

Primjena aditivne izradbe u kozmetičkoj industriji

Mikez, Karla

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:003959>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Karla Mikez

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Karla Mikez

Zagreb, 2024.

ZADATAK

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 01	
Ur.broj: 15 – 24 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Karla Mikez** JMBAG: **0035227086**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjena aditivne izradbe u kozmetičkoj industriji**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Application of additive manufacturing in the cosmetic industry**

Opis zadatka:

Prisutni već više desetljeća, postupci aditivne izradbe tj. 3D tiska, i nadalje zadržavaju snažan zamah u svom razvoju i sve raširenijim primjenama, čime se poboljšavaju postojeći ili stvaraju potpuno novi proizvodi.

U radu je potrebno:

1. opisati postupke 3D tiska
2. istražiti i navesti neke od primjena 3D tiska, posebno u različitim granama kozmetičke industrije
3. detaljno opisati odabranu primjenu 3D tiska u kozmetičkoj industriji te za nju
4. istražiti i predložiti mogućnosti realizacije.

Zadatak zadan:

30. 11. 2023.

Zadatak zadao:


Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Datum predaje rada:

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26. 2. – 1. 3. 2024.
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Damir Godec

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici na savjetima i komentarima tijekom izrade i pisanja ovog rada.

Posebno zahvaljujem obitelji i prijateljima na podršci tijekom preddiplomskog studija.

U Zagrebu, 19. rujna 2024.

Karla Mikez

SAŽETAK

Aditivna izradba značajno unapređuje kozmetičku industriju omogućujući naprednu personalizaciju proizvoda, te luksuznu i ekološku ambalažu uz inovativna rješenja koja povećavaju konkurentnost i zadovoljstvo korisnika. Mogućnost primjene 3D biotiskane kože u ovoj industriji omogućila bi pouzdanije i etičnije metode ispitivanja, smanjujući potrebu za tradicionalnim ispitivanjem na životinjama. U ovom radu predložen je koncept izradbe 3D obrva za korisnike koji su ih izgubili zbog raznih medicinskih razloga. Proizvod bi mogao značajno utjecati na kvalitetu života oboljelih, pružajući im bolje rješenje za gubitak obrva od postojećih alternativa na tržištu. Predloženi proizvod izrađivao bi od biokompatibilnih i medicinski odobrenih materijala metodom PolyJet.

Ključne riječi: aditivna izradba, 3D biotisak, kozmetička industrija, obrve, PolyJet

SUMMARY

Additive manufacturing significantly advances the cosmetics industry by enabling advanced product personalization, luxurious and eco-friendly packaging, along with innovative solutions that increase competitiveness and customer satisfaction. The potential application of 3D bioprinted skin in this industry would enable more reliable and ethical testing methods, reducing the need for traditional animal testing. This paper proposes the concept of 3D printed eyebrows for users who have lost them due to various medical reasons. The product could greatly improve the quality of life for affected individuals, offering a better solution for eyebrow loss compared to current market alternatives. The proposed product would be made from biocompatible and medically approved materials using the PolyJet method.

Key words: additive manufacturing, 3D bioprinting, cosmetics industry, eyebrows, PolyJet

SADRŽAJ

ZADATAK.....	I
IZJAVA.....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY	IV
POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA	VII
POPIS SLIKA	VIII
POPIS TABLICA.....	X
1. UVOD.....	1
2. ADITIVNA IZRADBA.....	2
2.1. Podjela aditivne izradbe	4
2.1.1. Stereolitografija (SLA).....	5
2.1.2. Selektivno lasersko srašćivanje (SLS)	6
2.1.3. Metoda PolyJet.....	7
3. 3D BIOTISAK.....	9
3.1. Biotinte	10
3.2. 3D biopisači.....	11
3.3. Osnovni koraci u procesu 3D biotiska.....	11
4. KOZMETIČKA INDUSTRIJA	13
4.1. Aditivna izradba u kozmetičkoj industriji.....	14
4.2. Primjena aditivne izradbe u njezi kože.....	18
4.2.1. Aplikatori za njegu kože	19
4.2.2. Personalizirane maske za lice.....	19
4.2.3. Personalizirani suplementi za zdravlje kože	23
4.3. Primjena aditivne izradbe u proizvodnji šminke.....	24
4.3.1. Maskara	24

4.3.2. 3D olovka za šminku.....	25
4.4. Primjena aditivne izradbe u industriji mirisa i parfema	26
4.5. Ispitivanje kozmetičkih proizvoda	28
4.5.1. Ispitivanje na životinjama	28
4.5.2. Alternative ispitivanju na životinjama	29
4.5.3. Bioispisana koža kao alternativa ispitivanju na životinjama	30
5. KONCEPT PRIMJENE ADITIVNE IZRADBE U KOZMETIČKOJ INDUSTRIJI	31
5.1. Medicinski razlozi gubitka obrva	31
5.2. Pregled postojećih rješenja na tržištu	33
5.3. Koncept 3D ispisanih obrva	34
5.4. Izbor materijala.....	34
5.5. Odabir postupka aditivne izradbe.....	36
5.6. Realizacija na tržištu Republici Hrvatskoj.....	37
6. ZAKLJUČAK	40
7. LITERATURA.....	42

POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
3D		trodimenzionalno
3DP		eng. 3D printing – trodimenzionalno tiskanje
CAD		eng. Computer Aided Design – računalom potpomognuto oblikovanje
EBM		eng. Electron Beam Melting – taljenje elektronskom zrakom
eng.		engleski
FDM		eng. Fused Deposition Modeling – taložno očvršćivanje
HZZO		Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranje
LOM		eng. Laminated Object Manufacturing – proizvodnja laminiranih objekata
SLA		eng. stereolithography – stereolitografija
SLS		eng. Selective Laser Sintering - selektivno lasersko srašćivanje
STL		eng. Standard Tessellation Language – programski jezik za prostorni opis volumena
	USD	novčana jedinica Sjedinjenih Američkih Država, dolar
UV		eng. ultraviolet radiation – ultraljubičasto zračenje

POPIS SLIKA

Slika 1. Faze aditivne izrade [2].....	2
Slika 2. Postupci aditivne proizvodnje [4]	4
Slika 3. Postupak stereolitografije [4]	5
Slika 4. Postupak selektivnog laserskog srašćivanja [6]	6
Slika 5. Postupak PolyJet [6].....	8
Slika 6. 3D Bioispisano uho [9]	9
Slika 7. Sastojci biotinti [11].....	10
Slika 8. Postupci biotiska [12].....	11
Slika 9. Osnovni koraci 3D biotiska [13]	12
Slika 10. Udio pojedinih segmenata u svjetskom kozmetičkom tržištu [15]	13
Slika 11. Brza izrada prototipova u L'Oréalu [20]	15
Slika 12. Maskara Chanel nastala postupkom SLS [22]	15
Slika 13. Pisač Mink 3D [23].....	16
Slika 14. Sapun LUSH u obliku koale [25].....	16
Slika 15. Spremnici za kozmetičke proizvode MAHENA [21]	17
Slika 16. Biotiskana koža u L'Oréalu [26]	18
Slika 17. Proizvod za njegu usta i okoloočnog područja COSMOGEN: aplikatori i ambalaža [27]	19
Slika 18. Koraci u korištenju aplikacije Skin360 [28]	20
Slika 19. Zone Neutrogena MaskiD maske za lice [30].....	21
Slika 20. Suplementi SKINSTACK [38]	24
Slika 21. Četkice za maskaru Albéa [21]	25
Slika 22. Koraci upotrebe olovke Adorn [43]	26

Slika 23. Dio procesa proizvodnje ambalaže parfema Flowerbomb [44]	27
Slika 24. Konačan izgled parfema Flowebomb [46]	27
Slika 25. Zakonski tretman ispitivanja na životinjama diljem svijeta [51]	29
Slika 26. Obrve zahvaćene Alopecijom areatom [56]	32
Slika 27. Primjer vrsta jednokratnih tetovaža za obrve [64]	34
Slika 28. Svojstva materijala MED625FLX [66]	35
Slika 29. Svojstva materijala Vero [67]	36
Slika 30. Pisač J3 DentaJet [68]	37
Slika 31. Najčešća sijela raka u žena u 2021. godini [69]	38

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prednosti i nedostaci postupka SLA [6].....	6
Tablica 2. Prednosti i nedostaci postupka SLS [6]	7
Tablica 3. Prednosti i nedostaci postupka PolyJet [6].....	8
Tablica 4. Prihodi vodećih kozmetičkih kompanija za 2022. godinu [15 do 19]	14
Tablica 5. Uloga glavnih sastojaka maske za lice MaskiD [32 do 35]	22

1. UVOD

Aditivna izrada (eng. Additive Manufacturing, AM), poznata i kao 3D tisak (ili ispis ili printanje), revolucionirala je proizvodne procese u mnogim industrijama kroz posljednjih nekoliko desetljeća. Od svojih početaka u 1980-ima, kada se smatrala prikladnom isključivo za brzu izradu prototipova, ova tehnologija je doživjela značajan napredak, omogućujući preciznu, ponovljivu i učinkovitu izradu tvorevina složenih geometrija. Danas, aditivna izrada ne služi samo za izradu prototipova, već je tehnologija koja se koristi u raznim sektorima, uključujući zrakoplovstvo, automobilsku industriju, medicinu, pa čak i kozmetiku.

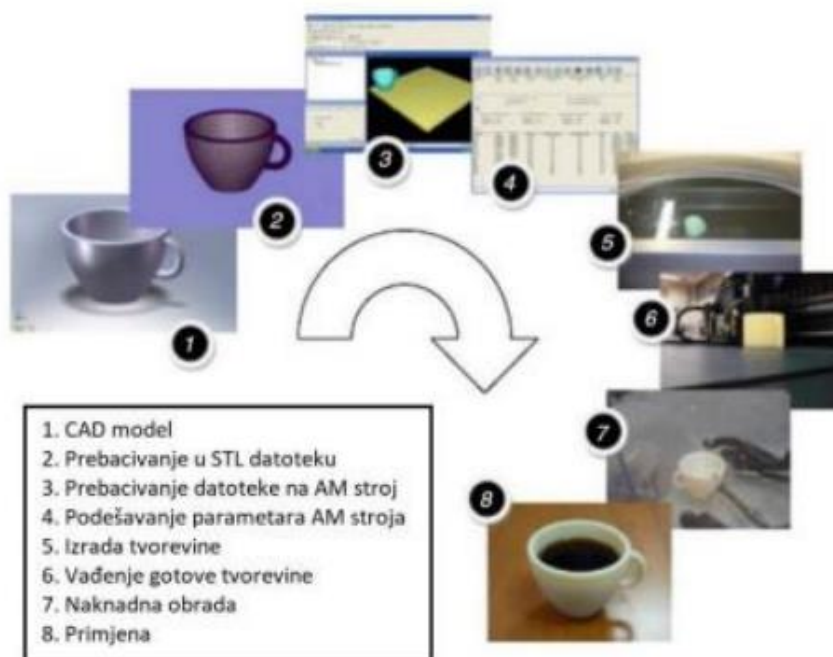
U kozmetičkoj industriji, 3D tiskanje donosi niz inovacija koje mijenjaju način na koji se proizvodi konstruiraju, prilagođavaju korisnicima i izrađuju. Od mogućnosti izrade vrlo složenih oblika i struktura, do stvaranja personaliziranih proizvoda prilagođenih specifičnim potrebama potrošača, aditivna izrada otvara nove vidike u toj industriji.

Osim personalizacije, 3D tehnologija omogućuje izradu proizvoda koji nisu testirani na životinjama (eng. cruelty-free) i ekološki prihvatljive ambalaže, što dodatno doprinosi ekološkoj održivosti industrije. Uvođenje biopisača, koji mogu ispisati ljudsko tkivo, predstavlja prekretnicu koja bi mogla dodatno ubrzati razvoj kozmetičke industrije.

S obzirom na prednosti i inovacije u ovoj industriji, cilj ovog rada je istražiti i analizirati primjenu aditivne izrade u kozmetičkoj industriji, te razmotriti njezin potencijal za budući razvoj te industrije. Predložiti će se i vlastiti koncept primjene aditivne izradbe.

2. ADITIVNA IZRADBA

Aditivna izradba, predstavlja proces stvaranja fizičkog objekta na temelju 3D digitalnog modela. Ova tehnologija obuhvaća različite metode koje se temelje na istom principu – postupnim nanošenjem materijala sloj po sloj kako bi se digitalni model pretvorio u trodimenzionalan objekt. Korištenjem oblikovanja s pomoću računala (CAD) ili 3D skenera, aditivna izrada omogućuje stvaranje objekata složene geometrijske strukture. Za razliku od tradicionalnih izradbenih tehnologija, koje često zahtijevaju naknadno uklanjanje viška materijala putem strojne obrade, aditivna izradba gradi objekte sloj po sloj, čime se smanjuje otpadan materijal. [1] Slika 1. prikazuje faze aditivne izrade.



Slika 1. Faze aditivne izrade [2]

Faze aditivne izrade obuhvaćaju kako slijedi:**1. CAD model**

Prvi korak kod svih postupaka aditivne proizvodnje je stvaranje 3D modela u nekom od CAD programa. Za izradu 3D modela također se upotrebljava i 3D skener.

2. Prebacivanje u STL datoteku

3D model sprema se u datoteku formata .STL. U datoteci je model predstavljen mrežom povezanih trokuta kao osnovom za proračun slojeva. Skoro svi strojevi za aditivnu izradu (strojevi AM) podržavaju taj format.

3. Prebacivanje datoteke na AM stroj i određivanje putanja alata

Datoteka se prebacuje u stroj za aditivnu izradbu i određuje se potreban položaj i putanje alata.

4. Podešavanje tehnoloških parametara AM stroja

Podešavaju se parametri stroja kao što su brzina izradbe, snaga, debljina slojeva.

5. Izrada tvorevine

Stroj izrađuje tvorevinu po načelu sloj po sloj i u pravilu nije potrebno nadgledanje procesa izrade.

6. Vađenje gotove tvorevine

Prilikom vađenja gotove tvorevine potrebno je paziti da su temperature dovoljno niske za rukovanje tvorevinom bez oštećivanja.

7. Naknadna obrada

Nakon vađenja često je potrebna naknadna obrada kao što su čišćenje, bojenje, uklanjanje viška materijala.

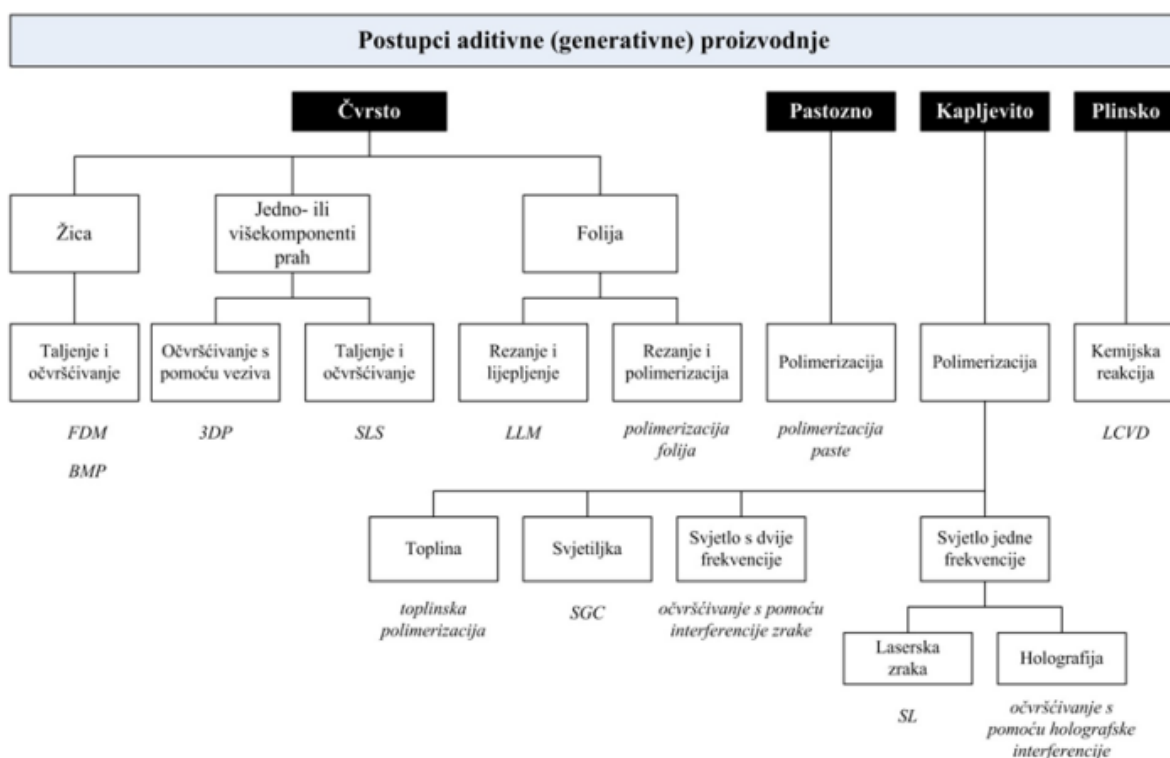
8. Primjena

Konačna tvorevina spremna je za korištenje.

2.1. Podjela aditivne izradbe

Tehnologije aditivne izradbe moguće je podijeliti na postupke koji upotrebljavaju materijale u čvrstom stanju (na primjer: žica, papir, folija i laminat), prah i kapljevinu .

Taložno očvršćivanje (eng. Fused Deposition Modeling, FDM) i laminiranje (eng. Laminated Object Manufacturing, LOM) postupci su kod kojih se koriste materijali u čvrstom stanju. Postupci pri kojima se upotrebljavaju kapljevit materijali su stereolitografija (eng. Stereolithography, SLA) i postupak PolyJet. Postupci koji koriste prah su taljenje pomoću snopa elektrona (eng. Electron Beam Melting, EBM), 3D tiskanje (eng. 3D Printing, 3DP) i selektivno lasersko srašćivanje (eng. Selective Laser Sintering, SLS). [3] Podjela postupaka aditivne izradbe prikazana je na slici 2.

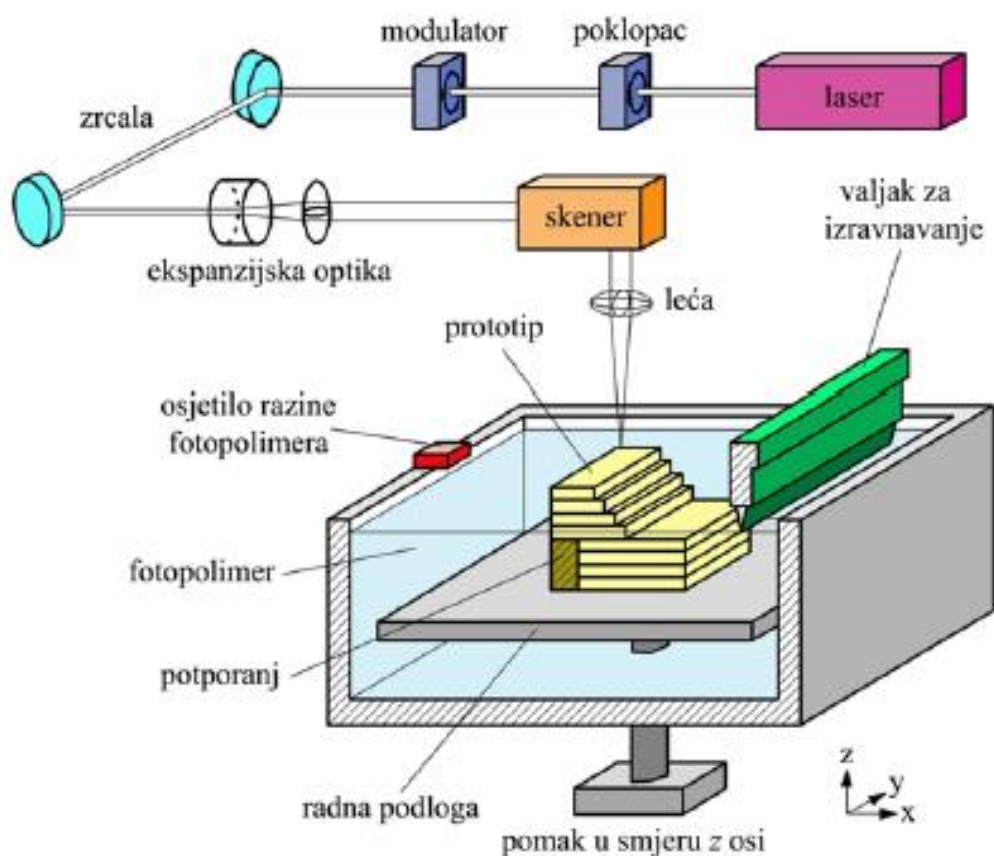


Slika 2. Postupci aditivne proizvodnje [4]

U sklopu ovog završnog rada ukratko će biti objašnjeni samo neki od ovih postupaka zbog značaja njihove upotrebe u kozmetičkoj industriji.

2.1.1. Stereolitografija (SLA)

Jedna od najčešće korištenih tehnologija u aditivnoj izradbi je stereolitografija, najstariji komercijalni postupak aditivne izradbe. Ovaj proces koristi fotolitografske metode za UV polimerizaciju. U stereolitografiji, proizvodi se stvaraju polimerizacijom tekućih polimera sloj po sloj. Ova metoda najčešće koristi fotopolimere na bazi akrilnih, vinilnih ili epoksidnih smola. Princip ovog postupka opisan je na slici 3. [4] Prednosti i nedostaci postupka SLA prikazani su u tablici 1.



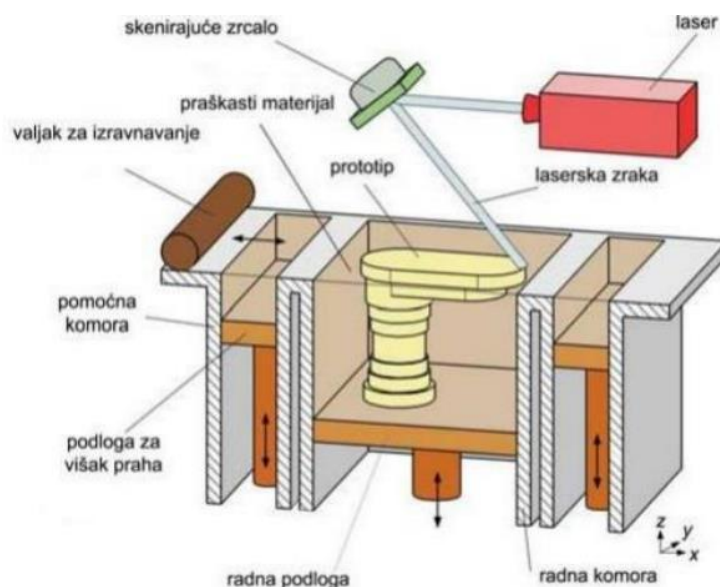
Slika 3. Postupak stereolitografije [4]

Tablica 1. Prednosti i nedostaci postupka SLA [6]

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • Visoka kvaliteta površine printanog proizvoda • Visoka razlučivost detalja na printanom proizvodu • Visoka točnost • Širok raspon materijala • Mogućnosti višekomponentnog i višebojnog 3D printanja 	<ul style="list-style-type: none"> • Printanje moguće samo u ravnini XY na radnoj platformi • Potrebna je naknadna obrada izrađenog proizvoda • Fotopolimeri u kapljevitom stanju općenito su otrovni • Visoki troškovi materijala i održavanja • Moguća deformacija pri očvršćivanju

2.1.2. Selektivno lasersko srašćivanje (SLS)

Selektivno lasersko srašćivanje (eng. Selective Laser Sintering, SLS), patentirano 1986. godine, jedna je od ključnih tehnologija aditivne izradbe. Ovaj proces odvija se srašćivanjem materijala pomoću laserskog zračenja. Postupak SLS omogućuje obradu gotovo svih materijala u praškastom obliku. Materijali koji se koriste uključuju keramiku, voskove, metalne prahove i polimere (kao što su PVC, elastomeri, PA i drugi). [4] Princip postupka SLS opisan je na slici 4. Prednosti i nedostaci ovog postupka prikazani su u tablici 2.



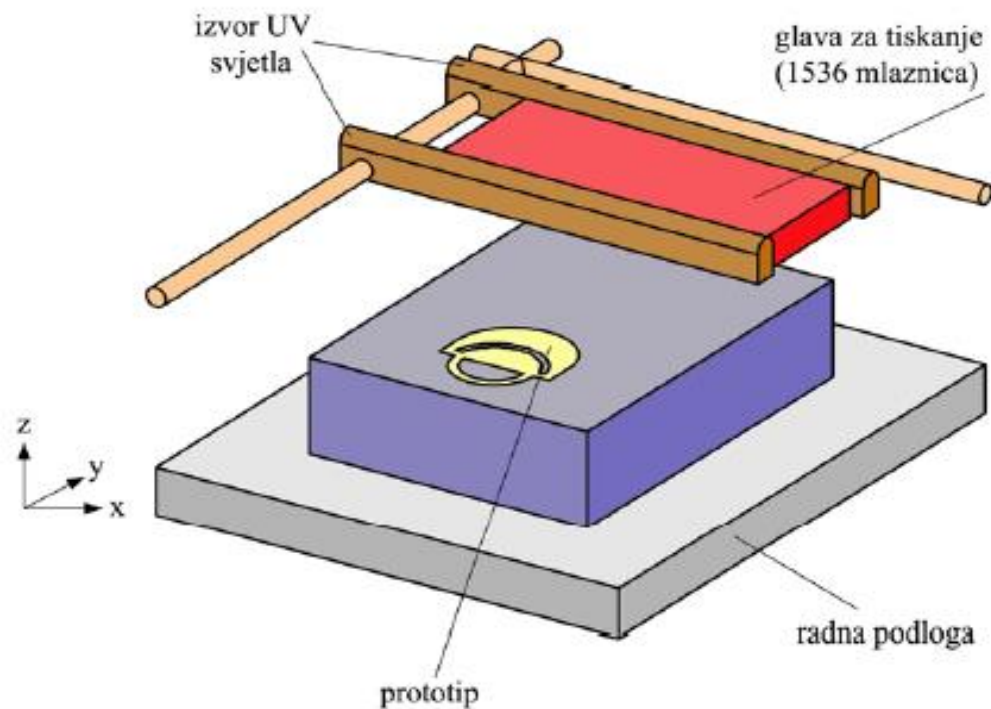
Slika 4. Postupak selektivnog laserskog srašćivanja [6]

Tablica 2. Prednosti i nedostaci postupka SLS [6]

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • Širok izbor praškastih materijala (sve što je moguće sinterirati) • Moguća proizvodnja finalnih dijelova /prototipova u originalnom materijalu • Pomoćne strukture uglavnom nisu potrebne • Koristi se čitav radni volumen printera • Moguće printanje u čitavom volumenu radne komore • Većina neiskorištenog materijala može se ponovno koristiti 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativno niska kvaliteta površine • Dugo vrijeme hlađenja velikih proizvoda (vrijeme hlađenja može biti isto ili dulje od vremena izrade) • Nije moguća izrada proizvoda u boji (potrebno naknadno bojenje) • Proizvodi su porozni

2.1.3. Metoda PolyJet

Metoda PolyJet (PJ) poznata i pod nazivom ispis materijala (eng. Material Jetting – MJ), metoda je aditivne izradbe koja spada u tehnologije raspršivanja materijala. U ovom postupku, 3D objekti nastaju raspršivanjem kapljica fotopolimera na radnu platformu, koje se potom očvršćuju UV svjetlom. Slično SLA postupku, materijal korišten u metodi PolyJet je tekući polimer ili smola. Prije početka ispisa, fotopolimer se zagrijava do odgovarajuće viskoznosti za lakše raspršivanje. PolyJet 3D pisari omogućuju istodobno ispisivanje različitih materijala zahvaljujući upotrebi višestrukih mlaznica. [7] Shema pojednostavnjenog postupka PolyJet prikazana je na slici 5.



Slika 5. Postupak PolyJet [6]

Prednosti i nedostaci PolyJet postupka prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Prednosti i nedostaci postupka PolyJet [6]

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • Mogućnost ispisa u više boja • Visoka preciznost i rezolucija • Mogućnost ispisa više dijelova odjednom u sklopu • Istovremeno korištenje različitih materijala • Visoka preciznost i rezolucija 	<ul style="list-style-type: none"> • Ispis moguć u samo ravnini XY • Visoki troškovi materijala • Potrebna pomoćna struktura

3. 3D BIOTISAK

3D biotisak je proces aditivne izradbe koji koristi biotinte za ispis živih stanica, stvarajući strukture koje oponašaju ponašanje i građu prirodnih tkiva. Biotinte, materijali korišteni u biotisku, sastoje se od prirodnih ili sintetičkih biomaterijala koji se mogu kombinirati sa živim stanicama.

3D biotisak se prvenstveno primjenjuje u područjima inženjerstva tkiva i bioinženjerstva. Ova tehnologija sve se češće koristi i u razvoju i testiranju lijekova. Trenutno su u žarištu istraživanja kliničke primjene 3D biotiska, uključujući implantate, kožne transplantate, 3D ispisanu kožu, pa čak i potpuno ispisanu organe (Slika 6.). [8]



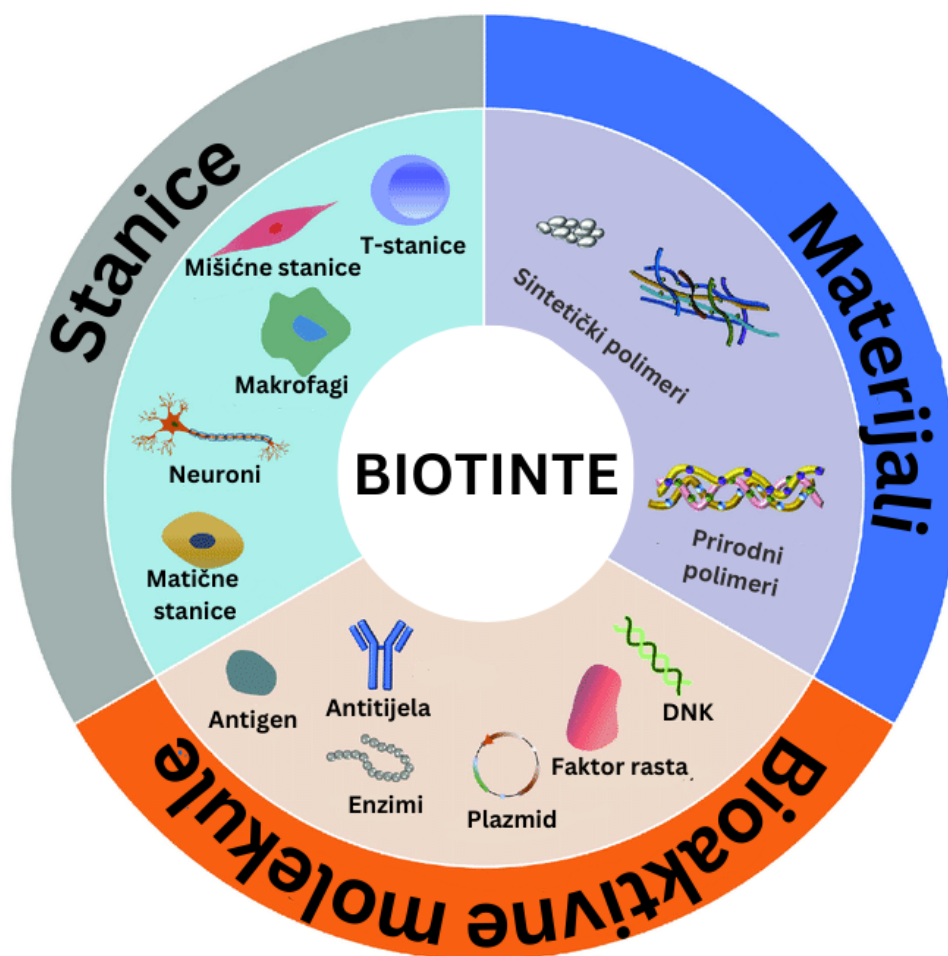
Slika 6. 3D Bioispisano uho [9]

3.1. Biotinte

Biotinte, materijali koji se koriste u biotisku, sastoje se od živih stanica i biomaterijala koji oponašaju okolinu izvanstanične matrice, podržavajući staničnu adheziju, proliferaciju i diferencijaciju nakon tiska. Za razliku od tradicionalnih materijala za 3D tisak, biotinte moraju imati:

- temperature ispisa koje ne prelaze fiziološke temperature
- blage uvjete umrežavanja
- bioaktivne komponente koje su netoksične i koje stanice mogu modificirati nakon tiska.

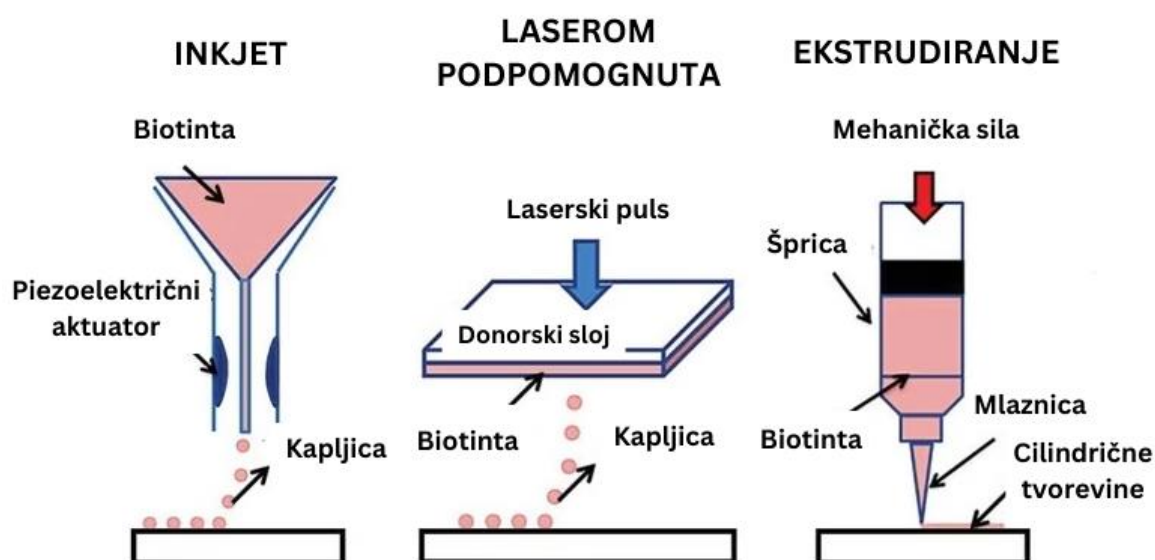
Dok se za biotinte koristi širok izbor materijala, najpopularniji materijali uključuju želatinski metakrilol (GelMA), kolagen, poli(etilen glikol) (PEG), Pluronic, alginat i materijale na bazi decelularizirane izvanstanične matrice. [10] Neki od sastojaka biotinti prikazani su na slici 7.



Slika 7. Sastojci biotinti [11]

3.2. 3D biopisači

3D pisači i 3D biopisači vrlo su slični, no postoje neke razlike. 3D pisači konstruirani su za tisak čvrstih materijala, dok su 3D biopisači konstruirani za tisak tekućih ili gelastih materijala. Nadalje, 3D biopisači prilagođeni su za rukovanje osjetljivim materijalima koji sadrže žive stanice, pazeći da ne oštete konačni proizvod. Kao što je vidljivo na slici 8. biopisači se mogu temeljiti na tehnologiji *inkjet*, biti potpomognuti laserom ili se bazirati na ekstrudiranju. [8]



Slika 8. Postupci biotiska [12]

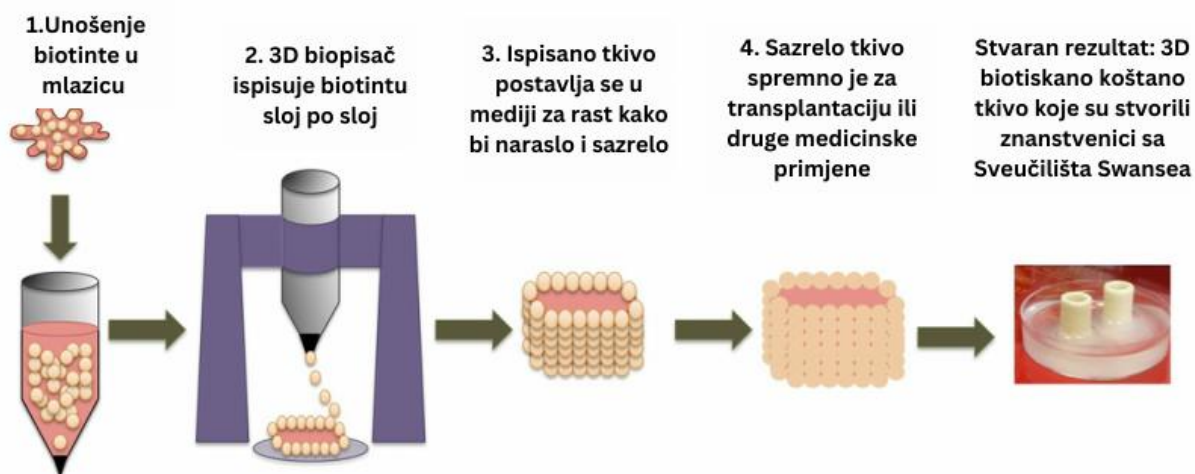
3.3. Osnovni koraci u procesu 3D biotiska

Osnovni koraci koji se koriste u procesu 3D biotiska jesu:

1. Biotinta se stavlja u mlaznicu 3D biopisača.
2. Biopisač započinje ispis biotinte sloj po sloj određenim uzorkom kako bi konačan ispis odgovarao strukturi prirodnog tkiva.
3. Po završetku tiska, tiskana struktura stavlja se u medij za rast kako bi sazrela. Tijekom tog perioda biomaterijal koji se nalazi u biotinti se razgrađuje. To omogućuje stanicama da intenzivnije međudjeluju čime se stvaraju jače veze između stanicama, što posljedično omogućuje formiranje čvršćeg oblika.

4. Nakon određenog vremenskog razdoblja ostaje čvrsta tvorevina tkiva koja se može koristiti.

Na slici 9. prikazani su osnovni koraci i primjer konačnog rezultata 3D biotiska, koštanog tkiva koje su stvorili znanstvenici sa Sveučilišta Swansea. [13]

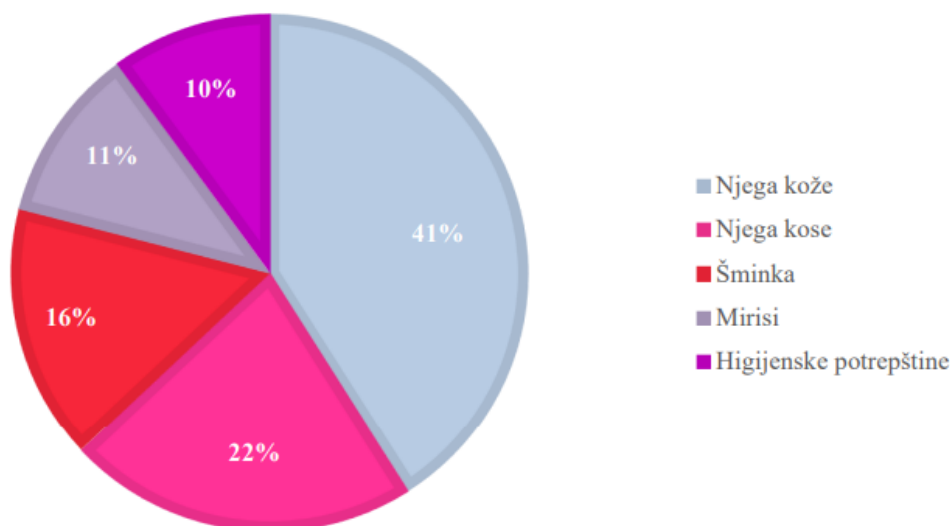


Slika 9. Osnovni koraci 3D biotiska [13]

4. KOZMETIČKA INDUSTRIJA

Kozmetička industrija obuhvaća širok spektar proizvoda i usluga usmjerenih na poboljšanje izgleda i njegu tijela. Ova industrija, koja uključuje proizvode za njegu kože, šminku, parfeme i proizvode za njegu kose, neprestano raste zahvaljujući inovacijama, promjenama u potrošačkim navikama i sve većoj važnosti osobne njege. Kozmetička industrija ne samo da zadovoljava estetske potrebe potrošača već igra i važnu ulogu u globalnoj ekonomiji, okupljajući velike korporacije, male nezavisne brendove, trgovce i salone ljepote. [14]

Na slici 10. prikazani su udjeli pojedinih segmenata kozmetičke industrije na globalnom tržištu u 2022. godini. Najveći udio, 41 %, odnosi se na njegu kože (eng. skincare). Slijedi njega kose s 22 %, dok šminka zauzima 16 %. Najmanje udjele na tržištu čine mirisi, s 11 %, te higijenske potrepštine, s 10 %. [15]



Slika 10. Udio pojedinih segmenata u svjetskom kozmetičkom tržištu [15]

Vodeći proizvođači i vlasnici brendova u kozmetičkoj industriji su velike multinacionalne kompanije s impresivnim godišnjim prihodima. Kao što je prikazano u tablici

4., L'Oréal Group, najveća kozmetička kompanija na svijetu, prednjači s prihodom od preko 38 milijardi eura u 2022. godini. Slijede je Unilever, Estée Lauder Companies, Procter & Gamble i Shiseido, koji također ostvaruju milijarde eura godišnjeg prihoda. Ove kompanije ne samo da dominiraju tržištem već i ulažu znatna sredstva u istraživanje i razvoj novih proizvoda, marketinške kampanje i širenje na nova tržišta. Njihova financijska moć omogućuje im brzu prilagodbu tržišnim trendovima i potrošačkim zahtjevima, što dodatno učvršćuje njihovu poziciju na globalnom kozmetičkom tržištu. [15 do 19]

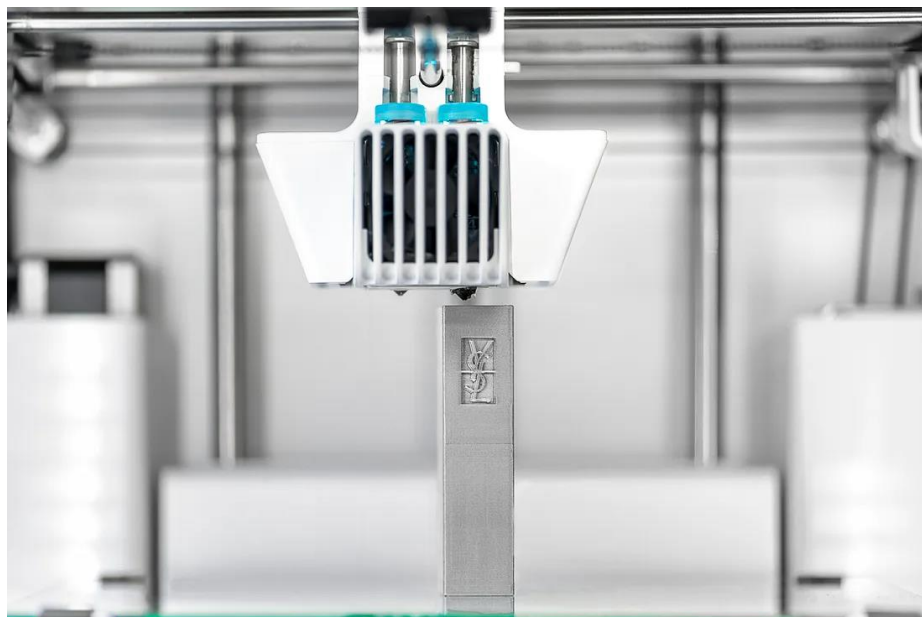
Tablica 4. Prihodi vodećih kozmetičkih kompanija za 2022. godinu [15 do 19]

Kompanija	Prihod (milijardi €)
L'Oréal Group	38,26
Unilever (Beauty & Personal Care)	23,80
Estée Lauder Companies	15,91
Procter & Gamble (Beauty)	14,40
Shiseido	9,97

4.1. Aditivna izradba u kozmetičkoj industriji

Kozmetička industrija počela je primjenjivati aditivnu izradbu u ranim 2010-im godinama, prepoznajući njezin potencijal za inovacije i personalizaciju. Početna primjena bila je uglavnom usmjerena na izradu prototipova ambalaže i alata za proizvodnju, no brzo se proširila na druge aspekte industrije. Jedna od prvih značajnih primjena bila je u području razvoja proizvoda. Kompanije su počele primjenjivati 3D tiskanje za brzu izradu prototipova novih ambalaža, omogućujući im brže i ekonomičnije ispitivanje različitih dizajna prije masovne proizvodnje (Slika 11.).

Iz kompanije L'Oréal poručili su kako im 3D tisak omogućava da preskoče poneke korake u procesu razvoja proizvoda. Uporabom te tehnologije uspjeli su drastično smanjiti vrijeme koje je potrebno za izradu prototipova ambalaže, pa tako i vrijeme plasiranja novog proizvoda na tržište. U 2017. godini kreirali su čak 14 000 prototipova ambalaže koristeći 3D ispis, te kontinuirano povećavaju broj 3D pisaača u svojim centrima za razvoj proizvoda. [20]



Slika 11. Brza izrada prototipova u L'Oréalu [20]

S daljnjim napretkom ove tehnologije aditivna izradba našla je primjenu i u samoj proizvodnji kozmetičkih proizvoda. Tvrtke poput Chanela i L'Oréala počele su eksperimentirati s 3D ispisom maskara (Slika 12.) i drugih proizvoda što im je omogućilo preciznije upravljanje pri ostvarenju oblika i teksture proizvoda. [21]



Slika 12. Maskara Chanel nastala postupkom SLS [22]

Aditivna izradba otvorila je mogućnost personalizacije proizvoda. *Startup* tvrtke poput Minka razvile su 3D pisalice za kućnu upotrebu (Slika 13.). Ovi 3D pisaliči omogućuju tiskanje šminke u bilo kojoj boji, stvarajući nove mogućnosti za personalizirane kozmetičke proizvode. [21]



Slika 13. Pisač Mink 3D [23]

Aditivna izradba našla je primjenu i u izradi specijaliziranih alata za nanošenje šminke, kao i u proizvodnji kalupa za sapune i druge kozmetičke proizvode. Na primjer tvrtka LUSH je 3D ispisom konstruirala kalupe u obliku koala za izradu sapuna kao dio kampanje za podršku divljim životinjama koje su stradale u australskim požarima 2020. godine. Posebno izdanje od 50 000 sapuna koja predstavlja broj preostalih koala u Australiji brzo se rasprodala. [21 i 24]



Slika 14. Sapun LUSH u obliku koale [25]

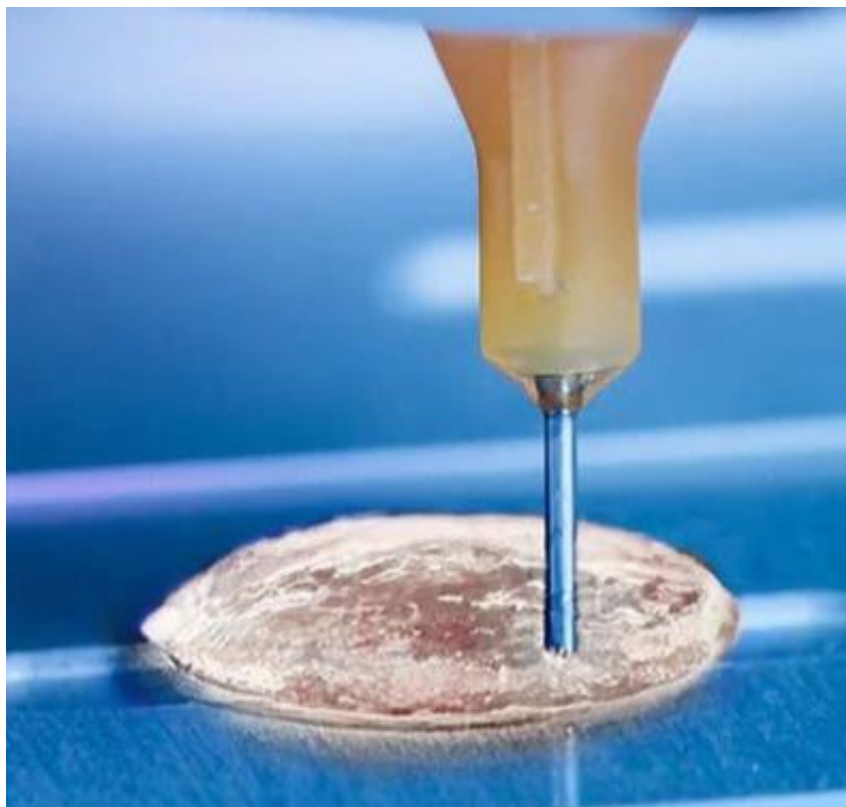
S rastućim fokusom na održivost, kozmetičke tvrtke počele su istraživati mogućnosti 3D tiska korištenjem biorazgradivih materijala, nastojeći smanjiti ekološki otisak industrije. Japanski startup MAHENA čiji je cilj konstruirati spremnike za kozmetičke proizvode koji se

u potpunosti može reciklirati uspjeti su proizvesti spremnike prikazane na slici 15. koji sadrže 80 % manje stakla od standardnih spremnika koristeći aditivnu proizvodnju. [21]



Slika 15. Spremnici za kozmetičke proizvode MAHENA [21]

Jedan od najnovijih razvoja u primjeni aditivne proizvodnje u kozmetičkoj industriji je mogućnost 3D biotiskanja ljudske kože. Umjetna koža, proizvedena aditivnom tehnologijom može precizno oponašati strukturu i svojstva ljudske kože, pružajući etičku i pouzdanu alternativu ispitivanju na životinjama i ljudskim dobrovoljcima. Jedan od brendova koji aktivno istražuje i primjenjuje ovu tehnologiju je L'Oréal koji je u suradnji s biotehnoškom kompanijom Organovo razvio tehnologiju 3D biotiskanja kože. Ovu tehnologiju koriste za ispitivanje sigurnosti i učinkovitosti njihovih kozmetičkih proizvoda. [26]



Slika 16. Biotiskana koža u L'Oréalu [26]

Kroz nastavak ovog poglavlja biti će detaljnije obrađene različite primjene aditivne proizvodnje u sektoru njege kože, šminke, mirisa i njege kose.

4.2. Primjena aditivne izradbe u njezi kože

Kao što je rečeno na početku poglavlja, proizvodi za njegu kože (eng. skincare) čine preko 40 % ukupne vrijednosti globalnog kozmetičko tržišta. Prepoznajući vrijednost ovog segmenta kozmetičke industrije, tvrtke su počele istraživati inovativne metode proizvodnje među kojima se posebno ističe aditivna izradba.

Aditivna izradba počela se primjenjivati u proizvodnji proizvoda za njegu kože sredinom prošlog desetljeća. Isprva je bila korištena za izradu personaliziranih ambalaža i aplikatora, međutim brzo se razvila do točke gdje omogućuje stvaranje samih proizvoda za njegu kože.

Primjena 3D tiskanja u ovom području otvorila je put ka stvaranju proizvoda za njegu kože koji su u potpunosti prilagođeni individualnim potreba korisnika, što predstavlja značajan iskorak u industriji ljepote i osobne njege.

4.2.1. Aplikatori za njegu kože

Cosmogen, francuska kompanija specijalizirana za dizajn, razvoj i proizvodnju inovativnih aplikatora i ambalaže za kozmetičku industriju odnedavno se okrenula tehnologiji 3D tiska metala kako bi proizveli aplikatore za kreme s kompleksnom geometrijom. Ovakva vrsta tiska omogućuje im brži razvoj prilagođenog aplikatora pružajući originalan proizvod. Koristeći 3D tisak uspjeli su proizvesti različite oblike kojima se proizvodi lakše nanose na područje oko očiju i usta (Slika 17.). Trenutno nije javno dostupno koji proces aditivne proizvodnje se koristi u kompaniji. [21 i 27]

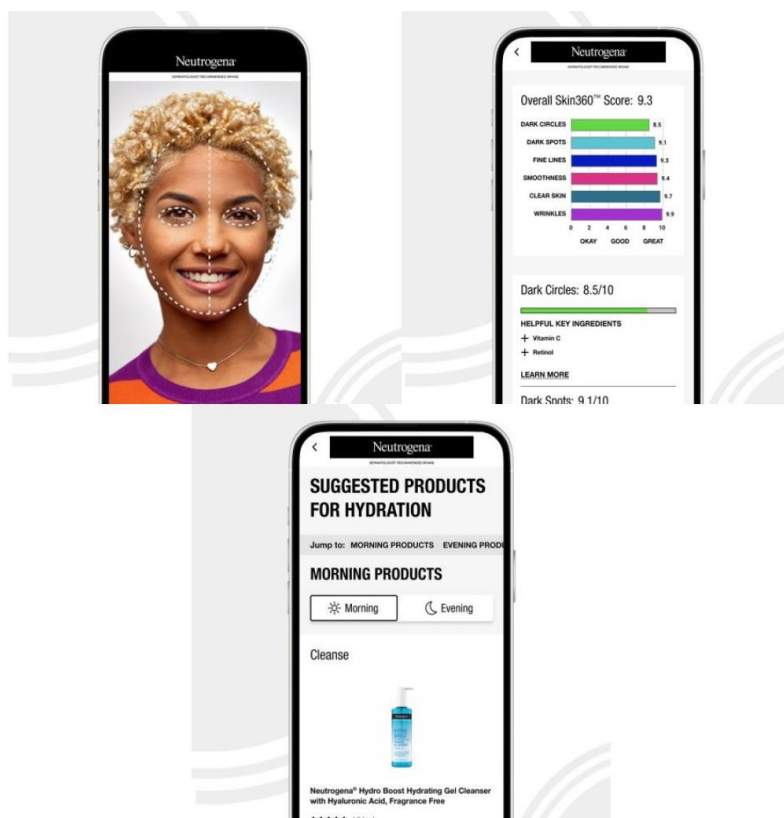


Slika 17. Proizvod za njegu usta i okoloočnog područja COSMOGEN: aplikatori i ambalaža [27]

4.2.2. Personalizirane maske za lice

Godine 2018. kompanija Neutrogena je na tržište lansirala aplikaciju pod nazivom Skin360. Ova aplikacija korisnicima iPhone uređaja omogućila je da kamerom mobilnog uređaja analiziraju svoju kožu. Na svojoj web stranici navode kako aplikacija koristi preko 100 000 piksela kože za analizu više od 2 000 karakteristika lica. Korisnikova slika uspoređuje se s 10 000 slika koji se nalaze u bazi podataka koje su dermatolozi ocijenili i procijenili, uzimajući u obzir različite etničke pripadnosti, tipove kože i dobne skupine. Aplikacije daje ocjene za šest različitih karakteristika kože s uključenom analizom čistoće

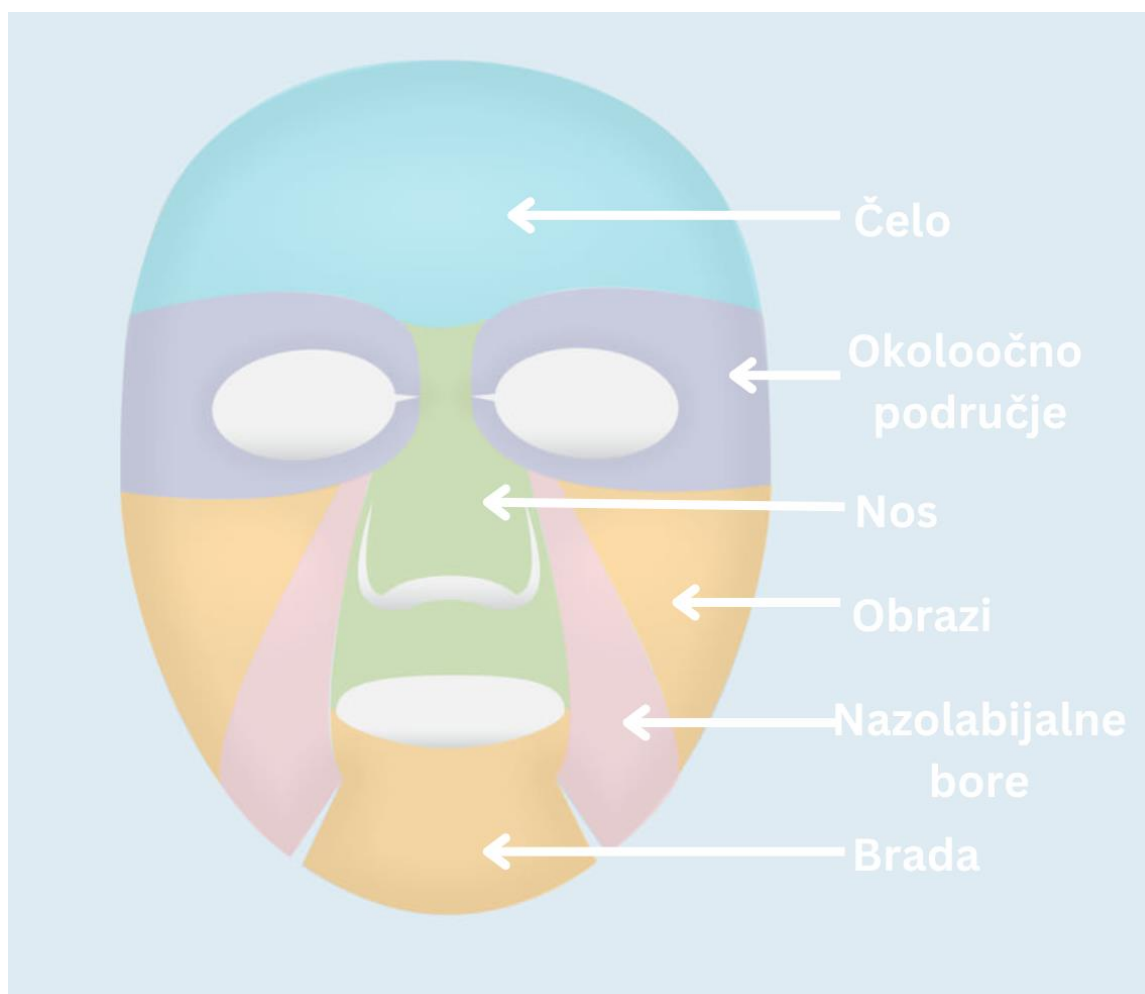
kože, kako bi korisnici mogli prepoznati područja svoga lica na čijem poboljšanju žele raditi. Za sudjelovanje u ovom procesu potrebno je uslikati tri fotografije lica i nakon toga ispuniti kratak upitnik o životnim navikama i osobnim preferencijama oko njege kože. Na kraju procesa aplikacija korisniku predlaže proizvode za jutarnju i večernju njegu lica. Dio procesa korištenja aplikacije prikazan je na slici 18. [21 i 28]



Slika 18. Koraci u korištenju aplikacije Skin360 [28]

Godine 2019. Neutrogena je najavila novu inovaciju pod nazivom Neutrogena MaskiD. Kombinirajući postojeću aplikaciju i aditivnu izradbu korisnicima će biti ponuđena personalizirana maska za lice prilagođena obliku njihovog lica i potrebama njihove kože. U suradnji s centrom za izvrsnost za 3D tiskanje tvrtke Johnson & Johnson koji uobičajeno radi na proizvodnji prilagođenih kirurških alata, istražili su kako bi mogli koristiti proces 3D tiska u njezi kože. Maske za lice su veoma učinkovit način isporuke sastojaka za njegu kože jer stvaraju fizičku barijeru koja zadržava hranjive sastojke i zasićuje kožu, omogućujući im da djeluju. Većina maski za lice dolazi u univerzalnoj veličini zbog čega ne odgovaraju precizno svakom licu, što je ovim kompanijama dalo ideju za izradu u potpunosti personaliziranih maski. [29]

Aplikacija od korisnikove fotografije kreira topografsku mapu njihovog lica koja omogućava precizne mjere kao što su na primjer udaljenost čela od brade ili razmak između očiju. Mapa lica se zatim dijeli u šest različitih zona: čelo, okoloočno područje, nos, obrazi, brada i nazolabijalne bore. Ove zone maske prikazane su na slici 19. Neutrogenina Skin360 aplikacija potom za svaku zonu bira specifične sastojke za njegu kože koji će tom području donijeti najviše koristi. [29]



Slika 19. Zone Neutrogena MaskiD maske za lice [30]

Proces izradbe započinje sa slojem hidrogela izrađenog od celuloze dobivene iz rogača i crvenih morskih algi koje imaju hidratantni učinak. Taj sloj hidrogela se reže laserom kako bi savršeno odgovarao korisnikovom licu. Nakon toga, pet različitih visokoučinkovitih sastojaka za njegu kože se procesom 3D tiska ispisuju na područja na maski gdje su najpotrebniji. [31]Ovi sastojci i njihova uloga opisani su u tablici 5.

Tablica 5. Uloga glavnih sastojaka maske za lice MaskiD [32 do 35]

Sastojak	Uloga u njezi kože
Hijaluronska kiselina	<ul style="list-style-type: none"> • Hidratacija kože • Definira konture lica • Popunjava kožu • Zaglađuje kožu • Učvršćuje kožu • Ubrzava proces zacjeljivanja rana • Antioksidativna svojstva
Vitamin B3	<ul style="list-style-type: none"> • Utvrđuje i poboljšava zaštitnu barijeru kože • Potiče proizvodnju ceramida • Regulira proizvodnju sebuma • Djeluje protiv nepravilnosti u vidu prištića i akni • Pomaže ublažiti primjetnost proširenih pora
Majčinski vrtić	<ul style="list-style-type: none"> • Ublažava crvenilo • Smiruje iritacije • Umiruje osjetljivu kožu • Snažan antioksidans
Glukozamin	<ul style="list-style-type: none"> • Ubrzava zacjeljivanje rana • Poboljšava hidrataciju kože • Smanjuje bore • Ublažuje hiperpigmentaciju
Vitamin C	<ul style="list-style-type: none"> • Smanjuje staračke pjege • Ublažuje hiperpigmentaciju • Antioksidativna svojstva • Protuupalna svojstva • Pojačava proizvodnju kolagena • Ublažava crvenilo

	<ul style="list-style-type: none">• Sprječava gubitak vode• Štiti kožu od štete nastale UV zračenjem• Štiti kožu od zagađenja
--	---

Korištenje maske iznimno je jednostavno. Korisnik uklanja zaštitnu foliju s maske te ju nanosi na prethodno očišćenu, suhu kožu te ostavlja na licu 15 minuta. Nakon skidanja maske preostali proizvod na licu korisnik može umasirati u lice i ostaviti da se osuši.

4.2.3. Personalizirani suplementi za zdravlje kože

Koristeći istu tehnologiju kao i za personalizirane maske za lice Neutrogena i proizvođač personaliziranih 3D tiskanih suplemenata, kompanija Nourished razvili su novu liniju suplemenata za njegu kože. Suplementi pod nazivom Neutrogena Skin360 SKINSTACK su gumeni, veganski suplementi bez šećera koji se sastoje od sedam različitih 3D tiskanih slojeva vitamina i nutrijenata (Slika 20.). Aplikacija Skin360 korisniku preporuča koji će vitamini i nutrijenti omogućiti željeni izgled kože. Uz prilaganje fotografija lica na web stranici kompanije Nourished potrebno je ispuniti kratak anketni upitnik koji uključuje pitanja o spolu, dobi, životnim i prehranbenim navikama, zdravstvenim problemima i ciljevima koje korisnik želi postići suplementima. Nakon toga korisnik dobiva konačnu preporuku za svoj suplement. Na primjer, ako je cilj koji korisnik želi ostvariti čista koža SKINSTACK će se sastojati od vitamina A, E, C i D3 te selenija, cinka i hydrocurca.

Ako korisnik ne želi priložiti svoje fotografije i ispuniti anketni upitnik može sam izabrati sastojak svakog od sedam slojeva suplementa. Na web stranici kompanije Nourished ponuđeno je preko 30 različitih sastojaka. [21, 36 i 37]



Slika 20. Suplementi SKINSTACK [38]

4.3. Primjena aditivne izradbe u proizvodnji šminke

U području proizvodnje šminke aditivna izradba također je otvorila nove mogućnosti za personalizaciju, složenije oblike i kreativnost. Od izrade maskara do ruževa, 3D tiskanje omogućuje stvaranje jedinstvenih tekstura i oblika koji se tradicionalnim metodama ne mogu postići.

4.3.1. Maskara

Godine 2007. francuski Chanel patentirao je četkicu za maskaru izrađenu 3D tiskom, no bilo je potrebno više od 10 godina do izlaska njihovog proizvoda na tržište. Kroz tih 10 godina Chanel je intenzivno surađivao s tvrtkom Erpo Factory 3D koja se bavi masovnom proizvodnjom 3D tiskanih objekata. Ova suradnja urodila je proizvodnjom 3D tiskane maskare pod nazivom Le Volume Revolution. Četkica ove maskare napravljena je od poliamida (PA) i nastala je postupkom selektivnog laserskog srašćivanja (SLS). Četkica je rezultat istraživanja preko 100 prototipova i prvi je proizvod ovakvog tipa koji se masovno proizvodi. Iz Chanela su izjavili je da ovakvu četkicu nemoguće proizvesti standardnim proizvodnim postupcima kao što je naprimjer injekcijsko prešanje. Aditivna izrada omogućila im je kompleksnu geometriju četkice maskare. Mikrošupljine unutar nje omogućavaju upijanje maskare, isporučujući točno odgovarajuću količinu na trepavice povećavajući njihov volumen bez

potrebe za ponovnim umakanjem četkice u proizvod. Zahvaljujući zrnastoj teksturi četkice maskara ostaje na trepavicama i lakše pranja za svaku pojedinačnu trepavicu. [21, 39 i 40]

Tvrtka Erpo Factory 3D također je sudjelovala na sličnom projektu brenda Albéa. Projekt pod nazivom „Make 3D yours“ omogućava korisnicima da sami kreiraju svoje četkice za maskaru (Slika 21.). [21]



Slika 21. Četkice za maskaru Albéa [21]

4.3.2. 3D olovka za šminku

Nijansa kože se mijenja tijekom godine te je brojnim ljudima teško pronaći odgovarajuću nijansu pudera koji mogu koristiti. Godine 2015. kompanija Adorn na tržište je lansirala olovku za šminku koja sadrži skener i pisac za puder za lice. Adornov uređaj omogućava korisniku tiskanje nijanse koja savršeno odgovara njihovom tenu. Ovaj uređaj dolazi u obliku male i lake prijenosne olovke unutar koje se nalaze crni, bijeli i plavi pigmenti. Kompanija navodi kako njihova olovka za 3D tisak pudera može proizvesti oko 75 000 različitih nijansi pudera koji su pogodni za sve tipove kože, neovisno radi li se o suhoj, masnoj ili kombiniranom tipu kože. Upotreba uređaja je iznimno jednostavna i sastoji se od tri koraka. Na početku korisnik treba prisloniti skener na obraz kako bi se očitala nijansa kože. Nakon toga uređaj miješa pigmente, ispisuje malu količinu pudera odgovarajuće nijanse koju korisnik zatim može koristiti (Slika 22.). Olovka se napaja baterijom, a pigmenti koji se

nalaze unutar olovke lako se mogu nadopuniti nakon što se iskoriste. Ovakav proizvod ne samo da omogućuje savršenu nijansu pudera već i staje na kraju gomilanju klasičnih pudera zbog česte promjene tena. [41 do 43]



Slika 22. Koraci upotrebe olovke Adorn [43]

4.4. Primjena aditivne izradbe u industriji mirisa i parfema

Aditivna proizvodnja našla je svoju primjenu i u industriji mirisa odnosno parfemskoj industriji. Iako se parfemi ne mogu proizvoditi aditivnom izradbom, ona se počela primjenjivati za luksuznu ambalažu. Poznata modna i parfumerijska kuća Viktor & Rolf, osnovana 1993. godine ističe se svojim glamuroznim i luksuznim kolekcijama. Parfem Flowerbomb već je godinama njihov najpoznatiji i najprodavaniji proizvod. Godine 2021., u čast 15 godina postojanja ovog parfema odlučili su napraviti ekskluzivno limitirano izdanje Flowerbomba. Susreli su se s problem jer predviđeno pakiranje parfema nije bilo moguće izraditi tradicionalnim proizvodnim načinima. Kreacija parfema realizirana je s već spominjanim L'Oréalom, a korišteni su 3D pisaci tvrtke Carbon. U ovoj luksuznoj kolekciji izrađeno je samo 15 primjeraka. Za svaki od tih primjeraka ukrasni dijelovi su izrađeni postupkom stereolitografije (SLA). Nije poznato koji točno materijal se koristio, ali pretpostavlja se da su upotrijebili visokokvalitetnu poliuretansku smolu koja omogućava finu završnu obradu i visoku preciznost. Nakon što su sve komponente parfema izrađene, polirali su ih, očistili i ručno sastavili, a dio tog procesa prikazan je na slici 23. Nakon što je svaki set bio spreman, sloj ružičastog zlata nanesen je postupkom elektrolize kako bi se dobio vrhunski završni fini. Konačan rezultat prikazan je na slici 24. Cijena parfema iznosila je 2 500 USD.

Ova kolekcija odličan je primjer spajanja tradicionalnih i novih tehnologija u procesu proizvodnje, osobito proizvodnje luksuznih proizvoda. [21, 44 i 45]



Slika 23. Dio procesa proizvodnje ambalaže parfema Flowerbomb [44]



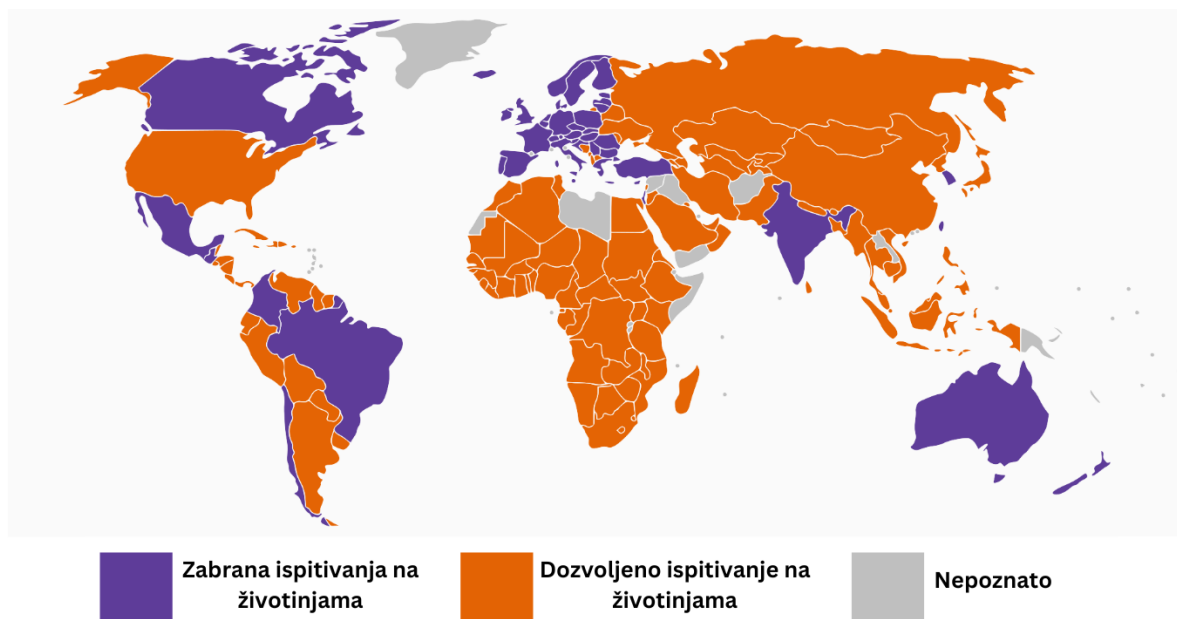
Slika 24. Konačan izgled parfema Flowebomb [46]

4.5. Ispitivanje kozmetičkih proizvoda

Ispitivanje kozmetičkih proizvoda proces je procjene sigurnosti, učinkovitosti i kvalitete proizvoda. Ono uključuje različite laboratorijske testove kako bi se utvrdilo ispunjavaju li sastojci i gotov proizvod norme i druge propise te očekivanja korisničke skupine. Ovakva ispitivanja uključuju procjenjivanje iritacije kože, alergijske reakcije, mikrobnu kontaminaciju, stabilnost proizvoda te provjeru učinaka proizvoda. Ispitivanja proizvoda nužna su za održavanje integriteta proizvoda, zaštitu zdravlja potrošača i pridržavanja zakonskih smjernica pojedinih država i regija. Općenito, ispitivanje kozmetičkih proizvoda pomaže proizvođačima pri identifikaciji potencijalnih problema prije izlaska proizvoda na tržište, osiguravajući njihovu sigurnost i djelotvornost. [47]

4.5.1. Ispitivanje na životinjama

Najčešći način ispitivanja kozmetičkih proizvoda je testiranje na životinjama, gdje se većinom upotrebljavaju zečevi, miševi, štakori, majmuni i zamorci. Prema studiji o bioetici autora Stefanea Kabenea i Saida Baadeka [48], kozmetički proizvodi često se testiraju na životinjama tako što se sastojci više puta nanose na kožu životinje ili se unose u nju. Cilj takvog testiranja je vidjeti što se događa životinji nakon što je duže vremena izložena proizvodu. Nakon što je testiranje završeno, životinje su često pogubljene jer više nisu pogodne za daljnja istraživanja. Posljednjih 30 godina razne aktivističke udruge prosvjeduju protiv testiranja na životinjama, smatrajući ga nehumanom praksom. Godine 2010. donesena je direktiva Europske Unije 2010/63/EU kojom se zabranjuje testiranje i prodaja kozmetičkih proizvoda koji su testirani na životinja. [53] Ubrzo nakon toga slični zakoni doneseni su u Kanadi, Čileu, Indiji, Izraelu, Norveškoj, Islandu, Švicarskoj i Meksiku. Mapa zakonodavstva u svijetu prikazana je na slici 25. [49 i 50]



Slika 25. Zakonski tretman ispitivanja na životinjama diljem svijeta [51]

4.5.2. Alternative ispitivanju na životinjama

Smanjenje ispitivanja na životinjama rezultiralo je razvojem nekoliko uspješnih alternativa koje uključuju:

- **Zebrica ribe za in vitro testiranje**

Jajašca ribe zebrice smatraju se in vitro testom kada su mlađe od pet dana nakon oplodnje. Zebrice su isplativ izbor za testiranje kozmetičkih proizvoda zbog njihove sposobnosti brzog razmnožavanja i proizvodnje stotina jajašaca odjednom. Ove ribe iznimno su pogodne za ispitivanje toksičnosti proizvoda.

- **Ljudske dobrovoljce**

Ova metoda korisna je jer koža životinja nije vjerna replika ljudskog tipa kože. Testiranje na dobrovoljcima najčešće se provodi kako bi se utvrdilo može li se kozmetički proizvod koristiti za borbu protiv starenja, prosvjetljivanje kože, smanjenje celulita, hidrataciju itd.

- **Računalne modele**

Iako je većina kozmetičkih proizvoda namijenjena za tretiranje površine kože, neki potencijalno štetni sastojci mogu prodrijeti u kožu. Računalni modeli mogu poslužiti za predviđanje gdje bi određene kemikalije sadržane u kozmetičkim

proizvodima mogle završiti u tijelu. Također se mogu koristiti za procjenu potencijalne toksičnosti i djelotvornosti tih kemikalija.

- **In vitro ispitivanje**

Ovakva metoda ispitivanja koristi stanične kulture koje se uzgajaju u laboratorijima posebno za testiranje. Gotovo svaka ljudska stanica može se uzgajati na ovaj način. Ova metoda omogućuje znanstvenicima rekonstrukciju epiderme, površinskog sloja kože za testiranje. Druga vrsta in vitro testiranja uključuje korištenje tkiva i stanica koje su donirali dobrovoljci koji ju prošli kroz biopsije, transplantacije, plastične operacije i slično. [49]

4.5.3. Bioispisana koža kao alternativa ispitivanju na životinjama

3D biotiskana koža najperspektivnija je tehnologija za proizvodnju in vitro modela. No budući da se radi o relativno novoj tehnologiji njena učinkovitost još uvijek nije dovoljno potvrđena. To je navelo istraživače Sveučilišta u Sao Paulu da provedu studiju koja bi usporedila učinkovitost modela epiderme dobivenog 3D ispisom i ručno proizvedenog modela. [50] Epiderma je bila podijeljena u četiri sloja (stratum basale, stratum spinosum, stratum granulosum i stratum corneum) koji bi trebali imitirati ljudsku kožu in vivo, odnosno u stvarnom životu. Pokazalo se da su oba modela pokazala zadržavanje vlage i zaštitu od kemijskih (na primjer zagađenje) i fizičkih stresora (na primjer Sunčeva svjetlost). Završno ispitivanje uključivalo je testiranje iritansima i neiritansima u kojem su oba modela uspješno razlikovali iritance od neiritansa i adekvatno reagirati na njihovo nanošenje. Oba in vitro modela odgovarala su globalno potvrđenim epidermalnim modelima u histologiji i citohitekturi (staničnoj organizaciji u organima odnosno tkivu). Ova studija potvrdila je da je bioispisana koža jednake kvalitete kao kirurški obnovljena koža. [52]

Ovakva nova mogućnost testiranja proizvoda mogla bi u budućnosti u potpunosti zamijeniti ispitivanje na životinjama. Uz to mogla bi pružiti ispitivanje na koži koja je personalizirana određenoj ciljanoj skupini korisnika, kao što su na primjer oboljeli od određenih kožnih bolesti ili osobe s aknama.

5. KONCEPT PRIMJENE ADITIVNE IZRADBE U KOZMETIČKOJ INDUSTRIJI

U sklopu ovog rada predložiti će se koncept primjene aditivne izradbe u kozmetičkoj industriji. Odabrana problematika su realistične obrve namijenjene osobama koje su zbog različitih medicinskih razloga izgubile obrva. Gubitak obrva često je povezan s različitim medicinskim stanjima poput alopecije, trihotilomanije i terapija kao što su kemoterapija i zračenje u liječenju onkoloških pacijenata. Dok trenutno postoje rješenja poput tetoviranja obrva i jednokratnih naljepnica, ona često ne pružaju dovoljno realističan izgled niti dugotrajnost koja bi zadovoljila potrebe korisnika. Glavni cilj ovog koncepta je pružiti rješenje koje vjerno oponaša prirodne dlake obrva te korisnicima omogućava povratak osobnom identitetu, povećava njihovo samopouzdanje i kvalitetu života.

5.1. Medicinski razlozi gubitka obrva

Gubitak obrva može biti uzrokovan različitim medicinskim stanjima i terapijama, a osim estetskog, često ima i emocionalni utjecaj na oboljele. Uzroci uključuju autoimunu bolest alopeciju, psihološki poremećaj trihotilomaniju, te onkološke terapije poput kemoterapije i zračenja. Hormonske promjene, poput disfunkcije štitnjače, te upalne bolesti kože također mogu pridonijeti gubitku obrva. Ova stanja mogu uzrokovati djelomičan ili potpuni gubitak, koji varira od privremenog do trajnog, ovisno o prirodi problema i liječenju. Najčešći uzroci su:

- **Alopecija**

Alopecija je medicinski izraz za izraženo ispadanje kose. Ova bolest uzrokuje gubitak dlaka na različitim dijelovima tijela, a postoji nekoliko vrsta alopecije koje utječu na obrve:

- *Alopecija universalis*, poznata i pod nazivom totalna alopecija predstavlja vrstu alopecije kod koje dolazi do ispadanja svih dlaka na tijelu. Uzrok bolesti je nepoznat, a liječenje trenutno ne postoji [54]
 - *Alopecija areata* smatra se autoimunom bolešću u kojoj vlastiti imunološki sustav iz nepoznatog razloga napada folikule dlaka u koži. Ova vrsta alopecije očituje se u pojedinačnim ovalnim žarištima s potpunim gubitkom dlake (Slika 26.) [55]
 - *Alopecija totalis* je potpuni gubitak dlake na glavi i licu. Uzrok ove vrste je nepoznat, ali pretpostavlja se da je autoimun. [56]
- **Trihotilomanija**

Trihotilomanija je mentalni poremećaj koji spada pod opsesivno-kompulzivne poremećaje. Oboljeli od ovog poremećaja imaju intenzivnu potrebu za čupanjem vlastitih dlaka, obično s vlasišta, trepavica i obrva. Ovakvo kontinuirano čupanje utječe na rast dlaka, a u težim slučajevima može uzrokovati trajni gubitak dlake. [58]
 - **Terapije u liječenju onkoloških pacijenata**

Kemoterapija je način liječenja koji se koristi za kontrolu rasta i uništavanje malignih stanica u tijelu. Jedna od karakteristika kemoterapije je selektivnost u ciljanju brzorastućih, malignih stanica u tijelu. Nuspojave kemoterapije nastaju jer ona utječe i na druge stanice koje se brzo dijele, a jedne od njih su stanice folikula dlake. [59 i 60] Zračenje područja glave također može uzrokovati djelomičan ili potpun gubitak dlaka na glavi i licu. [61]



Slika 26. Obrve zahvaćene Alopecijom areatom [56]

5.2. Pregled postojećih rješenja na tržištu

Osobe s prethodno nabrojanim medicinskim stanjima za gubitak kose i trepavica na tržištu imaju realistična rješenja poput perika i ugradnje umjetnih trepavica, no rješenja za gubitak obrva nisu toliko realistična te su jednodimenzionalna. Najčešća rješenja su trajna šminka i jednokratne tetovaže.

- **Trajna šminka**

Trajna šminka odnosno kozmetičko tetoviranje odnosi se na tetovaže koje imitiraju šminku na licu. Najčešće se tetoviraju kapci, obrve i usne. Kao u kod klasičnog tetoviranja u ovom postupku koristi se igla koja ulazi u kožu i ispušta pigment. Ovisno o korisnikovoj koži i korištenim proizvodima pri tetoviranju trajna šminka najčešće traje 12-18 mjeseci na obrvama.

Microblading je najpopularnija postupak trajne šminke za popunjavanje i iscrtavanja obrva. Pri ovoj metodi koristi se alat u obliku oštrice sa nizom sitnih igli za stvaranje tankih iscrtanih linija kako bi se postigao prirodan izgled obrva. [62] Ovakav kozmetičkog tetoviranje za oboljele često nije moguć zbog stanja njihove kože.

- **Jednokratne tetovaže**

Ovaj proizvod namijenjen je za brzo i jednostavno oblikovanje obrva. Ovakve tetovaže funkcioniraju slično kao dječje tetovaže. Tetovaža se postavlja na željeno mjesto, lagano pritisne i namoči vodom kako bi se prenijela na kožu. Nakon nekoliko sekundi, papir se uklanja, ostavljajući tetovažu na koži. Ovakve tetovaže mogu potrajati nekoliko dana, ovisno o tipu kože i njezi. [63] Osim što su jednokratne, nedostatak ovih tetovaža je što su dostupne u samo nekoliko oblika i boja što ih ne čini dovoljno personaliziranima za sve korisnike (Slika 27.).



Slika 27. Primjer vrsta jednokratnih tetovaža za obrve [64]

5.3. Koncept 3D ispisanih obrva

Ovakav proizvod služio bi kao zamjena za cijelu obrvu ili samo dio obrve na kojem nedostaju dlake, ovisno o potrebi korisnika. Oblik i boja ovakvih obrva mogli bi se u potpunosti personalizirati, omogućujući korisnicima da ostvare izgled koji najbolje odgovara njihovim prirodnim obrvama. Obrve bi se nanosile izravno na kožu sigurnim medicinskim ljepljivom trakom ili dvostranom ljepljivom trakom namijenjenom za medicinsku i kozmetičku primjenu. Ovakva ljepila i trake su lagana za uklanjanje i sigurna za kožu korisnika. Proizvod bi se sastojao od dva različita materijala. Prvi materijal tvorio bi proziran savitljiv sloj baze obrve. Potrebno je da ta sloj bude elastičan i lagan kako bi se omogućilo savršeno prijanjanje na kožu i udobno nošenje. Baza je prozirna kako bi se neprimjetno stopila s kožom i osigurala prirodan izgled. Dlačice obrva bi bile izrađene od drugog materijala koji treba što realističnije imitirati izgled prirodnih obrva.

5.4. Izbor materijala

Uz prethodno nabrojana svojstva potrebno je i da su materijal medicinski odobreni i certificirani za ovakav tip uporabe. U razmatranju je bilo nekoliko medicinski odobrenih materijala kao što su BioMed Flex 80A Resin i BioMed Elastic 50A Resin proizvođača Formlabs, no oni nisu odabrani za izradu baze jer se koriste u metodi SLS koja ne omogućava

korištenje 2 materijala. [65] To bi značilo da bi se i dlačice obrva morale tiskati tim materijalima, što nije moguće jer su oni prozirni i nikako ne mogu ispuni zahtjev za dlačicama koje moraju biti u boji.

Za izradu baze obrva odabrana je MED625FLX smola proizvođač Stratasys. Ovaj medicinski odobren materijal je fleksibilan, proziran i biokompatibilan te se može primijeniti za dugotrajan kontakt s kožom (više od 30 dana). [66]

Materijal izabran za izradu dlaka je Vero istog proizvođača. Ovaj materijal je višenamjenski, višebojni fotopolimer koji omogućava izradu glatkih dijelova. [66]

Svojstva ovih materijala prikazana su na slici 28. i slici 29.

Property	Standard/Procedure	Clear Biocompatible MED610
Tensile Strength (MPa)	D-638-03	50 – 65
Elongation at break (%)	D-638-05	10 – 25
Modulus of elasticity (MPa)	D-638-04	2,000 – 3,000
Flexural Strength (MPa)	D-790-03	75 – 110
Flexural Modulus (MPa)	D-790-04	2,200 – 3,200
HDT 0.45 MPa (°C)	D-648-06	45 – 50
HDT 1.82 MPa (°C)	D-648-07	45 – 50
Izod Notched Impact (J/M)	D-256-06	20 – 30
Water Absorption (%)	D-570-98 24HR	1.1 – 1.5
Tg (°C)	DMA E	52 – 54
Shore Hardness (D)	Scale D	83 – 86
Rockwell Hardness (scale M)	Scale M	73 – 76
Polymerized density (gr/cm ³)	ASTM D792	1.17 – 1.18
Bio-compatibility	DIN EN ISO 10993 -1:2009	Approved
Support Removal Type	–	WaterJet

Slika 28. Svojstva materijala MED625FLX [66]

VeroPureWhite, VeroBlackPlus, VeroClear, VeroCyanV, VeroMagentaV, VeroYellowV		
	ASTM	Value
Tensile Strength	D-638-03	40 – 55 MPa (5,800 – 8,000 psi)
Elongation at Break	D-638-05	5 – 20%
Modulus of Elasticity	D-638-04	2,200 – 3,000 MPa (320,000 – 435,000 psi)
Flexural Strength	D-790-03	70 – 85 MPa (10,000 – 16,000 psi)
Flexural Modulus	D-790-04	2,000 – 2,500 MPa (290,000 – 365,000 psi)
HDT, °C @ 0.45MPa	D-648-06	45 – 50 °C (113 – 122 °F)
HDT, °C @ 1.82MPa	D-648-07	45 – 50 °C (113 – 122 °F)
Izod Notched Impact	D-256-06	20 – 30 J/m (0.375 – 0.562 ft-lb/inch)
Water Absorption	D-570-98 24hr	1.1 – 1.5%
Tg	DMA, E*	52 – 54 °C (126 – 129 °F)
Shore Hardness (D)	Scale D	83 – 86 (Scale D)
Polymerized Density	Scale M	1.17 – 1.18 g/cm ³

Slika 29. Svojstva materijala Vero [67]

5.5. Odabir postupka aditivne izradbe

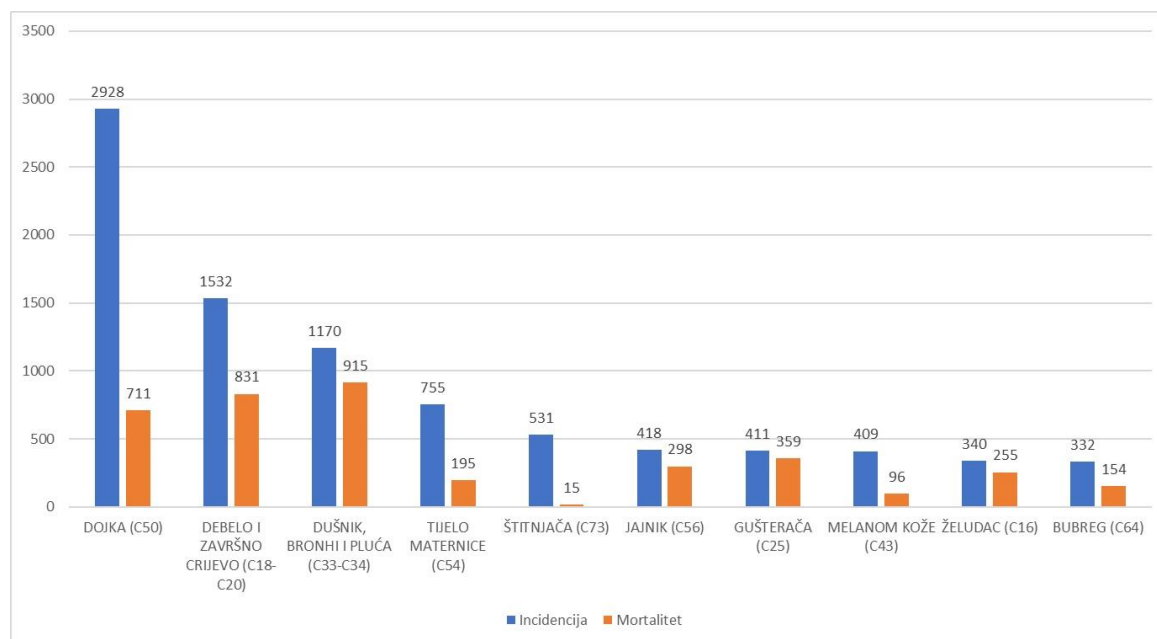
Za ovaj proizvod odabran je postupak izradbe metodom PolyJet. Ova metoda izabrana je jer omogućava rad s više materijala pri istom jednom ispisu što je potrebno za ovakav proizvod. Ova metoda također omogućava ispis u više boja što je korisno za prilagodbu boje dlaka korisnika. PolyJet omogućuje i brzu proizvodnju što je korisno za prilagodbu dizajna i testiranje kako bi se zadovoljile potrebe korisnika. Prema dostupnim podacima o odabranim materijalima vidljivo je da su oba kompatibilna s J3 serijom pisača proizvođača Stratasys. [66 i 67] Iz ove serije odabran je pisač J3 DentaJet (Slika 30.). Iako se on primarno upotrebljuje u dentalne svrhe, njegova sposobnost ispisa biokompatibilnih materijala čini ga idealnim za ispis ovakvog proizvoda.



Slika 30. Pisač J3 DentaJet [68]

5.6. Realizacija na tržištu Republici Hrvatskoj

Kao primarna korisnička skupina proizvoda odabrani su onkološki bolesnici, a za procjenu broja korisnika razmatrat će se žene oboljele od raka dojke u Hrvatskoj, budući da kod liječenja tog oblika karcinoma kemoterapijom najčešće dolazi do gubitka dlaka. Prema podacima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo u 2021. godini zabilježeno je 11 627 novih dijagnoza raka od kojih je najčešći rak dojke s 2 928 novih slučajeva. [69] Na slici 31. prikazana su najčešća sijela raka u žena u 2021. godini.



Slika 31. Najčešća sijela raka u žena u 2021. godini [69]

Uzimajući u obzir stalni porast broja oboljelih od malignih bolesti, što je djelomično posljedica dužeg očekivanog trajanja života i većeg broja osoba koje doživljavaju godine u kojima su maligne bolesti češće, procijenjeno je da će godišnji broj korisnika biti oko 3 000. Ova procjena obuhvaća trend rasta oboljelih i druge oblike karcinoma kod kojih, uslijed kemoterapije, dolazi do gubitka dlaka na tijelu.

S obzirom na značajan broj potencijalnih godišnjih korisnika i uzimajući u obzir rastuću potražnju za personaliziranim proizvodima i održivim rješenjima, razmatra se mogućnost osnivanja *startupa* koji bi se fokusirao na razvoj ovakvog inovativnog i korisniku prilagođenog proizvoda. Startup kompanije pretežito se bave inovacijama temeljenima na novim tehnologijama, kao što je u ovom slučaju aditivna izradba obrva. Prijedlog imena za ovu startup kompaniju je „ReBrow“ čije ime sugerira obnavljanje obrva.

Za procjenu iznosa realizacije startup kompanije u Republici Hrvatskoj potrebno je uzeti u obzir cijenu uređaja za tisak obrva, materijale, troškove za održavanje uređaja, osoblja koje radi na projektu i ostale nepredviđene troškove. Cijena J3 DentaJeta iznosi oko 70 000 USD, a godišnji trošak materijala 3 000 USD. Uzimajući u obzir ostale godišnje troškove, ukupan godišnji trošak iznosio bi oko 100 000 USD. Startup projekti većinski dobivaju poticajna sredstva za realizaciju projekta od strane poslovnih inkubatora od kojih su u Hrvatskoj najveći Zagrebački inkubator poduzetništva i Core Incubator [70]. Ovakav startup također bi mogao djelomično ili u potpunosti biti financiran od strane različitih udruga kao što

su primjerice Liga za borbu protiv raka koja aktivno radi na prikupljanju donacija za pomoć oboljelima od raka. S obzirom na to da se radi o relativno malom proizvodu i uzimajući u obzir gustoće materijala od kojih je proizveden, procjenjuje se da njegova masa ne bi iznosila više od četiri grama po paru obrva. Na temelju ovog podatka, trošku modeliranja personaliziranog modela obrva, materijala i tiska proizvoda procijenjeno je da bi cijena ovog proizvoda iznosila oko 60 USD. S obzirom na to da je ovaj proizvod primarno namijenjen onkološkim pacijentima, iznos proizvoda za tu korisničku skupinu mogao bi djelomično ili u potpunosti biti subvencioniran od strane Hrvatskog zavoda za zdravstveno osiguranje (HZZO). Sklapanjem ugovora između startup kompanije i HZZO-a osigurana oboljela osoba stječe pravo na ovaj proizvod, dok bi ostali korisnici koji ne zadovoljavaju medicinske uvjete proizvod plaćali po punoj cijeni.

6. ZAKLJUČAK

Aditivna izradba donosi značajne promjene u kozmetičkoj industriji, omogućavajući revolucionarni pristup konstruiranju, proizvodnji i testiranju proizvoda. Ova tehnologija, koja je izvorno bila usmjerena na izradu brzih prototipova, sada igra ulogu u oblikovanju konačnih proizvoda i ambalaže.

Aditivna izradba omogućava visoku razinu personalizacije proizvoda, što postaje ključan faktor u zadovoljavanju specifičnih potreba korisnika. 3D tiskom proizvođači mogu kreirati proizvode koji su prilagođeni individualnim potrebama, poput boje, oblika i veličine. Ova prilagodba ne samo da poboljšava korisničko iskustvo, već također omogućava stvaranje proizvoda koji su jedinstveni na tržištu, čime se povećava konkurentnost i zadovoljstvo korisnika. Aditivna izradba doprinosi i inovacijama u ambalaži s mogućnošću kreiranja ekološki održive ili luksuzne ambalaže koja nadmašuje mogućnosti tradicionalnih metoda izradbe. U pogledu ispitivanja kozmetičkih proizvoda aditivna proizvodnja nudi napredak kroz razvoj bioispisane kože.

U radu je predstavljen koncept 3D tiskanih obrva čija bi primarna korisnička skupina bile osobe koje su zbog različitih medicinskih razloga izgubile obrve. Najčešći medicinski razlozi su neke vrste alopecije, terapije u liječenju onkoloških pacijenata i trihotilomanija. Istražene su postojeće alternative poput trajne šminke i jednokratnih tetovaža koje imaju svoja ograničenja u pogledu trajnosti i prirodnog izgleda. Kod ovog proizvoda ističe se aspekt personalizacije, koji omogućuje prilagodbu oblika, boje i gustoće obrva čime je osiguran individualan pristup koji zadovoljava estetske i funkcionalne zahtjeve korisnika. Istraženi su i različiti medicinski odobreni biokompatibilni materijali kojima bi se ovaj proizvod mogao izrađivati, a za izradbu je odabran postupak PolyJet zbog mogućnosti rada s više materijala pri tisku. Ovaj postupak omogućuje i višebojan ispis što je nužno za personalizaciju obrva. Za realizaciju na tržištu u Hrvatskoj kao primarna korisnička skupina odabrani su onkološki bolesnici, a procjena broja godišnjih korisnika napravljena je prema godišnjem broju oboljelih

od raka dojke s obzirom da pri njegovom liječenju kemoterapijom najčešće dolazi do gubitka dlaka. Uzimajući u obzir potencijalni broj korisnika i rastuću potražnju za personaliziranim rješenjima, razmatra se osnivanje startup kompanije „ReBrow“, koja bi se bavila razvojem 3D tiskanih obrva. U trošak realizacije projekta uključena je cijena uređaja za izradbu te procijenjeni godišnji troškovi poslovanja. Razmotrene su i mogućnosti financiranja ovakve startup kompanije od strane poslovnih inkubatora ili drugih udruga. Procijenjena je i cijena proizvoda te je predloženo subvencioniranje istog za potrebe onkoloških pacijenata od strane Hrvatskog zavoda za zdravstveno osiguranje.

Buduće istraživanje i primjena ove tehnologije mogla bi dodatno proširiti mogućnosti personalizacije, unaprijediti razvoj proizvoda i ambalaže te poboljšati metode ispitivanja proizvoda. Realizacija predloženog koncepta u budućnosti mogla bi korisnicima omogućiti značajno poboljšanje kvalitete života, omogućujući im prirodan i personaliziran izgled obrva u usporedbi s već postojećim rješenjima.

7. LITERATURA

- [1] <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/3d-opportunity/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing.html>, Pristupljeno: 2024-07-02
- [2] A. Gebhardt.: Understanding Additive Manufacturing, Rapid Prototyping – Rapid Tooling – Rapid Manufacturing, Carl Hanser Verlag, München, 2012.
- [3] A. Pilipović: Aditivna proizvodnja, Polimeri 33 (2012) 3-4, 134–135
- [4] D. Godec, M. Šercer: Aditivna proizvodnja; Fakultet strojarstva i brodogradnje; Zagreb, 2015.
- [5] D. Godec, M. Šercer, A. Pilipović, M. Katalenić: Aditivna proizvodnja s polimerima
- [6] M. Horvat: Pregled aditivnih postupaka proizvodnje, Završni rad, Sveučilište Sjever, 2016.
- [7] <https://www.stratasys.com/en/guide-to-3d-printing/technologies-and-materials/polyjet-technology/> Pristupljeno: 2024-07-03
- [8] <https://www.upmbiomedicals.com/solutions/life-science/what-is-3d-bioprinting/> Pristupljeno: 2024-08-01
- [9] https://www.researchgate.net/publication/330201355_Mitigations_to_Reduce_the_Law_of_Unintended_Consequences_for_Autonomy_and_other_Technological_Advances Pristupljeno: 2024-08-01
- [10] <https://www.sigmaaldrich.com/HR/en/technical-documents/technical-article/cell-culture-and-cell-culture-analysis/3d-cell-culture/3d-bioprinting-bioinks> Pristupljeno: 2024-08-02
- [11] https://www.researchgate.net/publication/361852454_3D_Bioprinted_Scaffolds_for_Tissue_Repair_and_Regeneration Pristupljeno: 2024-08-02

- [12] https://www.researchgate.net/figure/Bioprinting-techniques-Inkjet-deposits-the-ink-using-a-piezoelectric-actuator-in_fig1_344888473 Pristupljeno: 2024-08-2
- [13] <https://3dbioprinting.weebly.com/how-it-works.html> Pristupljeno: 2024-08-03
- [14] <https://www.retaildogma.com/beauty-industry/> Pristupljeno: 2024-08-15
- [15] <https://www.loreal-finance.com/en/annual-report-2022/beauty-market/#scrolltoanchor-97888> Pristupljeno: 2024-08-15
- [16] <https://www.unilever.com/investors/annual-report-and-accounts/> Pristupljeno: 2024-08-15
- [17] <https://www.elcompanies.com/en/investors/earnings-and-financials/annual-reports> Pristupljeno: 2024-08-15
- [18] <https://www.pginvestor.com/financial-reporting/annual-reports/default.aspx> Pristupljeno: 2024-08-15
- [19] <https://corp.shiseido.com/en/ir/library/annual/> Pristupljeno: 2024-08-15
- [20] <https://beautytmr.com/loreal3dprinting-19cdc3229a63> Pristupljeno: 2024-08-19
- [21] <https://www.3dnatives.com/en/how-is-3d-printing-used-in-the-cosmetics-industry> Pristupljeno: 2024-08-21
- [22] <https://erpro-group.com/en/eye-by-chanel/> Pristupljeno: 2024-08-21
- [23] <https://www.verdict.co.uk/3d-makeup-printer-mink/> Pristupljeno: 2024-08-21
- [24] <https://formlabs.com/eu/blog/lush-cosmetics-3d-printing-design/> Pristupljeno: 2024-08-22
- [25] <https://www.refinery29.com/en-gb/lushs-all-the-wild-things-are-soap> Pristupljeno: 2024-08-22
- [26] <https://www.loreal.com/en/articles/science-and-technology/skin-technology/> Pristupljeno: 2024-08-22
- [27] <https://www.webpackaging.com/en/portals/cosmogen/assets/13694613/cosmogenexplores-3d-metal-printing-with-fresh-tube/> Pristupljeno: 2024-08-25
- [28] <https://skin360.neutrogena.com/> Pristupljeno: 2024-08-29

- [29] <https://www.jnj.com/innovation/neutrogena-unveils-neutrogena-maskid-personalized-3d-printed-face-masks> Pristupljeno: 2024-08-29
- [30] <https://wwd.com/feature/neutrogena-maskid-beta-test-johnson-johnson-1234767315-1234767315/> Pristupljeno: 2024-08-29
- [31] <https://3dprint.com/279681/maskid-u-s-beta-launch-of-neutrogenas-3d-printed-face-mask/> Pristupljeno: 2024-08-29
- [32] https://www.nivea.hr/savjeti/lijepa-koza/hijaluronska-kiselina-za-lice?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwufq2BhAmEiwAnZqw8jYyTHqpIEWBdcJhuo8n4yHu8vtWHtOB_ZwO1L7pJhIV3zc6W9IjeRoCI9EQAvD_BwE
Pristupljeno: 2024-08-30
- [33] <https://www.nikel.com.hr/vitamin-b3-prs92> Pristupljeno: 2024-08-30
- [34] <https://olival.hr/products/vitaminski-serum-b3> Pristupljeno: 2024-08-30
- [35] <https://www.jaad.org/article/S0190-9622%2810%2901199-0/fulltext>
Pristupljeno: 2024-08-30
- [36] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17716251/> Pristupljeno: 2024-08-30
- [37] https://www.nivea.hr/savjeti/lijepa-koza/vitamin-c-zalice?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwooq3BhB3EiwAYqYoEv5fgvTl5LG9bDYPZliKbiTuXhIhMXqFY7Ov9ozVcCLnPMpUZyBFehoC-EEQAvD_BwE Pristupljeno: 2024-08-30
- [36] <https://get-nourished.com/> Pristupljeno: 2024-09-01
- [37] <https://3dprint.com/296755/neutrogena-and-nourish3d-launch-3d-printed-skin-health-gummies/> Pristupljeno: 2024-09-01
- [38] <https://thecurrent.media/skinstacks-neutrogena-nourished> Pristupljeno: 2024-09-01
- [39] <https://3dprint.com/216211/3d-printed-mascara-brush/> Pristupljeno: 2024-09-03
- [40] <https://www.3dnatives.com/en/chanel-brush-3d-printing-210320184/#!> Pristupljeno: 2024-09-03
- [41] <https://launchmybeautyproduct.com/2022/01/20/how-3d-printing-is-disrupting-the-beauty-industry-and-what-it-means-for-the-future/> Pristupljeno: 2024-09-04

- [42] <https://cremedemint.com/blog/industry/3d-printing-in-the-beauty-industry-6-companies-leading-the-way-and-what-we-can-learn-from-them/> Pristupljeno: 2024-09-04
- [43] <https://3dprint.com/111374/adorn-3d-makeup-printer/> Pristupljeno: 2024-09-04
- [44] <https://www.loreal.com/en/news/brands/flowerbomb-3d-vr/> Pristupljeno: 2024-09-05
- [45] <https://www.3dnatives.com/en/3d-printed-flowerbomb-perfume-set-140120216/>
Pristupljeno: 2024-09-05
- [46] <https://www.formesdeluxe.com/article/viktor-rolf-3d-prints-flowerbomb-anniversary-edition.57999> Pristupljeno: 2024-09-05
- [47] <https://humiditycontrol.com/blog/guide-to-testing-cosmetic-products/> Pristupljeno: 2024-09-09
- [48] <https://magazine.scienceconnected.org/2023/02/bioprinting-skin-for-cosmetics-and-drug-testing/> Pristupljeno: 2024-09-09
- [49] <https://blog.biobide.com/alternative-models-for-cosmetic-testing> Pristupljeno: 2024-09-09
- [50] <https://www.humanesociety.org/resources/cosmetics-animal-testing-faq>, Pristupljeno: 2024-09-09
- [51] https://en.wikipedia.org/wiki/Testing_cosmetics_on_animals Pristupljeno: 2024-09-09
- [52] <https://magazine.scienceconnected.org/2023/02/bioprinting-skin-for-cosmetics-and-drug-testing/> Pristupljeno: 2024-09-09
- [53] <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/63/oj> Pristupljeno: 2024-09-14
- [54] <https://poliklinika-mazalin.hr/blog/alopecija-zasto-nam-ispada-kosa/> Pristupljeno: 2024-09-14
- [55] <https://krenizdravo.dnevnik.hr/zdravlje/bolesti-zdravlje/alopecija-areata-uzrok-simptomima-lijecenje> Pristupljeno: 2024-09-14
- [56] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9870835/> Pristupljeno: 2024-09-14
- [57] <https://101hair.rs/alopecija-totalis-sta-kada-opadne-sva-kosa/> Pristupljeno: 2024-09-14
- [58] <https://www.webmd.com/anxiety-panic/trichotillomania> Pristupljeno: 2024-09-14

- [59] <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/chemotherapy/in-depth/hair-loss/art-20046920> Pristupljeno: 2024-09-14
- [60] <https://www.mamo.hr/objava/kemoterapija-kod-raka-dojke> Pristupljeno: 2024-09-14
- [61] <https://www.cancer.org/cancer/managing-cancer/treatment-types/radiation/effects-on-different-parts-of-body.html> Pristupljeno: 2024-09-14
- [62] <https://www.cosmopolitan.com/style-beauty/beauty/a3884218/eyebrow-microblading-semi-permanent-tattoos/> Pristupljeno: 2024-09-14
- [63] <https://www.lorealparisusa.com/beauty-magazine/makeup/eye-makeup/temporary-eyebrow-tattoos> Pristupljeno: 2024-09-14
- [64] <https://www.amazon.com/Waterproof-Hair-Like-Eyebrows-Transfers-Stickers>
Pristupljeno: 2024-09-14
- [65] <https://formlabs.com/store/materials/?Material+Family=5454> Pristupljeno: 2024-09-15
- [66] <https://www.stratasys.com/en/materials/materials-catalog/polyjet-materials/flexible-clear-biocompatible-med625flx/> Pristupljeno: 2024-09-15
- [67] <https://www.stratasys.com/en/materials/materials-catalog/polyjet-materials/vero/>
Pristupljeno: 2024-09-15
- [68] <https://www.stratasys.com/en/3d-printers/printer-catalog/polyjet/j3-dentajet/>
Pristupljeno: 2024-09-17
- [69] <https://www.hzjz.hr/periodicne-publikacije/incidencija-raka-u-hrvatskoj-u-2021-godini/>
Pristupljeno: 2024-09-17
- [70] <https://www.erstebank.hr/hr/erste-novine/sto-je-to-startup> Pristupljeno: 2024-09-18