UDK 629.34/.35:004.92 • 621:004.42](083.9) • 629.06:62-21](083.9)

Modeliranje prototipa kućišta vozačkog računala

Ivan Simetić[a], Patrik Radolović[b], Marko Papić[c], Sanja Grbac Babić[d]

a Univ. mag. ing. mech., Istarsko veleučilište – Università Istriana di scienze applicate, Preradovićeva 9D, 52100 Pula, isimetic@iv.hr

b Mag. ing. mech., Istarsko veleučilište – Università Istriana di scienze applicate, Preradovićeva 9D, 52100 Pula, pradolovi@iv.hr

c Univ. mag. ing. comp., Istarsko veleučilište – Università Istriana di scienze applicate, Preradovićeva 9D, 52100 Pula, mpapic@iv.hr

d Mag. ing. comp., viša predavačica, prodekanica za nastavu i studente, Istarsko veleučilište – Università Istriana di scienze applicate, Preradovićeva 9D, 52100 Pula, sgrbac@iv.hr

Sažetak

Rad prikazuje postupak modeliranja prototipa kućišta vozačkog računala (DCC – engl. akr. Driver Control Computer) u okviru projekta BusCARD 4.0 IoT, koji je pokrenut s ciljem razvoja inovativnog uređaja za integraciju u vozila javnog prijevoza. Kućište ima zadaću mehaničke i okolišne zaštite osjetljive elektronike te funkcionalnu integraciju svih potrebnih komponenti u jedinstven sustav. U radu se opisuje primjena programskog alata Autodesk Fusion 360 za izradu parametarskog 3D modela, uz analizu unutarnjih komponenti koje kućište mora prihvatiti: matičnu ploču, napajanje, komunikacijske module, čitač kartica te termalni pisač. Detaljno je razrađen postupak konstrukcijskog modeliranja od početne skice do završnog modela, uključujući definiranje debljina stijenki, montažnih točaka i ventilacijskih otvora. Opisana je priprema modela za aditivnu proizvodnju te sam postupak 3D ispisa FDM (engl. Fused Deposition Modeling) tehnologijom na pisaču Creality Ender-3 Max Neo. Rezultati pokazuju da kombinacija parametarskog CAD (engl. Computer-Aided Design) modeliranja i brzog prototipiranja omogućuje učinkovitu iterativnu validaciju konstrukcijskih rješenja prije prijelaza na serijsku proizvodnju brizganjem. Prikazani pristup može poslužiti kao metodološki okvir za razvoj kućišta sličnih multifunkcionalnih uređaja u zahtjevnim eksploatacijskim uvjetima.

Ključne riječi: *vozačko računalo, 3D modeliranje, aditivna proizvodnja, prototipiranje, BusCARD 4.0 IoT*

1. Uvod

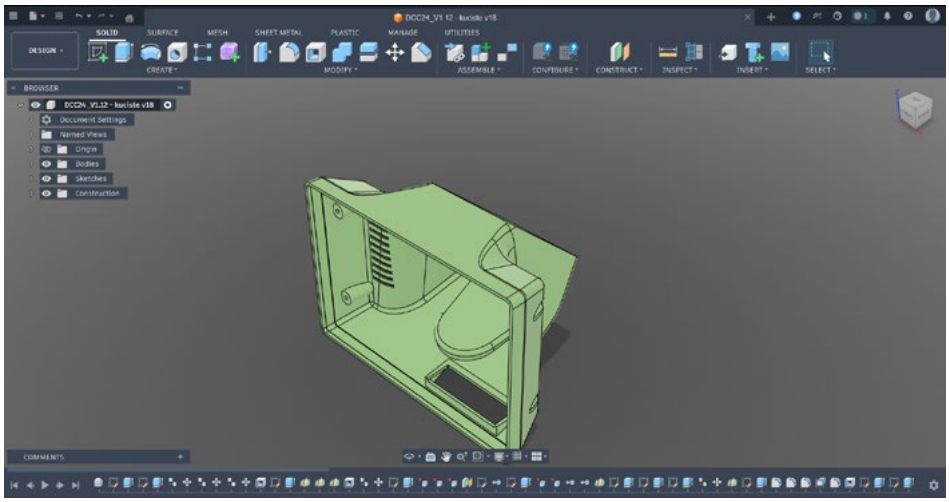
Industrijska tranzicija i razvoj digitalnih tehnologija postavljaju sve veće zahtjeve pred projektiranje, proizvodnju i primjenu elektroničkih uređaja u prometnim sustavima. Posebno se ističe potreba za integracijom više funkcionalnosti u kompaktne, pouzdane i servisno dostupne uređaje koji mogu raditi u zahtjevnim uvjetima svakodnevne uporabe. U području javnog prijevoza takvi uređaji trebaju omogućiti obradu podataka, komunikaciju s nadređenim sustavima, validaciju prijevoznih

karata, ispis potvrda te jednostavno i sigurno korištenje od strane vozača i putnika. Zbog toga se razvoj suvremenih sustava za javni prijevoz sve više temelji na modularnom pristupu, IoT (engl. *Internet of Things*) tehnologijama i konstrukcijskim rješenjima prilagođenima stvarnim uvjetima rada. Projekt BusCARD 4.0 IoT predstavlja inovativni pothvat usmjeren na razvoj nove generacije vozačkog računala, odnosno uređaja DCC (engl. *Driver Control Computer*), namijenjenog integraciji u vozila javnog prijevoza putnika i robe. Glavni cilj projekta jest stvaranje „*all-in-one*" sustava koji će objediniti funkcionalnosti koje su se ranije ostvarivale s pomoću više zasebnih uređaja, primjerice vozačkog računala, validatora karata i pisača. Projekt se provodi u okviru poziva Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije, pri čemu dodijeljena bespovratna sredstva podupiru razvojne aktivnosti nositelja projekta, tvrtke PENTA d. o. o., te partnera Istarskog veleučilišta – Università Istriana di scienze applicate, SUPERIUS d. o. o., DS&S d. o. o. i EINEL d. o. o. (Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije, 2023). BusCARD sustav tvrtke PENTA već se primjenjuje u više gradova u Hrvatskoj i regiji, uključujući Osijek, Pulu, Šibenik i Tuzlu, čime je tvrtka stekla značajno iskustvo u razvoju i implementaciji integriranih informatičkih sustava za javni prijevoz (PENTA, 2026). Novi projekt BusCARD 4.0 IoT nadovezuje se na postojeća rješenja, ali ih nastoji unaprijediti kroz veću razinu integracije, kompaktniju izvedbu, pouzdaniji rad i jednostavnije održavanje. Takav pristup zahtijeva pažljivo oblikovanje kućišta uređaja jer ono ne predstavlja samo vanjsku zaštitu, nego i važan konstrukcijski element koji utječe na funkcionalnost, trajnost, sigurnost i ergonomiju cijelog sustava. Kućište vozačkog računala mora osigurati zaštitu unutarnjih elektroničkih komponenti od mehaničkih opterećenja, vibracija, udaraca, prašine, vlage i temperaturnih promjena. Osim zaštitne funkcije, kućište mora omogućiti odgovarajuće toplinsko ponašanje uređaja, pravilan smještaj unutarnjih komponenti, dostupnost priključaka i konektora, mogućnost servisiranja te jednostavnu integraciju u prostor vozila. Takvi zahtjevi mogu se povezati s općim načelima ispitivanja električne i elektroničke opreme u vozilima, posebno u pogledu mehaničkih i klimatskih opterećenja, prema normi ISO 16750. Zaštita kućišta od prodora prašine i vode može se dodatno razmatrati kroz IP stupnjeve zaštite definirane normom IEC 60529 (ISO, 2023a; ISO, 2023b; ISO, 2023c; IEC, 2026). U ranijoj fazi projekta provedena je analiza kandidatnih materijala za izradu kućišta vozačkog računala, pri čemu su razmatrani PLA (akr. polilaktična kiselina), PET-G (akr. polietilen tereftalat glikol), ABS (akr. Akrilonitril Butadien Stiren) i ASA (akr. akrilonitril stiren akrilat). Na temelju usporedbe mehaničkih svojstava, kemijske otpornosti, temperaturne stabilnosti, dostupnosti i prikladnosti za izradu prototipa, ABS je odabran kao najpovoljniji materijal za daljnji razvoj kućišta (Simetić, Ivančić, Grbac Babić i Pentek, 2025). Time je stvorena podloga za sljedeću fazu projekta, koja obuhvaća konstrukcijsko modeliranje prototipa, prilagodbu unutarnjim komponentama i izradu fizičkog modela primjenom aditivne proizvodnje. Ovaj rad prikazuje postupak dizajna i izrade prototipa kućišta vozačkog računala u okviru projekta BusCARD 4.0 IoT. U radu se obrađuje primjena programskog alata Autodesk Fusion 360 za konstrukcijsko modeliranje, analiza unutarnjih komponenti koje definiraju oblik i dimenzije kućišta, razvoj prototipnog modela, priprema za 3D ispis te izrada prototipa na 3D pisaču Creality Ender-3 Max Neo. Posebna pozornost posvećuje se funkcionalnoj prilagodbi kućišta stvarnim komponentama, mogućnosti montaže i servisiranja te provjeri osnovne prikladnosti izrađenog prototipa za daljnji razvoj proizvoda.

2. Autodesk fusion 360

Autodesk Fusion 360 (u novijim inačicama nazivan Autodesk Fusion) predstavlja integriranu platformu za 3D projektiranje, simulaciju, proizvodnju i upravljanje podacima koja objedinjuje CAD, CAM (engl. *Computer-Aided Manufacturing*) i CAE (engl. *Computer-Aided Engineering*) mogućnosti u jedinstvenom radnom okruženju (Autodesk, 2025). Za razliku od konvencionalnih CAD alata koji pokrivaju samo segment modeliranja, Fusion 360 omogućuje cjelovit razvojni ciklus proizvoda od konceptualne ideje do pripreme za proizvodnju unutar jedne platforme. Odabir Fusion 360 za modeliranje kućišta DCC-a temeljio se na nekoliko ključnih prednosti. Softver podržava parametarsko modeliranje koje omogućuje brzu promjenu dimenzija i geometrijskih odnosa putem parametara, što je od presudne važnosti u iterativnom procesu

Slika 1. Prikaz radne okoline unutar Fusion360 programa



Izvor: autori.

razvoja kućišta gdje se konstrukcija kontinuirano prilagođava zahtjevima elektroničkih komponenti i rezultatima ispitivanja prototipa. Parametarski pristup znači da promjena jedne dimenzije automatski propagira kroz cijeli model i prilagođava sve zavisne značajke poput pozicija vijčanih stupića i ventilacijskih otvora (Gibson, Rosen i Stucker, 2015).

Fusion 360 nudi mogućnost izravnog modeliranja koje dopušta intuitivnu manipulaciju geometrijom bez potrebe za uređivanjem povijesti konstruiranja, što je korisno pri brzim korekcijama prototipne geometrije. Dodatno, softver podržava modeliranje slobodnim formama (*T-Spline*) koje omogućuje izradu složenih zakrivljenih i ergonomski oblikovanih površina te geometrija nepravilnih oblika (Chua, Leong i Lim, 2010). Integracija modula za simulaciju omogućuje provedbu statičke analize naprezanja, modalne analize frekvencija te toplinskih analiza izravno na konstruiranom modelu, što je korišteno za preliminarnu provjeru kritičnih zona kućišta prije izrade fizičkog prototipa. Na slici 1. se može vidjeti radna okolina programa i prikaz modeliranog kućišta.

3. Unutarnje komponente vozačkog računala

Konstrukcija kućišta neodvojivo je povezana s definicijom unutarnjih komponenti koje ono mora prihvatiti. Vozačko računalo DCC u konfiguraciji BusCARD 4.0 IoT sustava predstavlja multifunkcionalni uređaj koji integrira funkcije vozačkog terminala, validatora karata, pisača i komunikacijskog čvorišta (PENTA, 2026). Stoga je prije početka modeliranja provedena detaljna analiza svih komponenti koje zauzimaju unutarnji prostor kućišta, njihovih dimenzija, masa i toplinskih karakteristika kao što je prikazano u tablici 1.

3.1. Matična ploča

Središnja komponenta vozačkog računala jest matična ploča na kojoj su integrirani glavni procesor, memorija, komunikacijska sučelja i upravljačka logika. Matična ploča definira minimalnu unutarnju širinu i dubinu kućišta, a njezin položaj unutar kućišta određen je zahtjevima za raspored konektora na vanjskim stijenkama. Ploča se učvršćuje s pomoću vijčanih stupića s navojnim umetcima koji istovremeno osiguravaju precizno pozicioniranje i mehaničku stabilnost pod vibracijskim opterećenjima (Callister i Rethwisch, 2007).

3.2. Napajanje

Modul napajanja pretvara ulazni napon vozila u stabilizirane napone potrebne za rad elektronike. Kao jedan od toplinski najopterećenijih modula, napajanje zahtijeva poseban položaj unutar kućišta koji omogućuje učinkovit odvod topline. U modelu kućišta predviđena je zasebna zona za smještaj napajanja s izravnim pristupom ventilacijskim otvorima i toplinskom izolacijom od osjetljivih digitalnih sklopova.

Tablica 1. Pregled unutarnjih komponenti DCC-a

Komponenta	Dimenzije (mm)	Masa (kg)	Toplinski zahtjevi(°C)
Matična ploča	89 (dijagonala)	-	-20 do +80
Napajanje (PSU)	110 x 75 x 3	-	-20 do +80
Ekran osjetljiv na dodir	247,96 × 166,60 × 7,63	-	-30 do +80
NFC/RFID čitač	100 x 45 x 2	0,015	-
Termalni pisač	91,1 × 115,2 × 66,6	0,29	-10 do +60

Izvor: autori.

3.3. Termalni pisač

Integrirani termalni pisač služi za ispis karata i računa. Pisač zauzima značajan dio unutarnjeg volumena kućišta i definira visinu konstrukcije. Papirna rola mora biti lako zamjenjiva bez potrebe za rastavljanjem kućišta, stoga konstrukcija predviđa servisni otvor s poklopcem. Izlazni otvor za ispis papira zahtijeva precizno vođenje papirne trake i zaštitu mehanizma od prašine i nečistoća iz okoline vozila.

3.4. Konektori i priključci

Kućište mora osigurati pristupne otvore za više vrsta konektora: napajanje, Ethernet priključak i DB9/DB15 priključak. U konstrukcijskom modelu svi konektori grupirani su u priključnu zonu na stražnjoj strani kućišta.

4. Modeliranje prototipa kućišta

4.1. Polazišta i ulazni zahtjevi

Proces modeliranja kućišta započeo je definiranjem ulaznih zahtjeva koji proizlaze iz funkcionalnih specifikacija vozačkog računala i eksploatacijskih uvjeta u vozilima javnog prijevoza. Kućište mora pouzdano podnositi udarce, vibracije i dinamička opterećenja tipična za rad u pokretnom vozilu, temperaturne promjene u rasponu od -20 °C do +60 °C, kontakt sa sredstvima za čišćenje i dezinficijensima te dugotrajnu izloženost UV zračenju (Simetić i sur., 2025). Mehanička svojstva odabranog materijala (ABS) potvrđena su prethodnim eksperimentalnim ispitivanjima prikazanim u referenciranom radu, što je poslužilo kao osnova za definiranje konstrukcijskih rješenja poput debljine stijenki, rasporeda ojačanja i geometrije spojeva. Međutim, u okviru ovog rada nisu provedena zasebna okolišna ni funkcionalna ispitivanja gotovog kućišta u stvarnim eksploatacijskim uvjetima niti numeričke simulacije koje bi u potpunosti potvrdile otpornost konstrukcije na navedene utjecaje. Stoga se prikazani rezultati odnose prvenstveno na preliminarnu konstrukciju i geometrijsku validaciju modela, dok su procjene okolišne otpornosti trenutačno temeljene na literaturnim podacima, prethodnim ispitivanjima materijala i inženjerskim razmatranjima. U daljnjem razvoju planirana su dodatna eksperimentalna ispitivanja prototipa radi potpune funkcionalne i okolišne validacije konstrukcije.

4.2. Definiranje funkcionalnih zona

Na temelju analize unutarnjih komponenti definirane su funkcionalne zone kućišta: zona ugradnje elektronike koja obuhvaća prostor za matičnu ploču i napajanje, priključna zona grupirana na stražnjoj strani kućišta za sve konektore, zona pisača s mehanizmom za pristup papirnoj roli, montažne točke za učvršćenje kućišta na montažnu ploču u vozilu, te zona ventilacije i odvoda topline s kanalima i otvorima dimenzioniranim za odvod topline napajanja i procesora.

4.3. Postupak 3D modeliranja

Modeliranje je provedeno u Autodesk Fusion 360 korištenjem parametarskog pristupa. U prvoj fazi

izrađena je 2D skica osnovnog tlocrta kućišta koja definira vanjske gabaritne dimenzije i raspored unutarnjih pregrada. Skica je zatim pretvorena u 3D tijelo operacijom izvlačenja (Extrude), čime je dobiven osnovni volumen gornje i donje polovice kućišta. Debljina stijenki postavljena je na 3 mm kao kompromis između mehaničke čvrstoće i težine. U drugoj fazi modelirana su lokalna ojačanja. Vijčani stupići za učvršćenje elemenata modelirani su kao cilindrični izdanci. Definirani su svi otvori na kućištu: otvori za konektore na stražnjoj strani dimenzionirani prema specifikacijama priključaka, izlazni otvor za pisač, ventilacijski otvori u obliku rešetkastih uzoraka te otvor za zaslon i upravljačke tipke na prednjoj strani. Za svaki otvor izrađen je odgovarajući parametarski element kako bi se dimenzije mogle naknadno prilagoditi bez ponovnog modeliranja cijele geometrije.

5. 3D pisač i FDM tehologija

Za izradu prototipnih modela kućišta primijenjena je tehnologija taložnog očvršćivanja (engl. *Fused Deposition Modeling* – FDM), poznata i pod nazivom FFF (engl. *Fused Filament Fabrication*). FDM je postupak aditivne proizvodnje u kojem se termoplastični filament tali u ekstruzijskoj mlaznici i nanosi sloj po sloj na radnu podlogu, pri čemu se svaki sloj spaja s prethodnim taljenjem kontaktnih površina (Crump, 1992). Ova tehnologija odabrana je za izradu prototipa kućišta jer omogućuje korištenje proizvodnih termoplastika, uključujući ABS koji je odabran kao finalni materijal kućišta. Za potrebe ovog projekta korišten je FDM pisač Creality Ender-3 Max Neo prikazan na slici 2. Riječ je o pisaču s radnim volumenom od 300 × 300 × 320 mm, koji zadovoljava gabaritne dimenzije kućišta DCC-a. Pisač je opremljen dvostrukom Z-osi s remenskim prijenosom i dva motora što osigurava stabilnost i visoku preciznost ispisa, sustavom automatskog niveliranja podloge „*CR Touch*“, grijanom karbonskom staklenom podlogom (do 100 °C) te cjelovitim metalnim ekstruderom „*Bowden*“ tipa koji pruža veću izdržljivost i snagu ekstruzije (Creality, 2022). Creality Ender-3 Max Neo podržava ispis materijala PLA, ABS, PET-G i drvenih filamenata. Za ispis ABS-a ključna je grijana podloga koja smanjuje rizik od vitoperenja (engl. *warping*) uslijed neravnomjernog hlađenja. Rezolucija ispisa podešena je na visinu sloja od 0,2 mm, što predstavlja kompromis između kvalitete površine, dimenzijske točnosti i vremena ispisa (Mohamed, Massod i Bhowmik, 2015). Parametri ispisa optimizirani su za ABS materijal: temperatura ekstruzijske mlaznice 245 °C, temperatura radne podloge 100 °C, brzina ispisa 50 mm/s za konturne stijenke i 80 mm/s za ispunu. Gustoća ispune postavljena je na 15 % s uzorkom rešetke (engl. *grid infill*) koji pruža dobru izotropnu čvrstoću. Vanjske stijenke ispisane su s tri konturna prolaza. Važno je napomenuti da FDM postupkom izrađeni dijelovi mogu pokazivati anizotropna mehanička svojstva zbog slojevite strukture izrade. Vlačna čvrstoća u smjeru okomitom na slojeve često je 30–50 % niža u odnosu na čvrstoću u smjeru paralelnom sa slojevima. Površinska kvaliteta također je ograničena vidljivošću pojedinih slojeva. Unatoč tim ograničenjima, za potrebe validacije geometrije i provjere sklapanja FDM prototip pruža dovoljno reprezentativan model (Turner, Strong i Gold, 2014).

Slika 2. 3D printer Creality Ender-3 Max Neo



Izvor: https://www.creality.com/products/ender-3-max-neo-3d-printer.

6. Izrada prototipa 3D ispisom

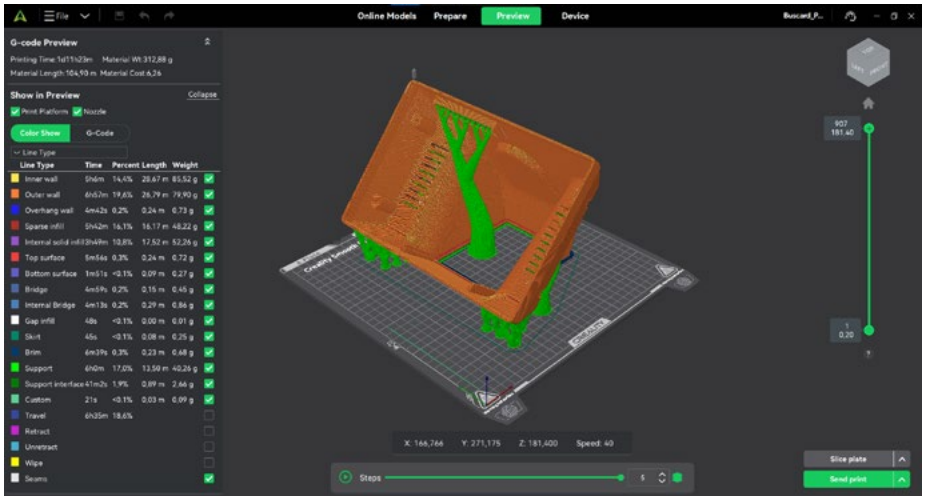
6.1. Priprema i izvoz modela

Prije početka ispisa model iz Fusion 360 izvezen je u datoteku „.stl" formata s rezolucijom triangulacije podešenom na fine postavke (maksimalna devijacija 0,01 mm, maksimalni kut 10°) kako bi se vjerno prenijele zaobljene površine i fine značajke. Datoteka je potom uvezena u programski alat za pripremu ispisa (engl. *slicer*) gdje su definirani svi parametri ispisa, generirane potporne strukture za prevjese veće od 45° i pripremljen G-kod za upravljanje pisačem Creality Ender-3 Max Neo (slika 3).

6.2. Proces 3D ispisa

Ispis kućišta trajao je približno 35 sati, uključujući potporne strukture. Ukupna potrošnja ABS filamenta iznosila je približno 313 grama. Tijekom ispisa karbonska staklena podloga pisača premazana je ljepilom na bazi polivinil acetata kako bi se poboljšala adhezija prvog sloja i spriječilo odvajanje uslijed toplinskih kontrakcija ABS-a. Nakon završetka ispisa potporne strukture uklonjene su mehanički, a kritične kontaktne površine su obrađene te je gotovo kućište prikazano na slici 4.

Slika 3. Kućište nakon pripreme za 3D ispis



Izvor: autori.

Slika 4. Kućište nakon ispisa



Izvor: autori

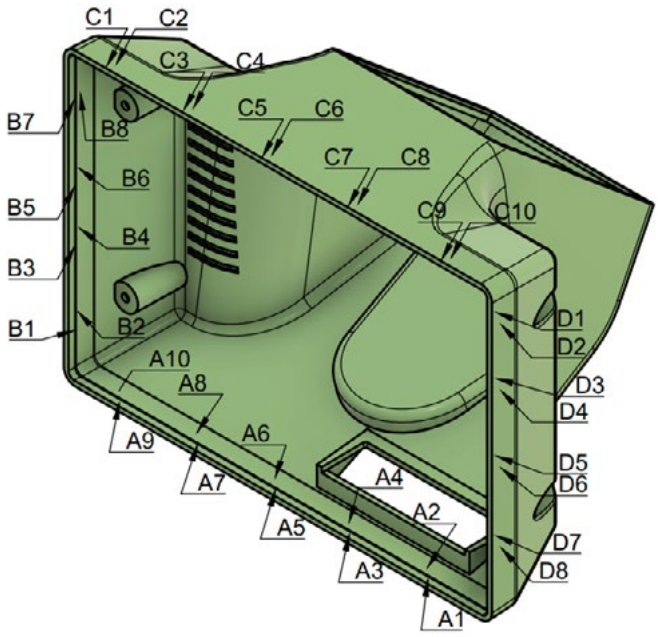
7. Dimenzijska provjera 3d ispisanog prototipa

Za potrebe dimenzijske provjere 3d ispisanog prototipa provedena su mjerenja s pomoću digitalnog vanjskog mikrometra. Ovim instrumentom mogu se precizno izmjeriti vanjske dimenzije, poput debljina stijenki i drugih karakterističnih mjera, uz visoku razlučivost i točnost. Dobiveni rezultati uspoređuju se s nominalnim dimenzijama iz CAD modela kako bi se utvrdila odstupanja nastala tijekom procesa 3D ispisa, a mjerne pozicije mogu se vidjeti na slici 5.

Rezultati mjerenja u odabranim mjernim točkama na kućištu, prikazanim na slici 5., navedeni su u tablici 2. Neparni brojevi uz oznake A-D odnose se na mjerenja tanjeg ruba kućišta, čija je nominalna dimenzija u CAD modelu 2,80 mm, dok se parni brojevi uz iste oznake odnose na mjerenja debljine unutarnje stijenke kućišta, čija nominalna vrijednost iznosi 3,00 mm.

Završnim mjerenjima i spoznajom odstupanja od normalne debljine ruba i stijenke koja se pokazala u granicama prihvatljivog (±0,3 mm od nominalnih vrijednosti) završeno je modeliranje prototipa vozačkog računala.

Slika 5. Mjerne točke 3D ispisanog kućišta



Izvor: autori.

Tablica 2. Rezultati mjerenja kućišta vozačkog računala

	Debljina ruba		Debljina stijenke
Nominalna Vrijednost (mm)	2,80		3,00
Rezultati mjerenja			
A1	2,870	A2	3,201
A3	2,885	A4	3,183
A5	2,895	A6	3,141
A7	3,100	A8	3,106
A9	2,861	A10	3,118
B1	3,132	B2	3,323
B3	3,173	B4	3,133
B5	3,164	B6	3,175
B7	3,199	B8	3,115
C1	2,844	C2	3,136
C3	2,879	C4	3,105
C5	2,863	C6	3,129
C7	2,832	C8	3,322
C9	2,917	C10	3,211
D1	3,183	D2	3,018
D3	3,201	D4	3,084
D5	3,191	D6	3,121
D7	3,224	D8	3,124
Srednja vrijednost	3,023	Srednja vrijednost	3,153
Odstupanje	+0,223	Odstupanje	+0,153

Izvor: autori.

8. Zaključak

U ovom radu prikazan je cjelovit postupak modeliranja i prototipiranja kućišta vozačkog računala (DCC) u okviru projekta BusCARD 4.0 IoT. Primijenjena metodologija, od analize unutarnjih komponenti, preko parametarskog 3D modeliranja u Autodesk Fusion 360, do izrade fizičkog prototipa FDM tehnologijom na pisaču Creality Ender-3 Max Neo, pokazala se učinkovitom u brzoj iterativnoj validaciji konstrukcijskih rješenja. Autodesk Fusion 360 potvrdio se kao primjeren alat za razvoj složenih kućišta elektroničke opreme zahvaljujući integraciji parametarskog modeliranja, simulacijskih mogućnosti i alata za pripremu aditivne proizvodnje u jedinstvenoj platformi. FDM tehnologija 3D ispisa omogućila je izradu funkcionalno reprezentativnih prototipova od ABS materijala, istog materijala predviđenog za serijsku proizvodnju brizganjem, čime su rezultati ispitivanja prototipa dobili veću relevantnost za procjenu ponašanja finalnog proizvoda. Dimenzijska verifikacija potvrdila je odstupanja unutar ±0,3 mm od nominalnih vrijednosti, što zadovoljava zahtjeve funkcionalne provjere prototipa. Rezultati rada predstavljaju osnovu za daljnji razvoj sustava, uključujući provedbu mehaničkih i okolišnih ispitivanja prototipa te eventualnu optimizaciju konstrukcije prije izrade finalnog proizvoda postupkom brizganja ABS materijala. Iterativni pristup koji kombinira digitalno modeliranje s fizičkim prototipiranjem dokazao je svoju vrijednost kao metodološki okvir za razvoj kućišta složene elektroničke opreme namijenjene zahtjevnim eksploatacijskim uvjetima javnog prijevoza. Stečena iskustva i razvijene konstrukcijske smjernice primjenjive su i na širi spektar industrijskih kućišta elektroničkih uređaja izloženih sličnim eksploatacijskim zahtjevima. Projekt BusCARD 4.0 IoT nastavlja se s daljnjim razvojem i testiranjem, s krajnjim ciljem stvaranja komercijalno kompetitivnog vozačkog računala koje će pridonijeti modernizaciji sustava javnog prijevoza u Hrvatskoj i šire.

Citirani izvori

Autodesk. (2026). Autodesk Fusion: 3D CAD, CAM, CAE & PCB cloud-based software. https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2007). Materials science and engineering: An introduction (7. izd.). John Wiley & Sons.

Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2010). Rapid prototyping: Principles and applications (3. izd.). World Scientific.

Creality. (2026). Ender-3 Max Neo 3D printer. https://www.creality.com/products/ender-3-max-neo-3d-printer

Crump, S. S. (1992). Apparatus and method for creating three-dimensional objects (American patent No. 5,121,329). U.S. Patent and Trademark Office. https://patents.google.com/patent/US5121329A/en

Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing (2. ed.). Springer.

International Electrotechnical Commission. (2026). Ingress protection (IP) ratings. https://www.iec.ch/ip-ratings

International Organization for Standardization. (2023a). ISO 16750-1:2023: Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 1: General. https://www.iso.org/standard/77578.html

International Organization for Standardization. (2023b). ISO 16750-3:2023: Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 3: Mechanical loads. https://www.iso.org/standard/77579.html

International Organization for Standardization. (2023c). ISO 16750-4:2023: Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 4: Climatic loads. https://www.iso.org/standard/77580.html

Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije. (2023). Objavljen poziv „Jačanje strateških partnerstva za inovacije u procesu industrijske tranzicije" vrijedan 100.000.000,00 eura. https://razvoj.gov.hr/vijesti/objavljen-poziv-jacanje-strateskih-partnerstva-za-inovacije-u-procesu-industrijske-tranzicije-vrijedan-100-000-000-00-eura/5501

Mohamed, O. A., Masood, S. H., & Bhowmik, J. L. (2015). Optimization of fused deposition modeling process parameters: A review of current research and future prospects. Advances in Manufacturing, 3(1), 42–53. https://doi.org/10.1007/s40436-014-0097-7

PENTA. (2026). BusCARD – višefunkcijski integrirani informatički sustav za javni prijevoz. https://www.buscard.biz/

Simetić, I., Ivančić, D., Grbac Babić, S. i Pentek, I. (2025). Odabir materijala za izradu vozačkog računala. Zbornik Istarskog veleučilišta, 4(1), 78–83. https://hrcak.srce.hr/336650

Turner, B. N., Strong, R., & Gold, S. A. (2014). A review of melt extrusion additive manufacturing processes: I. Process design and modeling. Rapid Prototyping Journal, 20(3), 192–204. https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2013-0012

Modeling of a Driver Control Computer Housing Prototype

Summary

This paper presents the prototype housing modeling process for a Driver Control Computer (DCC) within the BusCARD 4.0 IoT project, aimed at developing an innovative integrated device for public transport vehicles. The housing provides mechanical and environmental protection for sensitive electronics while ensuring functional integration of all required components. The paper describes the application of Autodesk Fusion 360 for parametric 3D model creation, analyzes the internal components the housing must accommodate, details the design process from initial sketch to final model, and presents the preparation and execution of FDM (Fused deposition modeling) 3D printing using a Creality Ender-3 Max Neo printer for rapid prototyping. Results demonstrate that combining parametric CAD (Computer-aided design) modeling with rapid prototyping enables efficient iterative validation of design solutions prior to injection molding production. The presented approach can serve as a methodological framework for housing development of similar multifunctional devices intended for demanding operational environments.

Keywords: *driver computer, 3D modeling, additive manufacturing, prototyping, BusCARD 4.0 IoT*

Zahvala

Projekt BusCARD 4.0 IoT je sufinanciran iz poziva „Jačanje strateških partnerstva za inovacije u procesu industrijske tranzicije“ kojeg je objavilo Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije u sklopu Integriranog teritorijalnog programa 2021. - 2027.