

# Tehnologija 3-D tiskanja oblačil v modnem oblikovanju

## *Technology of 3D Printing Garments in Fashion Design*

### Strokovni članek/Professional Article

Prispelo/Received 03-2017 • Sprejeto/Accepted 05-2017

---

#### Izvleček

Področje modnega oblikovanja se je iz številnih razlogov dolgo upiralo vplivom tehnologije 3-D tiskanja. Iz ziv so velikost oblačil, potreba po fleksibilnosti in udobnosti, neuskkljenost primernih materialov, kakor tudi velik modni trg, ki še vedno zaposluje velikansko število proizvodnih delavcev. 3-D tiskana oblačila so še vedno tiskana ekskluzivno in samo v kontekstu visoke mode. Vsebina članka zajema pregled uporabe tehnologije 3-D tiskanja v modnem oblikovanju. V uvodnem delu so predstavljeni začetki tehnologije 3-D tiskanja, postopek 3-D tiskanja in filtracija tehnologije na področju modnega oblikovanja. Uvodu sledi poglavje Razvoj 3-D tiskanih oblačil, kjer so kronološko predstavljena 3-D tiskana oblačila in njihovi oblikovalci. Poglavje se začne s predstavitvijo pionirjev na področju 3-D tiskanih tekstilnih oblik, Janne Kyttänen in Jiri Evenhuis, poleg njiju pa so predstavljeni tudi drugi modni oblikovalci, ki so v zadnjih letih vplivali na popularnost in razvoj tehnologije 3-D tiskanja v oblikovanju tekstilnih form in oblačil. Poleg predstavljenih oblikovalcev in njihovih 3-D tiskanih oblačil so na kratko predstavljene tudi tehnologije in materiali, iz katerih so oblačila nastala. Pregledu dosežkov 3-D tiskanja v modnem oblikovanju sledita predstavitev prednosti in slabosti uporabe tehnologije na področju modnega oblikovanja in sklep.

Ključne besede: modno oblikovanje, 3-D tiskanje, 4-D tiskanje, oblačila, tehnološke inovacije

#### Abstract

*Fashion has resisted the influence of 3D printing longer than other fields for a variety of reasons, such as the challenge of scale, the need for flexibility and comfort, the mismatch in appropriate materials and the challenges of the fashion market which still employs a huge number of manual workers around the world. Clothing has been 3D printed almost exclusively in the context of high fashion. This article is an overview of the use of 3D printing technology in fashion design. In the introduction part the beginnings of 3D printing technology, the 3D printing process and the filtration of technology in the field of fashion design are described. The introduction is followed by the section "Development of 3D printed garments" in which 3D printed clothing and its designers are presented in chronological order. The section starts with an introduction of the two pioneers of 3D printed textile forms, Janne Kyttänen and Jiri Evenhuis. Next to them, fashion designers who in recent years have had an impact on the popularity and the development of 3D printing technology in the fields of textile forms and clothing design are presented. In addition to the featured designers and their 3D printed garments also the technologies and materials used for creating 3D printed garments are presented. After the review of achievements, the presentation of the advantages and disadvantages of using 3D printing technology in the field of fashion design and the completion of the article follow.*

*Keywords: fashion design, 3D printing, 4D printing, garments, technological innovation*

## 1 Uvod

Začetki tehnologije 3-D tiskanja, prvotno poznane pod imenom hitro prototipiranje, segajo v leto 1980 [1]. Namen hitrega prototipiranja je bil pomagati inženirjem, ki so iz postopkov oblikovanja izdelka izločili ročno izdelavo in proizvodne procese. Počasi se je tehnologija filtrirala tudi na področje modnega oblikovanja, tako lahko danes natisnemo 3-D modne izdelke z računalnikom, neposredno iz podatkovnih datotek.

Proces 3-D tiskanja sestavljajo trije koraki: priprava datoteke, ki vsebuje 3-D model, pretvorba 3-D modela v G-kodo in tiskanje objekta. 3-D model lahko pripravimo tako, da objekt skeniramo s pomočjo 3-D skenerja, zmodeliramo v primernem računalniškem programu ali kupimo že za določen izdelek obstoječo datoteko [2].

Oblikovanje izdelka se začne s pomočjo ustrezne programske opreme, ki zasnovano 3-D modela prilagodi za tisk, tako da ga prevede v skladovnico dvodimenzionalnih slojev [3]. Tiskalnik gradi model z nanašanjem zaporednih slojev materiala enega vrh drugega, dokler se ne sestavi celota. Vsak sloj je viden kot tanek sloj horizontalnega preseka končnega izdelka, ki je lahko poljubne oblike in geometrije [4, 5].

Z vidika uporabljene tehnike je večina 3-D tiskanih modnih izdelkov natisnjena z uporabo stereolitografije, ki združuje laser in tekoči fotopolimer, ter s selektivnim laserskim sintranjem (SLS), ki za tiskanje 3-D modelov uporablja barvni sintetični prah [6, 7]. Tehnologija selektivnega laserskega sintranja omogoča tiskanje detajlov, ki so potrebni za izdelavo gibljivih materialov, za oblačila na najvišji ravni. Žal pa ti detajli še vedno niso dovolj fini, zato potekajo raziskave na področju inovativnih in pametnih geometrij, ki bi jih lahko uporabili za izdelavo lahkih oblačil in nosljivih 3-D tiskanih tekstilij [8].

Danes je 3-D tiskanje spodbudilo nov modni val [9]. Eden glavnih razlogov popularnosti 3-D tiska v modnih krogih je njegova prednost v tem, da oblikovalcem tehnologija omogoča izdelavo modnih dodatkov, prototipiranje novih idej in 3-D tiskanje celih kolekcij [10].

## 2 Razvoj 3-D tiskanih oblačil

3-D tiskanje prodre v svet mode leta 2000 z oblikovalcema Janne Kytönen in Jiri Evenhuis iz podjetja

Freedom of Creation. Omenjena oblikovalca sta pionirja na področju 3-D tiskanja tekstilnih oblik s pomočjo tehnologije selektivnega laserskega sintranja. Rezultat njunih raziskav je verigi podoben material, ki ga konfigurirata tako v oblačila kot v modne dodatke [4]. Verižni material je osnova za različne predmete, vključno z oblačili, čevlji, rokavicami, šali (slika 1) in torbami [10].



Slika 1: Prvi 3-D tiskani nosljivi kos oblačila: *The Black Drape Dress*, 2000 [11]

Prva oblikovalka, ki postavi tehnologijo 3-D tiska na modne brvi, je Nizozemka Iris van Herpen [12]. Leta 2010 na Amsterdam Fashion Weeku predstavi 3-D tiskano oblačilo (slika 2), ki je del njene kolekcije *Crystallization* [13, 14].



Slika 2: Prvo oblačilo, predstavljeno na modni brvi, oblikovalka Iris van Herpen [15]

Leta 2013 Iris van Herpen oblikuje prvo fleksibilno tiskano oblačilo (slika 3), ki nastane v sodelovanju z

interdisciplinarnim raziskovalnim laboratorijem na inštitutu za tehnologijo v Massachusettsu, MIT Media Labom in podjetjem Stratasys [16].



*Slika 3: Fleksibilno tiskano oblačilo oblikovalke Iris van Herpen, predstavljeno na tednu mode v Parizu, 2013 [17]*

Nekaj mesecev pozneje Michael Schmidt [18] in Francis Bitonti [19] oblikujeta 3-D tiskano oblačilo za starleto Dito Von Teese (slika 4). Slovesno obleko sestavlja 17 kosov, obleka je v črni barvi, lakirana in okrašena z več kot 13.000 kristali Swarovski, katerih namen je ustvariti čutno gibljivo obliko [20].



*Slika 4: Dita Von Teese v osupljivi kreaciji oblikovalcev Schmidta in Bitontija [21]*

Leta 2013 je začela s tehnologijo 3-D tiskanja eksperimentirati tudi znana londonska oblikovalka Catherine Wales [22, 23]. Catherine je oblikovala kolekcijo po meri 3-D tiskanih oblačil. Za razvoj kompleksnih spojev in skulptur je uporabila kombinacijo inženjskih in kreativnih programov. Posebnost njene kolekcije je, da so oblačilni kosi in modni dodatki oblikovani in izdelani tako, da se prilegajo vsakršni ženski postavi [24]. Inspiriran z identiteto in vizualno strukturo človeškega kromosoma je projekt DNA (slika 5), namenjen zmanjšanju psiholoških težav, povezanih z izbiro velikosti oblačil [25]. Kolekcija je tiskana s pomočjo tehnologije selektivnega laserskega sintranja, za material pa je oblikovalka uporabila poliamid. Cela kolekcija je na voljo potrošnikom in se lahko natisne za vsakega posameznika ne glede na njegove zahteve in telesne mere. Telesne mere se določijo s 3-D skenerjem [26], nato pa se ti podatki prenesejo neposredno v CAD-program, ki dovoljuje oblikovalki kreiranje digitalnega avatarja bodoče stranke [25].



*Slika 5: Projekt DNA oblikovalke Catherine Wales [24]*

Ko govorimo o 3-D tiskanih oblačilih, moramo omeniti tudi projekt oblikovalke Danit Peleg. Leta 2015 je predstavila svojo petdelno kolekcijo 3-D tiskanih oblačil [27]. Glavni namen njenega raziskovalnega dela je bil dokazati, da je mogoče tiskati celo oblačilo. Največ časa je namenila eksperimentiranju z različnimi materiali. Namen je bil ugotoviti, katera tekstura najbolje deluje za izdelavo oblačila. Vseh pet oblačil v njeni kolekciji (slika 6) je bilo izdelanih z uporabo FilaFlex filamenta na Witbox FDM desktop 3-D tiskalnikih za domačo uporabo [28].

Trenutno najnaprednejša 3-D tiskana oblačila prihajajo iz NewYorka, in sicer iz modne hiše Threasefour [30]. Do danes so Threasefour v sodelovanju z oblikovalcem Travisom Fitchem in podjetjem Stratasys predstavili tri oblačila: dve obleki iz kolekcije Biomimicry (slika 7) [31, 32] in obleko, ki so jo predstavili na modnem tednu v New Yorku 2017, imenovano Oscillation [33]. Obleka Oscillation je resnično unikatna, saj je izdelana iz 30 individualnih

večmaterialnih in večbarvnih tiskanih delov, ki so bili sestavljeni iz 270 datotek [34].



Slika 6: Kolekcija, natisnjena s FilaFlex filamentom na 3-D tiskalnikih za domačo uporabo, oblikovalka Danit Peleg [29]



Slika 7: Dve 3-D tiskani obleki modne hiše Threasefour iz kolekcije Biomimicry [32]

Oblačila so bila izdelana z uporabo Stratasys večbarvne in večmaterialne tehnologije 3-D tiska, ki dovoljuje tiskanje z različnimi barvami in materiali (slika 8). Tehnologija oblikovalcem omogoča variacije v lastnostih, kot so togost, transparentnost in poroznost, tako da so oblačila dejansko nosljiva [32–34].

Eden najbolj neverjetnih potencialov 3-D tiskanja je sposobnost proizvodnje izdelka iz zgibnih, premičnih delov v enem samem postopku [10]. Povezovanje in sklepanje kompleksno verižno povezanih tkanin, ki se jih lahko trenutno natisne, zahteva precej časa, še zlasti če se izdelujejo na tradicionalen način [10]. Zgoraj omenjeni potencial raziskuje podjetje Nervous System [35].

Podjetje je začelo raziskovati tiskanje fleksibilnih, združenih, sklenjenih materialov v kompleksne zložene ureditve. Njihova »kinematična« oblačila in nakit so natisnjeni s pomočjo tako imenovane



Slika 8: Obleka modne hiše Threasefour, natisnjena z uporabo Stratasys večbarvne in večmaterialne tehnologije 3-D tiska [34]

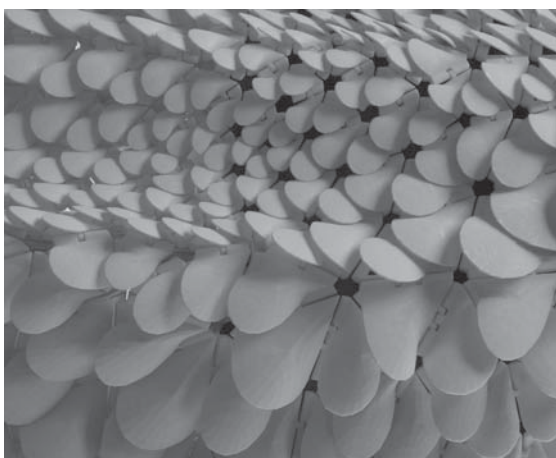
tehnologije »kinematično« 4-D tiskanje (slika 9). Postopek so razvili v podjetju za potrebe tiskanja večjih kosov oblačil, vključuje pa postopke oblikovanja, simulacije in digitalne izdelave modela [36]. Poleg tiskanja kompleksnih, zložljivih oblik, omogoča tudi ustvarjanje posamezniku prilagodljivih izdelkov.



Slika 9: »Kinematična« oblačila podjetja Nervous System: zložena oblika zmanjša velikost modela za 85 odstotkov, kar omogoča tiskanje obleke v enem samem kosu [39]

4-D tiskanje je tehnologija, za katero je značilna izdelava tridimenzionalnega objekta iz pametnih materialov in zapletenih digitalnih modelov, ki mu

omogočajo spreminjanje oblike [37]. Torej, če se 3-D objekt natisne v eni obliki z namenom, da se bo uporabljal v drugi obliki, imenujemo ta postopek 4-D tiskanje. Prednost tehnologije 4-D tiskanja je, da omogoča tiskanje večjih struktur v enem samem kosu, končni objekt pa se nato sam sestavi oziroma preoblikuje v vnaprej določeno obliko [38]. To naredi postopek tiskanja še učinkovitejši in cenejši [10]. Poleg »kinematičnih« oblačil in nakita podjetja Nervous System velja omeniti tudi njihovo obleko iz cvetnih listov. Tudi ta je narejena iz 1600 delov, ki so izdelani s pomočjo tehnike za predhodno odločanje [40]. Obleka sestoji iz majhnih, togih,



Slika 10: »Cvetna obleka« podjetja Nervous System, sestavljena iz 1600 delčkov [42]

poliamidnih okroglih delov, ki so jih navdihnili cvetni listi, peresa in letvice [41]. Deli so pritrjeni na okvirje trikotnih panel ter povezani s premikajočimi se spoji. Posamezna spojna plošča je toga, skupaj pa tvorijo neskončni premikajoči se »tekstil« [40]. Čeprav je oblačilo sestavljeno iz več kot 1600 unikatnih delov, ki so med seboj povezani z več kot 2600 spoji, pride obleka iz tiskalnika v enem kosu in pripravljena za nošnjo (slika 10) [40, 41].

#### 4 Prednosti in slabosti uporabe tehnologije 3-D tiskanja v modnem oblikovanju

V teoriji ima uporaba 3-D tiskanja v modni industriji veliko prednosti. Ena najpogostejših težav modne industrije, ki jo omenjajo neodvisni oblikovalci, so vsekakor zelo dolgi proizvodni in dobavni roki ter velikanske »minimalne« količine naročenih izdelkov, ki jih določajo tovarne [43]. Z uporabo 3-D tiska imajo oblikovalci možnost delati izdelke v zelenih količinah in krajšem času, saj je ena najdragocenejših lastnosti 3-D tiskanja ravno hitro prototipiranje [43]. 3-D tiskanje skupaj z digitalizacijo proizvodnega procesa oblačil in modnih dodatkov omogoča hitro izdelavo vzorcev ter s tem hitrejšo in učinkovitejšo komunikacijo med oblikovalcem in izdelovalcem. Poleg dolgih dobavnih rokov in velikih količin naročil sta velik problem tekstilne industrije tudi njen vpliv na okolje in izkoriščanje tekstilnih delavcev. Z uporabo 3-D tiskanja v modni industriji lahko omejimo onesnaževanje okolja, tako s proizvodnjo izdelkov iz trajnostnih in biorazgradljivih materialov, kot tudi z zmanjšano količino odpadnega materiala, manjšo porabo vode in energije, spodbudita pa se lahko tudi lokalizirana proizvodnja in proizvodnja personaliziranih oblačil brez dodatnih stroškov pri izdelavi. Nova proizvodnja oblačil bi lahko uporabljala tehnologijo 3-D skeniranja in tako omogočila oblikovanje osebi prilagojenih in unikatnih oblačil ter tako razbremenila izkoriščane delavce.

Trenutno se tehnologija uporablja predvsem za proizvodnjo modnih dodatkov, se pa že porajajo različna pravna vprašanja glede avtorskih pravic, saj obstajajo pomisleki, da bo tehnologija olajšala proizvodnjo ponarejenega blaga [9]. Lastniki blagovnih znamk in tudi modni oblikovalci se morajo že zdaj zavedati potencialnih problemov, ki jih prinaša tehnologija 3-D tiskanja. Medtem ko smo še daleč od



Slika 11: Spider Dress 2.0, Hard Core Vein 2.0 in Wearables [44–46]

dejanskega tiskanja oblačil v njihovi trenutni obliki, tehnologija dovoljuje hitro, poceni in lahko tiskanje izdelkov, kot so nakit, očala, pasne zaponke, gumbi s podpisi oblikovalcev in blagovnih znamk. Prav tako bo čedalje težje razlikovati ponaredke od originalov, saj imajo ponarejevalci možnost 3-D skeniranja, tehnologija pa se nenehno izboljšuje [9].

V tehnološko-inovacijskem pogledu ponuja tehnologija 3-D tiskanja nove estetske perspektive v modnem oblikovanju, saj se uporablja tudi za ustvarjanje »pametnih« kosov oblačil. Tu velja omeniti predvsem dela oblikovalk Anouk Wipprecht, Martje Dijkstra in Neri Oxman [44–46].

Interaktivno oblačilo Spider Dress 2.0 (slika 11) oblikovalke Anouk Wipprecht, ki jo sestavlja 3-D tiskan mehatrični sistem skupaj s senzorji, ki se odzivajo na prisotnost in gibanje okrog osebe, ki ga nosi [44], Hard Core Vein 2.0 oblačilo oblikovalke Maartje Dijkstra, kjer je 3-D tehnologija uporabljena pri izdelavi cevk – ven, po katerih teče »kri« [45], in Wearables, oblačila in dodatki za medplanetarne romarje, ki jih sestavljajo 3-D tiskane komponente z notranjimi votlinami in žilnimi strukturami, ki naj bi omogočale aplikacije modificiranih bakterij za preoblikovanje kisika, za ustvarjenje biomase, biogoriva, kalcija itd. [46], so dokazi, da se s pomočjo 3-D tiskanja lahko proizvajajo izdelki, o katerih smo do zdaj lahko samo sanjali.

## 5 Sklepi

Tehnologija 3-D tiskanja se je izkazala kot zanimiva za številne umetnike, oblikovalce, inovatorje in arhitekta, saj ponuja nov pogled na estetiko in druga-

čen način proizvodnje [43]. Ker je modno oblikovanje področje, ki je vedno odprto za novosti, predvsem za tiste, ki omogočajo ustvarjanje izdelkov z dodano vrednostjo, višjo kakovostjo in trajnostjo, postaja tehnologija 3-D tiskanja tudi tu čedalje bolj uporabna. Trenutno se zdijo 3-D tiskane tekstilije plastične in dokaj trde, pričakovati pa je, da bo naslednja stopnja razvoja v izboljšanju materialov in tiskalnikov tako, da bodo sposobni tiskanja finih, bolj tekočih struktur [4].

Če pogledamo na modne steze, vidimo neverjetne 3-D tiskane modne izdelke. Oblačila niso še čisto nosljiva, vendar kažejo, da ima tehnologija 3-D tiskanja vse, kar je potrebno, da naredi premik v tekstilni industriji [47]. Tehnologija 3-D tiskanja omogoča oblikovanje visokotehnoloških »umetniških kosov«, ki jih je nemogoče izdelati po tradicionalni poti; in prav to je njena trenutna prednost. Ko govorimo o uporabi tehnologije 3-D tiskanja v modnem oblikovanju, se moramo zavedati, da resnična moč 3-D tiskanja ni v izdelavi že obstoječih izdelkov, ampak v izdelavi takšnih izdelkov, ki jih je bilo do zdaj nemogoče ustvariti [48].

## Viri

1. HUANG, Wenbin, ZHANG Xiulan. 3D printing: print the future of ophthalmology. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2014, 55(8), 5380–5381, doi: 10.1167/iavs.14-15231.
2. 3D Printing Industry [dostopno na daljavo]. History of 3D printing [citirano 27. 7. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>>.

3. 3D printing.com [dostopno na daljavo]. What is 3D printing? [citirano: 27. 7. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/#processesandtechnologies>>.
4. BRADDOCK CLARKE, Sarah E., HARRIS, Jane. *Digital visions for fashion and textile made in code*. 1. izdaja. London : Thames & Hudson, 2012, 210–211.
5. CHUA, Chee Kai, LEONG, Kah Fai, LIM, Chu-Sing. *Rapid prototyping: principles and applications*. 2. izdaja. Singapore : World Scientific Publishing, 2010, 1–2.
6. Wikipedia [dostopno na daljavo]. Selective laser sintering [citirano: 26. 7. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Selective\\_laser\\_sintering](https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering)>.
7. 3Dprint.com [dostopno na daljavo]. 3D fashion: New Research Project Wants the Fashion of the Future to be 3D printed [citirano: 26. 7. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://3dprint.com/130556/research-fashion-3d-printed/>>.
8. Ultimaker [dostopno na daljavo]. 3D Printing in Fashion [citirano: 27. 7. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://ultimaker.com/en/explore/where-is-3d-printing-used/fashion>>.
9. TaylorWessing [dostopno na daljavo]. The impact of 3D printing on the fashion industry [citirano: 27. 7. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <[https://united-kingdom.taylorwessing.com/download/article\\_fashion\\_3d\\_printing.html](https://united-kingdom.taylorwessing.com/download/article_fashion_3d_printing.html)>.
10. WARNIER, Claire, VERBRUGGEN, Dries, EHMANN, Sven, KLANTEN, Robert. *Printing things: vision and essentials for 3D printing*. Berlin : Die Gestalten Verlag, 2014, 223–239.
11. Additive Fashion [dostopno na daljavo]. 1st 3d-printed dress created 13 years ago [citirano: 10. 11. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.additivefashion.com/1st-3d-printed-dress-created-13-years-ago/>>.
12. Iris van Herpen [dostopno na daljavo]. About [citirano: 10. 11. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.irisvanherpen.com/>>.
13. Wwww.3ders.org, 3D printer and 3D printing news [dostopno na daljavo]. Iris van Herpen's astonishing 3D printed fashion arrives at the High Museum of Art [citirano: 13. 1. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.3ders.org/articles/20151111-atlanta-high-museum-of-art-3d-printed-fashion-designer-iris-van-herpen.html>>.
14. Smithsonian.com [dostopno na daljavo]. Iris van Herpen Is Revolutionizing the Look and Tech of Fashion [citirano: 13. 1. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.smithsonianmag.com/arts-culture/iris-van-herpen-revolutionizing-look-and-tech-fashion-180958969/?no-ist>>.
15. This is the Machine [dostopno na daljavo]. Iris van Herpen: The master of 3D print fashion [citirano: 28. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.thisisthemachine.com/iris-van-herpen-the-master-of-3d-print-fashion/>>.
16. Materialise [dostopno na daljavo]. Iris van Herpen Debuts Wearable 3D Printed Pieces at Paris Fashion Week [citirano: 13. 1. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.materialise.com/cases/iris-van-herpen-debuts-wearable-3d-printed-pieces-at-paris-fashion-week>>.
17. I.materialise [dostopno na daljavo]. Flexible 3D Printed Fashion Hits the Catwalk with Iris van Herpen, Julia Koerner and Materialise [citirano: 13. 1. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://i.materialise.com/blog/flexible-3d-printed-fashion-hits-the-catwalk-with-iris-van-herpen-julia-koerner-and-materialise/>>.
18. Michael Schmidt Studios [dostopno na daljavo]. Wardrobing [citirano: 13. 1. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.michaelschmidtstudios.com/>>.
19. Studio Bitonti [dostopno na daljavo]. Studio Bitonti Wardrobing [citirano: 13. 1. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://studiobitonti.com/>>.
20. Shapeways, The Shapeways Blog [dostopno na daljavo]. Revealing Dita Von Teese in a Fully Articulated 3D Printed Gown [citirano: 17. 10. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.shapeways.com/blog/archives/1952-revealing-dita-von-teese-in-a-fully-articulated-3d-printed-gown.html>>.
21. Dezeen [dostopno na daljavo]. 3D-printed dress for Dita von Teese by Michael Schmidt and Francis Bitonti [citirano: 17. 10. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.dezeen.com/2013/03/07/3d-printed-dress-dita-von-teese-michael-schmidt-francis-bitonti/>>.
22. Ual: University of the arts London [dostopno na daljavo]. Catherine Wales – MA Digital Fashion [citirano: 17. 10. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://showtime.arts.ac.uk/CathWales>>.

23. Dezeen [dostopno na daljavo]. Project DNA by Catherine Wales [citirano: 17. 10. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.dezeen.com/2013/06/27/project-dna-3d-printed-accessories-by-catherine-wales/>>.
24. Wired [dostopno na daljavo]. These 3-D printed dresses are lego kits for your body [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.wired.com/2013/07/catherine-wales-3-d-printer-fashion-designer/>>.
25. Mail Online [dostopno na daljavo]. Designers uses 3D printing to create a range of accessories that is taking the fashion world by storm [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2384802/Catherine-Wales-uses-3D-printing-create-range-accessories-taking-fashion-world-storm.html>>.
26. PETROVA, Adriana, ASHDOWN, Susan P. Three-dimensional body scan data analysis. *Clothing and Textiles Research Journal*, 2008, 26(3), 227–252, doi: 10.1177/0887302X07309479.
27. Danit Peleg [dostopno na daljavo]. 3D Printed Fashion [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://danitpeleg.com/3d-printing-fashion-process/>>.
28. 3Dprint.com [dostopno na daljavo]. Danit Peleg creates first 3D printed fashion collection printed entirely at home [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://3dprint.com/83423/danit-peleg-3d-printed-fashion/>>.
29. Wwww.3ders.org [dostopno na daljavo]. International womens day highlight 15 women making a difference with 3d printing [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.3ders.org/articles/20160308-international-womens-day-highlight-15-women-making-a-difference-with-3d-printing.html>>.
30. Threearfour [dostopno na daljavo]. Collections [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.threearfour.com/>>.
31. www.3ders.org [dostopno na daljavo]. Threearfour presents colorful and stunning 3d printed oscillation dress at nyfw [citirano: 29.12.2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.3ders.org/articles/20160915-threearfour-presents-colorful-and-stunning-3d-printed-oscillation-dress-at-nyfw.html>>.
32. Dezeen [dostopno na daljavo]. Fashion label Threearfour unveils two 3D-printed dresses for Biomimicry collection [citirano: 29.12.2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.dezeen.com/2016/02/17/3d-printed-dresses-threearfour-new-york-fashion-week-2016/>>.
33. Stratasys Blog [dostopno na daljavo]. New York Fashion Week: New Movement in 3D Printed Fashion by Threearfour, Travis Fitch and Stratasys [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://blog.stratasys.com/2016/02/16/3d-printed-dresses-new-york-fashion-week/>>.
34. Business Wire [dostopno na daljavo]. New York Fashion Week: Stratasys and Threearfour Unveil 3D Printed Oscillation Dress as Part of Quantum Vibrations Collection [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.businesswire.com/news/home/20160915005693/en/York-Fashion-Week-Stratasys-threeASFOUR-Unveil-3D>>.
35. Nervous System [dostopno na daljavo]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://n-e-r-v-o-u-s.com/>>.
36. Rhine Capital Partners [dostopno na daljavo]. Kinematics 4d printed dress, Nervous System [citirano: 9. 05. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.rhinecapital.com/kinematics-4d-printed-dress-nervous-system/>>.
37. The Conversation [dostopno na daljavo]. What is 4d printing? [citirano: 9. 05. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://theconversation.com/explainer-what-is-4d-printing-35696>>.
38. All3DP [dostopno na daljavo]. 4d printing [citirano: 9. 05. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://all3dp.com/4d-printing/>>.
39. 3D Printing Industry [dostopno na daljavo]. Nervous System's 3D Printed Kinematics Dress Acquired by MoMa [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://3dprintingindustry.com/news/nervous-systems-3d-printed-kinematics-dress-acquired-moma-37733/>>.
40. Dezeen [dostopno na daljavo]. Nervous System creates »4D-printed« Vibrations Collection dress made of nylon petals and scales [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.dezeen.com/2016/03/08/nervous-system-4d-3d-printed-kinematic-nylon-petals-dress-fashion/>>.
41. 3D Printing Industry [dostopno na daljavo]. Nervous System's Latest 4D Printed Dress Twirls



- into the Museum of Fine Arts [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://3dprintingindustry.com/news/nervous-systems-latest-4d-printed-dress-twirls-into-the-museum-of-fine-arts-67544/>>.
42. Designboom [dostopno na daljavo]. Nervous system kinematics 4D printed dress created from body scans [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.designboom.com/technology/nervous-system-kinematics-4d-print-dress-created-from-body-scans/>>.
43. Fashionista [dostopno na daljavo]. How 3-D printing could change the fashion industry for better and for worse [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://fashionista.com/2013/07/how-3-d-printing-could-change-the-fashion-industry-for-better-and-for-worse#1>>.
44. Anouk Wipprecht Fashiontech [dostopno na daljavo]. Twist the mind [citirano: 10. 05. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.anoukwipprecht.nl/#intro>>.
45. Maartje Dijkstra [dostopno na daljavo]. Maartje Dijkstra collection [citirano: 10. 05. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.maartjedijkstra.com/collections/reflect-horridus.html>>.
46. Neri Oxman [dostopno na daljavo]. Neri Oxman collection [citirano: 10. 05. 2017]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.materialecology.com/>>.
47. Financial Review [dostopno na daljavo]. The true power of 3D printing belongs to art - so far [citirano: 29. 12. 2016]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.afr.com/lifestyle/the-true-power-of-3d-printing-belongs-to-art--so-far-20160902-gr75cf>>.
48. EHRENGERG, Rachel. The 3-D printing revolution: Dreams made real, one layer at a time. *Science News*, 2013, **183**(5), 20–25, doi: 10.1002/scin.5591830516.