

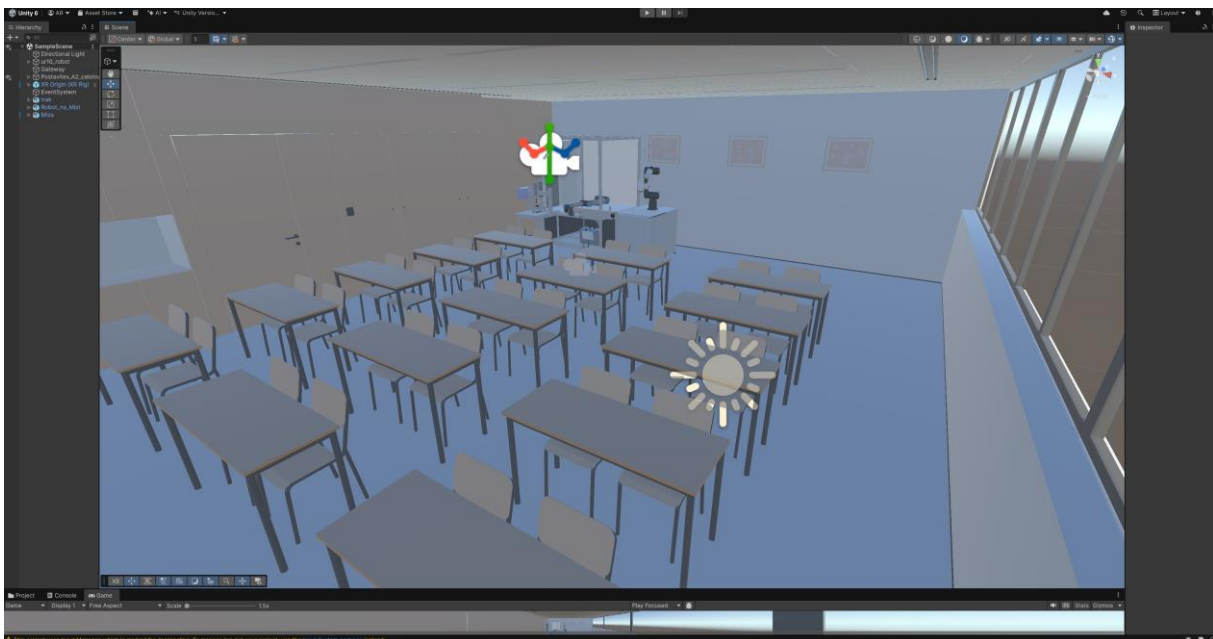
Digitalni dvojček: most med virtualnim in realnim učenjem na ŠC Slovenske Konjice – Zreče

Na Šolskem centru Slovenske Konjice – Zreče že skoraj desetletje sistematično uvajamo napredne digitalne tehnologije in s tem postavljamo temelje za enega najbolj obetavnih didaktičnih pristopov: digitalni dvojček. Naša pot se je začela leta 2017 z uvedbo virtualne resničnosti, leto kasneje pa so učenci s tehnologijo XR ustvarili virtualni model nove šolske stavbe. Danes so se ti začetni koraki razvili v celovit učni ekosistem, ki povezuje virtualna in fizična učna okolja ter omogoča globlje razumevanje sodobnih industrijskih procesov.

V središču našega razvoja je prehod iz Industrije 4.0, ki poudarja avtomatizacijo, v Industrijo 5.0, kjer imajo ljudje osrednjo vlogo soustvarjalcev tehnologije. Ta premik se neposredno odraža v učnem procesu. Kjer je bilo izobraževanje nekoč osredotočeno predvsem na pridobivanje znanja, zdaj poudarjamo razvoj kompetenc, kot so reševanje kompleksnih problemov, kritično mišljenje in sodelovanje s tehnologijo. Digitalni dvojček – virtualna kopija fizičnega sistema – omogoča prav to vrsto učenja in učencem omogoča neposredno interakcijo s simuliranimi, a realističnimi procesi.

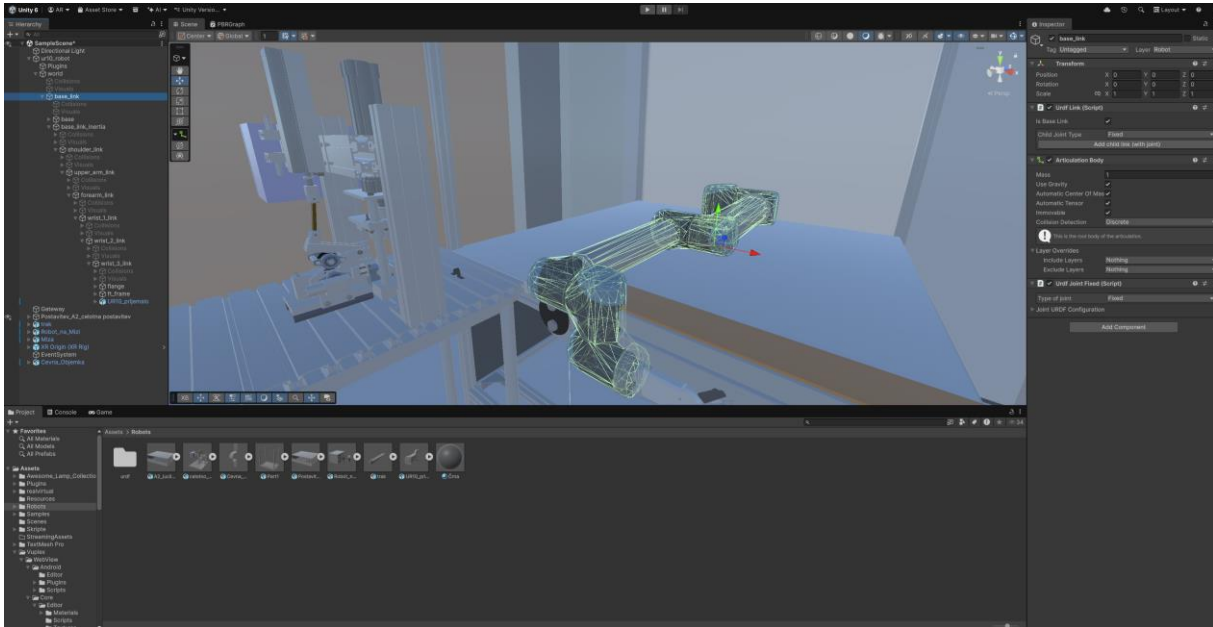
Razvoj VR vsebin in digitalnega dvojnika temelji na postopni integraciji napredne opreme in visoko strokovnega znanja. Pomemben mejnik je bila nabava opreme in uvajanje naprednih tehnologij kot npr. robotike s kolaborativnim robotom UR 10 in ABB GoFa, CAD-CAM-CNC tehnologije s Creom, Solidworksom ter CNC stružnico in CNC frezalnim strojem ter dodatne tehnologije z industrijskim 3D tiskalnikom. Te tehnologije so tvorile temelj za realizacijo uspešnih projektov od IDEJE → ZASNOVE → KONSTRUKCIJE → IZDELAVE → UPORABE vendar so za razvoj VR vsebin in DT potrebna tudi širša interdisciplinarna znanja kot npr. napredna programerska znanja v okolju Unity ali Unreal Engine, kjer se digitalni model povezuje z realnim s skripti in algoritmi umetne inteligence za simulacijo, optimizacijo in predvidevanje obnašanja sistema. Ta znanja smo na zavodu vključili preko Odprtega kurikula – modula Programiranje ULab in preko rednih izobraževalnih modulov, kjer udeleženci spoznavajo še en pomemben gradnik digitalnega dvojčka - industrijska komunikacijska omrežja in protokole, kot so Ethernet/IP, Profinet in za DT predvsem pomembno OPC UA. slednji omogoča standardizirano, varno in razširljivo izmenjavo podatkov med digitalnim dvojčkom in realnim sistemom.

Digitalni dvojček, ki je trenutno v razvoju, natančno odraža delovanje fizičnega robota in njegovih perifernih naprav.



Slika 1: Učilnica s postavljenim robotsko celico v Unity.

Sistem temelji na dvosmerni povezavi med resničnim in virtualnim okoljem, kar omogoča spremljanje procesov v realnem času – bodisi prek računalnika, VR-očal ali neposredno na fizični napravi. Ta integracija zagotavlja zelo realistično simulacijo, ki študentom omogoča analizo gibov, optimizacijo postopkov in preizkušanje različnih scenarijev brez tveganja poškodbe opreme.



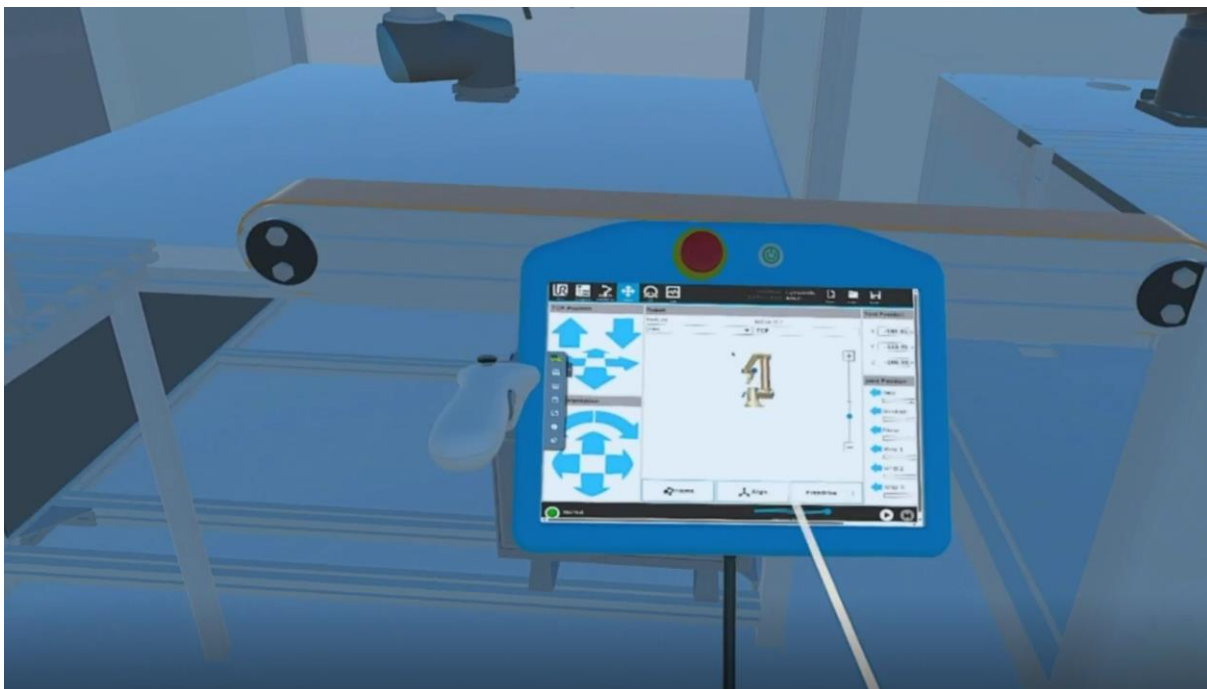
Slika 2: Upogibalna naprava za izdelavo cevnih objemk in robotska celica z UR 10 za manipulacijo z materialom v Unity.

Praksa v tehnoloških in industrijskih okoljih kaže, da lahko digitalni dvojčki znatno izboljšajo zanesljivost napovedi vedenja sistemov in optimizacijo procesov v primerjavi s tradicionalnimi simulacijskimi pristopi, kar poudarja njihovo potencialno uporabnost v izobraževalnih kontekstih, kjer je varno eksperimentiranje ključnega pomena.

Vrednost digitalnega dvojčka ni le tehnološka, temveč tudi pedagoška. Takšno učno okolje spodbuja razvoj abstraktnega in sistematičnega mišljenja in podpira boljši prenos znanja v resnične situacije. Študenti se naučijo predvidevati posledice svojih odločitev, analizirati napake, optimizirati procese in evalvirati doseženo – bistvene veščine za razumevanje sodobnih proizvodnih sistemov.

Drug pomemben vidik je psihološka varnost učnega okolja. Ker delo poteka v simuliranem okolju, se strah pred napakami zmanjša, kar spodbuja eksperimentiranje in samostojno učenje. Neki študent je ugotovil, da je šele z uporabo virtualnega okolja resnično razumel povezavo med programsko kodo in gibanjem robota. Te izkušnje poudarjajo pomen izkustvenega učenja, kjer se znanje razvija z neposrednimi izkušnjami, refleksijo in poznejšo praktično uporabo.

Digitalni dvojček prav tako povečuje dostopnost učnih virov. Več študentov lahko hkrati dela na istem procesu v virtualnem okolju, kar izboljša učinkovitost poučevanja in omogoča individualizirano učenje. Razvite kompetence – od digitalnega modeliranja do podatkovne pismenosti – so vse pomembnejše na trgu dela, kjer se pričakuje celovito razumevanje interakcije med človekom in tehnologijo.



Slika 3: Upravljalni panel na dotik s krmilnikom robotske roke UR 10 in prikazanim simulatorjem URSim, ki povezuje model robota v VR okolju s fizično napravo.

Kljub tem prednostim pa uvedba digitalnih dvojčkov prinaša tudi izzive. Dolgotrajna uporaba virtualne resničnosti lahko povzroči digitalno utrujenost, zato mora biti njena uporaba pedagoško premišljena in časovno omejena. Razvoj visokokakovostnih učnih scenarijev zahteva dodatno strokovno znanje in čas, simulacija pa ne more v celoti nadomestiti odgovornosti dela z resnično opremo. Zato je ključnega pomena, da na digitalnega dvojčka gledamo kot na dopolnilo in ne kot na popolno nadomestilo za praktično usposabljanje.

Virtualizirane vsebine in digitalni dvojčki niso več le tehnološke novosti; postali so bistveni del sodobnega izobraževanja. Premostijo teorijo in prakso ter omogočajo razvoj kompetenc, ki jih zahteva sodobna industrija. V Šolskem centru Slovenske Konjice – Zreče ta pristop ustvarja učno okolje, ki ne le izobražuje učence, temveč jih tudi aktivno pripravlja na prihodnje izzive, kjer meja med digitalnim in fizičnim svetom postopoma izginja na področjih smiselne uporabe.

Šolski center Slovenske Konjice-Zreče