

ŠOLSKI CENTER VELENJE

ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA

Trg mladosti 2, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

UPORABA 3D-MODELIRANJA V ZOBNI TEHNIKI

Tematsko področje: TEHNIKA

Avtor:

Jaka Jenko, 3. letnik

Mentor:

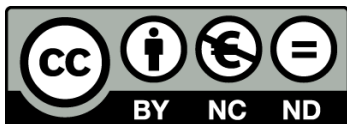
Nedeljko Grabant, dipl. inž.

Velenje, 2014/2015

Raziskovalna naloga je bila opravljena na ŠC Velenje, Elektro in računalniški šoli.

Mentor: Nedeljko Grabant, dipl. inž. elekt.

Datum predavitve: marec 2015



BY: Jaka Jenko

KLJUČNA INFORMACIJSKA DOKUMENTACIJA

ŠD Elektro in računalniška šola Velenje, 2014/2015

KG 3D-modeliranje / zobna tehnika / zdravstvo

AV Jenko Jaka

SA Nedeljko Grabant

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg Mladosti 3

ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola

LI 2015

IN UPORABA 3D-MODELIRANJA V ZOBNI TEHNIKI

TD Raziskovalna naloga

OP VIII, 38 str., 1 pregl., 6 graf., 28 sl., 14 vir.

IJ sl

JI sl. / en.

AI Namen raziskovalne naloge z naslovom "Uporaba 3D-modeliranja v zobni tehniki", je raziskava novega načina dela, ki se je začelo uporabljati pred kratkim v zobotehničnih laboratorijih. Samo vprašanje, ki se pojavlja pri tem, je preprosto, ugotoviti, ali lahko računalnikar postane priučen zobotehnik. Raziskali smo, kateri programi se ta hip uporabljajo, ali jih lahko uporabljamo za namen 3D-tiskanja v zdravstvu, kakšen je postopek izdelave zoba brez pomoči 3D-tehnologije in z njeno pomočjo, kakšen je postopek tiskanja in kakšni materiali se lahko uporabljajo. Razen tega nas je zanimalo in smo raziskovali, koliko ljudi ve za 3D-modeliranje in optično branje na tem področju. Prav tako, če so seznanjeni, ali so že videli predmete, ki so bili 3D-natisnjeni in ali ima kdo od vprašanih 3D-natisnjen kakšen del telesa (zob ali kost).

Začetek naloge je nastal, ko je k mlademu raziskovalcu na valeti pristopila njegova bivša učiteljica razrednega pouka in mu podarila sliko, ki jo je pred leti narisal. Na sliki je bilo naslikano, kaj bi rad postal, ko bo velik (zobotehnik). Potem je na začetku tega šolskega leta ugotovil, da bi lahko povezal računalništvo in zobozdravstvo in pri tem mu lahko pomaga oče, ki je zobotehnik.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Elektro in računalniška šola Velenje, 2014/2015

CX 3D-modeling / dental technology / health

AU Jenko Jaka

AA Nedeljko Grabant

PP 3320 Velenje, SLO, Trg Mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola

PY 2015

TI Use of 3D modeling in dental technicians

DT Research work

NO VIII, 38 pages, 1 table, 6 graphs, 28 photos, 14 sources

LA SL

AL sl / en

AB The purpose of my research paper titled “Using 3D-modeling in dental engineering”, which started being used more and more in dental laboratories not long ago, is simple, namely to determine whether a computer technician can become a dental technician. In addition, it has also been explored what kind of programs can be used for the purpose of 3D-printing in health care, as well as the procedure of making teeth with or without the help of 3D-technology and finally, what the printing process is like and what materials can be used. In the research project I have also researched how many people are actually acquainted with 3D-modeling, whether anyone has already seen a 3D-printed object, and furthermore, whether anyone has already 3D-printed any part of their body (a tooth or a bone).

I actually set myself to explore this area of interest due to an event at my junior prom when my third grade teacher approached me (a future computer technician) and gave me a picture, on which I painted what I wanted to be when I grew up. There I could see a dentistry lab and myself as a dental technician, which made me smile at that time. Until this year, when I have found out that it would be a good idea to connect computing and dentistry, also with the help of my father who is a dental technician himself.

KAZALO KRATIC

3D – tridimenzionalno

€ – Euro

angl. – prevod iz angleškega jezika

BY – priznanje avtorstva

CAD / CAM – computer-aided design and computer-aided manufacturing -računalniško podprto oblikovanje in računalniško podprto proizvodnjo

CC – angl. CreativeCommons, kreativna skupnost

cca – približno, okoli

dipl. – diplomirani

ERŠ – Elektro in računalniška šola

g. – gospod

ga. – gospa

HTML - Hyper Text Markup Language (slovensko jezik za označevanje nadbisedila)

http – angl. hipertext transfer protocole, nadbisedilni prenosni protokol

inž. – inženir

npr. – na primer

PLA – angl. Polylactic acid ali polylactide (PLA, Poly), vrsta plastike PLA (oz. polilaktid)

ŠCV – Šolski Center Velenje

sl. – slovensko

spl. – splet

t.i. – tako imenovani

URL - naslov spletnih strani v svetovnem spletu.

wiki – Wikipedia

www – world wide web - svetovni splet

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	HIPOTEZE	1
2	PREGLED STANJA TEHNIKE	2
2.1	3D-MODELIRANJE V ZDRAVSTVU	2
2.1.1	Programska oprema za 3D-modeliranje v zdravstvu	2
2.1.2	Namen 3D-modelov v zdravstvu	7
2.2	ZOBNA TEHNIKA	8
2.3	3D-MODELIRANJE V ZOBNI TEHNIKI	9
2.4	MNENJE ZOBOTEHNIKOV O 3D-MODELIRANJU V ZOBNI TEHNIKI.....	10
2.5	SEZNANJENOST LJUDI	11
3	METODOLOGIJA	12
3.1	MATERIALI V ZOBNI TEHNIKI	12
3.1.1	Materiali za uporabo v zobni tehniki, brez uporabe 3D-tehnologije.....	12
3.1.2	Materiali za uporabo v zobni tehniki, z uporabo 3D-tehnologije	14
3.1.3	Primerjava najpogostejših materialov, ki se uporabljajo v zobni tehniki	15
3.2	POTEK IZDELAVE UMETNEGA ZOBA.....	17
3.2.1	Potek dela trenutno še uveljavljene standardne tehnologije.....	17
3.2.2	Potek dela izdelave umetnega zoba z uporabo 3D-tehnologije.....	21
3.3	RAZLIKE MED PROFESIONALNIM PLAČLJIVIM PROGRAMOM IN ODPRITOKODNIM 3D-MODELIRNIM PROGRAMOM.....	23
3.3.1	Pregled modela za tiskanja z uporabo programa Blender	26
3.3.2	3D-tiskanje zoba z izrivanjem s tiskalnikom MendelMax 2.5	28
3.4	ANKETA	30
4	REZULTATI HIPOTEZ	34
5	ZAKLJUČEK	35
6	POVZETEK.....	36
7	ZAHVALA	37
8	VIRI IN LITERATURA	38

KAZALO SLIK

Slika 1: Originalna CT slika, vir: [S1]	2
Slika 2: Segmentacija, vir: [S2]	3
Slika 3: Končni 3D-izdelek, vir: [S3]	3
Slika 4: 3D-model iz 2D-slik, vir: [S4].....	4
Slika 5: 3D-modeliran del lobanje, vir: [S5].....	5
Slika 6: Rezultat optičnega branja spodnjih zob, vir: [4].....	5
Slika 7: Modeliranje enega manjkajočega zoba, vir: [4]	6
Slika 8: Priprava na rezkanje zoba, vir: [4].....	6
Slika 9: Zobni odtis, lastna slika	17
Slika 10: Zobni model iz gipsa, lastna slika.....	17
Slika 11: Peč za izgorevnje voska, lastna slika	18
Slika 12: Centrifugalni ulivalnik, lastna slika.....	19
Slika 13: Vakuumska peč za porcelan, lastna slika.....	19
Slika 14: Dokončan porcelanast zob , lastna slika.....	20
Slika 15: taljenje kovin kot način 3D-tiska, vir: [S6].....	21
Slika 16: 3D-rezkanje, vir: [S7]	22
Slika 17: Obrazec za vnos podatkov pacienta, vir: [4].....	23
Slika 18: Pred narejen model zoba, vir: [4]	24
Slika 19: Prirejen model zoba, vir: [4]	24
Slika 20: Program Blender, vir: [7].....	25
Slika 21: Mrežni model originalnega zoba	26
Slika 22: Mrežni model popravljenega zoba.....	26
Slika 23: Razrez modela zoba na plasti v programu Repetier-host.....	27
Slika 24: Fotografija tiskalnika MendelMax 2.5, lasten vir	28
Slika 25: Tiskanje 3D-tiskanje zoba z izrivanjem, lasten vir	28
Slika 26: Končan natisnjen model zoba, lasten vir	29
Slika 27: Ležeči zob po tiskanju in spodaj z napako pri tiskanju, lasten vir.....	29
Slika 28: Primer dobro in slabo odtisnjenih plastičnih modelov zob	35

Kazalo tabel

Tabela 1: Primerjava najpogostejših materialov, ki se uporabijo v zobni tehniki.....	15
--	----

1 UVOD

V 3D-digitalni grafiki se 3D-modeliranje smatra kot proces matematične upodobitve tri dimenzionalne površine objekta s pomočjo matematičnega zapisa, ki ga omogoča ustrezna programska oprema. Tak izdelek imenujemo 3D-model.

Slednjega lahko s procesom imenovanim 3D-upodabljanje (angl. 3D rendering) predstavimo kot dvodimenzionalno sliko ali uporabimo v računalniški 3D-simulaciji. Proces izdelave modela preko vnosa geometrijskih podatkov v 3D-računalniško grafiko lahko v realnem svetu primerjamo s kiparskim delom.

1.1 HIPOTEZE

Pred samim delom smo si zastavili naslednje hipoteze:

1. Predvidevamo, da je v novodobnem zobotehničnem laboratoriju računalničar odličen partner in sodelavec.
2. V Sloveniji je s 3D-modeliranjem seznanjenih vsaj 80% ljudi.
3. Tudi z brezplačnim Blender programom je mogoče narediti uporaben 3D-model za uporabo v zobni tehniki.

Pojasnilo okrog prve hipoteze:

Računalničar lahko v laboratoriju skrbi za računalniško opremo, kot so računalniki, optični bralniki ali t. i. skenerji, podatkovne baze, tiskalnice in rezkalnike. Prav tako se lahko njegovo znanje v povezavi z zobotehnikom uporablja za skeniranje delovnih modelov in pri uporabi programa za 3D-modelacijo zobotehničnih elementov, kot so posamezne zobne krone, mostički, sidrni elementi in ostali zobni nadomestki, ki so primerni za tiskanje v kovini ali rezkanje iz različnih materialov.

2 PREGLED STANJA TEHNIKE

Sledi krajši opis dosedanjega stanja tehnike uporabe 3D-tehnologij na nekaterih zdravstvenih področjih.

2.1 3D-MODELIRANJE V ZDRAVSTVU

Na kratko bomo opisali trenutno najbolj pogosto uporabljeno programsko opremo za zdravstvene namene.

2.1.1 Programska oprema za 3D-modeliranje v zdravstvu

Na kratko so predstavljeni naslednji programi: 3D-Doctor, Mimics®, 3-matic® in 3Shape.

2.1.1.1 3D-Doctor

3D-Doctor je napreden program za 3D-modeliranje, obdelavo slik in merjenje z magnetsko resonanco MRI –(angl. Magnetic Resonance Imaging), računalniško tomografijo CT (angl. Computed Tomography) (slika 1), pozitronsko emisijsko tomografijo PET (angl. Positron Emission Tomography), mikroskopskih in industrijskih 3D-slik.

Lahko izračunamo 3D-volumen in še druge 3D-meritve za kvantitativno analizo [1]. Pri 3D-doktorju vektorsko osnovna orodja omogočajo enostavno ravnanje s podatki slike (slika 2) ter enostavno merjenje in analizo podatkov.

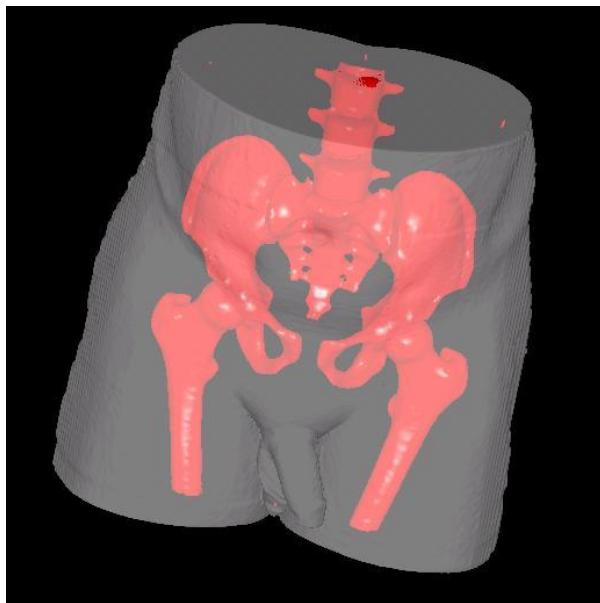


Slika 1: Originalna CT slika, vir: [S1]



Slika 2: Segmentacija, vir: [S2]

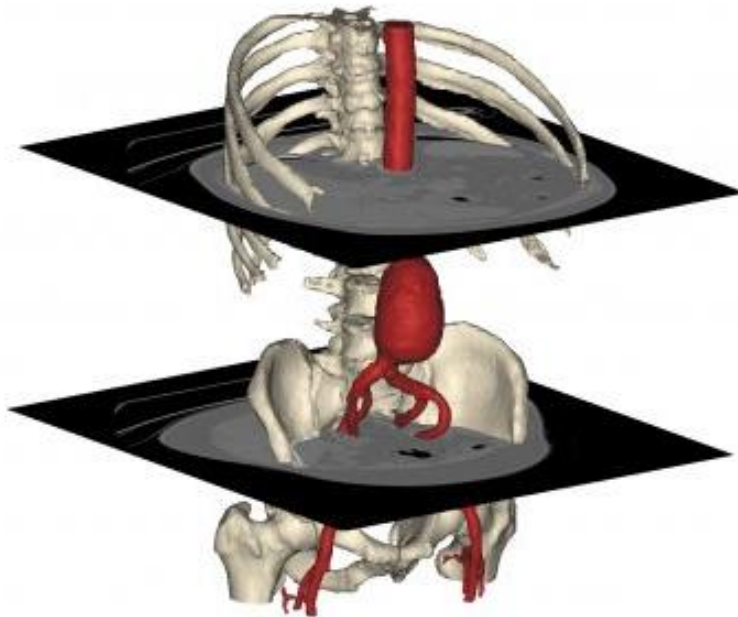
3D-CT/MRI slike so lahko razrezane po poljubnih oseh. Zamaknjene rezine lahko avtomatsko ali polavtomatsko uskladi (slika 3) z uporabo funkcije za poravnavo slik.



Slika 3: Končni 3D-izdelek, vir: [S3]

2.1.1.2 *Mimics®*

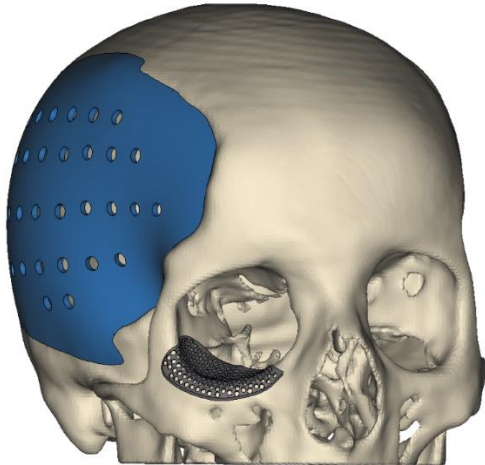
Mimics je programska oprema, ki jo podjetje Materialise [2] razvija posebej za medicinsko obdelavo slik (slika 4). Uporabljen je lahko za segmentacijo medicinskih 3D-slik (iz CT, MRI, mikro-CT, CBCT, 3D-ultrasound, Confocal Microscopy) in rezultat je zelo natančen 3D-model pacientove anatomije. Nato lahko te modele pacientov uporabimo v različnih inženirskih aplikacijah, kot so 3-Matic ali pa lahko izvozimo 3D-modele in anatomske mejne točke v programe tretjih oseb, kot so drugi CAD (Computer-aided Design) programi.



Slika 4: 3D-model iz 2D-slik, vir: [S4]

2.1.1.3 3-matic®

3-matic [3] je edinstvena programska oprema, saj je sposoben združiti CAD orodja, s predhodno obdelavo 3D-modela. To stori tako, da deluje na triangulacijskem (STL) sistemu datotek. Kot tak je zelo primeren za organske/poljubne oblike 3D-podatkov, kot so anatomske podatki (slika 5), ki izhajajo iz segmentacije medicinskih slik (iz drugih programov). Zaradi tega ga nekateri kličejo anatomske CAD.



Slika 5: 3D-modeliran del lobanje, vir: [S5]

2.1.1.4 3Shape

3Shape Dental sistem™ [4] je znan kot eden izmed najmočnejših CAD / CAM oblikovalskih sistemov na svetu (slika 7).

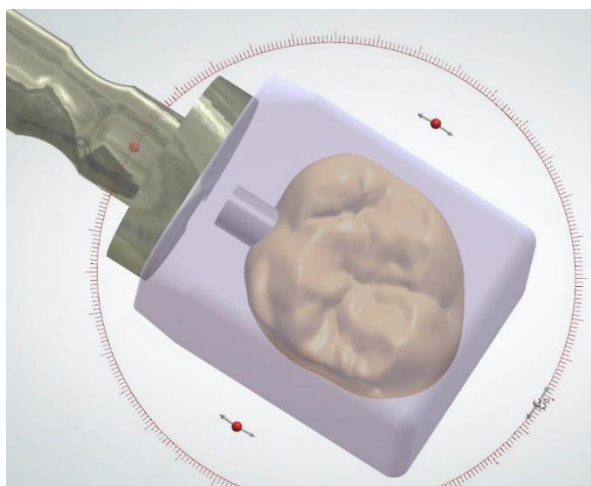


Slika 6: Rezultat optičnega branja spodnjih zob, vir: [4]

Podpira poteke dela seznamov, ponuja eno izmed najbolj obsežnih zobozdravstvenih podpor na trgu in močno poveča produktivnost prek obsežne avtomatizacije (slika 7 in slika 8).



Slika 7: Modeliranje enega manjkajočega zoba, vir: [4]



Slika 8: Priprava na rezkanje zoba, vir: [4]

2.1.2 Namen 3D-modelov v zdravstvu

3D-modeliranje, kot smo že omenjali, se ne uporablja samo za izdelavo kakšnih manjših maket in izdelkov, ampak se uporablja tudi za izdelavo kompleksnejše stvari, kot na primer za izdelavo delov človeškega telesa (kosti, zobje, sklepi...).

Zdravstveno modeliranje je bilo zasnovano na ideji, da se medicinskih slik ne sme uporabljati le za diagnozo, temveč, da jih je potrebno uporabiti tudi za klinično zdravljenje. Ta princip razmišljanja je pritisnil na razvoj medicinskih orodij za načrtovanje, ki vodijo, kako se uporablja rekonstruktivna tehnologija danes. Potem, ko so strokovnjaki imeli priložnost sodelovati s številnimi kirurgi po svetu in z na tisoče bolniki, je to prineslo velik napredek in razumevanje k uporabi 3D-modeliranja.

3D-tehnika se razvija iz dneva v dan. Na začetku smo lahko tiskali le iz plastike, sedaj pa lahko že tiskamo tudi iz ogljikovih vlaken in zraven v 3D-natisnjene modele vključimo tudi elektroniko (ki se prav tako natisne v model s posebnim 3D-tiskalnikom).

Naše mnenje je, da bodo že čez nekaj let 3D-tiskalniki dostopni vsakomur in tako jih bo lahko imela doma večina gospodinjstev po svetu in jih bo uporabljala za najrazličnejše namene.

2.2 ZOBNA TEHNIKA

Zobozdravstvo je veja medicine, ki se ukvarja s proučevanjem, diagnosticiranjem, preprečevanjem in zdravljenjem bolezni, motnjami in stanji, v ustni votlini, predvsem zobovjem, ampak tudi ustno sluznico ter sosednjih in sorodnih struktur in tkiv, zlasti z maksilofacialnimi (čeljust in obraz) območji. Čeprav je v prvi vrsti zobna tehnika povezana z zobnim področjem zobozdravstva ali dentalne medicine, zato ni omejena na odontologijo - proučevanje strukture, razvoja in nenormalnega zobovja. Zaradi znatnega prekrivanja v konceptu se zobozdravniško pogosto razume tudi, da vključuje vedo stomatologije (študijo o ustih in njegovih motnjah in boleznih), zaradi česar se oba izraza uporabljata kot sopomenki.

Zobozdravstvo je zelo pomembno za splošno zdravje. Zobozdravstveno zdravljenje se izvaja z zdravstveno ekipo, ki je pogosto sestavljena iz zobozdravnika in zobozdravstvenih pomočnikov (pomočniki, zobni higieniki, zobotehniki in zobozdravstveni terapevti). Veliko zobozdravnikov dela v zasebnih praksah (primarna oskrba), nekaj jih dela v bolnišnicah (sekundarno varstvo) in tudi v institucijah (zapori, oborožene sile, itd).

Zgodovina zobozdravstva je skoraj tako stara kot starodavna zgodovina človeštva in civilizacije z najzgodnejši dokazi iz leta 7000 pr. n. št. Prazgodovinske zobozdravstvene kirurške tehnike so se pojavile že v starem Egiptu, kjer čeljust iz približno 2650 let pr. n. št. prikazuje dve izdolbini tik pod korenem prvega modrostnega zoba, ki kaže na odstranitev modrostnega zoba. Ostanki od zgodnjih obdobjih civilizacije doline Ind (okoli 3300 let pred našim štetjem) kažejo na izvrtavanje zob, ki je dokaz začetka zobne medicine okoli 9000 let nazaj. Dobro je vedeti, da je zobna kirurgija prva specializacija iz medicine. [5]

2.3 3D-MODELIRANJE V ZOBNI TEHNIKI

CAD / CAM zobozdravstvo je področje zobozdravstva in protetike z uporabo CAD / CAM (računalniško podprto oblikovanje in računalniško podprto proizvodnjo (ang. computer-aided design and computer-aided manufacturing)), ki izboljša načrtovanje in ustvarjanje zobotehničnih elementov, zlasti zobnih protez, kron, lusk, vložkov, fiksnih mostičkov, zobnih vsadkov in ortodontskih aparatov. CAD / CAM dopolnjuje prejšnje tehnologije, ki se uporabljajo za namene povečanja hitrosti oblikovanja in ustvarjanja. Povečuje udobje oz. preprostost procesov oblikovanja, ustvarjanja in izdelovanja možnih restavracij, ki bi sicer bile nemogoče. Drugi cilji vključujejo znižanje stroškov in izdelavo cenovno dostopnih restavracij in zobotehničnih elementov, ki bi sicer bili predragi. Vendar pa do danes ordinacijska CAD / CAM pogosto vključuje dodaten čas in delo pri zobozdravniku in cena je pogosto vsaj dvakrat višja kot pri običajnih zdravljenjih z uporabo do sedaj standardnih laboratorijskih storitev.

Tako kot na drugih področjih CAD / CAM, CAD / CAM zobozdravstvo lahko uporablja proces odzemanja (kot je rezkanje CNC) ali proces dodajanja (kot je npr. pri večini tehnologij 3D-tiska) za izdelavo fizičnih izdelkov iz računalniških 3D-modelov. [6]

2.4 MNENJE ZOBOTEHNIKOV O 3D-MODELIRANJU V ZOBNI TEHNIKI

Iz pogovora med zobnimi tehnikami sem dobil naslednje odgovore na zastavljena vprašanja.

1. Ali podpirajo 3D-modeliranje v zobni tehniki?

3D-modeliranje v zobni tehniki podpirajo. Pravijo, da se lahko pri večini primerov iz prakse uporablja modeliranje z računalniškim programom. Z uporabo 3D-modeliranja pa se tudi veliko prihrani pri času izdelave in skupnih stroških izdelave zobnega nadomestka.

2. Ali menijo, da bo 3D-modeliranje nadomestilo ročno modeliranje?

V prihodnosti bo vedno več 3D-modeliranja, vendar v določenih specifičnih primerih ne bo nikoli nadomestilo ročnega modeliranja, saj pri nekaterih primerih veliko pomeni tudi človeška roka, ki da izdelku določeno osebno noto, ki je računalniški program, namenjen modeliranju, trenutno še ne more omogočiti.

3. Ali menijo, da je v novodobnem zobotehničnem laboratoriju računalničar lahko odličen partner in sodelavec?

V sodobnem laboratoriju je računalničar prav zagotovo lahko odličen partner. S svojim znanjem in veščinami lahko veliko pripomore pri opremljanju laboratorija z računalniškimi elementi in računalniško vodenimi stroji. Prav tako lahko tudi skrbi za nemoteno delovanje programov in strojne opreme. Z dopolnilno izobrazbo pa lahko postane odličen sodelavec pri 3D-dentalnem programiranju.

2.5 SEZNANJENOST LJUDI

Da bi prišel do odgovora o tem, kako je javnost (so ljudje) seznanjeni glede 3D-modeliranja v zdravstvu, bi bilo najlažje tako, da bi to preprosto vključil v anketo. Tega je mladi raziskovalec pozabil.

Zato se je odločil, da se bo z ljudmi pogovoril. Ker je bil ravno na smučanju v Italiji, je lahko o tem povprašal še prebivalce iz drugih držav. Že v anketi je opazil, da ima samo okoli 35% oseb od tistih, ki imajo zobno protezo, to 3D-natisnjeno. Vprašal se je, zakaj ima samo toliko ljudi 3D-natisnjene zobe. Zato je mislil, da je problem v tem, da je vprašal samo osebe, ki živijo v Sloveniji. Zato je povprašal ljudi iz drugih držav, če vedo, da lahko dobijo zobe, ki so 3D-natisnjeni. Dobil je odgovore, ki se niso ujemali s tem, kar je predvideval. Veliko ljudi sploh ni vedelo, da to obstaja. Vedeli so že, da lahko 3D-natisneš kakšne predmete, ampak ne tudi zoba.

To pomeni, da so ljudje nekje že videli, da lahko 3D-natisneš predmete in da še niso kdaj videli, da se lahko 3D-natisnejo tudi zobje. Kdaj pa ste že Vi videli kakšno reklamo, ki promovira 3D-tiskanje zob? Torej problem nevednosti ljudi je v tem, da ta stvar ni tako promovirana, kot bi lahko bila.

3 METODOLOGIJA

3.1 MATERIALI V ZOBNI TEHNIKI

Najprej so na kratko opisani najpogostejši materiali za uporabo v zobni tehniki brez in z uporabo 3D-tehnologij.

3.1.1 Materiali za uporabo v zobni tehniki, brez uporabe 3D-tehnologije

Na kratko so opisani najpogostejši materiali za uporabo v zobni tehniki brez da bi uporabljali 3D-tehnologije.

3.1.1.1 Zlitina krom-kobalt

Zlitina se uporablja v zobnem laboratoriju za izdelavo dentalnih ogrodij, na katera se nanašajo različni fasetirni (materiali v barvi zoba) materiali. Uporablja pa se tudi kot osnova za izdelavo ulitih delnih protez. Krom-kobalt se v indukcijskem centrifugalnem ulivalniku segreje do tališča in se ulije.

3.1.1.2 Auropal

Auropal je zlitina zlata, srebra, paladija in bakra. Uporablja se pri izdelavi ogrodij zobnih kron in mostičkov, na katerega se nanašajo različni kompoziti v barvi zob.

3.1.1.3 Mikro keramični kompozit

Mikro keramični kompozit je kompozitna smola z delci dentalne keramike in se trdi pod UV-svetlobo. Ta material je v različnih zobnih barvnih tonih in različnih odtenkih, ki posnemajo barvo človeške dlesni.

3.1.1.4 Dentalna keramika

Dentalna keramika je material narejen iz sintetičnega ali naravnega prahu stekla in porcelana, z različnimi oksidi obarvana v tone naravnih zob. Največkrat se nanaša na krom-kobalt dentalna ogrodja in se peče pri temperaturi okoli 950 °C in vakumu.

3.1.1.5 Akrilat

Akrilat je dentalna smola sestavljena iz akrilatnega prahu in polimerizacijske tekočine. Največkrat se uporablja kot rdeča plastika pri izdelavi zobnih protez. Polimerizira (trdi) se v vroči vodni kopeli pod pritiskom vsaj 6 barov.

3.1.1.6 Dentalno zlato

Dentalno zlato ni zlato v smislu zlata, ki se uporablja v nakitu in ga niti ne smemo primerjati z njim. Vrednost nekaterega dentalnega zlata je bistveno večja od zlata uporabljenega za nakit.

Nobena čista kovina ne da zahtevanih lastnosti potrebnih za uporabo v zobozdravstvu, zato je treba oblikovati zlitine za različne uporabe. Čisto zlato je mehko in neprimerno za uporabo. Zlitine, ki se uporabljajo v nakitu, so po navadi mešanice zlata z bakrom in drugimi kovinami in to bi korodiralo v ustih. Zato so zlitine v zobozdravstvu po navadi zlitine zlata in drugih plemenitih kovin, kot so platina, paladij in druge posebne kovine.

3.1.1.7 Platinsko dentalno zlato

Platina se pogosto uporablja v mešanici z drugimi plemenitimi kovinami, kot sta zlato in srebro. Dodajanje platine v zlitine zagotavlja trdnost, togost in vzdržljivost, medtem ko druge kovine poskrbijo za raztegljivost. Najbolj pogosta uporaba teh zlitin je za oblikovanje kovinskega ogrodja, na katerega se lahko veže porcelan.

3.1.2 Materiali za uporabo v zobni tehniki, z uporabo 3D-tehnologije

Sledi krajši opis najpogostejših materialov za uporabo v zobni tehniki z uporabo 3D-tehnologij.

3.1.2.1 *Zlitina krom-kobalt*

Zlitina se uporablja v zobnem laboratoriju za izdelavo dentalnih ogrodij, na katera se nanašajo različni fasetirni materiali (materiali v barvi zoba). Uporablja pa se tudi kot osnova za izdelavo ulitih delnih protez. Krom-kobalt se v primeru 3D-tehnike uporablja kot kovinski blok za rezkanje ali kot prah pri laserskem sinterskem tiskanju (taljenju).

3.1.2.2 *3.1.2.2 Cirkon*

Cirkonjev oksid se uporablja v blokih za rezkalno tehniko, iz katerih se naredi ogrodje za peko keramike (porcelana).

3.1.2.3 *3.1.2.3 Porcelan*

Dentalni porcelan (znan tudi kot dentalna keramika) je porcelan, ki ga uporablja zobotehnik za izdelavo realističnih dentalnih restavracij za bolnika. Porcelan se lahko nanaša na kovinsko (krom-kobalt zlitino, nikelj-krom zlitino ali plemenito zlitino iz zlata) ali se uporablja v rezkalni tehniki.

3.1.3 Primerjava najpogostejših materialov, ki se uporabljajo v zobni tehniki

V naslednji tabeli so zbrani podatki s primerjavo lastnosti najpogostejših materialov, ki se uporabljajo v zobni tehniki (tabela 1).

Tabela 1: Primerjava najpogostejših materialov, ki se uporabijo v zobni tehniki

Material	Prednosti	Slabosti	Uporaba	Komentar
Krom-kobalt	Cena, trdota, natezna trdnost	Težka obdelava, kompromis pri estetiki	Ogrodja, proteze	Kovina je kljub estetskim pomanjkljivostim sprejemljiva zaradi cene in fizikalnih lastnosti
Auopal	Odobren s strani zdravstvene zavarovalnice	Kompromis pri estetiki	Ogrodja zob in mostičkov	
Mikrokeramični kompozit	Estetika, enostavna obdelava	Cena	Izdelava dentalnih faset	Obvezna uporaba UV svetlobe
Akrilat	Dolgoletne pozitivne izkušnje, estetika		Proteze	Dolgoletne klinične izkušnje zagotavljajo dobre rezultate
Dentalno zlato	Bio kompatibilnost (kovina, ki ne povzroča nobenih alergij)	Cena, nekatere fizikalne lastnosti (mehko)	Ogrodja zob in mostičkov	Material, ki zagotavlja zobotehničnim izdelkom dodano vrednost
Platinsko dentalno zlato	Bio kompatibilnost	Cena	Ogrodja zob in mostičkov	Material, ki zagotavlja zobotehničnim izdelkom dodano vrednost

Material	Prednosti	Slabosti	Uporaba	Komentar
Cirkon	Bio kompatibilnost	Nekatere fizikalne lastnosti (krhkost)	Ogrodja zob in mostičkov	Cirkon omogoča naravno svetlobno prosojnost zobnih nadomestkov
Porcelan	Bio kompatibilnost	Nekatere fizikalne lastnosti (krhkost)	Fasetiranje na ogrodja iz dentalnih kovin in rezkanje iz porcelanskih blokov	Omogoča naravno prosojnost zobnih nadomestkov

3.2 POTEK IZDELAVE UMETNEGA ZOBA

Sledi krajši opis glavnih operacij in postopkov pri izdelavi umetnega zoba po trenutno uveljavljeni in novi 3D-tehnologiji

3.2.1 Potek dela trenutno še uveljavljene standardne tehnologije

Postopek se začne s prihodom pacienta v zobozdravstveno ambulanto, kjer ga zobozdravnik pregleda. Preden mu vzame zobni odtis, mu po potrebi kakšen zob še obrusi. Nato se pacientu vzame odtis (slika 9).



Slika 9: Zobni odtis, lastna slika

Ta odtis se nato prenese v zobotehnični laboratorij, kjer ga zobotehnik očisti in nato vanj ulije gips in tako naredi zobni model (slika 10).



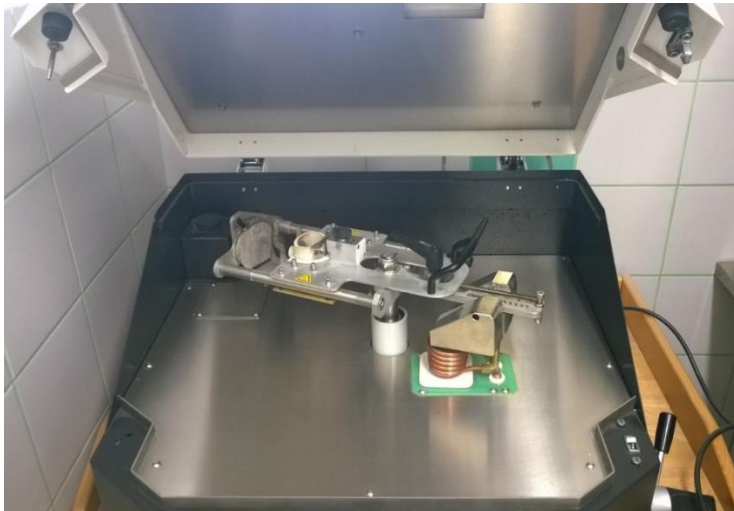
Slika 10: Zobni model iz gipsa, lastna slika

Na odtisu se določi zob, ki ga je treba izdelati in tja se začne nanašati vosek (vosek bo kasneje predstavljal kovino). Ko je vosek pripravljen, se vzame iz zoba in se pritrdi na voščeno strukturo (kamor je lahko pritrjenih več zob), ki je narejena tako, da bo kovino vodila do zoba. Ko je to končano, se čez vosek ulije ognjevarno vložno maso (lastnost vložne mase je, da se pri segrevanju razteza za toliko, kolikor se kovina pri ohlajevanju krči), ki se strdi okoli voska. Valj (po navadi valjasta oblika kivete) se da v peč, v kateri vosek izgori (uporablja se zelo čist vosek, tako ne ostane usedlin).



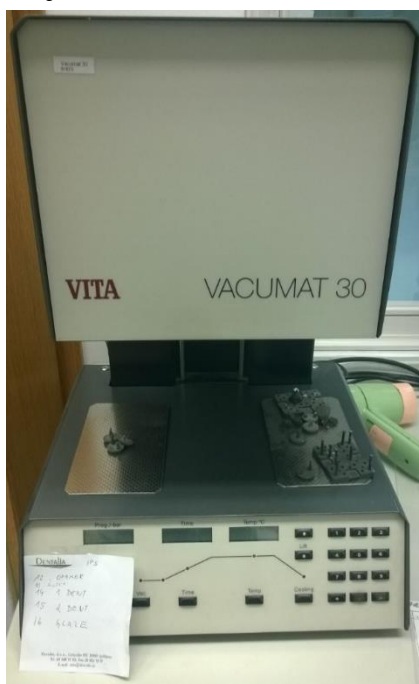
Slika 11: Peč za izgorevanje voska, lastna slika

Po tem, ko je to pripravljeno, se odtehta potrebna količina kovine, ki se da topiti v ulivalnik. Ko je kovina stopljena, se v ulivalnik postavi valj (kiveta), ki je imel prej v sebi vosek in ulivalnik se zažene. Kovina se zaradi centrifugalne sile (če se uporablja centrifugalni ulivalnik, lahko se uporabljajo tudi druge vrste ulivalnikov, npr. ulivanje s pomočjo pritiska), ulije v kiveto z vložno maso.



Slika 12: Centrifugalni ulivalnik, lastna slika

Preden se model razbije, je treba počakati, da se kovina ohladi. Ohlajeno kiveto se s pnevmatičnim kladivom razbije tako, da ostane le kovinski del, ki se speska z 250 mikronskim AlO₂ in s 6 barov pritiska. Zobje se iz večje kovinske strukture odrežejo z žagico in se nato še fino zbrusijo, da se odpravijo vse nepravilnosti. Na zob se potem začne nanašati porcelan, s katerim se zob pobarva z barvami, ki ustrezajo zobni barvni shemi pacienta. Pobarvan zob se da v posebno vakuumsko pečico, kje se porcelan speče na temperaturi 950 stopinj Celzija. Vsak zob gre v vakuumsko peč vsaj 5 krat. (slika 13).



Slika 13: Vakuumska peč za porcelan, lastna slika

S tem je zob dokončan (slika 14).



Slika 14: Dokončan porcelanast zob , lastna slika

3.2.2 Potek dela izdelave umetnega zoba z uporabo 3D-tehnologije

Delo z uporabo 3D-tehnologije poteka drugače, čeprav je začetek izdelave podoben. Kot tudi pri izdelavi zoba brez uporabe 3D-tehnologije, se vse prične s prihodom pacienta v zobozdravstveno ambulanto, kjer ga zobozdravnik pregleda. Preden mu vzame zobni odtis, mu po potrebi kakšen zob še obrusi. Nato se pacientu vzame odtis. Ta odtis se nato prenese v zobotehnični laboratorij, kjer ga zobotehnik očisti in nato vanj ulije poseben gips, narejen prav za 3D-skeniranje (gips ima posebno lastnost odbijanja svetlobe) in tako naredi zobni odtis. S tem se podrobnosti končajo.

Zobni odtis se po strjenju le-tega da v 3D-optični bralnik, ki je povezan z računalnikom, na katerem je naložen poseben program za 3D-optično branje in modeliranje v dentalni tehniki. V ta program najprej uporabnik vpiše podatke pacienta in kateri del zobovja bo optično prebran. Nato se optično branje prične in na zaslonu se prikaže oblak točk v 3D-prostoru, ki se povežejo v mrežo in tako na koncu vidimo 3D-model skeniranega odtisa. V programu delo poteka podobno kot brez njega, le da ti v programu pomaga delati računalnik in ti tako olajša delo. V programu se v bistvu naredi to, kar bi drugače naredil z voskom. Ko smo z delom zadovoljni, narejeno datoteko pošljemo 3D-tiskalniku, ki nato izdelek 3D-natisne iz kovine ali pa ga rezka iz kakšnega drugega materiala.

Opis poteka obeh postopkov:

- Izdelek se 3D-natisne tako, da 3D-tiskalnik najprej položi tanko kovinsko plast, katero nato z laserjem stali, tako da se kovinske plasti sprimejo. Na to plast položi novo tanko kovinsko plast in z laserjem spet stali kovinsko plast. Ta postopek se ponavlja dokler ni končan izdelek oz. zob.



Slika 15: taljenje kovin kot način 3D-tiska, vir: [S6]

- Izdelek se rezka tako, da v stroj vstavimo kos npr. keramičnega materiala in nato stroj začne brusiti material z natančno robotsko brusilno glavo. Ko se postopek konča, lahko izdelek vzamemo iz stroja. Izdelek moramo po tem, še na delu, kjer se še vedno drži večjega osnovnega kosa materiala, odžagati in obrusiti.



Slika 16: 3D-rezkanje, vir: [S7]

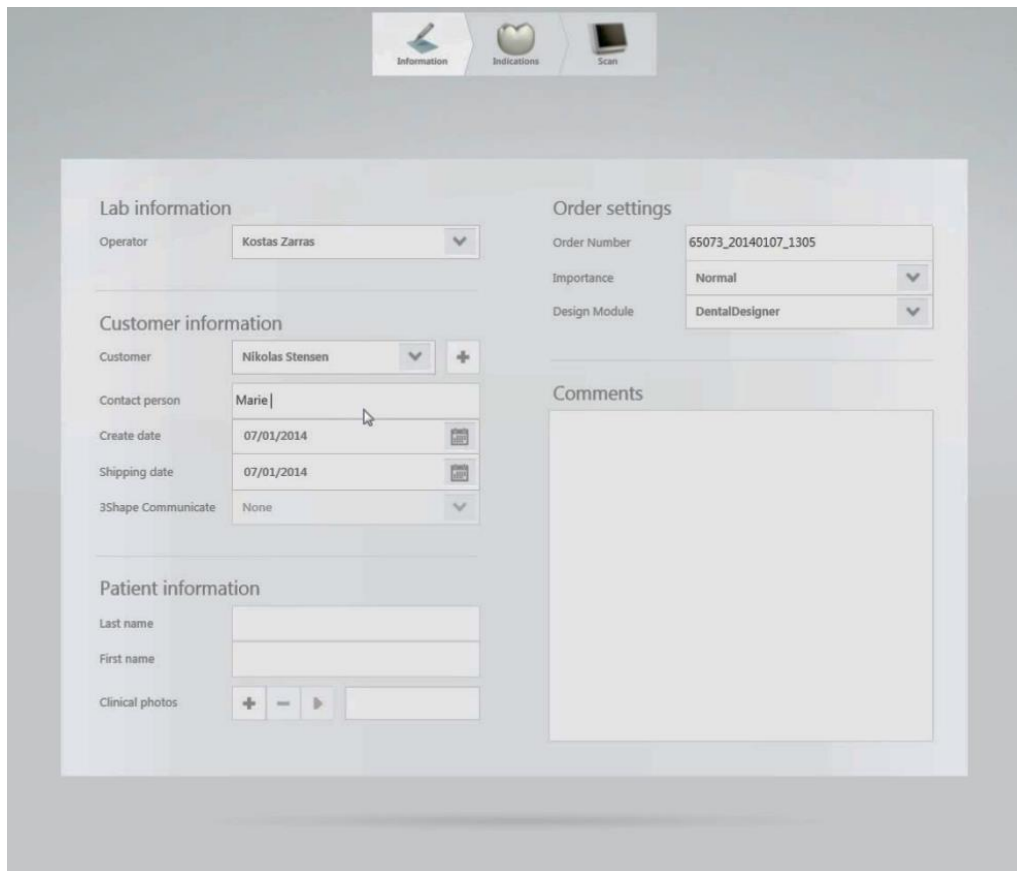
Izdelek se še zaključi, kakor se zaključi tudi brez uporabe 3D-tehnologije, torej na zob se nanese porcelan, s katerim se zob pobarva z barvami, ki ustrezajo zobni barvni shemi pacienta. Pobarvan zob se da v posebno vakuumsko pečico, kje se porcelan speče. Tako je zob dokončan.

3.3 RAZLIKE MED PROFESIONALNIM PLAČLJIVIM PROGRAMOM IN ODPR TOKODNIM 3D-MODELIRNIM PROGRAMOM

Primerjali bomo programa 3Shape in Blender.

Že čisto na začetku ob zagonu in pravi zaslonski sliki lahko opazimo razliko med uporabniškimi vmesniki programov.

3Shape ima vsa orodja, ki so potrebna za izdelavo modela zoba (ali drugih zobotehničnih komponent, kot so: mostički, proteze...) in že vsebuje obrazec, ki ga je potrebno izpolniti za pacienta (ime, priimek in ostali potrebni podatki).



The screenshot displays the 3Shape software interface with a patient data entry form. At the top, there are three navigation icons: 'Information', 'Indications', and 'Scan'. The form is divided into several sections:

- Lab information:** Operator: Kostas Zarras (dropdown menu).
- Customer information:** Customer: Nikolas Stensen (dropdown menu with a plus icon), Contact person: Marie (text input), Create date: 07/01/2014 (calendar icon), Shipping date: 07/01/2014 (calendar icon), 3Shape Communicate: None (dropdown menu).
- Order settings:** Order Number: 65073_20140107_1305, Importance: Normal (dropdown menu), Design Module: DentalDesigner (dropdown menu).
- Comments:** A large empty text area for notes.
- Patient information:** Last name: (text input), First name: (text input), Clinical photos: (plus, minus, and play icons).

Slika 17: Obrazec za vnos podatkov pacienta, vir: [4]

S tem programom se lahko hitro naredi vse potrebno, saj je program specializiran in zato »pomaga« pri izdelavi modela, prav tako pa ti tudi ponudi že pred narejene modele, ki jih lahko spremenimo (slika 18).



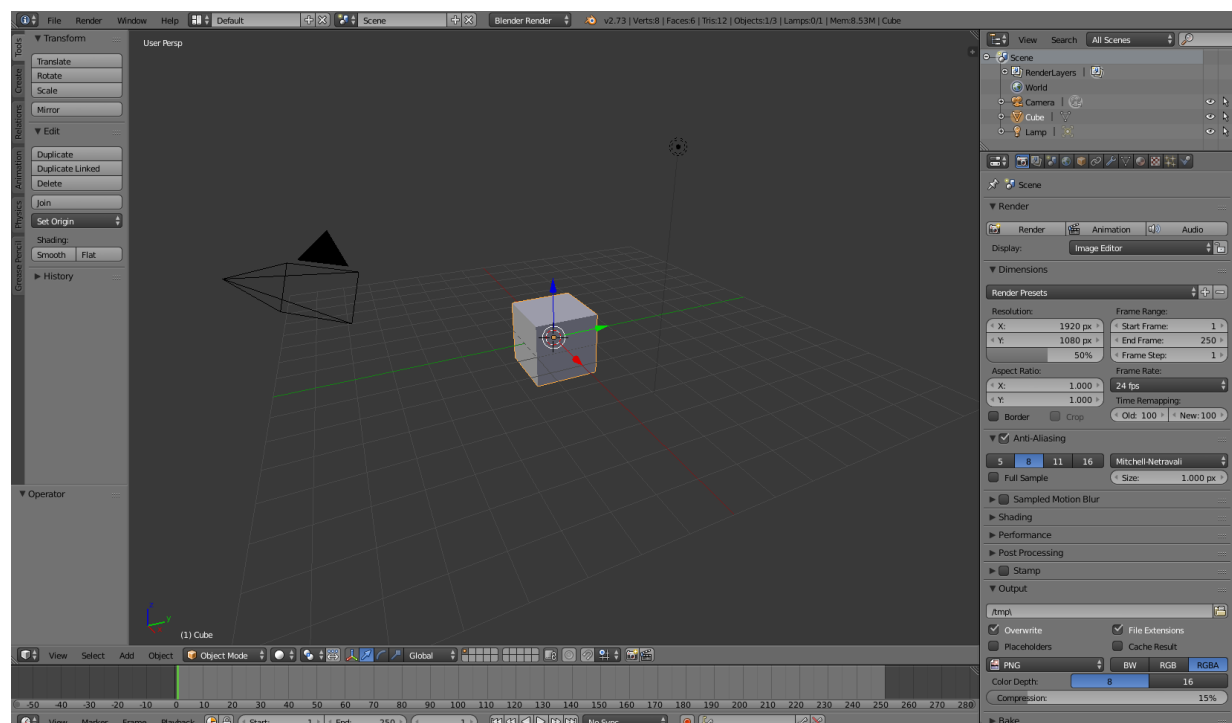
Slika 18: Pred narejen model zoba, vir: [4]

Tako je 3Shape specializiran program in je zelo dober za uporabo v 3D-dentalni tehniki (slika 19).



Slika 19: Prirejen model zoba, vir: [4]

Na drugi strani pa imamo odprtokoden program Blender. To je splošno namenski 3D-program in ni bil narejen za modeliranje zobovja, zato je uporaba težja. Blender je brezplačen in odprto koden 3D-animacijski program, ki podpira 3D-modeliranje, animacije, simuliranje, upodabljanje, kompoziranje, interaktivno vizualizacijo, sledenje gibanja, celo video urejanje ter ustvarjanje iger. Napredni uporabniki pa lahko tudi spreminjajo skoraj vse lastnosti modelov in scene s Pythonom kot skriptnim jezikom.



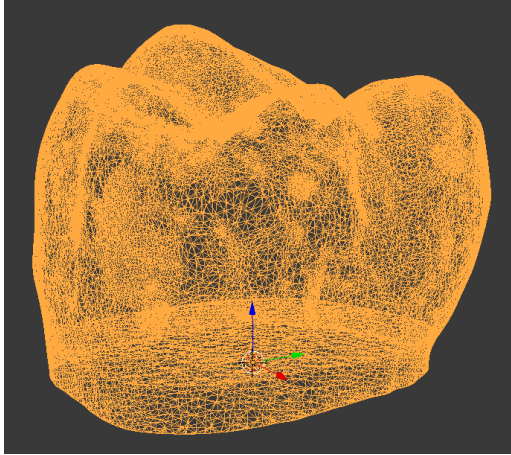
Slika 20: Program Blender, vir: [7]

V tem programu bi tudi lahko naredili model zoba, a bi bilo to veliko težje, saj bi bilo potrebno vse narediti na roko, brez pomoči računalnika, prav tako pa bi tako težje zadeli natančne mere. Zato menimo, da ta program ni najbolj primeren za 3D-modeliranje v dentalni tehniki. Primeren pa je za izdelavo didaktičnih modelov za npr. ozaveščanje mladih o zobni higieni in protetiki ali za animacijo.

3.3.1 Pregled modela za tiskanja z uporabo programa Blender

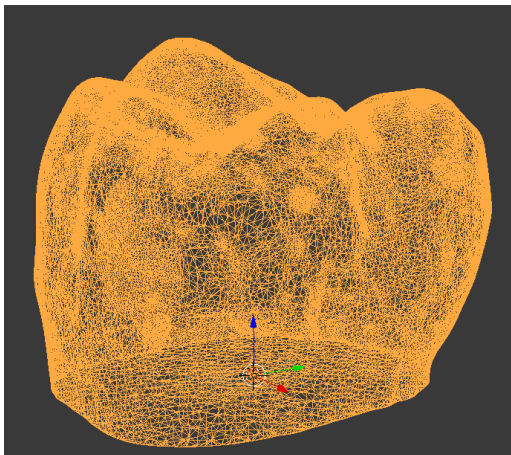
Najprej je bilo potrebno dobiti zob (Mladi raziskovalec ga je našel na internetu). (<http://www.thingiverse.com/thing:618815>)

Ta model smo pregledali in ugotovili, da ni primeren za tiskanje, saj je imel eno stranico preveč, ki je model razdeljevala na pol (slika 21).



Slika 21: Mrežni model originalnega zoba

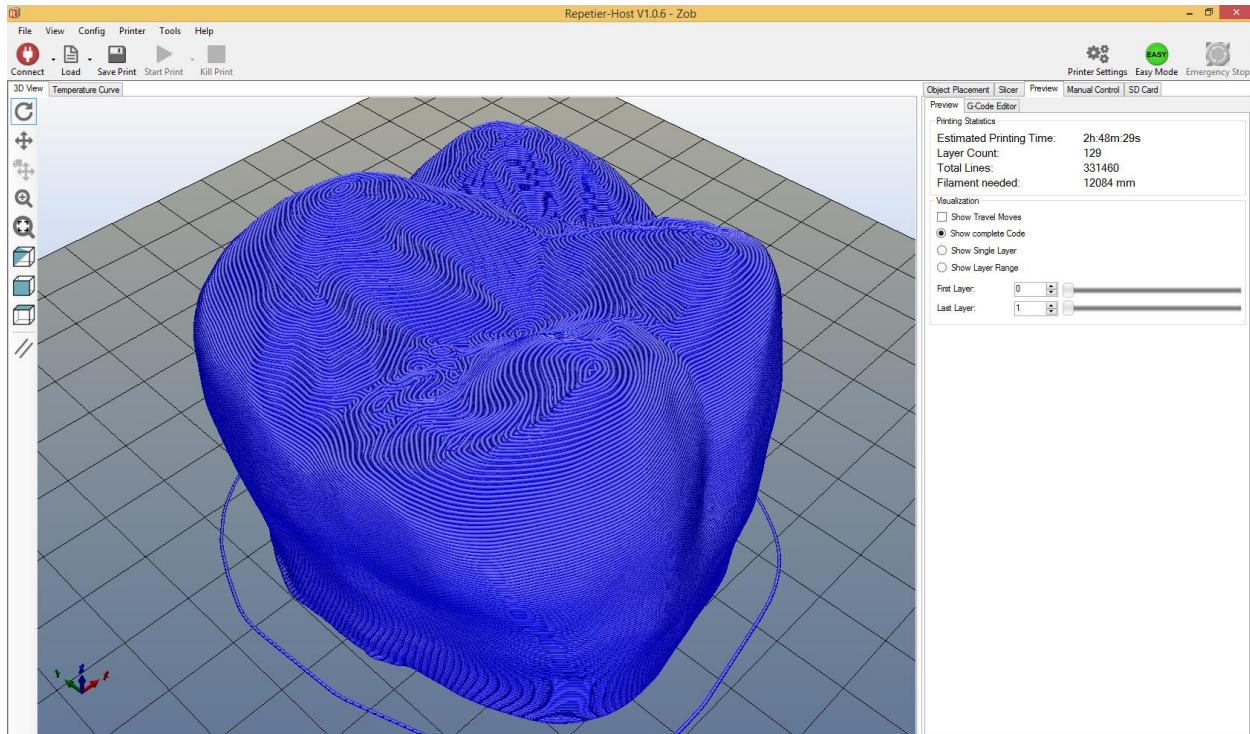
Zato smo to stranico odstranili in dali model v program, ki preveri, če je vse, kakor mora biti, drugače pa še avtomatsko popravi določene stvari (slika 22).



Slika 22: Mrežni model popravljenega zoba

Popravljen zob se je nato izvozil tako, da je postal .stl datoteka.

Datotek s končnico STL odpre v Repetier-Host programu (slika 23), kjer se nastavi velikost in se nastavi, kako se bo model razrezal. Po vseh pravilno nastavljenih nastavitvah se model s programom razreže in se tako pripravi na tiskanje in se to datoteko iz njega pošlje na 3D-tiskalnik.



Slika 23: Razrez modela zoba na plasti v programu Repetier-host

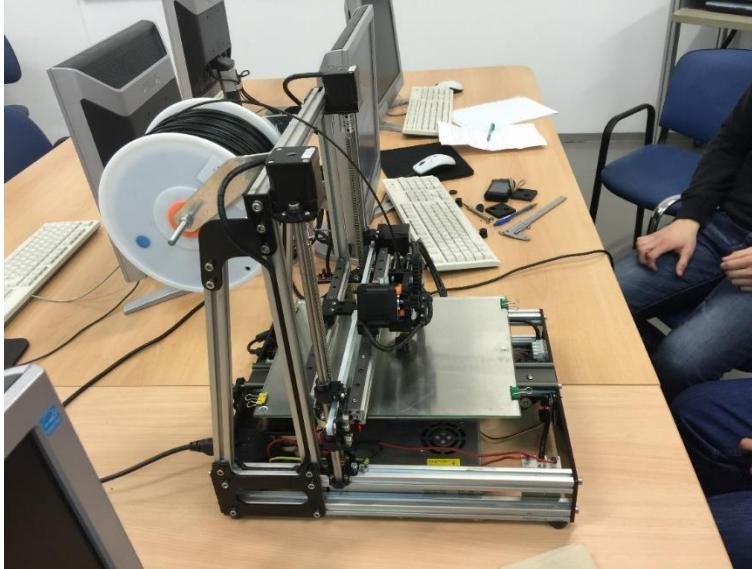
Čas tiskanja: 2h 48min 29sec

Št. plasti: 129

Dolžina uporabljene plastične niti je: 12084 mm.

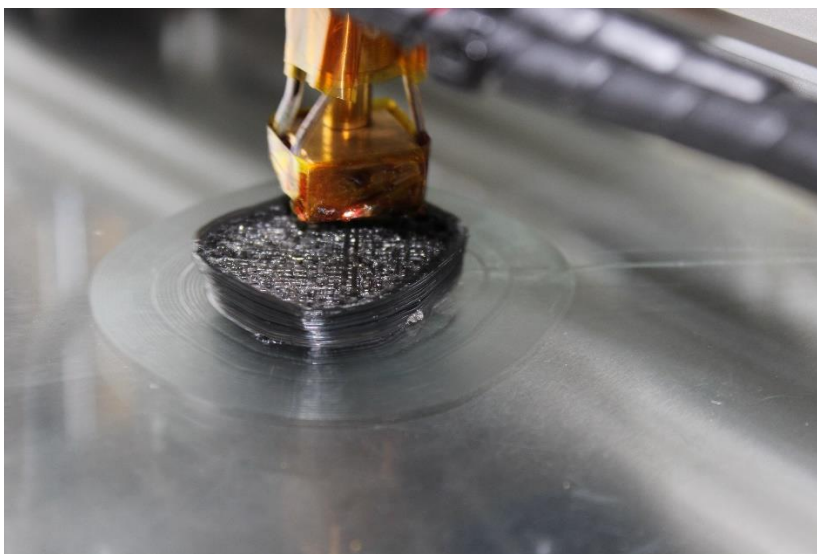
3.3.2 3D-tiskanje zoba z izrivanjem s tiskalnikom MendelMax 2.5

Na naslednji fotografiji vidimo tiskalnik MendelMax 2.5 (slika 24 **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



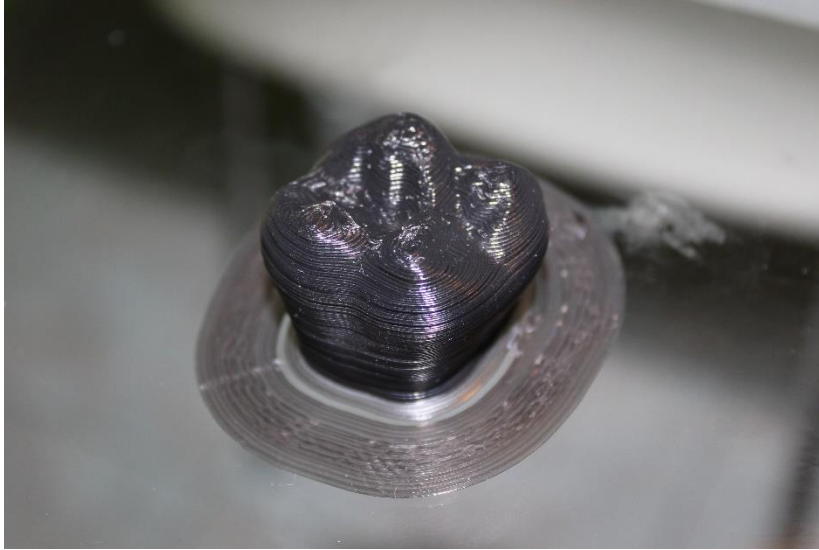
Slika 24: Fotografija tiskalnika MendelMax 2.5, lasten vir

MendelMax 2.5 je 3D-tiskalnik, ki ga je razvilo podjetje RepRap. Cel tiskalnik je dolg 47 cm, širok 45 cm in visok 45 cm. Z njim je možno natisniti predmet, ki je velik največ 32 cm x 25 cm x 25 cm. 3D-predmeti, ki jih s tem tiskalnikom natisnemo so natančni do desetinke milimetra (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo ogoče najti.**).



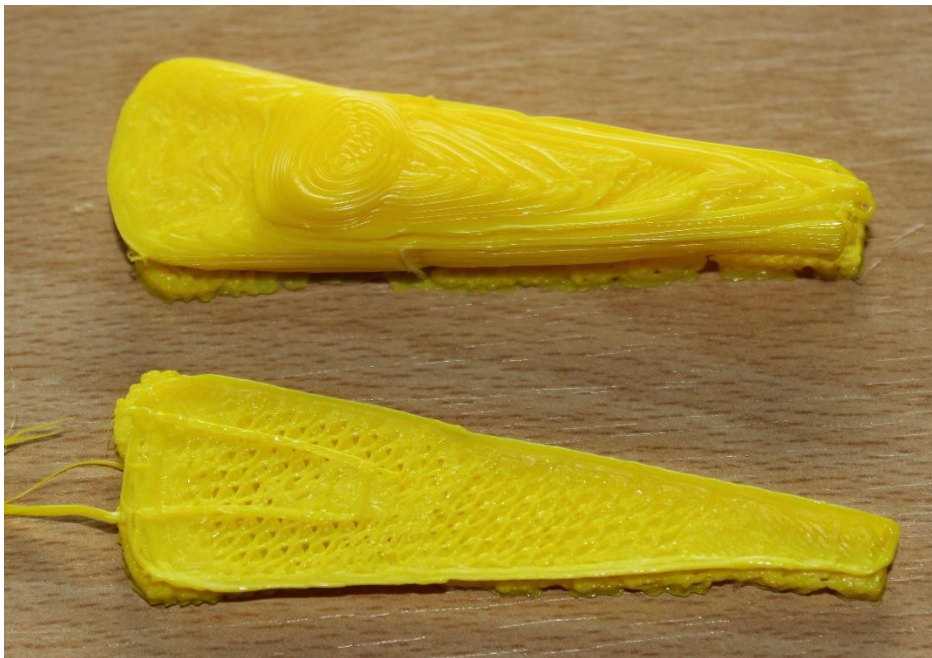
Slika 25: Tiskanje 3D-tiskanje zoba z izrivanjem, lasten vir

Po veliko poskusih in težavah nam je uspelo po petih urah natisniti model zoba (slika 26).



Slika 26: Končan natisnjen model zoba, lasten vir

Poskusili smo natisniti celoten zob v pokončni obliki, pa smo imeli težave pri tiskanju, po več urah smo ga natisnili z vertikalnim pomikom od 0,4 mm, kar pa ni najbolj natančna upodobitev modela (slika 27).



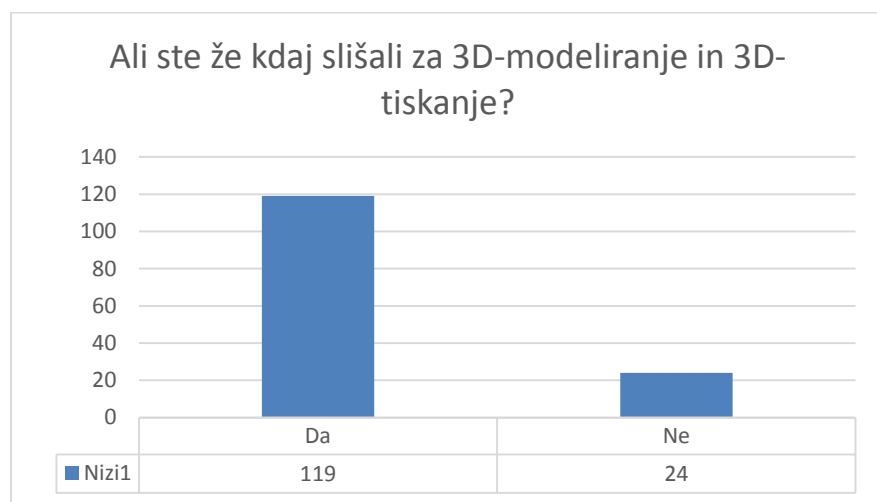
Slika 27: Ležeči zob po tiskanju in spodaj z napako pri tiskanju, lasten vir

3.4 ANKETA

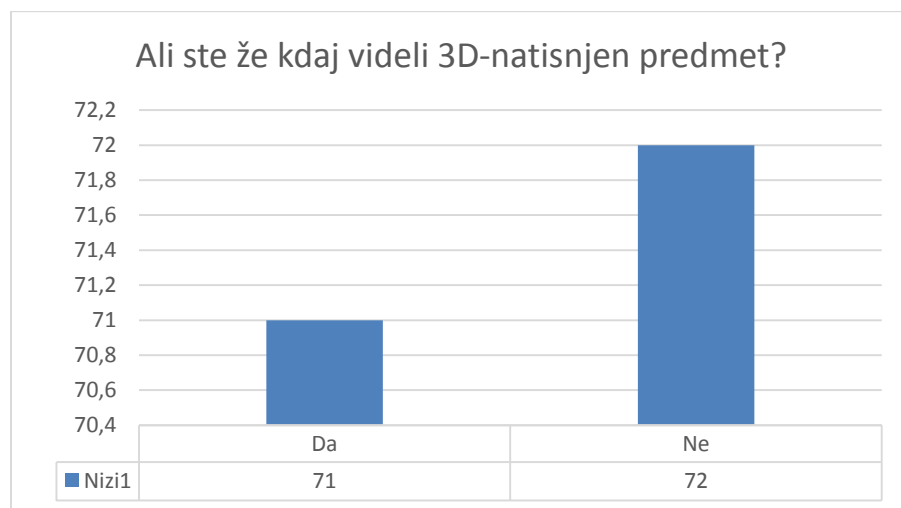
Za to raziskovalno nalogo sem sestavil anketo, s katero sem preveril, koliko ljudi je že slišalo (ve, da obstaja) 3D-modeliranje, koliko ljudi je že videlo natisnjen 3D-model, koliko od teh ljudi ima 3D-natisnjen ali rezkan zob ali kost in koliko ljudi ima umetne zobe.

Rezultati:

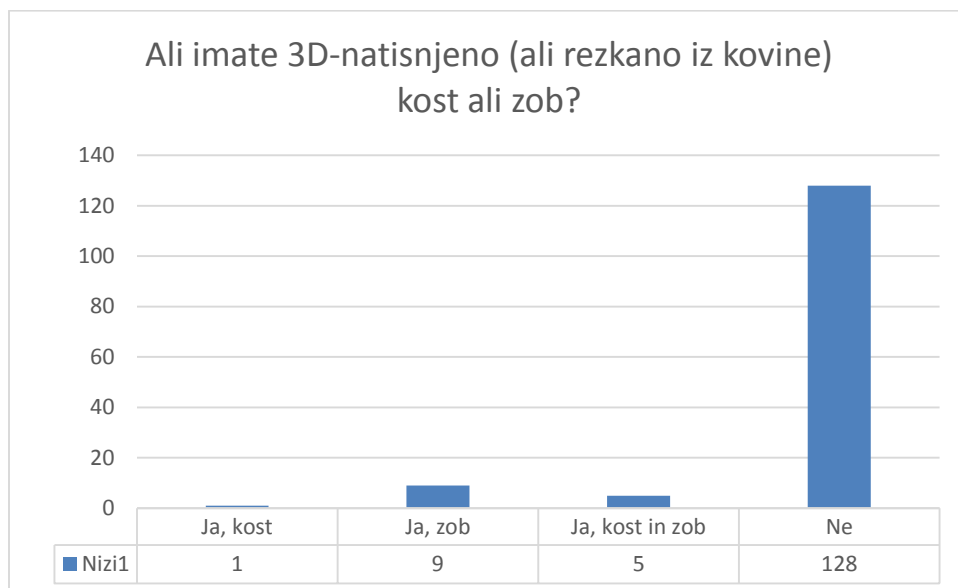
Na anketo je odgovorilo 143 anketirancev. Anketiranci pa so bili iz vseh starostnih skupin (od okoli 13 do okoli 70 let)



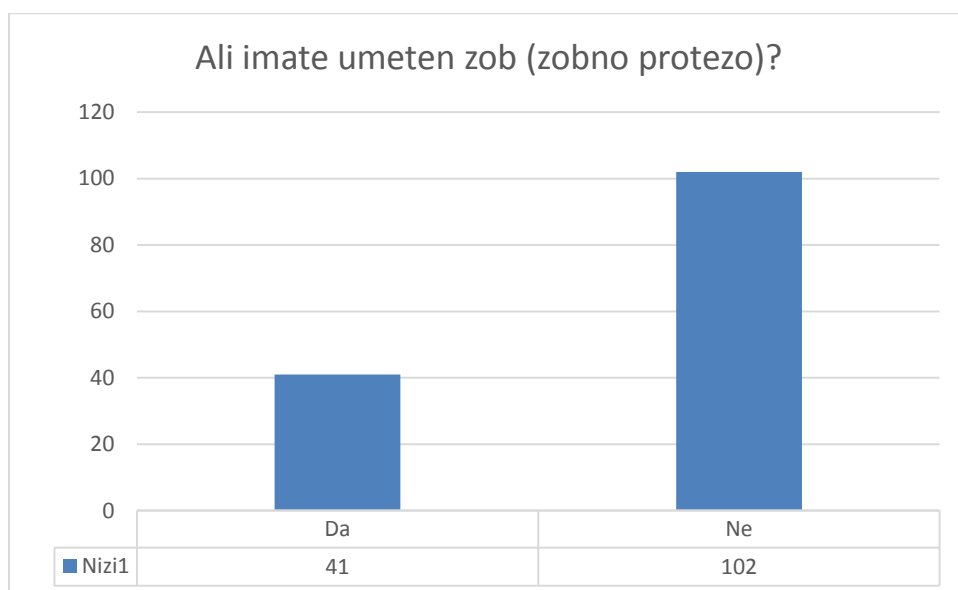
Da (83%) Ne (12%)



Da (49%) Ne (51%)



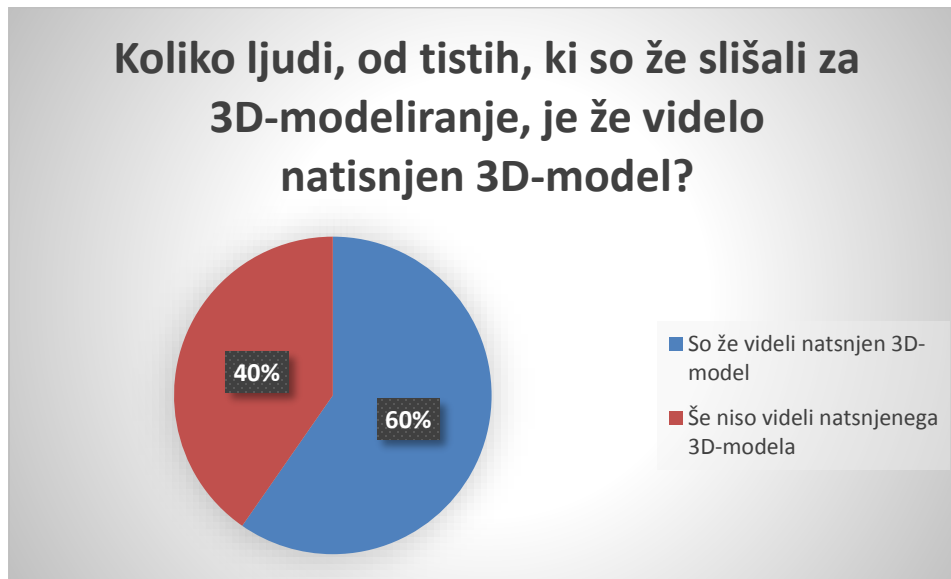
Ja, kost (1%) Ja, zob (6%) Ja, zob in kost (4%) Ne (89%)



Da (29%) Ne (71%)

Podatke te ankete razstavil na dva dela:

1. Koliko ljudi, ki je že slišalo za 3D-modeliranje je pravzaprav že videlo 3D-natisnjen model.



Čeprav je večina ljudi že slišala za 3D-modeliranje, jih veliko od njih še ni videlo 3D-natisnjenega modela. Vseeno, nas je število ljudi, ki so že videli 3D-natisnjen model presenetilo, saj smo pričakovali, da ga je videla le slaba četrtnina ljudi.

2. Koliko ljudi od tistih, ki imajo umetne zobe ima kakšen zob 3D-natisnjen ali rezkan.



Tudi ta podatek nas je presenetil, saj smo pričakovali, da bo imelo umetne 3D-natisnjene zobe le kakšnih 5-10% vprašanih. Čeprav je odstotek večji od pričakovanega, pa vseeno ni tako velik, kakor bi lahko bil. To bi lahko bila posledica nevednosti in nerazgledanosti ljudi, saj smo ugotovili, da jih veliko sploh ne ve, da je mogoče zobe 3D-natisniti (oz. rezkati iz različnih materialov).

4 REZULTATI HIPOTEZ

1. Predvidevamo, da je v novodobnem zobotehničnem laboratoriju računalničar odličen partner in sodelavec. To hipotezo smo potrdili.

Kakor sem izvedel v pogovoru z zobotehniki, to drži. Računalničar je lahko odličen partner in sodelavec v novodobnem zobotehničnem laboratoriju. Saj lahko skrbi za programsko in strojno opremo. Če pa se še dodatno izobrazijo, pa lahko tudi pomagajo pri 3D-modeliranju dentalnih elementov.

2. V Sloveniji je z 3D-modeliranjem seznanjenih vsaj 80% ljudi.

To hipotezo sem potrdil z anketo, v kateri smo ljudi vprašali, če so že kdaj slišali za 3D-modeliranje. Na to vprašanje je 119 ljudi odgovorilo z DA in 24 ljudi z NE, kar pomeni, da je odstotek ljudi, ki so odgovorili z DA 83%.

3. Tudi z brezplačnim Blender programom je mogoče narediti uporaben 3D-model za uporabo v zobni tehniki.

To hipotezo lahko potrdim le delno. Saj je s programom mogoče narediti 3D-model za uporabo v zobni tehniki, ampak je program za ta namen zelo nepraktičen, saj ti ne ponuja pomoči kot drugi profesionalni programi. Sicer bi potrebovali program razširiti z dodatki (parametričnimi modeli) in morali delati programirati v Pythonu.

5 ZAKLJUČEK

S to raziskovalno nalogo smo se naučili veliko stvari. Kako izdelati zob brez pomoči in s pomočjo tehnike 3D-modeliranja, ugotovili smo, da je lahko računalničar zelo pomemben del sodobnega zobotehničnega laboratorija, prav tako, pa smo tudi prišli do zaključka, da čeprav veliko ljudi ve za 3D-modeliranje, jih še veliko ni videlo natisnjenega 3D-modela in prav tako tudi veliko ljudi še ni slišalo, da se lahko 3D-modeliranje uporablja tudi v zobni tehniki.

Verjamemo, da se bo 3D-modeliranje še naprej razvijalo in bo iz dneva v dan postajalo boljše in lažje dosegljivo širši javnosti (slika 28). S pomočjo medijev in reklam (promoviranja), pa bi se lahko osvestilo ljudi o novih tehnologijah kot je npr. 3D-modeliranje v zobni tehniki in tako bi se lahko zmanjšale čakalne dobe in hkrati se lahko zmanjša strošek izdelave izdelka.

Računalničarjem se ni treba bati zaradi službe, saj so računalniki že skoraj povsod in tako nas povsod potrebujejo.



Slika 28: Primer dobro in slabo odtisnjenih plastičnih modelov zob

6 POVZETEK

Namen raziskovalne naloge z naslovom "Uporaba 3D-modeliranja v zobni tehniki", je raziskava novega načina dela, ki se je začelo uporabljati pred kratkim v zobotehničnih laboratorijih. Samo vprašanje, ki se pojavlja pri tem, je preprosto, ugotoviti, ali lahko računalnikar postane priučen zobotehnik. Raziskali smo, kateri programi se ta hip uporabljajo, ali jih lahko uporabljamo za namen 3D-tiskanja v zdravstvu, kakšen je postopek izdelave zoba brez pomoči 3D-tehnologije in z njeno pomočjo, kakšen je postopek tiskanja in kakšni materiali se lahko uporabljajo. Razen tega nas je zanimalo in smo raziskovali, koliko ljudi ve za 3D-modeliranje in optično branje na tem področju. Prav tako, če so seznanjeni, ali so že videli predmete, ki so bili 3D-natisnjeni in ali ima kdo od vprašanih 3D-natisnjen kakšen del telesa (zob ali kost).

Začetek naloge je nastal, ko je k mlademu raziskovalcu na valeti pristopila njegova bivša učiteljica razrednega pouka in mu podarila sliko, ki jo je pred leti narisal. Na sliki je bilo naslikano, kaj bi rad postal, ko bo velik (zobotehnik). Potem je na začetku tega šolskega leta ugotovil, da bi lahko povezal računalništvo in zobozdravstvo in pri tem mu lahko pomaga oče, ki je zobotehnik.

7 ZAHVALA

Za pomoč pri raziskovalni nalogi se zahvaljujem učitelju Nedeljku Grabantu, za informacije o poteku izdelave zoba in materialih gospodu Miru Jenku, za uporabo 3D-modela se zahvaljujem podjetju 3-dent, za pregled angleškega dela povzetka profesorici Jolandi Melanšek in vsem, ki so rešili anketo ali pa so na kakršen koli način pomagali pri izvedbi raziskovalne naloge.

8 VIRI IN LITERATURA

- [1] 3D-Doctor, <http://www.ablesw.com/3D-doctor/>, 9. 11. 2014
- [2] Mimics, <http://biomedical.materialise.com/mimics>, 10. 11. 2014
- [3] 3-Matic, <http://biomedical.materialise.com/3-matic-0>, 10. 11. 2014
- [4] 3Shape, <http://www.3shape.com/>, 10. 11. 2014
- [5] Zobna tehnika, <http://en.wikipedia.org/wiki/Dentistry>, 10. 11. 2014
- [6] 3D-modeliranje v zobni tehniki, http://en.wikipedia.org/wiki/CAD/CAM_dentistry,
12. 11. 2014
- [7] Blender, <http://www.blender.org/>, 12. 11. 2014

Viri slik

- [S1] <http://www.ablesw.com/3D-doctor/pelvct0.jpg>, 7. 12. 2014
- [S2] <http://www.ablesw.com/3D-doctor/pelvct1.jpg>, 10. 12. 2014
- [S3] <http://www.ablesw.com/3D-doctor/pelvct2.jpg>, 7. 12. 2014
- [S4] <http://biomedical.materialise.com/sites/default/files/public/styles/large/public/BME/General%20Images/mimics.jpg>, 7. 12. 2014
- [S5] http://biomedical.materialise.com/sites/default/files/public/BME/skull_implant.png, 7. 12. 2014
- [S6] http://jewish-voice-from-germany.de/cms/wp-content/uploads/2014/04/Dental_Laser_in_Aktion_cc_EOS.jpeg, 7. 12. 2014
- [S7] <http://www.ukdentallaboratories.com/wp-content/uploads/UK-DIGIDENT-CAD-CAM-DENTAL-MILLING.jpg>, 7. 12. 2014