



Sveučilište u Rijeci
University of Rijeka
<http://www.uniri.hr>

Polytechnica: Journal of Technology Education, Volume 8, Number 1 (2024)
Politehnika: Časopis za tehnički odgoj i obrazovanje, Svezak 8, Broj 1 (2024)



Politehnika
Polytechnica
<https://politehnika.uniri.hr>
cte@uniri.hr

DOI: <https://doi.org/10.36978/cte.8.1.5>

Stručni članak
Professional paper
UDK: 37:62

Učenje temeljeno na projektima u nastavi tehničke kulture: projekt *Detektor opasnih plinova*

David Kraljić, Damir Purković

Sveučilište u Rijeci

Studij politehnike

Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka

dkraljic@student.uniri.hr, damir@uniri.hr

Sažetak

Razvoj gospodarstva i održivosti bilo koje zemlje duboko je povezan s progresom tehnologije i razvojem tehničkog obrazovanja. Tehničko i tehnološko znanje obiluje raznolikošću i karakterizira ga brza i nepredvidiva dinamika, što zahtijeva stalnu prilagodbu kako bi se ostvarili ciljevi odgoja i obrazovanja. Da bi ove izazove uspješno prevladali, suvremene obrazovne metode uključuju kontekstualni pristup koji promiče praktično učenje i primjenu znanja u kontekstu učenikova života i djelovanja. Jedna od iznimno učinkovitih strategija ovakvog pristupa je učenje temeljeno na projektima (PjBL), koje može imati ključnu ulogu u kurikulumu unutar kojega učenici razvijaju tehničke kompetencije. Ipak, unatoč brojnim prednostima, implementacija projektnog učenja može se suočiti s raznim izazovima koji često demotiviraju učitelje u implementaciji PjBL-a. Zbog toga je cilj ovog rada argumentirati važnost i značaj projektnog učenja, ali i ohrabriti učitelje i olakšati im implementaciju PjBL-a u vlastitoj nastavi. Rad stoga donosi pregled teorijske utemeljenosti i doprinosa učenja temeljenog na projektima razvoju tehničkih vještina učenika, posebice u kontekstu nastave Tehničke kulture. Pritom se analiziraju tehnološke promjene koje oblikuju kurikulum i obrazovne potrebe te se donosi konkretni primjer implementacije projekta namijenjenog učenicima osmog razreda osnovne škole. Svrha ovakvog učenja nije samo informiranje učenika, odnosno, stjecanje znanja, već poticanje njihove kreativnosti, sposobnosti praktičnog snalaženja i djelovanja u svijetu tehnike i tehnologije, te personalizirani razvoj svakog učenika u skladu s njegovim sposobnostima i sklonostima.

Ključne riječi: detektor opasnih plinova; PjBL; projektna nastava; tehnička kultura; učenje temeljeno na projektima.

1 Uvod

Tehničko (i tehnološko) područje nastave, osim što je sadržajno specifično u odnosu na ostala područja, vrlo je široko, često multidisciplinarno, ali se i dinamički mijenja u skladu s razvojem tehnologije i društva. Zbog toga tehničko-tehnološka znanja uvijek treba sagledavati i s prirodosnanstvene, društvene i

humanističke dimenzije (Rophol, 1997), zbog čega se teško mogu čvrsto „uokviriti“ isključivo u usku jezgru određene discipline. Pritom se tehnika (inženjerstvo) treba promatrati s četiri temeljna aspekta: intelektualni, djelatni, estetski i etički (Milat, 2002), što znači da razvoj, pa tako i spoznaja, uvijek kreće od neke stvaralačka ideje i poznavanja tehnologije, nastavlja se materijalizacijom te ideje, pri čemu sve što nastane ima doživljajni učinak, a djeluje i na

odnose među ljudima. Sve to se odražava na profesionalno djelovanje u tehnici i tehnologiji, ali i na odgoj i obrazovanje u ovom području. Drugim riječima, tehničko-tehnološka znanja manifestiraju se putem tehničkih objekata (tvorevina), putem aktivnosti s (i na) tvorevinama, znanja u užem smislu (strukturiranih „enciklopedijskih“ znanja), te voljnog (humanog) aspekta (Mitcham, 1994; Purković, 2018) bez kojega znanje ne egzistira niti je moguće ostvariti učenje.

Na takvim temeljima je zasnovan i predmetni kurikulum Tehničke kulture (NN 7/2019), kojim se želio napraviti iskorak u odnosu na dotadašnji sadržajno limitirani nastavni plan i program. Ipak, iskorak je teško napraviti ako za to nisu ostvarene i sve ostale pretpostavke, poput vremena, organizacijskih i materijalnih uvjeta, pa i učitelja koji će realizirati određenu nastavu. Naime, nastava tehničke kulture ima izuzetno važnu ulogu u osnovnoškolskom obrazovanju, jer omogućuje učenicima razumijevanje tehnike i tehnologije, razvoj praktičnih vještina te potiče njihovu kreativnost i inovativnost, zbog čega je značaj tehničke kulture bitno veći od onoga koji mu se u hrvatskom sustavu odgoja i obrazovanja pridaje. Tehničku kulturu ujedno obilježava i multidisciplinarnost koja predmetu daje epitet integriranog STEM učenja, kako je ono izorno definirano (NSTC, 2013). Iako potrebe svakog suvremenog društva već dugo naglašavaju važnost i nužnost intenziviranja znanstvenog i tehnološkog obrazovanja učenika (Milat, 1996; de Vries, 2009; Ardies i sur., 2013; Barlex, 2015; Purković i Bezjak, 2015; Purković, 2024), malo se toga promijenilo u stvarnom školskom kontekstu, a interes učenika za tehnička zanimanja i tehničke studije i nadalje opada. Unatoč tome, ova nastava je danas neizostavna komponenta kurikuluma osnovnoškolske nastave i može presudno utjecati na uspješnost učenikova budućeg profesionalnog obrazovanja i razvoja (Purković, 2015; 2022), što je osobito važno za razvoj gospodarstva i održivost društva (Purković i sur., 2022a; Purković, 2024). Pritom su kompetencije koje učenici stječu u tehničkom odgoju i obrazovanju važne za svaki posao današnjice (Milat, 1996; Kelley i Kellam, 2009; Purković, 2015). S obzirom na malu satnicu obvezne nastave Tehničke kulture te relativno skromnih mogućnosti za realizaciju izvannastavnih aktivnosti u području tehničke kulture, vrlo je upitno uspješno ostvarivanje ishoda učenja predviđenih kurikulumom. Naime, „rascjepkana“ realizacija ove nastave na niz tema i izoliranih praktičnih aktivnosti, što uglavnom prakticiraju učitelji, ne daje učenicima dovoljno vremena za prihvaćanje (asimilaciju) niti za

prilagođavanje (akomodaciju) u neko tehničko-tehnološko okruženje, što stoji u osnovi iskustvenog učenja (Kolb, 1984) kakvo je i ovo. Osim toga, izostanak učenicima smislenih aktivnosti i vremena za kreativno izražavanje, što stoji u temeljima kontekstualnog učenja (Purković, 2016; Purković i Bezjak, 2015) ne omogućuju učenicima vlastito ostvarivanje u ovom području, čime se drastično umanjuju šanse za razvoj njihova interesa za daljnje obrazovanje u području tehnike i tehnologije. U tom kontekstu je primjena suvremenih nastavnih strategija, koje naglašavaju interaktivnost, situacijsku smislenost, praktičnost, aktivno sudjelovanje učenika, te njihovu suodgovornost za vlastita postignuća, iznimno važna za cjeloviti razvoj učenika. Drugim riječima, tradicionalnim pristupom nastavi, koji danas prevladava, učenici mogu usvojiti određena znanja, pa i razviti određene kognitivne vještine, što uvelike ovisi o umješnosti učitelja, ali ne mogu ovladati kognitivnim mehanizmima za rješavanje problema, komunikacijskim i suradničkim vještinama (tzv. mekim vještinama), psihomotornim vještinama, usvojiti prihvatljive vrijednosti i stavove, te ne mogu razviti metakognitivne vještine potrebne za uspješno svladavanje brojnih izazova u budućnosti. U konačnici, istraživanja ukazuju na nužnost prilagodbe sadržaja i aktivnosti učenicima, odnosno, potrebu za više smislenih praktičnih, istraživačkih i integriranih aktivnosti, te više vremena za takve aktivnosti u osnovnoškolskom kurikulumu (Purković, 2022; Purković i sur., 2022b;). Jedna od strategija kojom se to može ostvariti, a koja se u tehničko-tehnološkom obrazovanju smatra ključnom komponentom (Frost, 2014), je učenje temeljeno na projektima - PjBL¹ (eng. *Project Based Learning*). Ova strategija podrazumijeva da se učenje ostvaruje realizacijom konkretnih projekata, koje su idejno osmislili učenici, čime se povezuje teorijsko znanje s praktičnom primjenom, odnosno, s kontekstom učenikova življenja i/ili budućeg djelovanja. Učenike se tako potiče da istražuju, analiziraju, planiraju, izrađuju i evaluiraju projekte, čime se razvija njihovo kritičko mišljenje, sposobnost timskog rada, komunikacijske vještine i samostalnost (Visković, 2016). Projektna nastava stavlja učenika-istraživača u središte nastavnoga procesa, pri čemu on razvija socijalne vještine timskoga rada koje dovode do aktivnoga učenja i dugotrajnog znanja (Rašić, 2022).

Istraživanja učinka projektnog učenja i nastave (učenja temeljenog na projektima) u pravilu pokazuju prednosti takvog učenja u odnosu na tradicionalno. Često se kao prednosti ističu veća motiviranost učenika, pozitivni stavovi prema vršnjacima, kvaliteta

¹ U literaturi se učenje temeljeno na projektima često navodi pod akronimom PBL (*Project Based Learning*). No zbog distinkcije u odnosu na učenje temeljeno na problemima, koje se također često navodi pod istim akronimom, u ovom članku je korišten akronim

PjBL, koji je korišten u prethodnim istraživanjima autora. Ipak, valja napomenuti da su neki autori predlagali i korištenje akronima PtBL (Bédard i sur., 2012), što uglavnom nije zaživjelo u znanstvenim krugovima.

znanja o sadržaju i razvoj vještina rada u skupini (Kaldi i sur., 2011). Pojedina istraživanja pokazuju da projektno učenje olakšava učenicima iskustveno zaključivanje i razumijevanje odnosa među sadržajima (Habok, 2015), ali i bolju međusobnu snošljivost, komunikaciju, te bolju suradnju u skupini (Bezjak, 2009). Uz to, određena istraživanja pokazuju da učenici koji inače imaju niža postignuća mogu stvoriti bolju „sliku o sebi“, odnosno, da ovakva nastava i učenje može pozitivno utjecati na njihovo samopouzdanje (Doppelt, 2003). Također se ističe veća spremnost učenika za samo-usmjereno učenje, odnosno, bolje upravljanje vlastitim učenjem kao ključnim sredstvom za postizanje rezultata (Stewart, 2007). Pritom nisu zanemariva ni istraživanja koja pokazuju da učenici znatno duže zadržavaju usvojeno znanje tijekom takvog učenja u odnosu na učenike u tradicionalnoj nastavi (Thomas, 2000). Dakle, projektno učenje se uglavnom pozitivno odražava na znanja, vještine rada u skupini, motivaciju, stavove prema drugima, te na zadržavanje (retenciju) usvojenog znanja (Kokotsaki i sur., 2016). Rezultati istraživanja pokazuju da postoje razlike u postignućima između tradicionalnog i projektno-zasnovanog pristupa nastavi na višim razinama inženjerskog obrazovanja. Tako studenti nakon projektnog učenja pokazuju veću angažiranost u odnosu na studente u tradicionalnoj nastavi, a pojedinci i iznimne rezultate koje ne mogu ostvariti u tradicionalnoj učionici (Purković i Prihoda Perišić, 2020). Dakle, ovaj pristup potiče samostalno razmišljanje, istraživanje, suradnju i osobni razvoj učenika te se smatra vrijednim doprinosom i nadgradnjom tradicionalnim metodama poučavanja. Kad je riječ o tehničkom obrazovanju ističe se važnost učenja temeljenog na projektima za poticanje motivacije i razumijevanja te se naglašava pozitivan utjecaj na konačna postignuća (Purković i Prihoda Perišić, 2020). Projektno učenje, kao cjeloviti proces, može tako doprinijeti razvoju generičkih kompetencija učenika (timski rad, komunikacija, rješavanje problema, inventivnost), ali i praktičnih tehničkih (inženjerskih) kompetencija (dizajniranje proizvoda, dokumentiranje, produciranje digitalnih materijala i sadržaja, rješavanje problema, primjena tehnologije i tehničkih sredstava) (Purković i Prihoda Perišić, 2020).

Primjena učenja temeljenog na projektima u nastavi tehničke kulture ima niz prednosti. Učenici se suočavaju s realnim problemima i izazovima, što potiče njihovu motivaciju za učenje. Kroz projekte se razvijaju vještine rješavanja problema i kreativnost jer se potiče pronalaženje inovativnih rješenja. Također, ovakav pristup omogućuje učenicima da traže rješenja problema, pritom uče i primjenjuju znanja i vještine u stvarnim situacijama, čime se povećava njihovo razumijevanje i zadržavanje informacija (Briševac i Purković, 2020). Stoga učenje temeljeno na

projektima potiče cjeloviti osobni rast i razvoj učenika, što znači da se učenik podjednako razvija u kognitivnom, psihomotornom i afektivnom području. Ova usmjerenost na učenika predstavlja ključnu razliku između tradicionalne i suvremene nastave, pri čemu učenje temeljeno na projektima ima ključnu ulogu. To ne znači da je tradicionalna uloga učitelja kao instruktora, predavača i izravnog poučavatelja manje važna, nego ona više nije dostatna ako želimo da nam društvo drži korak s vremenom.

Iako istraživanja ukazuju na brojne pozitivne rezultate projektnog učenja na postignuća učenika, postoje brojni problemi i poteškoće pri realizaciji u stvarnom školskom okruženju. Problemi implementacije nastaju uglavnom zbog fizičke organizacije škole, vremenskih ograničenja koja proizlaze iz stvarnih potreba učenika za učenjem, te zbog potreba učitelja za vremenskim strukturiranjem nastavnog procesa (Thomas, 2000; Briševac i Purković, 2020). U nastavi Tehničke kulture godišnji fond sati nastavnog predmeta od 35 sati godišnje je zasigurno najveća prepreka, zbog čega se projektno učenje češće realizira tijekom različitih izvannastavnih i izvanškolskih aktivnosti u području tehničke kulture. S obzirom na pedagošku vrijednost tehničke kulture (Milat, 1996), te na važnost u kontekstu održivosti i održivog razvoja (Purković i sur., 2022a), jasno je da je učenicima potrebno omogućiti znatno više projektnog učenja iz tehničkog područja nastave u osnovnoškolskom kurikulumu.

Unatoč prethodno navedenim polazištima, problem na koji se fokusira ovaj članak jest nedostatna i/ili neprimjerena implementacija *PjBL*-a u osnovnoškolskoj nastavi, pa tako i u nastavi tehničke kulture. Zbog toga je glavni cilj ovog rada potaknuti i ohrabriti učitelje za implementaciju učenja temeljenog na projektima u vlastitoj nastavnoj praksi. Razlozi za nedostatnu primjenu *PjBL*-a u nastavi tehničke kulture mogu biti različiti, od nerazumijevanja same strategije, preko straha od neuspjeha, premale satnice kojom je tehnička kultura zastupljena u osnovnoškolskom kurikulumu, pa do nedostatka podrške za realizaciju ovakve nastave. Malu satnicu nastave, koju učitelji tehničke kulture doživljavaju kao strah od gubitka radnog mjesta i egzistencijalnu ugrozu (Jelić i sur., 2023), učitelji i danas smatraju presudnim čimbenikom koji utječe na (ne)kvalitetu nastave tehničke kulture (Kovačević 2012; Purković 2015; Purković i Kovačević, 2017; Purković i sur., 2020; Jelić i sur., 2023). Osim toga, nastava tehničke kulture podrazumijeva niz specifičnosti, koje se prije svega očituju u orijentaciji na praktične aktivnosti učenika te učenje i poučavanje tehnike unutar realnoga, progresivnoga i dinamičkoga tehničkog konteksta zbog čega su učitelji tehničke kulture izloženi brojnim navedenim (i navedenim) izazovima (Kovačević i sur., 2022). Kao doprinos

rješavanju navedenog problema ovaj članak će dati uvid u određenja, teorijska polazišta, te kriterije koji *PjBL* razlikuju od bilo kakvog projekta. Nadalje će se dati uvid u planiranje, organizaciju i provedbu učenja temeljenog na projektima, kao i primjer planiranja i pripremanja takve nastave.

2 Učenje temeljeno na projektima

U potrazi za optimalnim načinima ostvarivanja ciljeva nastave, jedno od perspektivnih didaktičkih rješenja pronalazimo u konceptu projektnog pristupa, odnosno učenja temeljenog na projektima. Projektno učenje može se smatrati pristupom učenju i poučavanju koji se usredotočuje na učenike i temelji se na konstruktivističkim načelima. Ipak ono se često smatra i metodom, što u hrvatskoj pedagoškoj tradiciji to nije. S obzirom na kompleksnost, možda je najbolje, učenje temeljeno na projektima smatrati nastavnom strategijom. Naime, ono potiče aktivno sudjelovanje učenika, dijeljenje znanja i rješavanje stvarnih problema, a Blumenfeld i suradnici (2000) opisuju ga kao konstrukciju znanja kroz postavljanje pitanja, istraživanje, analizu informacija i donošenje zaključaka. Projektno učenje dijeli sličnosti s drugim pedagoškim pristupima, kao što je učenje temeljeno na problemima, ali i istraživačko učenje. Iako i ovi pristupi teže suradnji među sudionicima, projektno učenje se u tehničkom području nastave od problemskog ili istraživačkog učenja razlikuje ponajprije u tome što ima fokus na krajnjem proizvodu. S obzirom na to da je realizacija proizvoda u tehnici vrlo kompleksan proces, *PjBL* kao strategija integrira i istraživačke procese i rješavanje brojnih problema, a određena istraživanja pokazuju da *PjBL* ima veći utjecaj na učenike od problemskog učenja (Kan i Zeki Saka, 2021). Stoga *PjBL* ima prioritet u nastavi tehničkog područja. Ipak u području tehnike i tehnologije se ova dva pristupa često kombiniraju, pa se često govori o projektno organiziranoj nastavi temeljenoj na problemima (Kolmos i de Graff, 2014).

U hrvatskom jeziku, termin projekt nosi različita značenja, a u kontekstu obrazovanja se pojam odnosi na projekte koji se provode unutar školskog okruženja ili nastave s ciljem postizanja odgojno-obrazovnih ciljeva i ishoda učenja. Glavni akteri u ovom procesu su učenici i učitelji, a školski projekti mogu uključivati i druge članove školske zajednice poput osoblja, roditelja i lokalne zajednice. Za ovakve edukativne projekte često koristimo izraz nastavni projekt ili projekt u nastavi (Matijević i Radovanović, 2011). Matijević (2008) je dao određenje projekta koji se koristi u svrhu didaktičkih potreba kao "svaki zaokružen, cjelovit i složen pothvat čija se obilježja i cilj mogu definirati, a mora se ostvariti u određenom vremenu te zahtijeva koordinirane napore nekoliko ili

većeg broja ljudi, služba, ustanova i sl." (Matijević, 2008). Meyer (2002) projekt opisuje kao "zajednički napor nastavnika i učenika da povežu život, učenje i rad kako bi se društveno relevantan problem, povezan s interesima sudionika, procesno obrađivao i došao do rezultata koji ima praktičnu vrijednost. Pri tome se cilja na ravnotežu između kognitivnog i praktičnog aspekta." (Meyer, 2002). Ipak projekt može i ne mora imati poveznicu s procesom učenja i poučavanja zbog čega je važno napraviti razliku između bilo kakvog školskog projekta ili projekta škole i zajednice u odnosu na projektnu nastavu i učenje temeljeno na projektima (*PjBL*). Jednostavno rečeno, ključna razlika između ovih pojmova, koji se referiraju na pojam „projekt“, je u tome tko inicira, tko vodi i s kojim ciljem takvu aktivnost, te koja je uloga učitelja i učenika u toj aktivnosti. Prince i Felder (2006) navode da učenje temeljeno na projektu počinje zadatkom da se izvrši jedan ili više zadataka koji vode do proizvodnje konačnog proizvoda - dizajna, modela, uređaja ili računalne simulacije. Ipak, s obzirom na brojne inačice, modele i mnoge različite definicije *PjBL*-a, danas se ono više ne može definirati na razini konkretnog kurikulumu, već se treba definirati na apstraktnijoj razini, kao filozofija i skup principa učenja (Kolmos i de Graff, 2014).

Projektna nastava provodi se najčešće na inicijativu učitelja, s ciljevima nastave i ishodima učenja iz kurikulumu tako da omogućuje učenicima učenje temeljeno na projektu. To je istraživački usmjerena nastava koja potiče interdisciplinarno učenje i istraživanje, osjećaj zajedništva na relaciji nastavnik-učenik, suradničko učenje, komunikacijske vještine, te proaktivno djelovanje u zajednici (Zovko i Vukobratović, 2021). Pritom se potiče inicijativa učenika za istraživanje i samostalno učenje, učenje prema individualnim stilovima i sklonostima, kako bi učenici razvili vještine i sposobnosti u skladu sa svojim planovima (Briševac i Purković, 2020). U takvoj nastavi učitelj je „okvirni planer“, moderator, mentor, pomaže učenicima pri organizaciji, olakšava učenje, osigurava interakciju sa „stvarnim svijetom“, te usmjerava tijekom nastave kako bi se projektne aktivnosti završile uspješno i pravovremeno. Za razliku od projektne nastave i učenja, različiti projekti koje je osmislio netko u školi ili izvan škole, koji mogu biti korisni i za učenike, ne mogu se smatrati projektnom nastavom niti učenjem temeljenim na projektima. Razlog tome je izostanak ključne uloge učenika kao kreatora tog procesa, ali i izostanak fokusa na ishode učenja iz kurikulumu. Dakle, projektna nastava jest temeljito planirana i koncipirana nastava s ciljem ostvarivanja spoznaja putem istraživanja određene situacije uz naglasak na interaktivnom učenju, ali primarno mora biti nastavna strategija usmjerena na učenike (Matijević i Radovanović, 2011). U skladu s tim, projekt primjeren nastavnom procesu je

jedinstveni skup aktivnosti koje učenike potiču da biraju, planiraju i izvode zadatke u kontekstu sličnom stvarnom životu, a ne samo u okruženju školske učionice (Briševac i Purković, 2020). Stoga se može zaključiti da je učenje temeljeno na projektima strategija za maksimiziranje vještina samoučenja i promicanje intelektualnog razvoja učenika uz istovremeno učenje osnova predmeta (Lipika i sur., 2015). Tijekom ovakve nastave učenici su aktivno uključeni u proces učenja, postižu svoje ciljeve društvenim interakcijama te uče dijeljenjem znanja i razumijevanja, što nužno uključuje međusobnu suradnju i rješavanje stvarnih problema s pozitivnim učincima u različitim obrazovnim okruženjima (Kokotsaki i sur., 2016).

3 Teorijska polazišta, etape i kriteriji PjBL-a

Teorijska polazišta učenja temeljenog na projektima obuhvaćaju osnovne koncepte filozofije i pedagoške teorije koje podržavaju ovu metodu, pristup ili strategiju učenja i poučavanja. Ključna teorijska polazišta učenja i poučavanja temeljenog na projektima obuhvaćaju (Kokotsaki i sur., 2016):

1. **Konstruktivizam:** Konstruktivizam je temeljna pedagoška filozofija koja naglašava da se znanje ne prenosi pasivno s učitelja na učenika, već da se izgrađuje aktivno u umovima učenika. Naglasak se stavlja na razvoj samostalnosti, suradnje, otvorenog učenja usmjerenog na učenika i demokratskog društvenog odgoja. Pritom učenje putem istraživanja, dubokog razumijevanja, praktične primjene i samoevaluacije postaju ključni aspekti obrazovnog procesa (Kiper i Mischke, 2008). U kontekstu PjBL-a, konstruktivizam sugerira da učenici najbolje uče kroz vlastite aktivnosti i iskustva, te u interakciji s vlastitim okruženjem. Učenici se potiču da istražuju i postavljaju pitanja kako bi samostalno konstruirali znanje. Ova aktivna uloga učenika potiče njihovo dublje razumijevanje sadržaja i veću sposobnost primjene stečenog znanja.
2. **Autonomno učenje:** U PjBL-u, učenici preuzimaju aktivnu ulogu u svojem učenju. Imaju slobodu odabrati pristupe rješavanju problema, istraživati relevantne izvore, definirati strategije i donositi odluke o tome kako će pristupiti projektu. Ovakav autonomni pristup potiče samoregulaciju učenja, razvoj kritičkog razmišljanja i razvoj odgovornosti za vlastito obrazovanje.
3. **Situirana spoznaja:** Ova teorija sugerira da je znanje najučinkovitije kada se uči u kontekstu stvarnih situacija. PjBL stavlja učenike u autentične situacije koje zahtijevaju primjenu znanja na stvarne izazove. Na primjer, učenici mogu

istraživati stvarne probleme u zajednici, industriji ili društvu. Ovaj kontekstualni pristup omogućava učenicima da bolje razumiju važnost i primjenu onoga što uče.

4. **Kolaborativno učenje:** PjBL često uključuje rad u timovima. Suradnja među učenicima potiče razmjenu različitih perspektiva, dijeljenje ideja i rješavanje problema zajedno. Kroz ove međusobne interakcije, učenici ne samo da razvijaju svoje kritičko razmišljanje, već također razvijaju komunikacijske i interpersonalne vještine koje su važne i izvan okvira učionice.
5. **Autentični problemi:** PjBL koristi stvarne, autentične probleme koji imaju stvarnu primjenu u svijetu izvan učionice. Ovi problemi motiviraju učenike jer vide svrhu i stvarne implikacije svog rada. Osim što pomažu učenicima da shvate praktičnu primjenu onoga što uče, autentični problemi također potiču učenike da budu kreativni u rješavanju složenih problema.
6. **Refleksija:** Refleksija je snažan element PjBL-a. Učenici su potaknuti da razmišljaju o svojim postupcima, odlukama i procesima rada. Ova introspekcija omogućuje učenicima da razumiju vlastiti pristup učenju, prepoznaju svoje snage i slabosti te razvijaju strategije za kontinuirano poboljšanje.
7. **Motivacija:** Autentični problemi i mogućnost izbora mogu potaknuti visoku razinu motivacije kod učenika. Kada vide da ono što uče ima praktičnu primjenu i kada im se pruži sloboda da oblikuju svoj put učenja, učenici postaju aktivniji i angažiraniji.
8. **Kontinuirana procjena:** Učenje u PjBL-u ne sastoji se samo od konačnog rezultata. Učenici su podvrgnuti kontinuiranoj procjeni tijekom cijelog procesa. To im omogućuje da prate svoj napredak, reagiraju na povratne informacije i prilagode svoj pristup kako bi postigli bolje rezultate.

Ova teorijska polazišta zajedno grade pedagoški temelj PjBL-a koji promiče duboko razumijevanje, samostalnost, suradnju i primjenu znanja u stvarnim situacijama (Kokotsaki i sur., 2016).

Implementacija učenja temeljenog na projektima u nastavni proces, odnosno, u projektnu nastavu je više ili manje etapni proces, kojeg pojedini autori nazivaju razinama (Alajbeg i sur., 2021). Iako se etape projektne nastave mogu razlikovati u ovisnosti o složenosti, sadržaju i trajanju projekta, u pravilu se odnose na sljedeće razine:

- **Prva razina** (pripremna razina) - naglašava važnost odabira teme projekta koja je povezana s interesima učenika te formuliranje ciljeva projekta. U ovoj razini (etapi) je važno potaknuti učenike na aktivno sudjelovanje koje će osigurati da postavljene ciljevi budu izvodljivi.

- *Druga razina* (planiranje) - predstavlja korak koji osigurava strukturu i smjer provedbe projekta. Učenici će naučiti kako organizirati svoje resurse, odabrati metode rada i rasporediti zadatke unutar timova. To pomaže razvijanju vještina planiranja i suradnje.
- *Treća razina* (provedba) - fokusira se na praćenje i dokumentiranje aktivnosti tijekom projekta. To potiče odgovornost učenika i razvija njihove sposobnosti praćenja napretka i donošenja pravovremenih odluka.
- *Četvrta razina* (predstavljanje) - naglašava važnost komunikacije i dijeljenja rezultata projekta s javnošću. Kroz ovu fazu, učenici razvijaju vještine prezentacije i komunikacije, što je ključno za uspješno izražavanje i promociju njihovih ideja.
- *Peta razina* (valorizacija) - predstavlja završni korak u kojem se procjenjuje postignuti uspjeh u ispunjenju ciljeva projekta. Kritička analiza omogućuje učenicima učenje iz vlastitih iskustava, prepoznajući poteškoće i uspjehe te razvijajući sposobnost samorefleksije.

Svaka od navedenih etapa (razina) ima svoju svrhu u projektiranju nastavnog procesa, doprinoseći razvoju različitih kompetencija kod učenika. Te kompetencije uključuju samostalnost, suradnju, kritičko razmišljanje i komunikaciju. Takvim, aktivnim sudjelovanjem u projektima, učenici razvijaju ključne vještine i kompetencije potrebne za suvremeno društvo, pripremajući se za izazove 21. stoljeća (Visković, 2016).

Izvođenje projektnog učenja ponekad može predstavljati veliki izazov za učitelje, pa čak i one iskuse, stoga postoje određena načela učenja temeljenog na projektima koja bi trebalo slijediti kako bi se ovakvo učenje bolje implementiralo u nastavni proces (Garmaz, 2006):

- *Usmjerenost na situaciju* – potrebno je koristiti sadržaje koje učenici lako mogu povezati sa životnim iskustvom i koji im nisu apstraktni. Ukoliko je riječ o njima apstraktnom sadržaju, tada se sadržaju prvo mora pristupiti na kritički način i procijeniti njegovu obrazovnu svrhu za nastavu.
- *Usmjerenost prema interesima učenika* – važno je da svaki sudionik u projektnom učenju ima određeni interes. Učitelj pritom mora imati sposobnost otkrivanja interesna učenika. Zainteresiraniji će učenik projektu pristupiti s povećanom pozornošću i sposobnošću djelovanja, što je i jedan od načina razvoja identiteta učenika.
- *Samostalna organiziranost i osobna odgovornost* – u procesu projektnog nastave i učenja bitan je timski rad te je poželjno da se što više sudionika uključi u što više procesa donošenja odluka. Učitelj na sebe preuzima odgovornost za kvalitetu ključnih informacija i komunikaciju među

učenicima, što podrazumijeva poticanje na izražavanje mišljenja, traženje problema, pronalaženje rješenja, te ostvarivanje projektnog cilja.

- *Usmjerenost na važnost* – projekt ne smije biti samo od privatnog interesa, nego mora naglašavati i ono što je bitno za (su)život.
- *Etapno ciljano planiranje* - od učitelja se traži da ispita koje će dimenzije učenja dotaknuti projektna nastava, koji ciljevi se pritom mogu ostvariti, operacionalizirati neposredne ciljeve i formulirati ih u skladu s ciljanim kompetencijama za razinu obrazovanja na kojoj se provodi projektna nastava. Pritom treba osmisliti načine za ostvarivanje tih kompetencija u skupini, ponuditi i razraditi alternative za razvoj sposobnosti koje nedostaju. Potrebno je također odrediti tko s kim radi, koji će vanjski sudionici (partneri) biti uključeni, te koje izvore mora konzultirati.
- *Javno predstavljanje rezultata* - zagovornici projektnog nastave pridaju rezultatu visoko značenje i razlikuju vanjski (javni) i unutarnji rezultat. Zasiurno u rezultatu koji se može pokazati su dobit i poticaj. On jača samopouzdanje jer se javnim prikazivanjem rezultata mogu dobiti pohvale i priznanja, dolazi do povratnog efekta na motivaciju skupine, koja time raste.
- *Usmjerenost na mnogovrsnost osjetila* - važno načelo projektnog nastave glasi da ona obuhvaća iskustveno djelovanje s glavom, srcem i rukama; duhovno i tjelesno; kognitivno, čuvstveno i psihomotorno. U projektnoj nastavi učenici mogu naučiti fleksibilno postupati s teorijom i praksom.
- *Socijalno učenje* – potiče komunikaciju i suradnju među učenicima.
- *Interdisciplinarnost* – omogućuje shvaćanje učenicima da svaki problem može imati više objašnjenja te usmjerava pozornost na kontekstualnost izabrane teme ili problema (Garmaz, 2006).

Kao što je prethodno navedeno, svaki projekt koji se provodi u školi ili tijekom školovanja učenika ne može se smatrati učenjem temeljenom na projektu (*PjBL*), jer nije u skladu s teorijskim polazištima i načelima projektnog učenja. Na temelju glavnih teorijskih polazišta i načela, te na temelju sinteze obilježja *PjBL*-a (Thomas, 2000; Syntheta, 2002; Briševac i Purković, 2020; Purković i Prihoda Perišić, 2020), učenje temeljeno na projektu je ono koje:

- **naglašava aktivnosti koje su ključne za kurikulum** – zauzima središnje mjesto u kurikulumu i provodi se u duljem vremenskom periodu (od više dana ili mjeseci, do jednog semestra/polugodišta);

- **ima obilježje interdisciplinarnosti** – nužno povezuje spoznaje iz različitih područja ili predmeta;
- **ima pokretačko pitanje koje je izazovno i konstruktivno** - pitanjima ili problemskim zadacima vodi učenika ka glavnim konceptima i načelima područja poučavanja te uključuje učenička istraživanja koja traže izniman mentalni napor;
- **usmjereno je na učenika i temelji se na suradnji** ili suradničkoj (kooperativnoj) grupi koja zajedno uči;
- **integrirano je sa stvarnim problemima i praksama te ima produktivne rezultate** – pruža učenicima nužan osjećaj izvornosti kojom se povezuje školovanje i „stvarni svijet“;
- **ima utjecaj na razvoj "životnih vještina"** kao što su upravljanje vlastitim učenjem, rad u skupini i vještine rješavanja problema – dopušta učenicima visoku razinu autonomije i odgovornosti;
- **koristi kognitivne alate** koji se obično temelje na tehnologiji.

Prema navedenim kriterijima u učenje temeljeno na projektima ne ubrajaju se projekti koji: nisu središnji dio kurikulumu, već komplementarna praksa; koje ne pokreću i ne vode intelektualno izazovna pitanja; koji se mogu izvesti s već naučenim informacijama ili vještinama učenika; koji se provode prema unaprijed određenom scenariju; te koji se fokusiraju na simulirana, a ne realna pitanja (Synteta, 2002). Problem učiteljima će vjerojatno predstavljati nemogućnost detaljnog planiranja scenarija projekta, jer učenje temeljeno na projektima zahtijeva angažman učenika po tom pitanju – oni su kreatori projekta i projektnih aktivnosti. Drugi problem može predstavljati suradnja sa „stvarnim svijetom“, odnosno istraživanje potreba i problema te angažman vanjskih partnera, bez čega takva aktivnost ostaje na razini složene simulacije. Kako bi se ublažili ovi problemi i ukazalo učiteljima na mogućnosti, u narednom poglavlju opisana je praktična implementacija *PjBL*-a u nastavi tehničke kulture i primjer provedenog projekta.

4 Praktična implementacija *PjBL*-a u nastavnom procesu

Danas se u Europi i svijetu primjenjuju različiti modeli i inačice za implementaciju *PjBL*-a u nastavnom procesu, a u Europi je Bolonjski proces, s fokusom na učenje usmjereno na studenta i ishode učenja, stvorio veći interes za ovakvim pristupom (Kolmos i De Graaf, 2014). Pritom je važno istaknuti da su ozbiljnije i sustavnije implementacije *PjBL*-a ipak više prisutne u

visokoškolskom obrazovanju, pa su i ozbiljnija istraživanja više povezana s tom razinom obrazovanja. Kad je riječ o nastavi tehničke kulture Briševac i Purković (2020) predlažu implementaciju učenja temeljenog na projektima putem modela kontekstualnog učenja i razvoja učenika (Purković, 2016; Briševac i Purković, 2020). Ovaj model u osnovi predstavlja ciklus iskustvenog učenja koji se sastoji od etape uvida, pripremanja, realizacije i valorizacije, pri čemu se sve etape odvijaju u specifičnom kontekstu određenog tehničkog područja koji učenicima daje smisao i značenje učenja. Pritom autori ističu da u etapama uvida i pripremanja učenici trebaju usvojiti određene spoznaje o tehnologiji i kontekstu primjene, te se putem tradicionalnih praktičnih aktivnosti prilagoditi novom i nepoznatom tehničko-tehnološkom okruženju. Etape realizacije i valorizacije, koje bi trebale činiti okosnicu izvedbenog kurikulumu, su one etape koje su pogodne za implementaciju učenja temeljenog na projektima. Drugim riječima, tek nakon što učenici usvoje temeljna znanja potrebna za snalaženje u određenom području tehnike te upoznaju osnovne tehničke tvorevine i ovladaju osnovama njihova sigurnog korištenja, mogu pristupiti složenoj aktivnosti kao što je *PjBL*.

4.1 Planiranje pripremanje i vođenje projektne nastave

4.1.1 Tema projekta

Učenje temeljeno na projektima i nastava koja prati takvo učenje stavlja učenički angažman i upornost na kušnju, odnosno, od učenika traži voljno sudjelovanje u predloženim smislenim i timskim aktivnostima učenja (García i Roblin, 2008; Bédard i sur., 2012). Pritom je čimbenik stresa ključan za učenikov angažman i upornost (Bédard i sur., 2012), kojeg učitelj svojom podrškom i vođenjem treba učiniti takvim da postane izazov, a ne izvor frustracija učeniku. Na početku svakog učenja temeljenog na projektima postavlja se pitanje teme projekta, odnosno, onoga što će učenici raditi. Pritom učitelj smije samo predlagati okvirne teme, ali ne i nametnuti učenicima što će oni zaista raditi. U ovom dijelu uloga partnera iz „stvarnog svijeta“ može biti ključan pokretač i „okidač“ za učenikovo promišljanje. Naime, tehnički (inženjerski) problemi i potrebe iz stvarnog svijeta su onaj element konteksta učenja koji daje svrhu i smisao te učenicima treba biti poticaj za dogovor i razradu ideje o tome što će raditi. Dakle, projektno organizirano učenje u osnovi je temeljeno na problemima (Kolmos i de Graaf, 2014), čije rješavanje u tehnici vodi ka konkretnom proizvodu. Stoga je poželjno da učitelj kontaktira i/ili dovede u školu osobu iz određene tvrtke, institucije ili obrta koji

će učenicima izložiti s čim se bave i s kakvim tehničkim problemima se suočavaju te što je moguće zornije to učenicima predstaviti. Učitelj naravno treba voditi računa o tome da to područje bude ono koje se trenutno uči i poučava u nastavi tehničke kulture. Ipak, partner ponekad može biti i škola ili lokalna zajednica, pa učeničko ispitivanje potreba može biti predradnja temeljem koje će započeti dogovor o temi projekta. S obzirom da se učenje temeljeno na projektima provodi u skupinama ili timovima, svaki tim se dogovara o vlastitoj temi, a učitelj vodi tu aktivnost i teme ipak usmjerava na način kojim će se moći ostvariti ishodi učenja. Tijekom dogovora o temi projekta svaki učenik unutar tima treba imati priliku iznijeti vlastitu ideju koja se zapisuje, članovi tima će kritički preispitati svaki prijedlog (prema dogovorenim pravilima komuniciranja), te će svaka skupina izabrati pet najzanimljivijih tema. Odabrani prijedlozi tema se potom argumentirano opravdavaju i rangiraju s obzirom na udio pozitivnih u odnosu na negativne argumente. Potom skupina demokratski odlučuje o konačnom izboru teme. Iako se učitelj ne smije uočljivo nametati u ovom postupku, njegova uloga je ključna za pravilan izbor partnera ili istraživanje potreba, vođenje međusobne komunikacije i dogovora učenika, te svojim sugestijama i argumentima učenike treba dovesti do teme koja svojim sadržajem, izvedivošću i razinom složenosti odgovara odgojno-obrazovnim potrebama, odnosno da realizacija te ideje vodi ka ostvarivanju predviđenih ishoda učenja. Ipak, iznimno je važno da učenici odabranu temu usvoje kao nešto do čega su sami došli i oko čega su se usuglasili u okviru tima.

4.1.2 Razrada ideje, projektni zadatak i ograničenja

Razrada ideje započinje dogovorom učenika o ciljevima projekta, odnosno, odgovorima na pitanja *što žele postići?, kako to ostvariti (i s čim?)?, te kako će predstaviti rezultate vlastitog projekta?* U nastavi tehničke kulture, kao i u svakoj nastavi tehnike (inženjerstva), ovaj dio projektnog učenja treba rezultirati jasnim projektnim zadatkom – *što će se to izraditi (napraviti) s kojim funkcionalnostima?* Pritom učitelj treba ovu aktivnost voditi na način da učenicima postavi jasna ograničenja u okviru kojih se njihova ideja može realizirati. Ta ograničenja su najčešće povezana s dobavljivim i dostupnim materijalnim, ali i financijskim sredstvima, čije korištenje učitelj mora prethodno predvidjeti bez obzira na učeničke teme. Ograničenja i uvjeti su sastavni dio svakog tehničkog rješenja, zbog čega su i ovdje dio konteksta određene stvarnosti. Iako učenici samostalno razrađuju temu, učitelj ih treba voditi do parcijalnih problemskih zadataka koje će tijekom realizacije projekta trebati riješiti. To znači da učitelj,

pomoću vješto osmišljenih pitanja učenicima, svaki tim treba dovesti do konkretnih problema koje trebaju riješiti da bi projekt nesmetano teкао.

Od učenika se u ovoj etapi učenja temeljenog na projektima očekuje i da pokušaju osmisliti i dimenzionirati sam proizvod, načine i postupke kojima će to ostvariti, te načine predstavljanja projekta. S obzirom na to da učenici još nemaju ni dovoljno znanja ni vještina kojima će to ostvariti, učitelj je dužan učenicima prirediti sljedeće:

a) Ciljane materijale za učenje

Materijali za učenje učenicima trebaju olakšati rad na projektu, ubrzati projektne aktivnosti, te im pokazati glavne koncepte i načela onoga što trebaju znati, a važno im je za realizaciju projekta. Materijali trebaju biti jasni, sažeti, vizualno potkrijepljeni i sistematizirani (uređeni, strukturirani). Pritom je poželjno da materijali budu digitalni i *online*, a trebaju sadržavati: a) dio jezgre osnovnih znanja (kratke sadržaje o materijalima, sklopovlju, elementima i mehanizmima, sučeljima, postupcima obrade/izrade, različitim rješenjima problema, načinima programiranja i upravljanja i sl.); b) komponentu za rješavanje problema (parcijalne primjere rješenja problema, koji ih logički vode ka vlastitim rješenjima); c) smislene poveznice (linkove) među samim materijalima i na vanjske korisne izvore; d) bilo kakav način za međusobnu komunikaciju i razmjenu sadržaja (za vrijeme kad nisu na nastavi), čime im učitelj osigurava stanoviti „poligon“ za „stvaranje“ novog znanja (npr. mjesto na portalu za e-učenje na kojem će oni postavljati, razmjenjivati i dograđivati vlastite materijale).

b) Dodatne aktivnosti za poticanje angažmana i upornosti učenika

Dodatne aktivnosti provode se s ciljem povećanja utiska autentičnosti (izvornosti) učeničkog rada na projektu, odnosno boljeg povezivanja projektnih aktivnosti sa stvarnošću. U tu svrhu se najčešće organizira stručna ekskurzija kao izravni uvid u realnu stvarnost, odnosno, u situacije povezane s projektom. Također se može organizirati i usidreno učenje, odnosno, učenje na video prikazima makro-konteksta izvorne stvarnosti. Ovakvim aktivnostima se učenicima daje smisao i značenje onoga što rade na projektu, što ponekad može projektni tim tijekom zastoja ohrabriti za daljnji angažman na projektu. Iznimno se tijekom projektnog učenja mogu organizirati i dodatne tradicionalne lekcije, praktične vježbe ili se primijeniti metoda obrnute učionice kako bi se učenicima dodatno pojasnilo ili pokazalo kako se nešto ili s nečim radi, o čemu odluku pravovremeno mora donijeti učitelj.

c) Okruženje za učenje

Okruženje za učenje treba učenicima omogućiti nesmetanu realizaciju projekta u materijalnom smislu, konstruktivnu suradničku komunikaciju, te uspješno

upravljanje vremenom predviđenim za realizaciju projekta. Naime, najvažnije spoznaje, vještine i kompetencije učenici stječu tijekom izravnog rada na projektu, što znači da učenici najviše vremena trebaju provesti u takvom radu. Učitelj je pritom dužan predvidjeti i pripremiti:

- organizaciju timova i radnih mjesta - optimizirati broj grupa ili timova s obzirom na složenost projekta; pripremiti radna mjesta tako da osiguravaju nesmetani rad timova (spajanje klupa, prostor za kretanje i sl.);
- pripremiti dovoljno materijala, sklopovlja, elemenata i drugog materijala koji će se utrošiti na realizaciju projekta (iako učenici sami razrađuju ideju i planiraju sredstva, zbog čega tijekom nije moguće unaprijed u potpunosti odrediti, učitelj putem ograničenja i uvjeta projektnog zadatka ipak može isplanirati i pripremiti potrebno);
- pripremiti i provjeriti ispravnost potrebnog alata, pribora, strojeva, uređaja i instrumenata, pri čemu osobitu pozornost treba posvetiti tzv. specijaliziranim radnim mjestima na kojima svi rade (omogućiti sigurno korištenje – učiniti sve kako bi se umanjila mogućnost neželjenih posljedica);
- učiniti sve što može kako bi radionicu/učionicu tijekom projektne nastave učinio mjestom poželjnim i poticajnim za rad učenika (od vizualnog uređenja do prilagodbe vlastitog ponašanja kojim će učenicima dati visoku autonomiju pri radu uz minimalni izravni utjecaj na aktivnosti učenika – poticanje radne atmosfere).

d) Okruženje za predstavljanje učeničkih rezultata

Učitelj učenicima treba osigurati sve potrebno kako bi pokazali što mogu, iskazali se i vidjeli da je nekome stvarno stalo do onoga što rade, odnosno, što su napravili. Predstavljanje se organizira i sa svrhom da učenici postanu vještiji u komunikaciji te da više nauče o onome što su radili. Učenicima treba osigurati i organizirati predstavljanje projekta i uratka, najprije unutar razreda, kako bi što opuštenije predstaviti vlastite rezultate, a poželjno je u predstavljanje uključiti i predstavnika partnera. To može biti ista osoba koja je predstavljala probleme na početku projekta, ali i osoba iz tvrtke u kojoj su proveli stručnu ekskurziju, ravnatelj škole ili drugo „kritičko oko“ koje kompetentno može sudjelovati u predstavljanju. Ujedno je vrlo poželjno rezultate projekta predstaviti na nekoj školskoj manifestaciji ili izložbi, koja može biti i dio projektnih aktivnosti, ili na nekoj izvanškolskoj manifestaciji. Predstavljanje projekta u razredu, što je i dio autentične procjene postignuća učenika, obvezno uključuje sljedeće:

- predstavljanje aktivnosti koju provodi vođa tima ili po dogovoru – tijek aktivnosti, razlozi i

argumenti za takvo rješenje, poteškoće i pozitivne strane;

- demonstracija proizvoda/rezultata projekta – svatko od učenika treba objasniti i pokazati na čemu je radio te kako i zašto je to napravio baš tako. Potom se pokazuje kako proizvod funkcionira i objašnjavaju pojedini segmenti (individualno, prema međusobnom dogovoru članova tima);
- postavljanje pitanja učenika i učitelja (i partnera) – pitanja su važna kako bi se provela diskusija ili rasprava o pojedinim segmentima projekta, provela refleksija projektnih aktivnosti na učenike, potaknulo sve učenike na razmišljanje te proširila i utvrdila stečena znanja (dio procesa učenja – povezivanje iskustva s teorijskim i često apstraktnim spoznajama te sistematizacija tako stečenog iskustva u svijesti učenika);
- samoevaluacija i evaluacija – učenici uspoređuju i procjenjuju rezultate/uratke i učenička predstavljanja; učitelj to isto čini (iznosi slaganje ili argumentirano neslaganje s procjenama). Učitelj treba procijeniti uradak, dokumentaciju te kakvoću učeničkog predstavljanja (prema pripremljenim elementima vrednovanja i kriterijima), argumentirano istaknuti najbolji rad te iznijeti procjene uočene samostalnosti i odgovornosti učenika tijekom rada. Ocjene koje proizlaze iz cjelokupne evaluacije proizlaze iz ciljeva nastave i predviđenih ishoda učenja, a trebaju biti poticajne i potkrijepljene individualnim smjernicama za daljnje napredovanje učenika.

4.1.3 Planiranje projektne nastave

Iako se učenje temeljeno na projektima, odnosno projektna nastava, teško može detaljno i u potpunosti unaprijed isplanirati, s obzirom na vremenska i organizacijska ograničenja za realizaciju nastave u tipičnim školskim uvjetima, učitelj je dužan izraditi plan projektne nastave. Postoje brojni načini kojima je ovu nastavu moguće isplanirati, a u ovom radu je korištena metodologija planiranja projektnog učenja po modelu *Od ideje do proizvoda – PUD-BJ* (Bezjak, 2009), koja je primjerena za osnovnu školu. Primjer izrade plana učenja temeljenog na projektima prema PUD-BJ modelu prikazan je u idućem poglavlju, a takav plan se sastoji od tri dijela:

- a) Ciljevi nastave – u ovom dijelu učitelj treba jasno definirati što očekuje da će učenici steći/usvojiti nakon realizacije *PjBL*-a i u koju svrhu;
- b) Makro-plan – okvirni vizualni (tablični ili grafički) prikaz predviđenih etapa i očekivanih glavnih aktivnosti u svakoj etapi projekta;

- c) Mikro-plan – detaljna tablična razrada svake predviđene etape u kojoj učitelj treba odgovoriti na pitanja *što se radi?, kako?, gdje?, kada?, tko radi (sudjeluje)?, s čim? i zašto?* Pritom se odgovori na pitanje *Zašto?* uglavnom trebaju podudarati s predviđenim ishodima učenja iz izvedbenog kurikulumu.

Plan učenja temeljenog na projektima učitelju je vremenski i sadržajni orijentir, kojim može uspješnije moderirati aktivnosti učenika, po potrebi im olakšavati rad, ubrzavati ga, te uspješno i pravovremeno projekt privesti kraju. Plan nikako ne može biti isključivi „recept“ za neku nastavu, niti se može striktno provesti, jer će stvarni tijek projekta u izravnom radu s učenicima zasigurno u nekom segmentu odstupati od plana. Ipak, plan nam je potreban jer je nastava vođeni i organizirani proces, s konkretnim ciljevima i ishodima učenja koji se mogu mjeriti te kojima učitelj može ustanoviti i uspjeh vlastitog nastavnog rada.

4.1.4 Vođenje projektne nastave

Tijekom realizacije projektne nastave učitelj se svojim rješenjima i znanjem ne nameće učenicima, već inicijativu, kad god je to moguće, prepušta učenicima. Ipak, moderiranjem (vođenjem), olakšavanjem (facilitiranjem) i usmjeravanjem aktivnosti učenike treba voditi do uspjeha. Uz makro i mikro plan, prethodno navedene materijale i okruženje, izuzetno je važno pažnju posvetiti sljedećim segmentima:

- a) **Organizacija skupina/timova** – u projektnoj, kao uostalom i u svakoj drugoj nastavi; ne možemo očekivati da će svi učenici biti jednako motivirani ili skloni ovakvom radu, niti da će svi postići iste, pa katkad ni slične rezultate. Stoga je na izbor učenika u timova/skupinama, kojeg načelno prepuštamo učenicima, potrebno utjecati tako da u svakom timu bude barem jedan ili više učenika koji pokazuje sklonosti, interes i sposobnosti za projektni rad i koji će svojom aktivnošću voditi tim. Na taj način ćemo osigurati donekle ujednačenu dinamiku tijeka projekta, od čega će i ostali učenici u timu/skupini imati koristi.
- b) **Nužno poticanje učenika** – učitelj ne može očekivati učenikova brza i prihvatljiva rješenja parcijalnih problemskih zadataka u ranoj fazi projekta, a nikako ne smije davati gotova rješenja (jer to kod učenika neće izazvati potreban mentalni napor koji je iznimno važan za uspješan proces učenja). Stoga učitelj treba predlagati alternativne mogućnosti, hipoteze/pretpostavke, te, što je osobito važno, problemski usmjerenim pitanjima tražiti od učenika valjana rješenja. Na taj način učenike potiče na vlastito istraživanje i pronalaženje smislenih rješenja. Dakle, svako

učenikovo rješenje treba uvažavati, učenik ne smije osjećati prijetnju niti strah od pogreške, ali ako parcijalno rješenje nije tehnički korektno ili moguće, učenika treba pitanjima voditi do samospoznaje o tome i na taj način ga potaknuti na preispitivanje takvog rješenja i iznalaženje drugog, prihvatljivijeg.

- c) **Nužnost pokazivanja (demonstracije)** – uvijek treba poći od pretpostavke da učenici nemaju potrebne vještine za uporabu tehničkih sredstava, aplikacija za računalno oblikovanje i programiranje, a često niti dostatne matematičke i prirodosnanstvene vještine (proceduralna znanja). Stoga učitelj treba u svakoj etapi projektne nastave pokazati (demonstrirati) pravilnu uporabu određenog sredstva, korištenje aplikacije ili programa te primjenu drugih „spoznajnih“ alata (matematičkih, prirodosnanstvenih), i to na konkretnom primjeru tijekom projektne nastave. Pravilno i pravovremeno pokazivanje ubrzava tijek nastave, a učenikov mentalni napor kojim pokušava slijediti učitelja je iznimno važan za proces učenja i njegov kognitivni razvoj.
- d) **važnost predviđanja rješenja** – iako su makro i mikro-plan najvažniji dokumenti prema kojima se okvirno planira projektna nastava, učitelj ne može samo na tome zasnivati uspjeh projekta. Stoga učitelj treba unaprijed ili tijekom trajanja projekta (ovisno o složenosti) razraditi i sam realizirati vlastito rješenje (koje ne mora i zasigurno neće biti isto kao učeničko), upravo kako bi mogao predvidjeti moguće probleme i zastoje kod učenika te tako predvidjeti metode i postupke kojima će poticati i voditi učenike do uspjeha. Riječ je o stanovitim ključnim točkama za koje se učitelj mora pripremiti (priprema demonstracija, pitanja, dodatnih materijala, načina komunikacije itd.). Takvo predviđanje je ujedno važno sa stajališta planiranog vremenskog okvira, odnosno, zbog provjere je li u predviđenom vremenu moguće dovršiti projekt.

4.1.5 Očekivanja od učenika

Neovisno o tome kako će učitelj predvidjeti etape za realizaciju projektne nastave, vrlo je važno shvatiti da je smisao učenja temeljenog na projektima upravo sam proces tijekom kojega je učenik suočen s brojnim izazovima, s drugim i različitim učenicima i sam sa sobom. Dakle, bitno je što se odvija u njihovim glavama tijekom suočavanja s problemima i izazovima, dok je manje važna stvarna kakvoća krajnjeg proizvoda. Naravno da učitelj učenike mora dovesti do uspješnog dovršetka projekta, ali kakvoća

krajnjeg rješenja/proizvoda neće uvijek biti na razini koju su očekivali učenici, učitelj ili partneri. Ipak, kako bi se u tehničkom području nastave osigurao, pratio i uspješno vodio tijekom projektnog učenja, trebamo inzistirati na određenim očekivanjima od učenika. Uostalom, svrha projektne nastave mora biti jasno istaknuta, moraju biti navedena znanja i vještine koje će učenici stjecati tijekom određenih aktivnosti u procesu projektne nastave (Matijević, 2008), što znači da učenicima treba biti jasno i što se od njih očekuje. U specifičnom kontekstu tehnike i tehnologije etapa razrade ideje treba rezultirati određenim dizajnom rješenja (skice, studije, sheme) te inicijalnim troškovnikom za nabavu potrebnih materijala, sklopova i sl. Dok se iz dizajna treba nazirati idejno rješenje, inicijalni troškovnik učenike približava stvarnom svijetu u kojem trebaju istražiti što im sve treba, pri čemu nesvjesno uče o različitim tehničkim tvorevinama, njihovim tehničkim specifikacijama, ali i razvijaju svijest o financijskim troškovima potrebnim za realizaciju projekta. Ujedno shvaćaju važnost ograničenja i uvjeta u kojima se svaki tehnički (inženjerski) projekt realizira. U etapi učeničkog planiranja od učenika očekujemo jasnu podjelu zaduženja unutar skupine, vremenski plan provedbe planiranih aktivnosti te načine na koji će voditi (bilježiti) ostvarenost plana. U etapi pripreme za očekivati je da učenici izrade potpunu tehničku dokumentaciju za realizaciju projektnog rješenja. Međutim, iskustva autora tijekom višegodišnje realizacije učenja temeljenog na projektima pokazuju da ne treba inzistirati na tome u ovoj etapi, već da učenicima treba dopustiti da dokumentaciju dovrše do predstavljanja projekta. U ovoj etapi se učenici trebaju pozabaviti detaljnijim dimenzioniranjem rješenja (u vidu skice, sheme ili studije) te izborom i pripremanjem sredstava potrebnih za realizaciju projekta. Očekivanja od učenika u etapi realizacije usmjerena su na aktivnosti učenika koje vode do uspješne realizacije rješenja. Zbog toga učitelj mora pažljivo moderirati i facilitirati aktivnosti, ali i inzistirati na dogovorenim načinima i pravilima međusobnog komuniciranja, održavanja i uvažavanja. Učitelj u ovoj etapi može očekivati to da učenici od heterogene skupine individua postanu homogeni tim spreman na međusobnu suradnju. Međutim, ako to i ne postigne ne treba biti razočaran, jer to ne ovisi samo o učitelju i nastavi, nego i osobinama učenika i okruženju njihova življenja. U etapi predstavljanja i valorizacije projekta, kojom treba završiti svaka projektna nastava, učitelj od učenika treba očekivati to da učenici (skupno i individualno) predstave iskustva tijekom rada na projektu i vlastito projektno rješenje. To također uključuje i izradu tehničke dokumentacije projektnog rješenja, multimedijску prezentaciju kojom će predstaviti rješenje, te pripremljena pitanja za ostale skupine ili timove. Sva očekivanja učitelj

treba učenicima najaviti na početku projektne nastave.

5 Primjer projekta: Detektor opasnih plinova

5.1 Opis tijeka projekta

Tijekom istraživanja potreba, koje je provedeno u suradnji s partnerskom tvrtkom, ustanovljena je potreba za sigurnosnim uređajima koji će pravovremeno detektirati opasne plinove u proizvodnom i skladišnom prostoru. S obzirom da takvi uređaji mogu biti vrlo skupi, a često i nedostupni, postojala je potreba za jednostavnim, povoljnim i lako prenosivim detektorima. Sve to je učenicima predstavio stručnjak, te je tijekom gostovanja poučio učenike o različitim vrstama opasnih plinova, njihovim svojstvima i potencijalnim rizicima s kojima se tvrtka suočava. Ovaj segment je poslužio kao poticaj ili „okidač“ za učenikovo promišljanje o tome mogu li i kako osmisлити i izraditi vlastiti detektor opasnih plinova. Nakon što su se učenici usuglasili o temi projekta, učitelj je ponovio zahtjeve partnera te jasno istaknuo ograničenja (dostupne materijale i sredstva) koja se mogu koristiti za realizaciju projekta. U pripremnom etapama projekta, nakon formuliranja cilja i formiranja timova, učenici su na pripremljenim materijalima za učenje istražiti postojeće metode detekcije, prevencije i zaštite od tih plinova. Na primjerenim i prilagođenim materijalima su istražiti i različita rješenja, alternativne mogućnosti i zamjenska sklopovlja (elementi, senzori, mikroupravljači, kućišta), te je svaki tim odabrao načelno rješenje koje je bilo usklađeno sa zahtjevima i ograničenjima. Daljnje istraživanje je bilo usredotočeno na nabavu potrebnih komponenti i materijala, što je rezultiralo inicijalnim troškovnikom koji je prosljeđen učitelju. Nakon toga je svaki tim prionuo detaljnom osmišljavanju vlastitog detektora, što je uključivalo planiranje, dizajniranje i konstrukciju uređaja, ali i podjelu zaduženja među članovima tima. Učenici su pritom istražiti materijale i tehnologije potrebne za izradu detektora, elektroničke elemente i sklopove, strujne krugove i izvore električne energije, crtanje elektroničkih simbola i shema itd. Uglavnom prema vlastitim planovima aktivnosti i uz učiteljevo vođenje i olakšavanje rada, učenici su izradili i sastavili vlastite detektore. Tijekom procesa realizacije razvijali su vještine iz tehničkog crtanja u elektrotehnici, modeliranja proizvoda, obrade materijala, lemljenja i sastavljanja sklopovlja, ali i znanja o svojstvima elektroničkih elemenata i sklopova, automata itd. Ujedno su razvijali svoje komunikacijske vještine, vještine timskog rada i upravljanja vlastitim učenjem. Nakon izrade detektora učenici su testirali njegovu

funkcionalnost koristeći simulirane uvjete te su prionuli dovršavanju tehničke dokumentacije, izradi korisničkog priručnika i prezentacije za predstavljanje projektnih rješenja. Svaki tim je potom predstavio svoj detektor, pri čemu je vođa tima demonstrirao rad detektora, a svaki član je iznio vlastito iskustvo rada na projektu te predstavio odabrani segment projektnog rješenja. Potom su ostali učenici u razredu, predstavnik partnera i učitelj postavljali pitanja učenicima. Pojedina pitanja su bila povezana s učeničkim postignućima, u svrhu vrednovanja, a pojedina su bila dio refleksije projektnih aktivnosti na učenike (kao povratna informacija učitelju o uspjehu i značaju projektne nastave). Osim vrednovanja učeničkih radova, prezentacije i dokumentacije, učitelj je sve bilješke o zalaganju (angažmanu) učenika, interakciji s drugim sudionicima i o napredovanju učenika sumirao i pridodao ocjeni svakog učenika. Nakon toga je dopustio predstavniku partnera da se obrati učenicima i zaključi projekt, čime je projekt završio.

5.2 Odgojno-obrazovni ciljevi projekta

Ciljevi svake nastave tehničke kulture, pa tako i projektne nastave, trebaju biti usklađeni s ciljevima iz predmetnog kurikulumu (NN 7/2019). Pritom je važno istaknuti da se ovi ciljevi mogu bolje ostvariti primjenom suvremenih metoda, pristupa i strategija učenja i poučavanja, jer se tako bolje može potaknuti aktivno sudjelovanje učenika i ostvariti svi predviđeni ciljevi učenja u stvarnom okruženju (Briševac i Purković, 2020). Odgojno-obrazovni ciljeva ovog projekta su široko postavljeni i usklađeni s ciljevima iz predmetnog kurikulumu. Iako se u praksi nastavni ciljevi mogu uže i konkretnije formulirati. Za ovaj projekt ciljevi nastave su se odnosili na:

- *Sintezu znanja:* Povezati teorijska znanja o strujnim krugovima, elektroničkim elementima i sklopovima, automatskim i mikroupravljačkim sklopovima s njihovom praktičnom primjenom pri izradi detektora opasnih plinova. Učenici će tako razviti duboko razumijevanje funkcioniranja elemenata, koncepata, sklopova i uređaja koje su koristili tijekom realizacije projekta, te će bolje povezati i razumjeti prirodnoznanstvene osnove njihova djelovanja, ali i društveni značaj planiranja i timskog rada u tehnici.
- *Razvoj vještina i kreativnosti:* Istraživanjem različitih tehničkih rješenja te izradom vlastitih skica i tehničkih crteža (shema) učenici će razvijati vještine čitanja i izrade tehničke dokumentacije. Izradom prezentacije i predstavljanjem vlastitog rada učenici će razvijati kritički odnos prema vlastitom i tuđem radu. Takve aktivnosti će doprinijeti poticanju

kreativnosti u razmišljanju o dizajnu i funkcionalnosti pri realizaciji rješenja.

- *Sigurno korištenje i održavanje:* Tijekom realizacije projektnog rješenja učenici će steći potrebna znanja i vještine za sigurno rukovanje tehničkim sredstvima te za održavanje istih. Pritom će naučiti kako odabrati odgovarajuća sredstva uzimajući u obzir njihova svojstva i namjenu, dok će kroz takvo, izravno iskustvo, otkriti vlastite sklonosti, slabosti i interese.
- *Analiza utjecaja tehnologije na društvo:* Vlastitim istraživanjima na projektu učenici će povezati tehniku i tehnologiju s primjenom u gospodarskom i društvenom kontekstu. Iz primjera koji je tema projekta će steći izravni uvid u moguće neželjene posljedice te u značaj vlastitog rješenja za kvalitetu života i održivost. Kritičkom prosudbom vlastitog rješenja moći će bolje procijeniti dobrobiti tehnike u „svijetu rada“ i u svakodnevnom životu.
- *Razvoj osobnih kompetencija:* Tijekom suradnje s drugim učenicima učenik će se suočiti sa stavovima i uvjerenjima drugih učenika, koji mogu biti različiti. Suočiti će se s različitim interpretacijama vlastitih stavova i ponašanja, koji se mogu razlikovati od percepcije samoga sebe. Prihvatanjem takvih različitih interpretacija i manifestacija učenik će naučiti raditi u skupini, uvažavati druga mišljenja te moći bolje vrednovati vlastiti i tuđi rad.
- *Prepoznavanje vlastitih interesa i sklonosti:* Tijekom aktivnosti na projektu učenik će se suočiti s brojnim parcijalnim zadacima, od osmišljavanja, mentalnog predviđanja i dizajniranja tehničke tvorevine, preko konkretnog oblikovanja, sastavljanja i apstraktnog programiranja, pa do javnog predstavljanja vlastitog iskustva i rješenja. Takav široki spektar aktivnosti će mu pomoći da bolje otkrije svoje interese i sklonosti, te ga usmjeriti ka daljnjem nastavku obrazovanja i budućem karijernom razvoju.

5.2 korištena sredstva i tehnologija

U ovom projektu predviđeno je da proizvod bude prijenosni, da prati koncentraciju plinova u stvarnom vremenu i ispisuje vrijednosti na ekran, te da zvučnim i svjetlosnim signalima daje informacije korisniku uređaja. Predviđeno je također da se za izradu koriste lako dostupni materijali i povoljno edukacijsko hardversko sklopovlje. Zbog toga su se rješenja zasnivala na *Arduino* razvojnoj platformi i MQ9 senzoru koji će učitavati podatke iz okoline, odnosno pratiti koncentraciju ugljičnog monoksida i zapaljivih plinova, te ih kao analogne signale slati mikroupravljačkom sklopu. Mikroupravljački sklop je

trebalo programirati tako da informacije dobivene sa senzora uspoređuje s dopuštenom razinom plina i u ovisnosti o vrijednostima šalje signal na svjetleću diodu i zujalo. Informacije na ekranu bi se osvježavale svake sekunde, istovremeno kad i signal sa senzora. U idućim poglavljima bit će opisane pojedine komponente hardverskog i softverskog djela realiziranog projekta.

5.3.1 Hardverske komponente – elementi i sklopovi

Za uspješnu realizaciju projekta učenici su koristili široko dostupne i cjenovno povoljne komponente koje se ističu po svojoj univerzalnoj funkcionalnosti. Glavne komponente koje su korištene u projektu su:

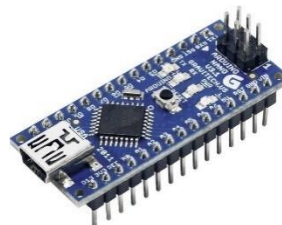
1. *Arduino Nano* razvojna pločica, koja je odabrana zbog svoje pouzdanosti, prilagodljivosti i malih dimenzija;
2. *Arduino Nano Controller Terminal* adapter koji omogućava jednostavnije povezivanje različitih senzora i komponenata s *Arduino Nano* razvojnom pločicom.
3. LCD zaslon s I2C modulom koji olakšava prikaz podataka i informacija o detekciji plinova na zaslonu.
4. MQ9 senzor, koji je ključan za precizno detektiranje opasnih plinova.
5. Baterijski izvor napona od 9V koji osigurava neovisnost uređaja o električnoj mreži.
6. Zujalica LEB1275 za dodatno upozorenje i signalizaciju.

Odabrane komponente udovoljavaju zahtjevima projekta jer funkcioniraju na naponu električne energije od 5V, imaju kompaktne dimenzije koje se lako uklapaju u kućište uređaja, te su cjenovno pristupačne i dostupne. Sve ove komponente zajedno čine ključnu infrastrukturu predviđenog uređaja (sklopa), omogućavajući pritom precizno i učinkovito detektiranje opasnih plinova te pružajući korisnicima pouzdane informacije o sigurnosti okoliša. Uz navedene komponente učenici su koristili i različite inačice dobavljenih ili vlastito dizajniranih kućišta, svjetleće diode, otpornike, sklopke, „slijepe“ tiskane pločice, regulator napona, te vodiče za međusobno spajanje elemenata i sklopova. U daljnjim poglavljima bit će opisane samo glavne komponente koje su učenici koristili za izradu detektora plina.

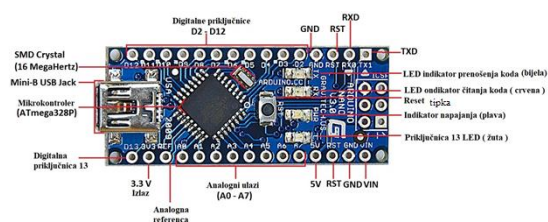
5.3.1.1 *Arduino* platforma

Arduino razvojna platforma je široki skup inovativnog sklopovlja tzv. otvorenog koda koji se temelji na pristupačnom hardveru te na relativno jednostavnim i prilagodljivim razvojnim sučeljima. Ova platforma stoga omogućuje stvaranje raznovrsnih elektroničkih

projekata bez obzira na predznanje polaznika (učenika), čineći je pristupačnom korisnicima koji se prvi puta susreću s *Arduinom*, ali i onima iskusnima. Središnju komponentu *Arduino* sklopovlja čini mikroupravljač, a najčešće korišten model je ATmega328. *Arduino* razvojne pločice u pravilu sadrže mikroupravljač, komunikacijsko sučelje za spajanje s računalom, digitalne ulazno-izlazne priključnice, analogne ulazne priključnice, te dodatne elektroničke komponente koje osiguravaju njegov ispravan rad i mogućnost spajanja raznih ulazno-izlaznih uređaja. Sklopovlje radi na naponu od 5V, a može se povezivati na vanjski izvor napona u rasponu od 6 do 20 V, iako se preporučuje održavati napon između 7 i 12V kako bi se izbjeglo prekomjerno zagrijavanje. Postoje različite verzije *Arduino* platforme s različitim brojem ulazno-izlaznih priključnica (pinova) i s različitim tehničkim karakteristikama. Stoga odabir odgovarajućeg modela i verzije ovisi o zahtjevima projekta. Najpoznatije verzije *Arduino* platforme uključuju *Arduino Nano* - kompaktna verzija (slika 1), *Arduino UNO* - srednje veličine i *Arduino Mega* - najveća verzija s najviše ulazno-izlaznih pinova. Postoje i brojne druge inačice *Arduino* razvojnog sklopovlja te brojna proširenja i dodatci.



Slika 1. *Arduino Nano* razvojna pločica (Internetski izvor)



Slika 2. Elementi *Arduino Nano* sklopa

Arduino Nano sklop (slika 1), kakav je korišten u projektu, temelji se na ATmega328P mikroupravljaču i ima 32 KB memorije, 20 digitalnih ulazno-izlaznih pinova (6 s PWM), 6 analognih ulaza, USB priključak, i reset-tipku (slika 2). Može se napajati naponom od 7 do 12V putem naponskog priključka, USB-om ili putem Vin priključnice. Pritom je važno koristiti vlastiti regulator napona kako biste izbjegli oštećenja pločice. *Arduino Nano* sklop funkcionira na frekvenciji od 16 MHz i ima sposobnost mirovanja za smanjenje potrošnje električne energije.

5.3.1.2 Arduino Nano Controller Terminal Adapter

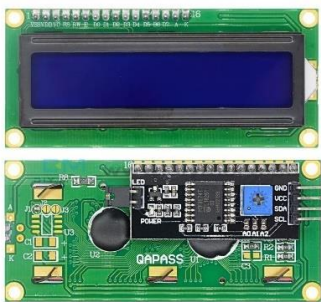
Arduino Nano Controller Terminal Adapter (slika 3) omogućuje jednostavno spajanje vanjskih vodova na priključnice (pinove) Arduino Nano razvojne pločice, bez potrebe za lemljenjem. Također dolazi s provrtima za jednostavno montiranje sklopa u kućištu ili na fiksnoj podlozi, što ga čini vrlo popularnim za realizaciju različitih projekata.



Slika 3. Arduino Nano Controller Terminal Adapter

5.3.1.3 LCD zaslon sa I2C modulom

LCD zaslon 16x2 prikazuje 16 znakova u dva retka. Za jednostavnije spajanje na Arduino, ali i kasnije programiranje, koristi se I2C sučelje koje eliminira potrebu za lemljenjem i smanjuje broj priključnica. Tako se primjenom I2C modula (sučelja), umjesto šest, koriste samo dvije priključnice za komunikaciju s Arduino, označene kao SCL i SDA, kao i priključnice za napajanje. I2C adresa modula može se konfigurirati od 0x20 do 0x27 kako bi se izbjegli konflikti s drugim I2C uređajima, a kontrast se može ručno prilagoditi. Ovaj sklop je kompatibilan s raznim Arduino modelima i napaja se izvorom napona od 5V. Izgled prednje i stražnje strane LCD zaslona s priključenim I2C modulom prikazan je na slici 4.



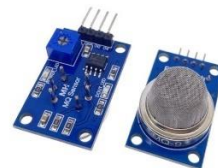
Slika 4. LCD zaslon sa I2C sučeljem (prednja i stražnja strana)

Osim smanjenja broja priključnica I2C modul olakšava i kasnije programiranje Arduino sklopovlja, što je osobito važno za osnovnoškolsku skupinu učenika. Naime, očekivano predznanje učenika osnovne škole iz elektroničkih sklopova i programiranja nije na razini koja osigurava njihovu samostalnu realizaciju složenih projektnih zadataka, zbog čega je potrebno koristiti primjerenija i jednostavnija rješenja. To ne znači da u skupini ili timu neće postojati učenici koji će moći samostalno riješiti i složenije probleme, ali nastavnik ne smije

pretpostaviti takvo okruženje, već treba složenost projekta prilagoditi svim učenicima.

5.3.1.4 MQ9 senzor

MQ9 senzor (slika 5) je poluvodički senzor s visokom osjetljivošću na ugljični monoksid, metan i ukapljeni zemni plin. Idealan je za detekciju različitih plinova koji sadrže CO i zapaljive plinove, pružajući povoljno i pouzdano rješenje za brojne primjene. Osjetljivi materijal MQ9 senzora je SnO₂, čija vodljivost opada na čistom zraku. Otkrivanje plinova događa se kroz cikluse promjene temperature, pri čemu je CO detektiran pri nižim temperaturama kada je grijač senzora napajan naponom od 1,5V, dok senzor reagira na metan, propan i druge plinove kada je temperatura senzora visoka i grijač napajan naponom od 5V. Prednosti MQ serije senzora su izvrsna osjetljivost na CO i zapaljive plinove, visoka osjetljivost na metan i propan, dug životni vijek, te pristupačna cijena. Ovaj senzor je jednostavan za integraciju u različite elektroničke sklopove te se često koristi u samogradnji i industrijskim detektorima plina. MQ9 senzor se sastoji se od mikro AL203 keramičke cijevi, sloja SnO₂ osjetljivog na dioksid, mjerne elektrode i grijača, a sve je smješteno u kućištu od polimera i nehrđajućeg čelika. Modul s MQ9 senzorom, kao što je vidljivo na slici 5, ima četiri pina od kojih se dva koriste za napajanje grijača, a dva za prijenos signala.



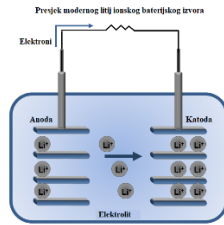
Slika 5. Stražnja i prednja strana modula s MQ9 senzorom

Tijekom realizacije projektne nastave i učenja učitelj, uz tehničke sadržaje, nužno treba integrirati sadržaje o vrstama i svojstvima opasnih plinova, njihovo pojavljivanje, te posljedice na ljudsko zdravlje. Ovdje važnu ulogu može odigrati partner iz „stvarnog svijeta“ koji učenicima treba predstaviti i pojasniti navedeno. To je važno u početnoj etapi projekta u kojoj je s učenicima potrebno raspraviti smisao i svrhovitost projekta. Na taj način se povezuju tehničke spoznaje s prirodoslovljem, ali i sa „stvarnim svijetom“ te tako podržava interdisciplinarnost projektnog učenja i nastave.

5.3.1.5 Baterijski izvor napona

Kako bi se osiguralo primjereno napajanje sklopovlja predviđeno je korištenje baterijskog izvora napona. Konkretno, 9V baterije s kapacitetom od 900 mAh.

Arduino je priključen na ovu bateriju preko 5V regulatora napona LM7805 putem GND i V_{IN} priključnica, koje zahtijevaju napon od 5V za ispravan rad. Moderni litij-ionski izvor napona, prikazan na slici 7, bio je jedan od ključnih elemenata implementacije projektnog rješenja, pružajući stabilno i pouzdano napajanje za *Arduino* sklop i druge komponente u sustavu. Litij-ionske baterije su popularne zbog svojeg visokog kapaciteta i trajnosti, čineći ih izvrsnim izborom za ovu svrhu.



Slika 6. Presjek litij-ionskog baterijskog izvora napona

5.3.1.6 Zujalica LEB 1275

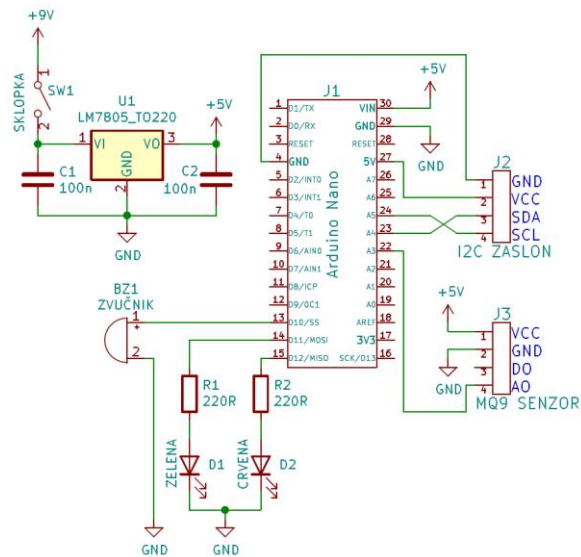
Za proizvodnju zvučnih signala u ovom projektu je korištena elektromagnetna zujalica LEB 1275. Ova zujalica se često primjenjuje u računalima, alarmima, igračkama, mobilnim uređajima i drugim sličnim uređajima. Radni napon ovog elektromagnetskog zvučnika iznosi 1.5V, a može generirati zvuk od impresivnih 85dB, uz mogućnost prilagodbe frekvencije na relativno nisku razinu. Oduka o izboru ovakve zujalice je tijekom realizacije prototipa donesena stoga jer se savršeno uklapa u svako kućište uređaja te ispunjava sve potrebe za proizvodnjom zvučnih signala.

Tijekom realizacije projekta u stvarnim školskim uvjetima nužno je odluke o izboru elemenata i sklopova koji će se koristiti prepustiti učenicima. Na taj način oni istražuju postojeća rješenja, uspoređuju svojstva različitih sustava i sklopova, uspoređuju rezultate vlastitih istraživanja sa zahtjevima planiranog rješenja, te tako nenamjerno uče. Učitelj pritom može davati sugestije, usmjeravati i prirediti izvore, ali ne smije odlučivati.

5.3.2 Spajanje elemenata i sklopovlja

Na slici 7 shematski je prikazano povezivanje komponenti u uređaju (detektoru) koji prati koncentraciju plinova u okolini. Iz sheme je vidljivo da je baterijski sklop za napajanje odvojen od ostatka uređaja, što je ovdje namjerno učinjeno. Uređaj, dakle, koristi baterijski izvor napona od 9V koji se uključuje i isključuje putem sklopke. Izvor je povezan na regulator napona LM7805 koji ulazni napon od 9V regulira na izlazni napon od 5V potreban za napajanje *Arduino* sklopa. To omogućava izvoru napona da bude

izravno spojen na priključnice GND (masa ili minus) i V_{in} (ulazni napon) na mikroupravljačkom sklopu. MQ9 senzor, koji se koristi za praćenje koncentracije plinova, također je napajan iz istog regulatora napona, kako bi izvor napona bio stabilan i pouzdan. Na uređaju se nalaze i svjetleće diode (LED) koje su zalemljene na pločicu. Uz svaku LE diodu je spojen otpornik od 220Ω. Ovi otpornici reguliraju jačinu svjetlosti i osiguravaju odgovarajući napon za ispravno funkcioniranje svjetlećih dioda. LCD zaslon je preko I2C međusklopa izravno povezan na *Arduino* razvojnu pločicu.



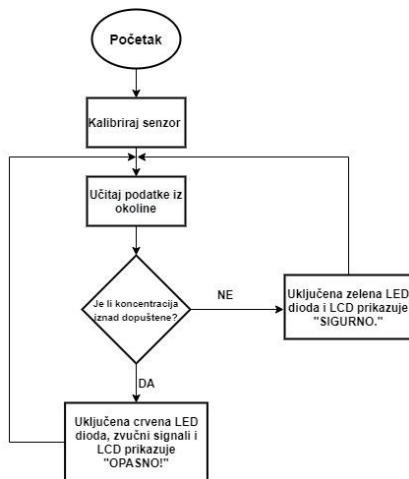
Slika 7. Shematski prikaz uređaja

Iako će se učeničke sheme spajanja, osobito tijekom etape razrade ideje, bitno razlikovati od ovdje predložene, učitelj treba učenike, prikazima parcijalnih rješenja i slikovnih zapisa tih rješenja (koji se nalaze i u materijalima za učenje), dovesti do toga da logika povezanih elemenata i sklopova te crteži elektroničkih elemenata i sklopa u konačnici rezultiraju tehnički prihvatljivom shemom. Takav shematski prikaz učenicima omogućava razumijevanje povezivanja komponenata i izvora napona u uređaju te način osiguranja stabilnog napajanja za sve komponente, uključujući senzor i svjetleće diode. Učenici pritom povezuju stvarne komponente s apstraktnim prikazima na shemi, što je važno za kognitivni razvoj u ovom složenom području.

5.3.3 Programsko rješenje uređaja

Među najsloženije parcijalne zadatke za učenike u ovakvom i sličnim projektima spada izrada programskog rješenja (kôda) koji će omogućiti funkcionalnost projektnog rješenja. Uz tehničke upute i demonstraciju povezivanja *Arduino* sklopa s računalom te osnovne upute za korištenje razvojnog

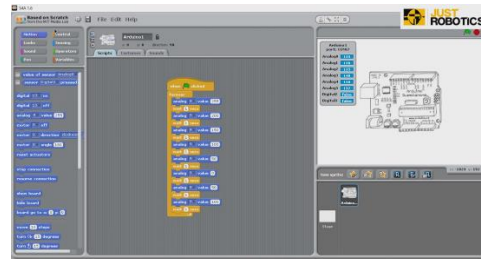
sučelja, učitelj u materijalima za učenje treba učenicima dati više parcijalnih rješenja koje učenici mogu logički povezati u cjelinu. To je izuzetno važan aspekt projekta jer omogućuje učenicima da implementiraju logiku i funkcionalnost uređaja prema vlastitim zahtjevima. Uspješnost realizacije ovog dijela projekta ovisi o predznanju učenika, ali i o njihovim sklonostima. Ipak, *Arduino* razvojna platforma ima široku razvojnu zajednicu te su javno dostupni brojni primjeri sličnih rješenja. Učitelj pažljivim biranjem poveznica (linkova) na takva rješenja, njihovim ugrađivanjem u materijale za učenje, te pozivanjem učenika na istraživanje tih materijala prije pristupanja osmišljavanju rješenja (primjenom npr. metode obrnute učionice), može postići to da učenici shvate logiku rada sklopa i implementiraju je u programsko rješenje. Pritom je u osnovnoj školi primjereno koristiti vizualno razvojno sučelje, npr. *Strach* (slika 9), a napredni timovi mogu koristiti izvorni *Arduino IDE*. Logika projektnog rješenja kreće od MQ9 senzora koji „prikuplja“ podataka o koncentraciji plinova u okolini uređaja. Podaci se dalje prenose na *Arduino* mikroupravljač radi analize i obrade te se prikazuju na LCD 16x2 zaslonu kako bi korisnici imali brz i jednostavan uvid u stanje okoline. Potom se za dobivenu vrijednost postavlja uvjet: ako je podatak dobiven iz senzora manji od određene vrijednosti uključuje se zelena svjetleća dioda i na zaslonu prikazuje tekst „SIGURNO“, a ako je vrijednost veća uključuje se crvena svjetleća dioda, zvučni signal, a na zaslonu se prikazuje tekst „OPASNO“. Slika 8 prikazuje dijagram tijeka, odnosno logiku, prema kojem treba izraditi programsko rješenje.



Slika 8. Dijagram tijeka programa za rad uređaja

U procesu realizacije projekta učenici su razvili i implementirali programski kôd koji upravlja funkcijom detektora, a struktura kôda detaljno je prikazana na slici 10. Komentari unutar programa pružaju opise i objašnjenja svih dijelova koda, što se očekuje i od

učenika kako bi pokazali razumijevanje cjelokupnog procesa izvršavanja programa.



Slika 9. *Scratch* razvojno okruženje

```

//učitavanje biblioteka
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>

//postavljanje pinova i zaslona
int crvena = 12;
int zelena = 11;
int alarm = 10;
int granica = 400;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup() {
//uključivanje zaslona
lcd.backlight();
lcd.init();
lcd.begin(16,2);
//postavljanje tipa pinova ulaz/izlaz
pinMode(crvena, OUTPUT);
pinMode(zelena, OUTPUT);
pinMode(alarm, OUTPUT);
}

void loop() {
//čitavanje vrijednosti senzora
float dim;
float RS_airs;
float RO;
float sensor;
//izračun srednje vrijednosti senzora
for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)
{
sensor = sensor + analogRead(A3);
}

//pretvorba očitavanja senzora u napon
sensor = sensor/100.0;
dim = sensor/1024*5.0;
RS_airs = (5.0-dim)/dim;
RO = RS_airs/9.9;

//ispisivanje vrijednosti na zaslonu
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("CO + 2F = ");
lcd.print(dim);

//uvjet ako je očitana vrijednost viša od postavljene
if (sensor > granica)
{
digitalWrite(crvena, HIGH); //paljenje crvene diode
digitalWrite(zelena, LOW); //gašenje zelene diode
tone(alarm, 2000); //uključiti alarm, 2000Hz
delay(1000); //zadrži radnju 1000ms
noTone(alarm); //isključiti alarm
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" OPASNO !"); //ispiši "OPASNO"
delay(100); //zadrži radnju 100ms
}

//uvjet ako je očitana vrijednost niža od postavljene
else
{
digitalWrite(crvena, LOW); //gašenje crvene diode
digitalWrite(zelena, HIGH); //paljenje zelene diode
noTone(alarm); //isključiti alarm
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" SIGURNO."); //ispiši "SIGURNO"
delay(100); //zadrži radnju 100ms
}
}
    
```

Slika 10. Programski kôd u *Arduino* razvojnom sučelju

Tijekom realizacije ovog dijela projekta nastavnik ne smije učenicima dati gotovo rješenje, već im samo demonstrirati fragmente i logiku programiranja kako bi lakše shvatili način programiranja mikroupravljačkog sklopovlja. Pritom je potrebno izdvojiti jednostavne primjere za *Arduino* sklop, za upravljanje svjetlećom diodom, zujalicom i zaslonom. Temeljem takvih primjera učenici potom povezuju tu logiku u složenije programsko rješenje za funkcioniranje uređaja. Zbog složenosti i apstraktnosti

ovog sadržaja te vrlo ograničenog vremena za realizaciju rješenja, primjeri i programsko rješenje se mogu realizirati i u platformi *Scratch* (slika 9). Riječ je o vizualnom razvojnom okruženju primjerenom učenicima osnovne škole, koju bi učenici ranije trebali koristiti te tako lakše shvatiti logiku programiranja mikroupravljačkog sklopovlja. Platforma *Scratch* vrlo dobro je usklađena s *Arduino* razvojnom platformom, što ujedno učenicima omogućava i lakše shvaćanje funkcioniranja i programiranja *Arduino* sklopovlja.

5. 4 Plan projektne nastave za projekt *Detektor opasnih plinova*

U nastavku su predloženi osnovni elementi plana projektne nastave za projekt *Detektor opasnih plinova*, koji učiteljima može poslužiti kao primjer i poticaj za vlastito planiranje projektne nastave. S obzirom da je projekt realiziran kao dio obvezne nastave, predloženo je i povezivanje ishoda učenja iz predmetnog kurikuluma s konkretnim ishodima učenja iz izvedbenog kurikuluma, koji su se ostvarivali tijekom projektne nastave (tablica 1).

Ishod iz kurikuluma	Operacionalizacija ishoda Učenik će moći ...
A. 8. 1. učenik crta i objašnjava shemu u elektrotehnici i elektronicima.	<ul style="list-style-type: none"> klasificirati različite vrste shema (blok shema, fizikalna shema, shema spajanja) u projektnoj dokumentaciji; imenovati elektroničke elemente prikazane simbolima na shemama koje je nacrtao tijekom projekta; nacrtati potrebne sheme za sastavljanje detektora opasnih plinova; objasniti kako funkcionira detektor opasnih plinova na shemi detektora.
B. 8. 3. učenik opisuje osnovna obilježja i primjenu električnog sklopa kojeg je sastavio.	<ul style="list-style-type: none"> opisati svojstva elektroničkih elemenata koje je koristio u projektnom rješenju; mjeriti električne veličine (napon, otpor, jakost struje) na sastavljanom sklopu detektora; navesti i objasniti primjenu detektora, korištenog sklopovlja i međusklopova u svakodnevnom životu i u poslovnim subjektima; sastaviti detektor opasnih plinova kojeg je osmislio u suradnji s drugim učenicima; navesti i objasniti mogućnosti za poboljšanja sastavljenog proizvoda i povezivanja s računalima; opisati svojstva poluvodičkih elemenata koje je koristio na projektu i obrazložiti izbor tih elemenata i drugih korištenih materijala.
B. 8. 4. učenik razmatra primjenu automatike s tehničkog, ekonomskog i društvenog stajališta.	<ul style="list-style-type: none"> opisati način rada detektora opasnih plinova i objasniti zašto je to automatski sustav; opisati ulogu i povezanost senzora i mikroupravljača u detektoru opasnih plinova; objasniti ulogu računala i računalnih sustava u razvoju vlastitog projektnog rješenja; izraditi i opisati programsko rješenje za upravljanje i funkcioniranje detektora opasnih plinova; obrazložiti ekonomske i društvene doprinose (prednosti i ograničenja) razvijenog detektora opasnih plinova.
C. 8. 1. učenik objašnjava dobrobiti električnih tvorevina, štetne	<ul style="list-style-type: none"> objasniti dobrobiti primjene detektora kojeg je izradio i <i>Arduino</i> razvojne platforme u odnosu na komercijalna rješenja; objasniti postupke pravilne uporabe i održavanja detektora opasnih plinova;

učinke na prirodni okoliš i pravilne postupke uporabe i održavanja.	<ul style="list-style-type: none"> opisati moguće štetne učinke na prirodni okoliš i mjere koje treba poduzeti nakon prestanka korištenja uređaja kojeg je izradio; odabrati i opisati postupke zbrinjavanja koji se mogu primijeniti za detektor opasnih plinova; istražiti i opisati utjecaj proizvodnje električnih tvorevina na okoliš; obrazložiti važnost energetske učinkovitosti na primjeru izrađenog detektora; obrazložiti ovisnosti čovjeka o električnim tvorevinama na primjeru detektora opasnih plinova; istražiti i objasniti važnost i ulogu novih tehničkih rješenja za razvoj društva.
C. 8. 2. učenik predstavlja posebnosti željenih zanimanja i uloge tehnike i tehnologije u tim zanimanjima.	<ul style="list-style-type: none"> istražiti i opisati poslove zanimanja koja su povezana s aktivnostima na projektu koristeći se ITK-om; istražiti i izvijestiti o potrebi za zanimanjima povezanim s projektom u užoj okolini; ustanoviti i opisati ulogu tehnike i tehnologije u zanimanjima koje je istražio; prezentirati istražene podatke tijekom predstavljanja projektnog rješenja uporabom IKT-a.

Tablica 1. Povezivanje ishoda učenja iz predmetnog kurikuluma s ishodima učenja iz projekta

Iz tablice je vidljivo da se većina ishoda učenja iz predmetnog kurikuluma uspješno može povezati i ostvariti tijekom projektne nastave.

Predloženo je i makro-plan (tablica 2), kao strateški okvir ili plan visoke razine koji definira ključne faze i glavne aktivnosti projekta. Ovaj plan pomaže organizirati i usmjeriti provedbu projekta te omogućuje jasno razumijevanje svih važnih koraka koje treba poduzeti kako bi se projekt uspješno završio (Briševac i Purković, 2020).

Ujedno je prikazan i mikro-plan (tablica 3) kao detaljna razrada aktivnosti i koraka koje će učitelj i učenici poduzeti kako bi ostvarili ciljeve projekta. Ovaj plan omogućuje precizno usmjeravanje i upravljanje svakim aspektom projekta te olakšava praćenje napretka i ostvarivanje planiranih ishoda učenja. Osim toga, mikro plan obično uključuje definiranje uloga i odgovornosti svih sudionika u projektu, određivanje resursa potrebnih za svaku aktivnost te daje vremenski okvir za izvršavanje zadataka. Važno je napomenuti da se stvarna provedba projekta može razlikovati od onoga što je zapisano u mikro-planu, jer se prilagodbe često moraju napraviti kako bi se odgovorilo na promjenjive situacije ili potrebe učenika. Učitelj s vremenom stječe iskustvo koje ga bolje priprema za izradu preciznijih i učinkovitijih mikro-planova, uzimajući u obzir specifičnosti svojih učenika i projekata (Briševac i Purković, 2020). Stoga je važno ponoviti da se stvarna provedba projekta može razlikovati od onoga što je zapisano u mikro-planu, jer se prilagodbe često moraju napraviti tijekom realizacije projekta kako bi se odgovorilo na promjenjive situacije ili potrebe učenika.

ETAPE					
	DOGOVOR (izgled i funkcionalnost)	RAZRADA IDEJE (skiciranje i dimenzioniranje)	PLANIRANJE	IZRADA I SASTAVLJANJE	PREDSTAVLJANJE
AKTIVNOSTI	Upoznavanje s Problemom i zahtjevima	Usklađivanje zahtjeva s dostupnim resursima i ograničenjima	Priprema potrebnih materijala i sredstava za rad	Izrada potrebnih elemenata prema crtežima	Demonstracija i prezentacija prototipa detektora opasnih plinova
	Istraživanje i proučavanje mogućih rješenja	Izrada idejnog rješenja proizvoda	Raspodjela poslova međuučenicima	Sastavljanje dijelova i elektroničkih sklopova u funkcionalnu cjelinu	Predstavljanje dokumentacije projektnog rješenja
	Izbor materijala, pribora i alata	Izrada skica, crteža i shema potrebnih za izradu modela	Izrada vremenskog plana aktivnosti	Programiranje mikroupravljačkog sklopa	Diskusija i refleksija, davanje povratnih informacija učenicima-evaluacija postignuća

Tablica 2. Makro-plan projektne nastave za projekt *Detektor opasnih plinova*

	DOGOVOR	RAZRADA IDEJE	PLANIRANJE	IZRADA I SASTAVLJANJE	PREDSTAVLJANJE
Što?	upoznavanje s potrebama (plinovi, opasnosti, detektor) dogovor o temi projekta formuliranje ciljeva projekta istraživanje postojećih detektora i sustava detekcije izbor sredstava prikladnih za izradu prototipa detektora	istraživanje različitih izvedbi detektora izbor materijala, elemenata, sklopova i dostupnih resursa idejni izgled rješenja - omjeri i veličine s obzirom na materijale i sredstava dimenzije modela dijelova (skice) električna shema uređaja (blok shema)	vremenski plan projekta podjela poslova i zadataka predviđanje materijala i sredstava za izradu troškovnik materijala i sredstava planiranje izrade operacijski i instrukcijski list	izrada mehaničkih dijelova izrada međusklopa sastavljanje sklopa programiranje mikroupravljačkog sklopa	predstavljanje projekta demonstracija funkcionalnosti individualno predstavljanje pojedinih etapa rada rasprava i refleksija – vrednovanje proizvoda, cjelokupnog rada na projektu i dokumentacije
Kako?	razgovor o problemu, zahtjevima i ograničenjima projekta proučavanje materijala međusobno dogovaranje	razgovor o mjerilu i veličini modela izrada idejne skice modela mjerenje elemenata i sklopova izradom skica i crteža modela izrada elektroničke sheme modela	dogovor o vremenu i načinu rada dogovor o raspodjeli poslova izrada troškovnika istraživanje dostupnih sredstava	primjena postupaka obrade materijala demonstracija sigurne uporabe alata i pribora - nastavnikovo pokazivanje logike programiranja sklopovlja suradničko sastavljanje i programiranje sklopova	skupna prezentacija projekta skupna demonstracija funkcionalnosti individualna prezentacija pojedinih faza rada predstavljanje projektne dokumentacije iznošenje problema, izazova i mogućih poboljšanja
Gdje?	učionica	učionica	učionica i/ili radionica	školska radionica	Učionica
Kada?	siječanj	siječanj	veljača	veljača/ožujak	travanj
Tko?	učenici, učitelj i partner	učenici i učitelj	učenici	učenici	učenici, učitelj i partner
S čim?	prezentacija o opasnim plinovima, sigurnosti i potrebama uz pomoć računala i interneta slike gotovih detektora opasnih plinova	pripremljeni materijali za učenje i istraživanje pribor za tehničko crtanje program za računalno oblikovanje (AutoCAD i sl.) Internet i platforma za komunikaciju i razmjenu sadržaja	upute za planiranje ogledni primjer troškovnika računala, internet i platforma za komunikaciju i razmjenu sadržaja	materijali (metal, vijci, matice, polimeri,...) – ručni alat i pribor za obradu materijala senzor opasnih plinova elektroničke komponente i vodiči mikroupravljački sklop zaslon s pripadajućim međusklopom baterijsko napajanje <i>Arduino</i> razvojna platforma	pripremljena prezentacija pripremljena metodologija demonstracije proizvoda pripremljena individualna izlaganja pripremljena projektna dokumentacija
Zašto?	zbog poticaja učenika na rješavanje problema zbog davanja smisla i značenja projektu	zbog poticaja na kreativnosti, timskog rada zbog upoznavanja oblikovanja i konstruiranja proizvoda zbog razvoja vještina tehničkog crtanja i korištenja CAD alata	zbog razvoja organizacijskih sposobnosti zbog upoznavanja tehnologije izrade zbog razvoja komunikacijskih i suradničkih vještina	zbog upoznavanja sredstava i tehnologije obrade materijala zbog upoznavanja svojstava materijala zbog razvoja suradničkih kompetencija zbog razvoja vještina sigurne uporabe strojeva, alata i pribora za obradu materijala zbog upoznavanja elektroničkih elemenata i sklopovlja zbog upoznavanja mikroupravljačkog i automatskog sklopovlja	zbog razvoja prezentacijskih vještina učenika zbog razvoja kritičkog i kreativnog razmišljanja zbog razvoja samopouzdanja u javnom izražavanju i sposobnosti odgovaranja na pitanja zbog razvoja vještina samovrednovanja

Tablica 3. Mikro-plan projektne nastave za projekt *Detektor opasnih plinova*

6 Izazovi i ograničenja provedbe projektne nastave

Tijekom realizacije opisanog projekta autori su se susreli sa vrlo sličnim problemima i izazovima s kojima su se suočili tijekom realizacije projektne nastave u visokoškolskoj nastavi, unatoč načelno velikoj razlici u dobi, razini usvojenih znanja i vještina te u stupnju maturacije.

Prvi izazov se odnosio na vrijeme koje je učenicima bilo potrebno za adaptaciju i navikavanje na način rada koji se bitno razlikuje od uobičajenog, a koji se odnosi na samostalno istraživanje, međusobno dogovaranje i suradnju, te na veliki stupanj slobode u radu. U pravilu je i učenicima i studentima trebalo dvostruko više vremena od predviđenog dok se potpuno nisu navikli na ovakav način rada. Može se samo pretpostaviti da su razlozi za to u njihovom dotadašnjem pasivnom položaju u nastavi te u provođenju uglavnom individualnih zadataka koji su izvan konteksta njihova života ili njima dokučivog „stvarnog svijeta“. Razlog za to može biti i u diktiranim ili obvezujućim suradničkim aktivnostima (kada ih učitelji na neki način prisiljavaju na rad u skupini), što kod većine učenika i studenata izazove odbojnost prema takvom radu.

Drugi izazov se odnosio na diktirano vrijeme u kojem se realiziraju predviđene aktivnosti. Naime, kod većine učenika takvo, vrlo ograničeno vrijeme, pojačava razinu stresa koja učenike može privremeno ubrzati, ali izazvati brojne greške i, u konačnici, umanjiti njihov angažman, „radost stvaranja“ i uspjeh projekta. Pritom učenici i studenti često iskazuju interes za mogućnost dolaska u vrijeme koje im više odgovara te za ostanak na aktivnostima dulje od predviđenog vremena. Takve mogućnosti uglavnom motiviraju učenike, umanjuju stresne čimbenike, te povećavaju njihov angažman na projektu. Slična zapažanja uočena su tijekom drugih istraživanja projektne nastave (Bédard i sur., 2012).

Treći izazov se odnosio na prostor u kojem se provode aktivnosti. Naime, projektne nastave i nastava je nešto za što treba osigurati kontinuitet izvođenja. Drugim riječima, pri svakom susretu je trebalo sve pripremiti za rad te na kraju sve to spremi, što je vrlo zamorno, demotivirajuće za učenike i učitelja, te predstavlja gubljenje dragocjenog vremena. To je, na žalost, često uvjetovano korištenjem prostora kojega koristi više učitelja za različitu nastavu, što je i inače za nastavu tehničke kulture nedopustivo i neprimjereno. Zbog toga bi učenicima tijekom realizacije projektne nastave trebalo osigurati mogućnost da nesmetano nastave rad tamo gdje su stali na prethodnom susretu. Iako to može biti zahtjevno,

nije neizvedivo, jer današnje mogućnosti modularnog opremanja školskih prostora i radnih mjesta učenika to omogućuju, uz prihvatljiv trošak za školu i/ili obrazovne vlasti.

Posljednji izazov, s kojim se primarno učitelj treba suočiti i nositi, odnosio se na gubitak kontrole (ili osjećaj gubitka kontrole) nad procesom učenja i aktivnostima učenika. Naime učenici, kao i studenti, puno bolje surađuju, razmjenjuju ideje i sadržaje, te pronalaze rješenja ako koriste vlastite načine i tehnologije za međusobnu komunikaciju i razmjenu sadržaja. Učitelj ne smije biti dio toga, jer bi njegovo sudjelovanje uvelike poremetilo učeničku vršnjačku komunikaciju, usporilo procese učenja i istraživanja te u konačnici bilo kontraproduktivno. Slični nalazi po ovom pitanju mogu se pronaći i u drugim istraživanjima projektne nastave (Purković i Prihoda Perišić, 2020).

Iako je opisan projekt proveden s učenicima koji nisu bili prethodno pripremljeni za to, koji nisu posebno birani s obzirom na sklonosti prema tehnici, te se provodilo sličnom vremenskom dinamikom kao nastava u školi, ipak se radilo o manjoj skupini učenika izdvojenoj iz tipičnog školskog konteksta. S tim su povezana i glavna ograničenja primjene ovog i sličnih projekata u stvarnim školskim uvjetima, poput izostanka stvarne ocjene, diskontinuiteta nastave, te različitih čimbenika koji mogu ometati učenike i učitelja u stvarnoj nastavi. No, namjera ovog rada nije bila istražiti izvedivost projekta u stvarnim školskim uvjetima, niti provedba bilo kakvog znanstvenog istraživanja, već samo učiteljima približiti projektne nastave i nastavu te ih potaknuti i ohrabriti za implementaciju takvog učenja u vlastitu nastavu.

7 Zaključak

U današnjem svijetu, tehnologija i inovacije mijenjaju način na koji živimo, radimo i učimo, pri čemu tehničko obrazovanje postaje neizostavna komponenta osnovnoškolske nastave koja treba osnažiti učenike da se suoče s izazovima takvih promjena. Jedan od izazova se pritom odnosi na to kako pripremiti i osposobiti mlade naraštaje za uspješno snalaženje u tehničko-tehnološkom okruženju, za rješavanje problema, prihvaćanje različitosti i suradnje s drugima, za kritičko razmišljanje te za razumijevanje značaja i važnosti tehnike i tehnologije za osobni, društveni i gospodarski razvoj. Ovaj izazov se pokazuje osobito važnim za učenike u ranom razvoju, odnosno u osnovnoškolskom odgoju i obrazovanju, zbog čega je tehnička kultura u fokusu ovog rada. Izazov također predstavlja i to kako potaknuti i ohrabriti učitelje na promišljanje i primjenu različitih

nastavnih strategija i pristupa u vlastitoj nastavi, među kojima je za tehničko područje nastave najvažnije projektno učenje i nastava.

Zbog toga su u ovom članku opisani razlozi, polazišta, načini, te je predstavljen primjer kako se *PjBL* može primijeniti i integrirati u nastavu tehničke kulture. Iz predočenog se može zaključiti da se problemsko učenje i nastava može implementirati u nastavu tehničke kulture, ali da je pritom važno shvatiti i uvažiti kriterije koji *PjBL* razlikuju od sličnih nastavnih strategija i pristupa. Također se može zaključiti da implementacija *PjBL*-a traži od učitelja, učenika i partnera škole angažman, te da učitelj mora takvu nastavu uskladiti s ishodima iz predmetnog kurikulumu, sadržajno se pripremiti, te pažljivo planirati projektnu nastavu. Ipak, učitelj treba imati na umu da su učenici u središtu takve nastave te da u stvarnoj nastavi oni trebaju odabrati temu, razraditi ideju, planirati i organizirati vlastiti rad, te ostvariti i predstaviti vlastito rješenje. Učitelj je primarno tu u ulozi moderatora i facilitatora, dok je partner važna poveznica sa „stvarnim svijetom“. Primjer projekta koji je ovdje predstavljen bio je prilika učenicima osmog razreda da steknu dublje razumijevanje tehnike i tehnologije, da se aktivno uključe u proces učenja i preuzmu odgovornost za vlastito učenje, pri čemu su suradnja među učenicima i timski rad postali ključni elementi. Ovakav i slični projekti nisu smo važni sa stajališta tehničkih znanja i vještina, već su i prilika za poticanje interesa za prirodne znanosti i matematiku, što zajedno s tehnikom i tehnologijom čini tzv. STEM područje. Uvođenje ovakvih projekata u kurikulum tehničke kulture ujedno može potaknuti željenu inovativnost i kreativnost u ovom nastavnom području, a zasigurno može i povećati interes učenika za tehničkim zanimanjima i studijima. Naravno da implementacija projekta može biti izazovna za učitelje, ali istovremeno nudi priliku za usavršavanje kreativnih i inovativnih načina poučavanja, za usavršavanje organizacijskih vještina, te za iznalaženje uspješnijih načina i postupaka kojima će motivirati učenike za aktivno sudjelovanje u nastavi.

Iako se ovdje predstavljeni primjer odnosi na obveznu nastavu Tehničke kulture, zasigurno će svoju primjenu bolje pronaći u različitim inačicama izvannastavnih i izvanškolskih aktivnosti u području tehničke kulture. Naime, zbog zaista male satnice obvezne nastave te pritiska na učitelje i učenike po pitanju ostvarivanja ishoda učenja u predviđenom vremenu, u izvannastavnim i izvanškolskim aktivnostima se takvi stresni čimbenici mogu umanjiti, što će zasigurno poboljšati angažiranost i upornost (ustrajnost) učenika. Ipak, možda bi najbolji način za realizaciju *PjBL*-a u tehničkoj kulturi

predstavljala neka inačica izborne nastave, koju učitelji tehničke kulture očekuju već tri desetljeća.

Literatura

- Alajbeg, A., Kozina, M., Marangunić, N. (2021). Primjene timske i projektne nastave u tehničkoj kulturi.) Stručni rad. *Varaždinski učitelj – digitalni stručni časopis za odgoj i obrazovanje*, 4(5), 5-14. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/246211>
- Ardies, J., De Maeyer, S., Gijbels, D. (2013). Reconstructing the Pupils Attitude Towards Technology-survey. *Design and Technology Education: an International Journal*, 18(1), 12.
- Arduino Introduction*. Dostupno na: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> (01.09.2023.).
- Barlex, D. (2015). Developing a Technology Curriculum. U: P. J. Williams et al. (eds.), *The Future of Technology Education, Contemporary Issues in Technology Education*. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-287-170-1_8
- Bédard, D., Lison, C., Dalle, D., Côté, D., Boutin, N. (2012). Problem-based and Project-based Learning in Engineering and Medicine: Determinants of Students' Engagement and Persistence. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2). DOI: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1355>
- Bezjak, J. (2009). *Contemporary forms of pedagogic – PUB – BJ*. Klagenfurt: LVM
- Blumenfeld, P., Fishman, B. J., Krajcik, J., Marx, R. W., Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35(3), 149–164. DOI: https://doi.org/10.1207/S15326985EP3503_2
- Briševac, M., Purković, D. (2020). Primjena učenja temeljenog na projektima u nastavi tehničke kulture. *Politehnika*, 4 (2), 25-37 DOI: <https://doi.org/10.36978/cte.4.2.3>.
- de Vries, M. (2009). *The developing field of technology education: an introduction International handbook of research and development in technology education* (str. 2-9): Rotterdam: Sense publishers.
- Doppelt, Y. (2003). Implementation and Assessment of Project-Based Learning in a Flexible Environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 13, 255–272

- (2003). DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1026125427344>.
- Frost, A., A. (2014). *Synthesis of Knowledge Management Failure Factors*. <http://www.knowledge-management-tools.net/failure.html> (14.12.2016.)
- García, L.M., Roblin, N.P. (2008). Innovation, research and professional development in higher education: Learning from our own experience. *Teaching and Teacher Education: An International Journal of Research and Studies*, 24(1), 104-116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2007.03.007>
- Garmaz, J. (2006). Izazovi hnos-a: projektna nastava u vjeronauku. *Crkva u svijetu*, 41 (2), 166-191. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/23630>.
- Habok, A. (2015). Implementation of a project-based concept mapping developmental programme to facilitate children's experiential reasoning and comprehension of relations. *European Early Childhood Education Research Journal*, 23(1), 129-142, DOI: <https://doi.org/10.1080/1350293X.2014.991100>.
- Henan Hanwei Electronics Co. *MQ-9 Semiconductor Sensor for CO/Combustible Gas*. Dostupno na: <https://www.haoyuelectronics.com/Attachments/MQ-9/MQ9.pdf>
- Jelić, J., Kovačević, S., Purković, D. (2023). Zadovoljstvo poslom i profesionalno sagorijevanje učitelja tehničke kulture. *Školski vjesnik*, 72(2), 128-141. DOI: <https://doi.org/10.38003/sv.72.2.8>
- Kaldi, S., Filippatou, D., Govaris C. (2011). Project-based learning in primary schools: Effects on pupils' learning and attitudes. *Education*, 3-13 39(1), 35-47.
- Kiper, H. i Mischke, W. (2008). *Uvod u opću didaktiku*. Zagreb: Educa.
- Kan, S., Zeki Saka, A. (2021). The Comparison of Problem Based and Project Based Learning Methods in Physics Teaching. *Croatian Journal of Education*, 23(3), 731-765. DOI: <https://doi.org/10.15516/cje.v23i3.3570>
- Kelley, T., Kellam, N. (2009). A Theoretical Framework to Guide the Re-Engineering of Technology Education. *Journal of Technology Education* 20 (2).
- Kokotsaki, D., Menzies, V., Wiggins, A. (2016). Project-based learning: a review of the literature. *Improving schools*, 19 (3), 267-277.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kolmos, A., de Graaff, E. (2014). Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering Education: Merging Models. U: Johri A, Olds B.M. (eds). *Cambridge Handbook of Engineering Education Research* (str. 141-160), Cambridge University Press, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139013451.012>
- Kovačević, S. (2012). *Kurikulumska matrica tehničkih kompetencija u odgoju i općem obrazovanju*. Doktorski rad. Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Kovačević S., Purković D., Pivac J. (2022). Nastava Tehničke kulture na daljinu tijekom pandemije bolesti COVID-19 – smjernice za budućnost. U: A. Zovko, N. Vukelić i I. Miočić (eds.), *Prema postpandemijskom obrazovanju: kako osnažiti sustav odgoja i obrazovanja?* (str. 212–231). Rijeka: Filozofski fakultet Sveučilište u Rijeci.
- Lipika, G., Pooja A., Rajnish, S., Madhu C. (2015). Project based Learning - an Enhanced Approach for Learning in Engineering. U Natarajan, R. (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Transformations in Engineering Education ICTIEE 2014*, Springer, 2015 (ISBN 978-81-322-1931-6).
- Matijević, M. (2008). Projektno učenje i nastava. U: Drandić, B. (ur.) *Nastavnički suputnik*. Zagreb: Znamen, str. 188-225.
- Matijević, M., Radovanović D. (2011). *Nastava usmjerena na učenika*. Zagreb: Školske novine.
- Meyer, H. (2002). *Didaktika razredne kvake*. Zagreb: Educa.
- Milat, J. (1996). Tehnička kultura bitna je odrednica sustava obrazovanja. *Društvena istraživanja*, 1(21), 109-128.
- Milat J. (2002). *Metodika radno-tehničkog područja*. Split: FPMZiOP.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology: The path between engineering and philosophy*. Chicago: Chicago University.
- NN 7/2019 (2019). *Odluka o donošenju kurikulumu za nastavni predmet Tehničke kulture za osnovne škole u Republici Hrvatskoj*. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_161.html (12.07.2020.)

- NSTC (2013). *Federal Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education 5-year strategic plan: A Report from the Committee on STEM Education National Science and Technology Council*. Preuzeto s https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf
- Prince, M.J., Felder R.M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2): 123-138.
- Purković, D. (2015). *Realiteti tehničke kulture*. Rijeka: Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci.
- Purković, D., Bezjak, J. (2015). Kontekstualni pristup učenju i poučavanju u nastavi temeljnog tehničkog odgoja i obrazovanja, *Školski vjesnik*, 64(2015),1, 131-152.
- Purković, D. (2016). *Elementi kontekstualnog pristupa učenju i poučavanju kao čimbenici uspješnosti nastave tehničke kulture* (doktorski rad). Split: Prirodoslovno-matematički fakultet u Splitu.
- Purković, D., Kovačević, S. (2017). Problemi i izazovi profesionalizacije učitelja i nastavnika tehničkog nastavnog područja u Hrvatskoj. *Politehnika*, 1(1), 17–43.
- Purković, D., Suman, D., Jelaska, I. (2020). Age and gender differences between pupils' preferences in teaching general and compulsory technology education in Croatia. *International Journal of Technology and Design Education*, 17, 234, 19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09586-x>
- Purković, D., Prihoda Perišić, M. (2020). Differences in the Students' Achievements between Traditional and Project-based Learning of Basic Engineering Competencies: A Quasi-experimental Study. U: Skala, K. (ur.) *2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*. Opatija, Hrvatska udruga za informacijsku i komunikacijsku tehnologiju, elektroniku i mikroelektroniku - MIPRO, str. 1514-1519. DOI: <https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245303>.
- Purković, D. (2022). Analiza preferencija učenika osnovne škole prema budućem karijernom razvoju u tehnici i tehnologiji. *Politehnika*, 6(2), 8-17. DOI: <https://doi.org/10.36978/cte.6.2.1>
- Purković, D., Kovačević, S., Runko Luttenberger, L. (2022a). Attitudes of Croatian Pupils on the relationship of Environmental Issues and Sustainable Development with Technology and Engineering. *International journal of technology and design education*. doi:10.1007/s10798-022-09779-6.
- Purković, D., Delač, D., Kovačević, S. (2022b). Interesi učenika osnovne škole za izbornu nastavu tehničke kulture i školske aktivnosti u Hrvatskoj. *Metodički ogledi*, 29 (1), 167-189. <https://doi.org/10.21464/mo.29.1.6>
- Purković, D. (2024). Demystifying Technology as the Basis of Education for Sustainability. In: Hufnagel, L. (ed.), *Globalization and Sustainability - Ecological, Social and Cultural Perspectives*. IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004517>
- Rašić, M. (2022). Projektna nastava u suvremenoj školi – stara inovacija. *Časopis za odgojne i obrazovne znanosti Foo2rama*, 6 (6), 89-99. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/299826>
- Ropohl, G. (1997). Knowledge Types in Technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 65-72.
- Synteta, P. (2002). *Project-Based e-Learning in higher education: the model and the method, the practice and the portal*. (PhD proposal), Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Université de Genève. https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Synteta_proposal_2002_full.pdf (15.02.2020.)
- Stewart, R. A. (2007). Investigating the link between self-directed learning readiness and project-based learning outcomes: the case of international Masters students in an engineering management course. *European Journal of Engineering Education*, 32(4), 453-465.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: Autodesk Foundation.
- Visković, I. (2016). Projektna nastava kao područje unaprjeđenja kvalitete škole. *Školski vjesnik*, 65 (Tematski broj), 381-391. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/160230>
- Zovko, A., Vukobratović, J. (2021). Pristup nastavi kroz projektno učenje. Preuzeto s <https://epale.ec.europa.eu/hr/resource-centre/content/pristup-nastavi-kroz-projektno-ucenje>

Project-based learning in technical culture lessons: the "Dangerous gas detector" project

Abstract

The development of the economy and the sustainability of any country are closely linked to the progress of technology and the development of technical education. Technical and technological knowledge is very diverse and is characterised by rapid and unpredictable dynamics that require constant adaptation in order to achieve the objectives of education and training. To successfully meet these challenges, modern educational methods involve a contextualised approach that promises practical learning and the application of knowledge in the context of students' lives and actions. One of the very effective strategies of this approach is project-based learning (PjBL), which can play a key role in the curriculum where students develop technical competences. However, despite numerous benefits, the implementation of project-based learning can encounter various challenges

that often demotivate teachers when implementing PjBL. The aim of this article is therefore to explain the importance and significance of project-based learning, but also to encourage teachers and make it easier for them to implement PjBL in their own classrooms. The paper therefore gives an overview of the theoretical foundations and the contribution of project-based learning to the development of students' technical skills, especially in the context of teaching technical culture. At the same time, it analyses the technological changes that are shaping the curriculum and educational needs and presents a concrete example of the implementation of a project aimed at eighth grade primary school students. The aim of this type of learning is not only to inform students, i.e. to acquire knowledge, but also to encourage their creativity, their ability to find practical solutions and to work in the world of engineering and technology, as well as the individual development of each student according to their abilities and preferences.

Keywords: *dangerous gas detector; PjBL; project-based learning; technical culture; technology education.*