

Z medinstitucionalnim povezovanjem vzgajamo proaktivne posameznike in krepimo kompleksnost ter razumevanje interdisciplinarnih naravoslovnih ved

Darja Rizmal

SIC Alme M. Karlin

darja.rizmal@sic-alma.si

V programu biotehniške gimnazije povezujemo dijake s specializiranimi laboratoriji z namenom medinstitucionalnega sodelovanja, ki vzgaja in opolno-moča generacije proaktivnih posameznikov. Ti posamezniki bodo razumeli interdisciplinarnost naravoslovnih ved in svojo vlogo v družbenem ter naravnem okolju. Takšen učni proces dijaki doživljajo kot priložnost za pridobivanje dodatnih in aktualnih znanj ter razvoj širšega spektra laboratorijskih veščin in sodobnih kompetenc v naravoslovju, tehnologiji, matematičnih vedah, okoljski ter digitalni pismenosti. Ta način dela nadgrajuje učenje in delo v šolskih laboratorijih. Dijaki pridobivajo podatke s terena, spoznavajo nove tehnike laboratorijskega dela, sodelujejo pri iskanju informacij iz različnih virov in izbirajo uporabne aplikacije, s čimer aktivno bogatijo svoje znanje iz biologije, kemije, fizike, matematike, mikrobiologije ter biotehnologije. Prav tako krepijo namensko uporabo informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) in razvijajo socialne veščine. Sprememba v načinu izvajanja pouka spodbuja njihovo pozornost in radovednost, aktivna vključenost dijakov, ki delajo praviloma v parih, pa krepi povezanost, sodelovanje in medsebojno učenje.

Ključne besede: medinstitucionalno povezovanje, interdisciplinarno poučevanje, biotehnologija, laboratorijske veščine

 © 2024 Darja Rizmal

<https://doi.org/10.26493/978-961-293-403-3.85-100>

Uvod

V slovenskem srednjem splošnem izobraževanju razlikujemo med programi splošne in strokovne gimnazije; vsem je skupen poudarek na splošnem znanju, kritičnem mišljenju, humanistični in naravoslovni pismenosti ter metodološkem in konceptualnem pristopu (Ginnis, 2004; Marentič Požarnik, 2000). Širina splošne izobrazbe nudi široke možnosti za nadaljnji študij, vendar opažamo pomanjkanje praktičnih izkušenj in laboratorijskih veščin dijakov, ki se vpisujejo na naravoslovne študije (Klemenčič, 2014).

Na naravoslovnem področju, še posebej v času podnebne krize, opazamo nujno po inovaciji v slovenskem šolskem sistemu, da bi vzgajali proaktivne posameznike, ki bodo razumeli kompleksnost svojega okolja. Treba je najti priložnosti za izvenkurikularne, inovativne in fleksibilne učne metode, ki podpirajo kurikularne vsebine in dijake pripravljajo na proaktivno delovanje v družbi (Johnson, 2020; Musek Lešnik, 2013).

Za uspešno integracijo ekosocialnega izobraževanja je treba uporabiti raznolike pristope:

- interdisciplinarno učenje: uvedba tem, ki povezujejo različna področja znanja, kot so naravoslovje, družboslovje, ekonomija in umetnost (Béane, 1997).
- projektno učenje: reševanje realnih problemov in izzivov, ki spodbujajo inovativnost in ustvarjalnost (Thomas, 2000).
- sodelovalno učenje: delo v skupinah za razvijanje veščin sodelovanja (Johnson in Johnson, 1999).
- okoljske aktivnosti: vključevanje aktivnosti na prostem in povezovanje s skupnostjo za spodbujanje ekološke zavesti (Louv, 2005).

V slovenskem srednjem splošnem izobraževanju razlikujemo med programi splošne in strokovne gimnazije; vsem je skupen poudarek na splošnem znanju, kritičnem mišljenju, humanistični in naravoslovni pismenosti ter metodološkem in konceptualnem pristopu (Ginnis, 2004; Marentič Požarnik, 2000). Širina splošne izobrazbe nudi široke možnosti za nadaljnji študij, vendar opazamo pomanjkanje praktičnih izkušenj in laboratorijskih veščin dijakov, ki se vpisujejo na naravoslovne študije (Klemenčič, 2014).

Biotehnologija je izbirni predmet tehniških gimnazij v Sloveniji. Predmet je nastal na podlagi izkušenj, ki so jih na šoli pridobili z izbirnim predmetom osnove biotehnologije in znanj s področja živilstva, veterine ter kmetijstva (Sluga idr., 2011). Oblikovanju učnega načrta je botroval vedno hitrejši razvoj biotehnologije doma in po svetu. Temeljni namen biotehnologije je industrijsko izkoriščanje biokultur za pridobivanje različnih biotehnoloških produktov, ki se uporabljajo v industriji živil in pijač, farmacevtski industriji, medicini in veterini, agronomiji, kemični industriji, energetiki, živilnoredi ter ekologiji (Sluga idr., 2011).

Značilnosti predmeta biotehnologija so:

- tesne medpredmetne povezave, saj je biotehnologija že po definiciji interdisciplinarna veda (Smith, 2013);

- povezanost učnih tem in ciljev s predmetom laboratorijske vaje, ki podpira predmet biotehnologija; laboratorijske vaje omogočajo dijakom nazoren pouk in lažje razumevanje ter pridobivanje praktičnih veščin, ki jih potrebujejo pri izvajanju projektnega ali raziskovalnega dela (Sluga idr., 2011);
- projektno delo je samostojno delo dijaka, ki pri reševanju problema uporablja interdisciplinaren pristop (Smith, 2013).

Raziskovalni problem in namen raziskovanja

V prispevku se osredotočamo na iskanje priložnosti interdisciplinarnega in medinstitucionalnega povezovanja za razvijanje veščin ter kompetenc prihodnosti v srednjem splošnem izobraževanju v Sloveniji, z namenom vzgajati in opolnomočiti generacije proaktivnih posameznikov, ki bodo razumeli kompleksnost in celostno razumevanje svojega družbenega ter naravnega okolja.

Cilji raziskave

1. *Spodbujanje interdisciplinarnega sodelovanja in integracije med različnimi izobraževalnimi institucijami.* Projektno in raziskovalno delo dijakov spodbuja sodelovanje med srednjimi šolami ter visokošolskimi ustanovami, kot so Biotehniški izobraževalni center (BIC) Ljubljana, Gimnazija in veterinarska šola, in znanstvenimi ustanovami, kot je npr. Institut Jožef Stefan. To sodelovanje dijakom omogoča dostop do naprednih laboratorijev, mentorjev in raziskovalnih orodij, kar jim omogoča izvajanje raziskav na področjih, ki presegajo standardni srednješolski kurikulum.
2. *Razvijanje raziskovalnih in laboratorijskih veščin dijakov skozi praktično delo ter uporabo sodobnih znanstvenih metod.* Projekti, kot so raziskovanje vpliva dipeptidnih ponovitev gena C9orf72 na celične procese, raziskovanje citotoksičnih in genotoksičnih vplivov glifosata ter raziskovanje pektinske mikrosfere inkapsuliranega eteričnega olja citrusov, dijakom omogočajo pridobivanje izkušenj z naprednimi raziskovalnimi tehnikami, kot so celične metode, biokemijske analize in mikroskopija. S tem dijaki razvijajo svoje laboratorijske veščine, kritično mišljenje in sposobnost interpretacije rezultatov.

Metodologija

Raziskava je bila zasnovana z namenom razvoja inovativnih učnih metod, ki spodbujajo trajno in izkušensko pridobivanje znanja ter razvoj sodobnih

kompetenc med dijaki, s poudarkom na interdisciplinarnem in medinstitucionalnem povezovanju. Kot prvi korak smo izvedli pregled obstoječe literature, ki obravnava izobraževalne sisteme, ekosocialno izobraževanje ter inovativne učne metode. Na podlagi literature smo pri predmetu biotehnologija za dijake BIC Ljubljana, Gimnazije in veterinarske šole zasnovali tri projektne naloge. Projektno nalogo sta izvedla dva dijaka pod mentorstvom učitelja Gimnazije in veterinarske šole ter t. i. zunanjega mentorja iz zunanje institucije. Dijaki so bili namreč na podlagi izraženih lastnih interesov napoteni na institucije k delovnim mentorjem. Glede na razpoložljivost v zunanji instituciji so dijaki, zunanji mentor in šolski mentor določili konkretno tematiko raziskovanja ter s tem tudi laboratorijskega dela. Dijaka, ki sta izvajala konkreten projekt, sta bila tako kar se da vpeta v raziskovalno in delovno okolje institucije. Laboratorijski ali terenski del so tako dijaki v celoti opravili pod okriljem zunanje institucije in delovnega mentorja. Ves čas je potekalo sodelovanje med šolskim mentorjem in dijakoma, prav tako pa med šolskim in delovnim mentorjem.

Rezultati in razprava

Medinstitucionalno povezovanje v projektni in raziskovalni dejavnosti dijakov

V nadaljevanju bomo predstavili primere treh maturitetnih projektnih nalog.

Vpliv dipeptidnih ponovitev gena C9orf72 na celične procese

Dijakinja BIC Ljubljana, Gimnazije in veterinarske šole je celotno laboratorijsko delo opravljala na Institutu Jožef Stefan, kjer je pod mentorstvom dr. Janje Božič in dr. Borisa Roglja pripravila nalogo z naslovom *Vpliv dipeptidnih ponovitev gena C9orf72 na celične procese* (Vodenik idr., 2020).

V zadnjih desetletjih je zaradi staranja prebivalstva vedno več različnih nevrodegenerativnih bolezni, zato je na to temo vedno več raziskav, ki bi omogočile razvoj zdravil. Do danes še vedno niso poznani vsi mehanizmi, ki povzročajo nastanek nevrodegenerativnih bolezni, zato zdravljenje ni vedno poznano in možno; obstajajo terapije, ki zavirajo napredovanje degeneracije, ne pa tudi samega razvoja. Mehanizmi, razvoj bolezni in posledice se razlikujejo glede na dejavnike, ki posamezno bolezen sprožijo, pogosto pa se povezujejo z mutacijami v različnih proteinih. V nalogi smo se osredotočili na frontotemporalno demenco (druga najpogostejša oblika demence za Alzheimerjevo boleznijo) in amiotrofično lateralno sklerozo, obe povezujejo z mutacijo v genu C9orf72 oz. mutacijo ponovitve odseka GGGGCC, ta pa se prepisuje v pet različnih oblik proteinov z dipeptidnimi ponovitvami: GA, GR, GP, PA, PR.

S projektno nalogo smo poskušali ugotoviti, kakšen vpliv imajo te ponovitve na toksičnost v celici, ki lahko pripelje do avtofagije ali apoptoze, zaključiti pa se s celično smrtjo, ter ali imajo katere izmed ponovitev na delovanje večji vpliv kot druge.

Za pridobitev rezultatov smo uporabljali različne celične metode, transfekcijo in lizo HEK-293-celic, in biokemijske metode – merjenje koncentracije proteinov, poliakrilamidno gelsko elektroforezo, prenos po Westernu ter detekcijo vzorčnih proteinov z napravo za fluorescentno in kemoiluminiscenčno analizo. S pomočjo opisanih tehnik smo testirali postavljene hipoteze o vplivu dipeptidnih ponovitev C9orf72-gena na procese apoptoze in avtofagije v celicah. Zaradi dela na biološkem sistemu smo za verodostojnost rezultatov naredili tri biološke ponovitve vsakega eksperimenta.

Začeli smo z gojenjem trajne celične linije HEK-293 (človeške embrionalne ledvične celice). Celice so v osnovi rakave, kar jim daje sposobnost hitre delitve ter s tem omogoča neomejeno rast v gojišču. Celice za rast potrebujejo hranilni medij, dodajali smo jim DMEM (Dulbecco's Modified Eagle Medium), medij z visoko vsebnostjo glukoze. Celice rastejo pritrjene na površino. Za medij je značilna sprememba barve iz rdeče v rumeno; ko mu zmanjka hranilnih snovi in se mu zaradi izrabljenosti spremeni pH-vrednost, takrat je treba zamenjati gojišče. Pri menjavi gojišča ploščo s celicami rahlo nagnemo in s stekleno Pasteurjevo pipeto izsesamo izrabljeno gojišče, potem ga zamenjamo s primerno količino svežega gojišča in celice znova inkubiramo pri 37 °C in 5-odstotnem CO₂. Pri vseh celičnih metodah je pomembna sterilnost, zato vse postopke izvajamo v brezprašni komori.

Po določeni inkubacijski dobi smo celice vzeli iz inkubatorja in jih opazovali s fluorescentnim mikroskopom. Ker so bili vsi naši proteini z dipeptidnimi ponovitvami, katerih DNK-zapis smo dali v celice, fluorescentno označeni, smo lahko spremljali uspešnost transfekcije poliGA-, poliGR-, poliGP-, poliPA-, poliPR-vzorcev ter kontrole le-teh (tu smo celice transfecirali samo z zelenim fluorescirajočim proteinom). Preverili smo izražanje proteinov in njihovo lokalizacijo v celicah. Da bi potrdili pravilno lokacijo proteinov v celicah, je treba vedeti, kje se tipično nahajajo:

- K – transfecirali smo samo zeleni fluorescentni protein (GFP), ki se izraža disperzno po celotni celici;
- GA-protein je agregiran v citoplazmi celic in je toksičen, zato spremeni obliko celic, ki ga proizvajajo;
- GR-protein se nahaja v velikih agregatih v citoplazmi ali pa disperzno v citoplazmi;

- PR-agregiran protein se nahaja v jedrcih znotraj jedra;
- GP-protein se nahaja disperzno po celotni celici;
- PA-protein se nahaja povsod v celični citoplazmi, ni pa prisoten v jedru.

Kljub začetnemu prepričanju, da bodo ponovitve GA, GR in PR najbolj toksične ter da bo ta citotoksičnost sprožila apoptozo kot posledico agregatov teh proteinov zaradi lastnosti proteinov, smo hipotezo glede na zbrane rezultate ovrgli. Pri proteinu PARP1 namreč nismo zaznali cepljene oblike niti pri ponovitvah GA, GR in PR niti pri ostalih ponovitvah. Pri proteinu LC3 smo zaznali nekoliko višje razmerje med cepljeno in necepljeno obliko pri vseh vzorcih, vendar je razlika signifikantna le pri GA-vzorcu. Tako lahko sklepamo, da le poliGA vpliva na povečanje avtofagije. Zanimala nas je predvsem avtofagija kot posledica napačnega zvijanja in agregacije proteinov, saj je znano, da nekateri DPR-proteini povzročijo nastajanje agregatov. Predvidevali smo, da bodo DPR-proteini, ki agregirajo (GA, GR, PR), bolj toksični za celice oz. bodo bolj sprožili delovanje avtofagije, saj bi celica s pomočjo avtofagije želela te agregate razgraditi. PoliGA naredi morfološko največje skupke (agregate), kar smo na mikroskopskih slikah pokazali tudi mi, poleg tega smo pod vidno svetlobo opazili več celic, ki so izgubile svojo morfološko obliko in postale okrogle. Obe spremembi kažeta na to, da se v celicah nekaj dogaja. Avtofagijo smo spremljali s pomočjo prenosa po Westernu in imunodetekcije proteina LC3, ki je značilen pokazatelj avtofagije. Pri proteinu LC3 pa smo določali razmerje med necepljeno (LC3I) in cepljeno (LC3II) obliko. Če se to razmerje poveša, pomeni, da je več cepljene oblike LC3, kar kaže na to, da so v celici povečani procesi avtofagije. Po izračunu razmerja med LC3I in LC3II, ki smo ga dobili iz intenzitet lis na membrani, smo pokazali, da poliGA-protein v primerjavi s kontrolo raven avtofagije poveša za enkrat. Prav tako smo zaznali rahlo povišanje avtofagije pri ostalih DPR-proteinih, vendar je bilo to povečanje le nekajodstotno.

Glede na literaturo smo takšne rezultate tudi pričakovali, saj GA tvori največje agregate, ki se jih celica želi čim prej znebiti. Večjo spremembo smo pričakovali tudi pri vzorcih GR in PR, saj tudi ta dva proteina tvorita agregate, vendar pomembnejšega povišanja pri njiju nismo zaznali. Pri proteinu PARP1 smo pričakovali, da bomo videli njegovo cepljeno obliko, ki je prisotna pri celicah, v katerih se dogaja proces apoptoze. Cepljene oblike pri vzorcih nismo zaznali, zato lahko trdimo, da izražanje DPR-jev ne povzroča apoptoze. Eno od cepljenih oblik PARP1 smo zaznali pri GP-vzorcu, vendar smo to proteinsko liso prav tako zaznali po nanosu protiteles proti GP (proteinska lisa za 125 ponovitev GP namreč ustreza enaki velikosti, kot smo jo zaznali), kar nam

pove, da imajo protitelesa proti PARP1 reaktivnost tudi proti temu proteinu.

Glede na to, da smo izvedli le tri biološke ponovitve, je število rezultatov, na podlagi katerih smo sklepali, relativno majhno, saj gre za precej obširno temo. Potrebovali bi več enakih oz. podobnih rezultatov, da bi ta spoznanja lahko posplošili na avtofagijo in apoptozo, njuno delovanje in povezavo z DPR-sprožitelji ter celo nevrodegenerativnimi mehanizmi, povezanimi z mutacijami v genu C9orf72.

Kljub temu je naloga zagotovila rezultate v zvezi s temo, ki še ni dobro raziskana, dognanja in hipoteze pa niso z gotovostjo potrjeni ali ovrženi, torej lahko svoje rezultate primerjamo le s splošno znanim ter strokovnim gradivom, ki temelji na podobnih, a pogostejše izvajanih raziskavah. Naši rezultati so kljub majhnemu številu ponovitev pomemben prispevek k osvetljevanju področja vpliva dipeptidnih ponovitev na celične procese in njihove posledice.

Naloga, izvedena v sodelovanju z vrhunskim raziskovalnim inštitutom, dijakom omogoča dostop do najsodobnejših laboratorijskih metod in tehnologij, kot so transfekcija celic, poliakrilamidna gelska elektroforeza in analiza proteinov s fluorescentnimi metodami. Takšna izkušnja ni le nadgradnja tradicionalnega šolskega učenja, temveč dijakom omogoča, da postanejo aktivni udeleženci v resničnem znanstvenem raziskovanju, kar je na tej stopnji izobraževanja redko dosegljivo. Ena izmed ključnih prednosti takšnega pristopa je neposredno povezovanje teoretičnega znanja z njegovo aplikacijo v laboratorijskem okolju. Dijaki pridobijo poglobljeno razumevanje, kako se molekularni procesi, ki jih preučujejo v učilnici, manifestirajo v resničnih eksperimentalnih pogojih. Ta integracija teoretičnih in praktičnih znanj je osrednjega pomena za razvoj celovitih kompetenc, ki bodo dijakom koristile tako v nadaljnjem izobraževanju kot tudi v morebitni znanstveni karieri. Tak pristop jim omogoča, da razvijajo kritično mišljenje in vzpostavijo neodvisnost v raziskovanju. Z neposrednim sodelovanjem v raziskavah, ki še niso popolnoma dokončane, in s soočanjem z izzivi, kot je interpretacija kompleksnih biokemijskih rezultatov, dijaki pridobivajo dragocene izkušnje, ki jih usposablja za samostojno znanstveno delo. Takšne izkušnje so redke in izjemno dragocene za njihov nadaljnji akademski razvoj.

Citotoksični in genotoksični vplivi glifosata

Dijaka BIC Ljubljana, Gimnazije in veterinarske šole sta svoje delo z naslovom *Citotoksični in genotoksični vplivi glifosata* (Koc idr., 2020) opravljala v zasebnem citološkem laboratoriju g. Petra Firbasa.

Na ravni Evropske unije in Slovenije pogosto izvajajo raziskave ter razpra-

vljajo o potencialnih škodljivih učinkih herbicidov na človeka. Leta 2017 je bila na Evropsko komisijo naslovljena celo državljanska pobuda z naslovom »Stop glifosatu«. Pobudo je podpisalo več kot milijon državljanov iz vsaj sedmih držav članic (Uprava Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, b. l.). Uporaba glifosata je razširjena tudi v Sloveniji. Fito-farmaceutskim sredstvom, ki vsebujejo glifosat, smo lahko izpostavljeni kot potrošniki, npr. ostankom v hrani in pitni vodi, ter kot uporabniki, delavci, prebivalci v bližini škropljenih površin (Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2019).

Glifosat je danes zelo aktualna tema, zato smo se odločili, da bo ta snov predmet naše raziskovalne naloge. V njej smo se osredotočili na citotoksične in genotoksične vplive glifosata na čebulo.

V stojala za epruvete smo postavili 36 epruvet in jih v skupinah po šest do vrha napolnili z različnimi koncentracijami glifosata s posamičnimi vzorci (od 1000 ppm do 0,01 ppm). Za vsako koncentracijo smo uporabili pet testnih rastlin. Na vrh vsake epruvete smo postavili čebulico tako, da se je primordialni obroček dotikal vzorca. Stojala z epruvetami smo pustili na svetlem mestu pri sobni temperaturi za 72 ur. V tem času so na rastlinah pognale koreninice. Po 72 urah smo rast koreninic prekinili in opravi splošni fitotoksični test *Allium*. Sledila je priprava mikroskopskega preparata za izvedbo anafazno-telofaznega testa ter splošnega fitotoksičnega testa *Allium*. Pripravljene preparate smo opazovali pod mikroskopom. Na vsakem preparatu smo pregledali po 1000 celic. Določali smo število celic v mitozni in število celic z vidnimi napakami v procesu celične delitve. Zapisali in fotografirali smo tudi vse mo-tnje v poteku celične delitve, ki smo jih opazili. Ta postopek smo ponovili še z ostalimi petimi koncentracijami.

V projektni nalogi smo obravnavali citotoksične in genotoksične vplive glifosata na celice navadne čebule. Izvedli smo splošni fitotoksični test *Allium* in anafazno-telofazni test na šestih različno koncentriranih vzorcih glifosata. Izračunali smo povprečno dolžino korenin, mitozni indeks in raven genotoksičnosti.

Potrdili smo v nalogi zastavljene hipoteze, da povprečna dolžina korenin narašča s padanjem koncentracije glifosata, da mitozni indeks skozi vseh šest koncentracij linearno narašča in da bo raven genotoksičnosti padala s padanjem koncentracije glifosata. Razen pri prvih dveh koncentracijah, pri katerih ravni genotoksičnosti ni bilo mogoče določiti, je trend spreminjanja ravni sledil našim predvidevanjem.

Naloga je dijakoma omogočila, da se pod mentorstvom strokovnjaka iz zasebnega citološkega laboratorija poglobita v napredne eksperimentalne

tehnike, kot sta mikroskopija in kvantitativna analiza celičnih procesov. S tem sta pridobila izkušnje, ki bistveno nadgrajujejo običajne šolske metode, in se seznanila z znanstveno metodologijo na višji ravni. Raziskovanje se osredotoča na glifosat, ki je trenutno ena kontroverznejših kemikalij v kmetijstvu. Povečana javna zavest o njegovih potencialno škodljivih učinkih na zdravje in okolje ter mednarodne razprave o njegovi regulaciji poudarjajo družbeno pomembnost te raziskave. Z vključitvijo teme glifosata in njegovih vplivov na okolje ter zdravje ljudi v raziskovalno nalogo se spodbuja ekosocialno izobraževanje, ki dijakom omogoča, da razvijajo zavest o vplivu znanosti in tehnologije na družbo ter okolje.

Pektinske mikrosfere inkapsuliranega eteričnega olja citrusov

Na BIC Ljubljana, Gimnaziji in veterinarski šoli sta dijakinji v sodelovanju s Pedagoško fakulteto Univerze v Ljubljani in asistentom dr. Miho Slapničarjem opravili projektno maturitetno delo *Pektinske mikrosfere inkapsuliranega eteričnega olja citrusov* (Okorn idr., 2020).

Postavili smo dve raziskovalni nalogi: izpopolniti metodo optimizacije mikrokapsuliranja eteričnega olja s pektinom ter načrtovati in izvesti eksperimentalno delavnico, katere namen je izboljšati teoretično in praktično znanje dijakov tretjega letnika Gimnazije in veterinarske šole.

Vzorec raziskave, vezan na prvo raziskovalno vprašanje, so predstavljali olupki citrusov (limon), destilirana voda in pufer pH 2, hidrolat izoliranega eteričnega olja, izoliran pektin in kalcijev glukonat (E578). Vzorec drugega raziskovalnega vprašanja je predstavljalo 70 dijakov (58 dijakinj in 12 dijakov) tretjega letnika BIC Ljubljana, Gimnazije in veterinarske šole, smer veterinarski tehnik, starih med 17 in 18 let. Eksperimentalni del (prvo raziskovalno vprašanje) je potekal v laboratorijih Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani od novembra 2019 do februarja 2020.

Izolacijo pektina, ki je sorazmerno preprost eksperimentalni postopek, izvedemo v dveh korakih: (1) zmes olupkov (lupine) citrusov, destilirane vode in limoninega soka segrevamo v bučki nad gorilnikom 75 minut; (2) zmes po segrevanju precedimo in dobljenemu filtratu dodamo 96-odstotno raztopino etanola, ki povzroči obarjanje pektina. Eterično olje citrusov ekstrahiramo iz njihovih olupkov z eksperimentalnim postopkom parne destilacije. Ker so hlapna eterična olja dolgoročno slabše obstojna, jih je treba shraniti v oblike, v katerih dlje časa obstanejo nespremenjena. Eden izmed načinov shranjevanja je mikrokapsulacija, pri kateri zelo drobne kapljice, trdne delce ali zračne mehurčke obdamo s kontinuiranim slojem polimera, lipida ali drugih ustreznih snovi. Nastale mikrokapsule so lahko različnih nepravilnih oblik; delimo

jih na enojedrne, večjedrne in ogrodne. Pri ogrodnih sta (npr. v pektinu inkapsulirano eterično olje citrusov) tekoča inkapsulirana snov in ogrodni material enakomerno razporejena po celotni prostornini delca – takšne mikrokapsule imenujemo tudi mikrosfere.

Eksperimentirali smo v dveh različicah:

1. Mikrokapsule smo po njihovi izdelavi na magnetnem mešalu precedili in predstavili v raztopino 96-odstotnega etanola, da so se dlje časa obdržale. Viskoznost raztopine tekočega jedra prve skupine je bila podobna viskoznosti tekočega medu in smo jo z lahkoto nakapali v drugo raztopino. Izdelane mikrokapsule so bile mehke, majhne in zelo svetle oz. skoraj prozorne. V etanolu so se mikrokapsule deloma raztopile.
2. Mikrokapsule smo po izdelavi na magnetnem mešalu precedili in predstavili v raztopino 96-odstotnega etanola, da so se dlje časa obdržale. Tekoče jedro druge skupine je bilo precej bolj viskozno kot tekoče jedro prve skupine. Izdelane mikrokapsule so bile na cedilu trdne, lahko smo jih prijeli v roke, ne da bi se razdrle. Mikrokapsule s tekočim in viskoznim jedrom so bile bele barve ter večje kot pri prvi skupini. V etanolu se niso raztopile in so ostale trdne še tedne po izdelavi.

Raziskavo, vezano na drugo raziskovalno vprašanje, smo izvedli na BIC Ljubljana, Gimnaziji in veterinarski šoli v šestih eksperimentalnih delavnicah z dijaki tretjega letnika programa veterinarski tehnik. Delavnica je trajala 90 minut.

Potek delavnice:

- Dijaki so en teden pred delavnico pri pouku rešili predtest.
- Pred delavnico jim je vodja delavnice predstavil teoretična izhodišča s PowerPoint-predstavitvijo.
- Dijake smo razdelili v pet skupin po tri.
- Ena skupina dijakov je izvedla pridobivanje eteričnega olja; tri skupine dijakov so medtem mikrokapsulirale z že vnaprej pripravljenim hidrolatom; preostala skupina pa je z že vnaprej pripravljenim hidrolatom izvajala dokazne reakcije: dokazno reakcijo nenasičenosti limonena, dokazno reakcijo za prisotnost karbonilne skupine (prisotnost aldehydov), dokazno reakcijo za prisotnost hidroksilne skupine (prisotnost alkoholov).
- Po končani delavnici so dijaki pospravili za seboj in rešili potest.

Instrument raziskave je bil preizkus znanja iz desetih štiridelnih nalog izbir-

nega tipa z enim pravilnim odgovorom. Preverjali smo znanje o vsebinah zelene kemije, mikrokapsulacije, izolacije pektina in destilacije eteričnega olja. Naloge so bile zastavljene na različnih kognitivnih stopnjah po Bloomu.

Rezultati drugega raziskovalnega vprašanja (primerjava skupnega števila doseženih točk za posamezno vprašanje na pred- in potestu): iz rezultatov predtesta lahko razberemo, da so dijaki najslabše rešili vprašanje (le 10 % pravih odgovorov), ki je zahtevalo izbiro definicije za eterično olje. Nasprotno situacijo (pravilnost odgovorov) lahko opazimo pri vprašanju, ki je preverjalo razumevanje pojma obarjanje. Dijaki so na pred- in potestu najboljše reševali vprašanje (91,4 % pravih odgovorov), ki je na drugi kognitivni stopnji po Bloomu preverjalo razumevanje eksperimentalnega postopka destilacije ter fizikalnih lastnosti čistih snovi, na podlagi katerih potekata ločevanje in čiščenje homogene zmesi. Sklepamo, da so dijaki vsebino drugega vprašanja dobro poznali že pred izvedbo eksperimentalne delavnice. Dijaki so po eksperimentalni delavnici na potestu v skupnem seštevku točk dosegli 59,9 % (na predtestu 35,3 %), iz česar sklepamo, da je izvedba eksperimentalne delavnice zvišala raven usvojenega znanja iz prej omenjenih specifičnih vsebinskih sklopov za 24,6 %. Največja razlika v pravilnosti odgovorov pred in po eksperimentalni delavnici znaša 51,4 % pri vprašanju, ki se nanaša na izbiro laboratorijskega postopka, ki bi ga dijaki lahko uporabili, da bi iz lupine citrusov pridobili največ najbolj zastopane spojine, predstavljene v tortnem diagramu.

Izkazalo se je, da je dijakinja, ki je bila sicer že bolj motivirana za delo, pokazala večje zanimanje za dodatno delo. Po tednu dni je druga dijakinja sporočila, da je s svojim delom zadovoljna ter da dela ne bo nadaljevala, medtem ko je prva skrbno načrtovala svoje šolske in obšolske obveznosti tako, da je lahko nadaljevala z delom.

Inovativna strategija povezovanja dijakov biotehniške gimnazije z raziskovalnimi institucijami, kot je Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani, je temeljila na združevanju teoretičnega in praktičnega znanja ter vplivala na razvoj njihovih laboratorijskih veščin in poglobljeno razumevanje kemijskih procesov ter inovativnih pristopov v znanosti, kar odraža uspešno implementacijo strategije povezovanja izobraževalnih in raziskovalnih institucij. Projekt je bil uspešno nadgrajen s pripravo strokovnega prispevka, ki je bil objavljen v reviji *Kemija v šoli in družbi*, kar je dijakinji dodatno motiviralo za nadaljnje raziskovalno delo. Ta integrirani pristop je pokazal, da sodelovanje med šolami in raziskovalnimi institucijami pomembno prispeva k razvoju sodobnih kompetenc dijakov, kar je ključno za njihov nadaljnji akademski in poklicni razvoj ter za trajnostni napredek v družbi.

Aplikacija

Predstavili bomo strategijo inovacij, ki jo želimo uvesti v biotehniško gimnazijo Strokovnega izobraževalnega centra (SIC) Alme M. Karlin, s ciljem, da že v nižjih razredih opolnomočimo dijake za proaktivno delovanje v lastnem okolju in širše. Vzgojo in izobraževanje želimo obogatiti s problemskim učenjem dijakov, ki jih bomo aktivno vključili v delovno okolje: v gospodarstvo, negospodarstvo in neprofitni sektor v regionalnem okolju. Poleg pridobivanja praktičnih izkušenj, znanj in kompetenc, tako v kurikularnem kot izvenkurikularnem kontekstu, je medinstitucionalno povezovanje namenjeno tudi krepitvi sodelovanja, povezovanja ter prenosu znanja med šolskim sistemom in delovnim okoljem.

Inovacija predmeta laboratorijske vaje v povezavi z drugimi oblikami vzgojno-izobraževalnega dela

Deklarativno znanje podaja odgovor na vprašanje »kaj« in se pojavlja v obliki dejstev, pojmov, trditev ter shem. Proceduralno znanje odgovarja na vprašanje »kako« in se kaže v izvajanju neke aktivnosti. Znanje o okoliščinah ali strateško znanje nudi odgovor na »kdaj in zakaj« ter se kaže v uporabi postopkov in strategij glede na situacijo, pri čemer potrebujemo tako deklarativno kot proceduralno znanje. Proceduralno znanje, povezano z metakognicijo, se nanaša na posameznikovo sposobnost refleksije, razumevanja in uravnavanja lastnega učenja ter analiziranja, načrtovanja in poznavanja samoiniciativnega delovanja v prihodnje (Pečjak in Košir, 2003).

Pri predmetu laboratorijske vaje bomo že dijake drugega letnika biotehniške gimnazije SIC Alme M. Karlin usmerili v trajnejše in izkušnjsko pridobivanje znanja, razvoj veščin ter sodobnih kompetenc EntreComp. Dijake bomo povezali z ustanovami, kot so Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, podjetje Balmar, Inkubator Savinjske regije, pivovarna Clef Brewery, Čistilna naprava Celje idr., odvisno od možnosti sodelovanja v posameznem letu. Želimo, da bodo dijaki opravili terensko in laboratorijsko delo, ki ga skupaj s profesorji, z laboranti in ostalim osebjem načrtujemo ter oblikujemo v raziskovalno delo predmeta laboratorijske vaje. Dijaki se bodo pri biotehnologiji in laboratorijskih vajah natančneje seznanili s povezanostjo biotehnologije z družbo ter obravnavali etične, ekonomske in pravne vidike znanosti. Pomembno je, da se dijaki zavedajo tesne povezanosti med znanostjo, tehnologijo in družbo na ekonomskem, kulturnem, moralnem, pravnem ter političnem področju, zato je še posebej pomembno, da jih opolnomočimo s sodobnimi kompetencami, kot so odkrivanje priložnosti, etično in trajnostno razmišljanje, ustvarjalnost, samozavedanje in samozadostnost, motiva-

cija in vztrajnost, aktiviranje virov, aktiviranje drugih, prevzemanje pobude, obvladovanje negotovosti, dvoumnosti in tveganj, sodelovanje idr. (Bacigalupo idr., 2016).

Končni produkt predmeta laboratorijske vaje je raziskovalno delo, katerega del sta tudi kratka samostojna praksa v laboratoriju, lahko zunanjem, in zagovor. Dijaki bodo usmerjeni skozi proces znanstvenega raziskovanja, spodbujeni h kritičnemu mišljenju in k interpretaciji rezultatov ter uporabi izsledkov v nadaljevanju šolanja; bodisi kot osnova nadaljnjega raziskovalnega dela bodisi kot podjetnostna priložnost. Pomembno je, da jih šola nauči strategij iskanja, izbiranja, organiziranja in vrednotenja informacij, pomembnih za razumevanje in reševanje problemov. Šola naj torej mlade usposobi za vseživljenjsko učenje, kar pomeni, da jih skuša opremiti s samoregulacijskimi spretnostmi, ki jim bodo omogočale stalno izpopolnjevanje znanja in uspešno delovanje v svetu nenehnih sprememb (Marentič Požarnik, 2000). Menimo, da je to še posebej pomembno v času podnebne krize, ki se zajeda v mnogo področij gospodarstva in znanosti.

Dodatno poudarjamo, da je v kontekstu trajnostnega razvoja izjemnega pomena, da mlade generacije razvijejo ozaveščenost o okoljskih izzivih ter sprejmejo odgovornost za trajnostno prihodnost našega planeta. V tej luči je ključno, da vključimo tudi sodobne pristope k okoljski vzgoji in trajnostnemu razvoju v kurikulum predmeta.

Sklepi

V tej raziskavi smo razvili in uspešno implementirali strategijo za povezovanje dijakov biotehniške gimnazije s specializiranimi laboratoriji, kar je omogočilo učinkovito medinstitucionalno sodelovanje. Naša strategija je bila oblikovana z namenom opolnomočenja mladih posameznikov za razumevanje kompleksnosti interdisciplinarnih naravoslovnih ved in njihove vloge v družbenem ter naravnem okolju. Uporabljene metode in rezultati potrjujejo, da povezovanje z raziskovalnimi institucijami ter integracija ekosocialnega izobraževanja v učni načrt pomembno prispevata k razvoju sodobnih kompetenc dijakov.

Povezovanje dijakov z raziskovalnimi centri in s specializiranimi laboratoriji ni le razširilo njihovih laboratorijskih veščin, temveč je tudi obogatilo njihovo znanje iz biologije, kemije, fizike, mikrobiologije in biotehnologije. Ta praksa ne samo da nadgrajuje obstoječe šolske metode, temveč tudi spodbuja aktivno vključenost dijakov, razvija pomembne socialne in informacijsko-komunikacijske veščine ter s krepitvijo empatičnih sposobnosti prispeva k razumevanju ekosocialnih izzivov.

Z uvedbo terenskega dela in naprednih laboratorijskih tehnik smo omogočili, da so dijaki doživeli demonstracijo neposredne povezave med teoretičnim znanjem in njegovo praktično uporabo v realnem svetu. Ta pristop spodbuja medsebojno učenje, sodelovanje in razvijanje kritičnega mišljenja, kar je ključnega pomena za pripravo na prihodnje poklicne in akademske izzive. Povezovanje z zunanjimi institucijami je tudi prispevalo k razumevanju inovativnih pristopov v naravoslovnem raziskovanju ter trajnostnega razvoja.

Naša raziskava nakazuje, da integracija medinstitucionalnih povezav in ekosocialnega izobraževanja pozitivno vpliva na celostno izobraževalno izkušnjo dijakov. Ta pristop ne le da krepi njihovo znanje in veščine, ampak tudi omogoča razvoj ključnih kompetenc za prihodnost. Pomembno je, da izobraževalni procesi ostajajo prilagodljivi in relevantni za nenehne spremembe v znanstvenem ter družbenem okolju, kar je še posebej aktualno v kontekstu podnebnih sprememb in trajnostnega razvoja.

Uvajanje teh inovativnih metod in strateških pristopov ustvarja priložnosti za dijake, da postanejo samostojni raziskovalci in kritični misleci, sposobni povezovati in aplikativno uporabljati pridobljeno znanje. Ta razvoj je ključen za trajnostni napredek v družbi in okolju, saj omogoča pripravo na kompleksne izzive prihodnosti ter prispeva k celovitejšemu in učinkovitejšemu izobraževalnemu procesu.

Literatura

- Bacigalupo, M., Kampylis, P., Punie, Y., in Van den Brande, G. (2016). *EntreComp: The entrepreneurship competence framework*. Publication Office of the European Union.
- Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. Teachers College Press.
- Ginnis, J. (2004). *Učitelj – sam svoj mojster: kako vsakega učenca pripeljemo do uspeha* (I. Šubic Jeločnik in M. Makuc, prev.). Rokus.
- Johnson, L. (2020). *Innovative learning environments and teacher change: Challenges and strategies*. Routledge.
- Johnson, D. W., in Johnson, R. T. (1999). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning*. Allyn & Bacon.
- Klemenčič, M. (2014). *Izobraževalni sistemi in naravoslovje: analiza stanja in prihodnjih izzivov*. Znanstvena založba Filozofske fakultete.
- Koc, N., Gojkovič, F., Firbas, P., in Rizmal, D. (2020). *Citotoksični in genotoksični vplivi glifosata* [Projektna naloga]. Biotehniški izobraževalni center Ljubljana, Gimnazija in veterinarska šola.
- Louv, R. (2005). *Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder*. Algonquin Books.

- Marentič Požarnik, B. (2000). *Psihologija učenja in pouka*. DZS.
- Musek Lešnik, K. (B. I.). *Ali je normalno (in sprejemljivo), da v osnovni šoli tako zelo upade veselje učencev do znanja in do šole?* Ipsos. http://www.ipsos.si/VPR_Upad%20veselja%20do%20ucenja.html
- Nacionalni inštitut za javno zdravje. (2019, 31. maj). *Kaj je glifosat in kakšni so njegovi vplivi na zdravje?* <https://www.nijz.si/sl/kaj-je-glifosat-in-kakšni-so-njegovi-vplivi-na-zdravje>
- Okorn, T., Manfreda Golob, B., Slapničar, M., in Rizmal, D. (2020). *Pektinske mikrosfere inkapsuliranega eteričnega olja citrusov* [Projektna naloga]. Biotehniški izobraževalni center Ljubljana, Gimnazija in veterinarska šola.
- Pečjak, S., in Košir, K. (2003). Pojmovanje in uporaba učnih strategij pri samoregulacijskem učenju pri učencih osnovne šole. *Psihološka obzorja: revija za psihologijo in sorodne vede*, 12(4), 49–70.
- Sluga, P., Novak, T., in Kosi, R. (2011). *Razvoj učnih načrtov za biotehnologijo v srednjih šolah* [Interna dokumentacija]. Biotehniška fakulteta.
- Smith, M. (2013). *Interdisciplinarity and learning in secondary education: Theory and practice*. Springer.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of the research on project-based learning*. Autodesk Foundation.
- Uprava Republike Slovenije za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin. (B. I.). *Glifosat*. <https://www.gov.si/teme/glifosat/>
- Vodenik, J., Božič, J., Rogelj, B., in Rizmal, D. (2020). *Vpliv dipeptidnih ponovitev gena C9orf72 na celične procese* [Projektna naloga]. Biotehniški izobraževalni center Ljubljana, Gimnazija in veterinarska šola.

Through Inter-Institutional Cooperation, We Nurture Proactive Individuals and Enhance the Complexity and Understanding of Interdisciplinary Natural Sciences

In the biotechnical high school program, students are connected with specialized laboratories for the purpose of inter-institutional cooperation, through which proactive generations are educated and empowered. These individuals are enabled to understand the interdisciplinarity of natural sciences and their role in both social and natural environments. This learning process is experienced by students as an opportunity to acquire additional and up-to-date knowledge, to develop a broader spectrum of laboratory skills, and to gain modern competencies in natural sciences, technology, mathematics, environmental literacy, and digital literacy. Through this method of work, learning and work in school laboratories are enhanced. Data from the field is gathered by students, new laboratory techniques are introduced, participation in information retrieval from various sources is encouraged, and useful applications are selected, thereby actively enriching their knowledge in biology, chemistry, physics, mathematics, microbiology, and biotechnology. The purposeful use

of information and communication technology (ICT) is also strengthened, and social skills are developed. The change in the method of teaching stimulates their attention and curiosity, and the active involvement of students working in pairs enhances connection, collaboration, and mutual learning.

Keywords: inter-institutional cooperation, interdisciplinary teaching, biotechnology, laboratory skills