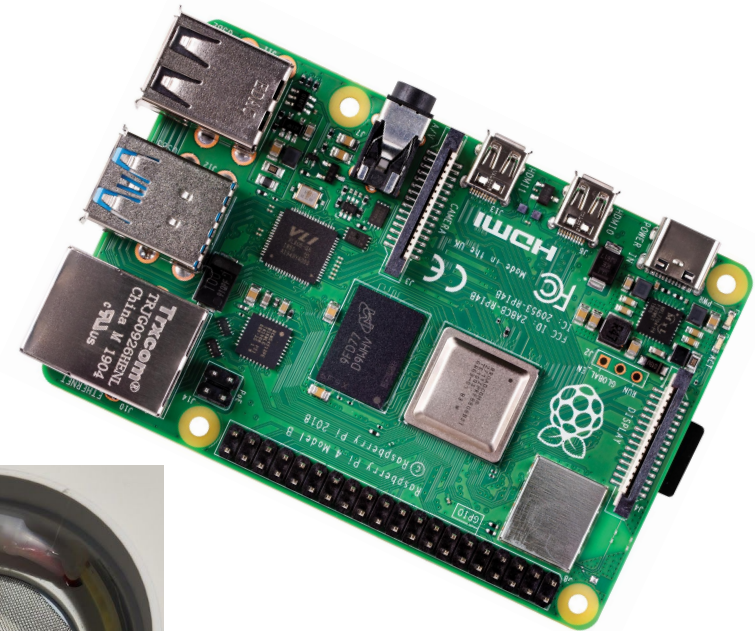
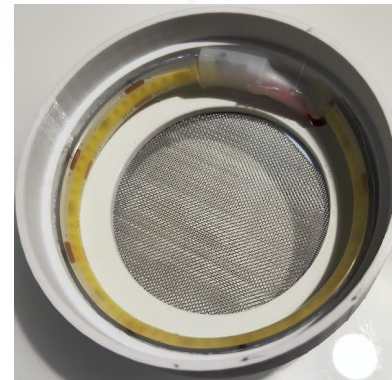
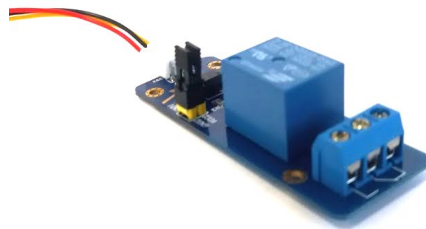
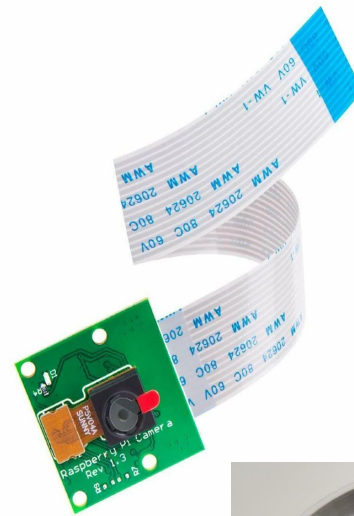
Nastala je zamisel o napravi, ki bi merila koncentracijo mikroplastike neposredno v oceanu ter podatke o tem poročala v realnem času.

Naprava mora:

- pretakati vodo;
- filtrirati delce mikroplastike;
- zajemati slike s senzorjem;
- analizirati slike;
- omogočiti preprost dostop do podatkov.



KOMPONENTE IN SESTAVNI DELI



Kakšna naj bo oblika oz. ohišje merilnika?

Uporabili smo akrilno
cev premera 90 mm.

**ODLOČILI SMO SE, DA
BOMO MERILNIK
OBLIKOVALI OKROG
VALJASTE OBLIKE.**



Iz česa bodo sestavne komponente?

3D tiskane
komponente iz
PLA

**PLA JE NAREJEN
IZ OBNOVLJIVIH
VIROV, JE
RAZGRADLJIV
TER EKONOMSKO
DOSTOPEN.**



Kako ustvariti vodni tok?

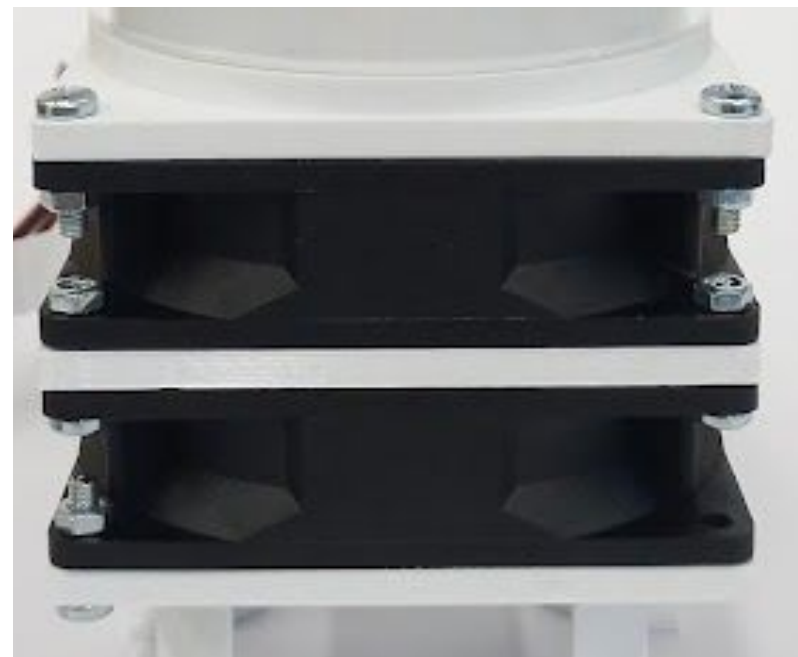
VENTILATOR IP68

Uporaba vodoodpornega ventilatorja (90 mm) IP68. Ventilator deluje na 12V napetosti.



**PRI TESTIRANJU
SMO UGOTOVILI, DA
JE PRETOK ENEGA
VENTILATORJA
DOKAJ ŠIBEK.**

Uporabili smo dva ventilatorja za zagotavljanje večjega pretoka.

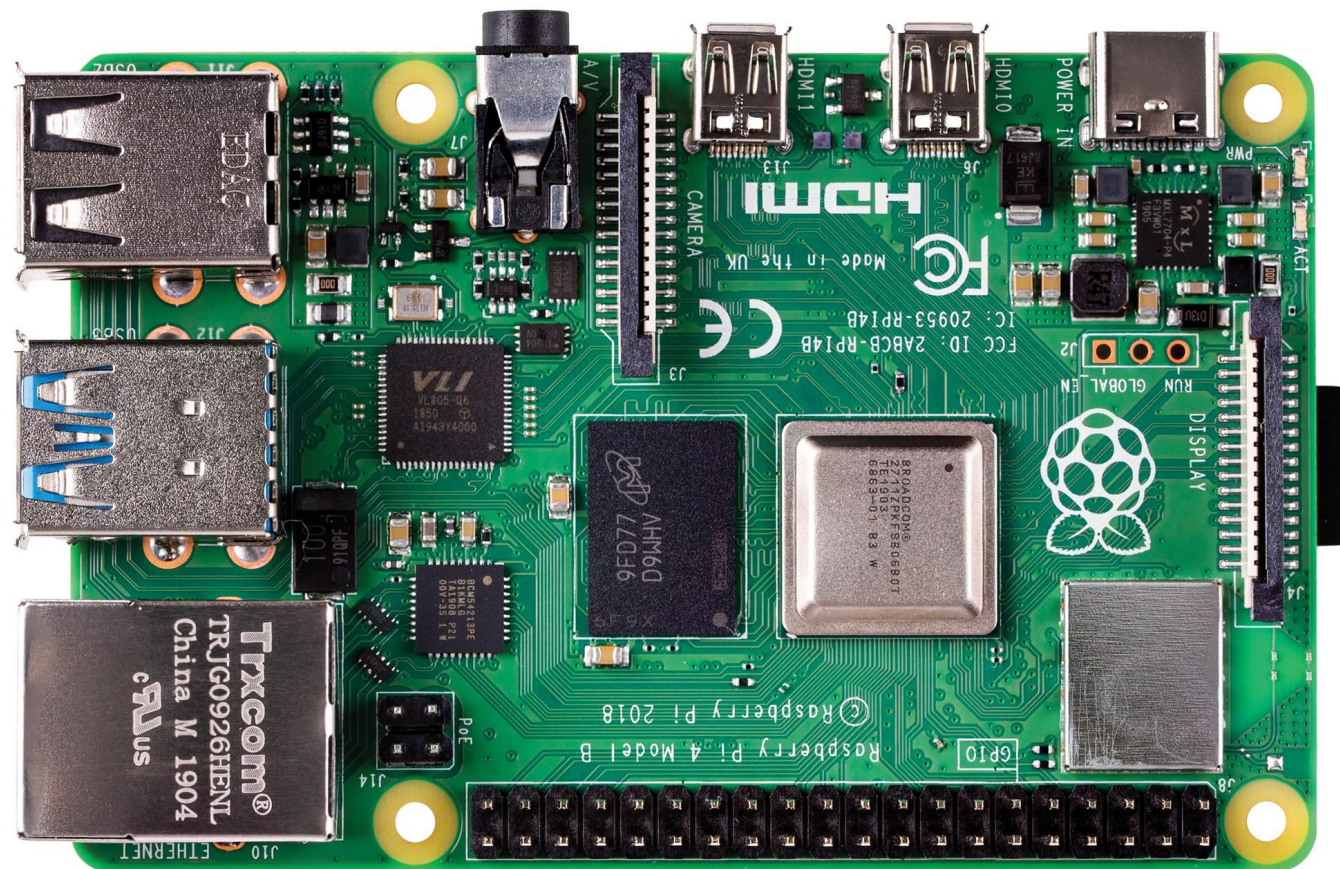


Kako krmiliti merilnik?

RASPBERRY PI 4

Uporabili smo mikroračunalnik Raspberry Pi 4.

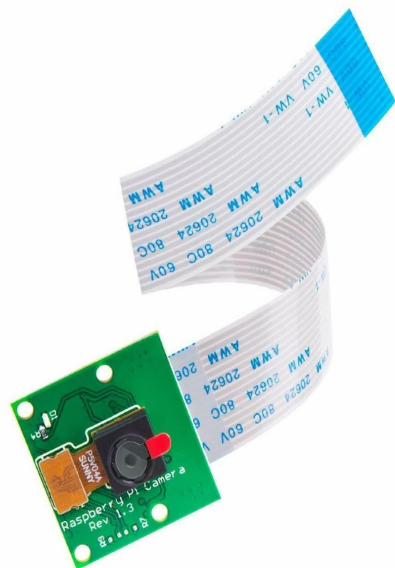
**OMOGOČA SAMOSTOJNO
DELOVANJE, HKRATI SE Z NJIM
LAHKO KRMILI NAPRAVE IN IMA
POSEBEN VHOD ZA KAMERO.**



Kako zajemati fotografije in video?

RASPBERRY PI 4 KAMERA

Uporaba Raspberry Pi camere s širokim kotom.

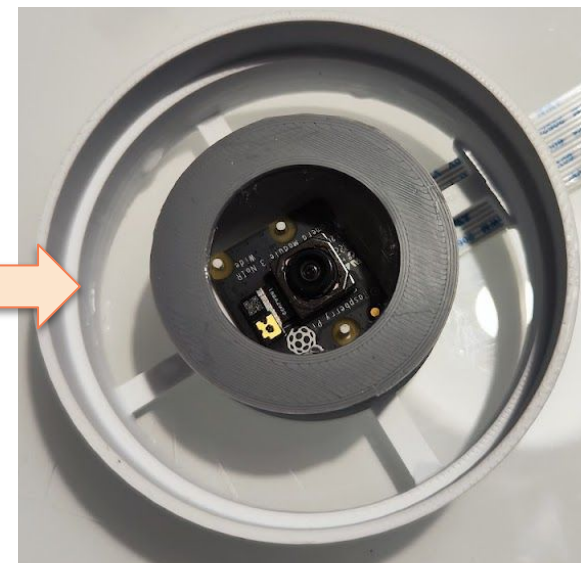


**NAJVEČJA SKRB JE
BILA, KAKO
ZAGOTOVITI
VODNO
ODPORNOST
KAMERE!**

Prva različica kamere je prepuščala nekaj vlage in je prihajalo do motenj.

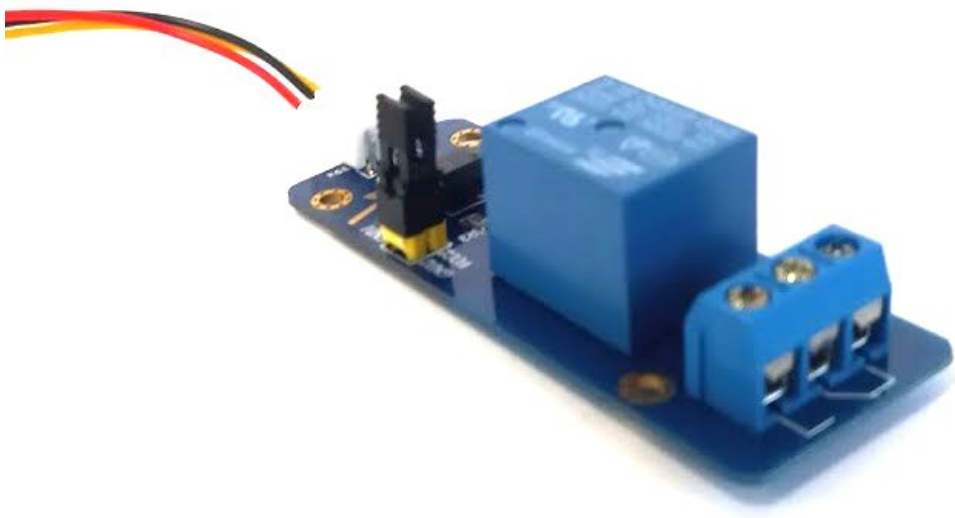


Druga različica, popolnoma novo vodotesno ohišje in kamera z izboljšano sliko ter daljšim kablom.



Kako krmiliti vklop in izklop ventilatorja?

RELE je elektromagnetno stikalo, ki ga krmili tok skozi magnetno navitje.

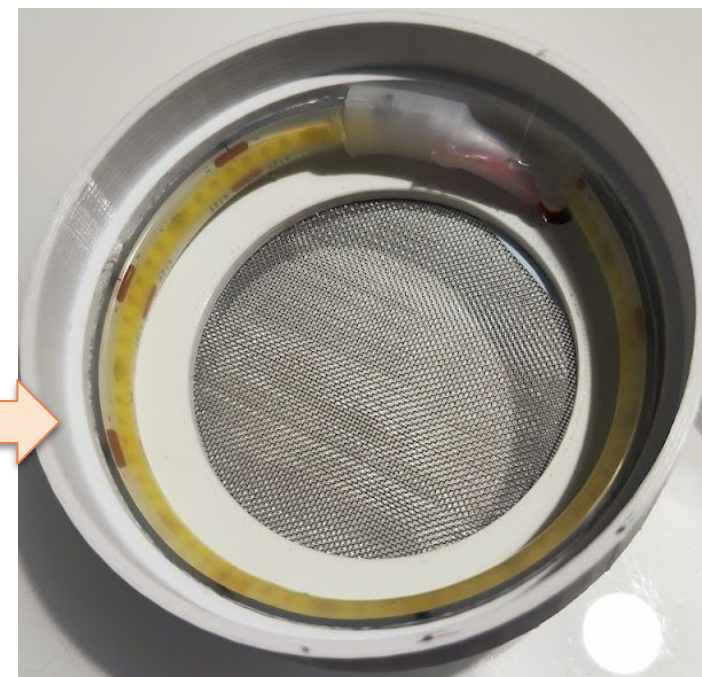


Kako zagotoviti osvetlitev filtra?

Uporaba **LED** traka, ki deluje na **12V** napetosti.



Prva različica LED traka je imela **slabo odpornost** na vodo.



Druga različica LED traka zagotavlja **vodno odpornost IP68** in boljšo **svetilnost**.

Kako zagotoviti napajanje in vezavo komponent?

Uporabili smo **12V usmernik** za napajanje ter sponke, ki so zagotovile varno in preprosto vezavo.



Kakšna naj bo filtrirna mreža?

Uporabili smo mrežo, ki lovi mikroplastiko, z odprtinami ne več kot **0,5 mm**.



POSTOPKI RAZVOJA

Razvoj merilnika je zahteval naslednja področja razvoja

- 3D MODELIRANJE
- TESTIRANJE KOMPONENT
- PROGRAMIRANJE
- MERJENJE PRETOKA
- MERJENJE MASE DELCEV
- STROJNO UČENJE

Ključnega pomena je, da izbiramo načine dela ter tehnološke zmožnosti, ki jih učenci lahko uporabljajo samostojno!

ŠOLSKA 3D USTVAJALNICA

Na šoli imamo dva **3D tiskalnika** (Prusa MK3S in Bambulab X1 Carbon z AMS) in namizni **laserski rezalnik** (XTOOLS M1).

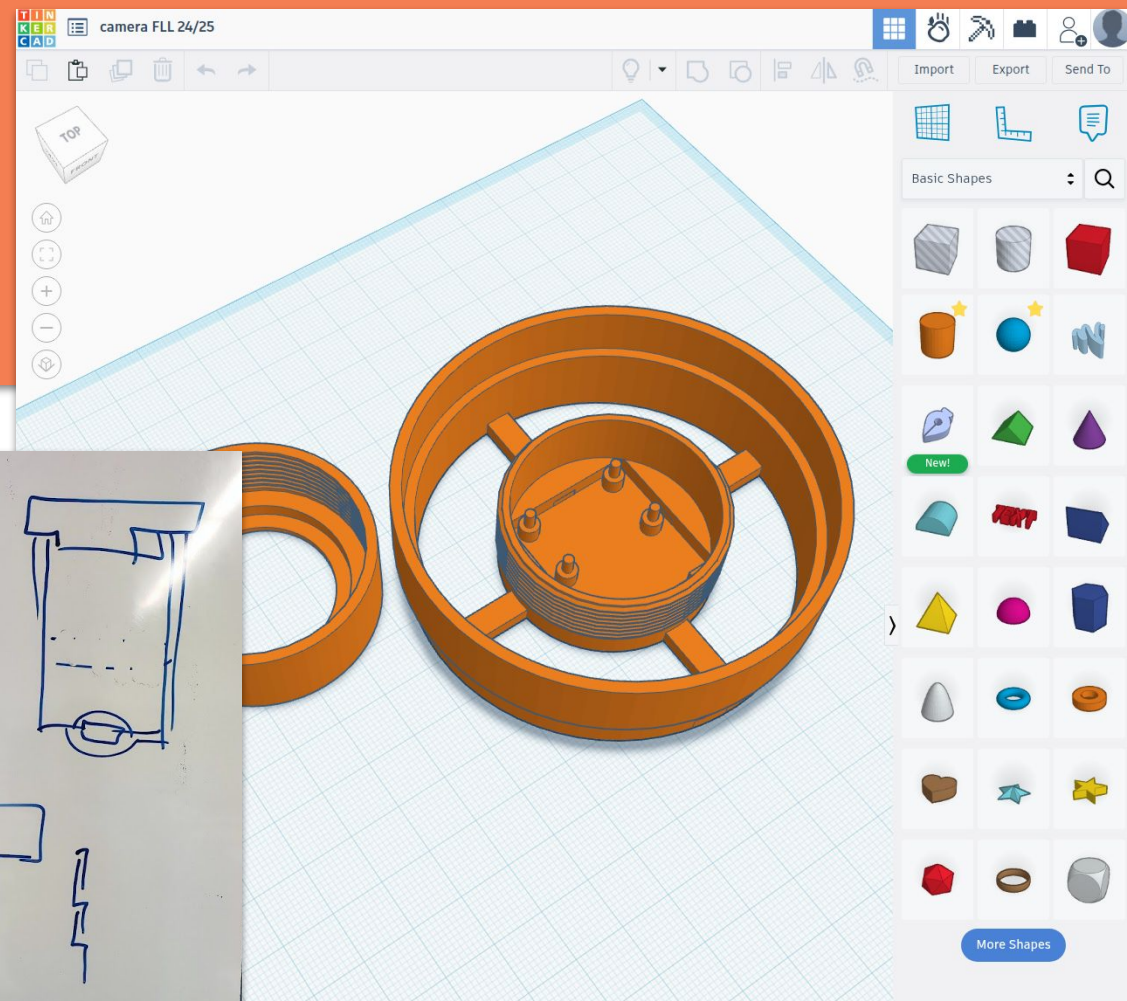
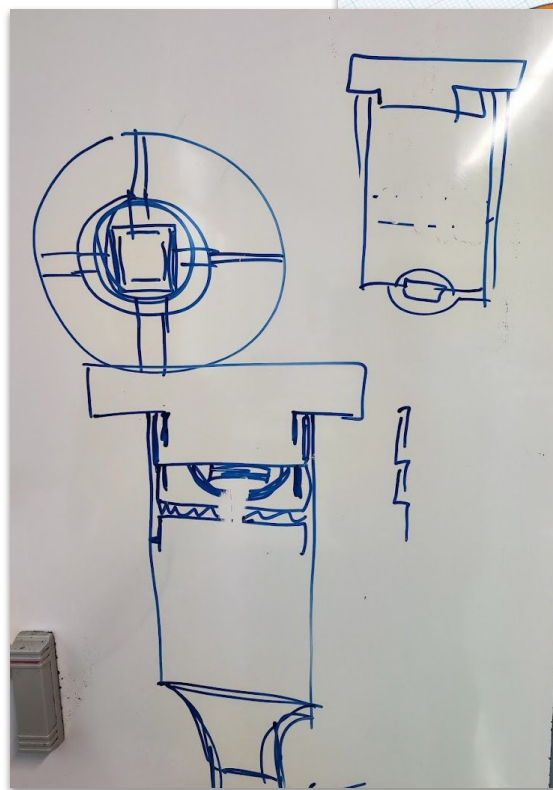
3D tiskanje in lasersko graviranje in rezanje smo uspešno vpeljali v pouk tehnike, fizike, likovne vzgojne, izbirne predmete, robotiko.



3D MODELIRANJE

3D modeliranje je potekalo s spletno programsko opremo **TinkerCAD**.

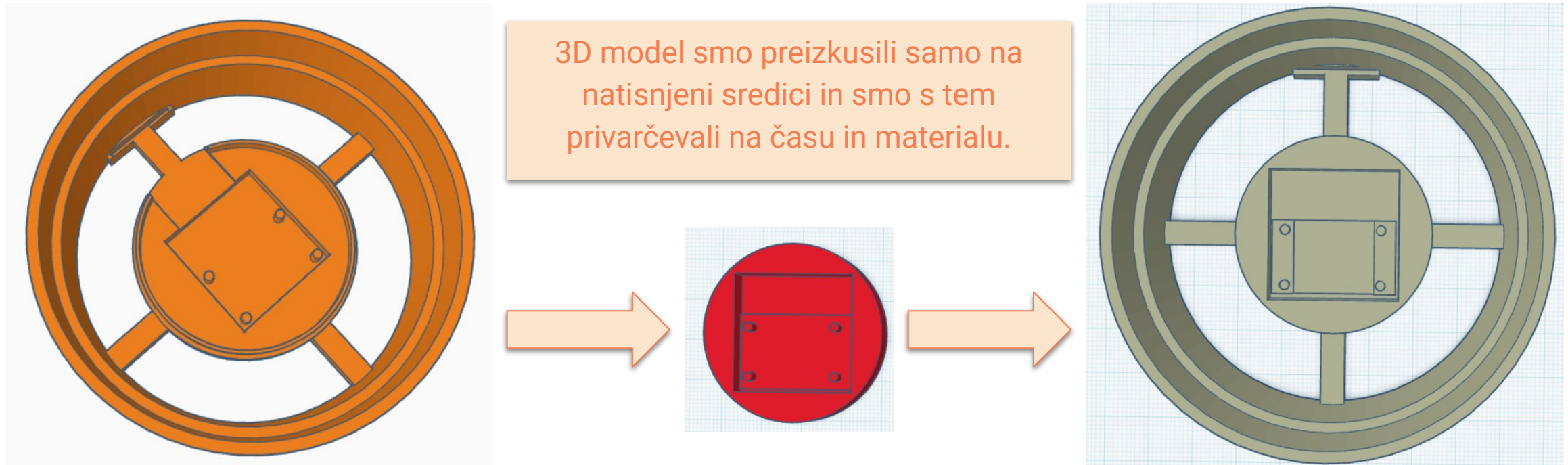
TinkerCAD omogoča, da s preprostimi oblikami sestavimo kompleksne ter natančne modele. Učenci hitro usvojijo uporabniški vmesnik in 3D modeliranje



**OD IDEJE DO 3D MODELA
LAHKO PRIDEMO HITRO.**

3D tisk in PROTOTIPIRANJE

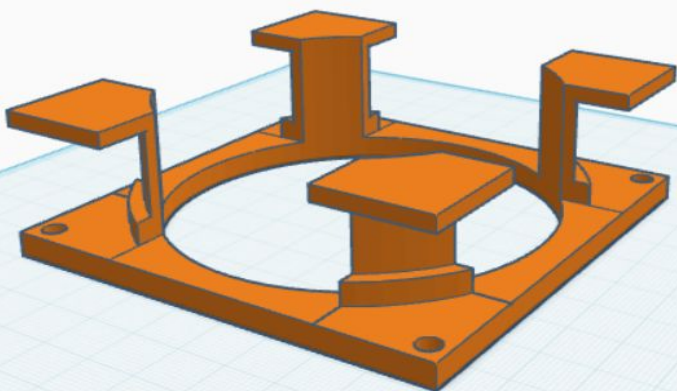
3D tisk nam je omogočil hiter razvoj modelov. Popravke in preizkušanje smo lahko izvajali hitro. Spodaj je primer za nosilec kamere.



3D MODELI

STOJALO

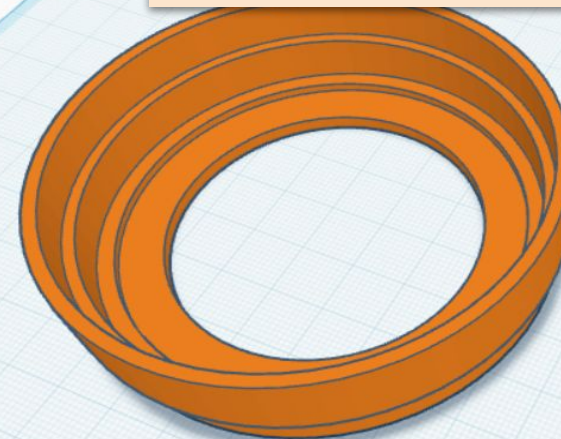
Model drži pokonci ter omogoča, da se ventilatorji ne sedejo na dno.



POKROV ZA MERILNIK



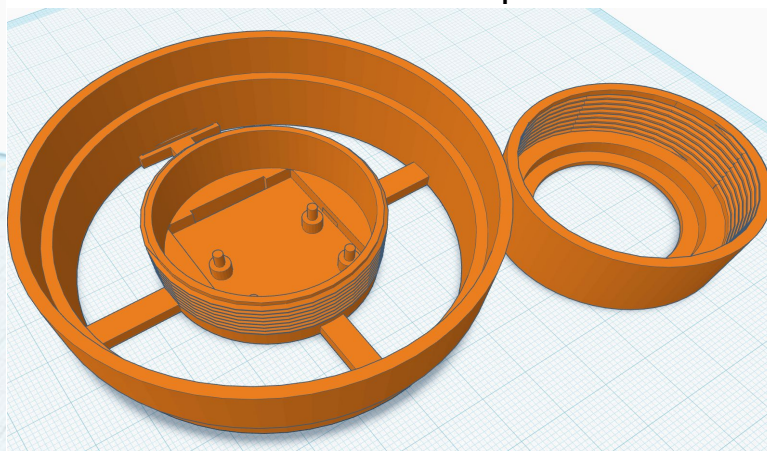
DRŽALO ZA MREŽO



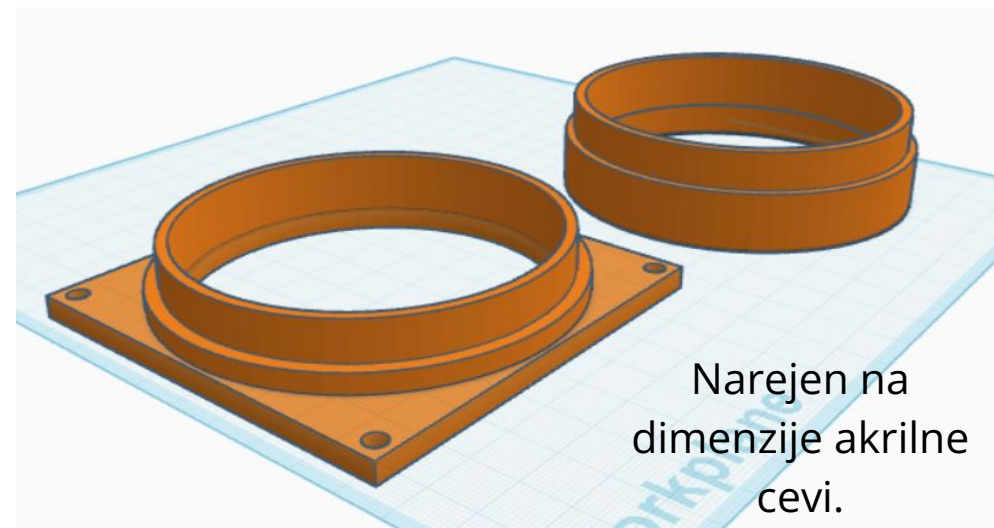
Zadržuje mrežo na mestu brez lepljenja.

POKROV ZA MERILNIK

Na novo oblikovana vodotesna modula za kamero s pokrovom.



NASTAVEK ZA VENTILATOR in PODALJŠEK



Narejen na dimenzije akrilne cevi.

PROGRAMSKO OKOLJE

VS, Python, HTML, JS, CSS



```
1 try:
2     add_message("Uspešno naložen Teachable Machine model.")
3 except Exception as e:
4     model = None
5     add_message("Neuspešno nalaganje modela: (e)")
6
7 # FUNKCIJA ZA VIDEO STREAM
8
9 def generate_frames():
10     """generator, ki stalno zajema slike in jih pošilja brskalniku (video stream)"""
11     if not picam2:
12         # če ni picam2, zgolj pošiljamo prazen placeholder
13         while True:
14             yield b""
15     else:
16         while True:
17             frame = picam2.capture_array()
18             # buffer = cv2.imencode('.jpg', frame)
19             yield (b"--frame\r\n" + buffer.tobytes() + b"\r\n\r\n")
20
21 # VZORČENJE (SHRANJEVANJE SLIK)
22
23 def sampling_worker():
24     global images_captured
25     images_captured = 0
26     interval = 1.0 / images_per_second
27
28     while not sampling_stop_event.is_set():
29         if picam2:
30             frame = picam2.capture_array()
31             filename = f"vzorec_{int(time.time())}.jpg"
32             filepath = os.path.join(vzorec_dir, filename)
33             cv2.imwrite(filepath, frame)
34             images_captured += 1
35             time.sleep(interval)
36
37 # MERJENJE: KLASIFIKACIJA Z TEACHABLE MACHINE
38
39 def classify_frame(frame):
40     """
41     Če uporabljate teachable_machine, imate metodo .classify_image(),
42     ki prejme pot do slike ali PIL sliko.
43     Nekatere različice knjižnice omogočajo:
44     result = model.classify_image(frame_path)
45     kjer frame_path je pot do datoteke.
46
47     Tu primer kaže shranjevanje 'frame' v začasno datoteko in klasifikacijo.
48     """
49     if not model:
50         return "0" # če model ni naložen
51
52     # Shranimo frame začasno
53     temp_path = f"tmp/frame.jpg"
54     cv2.imwrite(temp_path, frame)
55
56     # Dobimo rezultate
57     # Rezultat je tipično seznam (label, probability).
58     # Npr.: (('0', 0.80), ('2', 0.10), ('50', 0.05), ...)
59     result = model.classify_image(temp_path)
60     if not result:
61         return "0"
62
63     # Poiščemo največjega razred
64     # best_label, best_prob = max(result, key=lambda x: x[1])
65     best_label = result[0][0]
66     best_prob = result[0][1]
```

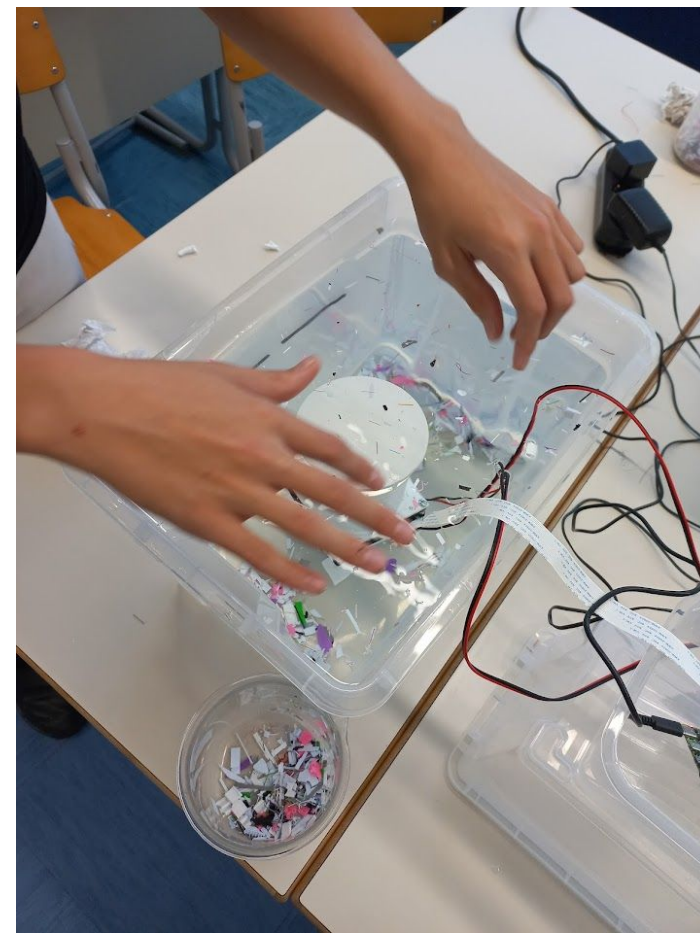
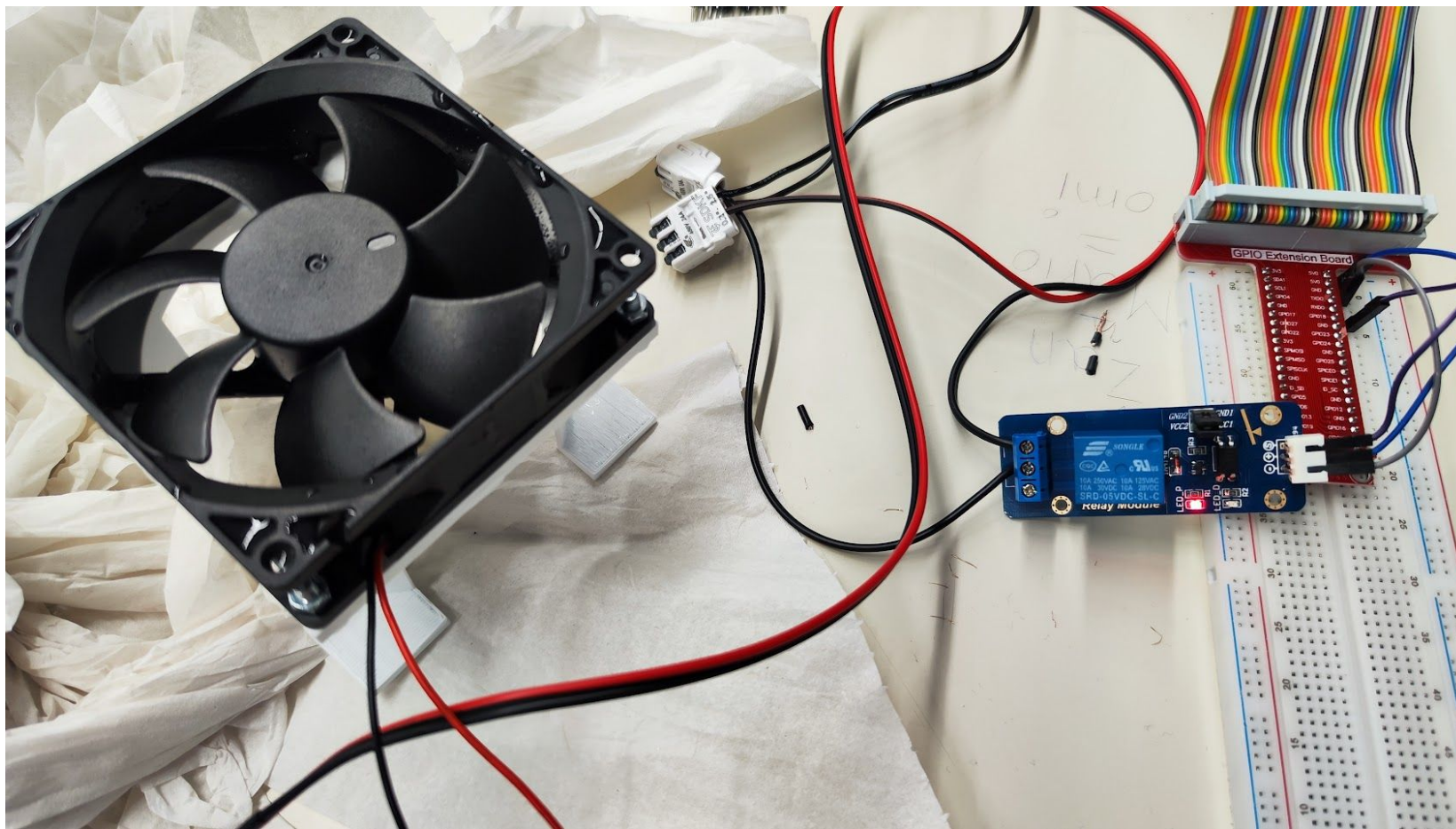
- Programirani smo v programskem okolju **VISUAL STUDIO**;
- V ozadju smo uporabljali programski jezik **Python** (Flask, Teachable machine)
- Spletna stran je ustvarjena s **HTML, JS, CSS**.



ChatGPT

TESTIRANJE KOMPONENT

Testirali smo delovanje ventilatorja, releja, LED traka. Najbolj vznemirljivo je bilo, ko smo prvič začeli s testiranjem delovanja komponent pod vodo.



MERJENJE IN IZRAČUN PRETOKA VODE

Z aplikacijo **Video stopwatch** (Google Play) smo izmerili čas potovanja delca, ki smo ga pridobili iz video posnetka.

Iz dimenzij valja smo ocenili, da je pretok 0,5 l/s.

PRETOK: $\Phi_V = \frac{V}{t} = \frac{S \cdot l}{t} = S \cdot v$

$r = 43 \text{ mm} = 0,043 \text{ m}$

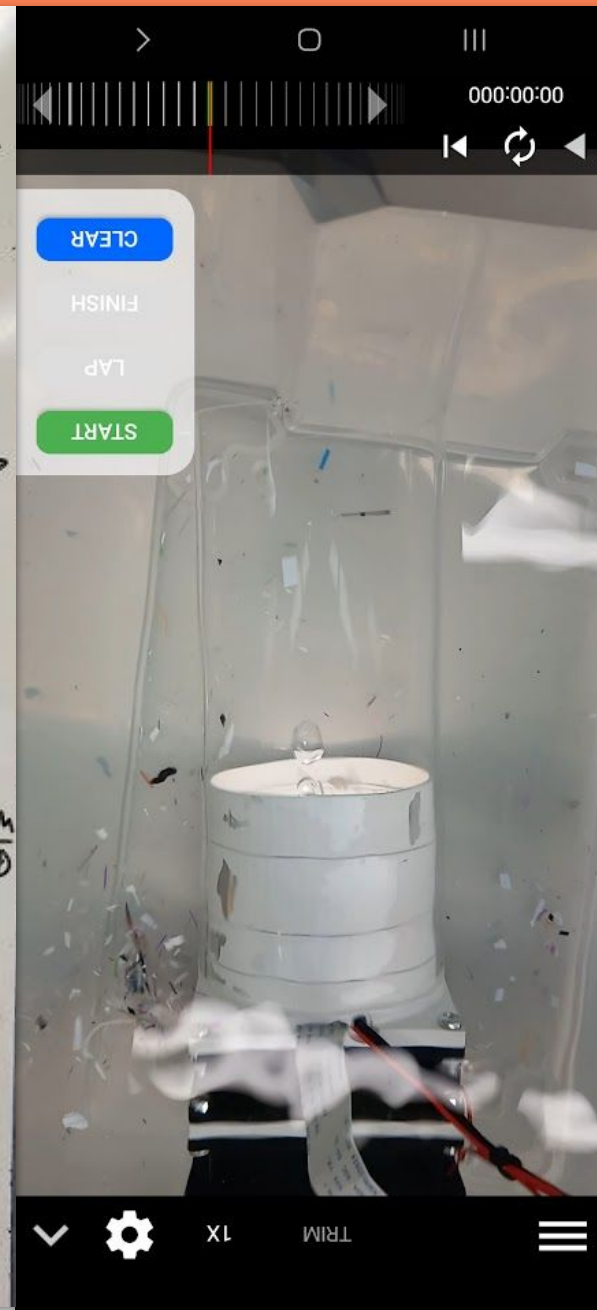
$\Phi_V = 0,00058 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,58 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}$
 $= 0,5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$

$A = 1,2 \text{ s}$ $v = \frac{l}{t} = \frac{0,12 \text{ m}}{1,2 \text{ s}} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$d = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$

$S = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot (0,043 \text{ m})^2$

$S = 0,0058 \text{ m}^2$



MERJENJE IN IZRAČUN PRETOKA VODE

Ena izmed prvih funkcij, ki smo jih programirali, je bila zajem vzorčenja slik.

Vzorčenje smo ustavili, ko se je mreža zapolnila.

Merjenje mikroplastike



Shrani trenutno sliko

Vklop/lzklop ventilatorja

Vklop/lzklop vzorčenje

Meritve

Čas merjenja: 0 s
Zasedenost: 0%

MERJENJE MASE MIKROPLASTIKE

Po vsakem vzorcu smo pobrali ulovljene testne opilke mikroplastike na filtru. Posušnim vzorcem smo izmerili maso.

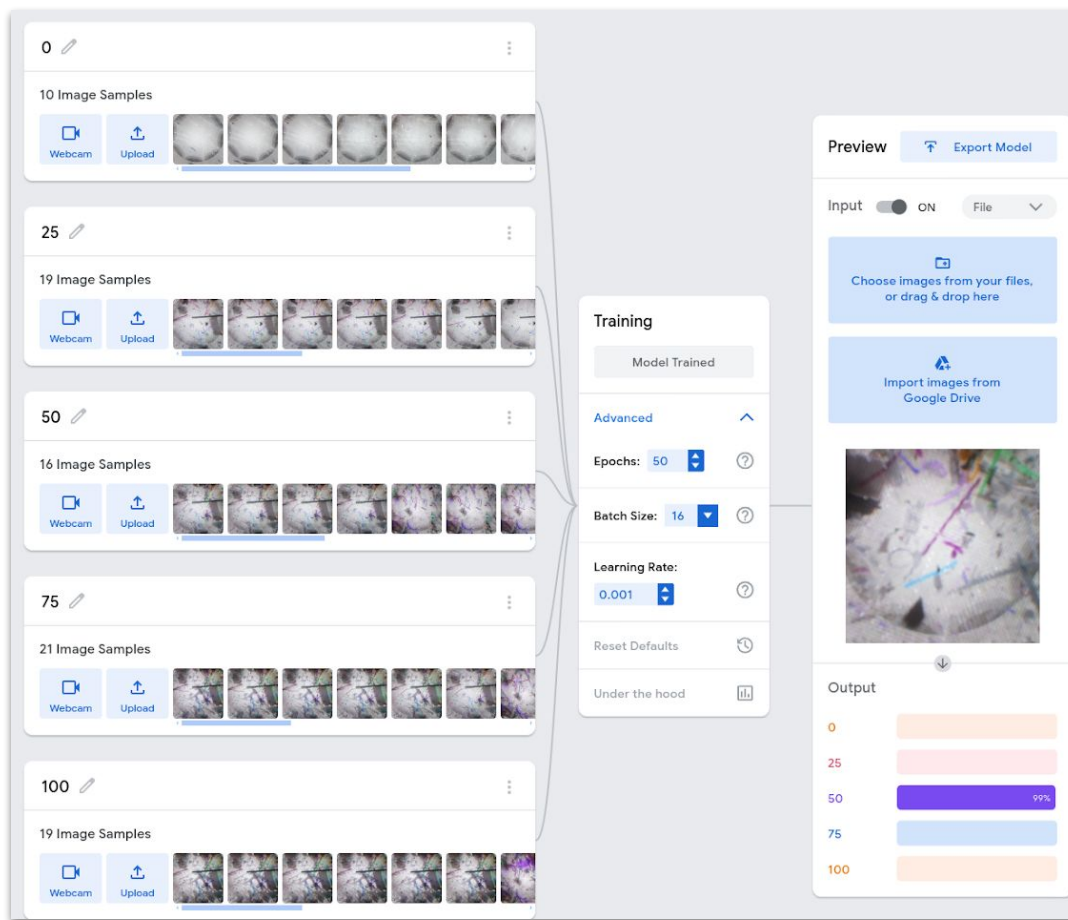
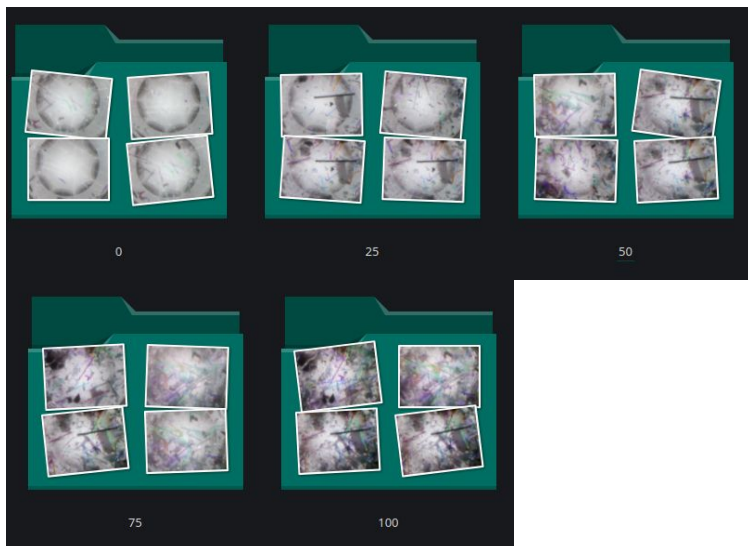
Izmerili smo, da je na zapolnjeni mreži v povprečju 40 mg ulovljene mikroplastike.



SORTIRANJE ZAJETIH SLIK FILTRA

STROJNO UČENJE PREPOZNAVANJA VZORCEV S **TEACHABLE MACHINE**

Zajete fotografije smo razvrstili v 5 kategorij, ki so enake po oceni zasedenosti mreže v procentih. **Kategorije: 0, 25, 50, 75 in 100.**



- Ustvarili smo kategorije in prenesli zajete slike filtrov.
- Model smo trenirali in ga testrali.
- Model smo prenesli za uporabo z našim programom.

SPLETNI UPORABNIŠKI VMESNIK in POTEK MERJENJA

Algoritem za merjenje:

1. Prične se meriti čas.
2. Z modelom strojnega učenja se meri zasedenost filtra.
3. Računa se pretečena količina vode skozi filter iz časa in znanega pretoka v enoti [l/s].
4. Izračuna se koncentracija mikroplastike iz znane povprečne mase na mreži in pretečene količine vode v enoti [mg/l].
5. Merjenje se ustavi, ko je zaznana 100% zasedenost.



Merjenje koncentracije mikroplastike



Shrani trenutno sliko

Vklop/Izklop ventilatorja

Vklop/Izklop vzorčenje

Meritve

Čas merjenja: 0.0 s
Zasedenost: 0%
Pretok: 0.5 L/s
Količina vode: 0.000 L
Masa mikroplastike: 0.040 mg
Koncentracija: 0.000 mg/L

**DO UPORABNIŠKEGA SPLETNEGA VMESNIKA LAHKO
DOSTOPAMO IZ VSAKE NAPRAVE, KI JE V ISTEM OMREŽJU.**

PROTOTIP MERILNIKA MIKROPLASTIKE



Micro Net
FILTRATION

Nastal je prototip merilnika mikroplastike. **Merilnik v realnem času** meri koncentracijo **mikroplastike**, tako da meri **vodni pretok**, **filtrira mikrodelce** in s **kamero** ter **algoritmi strojnega učenja** ugotavlja **količino delcev**.



PREDNOSTI NAŠEGA PROJEKTA

Prototip merilnika mikroplastike ima naslednje prednosti:

- je modularen;
- podatke oddaja v živo;
- je kompakten;
- podatki so dostopni preko spletne strani.



PREDNOSTI ODPRTIH PROJEKTOV

- Učenci spoznajo raznolike tehnologije, ki jih lahko združujejo v skupno rešitev.
- Prepoznnavajo probleme in jih znajo razdeliti na več manjših podproblemov.
- Uporabljajo inženirske pristope (*načrtuj - naredi - preizkus*) in se urijo v veščinah **STEM**.
- Delo si razdelijo, hkrati pa sodelujejo in si pomagajo.
- **Pridobijo celostni pogled na projektno in razvojno delo.**



UTRINKI Z ODPRTEGA DRŽAVNEGA PRVENSTVA FLL (Koper 2025)



PRI NAPORNEM DELU SE JE POTREBNO ZABAVATI IN SEVEDA OKREPČATI!



**ZAHVALJUJEM SE
VAM ZA VAŠO
POZORNOST!**