

# FABRICAREA TALONETELOR PERSONALIZATE, DE LA SCANARE LA PRODUSUL FINAL

CARAGAȚĂ Camelia<sup>1</sup>, CIUFU Ioana<sup>2</sup>, ENE Gabriela<sup>3</sup> și RADU Ștefan-Cristian<sup>4</sup>

<sup>3</sup>Facultatea: IMST, Specializarea: IAAC Anul de studii: I, e-mail: enegabriela.1994@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Cristian DOICIN**, ing. **Narcis BARBARIU**

*REZUMAT: Talpa piciorului reprezintă punctul de sprijin al întregului corp, când acesta este în poziție verticală. Corectarea tulburărilor de statică a poziției piciorului reprezintă o problemă abordată frecvent, dar majoritatea soluțiilor nu țin seama de particularitățile anatomice ale fiecărui pacient. Lucrarea prezintă procesul de obținere a talonetelor personalizate, având drept element central un echipament complex de scanat, utilizat în procesul de dezvoltare și fabricare. Aparatul permite scanarea tălpii piciorului, cu transmiterea norului de puncte obținut către o aplicație software specializată ce le transformă într-un model 3D. În continuare modelul este utilizat pentru realizarea unei matrițe în care se vor turna talonete personalizate din silicon. Produsul obținut este adaptat perfect anatomiei pacientului și asigură un confort sporit în timpul mersului, corectând, în același timp, unele dintre problemele asociate tălpii piciorului.*

*CUVINTE CHEIE: picior, scanner, model 3D, talonete.*

## 1. Introducere

Lucrarea are drept scop evidențierea procesului de fabricare a talonetelor personalizate. Talonetele sunt fragmente de cauciuc, piele, metal, plastic sau alt material sintetic modelat după forma piciorului sau alte materiale care pot fi introduse în pantof. Acestea mențin piciorul într-o poziție neutră și îl protejează de o presiune excesivă [1].

Din punct de vedere medical, talonetele se folosesc pentru corectarea piciorului plat, piciorului complex static sau a piciorului plat secundar după fracturi sau boli degenerative [2].

Procesul de confecționare a talonetelor personalizate cuprinde mai multe etape: scanarea piciorului (pentru personalizarea acestora), crearea modelului 3D, executarea matriței talonetei, iar apoi turnarea de silicon în matrița respectivă.

Obiectivul acestei lucrări este de a prezenta procesul de obținere a talonetelor personalizate, cu accentuarea unor dezvoltări conceptuale pentru aparatul de scanat al tălpii piciorului, element central al sistemului de fabricare a talonetelor.

## 2. Stadiul actual

Talpa umană se modelează natural, de obicei până la vârsta de patru ani. Sunt însă unele situații în care acest lucru nu se întâmplă, din cauza afecțiunii numită platfus, care se menține și la maturitate. Persoanele care suferă de platfus obosesc mai ușor în timpul mersului și sunt mai predispuse la dureri de gambe sau glezne. Medicul poate recomanda talonete, care mențin piciorul într-o poziție neutră și îl protejează de o presiune excesivă [3].

Există o largă varietate de modele și materiale constructive, care:

- pot fi integrale (pentru toată talpa) sau regionale (pentru o porțiune a tălpii);
- pot susține doar bolta longitudinală sau ambele bolte (există talonetele integrale care susțin și bolta transversală);
- au înălțimea variabilă pe regiunea arcului longitudinal pentru susținerea piciorului plat (platfus) de diferite grade.

Asocierea constructivă a inserțiilor din silicon, mai ales la nivelul calcaneului și metatarsienelor (sau modelele integrale din silicon), cresc confortul la utilizare, fiind astfel mai ușor de acceptat de către copii [4].

### Tipuri de talonete standard prezente pe piață [4]

Pe piață există disponibile mai multe modele de talonete, după cum este prezentat în continuare. De remarcat însă că niciun model nu este personalizat pentru piciorul pacientului, aceste talonete având dimensiuni standardizate pe mărimi (similar pantofilor).

**Talonete plantare din spumă** (Fig. 1) - sunt recomandate pentru îndreptarea piciorului plat, piciorului complex static sau a piciorului plat secundar după fracturi sau boli degenerative.

Materiale utilizate: Foresol (material rezistent la apă) și spumă de polietilenă.



Fig. 1. Talonete plantare din spumă

**Talonete plantare din silicon** (Fig. 2) - confecționate din silicon, oferă un număr de avantaje:

- sunt moi și netede ca și propria piele, oferind o senzație plăcută la purtat. Datorită efectului de memorie se mulează pe conturul piciorului fără să alunece, iar după purtare revine la forma sa inițială;
- se pot spăla cu săpun sau dezinfectant, astfel că acest material este mai igienic decât altele;
- sunt rezistente și recomandate pentru mai multe utilizări.



Fig. 2. Talonetă plantară din silicon

În general, talonetele se achiziționează după o consultație și o recomandare medicală. În cazul în care piciorul prezintă doar platfus, fără alte deformări, este mai simplu și mai economic să se achiziționeze talonete "de-a gata". În toate situațiile în care piciorul prezintă și alte deformări, pentru corecția posturii și a mersului este indicat a se realiza talonete personalizate [5].

### 3. Îmbunătățirea produsului

Spre deosebire de talonetele standard aflate pe piață, talonetele personalizate se fabrică în funcție de piciorul fiecărei persoane și de afecțiunea acestuia.

Din punct de vedere medical, talonetele personalizate se folosesc pentru corecția diferitelor probleme ale picioarelor, cum ar fi:

- piciorul plat – presupune prăbușirea bolții plantare, în special a arcurilor longitudinal și transversal ale piciorului, ceea ce determină extinderea suprafeței sale de sprijin. Cauzele sunt foarte diverse.
- piciorul valg – este un tip de platfus asociat și cu o poziție strâmbă sau deformată a piciorului. El se definește prin prăbușirea bolții transversale și longitudinale a piciorului, cu modificări și la nivelul scheletului osos.
- piciorul scobit – este o diformitate a piciorului caracterizată prin scobitura exagerată a piciorului, care nu se reduce la mers. Această afecțiune apare în urma unui dezechilibru al musculaturii piciorului [6].

### 3.1 Scanarea tăpii piciorului

Personalizarea formei talonetelor se stabilește folosind scanarea 3D cu laser (Fig. 3) care permite utilizatorului să înregistreze proprietățile unui obiect cu cel mai mare grad de precizie. S-a folosit scanner-ul „Go!Scan 3D” (Fig. 4) și un dispozitiv rudimentar de scanare.

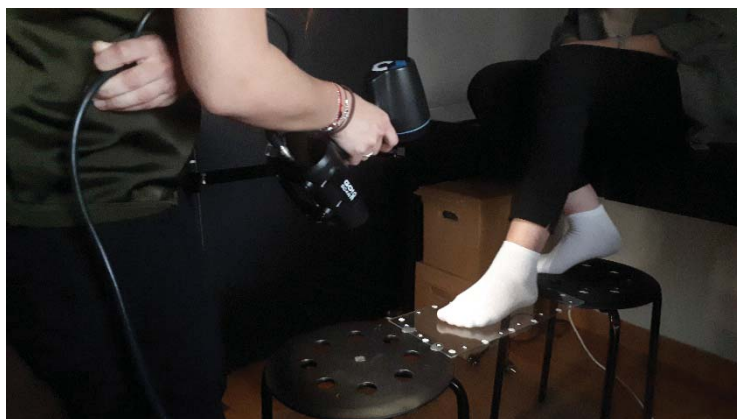


Fig. 3. Scanarea 3D



Fig. 4. Scanner 3D

Cu ajutorul software-ului asociat aparatului de scanat, „VX Elements”, se obține o imagine tridimensională a unei suprafețe care, datorită densității sale ridicate (milioane de puncte) este denumită „nor de puncte” (Fig. 5).



Fig. 5. Nor de puncte obținut prin scanarea piciorului uneia dintre autoare



Fig. 6 – Markeri (targets)



Fig. 7. Sistemul de referință al scanner-ului

Scanarea piciorului s-a realizat cu piciorul apăsat pe un suport, format dintr-o sticlă, deoarece s-au studiat picioare fără afecțiuni. Pentru picioarele cu afecțiuni se recomandă scanarea liberă a piciorului, fără alte obiecte aflate în preajma acestuia, pentru a stabili forma piciorului cât mai precis.

Scanarea 3D se face în mai multe etape:

1. Prima etapă este definirea sistemului de referință pentru scanner. Sistemul de referință este alcătuit din puncte mici numite markeri (targets). Markerii sunt cercuri care se lipesc pe suport (sau pe șoseta cu care se face scanarea). Aceștia sunt alcătuiți din 2 părți, în centrul lor este o hârtie reflectorizantă, iar pe margine un strat negru de 2 mm (Fig. 6). Stratul negru este recunoscut de către scanner și folosit ca sistem de referință.

Poziția markerilor nu trebuie să respecte un tipar, iar distanța dintre aceștia este una aleatoare, neavând o regulă de montare. În cazul în care scannerul detectează o anumită regulă, acesta nu-și mai poate estima poziția. Pentru a nu-și pierde sistemul de referință și a nu induce în eroare scanner-ul, markerii sunt poziționați și pe o parte și pe cealaltă a suportului, dar nu suprapuși. Când scanarea se face pe partea opusă a suportului, sistemul de referință se schimbă, iar scanner-ul îi detectează. Sistemul de referință este prezentat în Fig. 7. Pentru picioarele cu afecțiuni, markerii se lipesc pe șoseta de scanare, tot într-o ordine aleatoare.

2. Pentru detectarea și recunoașterea sistemului de referință, se efectuează a 2-a etapă, calibrarea scanner-ului. Scanner-ul este calibrat în momentul în care acesta recunoaște toți markerii, aceștia se înroșesc în imaginea tridimensională creată de software.
3. A 3-a etapă este scanarea propriu-zisă. Aceasta se realizează cu atenție, deoarece dacă se depășește distanța de recunoaștere a markerilor acesta dă eroare și trebuie să revii din nou în punctul minim de scanare pentru recunoașterea sistemului de referință.

#### 4. Studii de caz

S-au realizat trei studii de caz, pentru trei persoane diferite. Pentru aceste studii s-au folosit diferite rezoluții, respectiv 1 mm, 2 mm și 3 mm pentru a vedea care sunt diferențele dintre acestea și care este varianta cea mai bună pentru realizarea talonetei personalizate.

Din meniul software-ului se poate alege rezoluția dorită. Rezoluția se mai numește și densitate de puncte. Precizia datelor de scanare poate fi afectată de modificarea rezoluției sau a setărilor de calitate.

Dacă se folosește o rezoluție mai mică a scanner-ului 3D se pot captura mai multe detalii pe model. Majoritatea scannerelor 3D captează cât mai multe date în timpul scanării, iar parametrii de rezoluție sunt apoi setați în timpul postprocesării software.

Pentru primul caz s-a folosit rezoluția de 1 mm (Fig. 8). Printre dezavantajele alegerii acestui tip de rezoluție, putem enumera distorsiuni neliniare și reflexii ale luminii sau umbre.

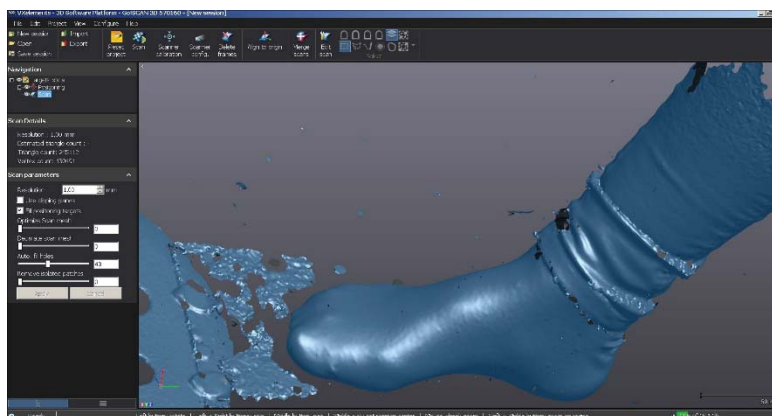


Fig. 8. Scanarea piciorului cu rezoluție de 1 mm

Modelele STL au fost introduse într-un soft online STL Viewer (Fig. 9), generând informații legate de mărimea modelului 3D, volum și numărul de triunghiuri din care modelul este alcătuit (numărul de unități în care este discretizat modelul).

Numărul triunghiurilor generate variază în funcție de rezoluția la care modelul 3D a fost creat. Astfel, cu cât rezoluția este mai mare, numărul triunghiurilor scade, ceea ce înseamnă ca numărul unităților pentru discretizarea modelului este mai mic.



Fig. 9. Modelul tridimensional la rezoluția de 1 mm

Ca rezultat, o mare cantitate de timp va fi consumată pentru editarea distorsiunilor înainte de a obține suprafețe de calitate dorită.

La a doua încercare de a scana piciorul s-a folosit o rezoluție de 2 mm, prezentată în Fig. 10. Caracteristicile software-ului 3D ajută la scanarea modelelor, umplerea găurilor, simplificarea mesh-ului, aplicarea texturii, netezirea și măsurarea suprafețelor scanate.

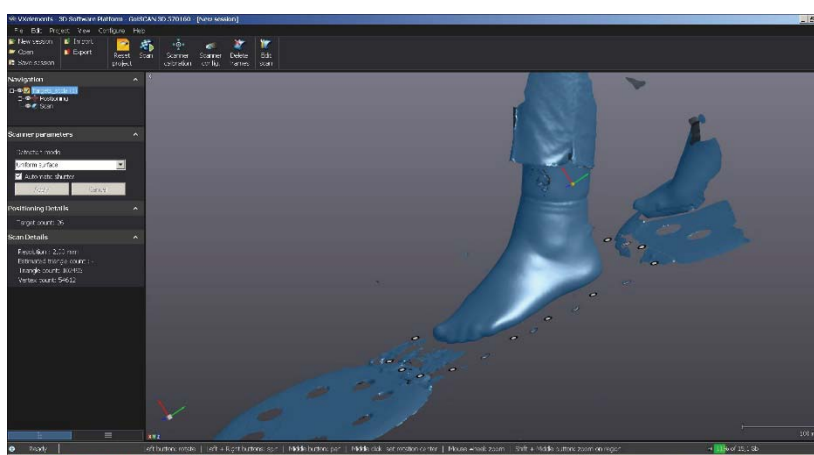


Fig. 10. Scanarea piciorului cu o rezoluție de 2 mm

Modelul tridimensional la rezoluția de 2 mm este prezentat în Fig. 11.



Fig. 11. Modelul tridimensional la rezoluția de 2 mm

A treia scanare s-a realizat la o rezoluție de 3 mm, prezentată în Fig. 12.

Așa cum putem observa în Fig.12, neclaritățile și reflexiile luminii au dispărut, nefiind necesară editarea acestora.



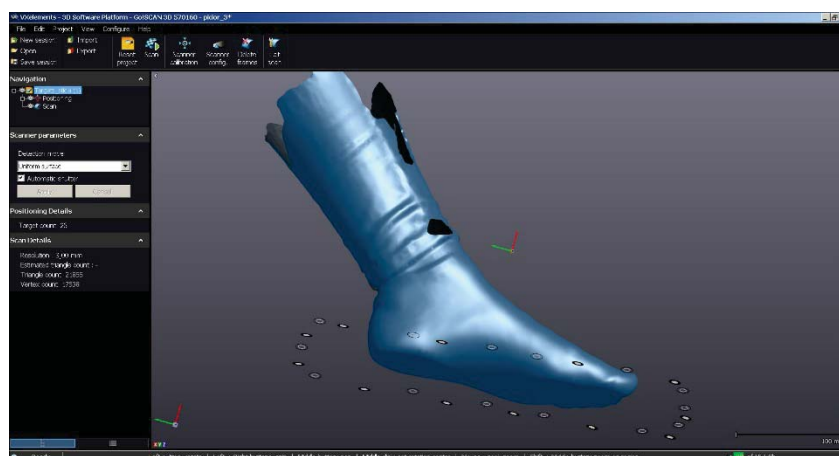


Fig. 12. Scanarea piciorului cu o rezoluție de 3 mm

Modelul tridimensional cu rezoluția de 3 mm este prezentat în Fig. 13.



Fig. 13. Modelul tridimensional cu rezoluția de 3 mm

După aplicarea celor 3 metode, concluzia este: cu cât densitatea de puncte (rezoluția) este mai mare cu atât neclaritățile și reflexiile luminii sunt diminuate.

Prin urmare, a fost selectat modelul tridimensional cu rezoluția de 3 mm pentru a crea taloneta personalizată.

## 5. Fabricarea talonetelor

După scanarea piciorului, modelul 3D al acestuia a fost salvat în format STL (mesh) și convertit ulterior, cu ajutorul programului FreeCAD, în format STP pentru obținerea unui solid. Modelul 3D al piciorului în format STP este prezentat în figura 14.

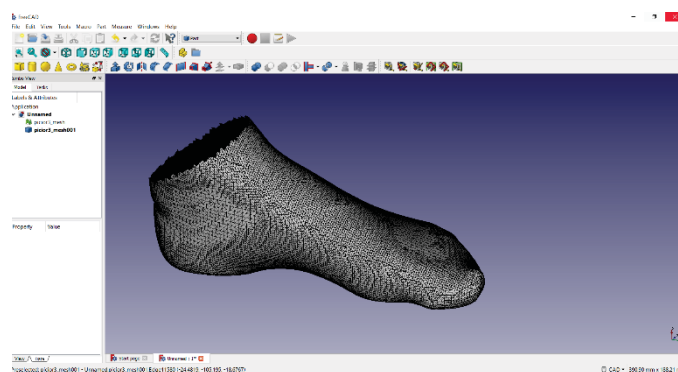


Fig. 14. Modelul 3D al piciorului în format STP

Scopul acestei operații este de a putea importa modelul 3D al piciorului în programul de specialitate CATIA V5 și de a realiza matrița talonetei personalizate.

Astfel, modul de fabricare a talonetelor constă în realizarea matriței cu ajutorul părții negative a piciorului, ce va fi umplut ulterior cu silicon pentru a lua forma conturului tălpii.

Primul pas pentru realizarea matriței constă în crearea unui plan paralel cu planul orizontal al piciorului (yz), la o distanță de 25 mm. Cu ajutorul comenzii Intersect, s-a realizat conturul exterior al piciorului, prezentat în Fig. 15.



Fig. 15. Conturul exterior al piciorului

Al doilea pas a constat în crearea unui solid în funcție de conturul exterior al piciorului. Acest lucru s-a putut realiza cu ajutorul comenzii Pad. Schița constrânsă a modelului este prezentată în Fig. 16, iar partea brută a matriței în Fig. 17.

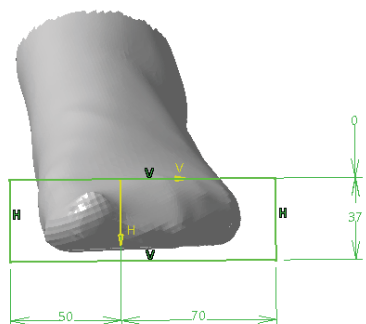


Fig. 16. Schița constrânsă a matriței

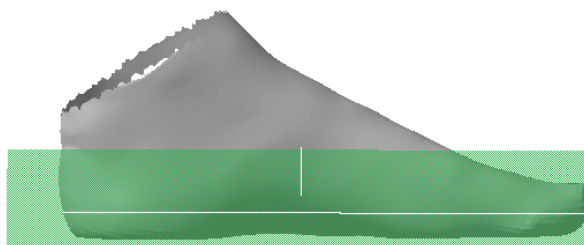


Fig. 17. Partea brută a matriței

Următoarea etapă a constat în extrudarea conturului exterior al piciorului, pentru eliminarea ulterioară a acestuia din brutul realizat inițial. În Fig. 18 sunt evidențiate cele două elemente, și anume partea tăietoare și partea tăiată.

	Partea tăiată
	Partea tăietoare

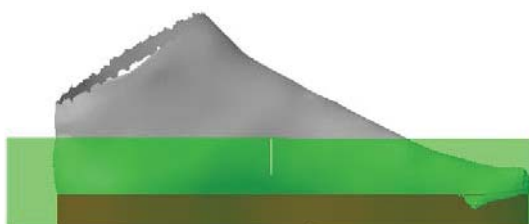


Fig. 18. Elementele definitorii ale matriței

În continuare, s-a utilizat modelul 3D al piciorului și partea tăietoare (roșie) cu scopul obținerii formei tălpii piciorului. Pentru realizarea acestei etape s-a utilizat comanda Split, eliminând modelul 3D al piciorului din partea tăietoare. În Fig. 19 este prezentată partea tăietoare, ce reprezintă partea negativă a talonetei.



Fig. 19. Partea negativă a talonetei personalizate

Pentru a definitiva matrița, s-a utilizat comanda Remove pentru a îndepărta partea roșie (partea tăietoare) de partea verde (partea tăiată), cu scopul obținerii unui mulaj în interiorul părții brute realizate inițial. Matrița de obținere a talonetei personalizate este prezentată în Fig. 20.

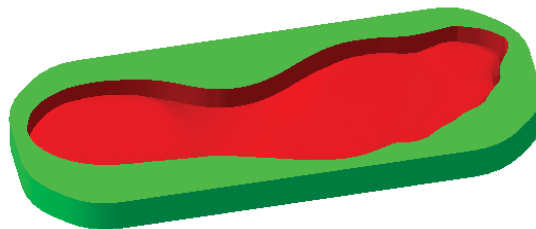


Fig. 20. Matriță de obținere a talonetei personalizate

## 6. Printarea 3D a matriței

Printarea 3D a matriței s-a realizat cu ajutorul imprimantei Zprinter 310, ce implică utilizarea tehnologiei de printare inkjet pentru solidificarea unei pulberi introdusă în camera de construcție (fabricare) a imprimantei prin lipirea particulelor cu ajutorul unui material liant (binder) [7].

Inițial, modelul 3D al matriței a fost convertit în secțiuni transversale (felii) ale obiectului și trimise apoi imprimantei. Un strat subțire de pulbere este introdus în platforma de construcție după care este întins, distribuit și compresat uniform cu ajutorul unei role speciale. Capul de printare aplică apoi jetul de liant, urmând structura (felia) proiectată a modelului 3D și rezultând astfel un layer al obiectului 3D din pulbere solidificată cu liant. Odată ce un layer este finalizat, platforma de construcție coboară cu exact grosimea unui layer, după care procesul de printare este reluat.

După finalizarea și scoaterea din camera de construcție, matrița a fost introdusă într-o cuvă pentru îndepărtarea prin suflare a pulberii rămase în diversele cavități și goluri.

Îndepărtarea pulberii de pe matriță este prezentată în Fig. 21 și 22.



Fig. 21. Îndepărtarea pulberii prin suflare



Fig.22. Îndepărtarea pulberii din golurile existente

După îndepărtarea pulberii, a urmat procedeul de infiltrare cu material întăritor (amestec folosit Z-Max rășină și Z-Max întăritor) pentru îmbunătățirea durității și a calității suprafețelor, prezentat în figurile 23 și 24.

S-au folosit 100 unități de Z-Max Rășină și 41 de unități de Z-Max Întăritor.

După infiltrarea materialului întăritor, a fost nevoie de un timp de uscare de aproximativ 24 de ore.

Pentru găsirea celei mai bune soluții, și anume a scoaterii talonetei din matriță fără imperfecțiuni, s-au realizat trei încercări cu diferite combinații de materiale (Fig. 26), pe spatele matriței (Fig. 25):

- demulant GlobalWax și un strat subțire de silicon;
- silicon Auto și un strat subțire de silicon;
- silicon amestecat cu catalizator, aplicat direct pe suprafața plană.





Fig. 23. Măsurarea cantității de rășină



Fig. 24. Infiltrare cu material



Fig. 25. Demulanți și siliconul folosit



Fig. 26. Încercările realizate pe spatele matriței

Pentru a determina cea mai bună soluție s-a așteptat 24 de ore pentru uscarea siliconului.

În urma acestui test, s-a constatat că cea mai bună soluție este de a aplica un strat de silicon auto peste suprafața activă a matriței, iar după turnarea siliconului propriu-zis în matriță (Fig. 27). Acesta se lasă la uscat timp de 24 de ore.



Fig. 27. Turnarea siliconului în matriță

După ce s-au îndeplinit toți acești pași taloneta personalizată poate fi folosită de persoana căruia i s-a scanat piciorul.

## 7. Concluzii

În această lucrare s-au evidențiat cele mai importante aspecte cu privire la procesul de fabricare a talonetelor personalizate, cu accent pe partea de scanare a piciorului.

În procesul de printare 3D, etapa de scanare are un rol foarte important. Acest procedeu transformă obiectul ce urmează a fi printat într-un model digital, ce poate fi apoi modificat într-un

program de 3D design. Fișierul procesat în urma scanării este trimis la imprimanta 3D care generează matrița în care se va turna siliconul pentru realizarea talonetei.

În urma acestei cercetări se constată că prototiparea acestor talonete personalizate este suficient de rapidă și se poate face pentru orice tip de picior. Talonetele personalizate se pot folosi în scop medical, pentru persoanele cu diverse probleme ale picioarelor.

## 8. Bibliografie

[1] \*\*\*, *Platfus, talonet, gleznă susținută*, disponibil la <https://www.tikki.ro/blog/mituri-romanesti-platfus-talonet-glezna-sustinuta.html>. Accesat la data: 25.04.2018

[2] \*\*\*, *Dispozitive medicale*, <https://www.ortopedica.ro/sustinatori-plantari-standard-talonete.ort>. Accesat la data: 23.04.2018.

[3] M. Uscatu, disponibil la, <https://www.medlife.ro/talonetele-de-serie-sunt-inutile-si-daunatoare-dr-marius-uscatu-a-raspuns-cititorilor.html>. Accesat la data: 18.04.2018

[4] \*\*\*, *Dispozitive medicale*, disponibil la: <https://www.ortopedica.ro/sustinatori-plantari-standard-talonete.ort>. Accesat la data: 25.04.2018.

[5] \*\*\*, *Orteze pentru sportivi*, disponibil la: <http://www.medicinasportiva.ro/orteza/talonete-sustinatori-plantari.html>. Accesat la data: 15.04.2018.

[6] \*\*\*, *Amprentarea plantară computerizată*, disponibil la: [http://bestlineprotetic.ro/blp/ro/Amprentare\\_plantara\\_computerizata](http://bestlineprotetic.ro/blp/ro/Amprentare_plantara_computerizata). Accesat la data: 19.04.2018

[7] \*\*\*, Tehnologii de printare 3D, dispoibil la: <https://www.zspotmedia.ro/blog/printare-3d/>. Accesat la data: 3.05.2018