



**PODAJMO SE V SVET**

**participativne**

**znanosti**

**PRIROČNIK**



**PODAJMO SE V SVET**

# **participativne znanosti**

**PRIROČNIK**

Naslov: Podajmo se v svet participativne znanosti

Avtorji: Gjino Šutič, v sodelovanju z:  
Filip Grgurevič, Ana Klarin, Gaspard Berger in Maja Drobne

Založnik: Kulturno izobraževalno društvo PiNA, Gortanov trg 15, 6000 Koper, Slovenija

Leto: 2024

Spletni naslov publikacije: <https://www.pina.si/en/portfolio/dive-in-2/>

Podajmo se v svet participativne znanosti © 2024 Gjino Šutič, v sodelovanju z:  
Filip Grgurevič, Ana Klarin, Gaspard Berger in Maja Drobne, je licenciran pod  
CC BY-NC-SA 4.0.  
Če si želite ogledati kopijo te licence, obiščite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Publikacija je brezplačna.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

[COBISS.SI-ID 200086531](https://nuk.ub.uni-lj.si/COBISS.SI-ID/200086531)

ISBN 978-961-94054-8-2 (PDF)

# Predgovor

**Dragi bralec, draga bralka –  
kdorkoli že si.**

**Veseli me, da je ta knjiga našla pot do  
tebe. Upam, da se tudi ti najdeš v njej.**

Vsebina knjige je morda nekoliko nenavadna, nenavaden pa je tudi njen namen. Zamišljena je kot lahkotno branje in kot teoretičen in praktičen uvod v svet eksperimentov in odkrivanja sveta okoli nas, pa tudi nas samih. Primerna je sicer za skoraj vse starosti, bo pa največji vtis verjetno pustila otrokom in mlajšim odraslim (od 12. leta starosti dalje) in tistim, ki se ukvarjajo z mladimi na tak ali drugačen način.

Cilj knjige je, da s svojo vsebino in metodologijami mladim ljudem pomaga izraziti pomembna vprašanja in najti način, da se jim približajo in nanje odgovorijo s pomočjo analitičnega (dekonstruktivnega) in konstruktivnega »brkljanja« (tinkering). Prav tako želi spodbuditi odrasle, da se lotijo preučevanja večinoma spregledanih, včasih pa tudi pozabljenih tem in praks – da torej najdejo svojo notranjo igrivost s (ponovnim) odkrivanjem znanosti in ponovnim premislekom o tem, kako gledamo na stvari, ki se nam zdijo samoumevne. Poleg vseh, ki si želijo nekaj samoučenja in odkrivanja, so ciljna publika knjige tudi tisti, ki delajo z mladimi na t.i. področjih STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) ter splošni pedagogi, ki bi mladim radi pomagali razviti veščine analitičnega, kritičnega in konstruktivnega mišljenja. Knjigo morda lahko uporabijo kot učni pripomoček, ki ne bo služil le kot suhoparna zbirka definicij, temveč kot nekaj, kar bo v bralcih zasejalo radovednost, kot »orodje za razvoj drugih orodij« po poti samostojnega učenja in soustvarjanja trajnostne prihodnosti.

To je tudi osnovna filozofija te knjige: spodbuditi navadne posameznike, da presežejo pasivno prilagajanje obstoječim globalnim izzivom (kot so podnebne spremembe, onesnaženje, neenakost itd.) ali nestimulativnim okoljem in skupnostim ter se s problemi spopadejo – z reformami, ponovnim izumljanjem in gradnjo boljše prihodnosti. Ne pozabite, da družbo gradijo in ustvarjajo navadni državljani, kot ste vi.

Vsebina knjige je zasnovana tako, da jo lahko berete na kakršenkoli način; lahko jo preberete od začetka do konca, jo na hitro prelistate, ali pa se neposredno lotite posameznih poglavij, ki vas pritegnejo. Le nekaj vas prosim: ne prebirajte knjige, ne da bi preizkusili tudi njen praktični del. Brez prenosa v prakso znanje ne pomeni dosti, in do resničnega razumevanja se ne moremo dokopati, če teorijo zgolj jemljemo kot nekaj samoumevnega – v tematiko se moramo poglobiti celostno.

Ne bojte se napak ali zapletov. Do samoučenja pride, če eksperimentiramo: zapleti so plodna tla za ustvarjalnost, napake pa – če si želimo dobrih rezultatov – neizbežne.







# 1.1

## Peskovnik participativne znanosti

### 1.1.1 ODKRIVANJE

**Ob** nastanku nobeno bitje, organizem ali celica v naravi ne pozna svojega okolja in mehanizmov svojega delovanja; v svojem prizadevanju za preživetje nato išče pozitivne dražljaje, življenju prijazno okolje in prostor za rast. Vredno razmisleka, ali ne?

Rečemo lahko, da so najpomembnejša orodja organizma pri izpolnjevanju teh ciljev naslednja:

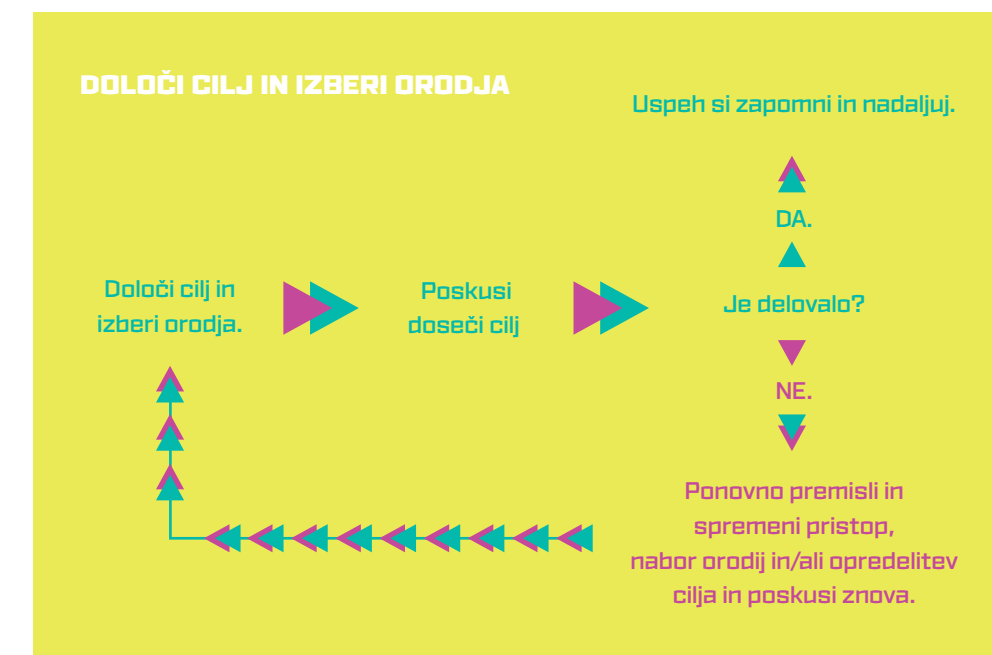
- ⊕ sposobnost raziskovanja in preučevanja okolice, kakršnakoli že ta je (za iskanje ugodnih pogojev),
- ⊕ sposobnost ocenjevanja in medsebojne primerjave odkritij, kar omogoča izbiro najboljšega in izogibanje tistemu, kar je škodljivo,

- ⊕ sposobnost kar najbolje izkoristiti to, kar je na razpolago (za gradnjo in rast).

Znanost in inženirstvo sta zgolj način, kako se tega postopka lotevamo ljudje. Razvila sta se v obliko, ki jo lahko delimo z drugimi, kar omogoča, da ju čas gradimo in izpopolnimo ter tako več dosežemo – tako posamezniki kot človeška skupnost.

V nas je globoko zakoreninjen naraven, prirojen način izvajanja znanosti in inženirstva, ki predstavlja najosnovnejšo metodo eksperimentiranja: poskusi in napake.

Če ta proces poenostavimo, vidimo, da izvira v najgloblje prirojenih in najosnovnejših krmilnih mehanizmih, ki so prisotni v vseh živih sistemih s sposobnostjo samonadzora, in ki ga inženirji vedno znova pustvarjajo v vseh umetnih krmilnih sistemih. V znanstveni panogi kibernetike temu procesu rečemo »povratna zanka«. Temelji na vstavljanju



## POVRATNA ZANKA



podatkov, pridobljenih v postopku, nazaj v postopek, kar nas s pomočjo poskusov in napak privede do zelenih rezultatov.

Najprej pa se vrnimo nazaj in poskušajmo dognati, kaj je znanost na splošno.

V večini slovarjev je **znanost** opredeljena kot sistematičen, metodičen pristop za gradnjo razumevanja naravnega sveta preko opazovanja, eksperimentiranja in oblikovanja razlag in teorij, ki jih je mogoče preveriti. Gre za sistematičen način pridobivanja znanja, organiziranja informacij in oblikovanja napovedi o svetu in predmetih in pojavih v njem.

V svojem bistvu znanost kot disciplina temelji na empiričnih načelih (torej ideji, da lahko učenje poteka le na podlagi izkušenj in opazovanja) in prakticiranju objektivnosti. Objektivnost pri preučevanju sveta pomeni, da smo pri razmišljanju nepristranski in da se do resnice poskušamo dokopati s pomočjo dokazov, ne pa na podlagi osebnih prepričanj ali mnenj.

Ta razlaga, čeprav točna, pa je tudi nekoliko dolgočasna, ali ne? Manjkata ji tista **iskrivost in gorečnost, ki so sicer gonilna sila znanosti**. Zakaj bi se morali ukvarjati z znanostjo in zakaj bi nam moralo biti znanostjo mar? Odgovor je v tem, da je bistvo znanosti vgrajeno v vse nas v obliki naravnega načela – gre za enega od prirojenih mehanizmov za raziskovanje in razvijanje razumevanja, pa čeprav se ga morda ne zavedamo. Rekli bi lahko, da je znanost orodje, s katerim se rodimo, od nas pa je nato odvisno, če ga želimo uporabljati in razvijati.

Glede na to, da je znanost (v smislu orodja) del vseh nas, ni presenetljivo, da se z njo ukvarjajo mnogi.

Nekateri se za izvajanje znanosti specializirajo. Uporaba različnih metod in postopkov za raziskovanje in razumevanje naravnega sveta je za te **poklicne znanstvenike** služba.

Nekateri se z znanostjo ukvarjajo izven svojega poklica – morda z namenom osebnostnega razvoja, ali pa kot konstruktiven način preživljanja prostega časa. Tem rečemo **ljubiteljski znanstveniki** (tudi znanstveniki občani, iz angleškega izraza citizen scientist).

Na podlagi tega lahko znanstvenika širše opredelimo kot posameznika, ki se ukvarja

z znanostjo in sledi znanstveni metodologiji.

Znanstvena metodologija je običajno sestavljena iz naslednjih elementov:

⊕ **OPAZOVANJE**

Znanstveniki opazujejo pojave v svetu, pri čemer so pozorni na vzorce, obnašanje in dogodke.

⊕ **ZASTAVLJANJE VPRAŠANJ**

Na podlagi svojih opažanj si znanstveniki začnejo zastavljati vprašanja, s katerimi si pomagajo pri razlagi ali razumevanju opazovanih pojavov.

⊕ **HIPOTEZA (TEORETIČNA DOMNEVA O VERJETNEM ZAKLJUČKU)**

Znanstveniki podajo teoretične, nepreverjene domneve ali hipoteze, ki jih je mogoče preveriti z nadaljnjimi raziskavami. Hipoteza je domnevna razlaga, ki jo je mogoče bodisi podkrepiti bodisi ovreči s pomočjo merljivih in preverljivih dokazov.

⊕ **IZVAJANJE EKSPERIMENTOV**

Znanstveniki svoje hipoteze preverijo s snovanjem in izvajanjem eksperimentov. Eksperimenti vključujejo manipuliranje spremenljivk in merjenje rezultatov, pri čimer izluščimo vzročno-posledične povezave.

⊕ **ZBIRANJE IN ANALIZA PODATKOV**

Znanstveniki – z eksperimenti ali kako drugače – zbirajo podatke, ki jih zanimajo. Te podatke nato analizirajo s pomočjo statističnih metod in drugih tehnik, ki jim omogočajo priti do smiselnih zaključkov.

⊕ **OBLIKOVANJE ZAKLJUČKOV**

Znanstveniki na podlagi analize podatkov pridejo do zaključkov glede veljavnosti svojih hipotez. Če podatki hipotezo podpirajo, lahko ta postane teorija oziroma uveljavljena razlaga. Če podatki hipoteze ne podpirajo, jo lahko znanstveniki spremenijo ali ovržejo in oblikujejo nove hipoteze za nadaljnje raziskovanje.

Ti elementi profesionalne znanosti si običajno – ne pa vselej – sledijo

v navedenem vrstnem redu. Včasih vprašanja ne izvirajo neposredno iz predmeta raziskovanja ali znanstvenega področja samega, temveč iz navdiha – na primer, če opazimo kakšne podobnosti z drugimi predmeti in znanstvenimi področji, ali če poskusimo s temi vzpostaviti povezavo. **Ugotavljanje povezav** (koreliranje) med stvarmi in njihova primerjava – tudi, kadar te niso neposredno primerljive – sta torej pomembna procesa.

Znano reklo se glasi »ne mešaj jabolka in hrušk.« A to preprosto ni res. Primerjava, torej nekakšno »mešanje«, jabolka in hrušk nam lahko o obeh sadežih pove več kot zgolj primerjava jabolka z drugimi jabolki in hrušk z drugimi hruškami. Pomembno je korelirati – in se naučiti veščin korelacije.

Pomembno se je tudi zavedati, da lahko vprašanja, novo znanje in ideje za eksperimente izluščimo iz golih podatkov – s tem se recimo ukvarja hibridno področje podatkovne znanosti, ki predstavlja eno najnovejših vej na drevesu znanstvenih področij.

Poleg dobrih metodologij za učenje nam znanost daje tudi znanje o **znanju samem**. Uči nas, da znanja (in drugih stvari) ne smemo jemati kor nekaj samoumevnega – znanje namreč dojema kot nekaj dinamičnega, nekaj, kar se lahko na podlagi novih dokazov spremeni in dopolni. Ta proces samopopravljanja in izpopolnjevanja prispeva k napredku znanstvenega razumevanja skozi čas in povečevanju človeškega znanja.

Znanost si z živimi organizmi deli še eno zanimivo lastnost, in sicer to, da je **organska**. Obsega namreč celo vrsto disciplin (med drugim fiziko, kemijo, biologijo, astronomijo, geologijo, psihologijo in mnoge druge), ki rastejo in se razrašajo – prav tako kot veje živega drevesa. Vsaka znanstvena panoga ima sicer svoje specifične metodologije in področja, na katera se osredotoča, vsem pa je skupna zavezanost k sistematičnemu preučevanju sveta in njegovega bistva ter želja po odkrivanju in pojasnjevanju temeljnih načel in procesov.

Vsekakor je znanost pomembno orodje človeškega napredka, saj spodbuja inovacije, žene tehnološki razvoj in pogloblja naše razumevanje vesolja in človekovega položaja v njem. Predstavlja zanesljivo in na dokazih zgrajeno ogrodje za raziskovanje in razlago fenomenov, ki oblikujejo naš svet.

## 1.1.2 PARTICIPATIVNA ZNANOST

**O**menjali smo že, da znanost in znanstveno metodologijo nekateri izvajajo izven poklicnih okvirov in/ali se v procesih profesionalne znanosti udeležujejo kot običajni državljani oz. občani. Za to skupino ljudi rečemo, da tvorijo občestvo **participativne znanosti**.

Participativna znanost – rečemo ji tudi skupnostna znanost ali skupnostno znanstveno raziskovanje – je specifičen pristop k profesionalnemu znanstvenemu raziskovanju ali ljubiteljski praksi, pri katerem se člani širše javnosti (občani brez formalne znanstvene izobrazbe) aktivno udeležujejo v znanstveno-raziskovalnih projektih. To lahko poteka v obliki vključevanja nepoklicnih znanstvenikov v različnih fazah znanstvenega procesa, na primer pri zbiranju podatkov, postavljanju hipotez, izvajanju eksperimentov, analizi, interpretaciji podatkov in oblikovanju zaključkov. Včasih takšni – formalno sicer neizobraženi – posamezniki s samoučenjem in znanstvenim eksperimentiranjem dovolj izpopolnijo svoje znanje in veščine, da so sposobni izvajanja znanstvenih raziskav, ki se lahko po kakovosti merijo s tistimi, ki se izvajajo v profesionalnih krogih, lahko pa naredijo celo še en korak naprej do pravih (patentiranih) izumov. Kot primera takšnega ideala ljubiteljskega znanstvenika, inovatorja in izumitelja morda najbolj izstopata Hedy Lamarr s svojim impresivnim delom na različnih področjih znanosti, pa tudi brezčasni genialec Leonardo da Vinci, ki je kot samouk s pomočjo eksperimentov pomagal postaviti temelje več področij znanosti.

Koncept participativne znanosti temelji na prepričanju, da znanstveno raziskovanje ne

bi smelo biti izključno v domeni poklicnih znanstvenikov in raziskovalcev. Names-to tega prepozna, da lahko posamezniki iz raznolikih okolij in z različnimi ravnmi strokovnega znanja dragoceno prispevajo k znanstvenemu znanju in razumevanju.

Ne smemo pozabiti, da noben oče ali mati neke znanstvene discipline v njej ni imel oziroma imela formalne izobrazbe – preprosto zato, ker ta disciplina pred njimi ni obstajala. Ko se je porajala v njihovih mislih, so se z njo tudi sami ukvarjali kot ljubiteljski znanstveniki.

Zato torej ni presenetljivo, da so danes ljubiteljski znanstveniki vključeni v skoraj vsa področja znanosti – zbirajo okoljske podatke, prepoznavajo vrste organizmov, spremljajo ptičje populacije, spremljajo vzorce vremena, analizirajo astronomske slike, analizirajo kakovost vode, rešujejo probleme zvižanja beljakovin (kar je potrebno za razvijanje rešitev za zdravljenje in izkoreninjaje bolezni ter ustvarjanje bioloških inovacij) in tako naprej.

Tako v profesionalni kot v participativni znanosti na področju raziskav in eksperimentiranja razločimo med dvema glavnima pristopoma k raziskovanju in eksperimentiranju: individualnim, po načelu **DIY (do-it-yourself oz. »naredi sam«)**, in sodelovalnim, **DIWO (do-it-with-others oz. »naredi z drugimi«)**.

**Participativna znanost** profesionalni znanstveni skupnosti prinaša **več koristi**. Raziskovalcem omogoča zbirati velike količine podatkov na velikih geografskih območjih in v daljših časovnih obdobjih, kar bi bilo sicer zelo težko ali nemogoče doseči. Ta postopek pomaga povečati obseg zbiranja podatkov, kar omogoča bogatejšo in celovitejšo razumevanje različnih pojavov.

Participativna znanost poleg tega spodbuja udeleževanje javnosti v znanosti in izboljšuje znanstveno pismenost občanov in skupnosti. Z aktivnim sodelovanjem v raziskovalnih projektih posamezniki pridobijo praktične izkušnje in razvijejo globlje razumevanje znanstvenih procesov in konceptov. Participativna znanost ljudi opolnomoči, da lahko prispevajo k naslavljanju pomembnih družbenih vprašanj, in razvija spoštljiv odnos do znanstvenega udejstvovanja, dejansko pa lahko tudi okrepi vezi med znanstveniki, javnostjo, oblikovalci politik in industrijo ter spodbuja sodelovanje in dialog. Profesionalnim raziskovalcem koristi strokovno znanje ljubiteljskih znanstvenikov in njihovo poznavanje lokalnega okolja, ljubiteljski znanstveniki pa dobijo vpogled v delo profesionalne znanstvene skupnosti in obenem priložnost prispevati k napredku znanosti.

V zadnjih letih je imel tehnološki napredek pomembno vlogo pri širjenju dometa in vpliva participativne znanosti. Široka dostopnost pametnih telefonov, internetnega dostopa in platform za izmenjavo podatkov je poenostavila udeležbo ljubiteljskih znanstvenikov in njihovo sodelovanje na svetovni ravni.

V splošnem participativna znanost predstavlja sodelovalen in vključujoč pristop k znanstvenim raziskavam, ki izkorišča moč skupinske inteligence in prispeva k bolj informirani in angažirani družbi. Po zaslugi raznolikosti svojih udeležencev ima participativna znanost potencial naslavljanja zapletene znanstvene in družbene izzive in v svetu spodbujati pomembne spremembe.

### 1.1.3 INŽENIRSTVO PO NAČELU DIY OZIROMA »NAREDI SAM«

**In**ženirstvo v praksi pomeni uporabo znanja za snovanje, ustvarjanje in gradnjo konkretnih proizvodov. Prav tako, kot je participativna znanost povezana s poklicno znanostjo, obstajajo zanimive kulturne prakse, povezane z inženirskimi področji. Med vidnejše primere spadajo **popravljalške kulture po načelu DIY oz. »naredi sam«** v socialističnih in komunističnih državah. Te so pogosto vzniknile po sili razmer, ker so bili lokalno dostopni viri omejeni. Njihov cilj je bil te vire kar najbolj učinkovito izkoristiti.

Popravljalške kulture v duhu DIY – pri nas bi temu rekli »naredi sam« oziroma »sam svoj majster« – so bile razširjene na področju bivše Jugoslavije (1945–1992), predstavljajo pa tudi pomemben del družbe na današnji Kubi. Njihovi pristopi k DIY popravilom so se malce razlikovali glede na to, ali je šlo za nakupovanje trajnostnih lokalnih izdelkov po ugodni ceni (npr. izdelkov iz recikliranih in/ali cenovno dostopnih in trajnostnih lokalnih materialov) ali pa za izogibanje pretirani potrošnji in podobnim netrajnostnim praksam. DIY kultura se je v Jugoslaviji precej ukoreninila, dodatno pa so jo spodbujale revije, kot je bila Sam svoj majster in podobne, v katerih se je našlo podrobna navodila za izdelavo in popravilo različnih gospodinskih pripomočkov, pa celo do navodil za gradnjo hiš.

Kuba je šla sicer po podobni poti, a je zaradi gospodarskih omejitev tamkajšnja popravljalška kultura razvila edinstvene in prepoznavne lastnosti, z zelo inovativnimi načini ponovne uporabe predmetov po DIY načelih in v kontekstu popravil. To je botrovalo razvoju značilne estetike, ki je postala del vsakdanjega življenja.

Ti primeri so zanimivi v kontekstu nedavnih javnih trajnostnih politik, kot so Cilji trajnostnega razvoja Združenih narodov (CTR ZN), znotraj

katerih se naravni viri obravnavajo kot omejeni in kot nekaj, kar je treba negovati, če želimo udobno živeti. Če vas problematika omejenih virov in odgovornega odnosa do potrošnje in proizvodnje zanima, je ob tem pomembno omeniti, da je eden od trenutnih ciljev CTR ZN prav »odgovorna poraba in proizvodnja«, ki je bila prepoznana kot en od načinov za spopadanje z globalnimi izzivi, ki nam čakajo.

Razmeroma pred kratkim, v 2000-ih, je vzniknila in kmalu pritegnila pozornost javnosti t.i. **kultura izdelovalcev** (maker culture), kulturno gibanje podobno popravljalški kulturi in povezano s participativno znanostjo. Gre za družbeno gibanje, ki poudarja pristop »naredi sam« ter izkustveno učenje, raziskovanje in ustvarjanje. Sestavlja ga mednarodna skupnost ljudi, ki se ukvarjajo z različnimi ustvarjalnimi dejavnostmi, kot so snovanje in oblikovanje, izdelovanje, predelovanje in brkljanje, izumljanje in izdelava prototipov. Pri tem si pogosto pomagajo s tehnološkimi pripomočki in orodji za digitalno proizvodnjo.

Kultura izdelovalcev v svojem bistvu posameznike spodbuja, da presežejo vlogo pasivnih potrošnikov in postanejo aktivni udeleženci v procesu izdelovanja in izpopolnjevanja raznih reči.

V njej se cenijo ustvarjalnost, sodelovanje in izmenjava znanja in veščin. Izdelovalci



'Sam svoj majster', prva številka, 1975.



'Make:', prva številka, 2005.



– makerji – so odprti za nove ideje ter željni učenja in eksperimentiranja z različnimi orodji, materiali in tehnikami.

Med bistvene značilnosti makerske kulture spadajo:

⊕ **DIY MISELNOST**

Makerje žene želja, da bi sami ustvarjali in gradili stvari; s pomočjo praktičnih izkušenj si prizadevajo razvijati veščine in spretnosti ter pridobivati znanje.

⊕ **ODPRTOKODNA FILOZOFIJA**

Makerji pogosto predelujejo stvari in z drugimi prosto delijo svoje zamisli, načrte in projekte. Cenijo sodelovanje in verjamejo v moč kolektivne ustvarjalnosti ter svobodo znanja in učenja.

⊕ **SODOBNA TEHNOLOGIJA**

Makerska kultura izkorišča sodobne tehnologije, kot so 3D-tiskalniki, laserski rezalniki, mikrokrmilniki in roboti. Ta orodja makerjem pomagajo pri uresničevanju idej, omogočajo pa tudi hitro izdelavo prototipov.

⊕ **INTERDISCIPLINAREN PRISTOP**

Makerska kultura spodbuja prepletanje različnih področij in povezuje ljudi iz različnih krogov, kot so umetniki, inženirji, oblikovalci, programerji in ljubitelji, ki si izmenjujejo ideje in spretnosti.

⊕ **REŠEVANJE PROBLEMOV IN INOVIRANJE**

Makerji se pogosto lotevajo realnih težav in iščejo inovativne in ustvarjalne rešitve zanje. K oblikovanju in razvoju pristopajo na praktičen, iterativen način – učijo se na neuspehih in se predajajo eksperimentalnemu duhu.

Makersko gibanje je že pomembno zaznamovalo izobraževanje. Spodbudilo je premik k bolj praktično naravnanim, na projektih temelječim učnim pristopom in pripomoglo k razvoju sodobnega izobraževanja STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics oz. znanost, tehnologija, inženirstvo, umetnost in matematika), saj prinaša veselje do ustvarjanja, brkljanja in raziskovanja sveta na praktičen in sodelovalen način.

Tu je treba omeniti tudi dogodke Maker Faire, sejme makerske kulture. To so sejmi, kjer makerji predstavljajo svoje inovacije, ustvarjajo in vadijo ter s svojim interaktivnim javnim udejstvovanjem prispevajo k razvoju področij STEAM na lokalni in mednarodni ravni.

Omeniti moramo še značilna središča izdelovalske kulture, **hekerske in makerske prostore (t.i. hackerspaces in makerspaces)**. Gre za fizična mesta, kjer se posamezniki družijo z namenom sodelovanja, izmenjevanja in dela na skupnih projektih. Večina jih je odprtih za javnost, običajno pa omogočajo souporabo orodij in opreme ter podporo skupnosti.

Makersko gibanje se je v izobraževanju uveljavilo kot način za spodbujanje izkustvenega učenja na projektih. Makerski prostori so se začeli pojavljati v šolah, na univerzah in v knjižnicah, kjer študentom ponujajo priložnost, da se podajo v raziskovanje področij STEAM in razvijejo praktične veščine.

Še ena sorodna praksa je t.i. **biohacking**, ki označuje raziskovanje v duhu DIY na področjih biologije in biološkega inženirstva (biotehnologije). Kot ena od najmlajših oz. najsodobnejših praks v polju znanstveno podprtega DIY inženirstva v literaturi še ni podrobneje opredeljena. Pomeni lahko različne stvari, odvisno katerega človeka ali izvajalca vprašamo. S prejšnjimi omenjenimi področji si deli filozofijo odprtosti – omogočanju prostega dostopa do biološkega in bioinženirskega znanja, ki ga sicer pogosto ljubosumno varujejo akademski/znanstveni založniki (tako da širša javnost do njega nima dostopa) ali ščitijo patenti, ki se nanašajo na povsem naravne biološke mehanizme in materiale.

Skupnosti biohekerjev znanje pogosto izmenjujejo z organiziranjem delavnic, predavanj, konferenc, razstav in podobnih javnih dogodkov ter spodbujajo aktivno udeležbo širše skupnosti po načelu »odprtih vrat«.

Številni člani skupnosti se ukvarjajo s samogradnjo cenovno dostopnih orodij za biološke raziskave, kot so mikroskopi, ter svoje znanje v duhu odprtosti delijo s skupnostjo. Na ta način postanejo sicer draga orodja dostopna tudi javnosti, tako da ima vsak (in ne le tisti privilegirani) priložnost za učenje.

## 1.2

# Namen vključevanja participativne znanosti v mladinsko delo

**Ko** smo se odločili začeti s tem projektom smo vedeli, da se lotimo nečesa nenavadnega za mladinski sektor. Vključevanje participativne znanosti v mladinsko delo je ključnega pomena, če želimo vzgojiti generacijo, ki bo angažirana, informirana in zmožna prispevati k reševanju globalnih izzivov, ki jih bo podedovala.

Pomen vključevanja participativne znanosti v mladinsko delo je mogoče razumeti z več vidikov:

### A. OBOGATITEV IZOBRAZBE

Participativna znanost ponuja edinstveno izobraževalno izkušnjo, ki dopolnjuje tradicionalno učenje v razredu, kot tudi učenje v kontekstu mladinskega dela, ki se običajno sicer osredotoča bolj na t.i. mehke veščine. Mladim ponuja priložnosti za izkustveno in praktično učenje, ki jim bo pomagalo bolje razumeti znanstvene koncepte in metodologije. S sodelovanjem v resnih znanstvenih raziskavah se mladi naučijo bolj ceniti znanost in izboljšajo svoje analitične sposobnosti in sposobnost kritičnega mišljenja, pa tudi spretnost pri reševanju problemov. S tem praktičnim pristopom k učenju naredimo znanost dostopno in zanimivo, kar lahko pri ljudeh vzbudi vseživljenjsko zanimanje za znanstveno raziskovanje in odkrivanje. Veliko mladih je poročalo o tem, kako so jim delavnice participativne znanosti potešile željo po več znanja, ki jo v šolskem okvirju niso mogli dobiti.

### B. OPOLNOMOČENJE IN OBČUTEK LASTNIŠTVA

Vključevanje v projekte participativne znanosti mlade opolnomoči, saj jim daje občutek, da je njihov učni proces zares njihov in da prispevajo k družbi. To opolnomočenje pomaga graditi občutek odgovornosti za spopadanje z globalnimi izzivi, ki jih predstavljajo podnebne spremembe, izgubljanje biodiverzitete in onesnaževanje. Ko se mladi zavedo vpliva svojih prispevkov, so bolj motivirani, da postanejo proaktivni prinašalci sprememb, saj spoznajo, da lahko s svojimi dejanji na svet vplivajo.

### C. GRADNJA SKUPNOSTI IN SODELOVANJA

Projekti participativne znanosti pogosto zahtevajo sodelovanje med udeleženci, raziskovalci, včasih pa tudi mednarodnimi skupinami. To sodelovalno okolje mlade uči pomembnosti ekipnega dela, komunikacije in skupnega iskanja znanja. Preko takšnih projektov se lahko mladi povežejo z vrstniki in mentorji, s katerimi si delijo interese, kar krepi občutek pripadnosti in skupnosti. Te izkušnje jim pomagajo razvijati spretnosti v medosebnih odnosih, ki so dragocene na vseh področjih življenja.

### D. IZBOLJŠEVANJE OKOLJSKE IN ZNANSTVENE PISMENOSTI

Projekti participativne znanosti, zlasti tisti, ki se osredotočajo na spremljanje stanja okolja in njegovo ohranjanje, izboljšujejo okoljsko in znanstveno pismenost udeležencev. Mladi se pri tem učijo o kompleksnosti ekosistemov, pomenu biodiverzitete in vplivih človeka na okolje. To znanje je ključnega pomena, če želimo vzgojiti aktivne državljane, ki se odločajo odgovorno in se zavzemajo za trajnostne prakse.

STEAM = Science, Technology,  
Engineering, the Arts and  
Mathematics



**E. RAZISKOVANJE POKLICNE POTI**

Sodelovanje v projektih participativne znanosti mnogim mladim predstavlja okno v svet znanstvenega raziskovanja in različnih poklicnih poti na področjih STEM. Omogoča jim raziskovati, kaj jih na teh področjih zanima in navdušuje, s tem pa lahko usmeri njihovo izobraževalno in poklicno pot. Z izkušnjami, pridobljenimi v okviru participativne znanosti, lahko obogatijo svoje življenjepise in prijave na fakultete ter s tem postavijo temelje za nadaljevanje poklicne poti na področjih STEM.

**Vključevanje participativne znanosti v mladinsko delo ne pomeni le vključevanja mladih v znanstveno raziskovanje, temveč tudi pripravo teh mladih na prihodnost.**

**F. VKLJUČEVANJE**

Eno od pomembnejših spoznanj na tej poti je bilo tudi to, kako učinkovito metodologija participativne znanosti pripomore k vključevanju. Pri mladinskem delu o vključevanju običajno govorimo v kontekstu ranljivih skupin, odraščanja v težkih razmerah ali soočanja s posebnimi potrebami. Pri participativni znanosti gre pri vključevanju ne le za podporo ranljivim skupinam, temveč tudi za vključevanje mladih posameznikov s posebej izraženo intelektualno radovednostjo, zaradi katere se v običajnih izobraževalnih kontekstih morda ne počutijo doma. Takšni mladi so zelo željni znanja in sodelovanja in zato pogosto iščejo izzive in priložnosti za raziskovanje, ki presegajo standardne učne načrte. Zaradi svoje želje po dodatni razlagi in globljemu raziskovanju ter izraziti radovednosti se med svojimi vrstniki marsikdaj počutijo izločeni, kar jih prav tako postavlja v položaj izključenosti, saj težko najdejo družbo. Participativna znanost za takšne posameznike predstavlja neprecenljivo platformo in jim omogoča, da svoje talente uporabijo v resnih znanstvenih raziskavah in za razvoj inovacij.

Projekti participativne znanosti so koristna spodbuda za intelektualno radovedne mlade ljudi, saj jim dajejo priložnost za poglobljeno

ukvarjanje s kompleksnimi temami, ki zadovoljujejo njihovo potrebo po odkrivanju. Ti projekti jim omogočajo, da svojo nadarjenost povezujejo s konkretnimi družbenimi izzivi, kar daje občutek smisla in da nekaj prispevajo. Takšno udejstvovanje je lahko še posebej koristno za tiste, ki se zaradi svojih neobičajnih interesov počutijo izolirani, saj lahko svoja prizadevanja tako vključijo v globalni kontekst znanstvenega raziskovanja.

Poleg tega sodelovalno delo z vrstniki, mentorji in profesionalci, ki spremlja sodelovanje v participativni znanosti, tem mladim pomaga razviti ključne socialne spretnosti in čustveno inteligenco. To ne koristi le njihovem osebemu razvoju, temveč jim pomaga razviti tudi občutek pripadnosti skupnosti somišljenikov. Prevezemanje vodstvenih vlog v teh projektih lahko izboljša samozavest in življenjsko odpornost in te posameznike opogumi, da se odločijo za poklicno pot na področju STEM, kjer bodo lahko še naprej razvijali svoje talente.

Zaradi svoje prilagodljive narave participativna znanost omogoča individualno prilagojene učne izkušnje, ki ustrezajo specifičnim interesom in zmožnostim vsakega udeleženca. Tako zagotovimo, da učenje ostane relevantno in zanimivo ter spodbujamo nenehno intelektualno rast.

Vključevanje participativne znanosti v mladinsko delo ne pomeni le vključevanja mladih v znanstveno raziskovanje, temveč tudi pripravo teh mladih na prihodnost. Na razpolago jim daje orodja, znanje in izkušnje, ki jih bodo potrebovali za krmarjenje po hitro spreminjajočem se svetu in da bodo lahko prispevali k njegovemu razvoju. Z vzgojo generacije, ki ceni znanost, sodelovanje in skupnost, jim bomo omogočili, da se z globalnimi izzivi soočijo z inovativnostjo, odpornostjo in upanjem.

**1.3****Možnosti – primer Hedy Lamarr**

**Poznamo navdušujoče primere participativne znanosti in inženirstva, za katere je poskrbelo nekaj navdihujočih posameznikov. Od svetovno znanih osebnosti, kot je Leonardo da Vinci\* (1452–1519) s svojimi poskusi in odkritji na področju anatomije in inženirstva, pa do sodobnejših primerov, kot je Rita Levi-Montalcini\* (1909–2012), prejemnica Nobelove nagrade za odkritje živčnega rastnega faktorja (Nerve Growth Factor oz. NGF), ki je temeljilo na poskusih, ki jih je izvajala v improviziranem nevrobiološkem laboratoriju v svoji spalnici v Torinu na vrhuncu druge svetovne vojne.**

Morda najbolj nazoren in obenem nepričakovan primer pa je ljubiteljska znanstvenica in inženirka Hedy Lamarr\* (1914–2000), lepotica iz zlate dobe Hollywooda, ki je v prostem času med snemanjem filmskih prizorov eksperimentirala in se ukvarjala z znanostjo in inženirstvom v improviziranem laboratoriju, ki ga je uredila v svoji prikolicni na prizorišču snemanja.

Zgodba Hedy Lamarr priča o transformativnem potencialu radovednosti in iznajdljivosti ter o tem, kaj lahko posameznik doseže s samoučenjem. Rodila se je kot Hedwig Maria Kiesler na Dunaju in že zelo mlada izkazovala nepotešljivo željo po znanju. Njeno otroško eksperimentiranje z razstavljanjem in ponovnim sestavljanjem gospodinjskih aparatov je že naka-

zvalo njeno prihodnost pionirske izumiteljice. Formalne znanstvene izobrazbe sicer nikoli ni imela, sta jo pa odlikovali prirojena sposobnost razumevanja zapletenih konceptov in neusahljiva želja po premikanju meja mogočega.

Od njenih inovacij je najbolj zaslovela tista, ki jo je zasnovala skupaj s skladateljem Georgeom Antheilom (1900–1959) med drugo svetovno vojno – revolucionarna tehnologija zaporednega menjavanja frekvenc v razširjenem frekvenčnem pasu (frequency-hopping spread spectrum), ki je združevala matematiko, radijsko tehniko in koncepte iz mehanizmov glasbenih instrumentov (v tem primeru klavirja). Ta izum, ki je bil prvotno zasnovan za vojne namene, natančneje za izdelavo sistemov za vodenje torpedov, ki bi onemogočali prestrežanje in motenje, je kasneje služil kot podlaga za sodobne brezžične komunikacijske tehnologije, vključno z Bluetoothom in Wi-Fi-jem. Ja, prav ste prebrali – govorimo o tisti Wi-Fi tehnologiji, ki danes vsem našim napravam omogoča dostop do interneta. Lamarr s svojo briljantnostjo ni omogočila le revolucije v vojaških taktikah, temveč je utrla pot neštetim tehnološkim dosežkom, ki v 21. stoletju še naprej oblikujejo naš tesno povezani svet.

Pomembno je omeniti, da izumi na področju radiokomunikacijskih tehnologij niso bili edini rezultat njenega poigravanja. Eksperimentirala je tudi z bioniko, torej izdelavo umetnih sistemov po vzoru živih organizmov – tako je recimo aerodinamično obliko rib in ptic prenesla na področje snovanja letal – in s kemijo, pri čemer je patentirala

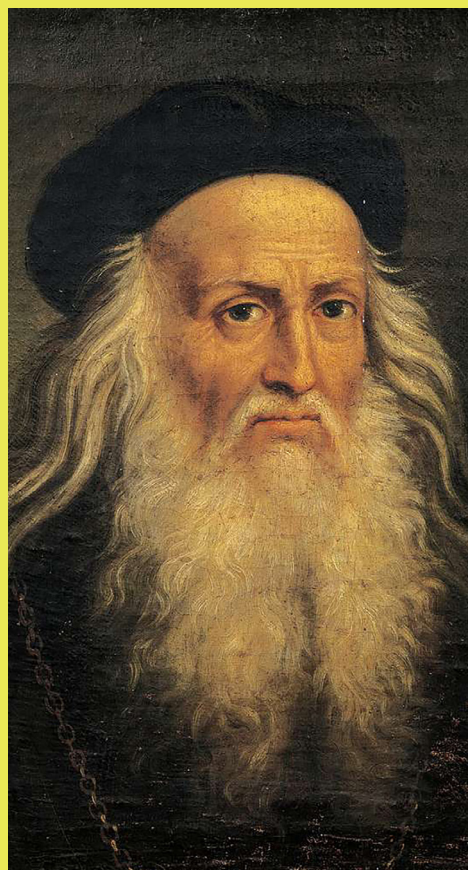
\* Predlagamo vam, da v čast tem izjemnim posameznikom malo raziščete še sami. Uporabite Wi-Fi povezavo, ki je brez Hedy ne bi bilo, za malo internetnega raziskovanja o njenih izumih in motivacijah, pa tudi o izjemnih dosežkih Rite Levi-Montalcini in Leonarda da Vincija. Prepričani smo, da boste našli nekaj motivacije tudi zase.

inovativen pristop k izdelavi brezalkoholnih pijač v obliki koncentrata.

Pri uspehu Hedy Lamarr je osrednjo vlogo igralo njeno neomajno prepričanje o moči praktičnega eksperimentiranja in vrednosti učenja s poskusi in napakami. Ni se bala samostojno podajati v nepoznana področja, pri čemer se je pogosto sama učila novih veščin in disciplin. Njena zgodba je živ dokaz, da inovacija ne pozna meja in da lahko vsakdo prispeva k znanstvenemu napredku, ne glede na svoje poklicno ozadje ali formalno izobrazbo, če je odločen in pripravljen tvegati.

Življenjska pot Hedy Lamarr poleg tega govori tudi o tem, kako pomembno je ozaveščanje o ženskah v znanosti in njihovih prispevkih. Vztrajala je kljub sistemskim preprekam in družbenim pričakovanjem (na primer o tem, s čim naj bi se ukvarjale hollywoodske igralkе) in pri tem uspela pustiti neizbrisen pečat v zgodovini tehnologije. Njena zapuščina tako ostaja svetel zgled za ambiciozne znanstvenice in jih opominja, da so njihove ideje in uvidi za znanstveno skupnost neprecenljive vrednosti.

S tem, ko se predamo duhu samostojnega raziskovanja, kakršnega je zagovarjala Hedy Lamarr, dobimo pogum, da izkoristimo svojo naravno radovednost, preizprašujemo obstoječe stanje – status quo – in neomajno sledimo svojim strastem. Njena zgodba nas spodbode, da sežemo prek meja znanega, pogumno stopimo na neraziskan teren in izkoristimo potencial inovacij, da nam utrejo pot v svetlejšo prihodnost za generacije, ki prihajajo.



Leonardo da Vinci



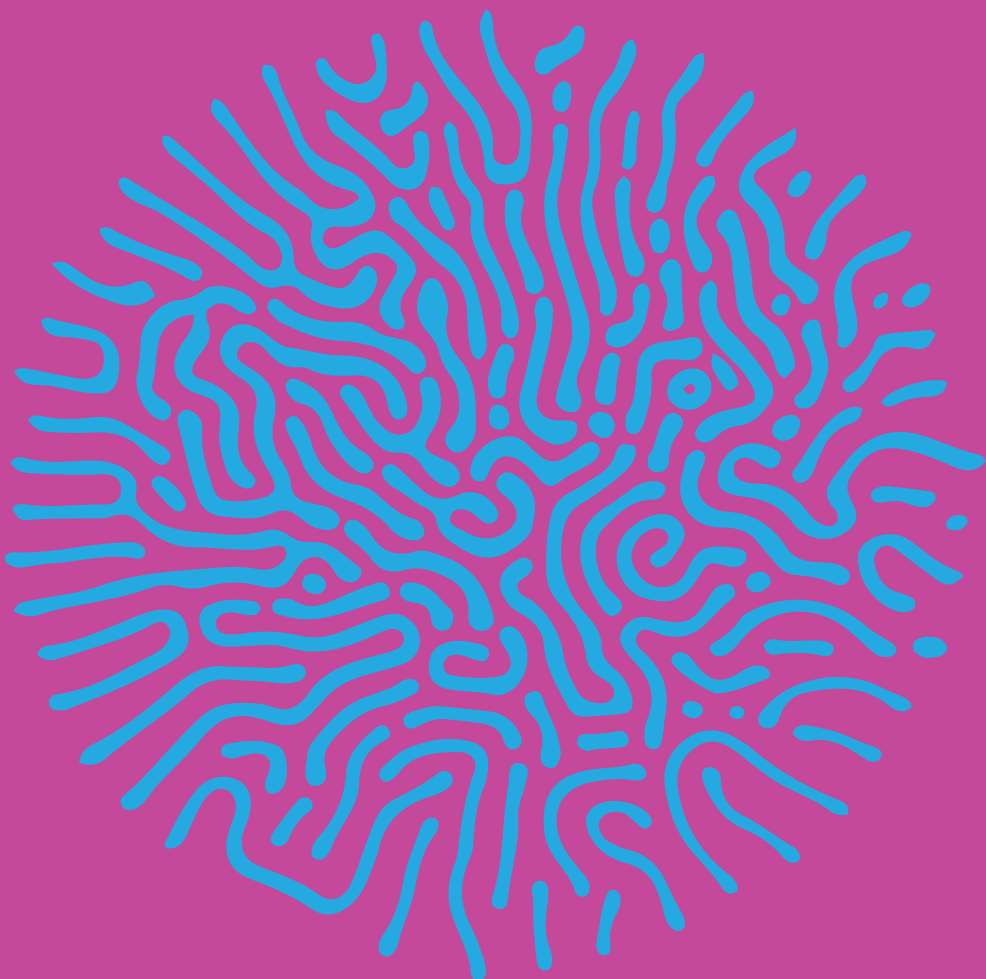
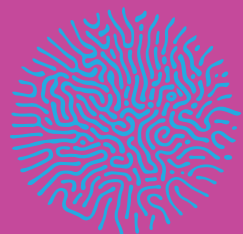
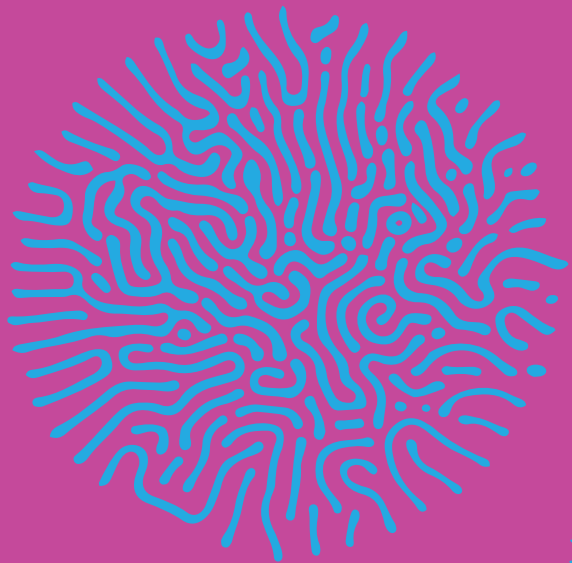
Rita Levi-Montalcini



Hedy Lamarr



# Domače oz. DIY delavnice in hišni laboratoriji



Vsak izum ima svoj kraj rojstva. V participativni znanosti so to običajno hišni laboratoriji ali domače delavnice – »prostori za brkljanje«. Glede na vaše interese in možnosti, ki jih imate doma, lahko tak prostor privzame najrazličnejše oblike. Pri ljubiteljskih znanstvenikih v ZDA je opazen trend preurejanja garaž v domače delavnice ali hišne laboratorije, za Evropejce pa se zdi, da pogosto izvajajo biološke eksperimente v kuhinji. A včasih je majhen kotichek v poljubni sobi več kot dovolj. Prvi laboratorij Gjina, enega od avtorjev te knjige, je bil prav tak: stara, prej odvečna lesena omara, predelana v delovno mizo v spalnici in s prostorom za spravljanje vseh improviziranih raziskovalnih orodij in materialov. Če se torej odločite, da se boste s participativno znanostjo ukvarjali resneje, vas pozivamo, da ste ustvarjalni že pri pripravi svojega ustvarjalnega koticčka in ga v celoti prilagodite svojim potrebam in željam. Domača delavnica ali hišni laboratorij vam odpreta vrata v svet neskončnih inovacij in brezmejne radovednosti.

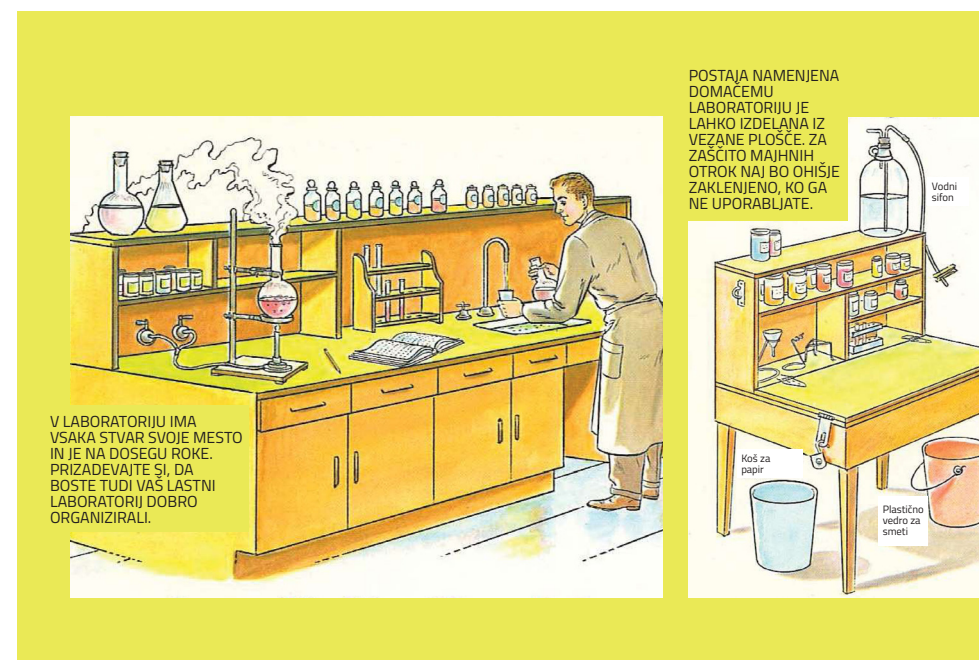
## Delovni prostor

**Ker** smo vsi edinstveni in ima vsak od nas svoje lastne interese in želje, bi težko opisali, kako izgleda povprečen prostor za brkljanje ali hišni laboratorij. Glede na svoje interese in potrebe ga lahko prilagodite tako, da bo kar najbolj primeren za raziskovanje na področju, s katerim se trenutno ukvarjate. Če se odločite podati v svet kemije, morate delovni prostor prilagoditi tako, da bo omogočal varno delo s kemikalijami, s površinami, ki so enostavne za čiščenje in ne vpijajo tekočin. Poskrbite tudi, da ga umeštite v prostor z dobrim prezračevanjem (če je zraven okna, je to dovolj dobro). Enako velja za biologijo, saj včasih kaj zasmrdi. Če želite eksperimentirati s sodobno tehniko, kot je 3D-tiskanje, bo morda bolje, da tega ne delate v spalnici, saj lahko brnenje 3D-tiskanja čez čas postane nadležno. Možnosti je neskončno.

Preden se lotite priprave svojega ustvarjalnega koticčka, ga torej načrtujte na papirju. Sestavite seznam vsega, kar boste po vaše potrebovali, in skicirajte načrt. Pri tem imajte v mislih varnost, zavedajte pa se tudi omejitev. Začnite z malim in zadevi pustite, da se razvija postopoma. Če vas zanima, na primer, biologija, bo za začetek raziskav na področju participativne znanosti čisto osnoven mikroskop več kot dovolj. Če imate rajši elektroniko, vam bodo čisto dobro služili poceni multimeter, spajkalnik, nekaj izvijačev in nekaj starih elektronskih naprav za razstavljanje.

**Začnite z malim in zadevi pustite, da se razvija postopoma.**

Tu je čudovit primer hišnega laboratorija iz leta 1960. Na spletu lahko najdete najrazličnejše načrte – preprosto poiščite enega za področje, ki vas zanima.



Primerjava profesionalnega kemijskega laboratorija (levo) z majhnim, improviziranim domačim kemijskim laboratorijem (desno)

(Ilustracija iz knjige *The Golden Book of Chemistry Experiments* [Zlata knjiga kemijskih eksperimentov], 1960)

## Varnost

Pri previdnosti je bolje pretiravati kot skopariti.

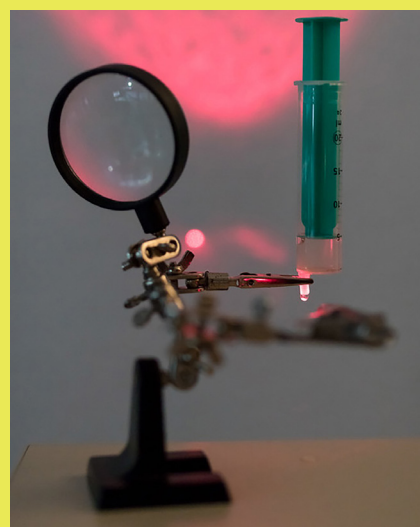
**Pri** kakršnemkoli znanstvenem udejetvovanju je zagotavljanje osebne zaščite in varnosti v delovnem prostoru bistvenega pomena, zlasti pri izvajanju eksperimentov z biološkimi, kemičnimi in električnimi materiali po principu »naredi sam«. Ne glede na to, kakšnega projekta se lotivate, je bistveno, da si nadenete ustrezno opremo: varnostna očala za zaščito oči pred pljuski kemikalij in letečimi drobcami, laboratorijsko haljo ali predpasnik za zaščito pred politjem in škropljenjem ter rokavice za zaščito dlani pred nevarnimi snovmi (začetnikom sicer rokovanje s takimi snovmi na splošno odsvetujemo).

Bistvenega pomena je, da sledite strogim varnostnim protokolom in upoštevate opozorilne znake. Kemikalije naj bodo jasno označene in pravilno shranjene. Da pri delu z elektriko preprečimo električni udar in požare je nujna uporaba električno izoliranega orodja in opreme ter uporaba prave tehnike ožičenja. Najboljše bo, če vse električne

naprave v svojem hišnem laboratoriju ali na delovni mizi na napajanje priključite preko osrednjega stikala, ki ga lahko v nujnih primerih preprosto izklopite, in da imate vedno pri roki majhen gasilni aparat. Imejte tudi manjši komplet za prvo pomoč z obliži, obvezami itd. Poškodbe se lahko zgodijo tudi najprevidnejšim profesionalcem.

Splošno pravilo je, da mora biti varnost vedno na prvem mestu. Pri previdnosti je bolje pretiravati kot skopariti.

S tem, ko osebno zaščito in varnostne prakse vključijo v vse vidike svojega dela, ljubiteljski znanstveniki ne varujejo le sebe, temveč ustvarjajo tudi kulturo varnosti, ki koristi celotni skupnosti. Ponovno vam polagamo na srce, da se pred izvajanjem eksperimentov vedno pozanimajte o njihovi varnosti.



## Osnovna oprema

**Da** se lahko odpravimo na potovanje po participativni znanosti, pa naj bo to na področju biologije, kemije ali elektronike, so potrebni trdni temelji, ki jih predstavlja osnovna oprema za eksperimentiranje in inoviranje.

Vsestranska delovna miza je srce vsakega hišnega laboratorija – je zatočišče, kjer se oblikujejo zamisli in razvijajo odkritja. Tu je na voljo paleta nepogrešljivih orodij in instrumentov, pripravljenih, da nam pomagajo pri iskanju znanja in razvijanju ustvarjalnosti.

Povedali smo že, da se orodja in materiali, ki so potrebni, bistveno razlikujejo glede na vaše potrebe in interese. Ker bi bilo nemogoče naštetih vse, bomo omenili zgolj nekaj najpogostejših.

Navedli bomo tudi nekaj vadnic z navodili za lastno izdelavo pripomočkov.

V vsakem dobrem laboratoriju je vodenje laboratorijskega dnevnika običajna praksa. Gre preprosto za zvezek, v katerega vnašate zapiske, in predstavlja najpomembnejši del vašega miselnega prostora. Izdelava kakovostnih zapiskov o raziskavah je najboljši način za samoučenje naravoslovja in tehnike.

### 2.3.1 OPREMA ZA MOKRI LABORATORIJ (BIOLOGIJA IN KEMIJA)

**V** bioloških in/ali kemijskih laboratorij običajno srečamo naslednja orodja:

- ⊕ mikroskop in pripadajoči potrošni material (objektna stekelca) za preučevanje najmanjših predmetov in organizmov (danes je na voljo veliko cenovno dostopnih mikroskopov, tako digitalnih kot klasičnih optičnih)
- ⊕ povečevalno steklo (za preučevanje površine večjih predmetov)
- ⊕ pincete, škarje, skalpel in deska za rezanje, namenjena pripravi vzorcev za preučevanje.
- ⊕ najrazličnejše posode, na primer steklene kozarce za vlaganje za spravljanje vzorcev in drugih predmetov preučevanja (te boste pogosto uporabljali)
- ⊕ kuhalna plošča za kuhanje in segrevanje
- ⊕ steklene merilne posode (stekleni valji, pipete, kapalke itd.)
- ⊕ stekleni vsebniki (kozarci itd.), ki jih je mogoče sterilizirati

Cenovno dostopen komercialen mikroskop oz. digitalni povečevalnik (levo) in doma izdelan mikroskopski projektor na vodne kaplje (desno)



Če se odločite z raziskovanjem na področju mikrobiologije nadaljevati, boste potrebovali tudi:

- ⊕ improviziran Bunsenov gorilnik (npr. prenosni plinski kuhalnik za kampiranje) za sterilizacijo orodij in pripravo sterilnega mikrokoolja za mikrobiološke eksperimente
- ⊕ oprema za sterilizacijo tekočin in orodij: ekonom-lonec (improvizirani avtoklav) za sterilizacijo tekočin ter kovinskih in steklenih pripomočkov, ali mikrovalovna pečica (za sterilizacijo tekočin) + navadna pečica (za sterilizacijo kovinskih in steklenih pripomočkov)

Kdor se bo odločil poglobiti še bolj, v območje resne biotehnologije, ima na voljo cenovno dostopna izobraževalna orodja, kot so kompleti PCR (npr. PocketPCR, ki ga izdelujejo pri Gaudi Labs ali kompleti po vzorcu Open-PCR) in celo sekvenatorji DNK/RNK (Oxford Nanopore), ki omogočajo raziskovanje skrivnosti sveta biologije.

Spet ne moremo naštetih vsega, tako da vam priporočamo, da zadeve malo raziščete tudi sami. Preglejte literaturo in ugotovite, kaj bo zadostovalo za vaše potrebe.

## PRIPOROČILA

Če se pravkar lotevate kemije po DIY načelih, vam priporočamo klasiko tega področja, Golden Book of Chemistry Experimentation (1960) Roberta Brenta, ki je na voljo na Internet Archiveu (<https://archive.org>).

Na področju DIY bioloških in biotehnoloških raziskav si lahko pomagata s spletno wiki-enciklopedijo Hackteria na naslovu [https://hackteria.org/wiki/Generic\\_Lab\\_Equipment](https://hackteria.org/wiki/Generic_Lab_Equipment) (v izvrstnih vadnicah, ki so tu na voljo, si lahko ogledate, na primer, kako lahko iz stare spletne kamere poceni izdelamo svoj lasten mikroskop).

## MATERIALI

Material za DIY eksperimentiranje z biologijo in kemijo najdemo vse okrog nas. Bodite ustvarjalni in raziskujte. V trgovinah z živili prebirajte oznake na izdelkih; tam boste lahko našli večino materialov in reagentov.

Šibke kisline in baze (alkalne snovi) spadajo med najpogosteje uporabljane reagente v bioloških in kemijskih laboratorijih, na voljo pa so re-

cimo v obliki kisa, limoninega soka, natrijevega bikarbonata oz. sode bikarbone ter pecilnega praška. Polarna topila so zlahka dostopna (voda, alkohol), tekočina za vžigalnice Zippo, ki jo zlahka dobite v lokalni trgovini, pa predstavlja dobro nepolarno topilo za domače kemijske poskuse.

Na področju biologije za barvanje in analizo vzorcev pogosto uporabljamo barvila. Tudi te zlahka najdete na maloprodajnem trgu: na metilensko modrilo, na primer, ki se uporablja za

obarvanje celičnih jeder in citoplazme, ter malahitno zelenilo (za obarvanje endospor, cvetnega prahu in gliv) lahko najdemo v trgovinah z malimi živalmi, kjer je na voljo kot antifungalno sredstvo za akvarije.

Poleg kislin, baz, topil in barvil so v bioloških in kemičnih laboratorijih najpogostejši pripomočki tisti za merjenje pH-vrednosti. To vrednost (ki kaže, kako kislota oziroma bazična je neka snov) merimo s pomočjo digitalnih ali kemičnih pH-merilnikov ali indikatorjev. A enega od najboljših in najzabavnejših načinov za merjenje pH lahko izdelamo sami, in sicer iz zeljnega soka. Recept sledi.



## VADNIČA: DOMAČA IZDELAVA PH-INDIKATORJA IZ ZELJNEGA SOKA

### POTREBOVALI BOSTE

- ⊕ Rdeče zelje
- ⊕ Mikser ali multipraktik
- ⊕ Cedilo ali mrežasto krpo
- ⊕ Prozorno stekleno ali plastično posodo
- ⊕ Destilirano vodo
- ⊕ Nekaj kislega in nekaj bazičnega za preizkus indikatorja (za kislino lahko uporabimo npr. kapljico limoninega skopa, za bazo pa malo tekočega mila)

### 1. KORAK:

Rdeče zelje narežite na majhne koščke in jih dajte v mikser ali multipraktik. Dodajte dovolj destilirane vode, da prekrije kose zelja in zmiksajte do gladkega.

### 2. KORAK:

Zeljno mešanico precedite s pomočjo cedila ali sirarske krpe, da prestrežete vse večje delce. Ostane naj vijoličasti zeljni sok.

### 3. KORAK:

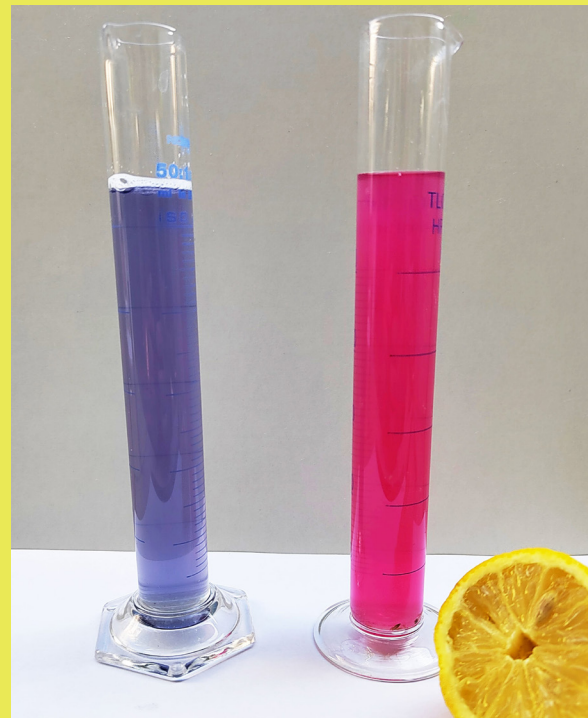
Zeljni sok zlijte v prozorno posodo iz stekla ali plastike. Zapomnite si barvo.

### 4. KORAK:

V kozarec dajte čajno žličko zeljnega soka, dodajte kapljico limoninega soka in mešajte. Opazujte spremembo barve.

### 5. KORAK:

V kozarec dajte čajno žličko zeljnega soka, dodajte kapljico tekočega mila in mešajte. Opazujte spremembo barve.



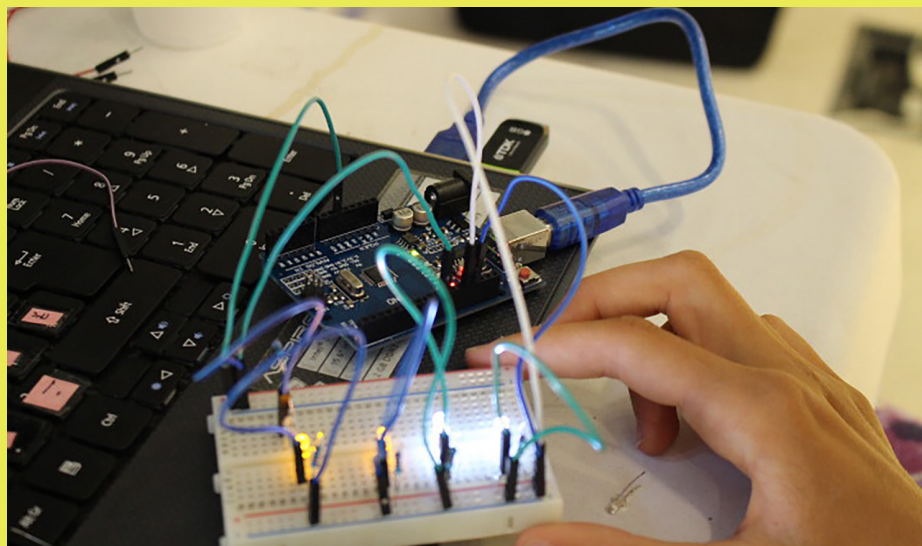
Domač pH-indikator  
iz zeljnega soka

## 2.3.2 ELEKTRIČNA IN ELEKTRONSKA OPREMA

**Na** področju elektronike so nepogrešljivi spajkalniki, multimetri in t.i. breadbor-di (preizkusne plošče). Ti nam omogočajo natančno preučevati, sestavljati in preizkušati vezja. Tisti, ki se ukvarjajo z digitalno elektroniko, pogosto uporabljajo tudi mikrokrmilnike, namenjene eksperimentiranju na »naredi sam« način (kot so Arduino, Raspberry Pi, ESP, MicroBit itd.).

Obstaja toliko kvalitetnih in podrobnih vadnic za DIY elektroniko, da priprava še ene z naše strani ne bi imela prav dosti smisla, a za začetek priporočamo knjigo Make: Electronics avtorja Charlesa Platla ter spletno stran Instructables (<https://www.instructables.com/>).

Kot zanimiv študijski primer vam ponujamo vadnico za elektroniko, v kateri se boste naučili izdelati svoj lasten zajemalnik okoljskih podatkov na osnovi plošč Arduino/ESP



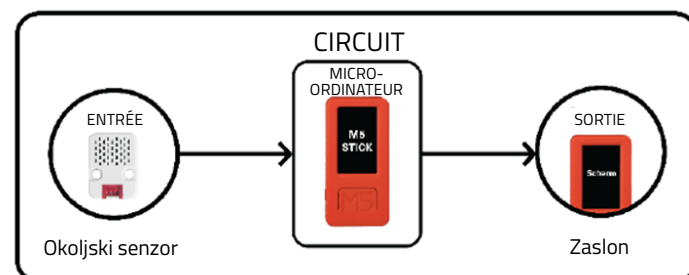
Mikrokrmilnik tipa Arduino Uno  
(krmiljenje LED-lučk)



### VADNICA: PRIKAZOVALNIK OKOLJSKIH PODATKOV NA OSNOVI NAPRAVICE M5STICK

Kako lahko na prvi pogled ugotovimo, ali se naše hišne rastline dobro počutijo? Olajšajmo si življenje in sprogramirajmo elektronsko vezje z okoljskim senzorjem in zaslonom. Tako se bomo lahko z našimi rastlinami sporazumevali s pomočjo zaslona in lažje skrbeli zanje.

V tej vadnici vam bomo pokazali, kako s pomočjo mikroročunalnika M5Stick Plus zajemati podatke iz okoljskega senzorja in jih prikazovati. Poleg tega bomo M5Stick s kablom povezali z računalnikom, kjer bomo v okolju UI Flow programirali tako M5Stick kot senzor. Pri tem bomo uporabili sistem z vhodom in izhodom, kot je prikazan spodaj:



M5Stick ali kako drugo napravo podjetja M5Stack s svojim računalnikom povežete s pomočjo ustreznega kabla USB tipa C. Spodnja navodila opisujejo postopek povezave z računalnikom in orodjem za programiranje UI Flow: [https://docs.m5stack.com/en/quick\\_start/m5stickc\\_plus/uiflow](https://docs.m5stack.com/en/quick_start/m5stickc_plus/uiflow). Najprej pogledajte v spodnji levi kot okna UI Flow na zaslonu svojega računalnika in se prepričajte, da je M5Stick pravilno povezan!

COM: COM4 [ Connected ]

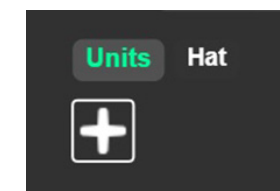
#### 1. KORAK: DODAJANJE OKOLJSKEGA SENZORJA

Najprej fizična povezava:

- ⊕ Okoljski senzor s pomočjo kabla Grove priključite na ustrezni konektor na spodnjem delu naprave M5stick. Ta senzor bo v našem projektu služil kot vir vhodnih podatkov.

Nato sledi povezava na digitalni ravni:

- ⊕ V našem programu senzor dodamo tako, da kliknemo najprej Units (1) in nato +.



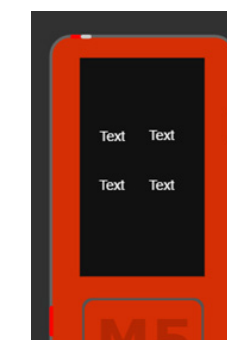
- ⊕ Na seznamu senzorjev izberite okoljski senzor (točno ime senzorja najdete na njegovi hrbtni strani).
- ⊕ Dodajanje senzorja potrdite s klikom na 'OK'.

#### 2. KORAK: PRIKAZ PODATKOV IZ SENZORJA

- ⊕ Na levi strani poiščite označbo (Label); kliknite in povlecite jo na zaslon prikazane virtualne naprave M5stick.



- ⊕ Na desni se prikažejo možnosti urejanja pravkar dodane označbe (če ne, na označbo kliknite)
- ⊕ Z dvojnimi klikom na označbo jo lahko podvojite. Naredite to trikrat.
- ⊕ Štiri označbe pravokotno razporedite, kot prikazuje desna slika:

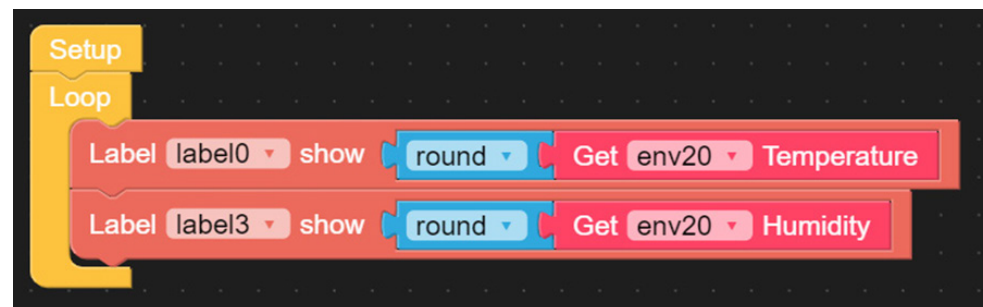


- ⊕ Zamenjajte napisa na označbah v desnem stolpcu s tem: »C (Temperature)« (temperatura) in »% (Humidity)« (vlažnost). Te označbe se ne bodo spreminjale, tu so le zato, da povedo, v katerih enotah bodo prikazani podatki.
- ⊕ Programske bloke iz različnih kategorij lahko povlečete na prazen prostor na desni. Poiščite naslednje programske bloke v pripadajočih kategorijah: Event - Units - Math - UI > Label





- ⊕ Programski blok Loop (zanka) postavite ob spodnjo stranico bloka Setup (priprava)
- ⊕ Preostale bloke razporedite tako, kot kaže slika:



Pazite! Prepričajte se, da poimenovanja oznak v programskih blokih ustrezajo poimenovanju oznak, ki se nahajajo v levem stolpcu.

### 3. KORAK: PREIZKUŠANJE SENZORJA

- ⊕ Pritisnite gumb za predvajanje oz. zagon (Run) v zgornjem desnem kotu (v novejših različicah programa se gumb Run nahaja spodaj desno)



Stara različica Nova različica

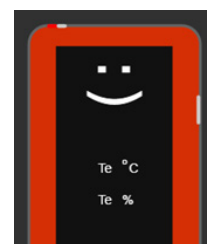
- ⊕ Pihnite v senzor in preverite, ali se podatki na zaslonu M5Stick-a spremenijo.

Kako lahko svoj M5Stick preoblikujemo v ustvarjalno ponazoritev naše rastlinice? S pomočjo zaslona bomo naši rastlini dali obraz, preko katerega bo izražala svoje stanje. Za programiranje animacij sledite spodnjim korakom:

### 4. KORAK: IZDELAVA OBRAZA

- ⊕ Dodajte še dve označbi in jih zavrtite za 90°.
- ⊕ Postavite jih eno pod drugo. Napis zgornje zamenjajte z dvopičjem »:«, spodnje pa z zaklepajem »)«.
- ⊕ Nato spremenite velikost pisave – nastavite jo na 72.

Rezultat bi moral biti videti nekako tako:

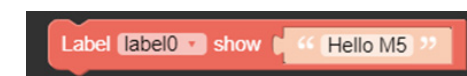


### 5. KORAK: DODAJANJE NADALJNJIH PROGRAMSKIH BLOKOV

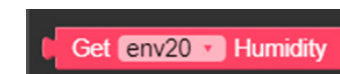
- ⊕ Poiščite naslednje programske bloke v pripadajočih kategorijah: Math - Logic



- ⊕ Tale blok dvakrat podvojite:



- ⊕ Tega podvojite enkrat:



- ⊕ Zdaj, ko imate vse potrebne programske bloke, jih preuredite tako, kot kaže slika:



### 6. KORAK: POGANJANJE PROGRAMA NA NAPRAVI

- ⊕ Svoj program ponovno preizkusite s pritiskom na gumb za predvajanje oz. zagon.
- ⊕ Pihnite v senzor in preverite, ali se smeško na zaslonu M5Stick-a spremeni.

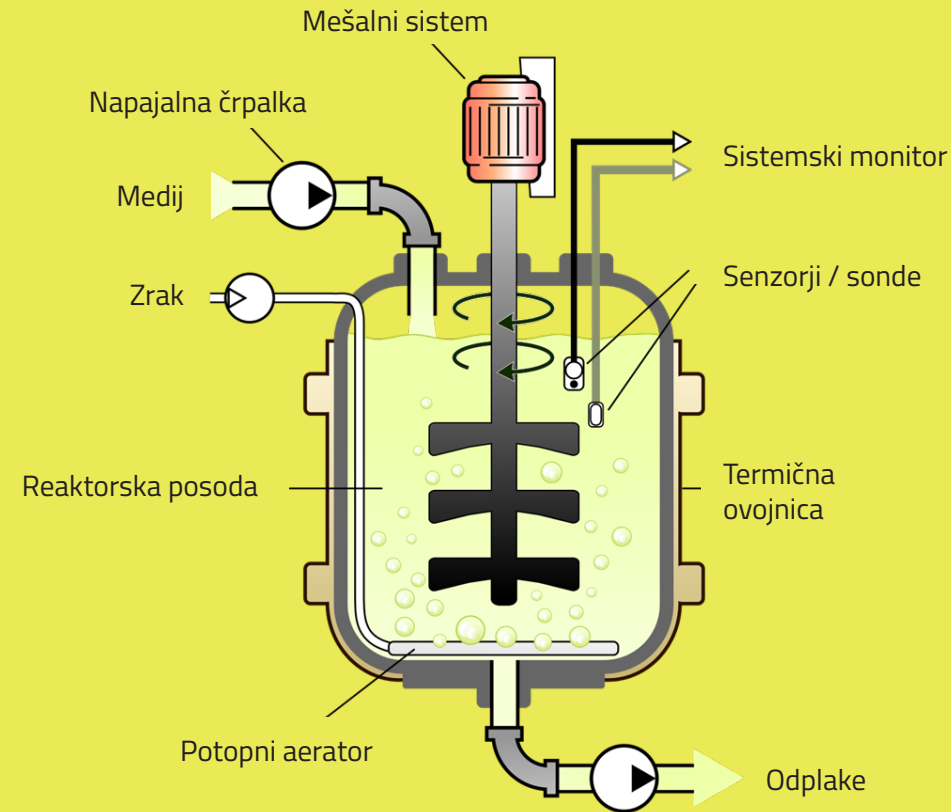
Čestitamo – uspešno ste sprogramirali okoljski senzor!

Poglejte, če lahko svoj program nadgradite z dodatnimi komponentami:

- poskusite podatke iz senzorja shranjevati.
- Izdelajte aplikacijo IoT (Internet of Things oz. internet stvari), ki podatke prikazuje na spletu, tako da lahko stanje svojih rastlin preverjate od kjerkoli.

Veliko dokumentacije in programskih primerov za vse različne senzorje, ki so na voljo, lahko najdete na spletnem mestu podjetja M5 ([https://docs.m5stack.com/en/uiflow/uiflow\\_home\\_page](https://docs.m5stack.com/en/uiflow/uiflow_home_page)).





Poenostavljena shema  
običajnega bioreaktorja  
(avtor Yassine Mrabet,  
licenca CC BY-SA 3.0 2009)

koncentracije plinov itd.), ki se uporabljajo za gojenje posameznih celic in tkiv pri poskusih in vitro (v epruveti) ter za proizvodnjo bioloških snovi, živih celic in njihovih derivatov.

**Preučevanje interakcij med predmeti in njihovim okoljem ter upoštevanje načel kibernetike znanstvenikom omogoča bolje razumeti temeljno dinamiko, ki uravnava svet okoli nas.**

Kibernetika je veda, ki preučuje komunikacijo in nadzor oz. krmiljenje v sistemih in tako predstavlja most med odprtimi in zaprtimi sistemi. Raziskuje, kako povratne zanke in mehanizmi regulacije sistemom omogočajo ohranjanje stabilnosti in doseganje ciljev tako v naravnih kot v umetnih okoljih. Služi kot ogrodje za razumevanje procesov homeostaze, komunikacije in nadzora, ki so temelj delovanja kompleksnih sistemov,

na primer pri uravnavanju telesne temperature v živih organizmih in na področju snovanja avtonomnih robotov.

Preučevanje interakcij med predmeti in njihovim okoljem ter upoštevanje načel kibernetike znanstvenikom omogoča bolje razumeti temeljno dinamiko, ki uravnava svet okoli nas. Poleg tega, da osvetljuje kompleksnost naravnih sistemov, ta interdisciplinarni pristop tudi usmerja razvoj učinkovitejših tehnologij ter strategij za trajnostno življenje v medsebojno povezanem svetu.

## 3.2 DIY študija primera – raziskovanje zunanje okolja po svoji izbiri

**Va**bimo vas na majhno raziskovalno odpravo. Izberite si nek odprt sistem po svojem okusu, ga temeljito raziščite in preučite zapletene medsebojne povezave med njim in okoljem.

vost raziskave. Upoštevajte dejavnike, kot so bližina lokacije, težavnost opazovanja in zbiranja podatkov, razpoložljivost virov in opreme ter morebitne pravne ali logistične zadržke.

### UPOŠTEVAJTE RELEVANTNOST IN UČINEK

Razmislite o relevantnosti in potencialnem učinku raziskovanja posameznega predmeta. Pri izbiri predmeta, ki ga boste raziskovali, ne upoštevajte le svojih interesov, temveč tudi to, ali boste s tem prispevali k znanstvenemu znanju, prizadevanjem za ohranitev ali lastni osebnosti rasti. Z izbiro predmeta, ki je pomemben v ekološkem smislu ali ima izobraževalno vrednost lahko povečate relevantno in učinek svoje raziskave.

### TERENSKI PREGLED

Opravite terenske preglede potencialnih raziskovalnih lokacij, da iz prve roke ocenite njihovo primernost. Oglejte si stanje predmeta, njegovo okolico, dostopnost in morebitne ovire ali priložnosti za preučevanje. Ustvarite zapiske in fotografije ter zberite predhodne podatke, ki vam bodo pomagali pri odločanju.

### IZBERITE PREDMET RAZISOVANJA

Na podlagi svojih raziskav, ocen in terenskega pregleda se dokončno odločite za predmet raziskovanja. Izbrani predmet naj bo nekaj, kar vas navdušuje in navdihuje, ki se sklada z vašimi interesi in cilji in ki ponuja praktične možnosti za opazovanje, zbiranje podatkov in analizo.

Izberite predmet, ki se nahaja znotraj odprtega okolja, ki vas zanima. To je lahko neka rastlinska ali živalska vrsta, geološka formacija, vodno telo ali kakšna druga komponenta ekosistema.

### 3.2.1 PREDMET RAZISKAVE

#### OPREDELITE SVOJA INTERESNA PODROČJA

Razmislite o svojih interesih in strasteh ter ciljnih raziskave. Vas fascinira biologija rastlin ali vodni ekosistemi, ste morda navdušeni nad vrtnarstvom? Opredelitev interesov vam bo pomagala izbrati ustrezen predmet raziskave glede na to, kaj vas zanima in kaj je vaš cilj.

#### PREDHODNO RAZIŠČITE POTENCIALNE PREDMETE RAZISKAVE

Izvedite predhodno raziskavo različnih predmetov, ki bi jih lahko preučevali. Poučite se o njihovih značilnostih, ekoloških vlogah, življenjskih prostorih in pomenu znotraj širšega okolja. Raziščite pestro paleto možnosti, ki jih imate na voljo, od posameznih organizmov, kot so drevesa in rastline, pa do celotnih ekosistemov, kot so vrtovi, ribniki ali gozdovi.

#### OCENITE DOSTOPNOST IN IZVEDLJIVOST

Za vsak potencialni predmet raziskovanja ocenite dostopnost in izvedljivi-





Grm in jezero

### PREDMET POIMENUJTE

To se vam bo morda zdelo trapasto, a s tem, ko predmet svoje raziskave poimenujete, boste z njim lažje navezali tesnejši stik in imeli več motivacije za raziskovanje – zato vam priporočamo, da to storite.

### NAČRTUJTE, KAKO BOSTE PRISTOPILI K RAZISKAVI

Pripravite raziskovalni načrt, v katerem navedete cilje raziskave, metodologije, časovni raspored in sredstva, ki jih boste potrebovali. Razmislite o tem, katera raziskovalna vprašanja želite obravnavati, katere metode nameravate uporabiti za zbiranje in analizo podatkov, ter ali boste za izvedbo raziskave na izbrani lokaciji potrebovali kakšna dovoljenja.

### ZAČNITE Z RAZISKAVO

Ko izberete predmet raziskave in pripravite raziskovalni načrt, se posvetite izvajanju raziskave. Izvedite svoj raziskovalni načrt, zberite podatke, analizirajte izsledke in oblikujte zaključke, ki bodo prispevali k vašemu razumevanju predmeta raziskave in njegovega širšega ekološkega konteksta. Ne pozabite uporabljati raziskovalnega dnevnika – zvezka, v katerega boste vpisovali vse meritve, opombe, ideje in misli.

Temeljito raziščite izbrani predmet. Poiščite dodatne informacije iz verodostojnih virov, kot so znanstvene revije, učbeniki in akademske publikacije. Pozanimajte se o značilnostih predmeta, njegovem življenjskem prostoru, ekološki vlogi, interakcijah z drugimi organizmi, okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na njegovo preživetje, ter o morebitnih tekočih raziskavah ali prizadevanjih za njegovo ohranitev. Svoje izsledke zapišite v zvezek.

### TERENSKO OPAZOVANJE

Obiščite lokacijo, kjer se vaš predmet nahaja v svojem naravnem okolju. Nekaj časa opazujte in dokumentirajte njegovo obnašanje, fizične lastnosti in interakcije z okolico. Svoja opažanja natančno dokumentirajte v obliki podrobnih zapiskov, fotografij in videoposnetkov.

### ZBIRANJE PODATKOV

Zbirajte kvantitativne in kvalitativne podatke, ki so pomembni pri raziskovanju v okviru vaše študije primera. To lahko vključuje meritev okoljskih spremenljivk, kot so temperatura, vlažnost in pH-vrednosti, kot tudi

opažanja glede vedenja, štetje populacij in ocenjevanje življenjskih prostorov. Uporabite orodja, ki jih imate na razpolago.

### ANALIZA

Zbrane podatke analizirajte in prepoznajte vzorce, trende in korelacije. Preučite vpliv okoljskih dejavnikov na obnašanje, porazdelitev in preživetje predmeta raziskave. Z uporabo znanstvenih načel in analitičnih orodij razložite svoje ugotovitve in oblikujte smiselne zaključke.

### DOKUMENTACIJA

Svoje zapiske, opažanja, podatke in analize združite v izčrpno poročilo o študiji primera na približno dveh ali treh straneh. Ugotovitve naj bodo logično organizirane: uvodu naj sledijo razdelki z osnovnimi informacijami, metodami, rezultati, razpravo in zaključki. Poskrbite za učinkovito predstavitev ugotovitev: jezik naj bo jasen in jedrnat ter podkrepljen z vizualnimi ponazoritvami, kot so diagrami, grafi in zemljevidi.

### STROKOVNI PREGLED

S svojo študijo primera seznanite strokovnjake s tega področja in jih

prosrite za povratne informacije. Konstruktivna kritika je izvrstno orodje za učenje. Upošteвайте njihove predloge za izboljšanje jasnosti, natančnosti in temeljitosti svoje analize – tako v tej študiji primera kot v svojem prihodnjem delu.

Z upoštevanjem teh korakov lahko pripravite celovito študijo primera o izbranem predmetu v odprtem okolju, s čimer boste obogatili svoje razumevanje njegovega ekološkega pomena ter prispevali k znanstvenemu znanju in prizadevanjem za ohranjanje.

## 3.2.2 OKOLJE

### 3.2.2.1 UVOD

Naravno okolje predstavljajo žive in nežive sestavne dele našega planeta – zemlja, voda in vsa živa bitja. Vključuje vse od najvišjih gora do najglobljih oceanov in od najmanjših mikroorganizmov do najmočnejših plenilcev. To okolje se ves čas spreminja in kipi od življenja. Ni kot negibna slika, temveč bolj kot živahen prizor v gibanju, v katerem najdemo številne različne oblike življenja.



## SESTAVNI DELI NARAVNEGA OKOLJA

Naravno okolje ni kot zbirka ločenih elementov. Njegovi poglavitni sestavni deli so v nenehni medsebojni interakciji in pri tem oblikujejo ekosistem, ki vpliva na razvoj in življenje bitij, ki v njem prebivajo. Je kot dobro usklajena ekipa, kjer ima vsak član ključno vlogo pri ohranjanju življenja. Rastline na primer v procesu fotosinteze sproščajo kisik, ki omogoča življenje živalim, živali pa proizvajajo ogljikov dioksid, ki je nujen za rast rastlin. Ta soodvisnost je prisotna na vseh ravneh ekosistema.

## MERJENJE IN PREUČEVANJE SPREMENLJIVK

Pri razumevanju naravnega okolja se opiramo na različne spremenljivke: to so specifični vidiki ali značilnosti, ki so merljivi in ki jih lahko preučujemo. Te spremenljivke nam pomagajo razvozlati, kako so različni deli okolja povezani. Tu je nekaj primerov ključnih spremenljivk:

### A. TEMPERATURA

Ta nam pove, kako topli oziroma hladni so zrak, voda ali tla, in vpliva na obnašanje in porazdelitev živih organizmov.

### B. VLAŽNOST

Odraža količino vlage v zraku. Vpliva na rast rastlin, obnašanje živali in vremenske vzorce.

### C. PADAVINE

Sem spadajo dež, sneg in druge oblike, v katerih lahko voda pada iz ozračja. So ključnega pomena za vodni krog in preživetje ekosistemov.

### D. HITROST IN SMER VETRA

Popisujeta gibanje zraka, ki vpliva na podnebje, oprasovanje rastlin in raznašanje semen.

### E. SVETLOBA

Pove nam, koliko sončne svetlobe doseže neko območje. Je bistvenega pomena za rast rastlin in orientacijo živali. Različne rastlinske in živalske vrste potrebujejo različne količine svetlobe.

### F. SESTAVA PRSTI OZ. TAL

Sestava in kakovost prsti sta kritičnega pomena za rast rastlin in predstavljata

življenjski prostor številnim organizmom.

### G. RAVEN PH

Meri, kako kisli ali bazični sta voda ali prst. To vpliva na to, katere vrste rastlin in živali lahko uspevajo v določenem okolju.

### H. RAVNI ONESNAŽEVANJA

Na ta način opredelimo količino škodljivih snovi v zraku, vodi ali tleh. Spremljanje ravnih onesnaževanja pomaga zaščititi zdravje ekosistemov in ljudi.

**Različne spremenljivke nam pomagajo razvozlati, kako so različni deli okolja povezani.**

### I. BIODIVERZITETA

Nanaša se na raznolikost in množičnost živih organizmov na določenem območju in je pokazatelj zdravja in odpornosti ekosistema.

### J. RASTLINSKI POKROV

Opisuje gostoto in vrste rastlin na območju, kar je ključnega pomena za razumevanje kakovosti življenjskih prostorov in ekosistemskih storitev.

Z merjenjem in preučevanjem teh spremenljivk dobimo dragocen vpogled v zapletene interakcije, ki oblikujejo naravno okolje. To nam pomaga sprejemati preudarne in ozaveščene odločitve na področju skrbi za naš planet in uporabe njegovih virov na način, ki ohranja ekosisteme zdrave čim dlje.

## 3.2.2.2 VPRAŠALNIK ZA VODENO OPAZOVALNO RAZISKAVO Z RAZISKOVANJEM NA CILJNI LOKACIJI OZ. IN SITU

**Vse spremenljivke medsebojno vplivajo in tako oblikujejo okolje. Preučite vzorce soodvisnosti med spremenljivkami (glede na to, kaj ste izbrali kot predmet opazovanja, morda ne boste mogli izmeriti vseh spremenljivk).**

Vse te spremenljivke so merljive z uporabo orodja za domačo izdelavo, opisanega v razdelku 2.3 Osnovna oprema (npr. temperatura in vlažnost, merljivi s ploščo Arduino/ESP, opremljeno s senzorjem DHT11. Enako velja za vsa opazovanja in eksperimente.)

### 1. Spremenljivke merite preko celega dneva

Spremenljivka	8:00	12:00	16:00	20:00
Temperatura				
Vlažnost				
Padavine				
Hitrost in smer vetra				
Svetloba				
pH				

**2. Narišite grafe zbranih podatkov, na katerih x-os predstavlja čas zajema, y-os pa podatek oz. vrednost. Na istem grafu poskušajte prikazati več spremenljivk, da boste lažje prikazali njihovo medsebojno odvisnost (npr. temperaturo in vlažnost).**

**3. V kakšnem odnosu so te spremenljivke? Ste v njihovem obnašanju razbrali kakšne vzorce?**

**4. Poiščite cvetlico (marjetico, regrat itd.). Bodite pozorni na povezavo med količino sončne svetlobe in tem, ali je cvetlica ali odprta ali zaprta. Kaj bi lahko bil razlog, da se cvet odpira in zapira glede na količino razpoložljive sončne svetlobe?**

Vse spremenljivke medsebojno vplivajo in tako oblikujejo okolje.



### 3.2.2.3 EKSPERIMENT: DOLOČANJE SESTAVE PRSTI OZ. TAL V DOMAČEM LABORATORIJU

Prst – pogosto spregledana, a ključnega pomena za življenje na Zemlji – je dinamična in kompleksna mešanica mineralnih delcev, organskih snovi, vode in zraka. Predstavlja temelj kopenskih ekosistemov, saj omogoča rast rastlin in zagotavlja življenjski prostor številnim organizmom. Prst ima ključno vlogo tudi pri kroženju hranilnih snovi, filtriranju vode in shranjevanju ogljika. Njene lastnosti se med različnimi regijami in podnebji bistveno razlikujejo, kar vpliva na poljedelsko produktivnost, rabo zemljišč in celo kulturne prakse. Zdravje in ohranjanje prsti sta bistvenega pomena za trajnostno kmetijstvo in biodiverzitetu ter za blažitev posledic podnebnih sprememb; gre torej za dragocen in pogosto podcenjevan naravni vir.

Ena najpomembnejših značilnosti prsti je njena tekstura. Kot teksturo prsti označujemo relativno razmerje delcev peska, melja in gline v vzorcu prsti. Ti delci pogojujejo fizikalne lastnosti prsti oz. tal, vključno z njihovo sposobnostjo zadrževanja vode in hranilnih snovi, zračnostjo in prepustnostjo za rastlinske korenine. Peskaste prsti sestavljajo večji in bolj grobi delci, kar omogoča dobro odvajanje vode, a pogosto prinaša tudi potrebo po bolj intenzivnem namakanju in gnojenju. V meljastih prsteh prevladujejo srednje veliki delci, kar izboljša sposobnost zadrževanja vode in poveča rodovitnost. Ilovnate prsti imajo najbolj drobne delce. Izredno dobro zadržujejo vodo, a lahko postanejo zbite in slabo prezračene. Razumevanje teksture prsti je za uspešno poljedelstvo in vrtnarjenje bistvenega pomena, saj je od tega odvisna izbira rast-

lin, razkrije pa tudi, ali so za optimalne rastne pogoje potrebni ukrepi zaboljšavo tal.

Zelo pomembna značilnost prsti je njena pH-vrednost. Ta močno vpliva na razpoložljivost hranilnih snovi za rastline – kislina prst lahko na primer oteži dostop do bistvenih hranil, kot sta kalcij in magnezij, medtem ko lahko bazična oz. alkalna prst oteži sproščanje železa in drugih mikrohranil. Poznavanje in uravnavanje pH prsti je zato ključnega pomena za zagotavljanje kar najboljšega zdravja pridelkov in rastlin, saj neposredno vpliva na njihovo sposobnost privzemanja pomembnih hranil iz tal. Če je njena pH-vrednost nižja od 7, se prst šteje za kislino, če je višja od 7 pa za bazično.

Zadnja komponenta prsti je biološka. Tla in s tem prst so živahen ekosistem, v katerem živi množica organizmov – od mikroskopskih bakterij in gliv pa do večjih bitij, kot so deževniki in žuželke. Ti organizmi imajo ključno vlogo pri kroženju hranilnih snovi, razkroju in splošnem zdravju prsti. Razkrajajo organsko snov (tako sproščajo hranilne snovi za rastline), izboljšujejo strukturo prsti in pomagajo pri obvladovanju škodljivcev. Njihov prispevek k produktivnosti in trajnosti kopenskih ekosistemov je torej nepogrešljiv.

V okviru tega eksperimenta bomo s tremi manjšimi eksperimenti določili glavne značilnosti prsti – določili bomo njen tip in sestavo, preverili pH in izvedli mikroskopski pregled.



Vzorci prsti

### POTREBOVALI BOSTE

- ⊕ Vzorce prsti
- ⊕ Vodo
- ⊕ Steklen kozarec ali merilni valj
- ⊕ Zeljni sok
- ⊕ Kapalka
- ⊕ Mikroskop
- ⊕ Ravnilo

### 1. DEL: DOLOČANJE TIPA IN SESTAVE PRSTI

#### 1. KORAK: PRIPRAVITE SUSPENZIJO PRSTI V VODI

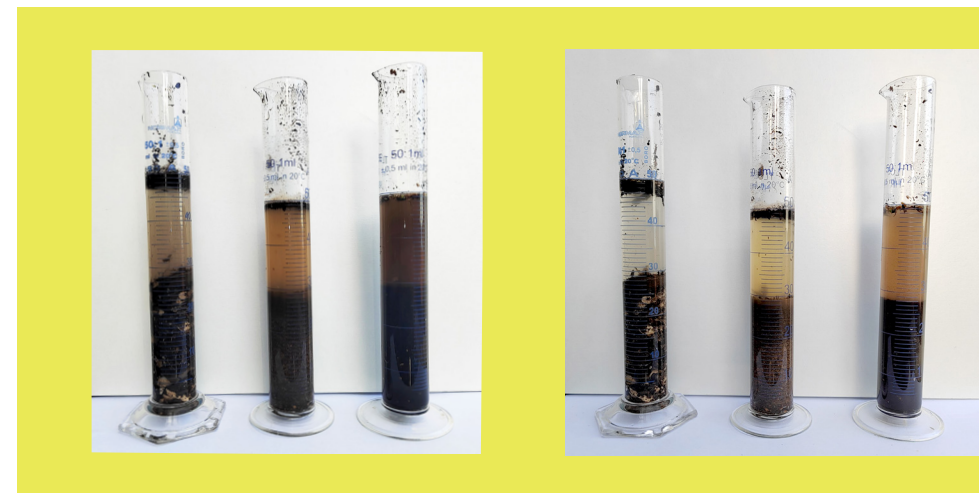
V kozarcu zmešajte vzorec zemlje z vodo in dobro pretresite, da nastane suspenzija. Mešanico prelijte v merilni valj, če ga imate, sicer pa lahko improvizirate in uporabite ožji kozarec za vlaganje ali kozarec za pitje valjaste oblike in količino merite s pomočjo ravnila.

#### 2. KORAK: POČAKAJTE, DA SE SUSPENZIJA USEDE

Mešanico pustite nekaj časa stati (približno 48 ur oziroma toliko časa, da se voda popolnoma zbistri). Sčasoma bodo delci, ki sestavljajo prst, ustvarili usedlino iz različnih plasti. Najprej se iz suspenzije izloči in usede pesek, nato melj. Najdlje traja, da se usede tretja plast (gline).

#### 3. KORAK: SPREMLJAJTE LOČITEV MINERALNIH IN ORGANSKIH SESTAVIN

Bodite pozorni na to, da usedlino sestavljajo pretežno mineralne sestavine, organske snovi pa bodisi plavajo na površini bodisi ostanejo v suspenziji.



Raztopina voda-prst

#### 4. KORAK: IZVEDITE MERITVE IN IZRAČUNE

Z ravnalom izmerite prostornino posameznih plasti v kozarcu. Če uporabljate merilni valj, natančno odčitajte prostornino posameznih plasti (pesek, melj, glina). Izmerjene prostornine zabeležite.

#### 5. KORAK: IZRAČUNAJTE ODSOTNE DELEŽE

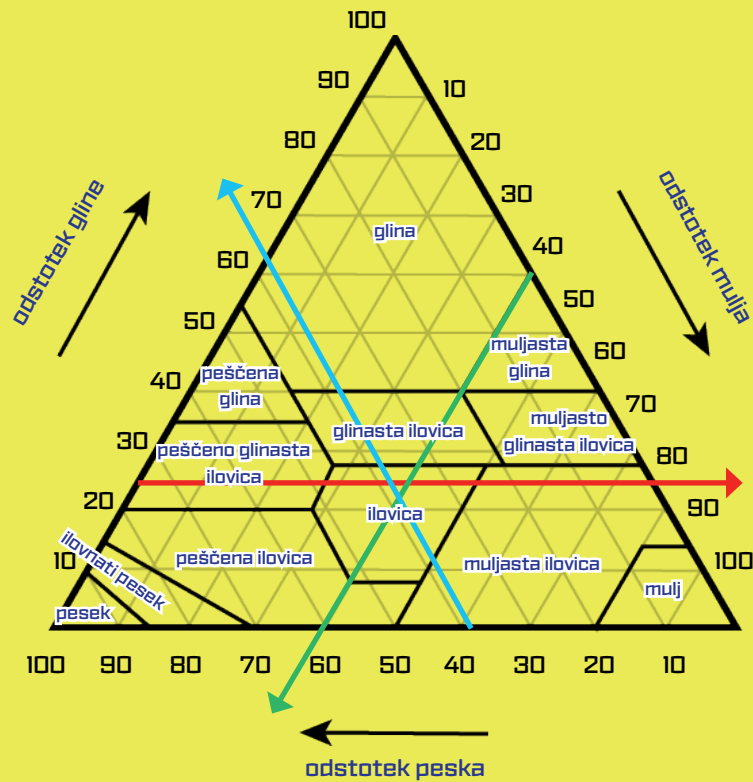
Na podlagi izmerjenih prostornin izračunajte, kakšen odstotni delež predstavlja posamezna sestavina (strokovno frakcija) prsti v zmesi.

$$\left( \frac{\text{PROSTORNINA PLASTI POSAMEZNE SESTAVINE}}{\text{SKUPNA PROSTORNINA}} \right) \times 100 = \text{ODSTOTNI DELEŽ SESTAVINE PRSTI (\%)}$$

#### 6. KORAK: UPORABITE TEKSTURNI TRIKOTNIK

S pomočjo teksturnega trikotnika (trikotni diagram teksture prsti) določite tip prsti glede na delež peska, melja in gline.





Teksturni trikotnik

## 2. DEL: PREIZKUŠANJE PH-VREDNOSTI PRSTI

### 1. KORAK: IZDELAVA INDIKATORJA Z ZELJNIM SOKOM

Glej poglavje 2.3.1.

### 2. KORAK: UPORABA ZELJNEGA SOKA

Na krožniček dajte majhno količino prsti in dodajte nekaj kapljic zeljnega soka. Opazujte, kako se spremeni barva. Barva v območju od rožnate do rdeče pomeni kislost, vijolična barva je nevtralna, območje modre in zelene do rumene pa kaže na bazičnost.

pH indikator  
iz zeljnega soka

## 3. DEL: MIKROSKOPSKO OPAZOVANJE

Za ta eksperiment potrebujete mikroskop z vsaj 40-kratno povečavo, kar pomeni, da pride v poštev katerikoli mikroskop - od otroških pa do profesionalnih, ali pa doma izdelan mikroskop, sestavljen iz odslužene spletne kamere ali laserskega kazalnika (navodila najdete na spletu na mestih, kot je [https://hackteria.org/wiki/DIY\\_microscopy](https://hackteria.org/wiki/DIY_microscopy)).

### 1. KORAK: PRIPRAVA

Vzemite malo prsti in jo položite na objektno stekelce mikroskopa. dodajte kapljico vode in vzorec pokrijte s krovnim stekelcem.

## 2. KORAK: OPAZUJTE POD MIKROSKOPOM

Delce zemlje si oglejte pod mikroskopom. Pozorni bodite na obliko, velikost in strukturo delcev. Poskusite z različnimi ravnmi povečave. Je vse, kar vidite, neorgansko in negibno, ali opazite kakšne žive organizme, ki hitijo naokrog?

1. Koliko časa je trajalo, da se je vzorec usedel?
2. Z analizo sestave prsti določite tip prsti.
3. Kakšna je pH vrednost vašega vzorca? Kaj to pomeni za organizme, ki živijo v tej prsti in na njej?
4. Pod mikroskopom si oglejte vzorec prsti in narišite različne neorganske delce, ki sestavljajo vaš vzorec. Poskusite določiti, ali gre za pesek, melj ali glino.
5. Ste opazili kaj mrtve organske snovi? Če ste, jo narišite in poskusite ugotoviti, za kaj gre.
6. Ste v vzorcu našli kaj živih organizmov? Če ste, jih narišite in poskusite prepoznati.

### 3.2.2.4 EKSPERIMENT: ANALIZA VODE V DOMAČEM LABORATORIJU

#### POTREBOVALI BOSTE

- ⊕ Vzorce vode
- ⊕ Majhne krožničke ali posode
- ⊕ Kapalka ali pipeta
- ⊕ Mikroskop
- ⊕ Objektiva in krovna stekelca za mikroskop
- ⊕ Testne lističe za merjenje pH vode (po želji)

#### 1. DEL: MERJENJE PH-VREDNOSTI Z ZELJNIM SOKOM

##### 1. KORAK: ZBERITE VZORCE VODE

Priporočamo, da vzporedno preizkusite več vzorcev vode. Poskusite vzorce vode iz zunanega okolja (iz jezera, morja, ribnika, ptičje krmilnice itd.) primerjati z vodo iz pipe.

Vzorce vode iz različnih virov spravite v ločene vsebnike in jih označite (da jih ne zamešate med sabo).

##### 2. KORAK: UPORABITE INDIKATOR IZ ZELJNEGA SOKA

S pomočjo kapalke ali pipete kanite nekaj kapljic zeljnega soka v vsakega od vzorcev vode. Opazujte, če se barva spremeni. Barva v območju od rožnate do rdeče pomeni kislost, vijolična barva je nevtralna, območje modre in zelene do rumene pa kaže na bazičnost. Za primerjavo lahko rezultate preverite s pomočjo testnih lističev za pH (trgovine z malimi živalmi jih prodajajo za testiranje vode v akvarijih).

#### 2. DEL: OPAZOVANJE VZORCEV VODE POD MIKROSKOPOM

##### 1. KORAK: PRIPRAVITE OBJEKTO STOKELCE ZA MIKROSKOP

S kapalko kanite kapljico vode iz vzorca na čisto objektivo stekelce.

##### 2. KORAK: POKRIJTE IN OPAZUJTE

Vodno kapljico previdno pokrijte s krovnim stekelcem in pri tem pazite, da se vanjo ne ujamejo zračni mehurčki. Objektivo stekelce položite na mizico mikroskopa in izostrite vzorec vode. Z mikroskopom raziskujte mikroskopske organizme, ki se nahajajo v vzorcu vode. Bodite pozorni na njihovo obliko, gibanje in druge opazne značilnosti.

##### 3. KORAK: ZABELEŽITE SVOJE UGOTOVITVE

Svoja opažanja dokumentirajte s skicami ali fotografijami.

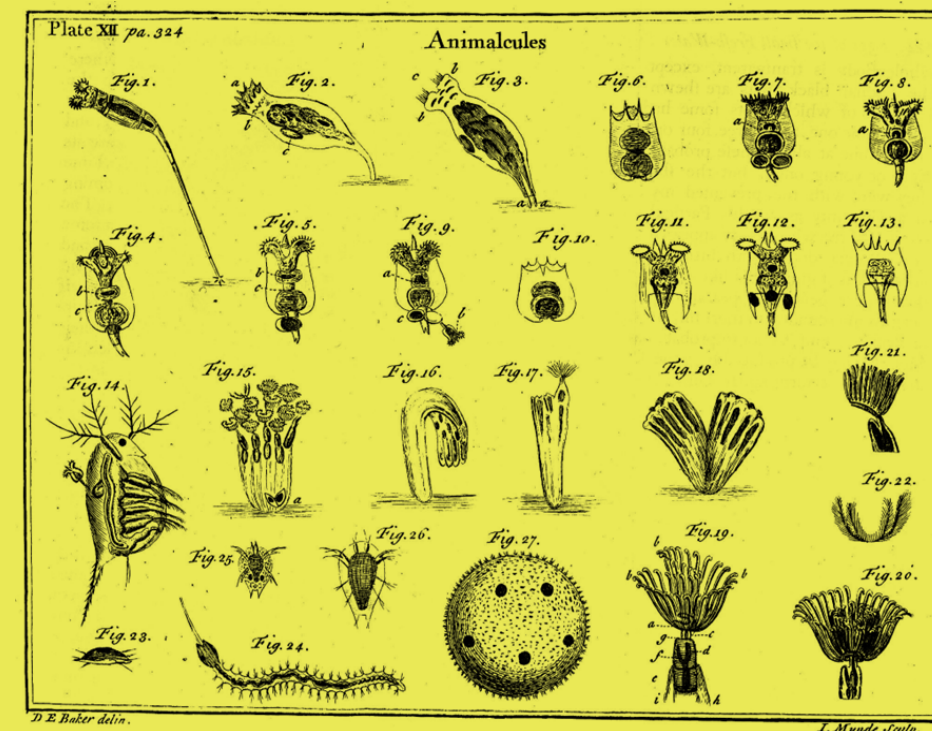
1. Kakšne vrednosti pH ste izmerili v svojih vzorcih? Na kakšen način to vpliva na organizme, ki živijo v vodi?
2. Poskusite vzeti več vzorcev iz različnih vodnih virov (ribnika, reke, morja, umivalnika itd.) in izmerite njihov pH. Ali se vrednost pH med različnimi viri vode razlikuje? Poskusite ugotoviti, zakaj pride do teh razlik.

3. Je kaj organizmov, ki aktivno plavajo okoli? Če ste, jih skicirajte in poskusite prepoznati.

4. Ste opazili kakšne mirujoče (nepremične) organizme? Skicirajte jih in jih poskusite prepoznati.

5. Ali lahko ugotovite, kateri organizmi so fotosintetski in kateri heterotrofni? (Prvi jedo druge organizme, drugi pa se hranijo z organskimi delci.) So vsi fotosintetski organizmi v vzorcu mirujoči (kot rastline) ali se kateri od njih premikajo? So vsi organizmi, ki jih vidite, praživali in alge, ali so prisotni tudi katere druge vrste živih organizmov?

6. Ali ste opazili kakšno razliko med vodnimi viri kar se tiče števila vrst in organizmov, ki ste jih našli?



## RAZISKOVANJE

Animalcules (mikroskopske živali), avtor Henry Baker, 1754  
(vir: Wellcome images, Wellcome Trust, dobrodelna organizacija iz ZK, CC BY 4.0)

### 3.2.3 INTERAKCIJA

**Ek**ološke interakcije imajo odločilno vlogo pri oblikovanju ekosistemov in vzdrževanju občutljivega življenjskega ravnovesja na Zemlji. Med te interakcije spada cela množica različnih odnosov med organizmi in njihovim okoljem, ki skupaj tvorijo zapleteno mrežo soodvisnosti od katere je odvisno življenje, kot ga poznamo. Opredelimo jih lahko kot znotrajvrstne in medvrstne odnose.

Znotrajvrstne interakcije so tiste, ki potekajo med osebki iste vrste. Te interakcije so ključne za dejavnosti, kot so parjenje, sodelovanje, tekmovanje za vire znotraj populacije in vzpostavljanje družbenih hierarhij. Vse to vpliva na populacijsko dinamiko in vedenje določene vrste v njenem okolju.

Kot medvrstne interakcije označujemo tiste odnose in interakcije, ki potekajo med različnimi vrstami v ekosistemu. Te interakcije so različnih vrst, npr. plenilstvo, mutualizem, tekmovanje ali priskledništvo, in igrajo ključno vlogo pri oblikovanju strukture in delovanja ekosistemov.

**Znotrajvrstne interakcije potekajo med osebki iste vrste.**

**Medvrstne interakcije potekajo med različnimi vrstami v ekosistemu.**

Najpomembneje je razumeti naslednje vrste interakcij:

⊕ **PLENILSTVO** predstavlja eno od temeljnih ekoloških interakcij, pri kateri si en organizem, ki mu rečemo plenilec, preživetje zagotavlja z lovom, ubijanjem in zaužitjem drugih organizmov (imenovanih plen). Ta interakcija igra ključno vlogo pri uravnavanju populacij, spodbujanju evolucijskih prilagoditev in ohranjanju ekološkega ravnovesja v ekosistemi.

⊕ **ZAJEDAVSTVO** je vrsta simbiotičnega odnosa, pri katerem se en organizem (parazit) okorišča na račun drugega organizma (gostitelja), pri čemer od slednjega pridobi hranilne snovi, zavetje ali

druge koristi. Te interakcije lahko vključujejo od mikroskopskih parazitov, kot so bakterije, pa do večjih organizmov, kot so klopi in trakulje. Pogosto pomembno vplivajo na zdravje in vedenje tako parazita kot gostitelja.

⊕ **MUTUALIZEM** je fascinantna ekološka interakcija, pri kateri dve vrsti ali več vrst sobiva v vzajemno koristnem odnosu, ki izboljša verjetnost njihovega preživetja in razmnoževanja. En primer tega je opravevanje, ki ga izvajajo živali, kot so čebele, kolibrji in netopirji, ki imajo koristi od nektarja, obenem pa omogočajo razmnoževanje rastlin. Še en primer predstavlja ključna vloga živali pri širjenju semen, bodisi z zaužitjem in izločanjem bodisi s prijemanjem semen na krzno ali perje. Te interakcije lepo ilustrirajo presenetljive oblike sodelovanja, s pomočjo katerega organizmi v naravi dosegajo skupne cilje.

⊕ **PRISKLEDNIŠTVO (KOMENZALIZEM)** je ekološka interakcija, pri kateri ima ena od vrst koristi, ne da bi pri tem negativno vplivala na drugo. Primer tega je odnos med ribami iz vrste prilepov (remora) in morskimi psi: ta riba se »prilepi« na morskoga psa, tako da jo ta nosi s sabo. S tem si zagotavlja zaščito in dostop do hrane, ne da bi morskemu psu pri tem opazno škodovala ali koristila.

⊕ **TEKMOVANJE** za vire je še ena ključna oblika ekološke interakcije. Ko se za isti omejen vir (npr. hrana, voda ali zavetje) potegujeta dve vrsti ali več, se znajdetta v boju za preživetje. To tekmovanje lahko privede do razvoja specializiranih značilnosti ali vedenj, ki vrstam omogočijo, da zasedejo nekoliko drugačne niše v ekosistemu in s tem sobivajo. Tekmovanje poteka tudi med osebki znotraj iste vrste.

#### 3.2.3.1. SPLOŠNI OPAZOVALNI VPRAŠALNIK

S pomočjo tega vprašalnika zapišite opažanja glede izbranega predmeta iz poglavja 3.2.1.

**Izbrani predmet opazujte ob različnih urah v dnevu/različnih dnevih/v različnih letnih časih.**

1. **Koliko sončne svetlobe prejme opazovani predmet? Ali celoten predmet prejme enako količino sončne svetlobe?**
2. **Opazujte rastline, ki rastejo na izbranem predmetu in v njem. Kje rastejo? Ali bolje uspevajo na sončnih mestih ali v senci? Poskusite jih prepoznati.**
3. **Opazujte različne živali, na katere naletite znotraj predmeta ali na njem. Ali na predmetu oziroma v njem živijo ves čas, ali ga le obiskujejo? Kaj tam počnejo (se hranijo, iščejo zavetje itd.)? Poskusite jih prepoznati.**
4. **Ali obstajajo deli predmeta, ki so nekaterim organizmom ljubši, in takšni, ki se jim ti izogibajo? Če je odgovor da, kateri in zakaj?**
5. **Napravite seznam vseh živih bitij, ki ste jih opazili.**
6. **Ali so kateri deli dneva ali obdobja znotraj letnih časov, ko so nekateri organizmi bolj aktivni, in drugi, ko je aktivnosti manj? Ali na to vpliva vreme?**
7. **Poskusite zapisati še kaj drugega, kar ste morda zasledili med svojimi opazovanji.**

### 3.2.3.2 EKSPERIMENT: DOMAČA IZDELAVA MEDENE PASTI (ZA ŽUŽELKE) IN OPAZOVALNI VPRASALNIK

Žuželke predstavljajo izredno raznoliko in številčno skupino znotraj živalskega kraljestva z obsežnim in pomembnim prispevkom k ekologiji. Igrajo vključne vloge v različnih ekoloških procesih:

- ⊕ Na področju oprave so žuželke, kot so čebele, metulji in hrošči, nepogrešljiv del razmnoževanja številnih vrst rastlin. Omogočajo rast sadja, zelenjave in oreščkov, ki niso življenjskega pomena le za številne živalske vrste, temveč so bistven vir hrane tudi za ljudi.
- ⊕ V procesu razkroja žuželke, kot so mravlje, hrošči in muhe delujejo kot naravni reciklatorji, ki razgrajujejo odmrlo organsko snov. S to svojo dejavnostjo pospešujejo proces razkroja, pri čemer se hranilne snovi vračajo v prst in izboljšujejo njeno rodovitnost.
- ⊕ Poleg tega, da so pomembne za razkroj, se žuželke pojavljajo tudi v vlogi plenilca ali plena v različnih prehranjevalnih verigah. To pomaga pri regulaciji populacij rastlinojedih žuželk in majhnih členonožcev, kar prispeva k celostnem ravnovesju ekosistemov.



Past za žuželke

- ⊕ Žuželke so tudi pomemben kazalnik zdravja okolja. Spremembe v njihovih populacijah ali vedenju lahko kažejo na okoljske motnje in onesnaženje, kar raziskovalcem pomaga pri ocenjevanju stanja ekosistemov.
- ⊕ Žuželke predstavljajo pomemben prehranski vir številnim živalim, med katerimi najdemo ptice, netopirje in dvoživke, s tem pa so obenem ključen vir energije na višjih prehranjevalnih ravneh prehranjevalnih verig.
- ⊕ Nekatere žuželke, kot so termiti in mravlje, veljajo za ekosistemske inženirje, saj gradijo kompleksne podzemne rove in gomilaste strukture. Te strukture spreminjajo sestavo prsti in tok vode, s čimer vplivajo na lokalne življenjske prostore.
- ⊕ Določene vrste žuželk, kot so mravlje in hrošči, prispevajo k razširjanju semen s tem, da jih prenesejo na nove lokacije, in pri tem povečujejo rastlinsko raznolikost in rastlinam pomagajo pri naseljevanju novih območij.
- ⊕ Žuželke lahko vplivajo na kroženje hranilnih snovi, zlasti dušika. Nekatere vrste lahko dušik iz ozračja fiksirajo v oblike, ki jih lahko uporabijo rastline, in tako pripomorejo k rodovitnosti prsti.

Če povzamemo, imajo žuželke torej temeljno vlogo v ekoloških procesih, med katerimi so opravevanje, razkroj in kroženje hranilnih snovi. Njihovi večstranski prispevki izpostavljajo pomen, ki ga imajo pri ohranjanju biodiverzitete in ekološkega ravnovesja ter tako poudarjajo pomen njihovega ohranjanja za ekosisteme in človeško blaginjo.

V tem eksperimentu bomo izdelali preprosto medeno pasto, ki nam bo pomagala pri opazovanju vrst žuželk v našem okolju.

#### POTREBOVALI BOSTE

- ⊕ Plastenka
- ⊕ Med
- ⊕ Škarje
- ⊕ Vrvico ali sukanec
- ⊕ Majhne palice ali vejice (po želji)

#### 1. KORAK: PRIPRAVITE PLASTENKO

Za začetek poskrbite, da je plastenka čista in suha. Odstranite morebitne etikete ali njihove ostanke.

#### 2. KORAK: IZDELAJTE PAST

S škarjami plastenko previdno prerežite vodoravno na pol, tako da nastaneta dva ločena dela. Za pasto boste uporabili zgornji del. Zgornjo polovico plastenke obrnite navzdol, tako da je ustje obrnjeno navzdol. To bo služilo kot lijak, ki bo žuželke vodil v pasto.

#### 3. KORAK: NAPRAVITE ZANKO ZA OBEŠANJE (PO ŽELJI)

Če nameravate svojo pasto obesiti, s pomočjo škarij naredite dve luknjici blizu vrha steklenice. Skozi luknjici napeljite kos vrvice ali sukanca in ga zavozlajte, da nastane zanka.

#### 4. KORAK: NANESITE MED

Dno plastenke izdatno premažite z medom. To bo služilo kot vaba za žuželke.

#### 5. KORAK: SESTAVITE PAST

Na spodnjo polovico plastenke ponovno namestite z medom premazani zgornji del. Poskrbite, da bodo robovi pravilno poravnani.

#### 6. KORAK: PO ŽELJI – PALIČICE ZA PRISTANEK ČEBEL

Če vas posebej zanimajo čebele, lahko plastenko vodoravno prebodete z majhnimi paličicami ali vejicami. Tako bodo imele čebele mesto, kjer bodo lahko pristale.

#### 7. KORAK: OBESITE PAST (PO ŽELJI)

Če ste izdelali zanko za obešanje, poiščite ustrezno mesto, da pasto obesite. Izbrati morate mesto, kjer je veliko žuželk.







Ptičja krmilnica

Svojo ravnokar izdelano ptičjo krmilnico obesite na varno in dobro vidno mesto, najbolje v bližino okna. Če je to mogoče, jo nastavite nekje v izbranem predmetu oziroma na njem. S pomočjo vprašalnika zabeležite svoja opažanja.

1. Koliko različnih vrst ptic ste videli? Ali jih lahko prepoznate?
  
2. Kaj so ptice počele (se hranile, letele, počivale itd.)?
  
3. Ste opazili kakšno zanimivo vedenje?
  
4. So bile v bližini tudi kakšne druge živali (veverice, žuželke itd.)? Če je odgovor da, jih naštejte.
  
5. Pripravite dve različni krmilnici; v eno dajte večja semena, v drugo pa manjša. Kaj ste opazili? Katere vrste ptic imajo raje krmilnico z manjšimi semeni in katere tisto z večjimi?

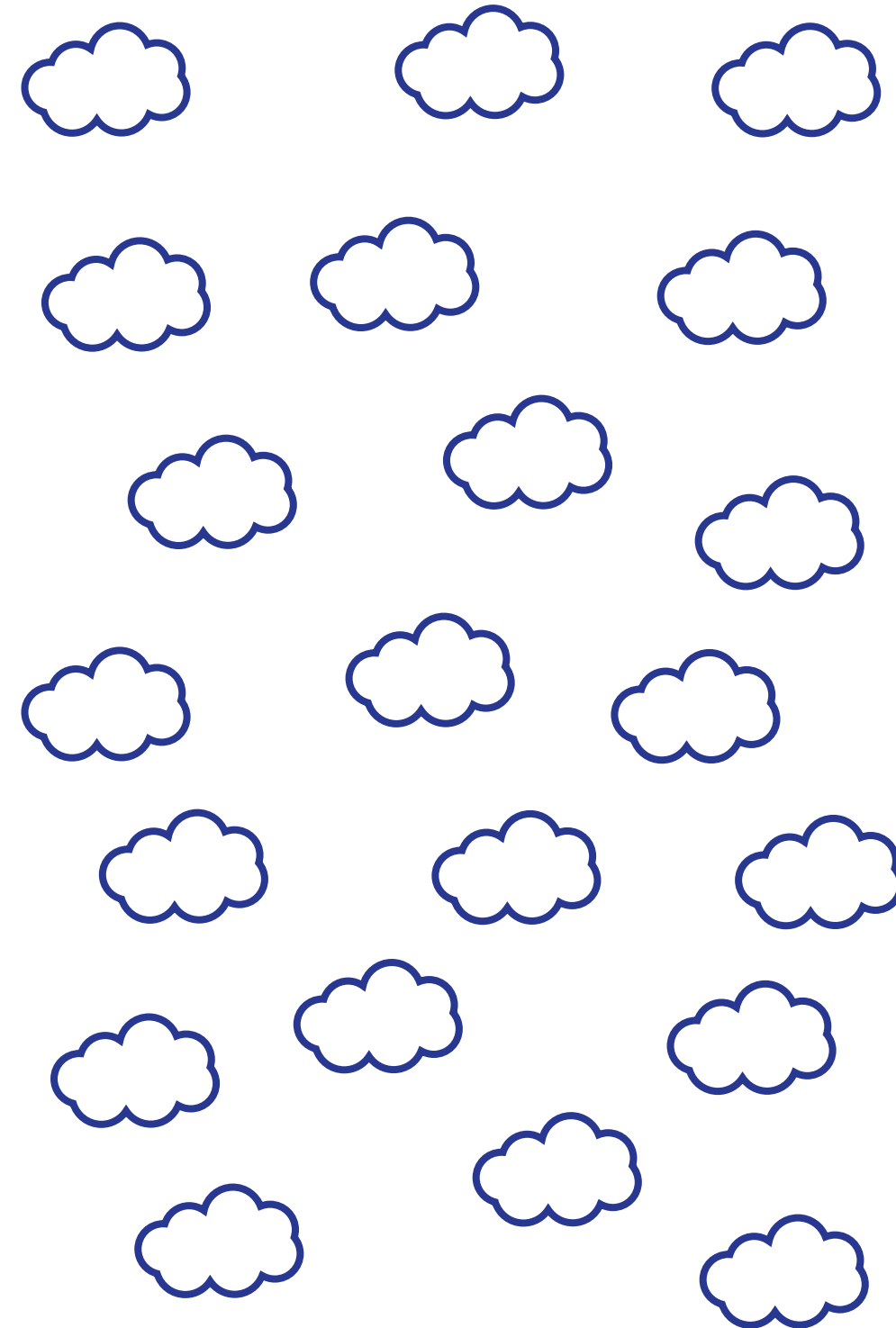
### 3.2.3.4. NALOGA: KARTIRANJE PREHRANJEVALNEGA SPLETA

Na podlagi podatkov in opažanj, dokumentiranih v tem poglavju ustvarite vizualni prikaz bioloških interakcij v obliki miselnega vzorca.

V oblačke vpišite imena opaženih vrst (rastline, živali, alge, praživali itd.).

Nato s črto povežite vrste, med katerimi je prišlo do interakcije, vzdolž črt pa zapišite vrsto interakcije (npr. plenilstvo, mutualizem itd.).

Ta pristop omogoča vizualno dojetje raznovrstnih interakcij v ekosistemu.





## Zaprta sistemi, sistemsko razmišljanje in snovanje

**P**redstavljajte si, da ste v mehurčku, v katerem vse ostane in nič ne pride ven – temu rečemo zaprt sistem. Zaprti sistemi so kot mali svetovi sami zase, kjer se vse dogajanje odvija v notranjosti, brez vsake interakcije z zunanostjo. V kontekstu sistemskega razmišljanja in oblikovanja so zaprti sistemi opredeljeni kot okolja, v katerih prihaja do interakcij zgolj znotraj meja sistema, brez izmenjave z zunanostjo. V zaprtih sistemih se vhodi, izhodi in procesi v celoti nahajajo znotraj nekega določenega sistema, kar pomeni, da je tak sistem neodvisen od zunanosti.

Pri teh sistemih moramo razmišljati o tem, kako vsi različni deli delujejo skupaj, tako kot koščki sestavljanke. Pri sistemskem razmišljanju je poudarek na razumevanju medsebojne pov-

ezanosti in soodvisnosti v zaprtih sistemih. Tako lahko na primer sprememba enega elementa vpliva na vse ostale – recimo če dodamo preveliko količino hrane v akvarij z ribami, zaradi česar lahko voda postane motna. Pri snovanju zaprtih sistemov moramo zato ohranjati stalno stanje – to pomeni ohranjanje ravnovesja in hkrati pripravljenosti na prilagoditev v primeru sprememb situacije – ter vzdrževati stabilnost sistema (homeostazo). To je kot iskanje popolne usklajenosti med stabilnostjo in fleksibilnostjo, da lahko naš mali svet nemoteno deluje.

Pri snovanju zaprtih sistemov moramo skrbno paziti na povratne zanke in t.i. pojavno obnašanje (emergent behaviour) ter vzdrževati ravnovesje. Učinkovita zasnova zahteva pravo ravnovesje stabilnosti in prilagodljivosti, s katerim zagotovimo učinkovito delovanje in nadaljnji razvoj sistema v njegovem zaprtem okolju.

## 4.2

### Doma ustvarjen mikrokozmos

**S**istemskega razmišljanja in oblikovanja se najlažje naučimo tako, da začnemo z majhnimi koraki. Za svoj študijski primer lahko izberete akvarij z ribami (primer polzaprtega siste-

ma), lahko pa se podate v še manjši svet mikrobov. Sledi par zanimivih in zabavnih primerov, s katerima se lahko poigrate: Vinogradskijev stolpec in mikrobne gorivne celice.

## 4.2.1 VODENA VADNICA: IZDELAVA VINOGRADSKIJEVEGA STOLPCA

**Vi**nogradskijev stolpec (ali kolona po Vinogradskem) je fascinanten miniaturni ekosistem, zaprt v preprost steklen ali plastičen valj. Ti stolpci, ki so poimenovani po ruskem mikrobiologu Sergeju Vinogradskemu, služijo kot izvrstni modeli mikrobne raznolikosti in ekoloških interakcij. Po zaslugi blata, vode in sončne svetlobe vinogradskijevi stolpci znanstvenikom in navdušencem omogočajo opazovanje zapletenih odnosov med različnimi mikroorganizmi, kot so bakterije in alge, ki uspevajo v različnih ekoloških nišah znotraj stolpca. Ta edinstven in samozadosten mikrokozmos ponuja dragocen vpogled v biogeokemične cikle, kroženje hranilnih snovi in zapleteno mrežo življenja na mikroskopski ravni. Vinogradskijevi stolpci niso le izobraževalno orodje, temveč okna v zapleteni svet mikrobne ekologije.

Vinogradskijevi stolpci so vsestranska orodja; najpomembnejši primeri njihove uporabe so naslednji:

- ⊕ **MIKROBNA EKOLOGIJA IN RAZNOLIKOST**  
Uporabljamo jih za preučevanje interakcij med mikroorganizmi in njihovega uspevanja v simuliranih okoljih, kar omogoča vpogled v mikrobno ekologijo in raznolikost.
- ⊕ **BIOGEOKEMIČNE RAZISKAVE**  
Raziskovalcem pomagajo razumeti, kako mikroorganizmi vplivajo na biogeokemične cikle, pomagajo pa tudi razjasniti kroženje hranil in okoljske procese.
- ⊕ **SPREMLJANJE STANJA OKOLJA**  
Uporabljamo jih lahko kot bioindikatorje za ocenjevanje zdravja ekosistema, zaznavanje motenj ter spremljanje onesnaženja ali neravnovesja hranilnih snovi.

- ⊕ **IZOBRAŽEVALNI PRIPOMOČKI**  
Služijo kot privlačni izobraževalni pripomočki, ki učencem omogočajo opazovanje ekoloških procesov ter s tem boljše razumevanje mikrobiologije in dinamike ekosistemov.
- ⊕ **BIOGEOKEMIČNE RAZISKAVE**  
Ti stolpci pomagajo pri raziskovanju strategij bioremediacije, saj nam omogočajo preučevati, kako

določeni mikroorganizmi razgrajujejo onesnaževala.

- ⊕ **UMETNOST IN OZAVEŠČANJE JAVNOSTI**  
S svojimi barvitimi in dinamičnimi ekosistemi so Vinogradskijevi stolpci zanimivi tudi za umetniške razstave in ozaveščanje javnosti, kar povečuje ozaveščenost o pomenu mikrobnega življenja za okolje.

V tem eksperimentu se boste naučili, kako Vinogradskijev stolpec izdelati doma.

### POTREBOVALI BOSTE

- ⊕ Vedro
- ⊕ Majhno lopato
- ⊕ Vzorce prsti
- ⊕ Vodo iz ribnika ali prekuhano vodo iz pipe
- ⊕ Blato iz ribnika ali prst z vrta
- ⊕ Plastenke
- ⊕ Škarje
- ⊕ Suho listje ali papir
- ⊕ Jajca
- ⊕ Skledo
- ⊕ Plastično folijo
- ⊕ Lepilni trak
- ⊕ Aluminijasto folijo

### 1. KORAK

Za začetek zberite nekaj vzorcev prsti iz bližnjega ribnika, potoka ali vrta. Če v bližini nimate ribnika ali potoka, lahko uporabite vodo iz pipe, vendar jo morate najprej prekuhati, da odstranite klor, in nato ohladiti.

### 2. KORAK

Vzemite plastenko in s škarjami ali nožem previdno odrežite njen zgornji del ter ga razdelite na tri dele. Pazite na morebitne ostre robove.

### 3. KORAK

Ločite jajčne rumenjake od beljakov. Jajčne lupine zmeljite v fin prah, suho listje ali papir pa razrežite na manjše kose. Polovico nabranega blata zmešajte z jajčnim rumenjacom, jajčnimi lupinami in suhim listjem/papirjem.

### 4. KORAK

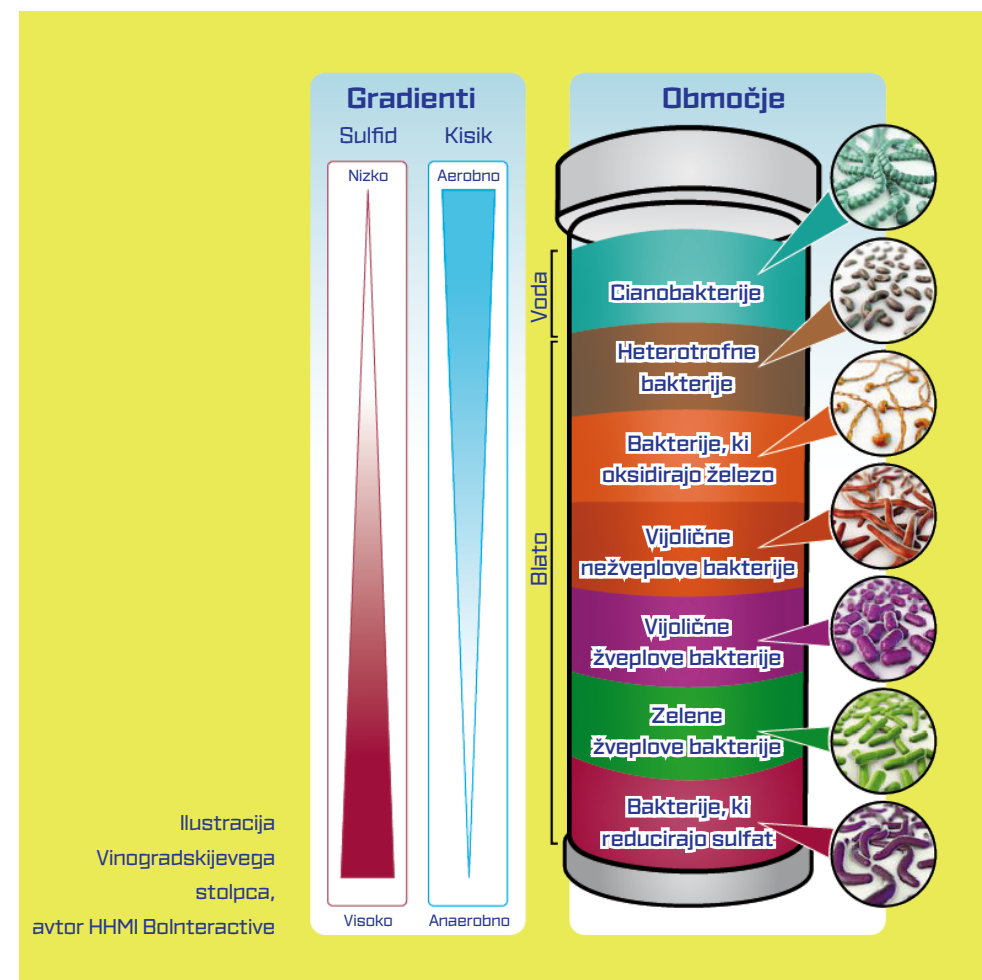
Prvo tretjino plastenke napolnite z ravnokar pripravljeno mešanico blata. Drugo tretjino napolnite samo z blatom, v tretji tretjini pa naj bo samo voda iz ribnika oziroma prekuhana voda.

### 5. KORAK

S plastično folijo pazljivo in neprodušno zatesnite zgornji del plastenke. Stolpec za nekaj mesecev postavite nekam na sonce.

### 6. KORAK (PO ŽELJI)

Če se odločite za ta dodaten korak, izdelajte še drugi stolpec in ga popolnoma zavijte v aluminijasto folijo, da popolnoma preprečite vstop svetlobe. Postavite ga zraven prvega stolpca in oba pustite nekaj mesecev stati. Na koncu odvijte aluminijasto folijo in bodite pozorni na razlike med stolpcema.





Po nekaj mesecih preučite stolpec. Bodite pozorni na različne plasti in barve, ki se v vsaki od plasti razvijejo.

1. Koliko različnih plasti vidite? Kakšne barve je voda na vrhu? Katere barve lahko vidite v posameznih plasteh?

2. V spodnjo plast smo dali mešanico jajčnega rumenjaka, jajčnih lupin in listja. Zakaj? Na kakšen način to vpliva na plasti?

3. Zakaj smo to mešanico dali v SPODNJO plast?

4. Kakšna je koncentracija kisika v posameznih plasteh? Kako to vpliva na mikroorganizme v posameznih plasteh?

5. V primeru, da ste izvedli 6. korak: je med stolpcema kakšna razlika? So v obeh stolpcih prisotne obe plasti?

## 4.2.2 VODENA VADNICA: IZDELAVA MIKROBNE GORIVNE CELICE

**Mi**krobne gorivne celice (MGC, ang. microbial fuel cells oz. MFC) predstavljajo inovativno in trajnostno naravnano tehnologijo na presečišču mikrobiologije in proizvodnje elektrike. V teh napravah presnovno dejavnost mikroorganizmov izkoriščamo za neposredno pretvarjanje organske snovi v električno energijo. MGC v bistvu delujejo kot živi viri energije, pri čemer izkoristimo sposobnost nekaterih mikroorganizmov, da elektrone, ki nastanejo v procesu razkroja organskega substrata, prenesejo na elektrodo in pri tem ustvarjajo električni tok. Ta zanimiva mešanica mikrobiologije in energije je obetavna na področju čiščenja odpadnih voda, proizvodnji bioenergije in bioremediaciji okolja. MGC zato predstavljajo pionirsko tehnologijo pri iskanju čistejših in učinkovitejših energetskih rešitev.

Poznamo dva tipa mikrobnih gorivnih celic: eno- in dvokomorne. Dvokomorne MGC so sestavljene iz ene komore z anodo, kjer so v anaerobnih pogojih prisotne bakterije ter hrana zanje (blato s suhim listjem, odpadna voda ali kaj drugega), membrane, ki komori ločuje med sabo, ter druge komore, v kateri je katoda in veliko kisika. Pri enokomorni MGC se vse to nahaja v eni sami komori, pri čemer morata biti anoda in katoda kar se da oddaljeni ena od druge, tako da se lahko v okolici anode vzdržujejo anaerobni, v okolici katode pa aerobni pogoji.

V tem poglavju boste izvedeli, kako lahko s pomočjo mikrobov, ki jih najdemo v blatu, izdelamo zelo preprosto enokomorno mikrobo gorivno celico – t.i. »baterijo iz blata«. Za izdelavo anode bomo uporabili grafit, za katodo pa aluminij. Grafit je električno prevoden material, ki ni škodljiv za bakterije, tako da lahko te živijo in se prehranjujejo na njegovi površini. Pri tem ustvarjajo elektriko, ki jo grafit prestreže. Kot vir hrane bomo dodali suho listje ali papir iz celuloze, ki ga lahko bakterije v anaerobnih pogojih razkrojijo in tako uporabijo za proizvodnjo električne energije. Anoda bo zato na dnu, kjer ni kisika. Katoda bo v vodi, kjer elektrone oddaja kisiku.

### POTREBOVALI BOSTE

- ⊕ Vedro
- ⊕ Majhno lopato
- ⊕ Vodo iz ribnika ali prekuhano vodo iz pipe
- ⊕ Blato iz ribnika ali prst z vrta
- ⊕ Kozarec za vlaganje ali plastično posodo za urin
- ⊕ Bakrene žice,
- ⊕ Papir,
- ⊕ Škarje
- ⊕ Suho listje (po želji),
- ⊕ Klešče,
- ⊕ Pištolo za vroče lepljenje,
- ⊕ Papir,
- ⊕ Grafitni svinčnik,
- ⊕ Aluminijasto folijo,
- ⊕ Multimeter,
- ⊕ Majhno LED-svetilko (po želji).

### 1. KORAK

Vzemite vedro in lopatko ter pojdite do bližnjega ribnika ali potoka. Naberite nekaj blata in vode ter ju prinesite nazaj. Če v bližini ni nobenega ribnika ali potoka, lahko uporabite običajno prst z vrta ali iz parka ter dodate vodo iz pipe. Če uporabite vodo iz pipe, jo morate najprej prekuhati, da odstranite klor, ki bi sicer lahko škodil mikroorganizmom, in jo pustiti, da se ohladi. Ko boste zunaj, naberite še nekaj suhega listja, če ga najdete. V nasprotnem primeru lahko uporabite papir.

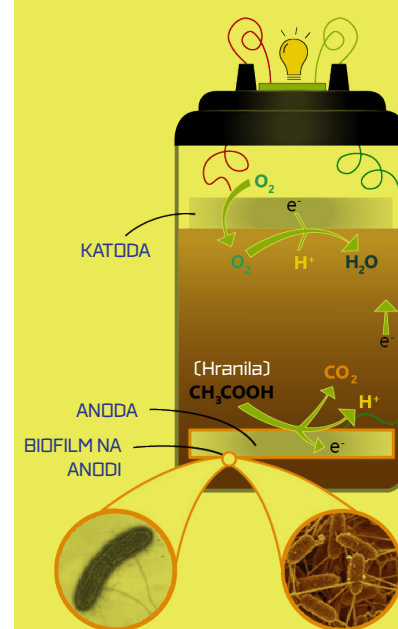


Diagram MGC na osnovi prsti  
(avtor MFCGuy2010 CC BY-SA 3.0)  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

**2. KORAK**

Pripravite električne vodnike tako, da jih razrežete v krajše segmente. Za vsako MGC boste potrebovali dva. Pri vsakem od njiju morate na obeh koncih odstraniti nekaj izolacije.

**3. KORAK**

Vzemite vsebnik, ki ste ga izbrali (priporočamo steklene kozarce za vlaganje ali plastične vsebnike za urin, saj jih je najlažje dobiti in uporabljati) ter v pokrov izvrtajte luknjo, dovolj veliko, da lahko skozi potegneta dva električna vodnika.

**4. KORAK**

Z grafitnim svinčnikom na papir narišite krog; ta naj bo enakega premera kot dno vašega vsebnika. Krog z grafitnim svinčnikom pobarvajte, tako da bo čim temnejši. Izrežite krog. To bo prva elektroda, na kateri bodo rasle bakterije in proizvajale električni tok.

**5. KORAK**

S pomočjo pištrole za talilno lepilo prilepite enega od ogoljenih koncev žice na krog, ki ste ga prej pobarvali. Pazite, da se pri tem ne opečete, in se poskusite izogniti temu, da bi lepilo prišlo med žico in papir, saj bo v tem primeru delovalo kot izolacija in preprečilo, da bi električni tok stekel.

**6. KORAK**

Elektrodo položite na dno vsebnika in nanjo nasujte dovolj blata oziroma prsti, da jo popolnoma pokrijete. Nato dodajte razscefren papir oziroma zdrobljeno suho listje, če ste ga uspeli dobiti. Čez to nasujte še nekaj blata oziroma prsti, dokler vsebnika ne napolnite približno do polovice. Pri dodajanju blata ga poskušajte čim bolj potlačiti, da se vanj ne ujamejo zračni mehurčki.

**7. KORAK**

V vsebnik nalijte vodo iz ribnika ali prekuhano (in ohlajeno) vodo iz pipe, tako da bo do konca napolnjen. Vzemite drugi električni vodnik in enega od okoljenih koncev popolnoma zavijte v aluminijasto folijo. Potopite ga v vodo in poskrbite, da se ne bo dotikal blata. To bo naša druga elektroda.

**8. KORAK**

Napeljite oba vodnika skozi luknjo v pokrovu in zaprite vsebnik. Počakajte kakih deset minut, nato pa z multimetrom preverite napetost, ki jo proizvaja gorivna celica. Če imate majhno LED-svetilko (5-voltno), jo lahko poskusite priključiti, da vidite, ali zasveti.

1. Kakšno napetost proizvaja celica? Je napetost dovolj visoka za napajanje LED-svetilke?

2. Poskusite izdelati več MGC in jih zaporedno povezati. Je kaj razlike v napetosti? Koliko zaporedno vezanih celic bi morali izdelati in povezati, da bi lahko polnili svoj telefon?

3. Razmislite, na kakšne načine bi lahko povečali proizvodnjo elektrike. Poskusite spreminjati velikost elektrod, sestavo in količino prsti, material elektrode itd. Zapišite, kaj ste poskusili in kaj ste pri tem ugotovili.

4. Zakaj smo za drugo elektrodo uporabili aluminijasto folijo, čeprav vemo, da ta bakterijam škoduje?

5. Pustite MGC nekaj časa stati in nato ponovno izmerite napetost. Je kaj razlike v proizvedeni elektriki? Če je odgovor da, kdaj se je to začelo dogajati? Je prišlo do zvišanja ali znižanja napetosti?

# Inoviranje

Dragi bralec, draga bralka, prebili smo se skozi zadnje poglavje te prosto dostopne knjige. Upamo, da je vsaj malo izpolnila svoj namen: da vam vzbudi željo po raziskovanju neverjetnega sveta, ki vas obkroža, in vam da navdih za ustvarjanje novega.

Za konec vas vabimo, da oblikujete svoj lasten raziskovalni/inženirski projekt, ki se ga boste lotili v prihodnje.

Prepričani smo, da vam je pri listanju po tej knjigi na pamet prišlo mnogo idej. Radi bi, da uporabite pridobljeno znanje in izkušnje ter se svojih prihodnjih podvigov lotite sistematično.

Pripravili smo kratek voden vprašalnik, ki vam bo pomagal pri načrtovanju, kako uresničiti svojo zamisel.

Predvsem pa se **zabavajte!**

## Zasnуйте svoj projekt STEAM

Voden vprašalnik o razvoju lastnih idej v ogrodje projekta

### PROJEKTNI OBRAZEC

#### 1. TIP PROJEKTA (Označite in izpolnite.)

##### 1.1.

- Znanstveni
- Umetnostno-znanstveni

##### 1.2.

- Izobraževalni
- Raziskovalni
- Razvojni
- Javni dogodek

#### 1.3. S katerimi znanstvenimi in/ali umetniškimi področji je projekt povezan?

#### 2. IME PROJEKTA

#### 3. CILJ PROJEKTA

**4. TRAJNOST PROJEKTA (Katera vrata projekt odpira?)**

4.1. Ali projekt prispeva k razvoju znanosti, umetnosti in skupnosti?

---



---



---

4.2. Ali je mogoče projekt razvijati še naprej? Nadgraditi? Če da, kako?

---



---



---

4.3. Kakšni novi projekti bi lahko nastali na podlagi tega?

---



---

**5. KRATEK OPIS PROJEKTA**

(Navedite vse bistvene podrobnosti. Najmanj 10 povedi.)

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**6. SPECIFIČNI CILJI**


---



---

**7. KONKRETNI DOSEŽKI**

(Kaj so vidni/otipljivi rezultati razvojnega procesa projekta?)

---



---

**8. DEJAVNOSTI, KI SO DEL PROJEKTA**

(Navedite in opišite vse dejavnosti, ki jih projekt vključuje.)

---



---



---

**9. IZVAJALCI PROJEKTA**

(Navedite vse izvajalce projekta, njihove funkcije in pristojnosti.)

---



---



---

**10. PREDVIDENO TRAJANJE PROJEKTHNIH DEJAVNOSTI**

(Navedite skupno trajanje projekta, okvirni ali točen datum začetka in konca ter posamezne faze projekta.)

Ocena skupnega trajanja:

1. faza:

2. faza:

3. faza:

4. faza:

**11. DOKUMENTACIJA (Kako bosta projekt in njegov razvoj dokumentirana?)**


---



---

**12. POTREBNI SREDSTVA**

(Za morebitne najete materiale ali opremo navedite ceno.)

**12.1. Oprema**


---



---

**12.2. Storitve**

(Storitve kot so tiskanje, telekomunikacije, najem, potrdila itd.)

---



---

**12.3. Material**


---





**DIVE IN**

**piNa**

**HERA**



UR INSTITUTE



Co-funded by  
the European Union