

# Uporaba printanog metala u dentalnim laboratorijima u Zagrebu i Zagrebačkoj županiji

---

**Hrsto, Karmela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Dental Medicine and Health Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:243:421784>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Dental Medicine and Health Osijek  
Repository](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO  
OSIJEK**

**Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Dentalne  
medicine**

**Karmela Hrsto**

**UPORABA PRINTANOG METALA U  
DENTALNIM LABORATORIJIMA U  
ZAGREBU I ZAGREBAČKOJ ŽUPANIJI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2022.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO  
OSIJEK**

**Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Dentalne  
medicine**

**Karmela Hrsto**

**UPORABA PRINTANOG METALA U  
DENTALNIM LABORATORIJIMA U  
ZAGREBU I ZAGREBAČKOJ ŽUPANIJI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2022.**

Rad je ostvaren na fakultetu za Dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Davor Seifert dr. med. dent. spec. protetike

Komentor rada: mr. sc. Hrvoje Pezo dr. med. dent. predavač

Rad ima 47 listova, 17 tablica i 7 slika

Znanstveno područje: Biomedicina i zdravstvo

Znanstveno polje: Dentalna medicina

Znanstvena grana: Protetika dentalne medicine

## **Zahvale**

*Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Davoru Seifertu na iznimnoj susretljivosti, ažurnosti, uloženom radu, trudu i prenesenom znanju tijekom studija.*

*Posebno hvala mojim roditeljima i bratu koji su mi bili najveća podrška tijekom svih godina studiranja i svojom ljubavlju omogućili ostvarenje svih ciljeva.*

*Hvala svim prijateljima na podršci i pomoći tijekom cijelog studija i za vrijeme pisanja ovog diplomskog rada.*

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Podjela aditivnih tehnika printanja metala.....	2
1.1.1. Tehnika fuzije sloja praha (PBF).....	3
1.1.2. Selektivno lasersko sintetiranje (SLS).....	3
1.1.3. Selektivno lasersko taljenje (SLM).....	3
1.1.4. Direktno metalno lasersko sintetiranje (DMLS).....	3
1.1.5. Taljenje snopom elektrona (EBM).....	4
1.2. Materijali za trodimenzionalno printanje u dentalnoj medicini.....	4
1.2.1. Metali i metalne legure.....	4
1.2.2. Kobalt-krom-molibden ( Co-Cr-Mo) legure.....	5
1.2.3. Titanij i legure titanija.....	5
1.3. Primjena printanog metala u dentalnoj protetici.....	5
1.3.1. SLS tehnika printanja metalnih osnova krunica i mostova.....	5
1.3.2. SLS tehnika printanja metalnih osnova djelomičnih proteza.....	6
<b>2. HIPOTEZE</b> .....	<b>7</b>
<b>3. CILJEVI</b> .....	<b>8</b>
<b>4. ISPITANICI I METODE</b> .....	<b>9</b>
4.1. Ustroj studije.....	9
4.2. Ispitanici.....	9
4.3. Metode.....	9
4.4. Statističke metode.....	10
<b>5. REZULTATI</b> .....	<b>11</b>
5.1 Testiranje hipoteza.....	21
<b>6. RASPRAVA</b> .....	<b>30</b>
<b>7. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>33</b>
<b>8. SAŽETAK</b> .....	<b>34</b>

<b>9. SUMMARY.....</b>	<b>35</b>
<b>10. LITERATURA .....</b>	<b>36</b>
<b>11. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>41</b>

## **Popis kratica**

CAD - računalno potpomognuto oblikovanje (engl. *computer aided design*)

CAM - računalno potpomognuta izrada (engl. *computer aided manufacturing*)

3D – trodimenzionalno (engl. *three-dimensional*)

DMLS - direktno lasersko sintetiranje metala (engl. *direct metal laser sintering*)

AM - aditivna proizvodnja (engl. *additive manufacturing*)

MJ - tehnika izbijanja materijala u mlazu (engl. *material jetting*)

BJ - tehnika izbijanja materijala s adhezivom u mlazu (engl. *binder jetting*)

DED - tehnika izravnog taloženja energije (engl. *direct energy deposition*)

PBF - fuzija sloja praha (engl. *powder bed fusion*)

SLS - selektivno lasersko sintetiranje (engl. *selective laser sintering*)

SLM - selektivno lasersko taljenje (engl. *selective laser melting*)

EBM - taljenje snopom elektrona (engl. *electron beam melting*)



## 1. UVOD

Posljednjih godina razvoj tehnologije uvelike je utjecao na nastanak raznih inovacija koje su promijenile zdravstveni sustav u mnogim zdravstvenim područjima pa tako i u dentalnoj medicini, potaknuvši tako veću svijest o oralnoj higijeni i zdravlju kao i inkorporaciji oralnog zdravlja u cjelokupnoj medicinskoj dijagnostici (1). Za razliku od tradicionalnog pristupa liječenja u protetici, koje se sastoji od uzimanja otisaka konvencionalnom tehnikom i izlijevanjem modela iz sadre, digitalna dentalna medicina obuhvaća elektroničke kartone pacijenata, dentalne radiograme, optička otiskivanja, izrade virtualnih modela pomoću softvera, trodimenzionalne ispise i mnoge druge suvremene tehnologije (2). Za izradu protetskih nadomjestaka s metalnom osnovom na sadrenim bataljcima potrebno je modelirati voštanu ili akrilatnu osnovu. Vosak ili akrilat u potpunosti izgara bez ostatka i tehnikom lijevanja dobiva se metalna osnova. Postupcima računalno potpomognutog oblikovanja (CAD) i računalno potpomognute izrade (CAM) omogućuje se digitalno trodimenzionalno (3D) izrađivanje protetskih nadomjestaka s metalnom osnovom (3-5). CAD/CAM sustave, ovisno o metodama izrade, može se podijeliti u tri skupine: ordinacijske sustave (engl. *in office/chairside*); laboratorijske sustave (eng. *in lab*); sustave za centraliziranu izradu (eng. *milling center*). Doktori dentalne medicine mogu osobno dizajnirati i proizvesti protetske radove u svojim ordinacijama koristeći ordinacijske sustave koji su namijenjeni za tu svrhu. Tehničari dentalne medicine koriste laboratorijske sustave pomoću kojih prave dizajn i proizvode protetske radove u laboratorijima dentalne medicine. Gotovi radovi dostavljaju se u ordinacije dentalne medicine. Tehničari dentalne medicine koji u potpunosti ili djelomično kreiraju dizajn i izrađuju protetske radove u proizvodnim centrima, a surađuju s ostalim centrima dentalne medicine koji podržavaju i imaju mogućnost takvog načina izrade, koriste sustave za centraliziranu izradu (6). Doktor Kodama, inspiriran izumom tintnog pisača 70-ih godina prošlog stoljeća, izradio je prvi prototip trodimenzionalnog pisača te se upravo njega i smatra začetnikom aditivne tehnike proizvodnje objekta (7,8). 3D ispis je proces nastajanja 3D objekata iz digitalnog (virtualnog) oblika na taj način da glava pisača ide u smjeru x i smjeru y, određujući tako širinu i dužinu predmeta a visina konačnog predmeta nastaje nizananjem slojeva jedan na drugi, stvarajući os z. Na tržištu se 3D pisač prvi put pojavio 1988. godine, a 2000-ih je započela njihova upotreba u medicini.

Danas, obzirom na načine rada postoji više opcija izrade 3D ispisa (printanja) (9). Direktno lasersko sintetiranje metala (engl. *direct metal laser sintering*, DMLS) prva je aditivna

tehnologija koja je osmišljena isključivo za printanje metala i svrstana je u tehniku koja koristi fuziju sloja praha (10). Obzirom na tehniku načina izrade, trodimenzionalno printanje može se podijeliti u tri skupine: tehnika izravnog taloženja energije (engl. *direct energy deposition, DED*), tehnika izbivanja materijala u mlazu (engl. *material jetting, MJ*) i tehnika izbivanja materijala s adhezivom u mlazu (engl. *binder jetting, BJ*) (7, 11). Izrada metala tradicionalnim načinom u laboratoriju zahtijeva duži i složeniji tijek samog postupka izrade, dok se prilikom printanja metala taj dio izbjegava, a izrada je brža i sofisticiranija te puno preciznija (12,13). U dentalnoj medicini danas se aditivna tehnika upotrebljava se sve češće u raznim područjima. Uočavajući preciznosti prilikom izrade trodimenzionalnog printanja metala, taj način tehnike izrade sve više je općeprihvaćen kao i upotreba digitalizacije u ordinacijama dentalne medicine i dentalnim laboratorijima tijekom svakodnevnog rada (14-16).

### **1.1. Podjela aditivnih tehnika printanja metala**

Aditivne tehnike printanja metala koriste već ranije spomenuti softver - CAD (*computer aided design*) ili 3D skener, koji usmjerava hardver nižući čestice jednu na drugu u tankim slojevima tvoreći određeni objekt (17). Razvoj aditivnih tehnika započeo je 80-ih godina 20. stoljeća, a Charles Hull se navodi kao začetnik koncepta „sterolitografija“ (18). Pojam aditivne proizvodnje (engl. *additive manufacturing, AM*) možemo naći još i pod nazivima *generative manufacturing, direct digital manufacturing* ili *rapid prototyping* (7,19,20). Aditivna tehnika definirana je kao proces temeljen na postupnom dodavanju tankih slojeva materijala, za razliku od tradicionalnih tehnika (supraktivne proizvodnje, SM) gdje se oblikuju blokovi u željen oblik glodanjem (17, 21).

Aditivna tehnika printanja metala može se podijeliti na:

- Tehnika fuzije sloja praha (*PBF-powder bed fusion*)
  - SLS - selektivno lasersko sintetiranje
  - SLM – selektivno lasersko taljenje
  - DMLS – direktno metalno lasersko sintetiranje
  - EBM – taljenje snopom elektrona
- Tehnika izbivanja materijala u mlazu
- Tehnika izbivanja materijala s adhezivom u mlazu
- Tehnika izravnog taloženja energije

U dentalnoj medicini ne upotrebljavaju se sve navedene aditivne tehnike printanja metala (22).

### **1.1.1. Tehnika fuzije sloja praha (PBF)**

Svaki materijal koji se može taliti laserskim zračenjem ili sintetirati i stvrdnuti hlađenjem prikladan je za postupak tehnike fuzije sloja praha (23). Tijekom postupka fuzije sloja praha koristi se laserska zraka koja je usmjerena na talog praha čestica metala koje su veličine 15 – 100 $\mu$ m (24). Upravo ta usmjerena laserska zraka zagrijava čestice praha metala i dovodi do taljenja površinskog sloja te stapanja s preostalim česticama, formirajući čvrsti i tanak sloj (25). Ovaj postupak sintetiranja se ponavlja i po nekoliko tisuća puta sve dok se ne formira puna veličina zadanog objekta.

### **1.1.2. Selektivno lasersko sintetiranje (SLS)**

Selektivno lasersko sintetiranje je postupak prilikom kojeg se, površinski, zagrijava sitni metalni prah izravnanim valjkom, sve do temperature taljenja. Na taj način se čestice metalnog praha formiraju u veće čvrste nakupine, tzv. aglomerate, koji su porozni (26). Postupak je potrebno ponavljati sve do trenutka kad se postigne određena veličina objekta. Nakon završenog postupka potrebno je pričekati da objekt postigne sobnu temperaturu, četkom ukloniti preostali nesintetirani prah te ga još završno obraditi pjeskarenjem i poliranjem. Prah koji je ostao nakon postupka može se ponovno preraditi te iznova upotrijebiti (27,28).

### **1.1.3. Selektivno lasersko taljenje (SLM)**

Selektivno lasersko taljenje smatra se podvrstom SLS-a, a koristi laser za taljenje metala, najčešće titana, kobalt-krom legura i aluminijska. Nerijetko se upotrebljavaju i drugi metali poput nehrđajućeg čelika i legura nikla (29,30). Čestice praha metala tale se točno na točki taljenja, a prije samog postupka potrebno je zagrijati prah metala kako ne bi došlo do prevelike razlike u temperaturi i potencijalnog pucanja objekta prilikom SLM (23,31). Cijeli proces printanja SLM tehnikom vremenski je duži od tehnike SLS.

### **1.1.4. Direktno metalno lasersko sintetiranje (DMLS)**

Isto kao i SLM, direktno metalno lasersko sintetiranje smatra se podvrstom SLS-a. Postupkom DMLS temperatura taljenja čestica praha ne doseže do taljenja, baš kao i prilikom SLS-a te je upravo to razlog potencijalnog nastanka hrapavosti i poroznosti objekta (23). Kako bi se izbjegla distorzija prilikom printanja, objektu je potrebna čvrsta osnova na koju se naslanja, za razliku od SLS tehnike gdje to nije nužno. Proces printanja također je duži prilikom DMLS tehnike za razliku od SLS-a (31). Tehnike direktnog metalnog laserskog sintetiranja i selektivnog laserskog taljenja koriste se za izradu jedno-komadnih metalnih dijelova djelomičnih proteza i metalne osnove mostova i krunica (7).

### **1.1.5. Taljenje snopom elektrona (EBM)**

Ova tehnika najčešće se koristi za proizvodnju objekata od metala titana i radi na principu snopa elektronske zrake koja tali metal na temperaturi od 1000°C pod vakuumskim spremnikom. Taljenje snopom elektrona, obrađivanjem i kontrolom faza omogućuje se pročišćivanje metalnih čestica, a time i sama građa objekta je homogenija (32,33).

## **1.2. Materijali za trodimenzionalno printanje u dentalnoj medicini**

Aditivne tehnike izrade mnogobrojne su, baš kao i izbor materijala izrade objekta. Za razliku od supraktivnih tehnika gdje se višak materijala odlaže u smeće, aditivnim tehnikama uvelike se štedi potrošnja materijala, a ostatak se uvijek može prenamijeniti u dalju proizvodnju ponovnom preradom. U dentalnoj medicini materijali koji se koriste prilikom 3D proizvodnje su metali, metalne legure, keramika, polimeri – termoplastični materijali i smole (34,35).

### **1.2.1. Metali i metalne legure**

Metali i metalne legure često su korišten materijal tokom procesa 3D printanja koji se uobičajeno sastoji od taljenja metalnih sirovina, praha ili žice laserom ili snopom elektrona. U počecima SLS pisači koristili su se za aditivnu proizvodnju metalnih nadomjestaka, a pomoću njih printale su se najčešće nikal-titan i krom-kobalt legure kao i legure titanija. Kako se polimer koristio kao vezno sredstvo kojeg bi se tijekom sintetiranja uklonilo, na određenim mjestima nastala bi porozna masa. Polimeri (koji su s vremenom uklonjeni iz upotrebe) nisu bili jedini problem u počecima. Na kvalitetu i čvrstoću objekta djelovala je i neupotreba vakuuma, konfiguracija snage i promjera lasera te je i to bio uzrok mnogim porama po objektu. Zbog čestih alergijskih reakcija na nikal, uklonili su ga iz upotrebe i povećali korištenje kobalt-krom-molibden legura i titanija, čije su cijene pristupačnije korisnicima za razliku od plemenitih metala i legura. (34,36). Kao bitno svojstvo, biokompatibilnost metala kao materijala sprječava nastanak neželjenih učinaka na tkiva, a omogućava funkcijsku ulogu objekta (37). Sastav, oblik i veličina čestica praha metala osnovna su svojstva, a zajedno s čistoćom njegovog sastava imaju bitnu ulogu po pitanju primjene aditivnih tehnika printanja te kvalitetom i kompaktnošću objekta (38,39). Prah metala većih čestica u debljim slojevima omogućuje brzu proizvodnju, ali objekt zato ima veću hrapavost, dok se s prahom metala sitnijih čestica hrapavost izbjegava, tj. rezolucija ispisa je veća (40). Sastav čestica praha metala može biti prelegiran ili smjesa čestica. S obzirom na veličinu čestice mogu biti nano, submikronske i mikronske, a oblik se može okarakterizirati kao sferičasti, nepravilni i granulirani.

### **1.2.2. Kobalt-krom-molibden ( Co-Cr-Mo) legure**

Legure Co-Cr-Mo vrlo su otporne na trošenje i koroziju te su biokompatibilne. Najzastupljeniji metal u leguri je kobalt, koji ima svojstva otpornosti na trošenje, a za otpornost na koroziju zaslužan je krom, koji u reakciji s kisikom stvara tanki, površinski nepropusni sloj koji sprječava nastanak korozije. Molibden kao posljednji, ali ne i manje bitan, svojom atomskom građom, koja je velika, ojačava cijelu leguru (41,42). Sva tri metala zajedno u leguri termodinamički su dobri za formiranje tankog i zaštitnog filma nakon kontakta s tjelesnim tekućinama (37).

### **1.2.3. Titanij i legure titanija**

Titanij je metal koji ima izrazito dobra mehanička svojstva od kojih su najznačajnija: mala masa, otpornost je na koroziju i čvrstoća. Kao glavnu karakteristiku ovog materijala može se istaknuti biokompatibilnost (41,42). Iako su mu pozitivne karakteristike bitne, ne smijemo zanemariti niti one negativne, a to su mala otpornost na trošenje, ali i moguća toksičnost zbog prisutnosti aluminijske i vanadijske (37). Zbog relativno visoke cijene u nabavi, danas se legure titanija najčešće zamjenjuju kobaltovim legurama.

## **1.3. Primjena printanog metala u dentalnoj protetici**

Primjena aditivnih tehnika, u usporedbi s konvencionalnim načinima izrade, optimizira vrijeme koje je potrebno za izradu konačnog rada i diktira cijenu. Uvođenjem digitalizacije u ordinacije dentalne medicine određeni postupci postali su manje neugodni za pacijente, a za doktore dentalne medicine i za tehničare dentalne medicine uvelike su ih pojednostavili. Rezultati ovakvog načina izrade nadomjestaka precizniji su, vremenski brži a mehanička svojstva su bolja (43, 44). Prilikom izrade tradicionalnim tehnikama moguće su ljudske pogreške u izradi, a tehnikom 3D printanja se one gotovo u potpunosti izbjegavaju (45). Imamo li u vidu napredak tehnologije te povećanje potencijala za izradu metalnih nadomjestaka u dentalnoj medicini i protetici, 3D tehnikom printanja moguće je izraditi metalne osnove za krunice, mostove i metalne osnove za djelomične proteze.

### **1.3.1. SLS tehnika printanja metalnih osnova krunica i mostova**

Krunice su fiksne nadoknade kojima se upotpunjava djelomično ili potpuno uništen dio zubne krune, Mostovima se nadoknađuje jedan ili više ekstrahiranih ili ne izniklih zuba pa na taj način upotpunjavaju kompletnu denticiju (46). Standard za izradu metalne osnove krunica i mostova legura Co-Cr-Mo je lasersko sintetiranje. Mehanička svojstva nadomjestaka izrađenih ovim postupkom mogu se usporediti s krunicama i mostovima izrađenim konvencionalnim

tehnikama. Uspoređujući SLS tehniku s konvencionalnom, koja ima duže vremensko razdoblje za izradu, SLS tehnika uvelike je, čak i do nekoliko minuta, skratila vrijeme potrebno za izradu metalnih osnova (Slika 1).

Dentalni tehničar prosječno u razdoblju od 24 sata može napraviti otprilike dvadeset krunica ili mostova, dok se pomoću 3D printera u istom vremenskom periodu može proizvesti i do 450 komada istih. Na taj način omogućena je izrada za metalne osnove krunica i mostova većih raspona bez opterećenja s pravilnim rubnim dosjedom. Što je površina metalne osnove hrapavija to je i retencija nadomjeska bolja, ali i dosjed teži (22, 47).



*Slika 1. Printana metalna osnova za most „izvorna slika autorice“*

### **1.3.2. SLS tehnika printanja metalnih osnova djelomičnih proteza**

Prilikom izrade metalnih konstrukcija djelomičnih proteza treba obratiti pozornost na retencijske elemente (kvačice). Kvačice su same po sebi već dovoljno gracilne, a zbog svoje funkcije, koja je retencijska i potporna, izložene su izrazito velikom mehaničkom opterećenju. Izrađujući kvačice SLS tehnikom izbjegava se potencijalna inkluzija mjehurića zraka i nastanak poroznosti, što je moguće kod izrađivanja tradicionalnim načinima, te se na taj način produžuje i njihova retencijska uloga. Može se reći da je jedan od razloga produžene retencijske funkcije kvačica izvanredna strukturna kvaliteta metala izrađena SLS tehnikom. Ipak, ovakva metoda aditivne tehnike printanja još je uvijek nedovoljno usavršena te su još uvijek potrebna dodatna ispitivanja i istraživanja prije nego li postane novi standard za svakodnevnu upotrebu. Kao i za izradu metalnih osnova krunica i mostova, tijekom aditivne tehnike printanja jedno-komadnih metalnih osnova djelomičnih proteza koriste se legure Co-Cr-Mo (22).

## 2. HIPOTEZE

Postavljene hipoteze:

- H1 – dentalni tehničari koji imaju manje praktičnog iskustva u radu bit će skloniji trenutno koristiti CAD/CAM tehnologiju za razliku od tehničara dentalne medicine s više praktičnog iskustva u radu
- H2 – dentalni tehničari koji rade isključivo u privatnom sektoru bit će skloniji trenutno koristiti CAD/CAM tehnologiju za razliku od dentalnih tehničara koji u javnom sektoru rade istovremeno
- H3 – dentalni tehničari koji trenutačno upotrebljavaju CAD/CAM sustave više su dodatno educirani kroz školovanje i dodatne edukacije te smatraju isplativim ulaganje u edukaciju za rad s CAD/CAM sustavima od tehničara dentalne medicine koji ne koriste navedenu tehnologiju
- H4 – dentalni tehničari s manje radnog iskustva skloniji su smatrati da su dostatno educirani o CAD/CAM sustavima i skloniji su smatrati isplativim ulaganje u edukacije o korištenju CAD/CAM sustava od tehničara koji imaju više iskustva u radu
- H5 – dentalni tehničari koji trenutačno upotrebljavaju CAD/CAM tehnologiju prilikom izrade printanog metala u fiksnoj protetici bit će skloniji smatrati da su fiksno-protetski radovi načinjeni CAD/CAM tehnologijom kvalitetniji, da je manje vremena potrebno za njihovu izradu i da je manje prostora za pogrešku prilikom izrade printanog metala korištenjem CAD/CAM tehnologije.

### 3. CILJEVI

#### Opći cilj:

- Glavni je cilj istraživanja bio ispitati i istražiti stavove dentalnih tehničara i učestalost korištenja prilikom izrade printanog metala pomoću CAD/CAM sustava i 3D printera u Gradu Zagrebu i Zagrebačkoj županiji.

#### Specifični ciljevi:

- Istražiti nivo edukacije tehničara dentalne medicine za korištenje CAD/CAM sustava i 3D printera prilikom izrade metala pomoću samoprocjene ispitanika.
- Ispitati stavove tehničara dentalne medicine vezane za stručna usavršavanja na teme o CAD/CAM tehnologiji i 3D printanju.
- Ispitati stavove tehničara dentalne medicine o prednostima i o nedostacima CAD/CAM tehnologije i 3D printera, uspoređujući ih s konvencionalnim tehnikama.



## 4. ISPITANICI I METODE

### 4.1. Ustroj studije

Ovaj diplomski rad je napravljen u obliku presječne studije (49).

### 4.2. Ispitanici

U ispitivanju je sudjelovalo ukupno 100 ispitanika. Ispitivani su tehničari dentalne medicine na području grada Zagreba i Zagrebačke županije u vremenskom razdoblju od svibnja do srpnja 2022. godine. Kriteriji učestvovanja u anketnom upitniku bili su da tehničar/ka dentalne medicine ima važeću licencu za samostalan rad izdanu od Hrvatske komore dentalne medicine i da radi u struci. Za istraživanje potrebni podatci ispitanika su bili spol, godine radnog iskustva i sektor u kojem rade. Svi ispitanici bili su informirani o ciljevima i upotrebi podataka anketnog upitnika uvodom na početku anketnog upitnika.

### 4.3. Metode

Istraživanje je provedeno pomoću anketnog upitnika koji je samostalno osmislila autorica ovog diplomskog rada u svrhu istraživanja. Anketni upitnik je anonim i dobrovoljan. Kreiran je na web stranici *Google obrasci*, gdje su ispitanici mogli pristupiti elektronskim putem. Sastoji se od ukupno 20 pitanja koja su podijeljena u tri skupine. Zajednička skupina od 17 pitanja postavljala se svim ispitanicima, a orijentirala se na spol, edukaciju, iskustvo u radu i stavove o CAD/CAM sustavima i printanom metalu. Druge dvije skupine pitanja orijentirale su se na način rada s CAD/CAM sustavima, a ovisno o odgovorima na pitanja pod rednim brojevima 4 i 5, odgovarali su na pitanja iz druge dvije grupe na slijedeći način:

- Ispitanici koji su na postavljena pitanja pod rednim brojevima 4 i 5 odgovorili negativno (NE – tj. ne koriste i nisu koristili CAD/CAM sustave) postavljeno je pitanje pod 6. rednim brojem;
- Ispitanici koji su na postavljena pitanja pod rednim brojevima 4 i 5 odgovorili pozitivno (DA – tj. koriste ili su koristili CAD/CAM sustave) postavljena su pitanja pod 7. i 8. rednim brojem.

#### 4.4. Statističke metode

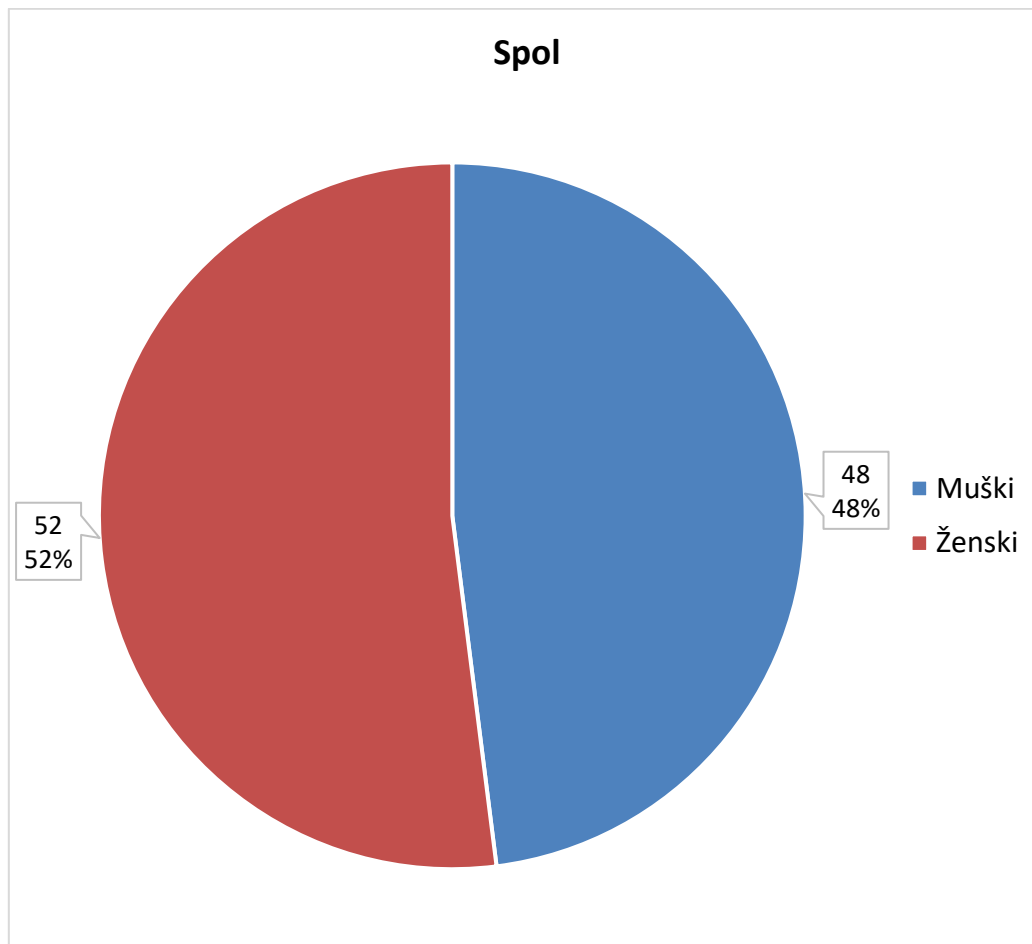
Kao deskriptivni pokazatelj edukacije o CAD/CAM sustavima i slaganja s tvrdnjama navedene su aritmetičke sredine, medijani, standardne devijacije i interaktivni rasponi. Također, izračunate su z-vrijednosti indeksa simetričnosti raspodjela, kako bi se na temelju njih zaključilo koju mjeru centralne tendencije, odnosno mjeru varijabiliteta, je najprikladnije interpretirati. U slučaju simetričnih raspodjela ( $z\text{-skewness} < 1,96$ ), interpretirane su aritmetička sredina i standardna devijacija, dok je u slučaju asimetričnih raspodjela bilo prikladnije komentirati medijan i interkvartilno raspršenje.

Razlika u intervalnim varijablama između dviju kategorija ispitanika testirana je Mann-Whitney U testom. Spearmanov koeficijent koleracije računao se kako bi se ispitala povezanost između parova ordiniranih varijabli. Fisherov egzaktni test računao se kako bi se ispitalo razlike u raspodjelama frekvencija između dviju kategorija ispitanika.

Statističke analize prikupljenih podataka provedene su u računalnom programu IBM SPSS Statistics 23 programa.

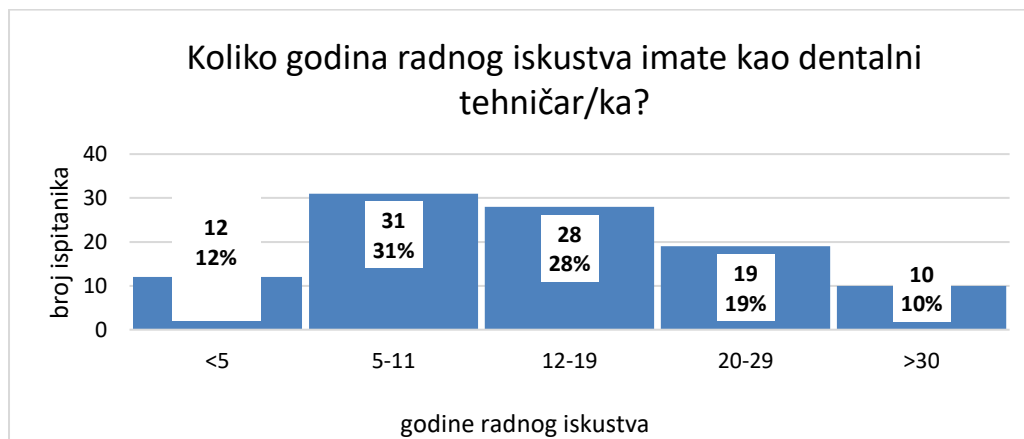
## 5. REZULTATI

Ukupno je anketirano 100 tehničara dentalne medicine. Od toga je 48 tehničara dentalne medicine bilo muškog, a 52 ženskog spola (Slika 2).



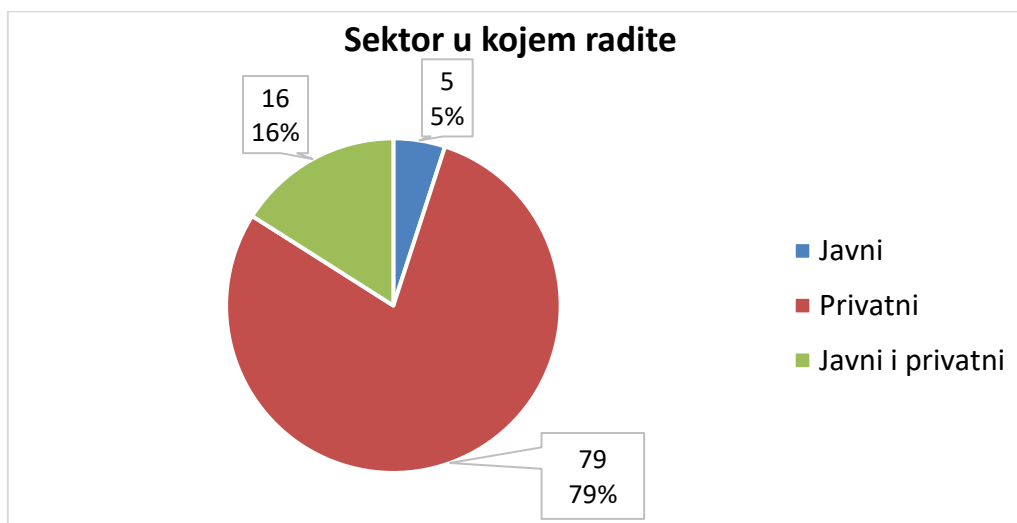
*Slika 2. Raspodjela anketiranih tehničara dentalne medicine prema spolu „izvorna slika autorice“*

Ukupno je anketirano 100 tehničara dentalne medicine. Najveći broj anketiranih tehničara dentalne medicine imao je od pet do jedanaest godina radnog iskustva (Slika 3).



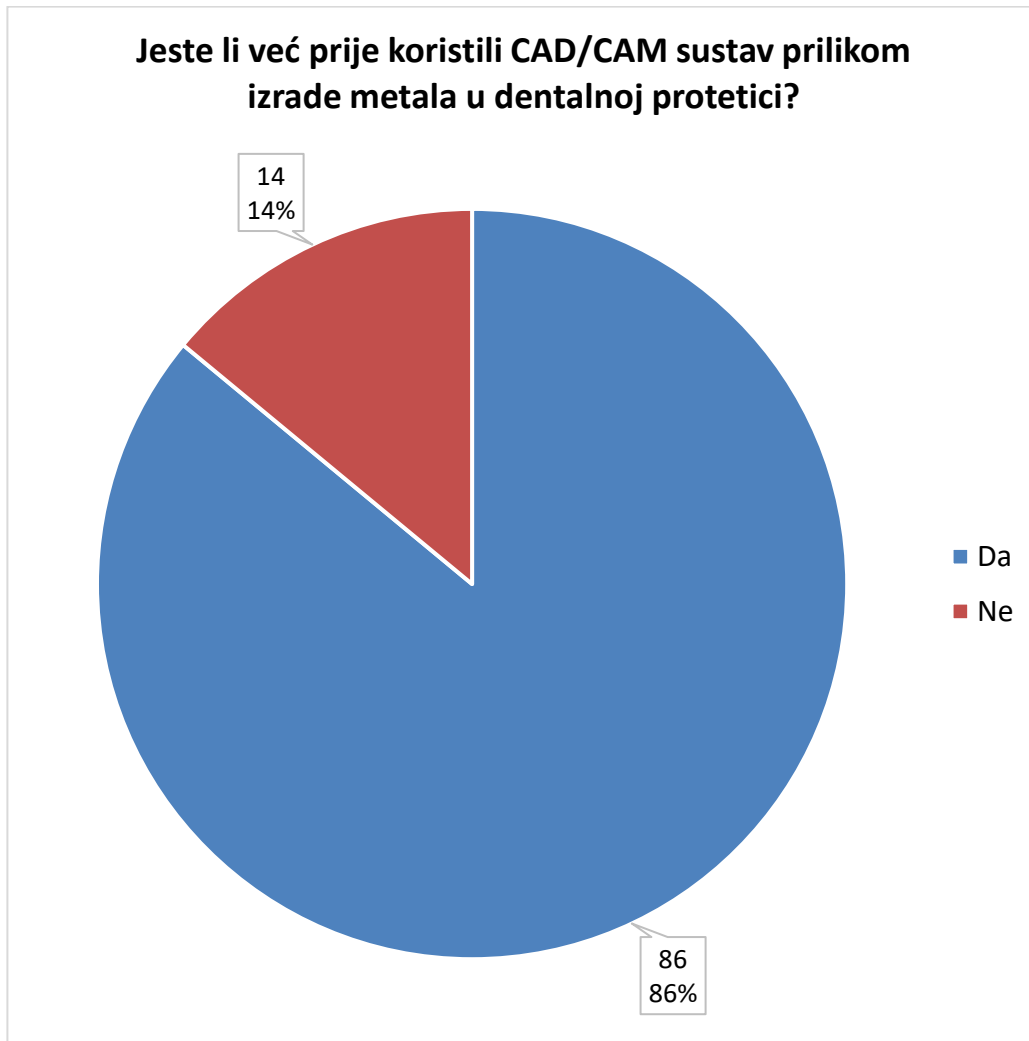
Slika 3. Raspodjela anketiranih dentalnih tehničara po godinama radnog staža „izvorna slika autorice“

Uspoređujući sektore rada, najviše ispitanika koji su sudjelovali u anketi radi u privatnom, a najmanje u javnom (Slika 4).



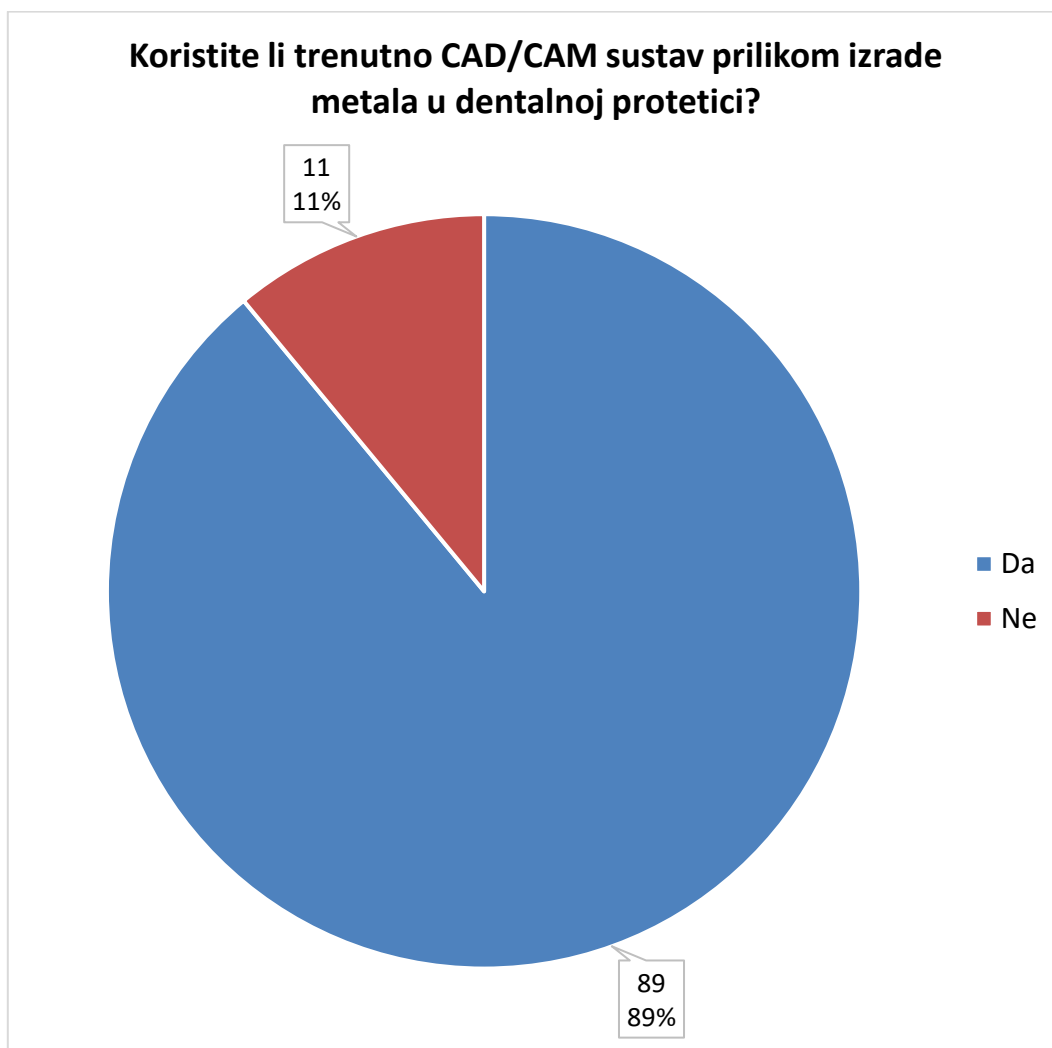
Slika 4. Raspodjela anketiranih tehničara dentalne medicine prema sektoru rada „izvorna slika autorice“

86 tehničara dentalne medicine već je prije koristilo CAD/CAM tehnologiju prilikom izrade printanog metala u protetici, dok ih 14 nije koristilo CAD/CAM tehnologiju (Slika 5).



Slika 5. Omjer prethodnog korištenja CAD/CAM tehnologije prilikom izrade printanog metala u dentalnoj protetici „izvorna slika autorice“

89 tehničara dentalne medicine trenutno koristi CAD/CAM tehnologiju prilikom izrade metala u protetici, dok ih 11 trenutačno ne koristi CAD/CAM tehnologiju (Slika 6).



Slika 6. Postotak trenutne upotrebe CAD/CAM tehnologije prilikom izrade printanog metala u dentalnoj protetici „izvorna slika autorice“

Od devetero ispitanih koji ne koriste CAD/CAM tehnologiju i nisu je koristili, njih dvoje planira u budućnosti početi raditi s CAD/CAM tehnologijom (Tablica 1).

Tablica 1. Postojanje namjere buduće upotrebe CAD/CAM tehnologije rada dentalnih tehničara medicine koji ne rabe i nisu rabili CAD/CAM tehnologiju prilikom izrade metala u dentalnoj protetici.

Planirate li se uskoro educirati o i/ili početi koristiti CAD/CAM sustav prilikom izrade metala u dentalnoj protetici?		
	broj tehničara	%
Da	2	22,2
Ne	7	77,8

Najveći broj ispitanih koji upotrebljavaju CAD/CAM tehnologiju počeo je raditi s njim prije tri do sedam godina, a najmanji broj ispitanika počeo je raditi s njim prije osamnaest do dvadeset dvije godine (Tablica 2).

Tablica 2. Pokazatelj perioda početka korištenja CAD/CAM tehnologije.

Koje ste godine započeli raditi s CAD/CAM sustavom?		
	broj tehničara	%
između 2000. i 2004. g.	2	2,3
između 2005. i 2009. g.	10	11,5
između 2010. i 2014. g.	20	23,0
Između 2015. i 2019. g.	40	46,0
nakon 2019. g.	15	17,2

87 posto anketiranih tehničara dentalne medicine koristi CAD tehniku rada za izradu metala u dentalnoj protetici, dok ih manje od polovice koristi CAM tehnologiju (Tablica 3). Istodobno 44 ispitanika koji koriste CAD tehnologiju, ujedno koriste i CAM tehnologiju u radu.

Tablica 3. Pokazatelj upotrebe tehnika rada s CAD/CAM sustavom za izradu metala u dentalnoj protetici.

Koje tehnike rada koristite prilikom rada s CAD/CAM sustavom za izradu metala u dentalnoj protetici?	broj tehničara	%
CAD-oblikovanje s pomoću računala (Computer Aided Design)	87	87,0
CAM-proizvodnja s pomoću računala (Computer Aided Manufacturing)	48	48,0

Anketirani ispitanici procijenili su stupanj svog obrazovanja o CAD/CAM sustavima za vrijeme i poslije školovanja za dentalnog/u tehničara/ku prema skali od pet stupnjeva, prilikom čega jedan znači – *slažem se u potpunosti*, a odgovor pet – *ne slažem se u potpunosti*.

Distribucija odgovora na pitanje: *Smatram da sam dostatno educiran/a o CAD/CAM sustavima i izradi metala za vrijeme školovanja kao dentalni/a tehničar/ka* - negativno je asimetričan, što je vidljivo iz z-vrijednosti indeksa simetričnosti. Navedeno ukazuje na to da većina ispitanika u uzorku daje visoke odgovore na ovo pitanje, odnosno ne slaže se da su dostatno educirani o CAD/CAM sustavima tijekom školovanja. S obzirom na asimetričnost raspodjele, najprikladniji pokazatelj centralne tendencije je medijan koji iznosi  $C = 5$ , uz vrijednost interkvartilnog raspona  $iqr = 2$  (Tablica 4).

Distribucija odgovora na pitanje: *Smatram da sam se dostatno educirao/la o radu s CAD/CAM sustavima za izradu metala (i ostalih vrsta nadomjestaka) u dentalnoj protetici kroz dodatne edukacije i seminare* - može se smatrati simetričnom budući da je z-vrijednost indeksa simetričnosti manja od 1,96. S obzirom na simetričnost raspodjele, najprikladniji je pokazatelj centralne tendencije aritmetička sredina koja iznosi  $C = 2,86$ , uz vrijednost standardne devijacije  $SD = 1,255$  (Tablica 4).

Tablica 4. Odgovori na pitanja o edukaciji s CAD/CAM sustavima za izradu metala u dentalnoj protetici.

Pitanje	N	M	SD	C	iqr	z skewness
Smatram da sam dostatno educiran/a o CAD/CAM sustavima i izradi metala za vrijeme školovanja kao dentalni/a tehničar/ka.	100	4,05	1,388	5	2	-4,89
Smatram da sam se dostatno educirao/la o radu s CAD/CAM sustavima za izradu metala (i ostalih vrsta nadomjestaka) u dentalnoj protetici kroz dodatne edukacije i seminare.	100	2,86	1,255	3	2	0,86

*Napomena: N – broj ispitanika, M - aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, C – medijan, iqr – interkvartilni raspon, z skewness- z vrijednost indeksa simetričnosti*



U nastavku anketnog upitnika ispitani su stavovi ispitanika o edukaciji za korištenje CAD/CAM tehnologije. Ispitanici su procjenjivali slaganje s tvrdnjama na ljestvici od pet stupnjeva, pri čemu odgovor jedan znači *slažem se u potpunosti*, a odgovor pet *ne slažem se u potpunosti*. Na temelju z-vrijednosti indeksa simetričnosti procijenjena je simetričnost raspodjele za svako pitanje.

Za simetrične raspodjele, odnosno, raspodjele u kojima je apsolutna z-vrijednost manja od 1,96, kao mjere centralne tendencije i varijabiliteta interpretirane su aritmetičke sredine i standardne devijacije. Za asimetrične raspodjele, interpretirani su medijani i interkvartilni rasponi (Tablica 5).

Većina ispitanika daje visoke odgovore na tvrdnju: *Trenutni program u školama za dentalnu tehniku obuhvaća dovoljno obrazovanje za samostalan rad s CAD/CAM sustavima*, što je vidljivo iz vrijednosti medijana  $C = 5$ . Dakle, ispitanici uglavnom smatraju da trenutačni program u školama ne pruža dovoljno obrazovanja za samostalan rad s CAD/CAM sustavima. Također, ispitanici uglavnom iskazuju slaganje s tvrdnjom: *Smatram isplativim ulaganje u edukaciju za korištenje i rad s CAD/CAM sustavima*. Vidljivo je to iz vrijednosti medijana  $C = 2$  i činjenice da se 50 posto središnjih odgovora u uzorku nalazi u intervalu od jedan do tri.

Nadalje, prosječan ispitanik se djelomično slaže ili se niti slaže, niti ne slaže s tvrdnjom: *Prilikom tečajeva stručne edukacije teme vezane uz CAD/CAM sustave su dovoljno zastupljene* ( $M = 2,75$ ,  $SD = 1,123$ ) i s tvrdnjom: *Doktori/ce dentalne medicine trebali bi imati više znanja o CAD/CAM sustavima od dentalnih tehničara/tehničarki* ( $M = 2,74$ ,  $SD = 1,211$ ). Naposljetku, prosječan ispitanik se *djelomično ne slaže* ili se *niti slaže, niti se ne slaže* s tvrdnjom: *Doktori/ce dentalne medicine imaju dovoljno znanja o CAD/CAM sustavima* ( $M = 3,48$ ,  $SD = 1,159$ ) (Tablica 5).

Tablica 5. Odgovori na pitanje o stavovima o edukaciji za korištenje CAD/CAM sustava.

Pitanje	N	M	SD	C	iqr	z skewness
Smatram isplativim ulaganje u obrazovanje za korištenje i rad s CAD/CAM sustavima.	100	2,30	1,453	2	2	3,11
Prilikom tečajeva stručne edukacije teme vezane uz CAD/CAM sustavima su dovoljno zastupljene.	100	2,75	1,123	3	1	0,85
Trenutni program u školama za dentalnu tehniku obuhvaća dovoljno obrazovanje za samostalan rad s CAD/CAM sustavima.	100	4,03	1,226	5	2	-4,69
Doktori/ce dentalne medicine imaju dovoljno znanja o CAD/CAM sustavima.	100	3,48	1,159	3	2	-0,45
Doktori/ce dentalne medicine trebali bi imati jednako ili više znanja o CAD/CAM sustavima od dentalnih tehničara/tehničarki.	100	2,74	1,211	3	1	1,56

Napomena: *N* – broj ispitanika, *M* – aritmetička sredina, *SD* – standardna devijacija, *C* – medijan, *iqr* – interkvartilni raspon, *z skewness* – z vrijednost indeksa simetričnosti

Većina anketiranih smatra da se pomoću CAD/CAM sustava dobije precizniji i kvalitetniji metal za izradu dentalno-protetskih nadoknada, u usporedbi s metalima izrađenim lijevanjem (Tablica 6).

Tablica 6. Odgovori na pitanje o optimalnoj tehnici izrade za dobivanje kvalitetnog metala.

Kojom tehnikom izrade smatrate da se dobije preciznija i kvalitetnija metalna osnova kod dentalno-protetskih nadoknada?		
	broj tehničara	%
Pomoću CAD/CAM sustava	70	70,0
Lijevanjem (tradicionalnim, nedigitalnim načinom izrade)	6	6,0
I jedan i drugi način izrade su podjednako precizni i kvalitetni	24	24,0

Većina ispitanih tehničara dentalne medicine smatra da je više vremena za izradu metala kod dentalno-protetskih nadoknada potrebno korištenjem tradicionalnog načina izrade (Tablica 7).

Tablica 7. Odgovori na pitanje o vremenu izrade dentalno-protetskih radova različitim tehnikama.

Više vremena za izradu metala kod dentalno-protetskih radova potrebno je korištenjem		
	broj tehničara	%
CAD/CAM sustava	5	5,0
tradicionalnog načina izrade (lijevanjem, nedigitalnim tehnikama izrade)	85	85,0
podjednako, bez obzira na način izrade	10	10,0

Većina ispitanih tehničara dentalne medicine smatra da je manje prostora za pogrešku prilikom izrade metala za dentalno-protetski rad pomoću CAD/CAM sustava (Tablica 8).

Tablica 8. Odgovori na pitanje o prostoru za pogrešku prilikom izrade metala za dentalno-protetski rad različitim tehnikama.

Manje prostora za pogrešku prilikom izrade metala za dentalno-protetski rad postoji kod izrade		
	broj tehničara	%
pomoću CAD/CAM sustava	73	73,0
lijevanja metala (tradicionalnog načina izrade, nedigitalan način izrade)	8	8,0
jednako prostora za pogrešku postoji bez obzira na način izrade	19	19,0

Većina ispitanih tehničara dentalne medicine smatra da je upotreba CAD/CAM sustava za izradu metala u dentalnoj-protetici kod nadoknada puno brža od tradicionalnih tehnika izrade (87posto). Vrlo mali postotak ispitanika upotrebu CAD/CAM sustava smatra preskupom i neisplativom investicijom (7posto), odnosno tehnologijom koja je nedovoljno razvijena (5posto) (Tablica 9).

Ispitanicima je također omogućeno da dodatno svojim riječima izraze mišljenje o korištenju CAD/CAM sustava. U nastavku su navedeni odgovori ispitanika: *to je standard, puno jednostavnija, olakšala nam je živote, metal je nekvalitetan, limitirani alati u softwaeu, to ovisi o tome s kakvim stomatolozima laboratorij surađuje, jer nije svejedno plaća li pacijent sve privatno ili radi protetiku preko HZZO-a, bitno preciznija, ali nosi određene potencijalne probleme, preskupa i neisplativa investicija za male laboratorije.*

Tablica 9. Odgovor na pitanje o upotrebi CAD/CAM sustava.

Smatram da je upotreba CAD/CAM sustava za izradu metala kod dentalno-protetskih nadoknada		
	broj tehničara	%
preskupa i neisplativa investicija	7	7,0
tehnologija koja je nedovoljno razvijena	5	5,0
puno brža od tradicionalnih tehnika izrade	87	87,0

Na pitanje koje bi se karakteristike CAD/CAM sustava trebale promijeniti i unaprijediti, većina ispitanih tehničara dentalne medicine navodi cjenovnu pristupačnost pri kupovini CAD/CAM uređaja (p = 56%). Od ponuđenih karakteristika, ispitanici najrjeđe navode da bi trebalo organizirati tečajeve o CAD/CAM sustavima cjenovno pristupačnijima (p = 32%) (Tablica 10). Ispitanicima je također omogućeno da dodatno navedu karakteristike CAD/CAM sustava koje bi se trebale promijeniti, a nisu bile navedene u upitniku.

U nastavku su navedeni odgovori ispitanika: *print centri bi se morali pridržavati načina rada i koristiti prave materijale, kvaliteta izrade, metal loš.*

Tablica 10. Odgovor na pitanje o karakteristikama CAD/CAM sustava koje bi se trebale unaprijediti.

Karakteristike CAD/CAM sustava prilikom izrade metala ( i ostalih elemenata dentalno-protetskih nadomjestaka) koje bi se trebale promijeniti i unaprijediti		
	broj tehničara	%
Cjenovna pristupačnosti pri kupovini CAD/CAM uređaja	56	56,0
Cjenovna pristupačnost tečajeva o CAD/CAM sustavima	32	32,0
Poboljšanje kompatibilnosti različitih CAD/CAM sustava	42	42,0
Veće uvažavanje upotrebe CAD/CAM sustava od strane doktora i doktorica dentalne medicine	50	50,0

### 5.1 Testiranje hipoteza

- H1 – dentalni tehničari koji imaju manje praktičnog iskustva u radu bit će skloniji trenutno koristiti CAD/CAM tehnologiju za razliku od tehničara dentalne medicine s više praktičnog iskustva u radu.

Radno iskustvo dentalnih tehničara je podijeljeno u slijedećih 5 razreda:

- manje od 5 godina = 1. razred
- od 5 do 11 godina = 2. razred
- od 12 do 19 godina = 3. razred
- od 20 do 29 godina = 4. razred
- preko 30 godina = 5. razred

Tablica 11. Razlike u godinama iskustva između osoba koje trenutno koriste i koje ne koriste CAD/CAM tehnologiju za izradu dentalno-protetskih radova (\*Mann-Whitney U test).

Koristite li trenutačno CAD/CAM sustav prilikom izrade metala u dentalnoj protetici?						
	DA		NE		Z	p
	C	iqr	C	iqr	-1,04	0,298
rang godina iskustva	3	2	3	3		

Prema rezultatima Mann-Whitney U testa, nema statistički značajne razlike u godinama iskustva između osoba koje trenutno koriste i osoba koje ne koriste CAD/CAM tehnologiju ( $Z = -1,04$ ;  $p = 0,298$ ) (Tablica 11). Stoga se hipoteza H1 odbacuje.

- H2 – dentalni tehničari koji rade isključivo u privatnom sektoru bit će skloniji trenutno koristiti CAD/CAM tehnologiju za razliku od dentalnih tehničara koji u javnom sektoru rade istovremeno.

Tablica 12. Razlike u trenutnom korištenju CAD/CAM sustava s obzirom na sektor rada (\*Fisher egzaktni test).

Koristite li trenutno CAD/CAM sustav prilikom izrade metala u dentalnoj protetici?					
Sektor	DA		NE		p*
	broj tehničara	%	broj tehničara	%	
javni / javni i privatni	16	76,2	5	23,8	0,0499
Privatni	73	92,4	6	7,6	

Dakle, šesnaest od dvadeset jednog tehničara dentalne medicine, koji trenutno rade u javnom ili istovremeno rade i u javnom i u privatnom sektoru, trenutno upotrebljavaju CAD/CAM tehnologiju, u usporedbi sa sedamdeset tri od sedamdeset devet ispitanih tehničara dentalne medicine, koji rade u privatnom sektoru. Proveden Fisherov egzaktni test ukazuje na postojanje statistički značajne razlike u raspodjeli frekvencija korištenja CAD/CAM tehnologije s obzirom na sektor rada. Tehničari dentalne medicine koji su zaposleni u privatnom sustavu skloniji su koristiti CAD/CAM tehnologiju ( $p < 0,05$ ) (Tablica 12). Hipoteza H2 se prihvaća kao istina.

- H3 – dentalni tehničari koji trenutno upotrebljavaju CAD/CAM sustave više su dodatno educirani kroz školovanje i dodatne edukacije te smatraju isplativim ulaganje u edukaciju za rad s CAD/CAM sustavima od tehničara dentalne medicine koji ne koriste navedenu tehnologiju.

Tablica 13. Razlike u edukaciji i stavovima o isplativosti edukacije tehničara dentalne medicine s obzirom na trenutno korištenje CAD/CAM tehnologije (\*Mann-Whitney U test).

Upotrebljavate li trenutno CAD/CAM sustav prilikom izrade metala u fiksnoj protetici?						
	DA		NE		Z	p
	C	iqr	C	iqr		
Smatram da sam dostatno educiran/a o CAD/CAM sustavima i izradi metala za vrijeme školovanja kao dentalni/a tehničar/ka	5	2	5	1	-0,854	0,393
Smatram da sam se dostatno educirao/la o radu s CAD/CAM sustavima za izradu metala (i ostalih vrsta nadomjestaka) u fiksnoj protetici kroz dodatne edukacije i seminare	3	2	3	2	-2,370	0,018
Smatram isplativim ulaganje u edukaciju za korištenje i rad s CAD/CAM sustavima	2	2	3	2	-1,914	0,056

Kako bi se ispitalo razlikuju li tehničari dentalne medicine koji trenutačno koriste i koji ne koriste CAD/CAM sustave s obzirom na sume rangova odgovora na pitanja o edukaciji i isplativosti edukacije, izračunati su Mann-Whitney U testovi.

Rezultati provedenih testova pokazali su da se dentalni tehničari koji koriste i koji ne koriste CAD/CAM sustave statistički značajno ne razlikuju u slaganju s tvrdnjom: *Smatram isplativim*

ulaganje u edukaciju za korištenje i rad s CAD/CAM sustavima ( $p > 0,05$ ). Međutim, prema rezultatima postoji statistički bitna razlika suma rangova odgovora na pitanje: *Smatram da sam se dostatno educirao/la o radu s CAD/CAM sustavima za izradu metala (i ostalih vrsta nadomjestaka) u dentalnoj protetici kroz dodatne edukacije i seminare*, između tehničara dentalne medicine koji trenutno koriste (Mean Rank = 48,15) i koji ne koriste CAD/CAM sustave. (Mean Rank = 69,50). Naime, tehničari dentalne medicine koji ne koriste CAD/CAM sustave daju veće odgovore na navedeno pitanje, odnosno, izražavaju manje slaganje s navedenom tvrdnjom (Tablica 13). Hipoteza H3 djelomično se prihvaća.

- H4 – dentalni tehničari s manje radnog iskustva skloniji su smatrati da su dostatno educirani o CAD/CAM sustavima i skloniji su smatrati isplativim ulaganje u edukacije o korištenju CAD/CAM sustava od tehničara koji imaju više iskustva u radu.

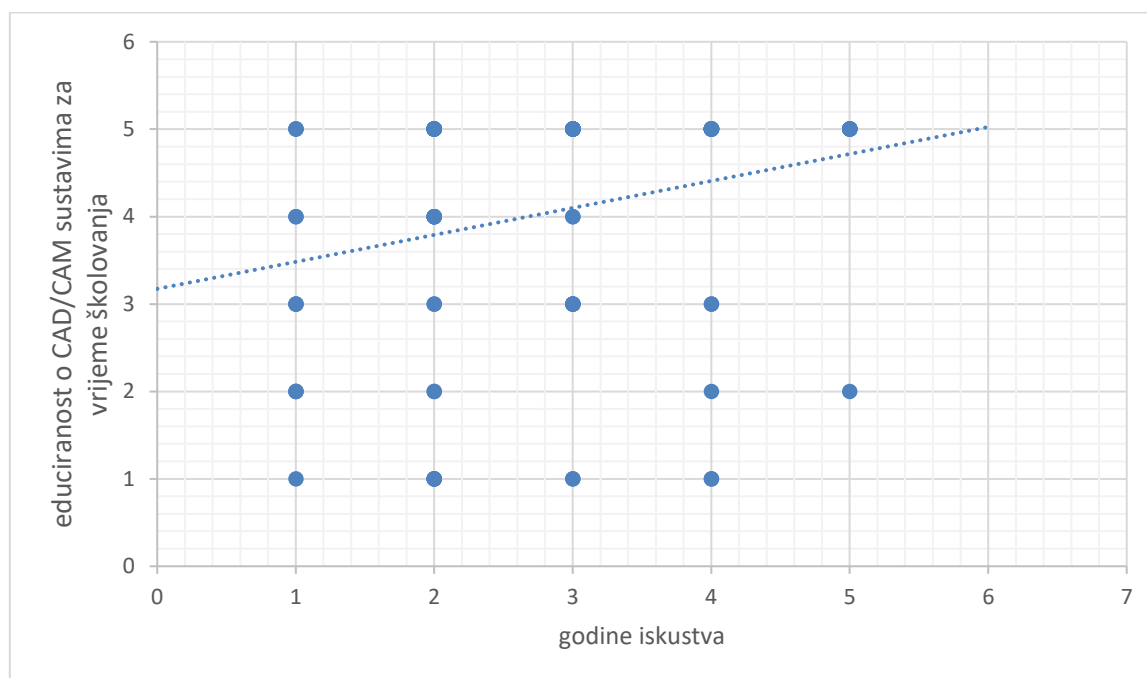
Tablica 14. Povezanost u godinama radnog iskustva s edukacijom i stavovima o isplativosti edukacije dentalnih tehničara. (\*Spearmanov koeficijent koleracije Rho).

	N	Rho	p
Godine iskustva & „Smatram da sam dostatno educiran/a o CAD/CAM sustavima i izradi metala za vrijeme školovanja kao dentalni/a tehničar/ka“	100	0,313	0,002
Godine iskustva & „Smatram da sam se dostatno educirao/la o radu s CAD/CAM sustavima za izradu metala (i ostalih vrsta nadomjestaka) u fiksnoj protetici kroz dodatne edukacije i seminare“	100	-0,077	0,444
Godine iskustva & „Smatram isplativim ulaganje u obrazovanje za korištenje i rad s CAD/CAM sustavima“	100	-0,015	0,881



Radno iskustvo tehničara dentalne medicine podijeljeno je u sljedećih pet razreda:

- manje od 5 godina = 1. razred
- od 5 do 11 godina = 2. razred
- od 12 do 19 godina = 3. razred
- od 20 do 29 godina = 4. razred
- više od 30 godina = 5. razred



Slika 7. Grafički prikaz povezanosti i odnosa u godinama radnog iskustva i obrazovanosti o CAD/CAM tehnologiji prilikom strukovnog obrazovanja „izvorna slika autorice“

Postoji pozitivna blaga povezanost u odnosu godina iskustva i samoprocjene nivoa edukacije o CAD/CAM sustavima tijekom školovanja za tehničara dentalne medicine ( $Rho = 0,313$ ,  $p < 0,01$ ) (H4 – dentalni tehničari s manje radnog iskustva skloniji su smatrati da su dostatno educirani o CAD/CAM sustavima i skloniji su smatrati isplativim ulaganje u edukacije o korištenju CAD/CAM sustava od tehničara koji imaju više iskustva u radu.

Tablica 14, Slika 7). Tehničari dentalne medicine s manje godina radnog iskustva skloniji su davati niže odgovore na pitanje: *Smatram da sam dostatno educiran/a o CAD/CAM sustavima i izradi metala za vrijeme školovanja kao dentalni tehničar/ka*. Odnosno, skloniji su izražavati slaganje s navedenom tvrdnjom od tehničara dentalne medicine s više godina radnog iskustva. Nasuprot tome, nije utvrđena statistički značajna povezanost u godinama radnog iskustva i procjene vlastitog obrazovanja o radu s CAD/CAM sustavima kroz dodatne edukacije i seminare ( $Rho = 0,077$ ,  $p > 0,05$ ). Također, godine iskustva nisu statistički značajno povezane

sa stavom o isplativosti edukacije tehničara dentalne medicine ( $Rho = -0,015, p > 0,05$ ) (H4 – dentalni tehničari s manje radnog iskustva skloniji su smatrati da su dostatno educirani o CAD/CAM sustavima i skloniji su smatrati isplativim ulaganje u edukacije o korištenju CAD/CAM sustava od tehničara koji imaju više iskustva u radu.

Tablica 14). Hipoteza H4 se djelomično prihvaća.

- H5 – dentalni tehničari koji trenutačno upotrebljavaju CAD/CAM tehnologiju prilikom izrade printanog metala u fiksnoj protetici bit će skloniji smatrati da su fiksno-protetski radovi načinjeni CAD/CAM tehnologijom kvalitetniji, da je manje vremena potrebno za njihovu izradu i da je manje prostora za pogrešku prilikom izrade printanog metala korištenjem CAD/CAM tehnologije.

Tablica 15. Povezanost upotrebe CAD/CAM tehnologije prilikom izrade dentalno-protetskih radova i stava o kvaliteti radova (\*Fisher egzaktni test).

	Koju tehniku izrade smatrate preciznijom i kvalitetnijom za izradu metala kod dentalno-protetskih nadoknada?				p
Koristite li trenutno CAD/CAM sustav prilikom izrade metala u dentalnoj protetici?	Pomoću CAD/CAM sustava		Lijevanjem / i jedan i drugi način izrade su podjednako precizni i kvalitetni		
	broj tehničara	%	broj tehničara	%	
Da	67	75,28	22	24,72	0,003
Ne	3	27,27	8	72,72	

Rezultati Fisherovog egzaktnog testa pokazuju postojanje statistički bitne razlike između tehničara dentalne medicine koji koriste i koji ne koriste CAD/CAM sustave u stavovima o optimalnoj tehnici izrade za dobivanje kvalitetnog metala za dentalno-protetske nadoknade ( $p < 0,01$ ). Tehničari dentalne medicine koji trenutno koriste CAD/CAM sustave skloniji su smatrati da se pomoću CAD/CAM sustava dobije precizniji i kvalitetniji metal nego tehničari koji trenutno ne koriste CAD/CAM sustave (H5 – dentalni tehničari koji trenutačno upotrebljavaju CAD/CAM tehnologiju prilikom izrade printanog metala u fiksnoj protetici bit

će skloniji smatrati da su fiksno-protetski radovi načinjeni CAD/CAM tehnologijom kvalitetniji, da je manje vremena potrebno za njihovu izradu i da je manje prostora za pogrešku prilikom izrade printanog metala korištenjem CAD/CAM tehnologije.

Tablica 15).

Tablica 16. Povezanost upotrebe CAD/CAM tehnologije prilikom izrade dentalno-protetskih radova i stavova o vremenu izrade metala različitim tehnikama izrade (\*Fisherov egzaktni test).

	Više vremena za izradu metala kod fiksno-protetskih radova potrebno je korištenjem				p
Koristite li trenutno CAD/CAM sustav prilikom izrade metala u fiksnoj protetici?	CAD/CAM sustava		Tradicionalnog načina izrade / podjednako, bez obzira na način izrade		
	broj tehničara	%	broj tehničara	%	
Da	5	5,62	84	94,38	0,551
Ne	0	0	11	100	

Rezultati Fisherovog egzaktnog testa ne pokazuju postojanje statistički bitnih razlika između tehničara dentalne medicine koji koriste i koji ne koriste CAD/CAM sustave u stavovima o vremenu izrade metala korištenjem različitih tehnika izrade ( $p > 0,05$ ). Gotovo svi anketirani tehničari dentalne medicine smatraju da je više vremena za izradu metala potrebno korištenjem tradicionalnog načina izrade ili da je potrebno podjednako vremena, bez obzira na način izrade (Tablica 16).

Tablica 17. Povezanost upotrebe CAD/CAM tehnologije prilikom izrade dentalno-protetskih radova i stavova o prostoru za pogrešku različitih tehnika izrade (\*Fisherov egzaktni test).

	Manje prostora za pogrešku prilikom izrade metala za dentalno-protetski rad postoji kod izrade				p
Koristite li trenutno CAD/CAM sustav prilikom izrade metala u dentalnoj protetici?	pomoću CAD/CAM sustava		pomoću lijevanja / jednako prostora za pogrešku postoji bez obzira na način izrade		
	broj tehničara	%	broj tehničara	%	
Da	69	77,53	20	22,47	0,008
Ne	4	36,36	7	63,63	

Rezultati provedenog testa pokazuju postojanje statistički bitne razlika između tehničara dentalne medicine koji koriste i koji ne koriste CAD/CAM sustave u stavovima o prostoru za pogrešku pri korištenju različitih tehnika izrade metala ( $p < 0,01$ ). Tehničari dentalne medicine koji trenutno koriste CAD/CAM sustave skloniji su smatrati da manje prostora za pogrešku prilikom izrade metala za dentalno-protetski rad postoji kod izrade pomoću CAD/CAM sustava (Tablica 17). Hipoteza H5 djelomično se prihvaća.

## 6. RASPRAVA

Primarni je cilj ovog istraživanja u sklopu diplomskog rada bio ispitati učestalost korištenja printanog metala u dentalnim laboratorijima na području grada Zagreba i Zagrebačke županije. Također ispitali su se i stavovi tehničara dentalne medicine o prednostima i nedostacima CAD/CAM tehnologije i 3D printera, suradnji s doktorima dentalne medicine, kao i nivo edukacije.

Dentalna medicina posljednjih desetak godina napredovala je uvelike u svim područjima pa isto tako i kod digitalizacije i upotrebe aditivne tehnologije, trodimenzionalnih ispisa i proizvodnje metala (14). Tehničari dentalne medicine prate napredak tehnologije zajedno s doktorima dentalne medicine te koriste aditivne metode izrade tijekom rada sve više u svojoj svakodnevnicu (16).

Od pet postavljenih hipoteza - jedna se odbacuje, jedna se prihvaća, a tri se djelomično prihvaćaju. Tehničari dentalne medicine s manje iskustva u radu podjednako upotrebljavaju CAD/CAM tehnologiju kao i oni s više iskustva u radu. Tehničari dentalne medicine koji rade u privatnim sektorima skloniji su većinom koristiti CAD/CAM tehnologiju prilikom izrade printanog metala za razliku od tehničara dentalne medicine koji rade samo u javnim ili rade i u javnim i u privatnim sektorima istovremeno. Stavovi tehničara dentalne medicine ne razlikuju se bitno po pitanju dodatne edukacije o tečajevima, ulaganjima i kvaliteti printanog metala izrađenog pomoću CAD/CAM sustava.

U Sloveniji je 2018. godine provedeno ispitivanje nakon kojeg se ispostavilo da 6,7 posto tehničara dentalne medicine iz javnog te 45,1 posto iz privatnih sektora upotrebljavaju CAD/CAM tehnologiju (49). Tehničari dentalne medicine koji su sudjelovali u navedenom ispitivanju počeli su koristiti CAD/CAM tehnologiju najčešće između 2016. i 2018. godine. U ovom istraživanju najveći broj ispitanika počeo ju je koristiti istu u svrhu izrade metala prije otprilike tri do sedam godina, što je slično razdoblje i sektor rad kao i kod gore navedenog istraživanja.

Prigodom ovog istraživanja, provedenog u gradu Zagrebu i Zagrebačkoj županiji, može se iskazati da je od sveukupno sto ispitanika njih 52 posto ženskog a 48 posto muškog spola. Istodobno, 89 posto ispitanih tehničara dentalne medicine trenutno koristi CAD/CAM sustave prilikom izrade printanog metala, dok njih 11 posto trenutno ne koristi isti princip izrade metala.

Tijekom 2020. godine Hegedus T. i sur. (16) napravili su online ispitivanje u kojem su većinom sudjelovali tehničari dentalne medicine i doktori dentalne medicine iz SAD-a i Mađarske. Prema tom ispitivanju 92,5 posto ispitanika radi s printanim metalom svaki drugi dan, što je primjetno više u odnosu na ispitivanja na razini grada Zagreba i zagrebačke Županije. Eventualna razlika korištenja printanog metala tijekom svakodnevne prakse tehničara dentalne medicine na razini grada Zagreba i Zagrebačke županije, u usporedbi navedenih rezultata istraživanja, naslućuje se u relativno ograničenom području ispitivača, različitom principu rada, te većoj potrebi za bržom i dostupnijom izradom metala u dentalnoj protetici.

U Republici Hrvatskoj provedeno je istraživanje 2018. godine u kojem su sudjelovali studenti i doktori dentalne medicine te se ispostavilo da je 84,23 posto ispitanika informirano o CAD/CAM tehnologiji za vrijeme studija, dok većina od njih 94,4 posto nije pohađala dodatne edukacijske tečajeve ili seminare mimo fakultetskog obrazovanja. Također, većina ispitanika, njih 94,9 posto, smatra da tijekom pohađanja studija nije dobila dovoljno informacija o CAD/CAM tehnologiji (50).

Provođenjem ovog istraživanja došli smo do spoznaje kako velika skupina ispitanika smatra da je trenutačni plan i program u ustanovama za obrazovanje tehničara dentalne medicine nedovoljan za samostalan rad s CAD/CAM sustavima, dok većina smatra da se kroz dodatne edukacije i seminare dostatno educirala za samostalno korištenje CAD/CAM tehnologije. Prema ovome može se zaključiti kako su mišljenja podjednaka danas kao i prije četiri godine, kad je riječ o zastupljenosti edukacije o ovoj temi.

Drugim riječima, proizlazi kako bi bilo poželjno izmijeniti program srednjoškolskog i fakultetskog obrazovanja, odnosno, dopuniti i proširiti nastavne sadržaje u svezi digitalne tehnologije u dentalnoj medicini.

Istraživanje koje je provedeno 2018. godine u Republici Hrvatskoj, u kojem su anketirani ispitanici bili doktori i doktorice dentalne medicine, pokazalo je da 59,5 posto ispitanika koristi neki oblik CAD/CAM tehnologije prilikom rada. Najviše korištena metoda u navedenom istraživanju je CAM u laboratorijima dentalne medicine ili proizvodnim centrima - 71 posto ispitanika a CAD laboratorijima dentalne medicine ili proizvodnim centrima 69,5 posto ispitanika (51).

Provedenim ispitivanjem na razini grada Zagreba i Zagrebačke županije iz rezultata se može vidjeti da čak 87 posto ispitanika koristi CAD metodu izrade, a CAM metodom izrade se koristi njih 48 posto. Uspoređujući ova dva istraživanja može se reći da se sve više prihvaća i koristi

upotreba digitalizacije u dentalnoj medicini na području ne samo grada Zagreba i Zagrebačke županije, nego i širom cijele Republike Hrvatske.

Tijekom istog istraživanja provedenog 2018. godine gotovo pola ispitanih (47,9 posto) smatra da oni radovi koji su izrađeni pomoću CAD/CAM tehnologije nemaju nedostatke. Kao najveći minus njih 19,3 posto smatra estetiku, dok se 7,2 posto ispitanika izjasnilo da je najveći nedostatak rubna preciznost. Ispitanici koji nisu do sada koristili CAD/CAM tehnologiju, njih 56,6 posto u trenutku provođenja ispitivanja izjasnilo se da je planira u budućnosti početi upotrebljavati.

U istraživanju provedenom od strane Bogers M. i sur. (52) tvrde da je cjenovno pristupačnija izrada metalnih nadoknada aditivnim metodama za razliku od ostalih, dok Hegedus T. i sur. (16) iznose da je glavni razlog prijašnjeg rijetkog upotrebljavanja aditivne metode bila nepristupačna cijena. U ovom istraživanju 73 posto ispitanika smatra da manje prostora za pogrešku ima prigodom izrade metala pomoću CAD/CAM sustava, 87 posto ih smatra da je puno brža od tradicionalnih tehnika izrade, dok ih 7 posto smatra da je to preskupa i neisplativa investicija. Istodobno, kad je riječ o glavnim karakteristikama koje bi se trebale promijeniti i unaprijediti, 56 posto ispitanika smatra da je to cjenovna pristupačnost pri kupovini CAD/CAM uređaja, 50 posto ispitanika smatra da je potrebno veće prihvaćanje kada su u pitanju doktori i doktorice dentalne medicine, a 42 posto ispitanika smatra da treba poboljšati kompatibilnost različitih CAD/CAM sustava. Od devet ispitanika u ovom istraživanju koji ne upotrebljavaju i nisu do sada upotrebljavali CAD/CAM tehnologiju, njih 22,2 posto planira nekada u budućnosti započeti rad s istom.

Dakle, s obzirom na sve veću upotrebu digitalne stomatologije, što podrazumijeva i upotrebu CAD/CAM sustava i 3D printera, bilo bi poželjno izmijeniti kurikulume u srednjim školama za tehničare dentalne medicine i na fakultetima dentalne medicine u području proširivanja količine stjecanja znanja i praktičnog rada navedene tehnologije. Dok se ta stavka ne izmjeni, tečajevi vezani uz CAD/CAM sustave i 3D printanje trebali bi zadovoljavati edukaciju svih zainteresiranih sudionika.

Na temelju ovog istraživanja i njegovih rezultata može se reći da se u budućnosti očekuje veća pristupačnost opreme i programa CAD/CAM sustava, a vrijeme potrebno za izradu dentalno-protetskih nadoknada skratit će se te će biti dugotrajnije i kvalitetnije, a pacijenti zadovoljniji.



## 7. ZAKLJUČCI

Temeljem provedenog istraživanja i dobivenih rezultata mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- više od dvije trećine tehničara dentalne medicine na području grada Zagreba i Zagrebačke županije trenutačno upotrebljava ili je već prije upotrebljavalo CAD/CAM tehnologiju u svrhu izrade printanog metala; većina u privatnom sektoru s manje godina iskustva;
- tehničari dentalne medicine koji koriste ili su već prije koristili CAD/CAM tehnologiju u svrhu izrade printanog metala češće upotrebljavaju CAD metodu izrade, dok CAM metodu izrade koriste nešto rjeđe;
- najveći porast upotrebe CAD/CAM tehnologije za izradu printanog metala u struci tehničara dentalne medicine dogodio se prije otprilike tri do sedam godina;
- razina edukacije o CAD/CAM sustavima u obrazovnim ustanovama tehničara dentalne medicine je relativno niska za samostalan rad;
- tehničari dentalne medicine smatraju isplativim ulaganje u edukaciju za korištenje i rad s CAD/CAM sustavima i teme su relativno dovoljno zastupljene na stručnim edukacijskim tečajevima;
- tehničari dentalne medicine s više iskustva u radu manje su obrazovani o CAD/CAM tehnologiji za vrijeme svog školovanja;
- stavovi tehničara dentalne medicine, vezanih za preciznost i kvalitetu dentalno-protetskih nadoknada pomoću CAD /CAM sustava, uglavnom su pozitivni;
- većina tehničara dentalne medicine smatra da CAD/CAM tehnologija prigodom izrade printanog metala ubrzava proces te da je manja mogućnost pogreške;
- najveća mana CAD/CAM tehnologije je cjenovna pristupačnost pri nabavi

## 8. SAŽETAK

Cilj istraživanja: Cilj istraživanja bio je ispitati učestalost uporabe printanog metala u dentalnim laboratorijima u gradu Zagrebu i Zagrebačkoj županiji.

Nacrt studije: Presječna studija provedena na području grada Zagreba i Zagrebačke županije.

Ispitanici i metode: U ispitivanju sudjelovalo je sto tehničara dentalne medicine na području grada Zagreba i Zagrebačke županije. Ispitivanje je provedeno anketnim upitnikom s ukupno dvadeset pitanja, a bilo je anonimno i dobrovoljno. Provedeno je u razdoblju od svibnja do srpnja 2022. godine.

Rezultati: Od sveukupno sto ispitanika, 52 ženskog a 48 muškog spola, različitih godina radnog staža i različitih sektora zaposlenja, 89 % njih trenutačno koristi CAD/CAM tehnologiju za izradu printanog metala. Tu su tehnologiju započeli koristiti većinom prije tri do sedam godina. Većina ispitanih smatra nedostatnim trenutačni plan i program edukacije kad je riječ o ovoj temi. Isto tako, 73 % ispitanih smatra kako postoji manje prostora za pogrešku CAD/CAM načinom izrade metala, 87 % smatra ih kako je ta metoda puno brža od tradicionalnih tehnika. Istaknute karakteristike, koje bi bilo poželjno promijeniti, cjenovna je pristupačnost (56 posto), veće prihvaćanje od strane doktora dentalne medicine (50 posto) i kompatibilnost različitih CAD/CAM sustava (42 posto).

Zaključak: Rezultati pokazuju da više od dvije trećine tehničara dentalne medicine na području grada Zagreba i Zagrebačke županije koristi CAD/CAM tehnologiju za izradu printanog metala.

Ključne riječi: aditivna tehnika proizvodnje; CAD/CAM; lasersko sintetiranje; metal; trodimenzionalno printanje.

## 9. SUMMARY

### **The use of printed metal in laboratories in the city of Zagreb and Zagreb County**

**Objectives:** The main objective of this research was to examine the frequency of use of printed metal in dental laboratories in the city of Zagreb and Zagreb County.

**Study design:** Cross-sectional research in the city of Zagreb and Zagreb County.

**Participants and Methods:** This survey included 100 participants. The participants were dental technicians from the city of Zagreb and Zagreb County. The survey questionnaire included 20 questions and was anonymous and voluntary. It was conducted in the period from May to July, 2022.

**Results:** There were 100 participants who took the study, 52 of whom were female and 48 were male, with varying years of work experience and employment in public and private clinics. Currently, 89 % of them use printed metal, which they began using about 3 to 7 years ago. Most of them consider the level of education attained over the duration of their studies for using CAD/CAM technology to be insufficient. 73 % of the respondents consider the CAD/CAM method of metal fabrication to have a lower probability of errors. 87 % of them consider this method to be much faster than traditional techniques. It would be desirable to improve upon the following key characteristics: affordability (56 %), increased acceptance by doctors of dental medicine (50 %), and improved compatibility of different CAD/CAM systems (42 %).

**Conclusion:** The results show that more than two thirds of dental technicians in the area of the city of Zagreb and Zagreb County use CAD/CAM technology for the production of printed metal.

**Key words:** additive manufacturing techniques; CAD/CAM; laser sintering metal; three-dimensional printing.

**10. LITERATURA**

1. Nayyar N, Ojcius MD, Dugoni AA. The Role of Medicine and Technology in Shaping the Future of Oral Health. *J Calif Dent Assoc.* 2020;48(3):127–130.
2. Tim J, Fernando Z, Marco F. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2017;17(1):124.
3. Vukicevic M, Mosadegh B, Min JK, Little SH. Cardiac 3D printing and its future directions. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2017;10(2):171–84.
4. Lin L, Fang Y, Liao Y, Chen G, Gao C, Zhu P. 3D printing and digital processing techniques in dentistry: a review of literature. *Adv Eng Mater.* 2019;21(6):28.
5. Alharbi N, Alharbi S, Cuijpers V, Osman RB, Wismeijer D. Three-dimensional evaluation of marginaland internalfit of 3D-printed interim restorations fabricated on different finish line designs. *J Prosthodont Res.* 2018;62(2):218–26.
6. Mangano F, Veronesi G. Digital versus analog procedures for the prosthetic restoration of single implants: a randomized controlled trial with 1 year of follow-up. *BioMed Research International.* 2018 Jul 18;2018:1-20.
7. Ahmad I, Fahad A-H. 3D printing in Dentistry 2019/2020. London: Quintessence Publishing; 2019. 242.
8. Pravin S, Sudhir A. Integration of 3D printing with dosage forms: A new perspective for modern healthcare. *Biomed Pharmacother.* 2018;107:146-154.
9. Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *BDJ Open.* 2015;219(11):521-9.
10. Liaw C-Y, Guvendiren M. Current and emerging applications of 3D printing in medicine. *Biofabrication.* 2017;9(2):024102.
11. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D Printing in Dentistry-State of the Art. *Oper Dent.* 2020;45(1):30–40.
12. Bae S, Hong M-H, Lee H, Lee C-H, Hong M, Lee J, et al. Reliability of Metal 3D Printing with Respect to the Marginal Fit of Fixed Dental Prostheses: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials (Basel).* 2020;13(21):47-81.
13. Zanetti EM, Aldieri A, Terzini M, Cali M, Franceschini G, Bignardi C. Additively manufactured custom load-bearing implantable devices. *Australas Med J.* 2017;10(8):694–700.

14. Arcila LVC, Ramos N de C, Bottino MA, Tribst JPM. Indications, materials and properties of 3D printing in dentistry: a literature overview. *Res, Soc Dev.* 2020;9(11):2-3.
15. Alharbi N, Wismeijer D, Osman RB. Additive Manufacturing Techniques in Prosthodontics: Where Do We Currently Stand? A Critical Review. *Int J Prosthodont.* 2017;30(50):474–84.
16. Hegedus T, Kreuter P, Kismarczi-Antalffy AA, Demeter T, Banyai D, Vegh A. User Experience and Sustainability of 3D Printing in Dentistry. *Int J Env Res Public Heal.* 2022;19(4):19-21.
17. What is Additive Manufacturing? [Internet]. GE Additive. 2019 [cited 29 August 2019]. Available from: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing>
18. Wohlers T, Gornet T. History of additive manufacturing. Fort Collins, Colorado, USA 2014.
19. Li J, Pumera M. 3D printing of functional microrobots. *Chem Soc Rev.* 2021;50(4):2794–838.
20. Maglara E, Angelis S, Solia E, Apostolopoulos AP, Tsakotos G, Vlasis K, et al. Three-Dimensional (3D) Printing in Orthopedics Education. *J Long Term Eff Med Implant.* 2020;30(4):255–8.
21. ISO/ASTM 52900. Additive Manufacturing—General Principles—Terminology. Dostupno na adresi:<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:dis:ed-2:v1:en>. Datum pristupa: 19.8.2022.
22. Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D Printing in Digital Prosthetic Dentistry: An Overview of Recent Developments in Additive Manufacturing. *J Clin Med.* 2021;10:2010.
23. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning.* 2021;2021:9950131.
24. Khairallah SA, Martin AA, Lee JRI, Guss G, Calta NP, Hammons JA, et al. Controlling interdependent meso-nanosecond dynamics and defect generation in metal 3D printing. *Science.* 2020;368:660–5.
25. Revilla-León M, Meyer MJ, Özcan M. Metal additive manufacturing technologies: literature review of current status and prosthodontic applications. *Int J Comput Dent.* 2019;22(1):55–67.

26. Vakifahmetoglu C, Hasdemir B, Biassetto L. Spreadability of Metal Powders for Laser-Powder Bed Fusion via Simple Image Processing Steps. *Materials (Basel)*. 2022;15(1):205.
27. Oyar P. Laser Sintering Technology and Balling Phenomenon. *Photomed Laser Surg*. 2017;20(20):1–6.
28. Horn T, Harrysson O. Overview of Current Additive Manufacturing Technologies and Selected Applications. *Sci Prog*. 2012;95(3):255-82.
29. Wang Z, Ummethala R, Singh N, Tang S, Suryanarayana C, Eckert J, et al. Selective Laser Melting of Aluminum and Its Alloys. *Materials (Basel)*. 2020;13:4564.
30. Guk Bae K, Sangwook L, Haekang K, Dong HY, Young-Hak K, Yoon Soo K et al. Three-Dimensional Printing: Basic Principles and Applications in Medicine and Radiology. *Korean J Radiol*. 2016;7(2):182-97.
31. Chaar MS, Passia N, Kern M. Long-term clinical outcome of posterior metal-ceramic crowns fabricated with direct metal laser-sintering technology. *J Prosthodont Res*. 2020;64:354–7.
32. Bellot JP, Jourdan J, Kroll-Rabotin J-S, Quatravaux T, Jardy A. Thermal Behavior of Ti-64 Primary Material in Electron Beam Melting Process. *Materials (Basel)*. 2021;14(11):2853.
33. Cen M, Liu Y, Chen X, Zhang H, Li Y. Calculation of flow, heat transfer and evaporation during the Electron Beam Cold Hearth Melting of Ti-6Al-4V Alloy. *Rare Met Mat Eng*. 2020;49:833–41.
34. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive technology: update on current materials and applications in dentistry. *J Prosthodont*. 2017;26(2):156-63.
35. Ngo T, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen K, Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Compos B Eng*. 2018;143:172-96.
36. Barazanchi A, Li K, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell J. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *J Prosthodont*. 2016;26(2):156-63.
37. Khorsandi D, Fahimipour A, Abasian P, Saber SS, Seyedi M, Ghanavati S, et al. 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Recent advances and future perspectives. *Acta Biomater*. 2021;122:26–49.
38. Vock S, Klöden B, Kirchner A, Weißgärber T, Kieback B. Powders for powder bed fusion: A review. *Prog Addit Manuf*. 2019;4:383–97.

39. Gorji N, O'Connor R, Brabazon D. XPS, XRD, and SEM characterization of the virgin and recycled metallic powders for 3D printing applications. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.* 2019;591:12016.
40. Popov VV, Grilli ML, Koptuyug A, Jaworska L, Katz-Demyanetz A, Klobčar D, et al. Powder Bed Fusion Additive Manufacturing Using Critical Raw Materials: A Review. *Materials.* 2021;14:909.
41. Zhao L, Pei X, Jiang L, Hu C, Sun J, Xing F, et al. Bionic design and 3D printing of porous titanium alloy scaffolds for bone tissue repair. *Compos Part B Eng.* 2019;162:154–61.
42. Kim SC, Jo WL, Kim YS, Kwon SY, Cho YS, Lim YW. Titanium Powder 53 Coating Using Metal 3D Printing: A Novel Coating Technology for Cobalt–Chromium Alloy Implants. *Tissue Eng Regen Med.* 2019;16:11–8.
43. Jeong Y, Lee W, Lee K. Accuracy evaluation of dental models manufactured by CAD/CAM milling method and 3D printing method. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(3):245-51.
44. Wang H, Su K, Su L, Liang P, Ji P, Wang C. Comparison of 3D-printed porous tantalum and titanium scaffolds on osteointegration and osteogenesis. *Mater Sci Eng C.* 2019;104:109908.
45. Bajunaid SO, Altwaim B, Alhassan M, Alammari R. The fit accuracy of removable partial denture metal frameworks using conventional and 3D printed techniques: An in vitro study. *J Contemp Dent Pr.* 2019;20:476–81.
46. Chen H, Yang X, Chen L, Wang Y, Sun Y. Application of FDM three-dimensional printing technology in the digital manufacture of custom edentulous mandible trays. *Sci Rep.* 2016;6(1):1-6.
47. Venkatesh KV, Nandini VV. Direct metal laser sintering: a digitized metal casting technology. *J Indian Prosthodont Soc.* 2013;13(4):389-92.
48. Marušić M. Uvod u znanstveni rad u medicini. 4th edition. Zagreb: Medicinska naklada; 2008.
49. Zagoričnik M, Rozman T. Analiza stanja na področju digitalnih tehnologij v zobnih laboratorijih v Sloveniji. Magistarski rad, Založništvo in izdelava - Maribor: ; 2018.
50. Maltar M, Miloš L, Milardović S, Kovačić I, Peršić S, Juroš I, et al. Attitudes of the students from the School of dental medicine in Zagreb towards CAD/CAM. *Acta Stomatol Croat.* 2018 Dec 15;52(4):322-9.

51. Hrvoj B. Istraživanje zastupljenosti korištenja CAD/CAM tehnologije među doktorima dentalne medicine u Hrvatskoj [Diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet; 2018., Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:683218>
52. Bogers M, Hadar R, Bilberg A. Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing. Elsevier Inc. 2015;1–15.