

# Wykorzystanie technologii cyfrowych w wykonawstwie uzupełnień protetycznych na podstawie piśmiennictwa

## Utilization of digital technologies in prosthetic appliances fabrication – on the basis of literature

*Edyta Cywoniuk<sup>1</sup>, Teresa Sierpińska<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Zirkonzahn Polska

<sup>2</sup> Zakład Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Kierownik: dr hab. n. med. *Teresa Sierpińska*

---

---

### HASŁA INDEKSOWE:

technologie cyfrowe, systemy CAD/CAM

---

---

---

---

### KEY WORDS:

digital technologies, CAD/CAM systems

---

---

### Streszczenie

*W dobie globalnej komputeryzacji technologie cyfrowe znalazły zastosowanie również w branży stomatologicznej, w gabinetach m.in. jako skanery wewnątrzustne, kamery 3D, jak również w nowoczesnych pracowniach protetycznych jako systemy CAD/CAM lub drukarki 3D. Systemy CAD/CAM składają się z trzech głównych części: skanerów, oprogramowania i urządzenia frezującego. Skanery służą do przeniesienia warunków z jamy ustnej na obraz wirtualny. Oprogramowanie służy do projektowania wirtualnych uzupełnień na wirtualnym modelu roboczym, a następnie obliczania parametrów frezowania. Maszyny frezujące przeznaczone są do wytwarzania pełnej gamy uzupełnień protetycznych z materiałów, takich jak: stop chromowo-kobaltowy, tytan, tlenek cyrkonu oraz polimery najnowszej generacji. Drukarki 3D umożliwiają zwykle drukowanie przestrzennych modeli, ale również stają się alternatywą dla wykonawstwa lub frezowania subtraktywnego w obszarze wykonawstwa wspomaganego komputerowo. Zastosowanie systemów CAD/CAM pozwala na lepsze planowanie i bardziej zautomatyzowane techniki wykonania uzupełnień protetycznych, co wpływa znacząco na ich jakość. Współpraca techników denty-*

### Summary

*In the era of computerization, digital technologies have found their place in dental industry: in dental clinics in the form of intraoral scanners and 3D cameras, and in modern prosthetic laboratories as CAD/CAM systems or 3D printers. CAD/CAM systems consist of three main parts: scanners, programming module and milling machines. Scanners are used to transfer oral conditions to a computer. The programming module is used for virtual designing of prosthetic appliances on virtual cast, and calculating milling parameters. Milling machines are intended to make different types of prosthetic appliances using Cr-Co alloys, titanium, zirconia, and new generation polymers. 3D printers allow printing 3D models but they can be an alternative for performing and subtractive milling in the field of computer-aided manufacturing. They allow for more accurate scanning, better planning and more automated production techniques, which significantly affects the precision of final work. The cooperation of dental technicians and dentists, using innovative digital methods, can bring much better results than traditional proceedings.*

*stycznych i lekarzy dentystów, z wykorzystaniem innowacyjnych metod cyfrowych, może przynieść dużo lepsze efekty, niż w przypadku postępowania tradycyjnego.*

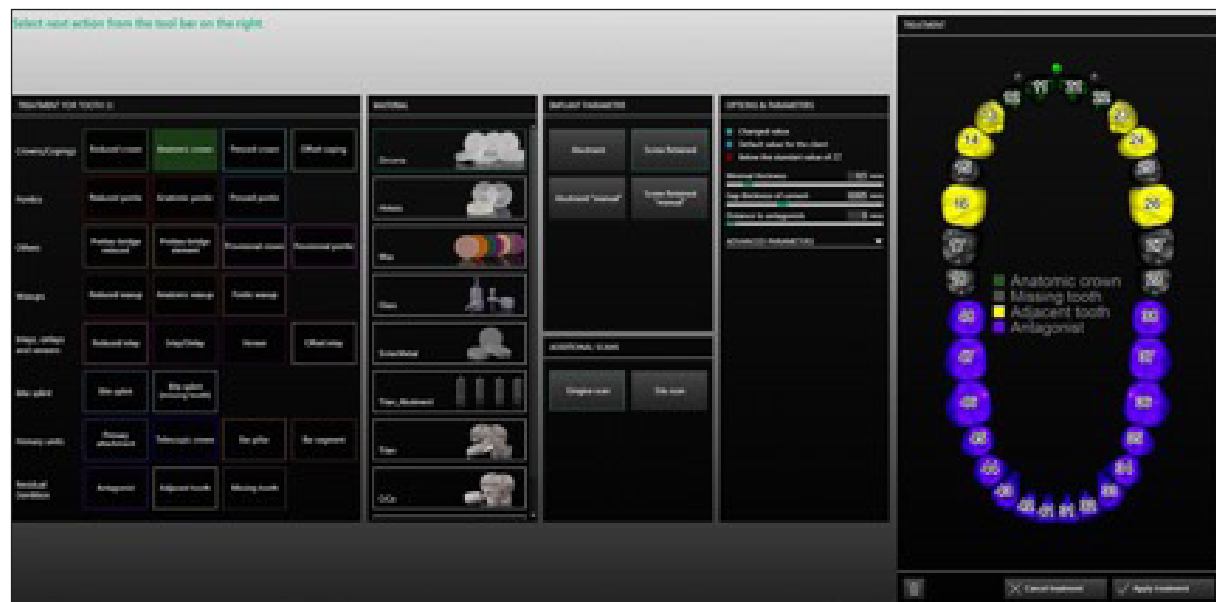
W dobie globalnej komputeryzacji technologie cyfrowe znalazły zastosowanie również w branży stomatologicznej, w gabinetach m.in. jako skanery wewnątrzustne, kamery 3D, jak również w nowoczesnych pracowniach protetycznych jako systemy CAD/CAM lub drukarki 3D. Pozwalają one na lepsze planowanie i bardziej zautomatyzowane techniki wykonania uzupełnień protetycznych, co wpływa znacząco na ich jakość. Współpraca techników dentystycznych i lekarzy dentystów, z wykorzystaniem innowacyjnych metod cyfrowych, może przynieść lepsze efekty, niż w przypadku postępowania tradycyjnego.<sup>1</sup>

Technologia CAD/CAM, obejmująca komputerowe wspomaganie projektowania CAD (Computer-Aided Design) oraz komputerowe wspomaganie wytwarzania CAM (Computer-Aided Manufacturing) od przeszło dwóch dekad jest stosowana w stomatologii odtwórczej.<sup>2</sup> Integracja tych systemów technologicznych z postępem w rozwoju biomateriałów, takich jak ceramika z tlenku cyrkonu, doprowadziła do poważnych zmian w edukacji i opiece nad pacjentami.<sup>3</sup> W związku z tym cały edukacyjny system stomatologiczny był i będzie nadal modyfikowany w odniesieniu do ekonomii, czasu i, co najważniejsze, przewidywania wyników leczenia.

Celem pracy jest omówienie procesu wytwarzania uzupełnień protetycznych z wykorzystaniem technologii cyfrowych.

Systemy CAD/CAM składają się z trzech głównych części: skanera, oprogramowania i urządzenia frezującego. Skanery służą do przeniesienia warunków z jamy ustnej na obraz wirtualny i występują jako urządzenia

wewnątrzustne i laboratoryjne. Skaner wewnątrzustny służy do skanowania pola protetycznego bezpośrednio w jamie ustnej pacjenta. Umożliwia on podgląd przetwarzanych obrazów 3D na monitorze komputera, zwykle w realistycznych kolorach, dzięki czemu znacznie zmniejszone jest ryzyko popełnienia błędu lub też możliwość wykonania szybkiej korekty. Urządzenie można stosować w planowaniu leczenia ortodontycznego lub w planowaniu i wykonawstwie rekonstrukcji protetycznych. Pobrany wirtualnie wycisk można bez trudu zapisać, wysłać do laboratorium, a także długotrwale przechowywać.<sup>4</sup> W sytuacji, kiedy potrzebne są jednak modele fizyczne, można je wytworzyć, za pomocą drukarki 3D lub też frezarki. Skaner laboratoryjny służy do wykonywania skanów m.in.: modeli, pojedynczych kikutów, segmentów modeli, łączników, rejestratów zwarciovych. Dokładność skanowania sięga  $\leq 10 \mu\text{m}$ .<sup>5,6</sup> Na zeskanowanych modelach technik projektuje w oprogramowaniu korony, mosty, wkłady i nakłady koronowe, licówki, korony teleskopowe, prace kombinowane z precyzyjnymi elementami umocowującymi, wirtualny wax-up, cienkie uzupełnienia tymczasowe, szyny zgryzowe, szablony implantologiczne, łączniki indywidualne, uzupełnienia implantoprotetyczne przykręcane, a także części metalowe protez szkieletowych czy protezy całkowite.<sup>7</sup> Po zeskanowaniu modelu kształt przyszłej rekonstrukcji projektowany jest cyfrowo. Projektowanie wirtualne umożliwia osiągnięcie doskonałych przekrojów i zachowanie jednolitej grubości ścian elementów, o jakich trudno mówić przy wykonywaniu tych prac tradycyjnie.<sup>8</sup>



Ryc. 1. Oprogramowanie Archivum.

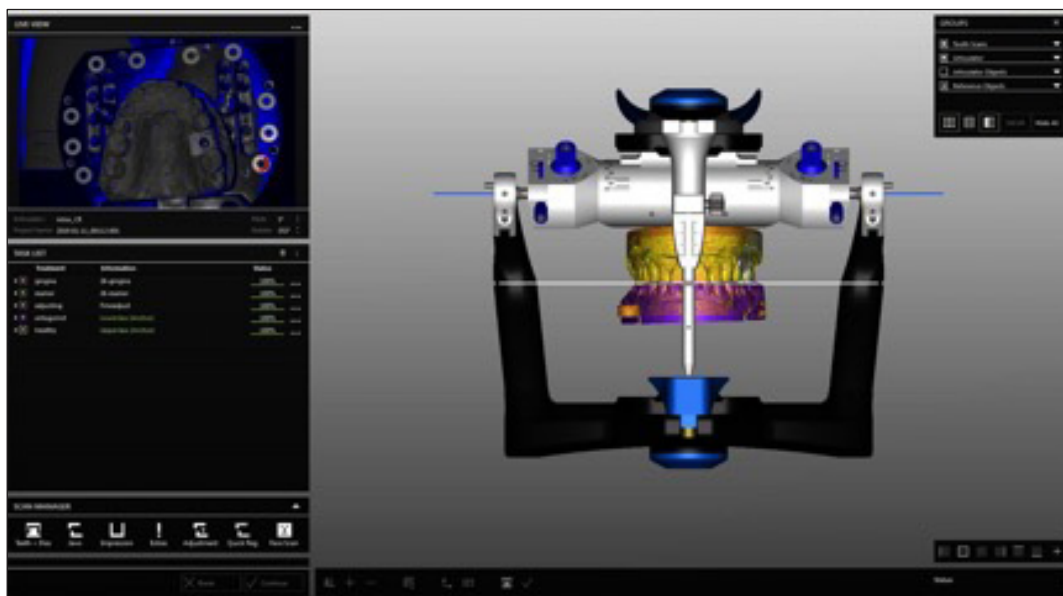
Kolejnym elementem systemów CAD/CAM jest oprogramowanie do projektowania wirtualnych uzupełnień na wirtualnym modelu roboczym, a następnie obliczania parametrów frezowania. Oprogramowanie to powinno być intuicyjne, proste w użyciu, funkcjonalne, zapewniające zwiększoną wydajność pracy oraz oszczędność czasu. Idealnie, jeżeli zawiera wiele bibliotek kształtów zębów i implantów czy zasuw oraz różne opcje pracy dla użytkownika.

Funkcje oprogramowania opisane zostały na podstawie exocad, z którego bazy korzystają wiodące marki produkujące systemy CAD/CAM (Zirkonzahn, Amann Girrbach, Imescore, KaVo, Schutz Dental, Zfx i inne). Składa się ono z następujących części:

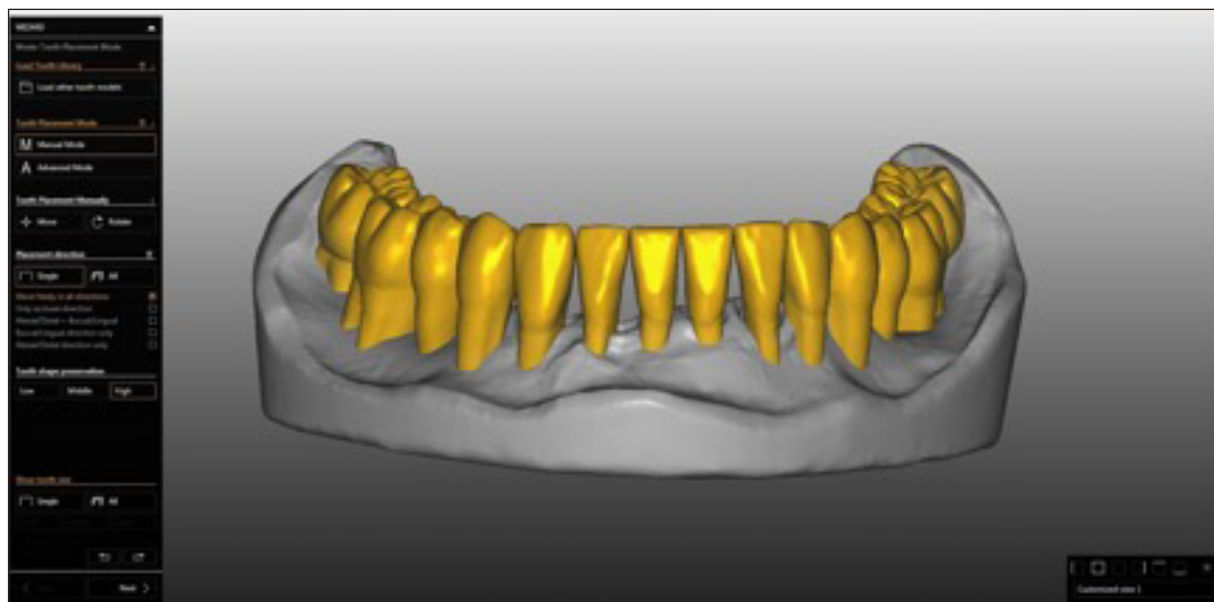
- Archivum (ryc.1): Pozwala na tworzenie i archiwizowanie projektów pacjenta. Zawiera dane lekarza, technika i pacjenta z rodzajem i kolorem wykonywanej pracy protetycznej. Umożliwia dołączenie zdjęć 2D, 3D lub plików DICOM pacjenta.
- Scan (ryc. 2): Pozwala na precyzyjne skanowanie modeli oraz możliwość ich artykulacji wykorzystując listy prac

stworzonych w oprogramowaniu Archiv. Przewodnik prowadzi użytkownika przez wymagane aplikacje do wykonania określonej pracy. Po zarejestrowaniu artykulatora w oprogramowaniu, modele są wyświetlane w odpowiedniej pozycji. Możliwe jest wprowadzanie płaszczyzn do wirtualnego artykulatora dla lepszej orientacji podczas pozycjonowania modelu. Do artykulacji modeli można wykorzystać różne systemy (Plane System® by Udo Plaster, płaszczyzna Campera oraz Frankfurcka). Zdjęcia 2D, skany twarzy 3D oraz zdjęcia rentgenowskie pacjenta mogą zostać wprowadzone jako pomoc wizualna.

- Modeller (ryc. 3): Oprogramowanie do modelowania Modeller pozwala na projektowanie odbudowy protetycznej, w połączeniu z innymi modułami zezwala na wygładzanie i zaokrąglanie powierzchni oraz kształtów projektowanych konstrukcji, eliminując czasochłonne etapy laboratoryjne.<sup>9</sup> Oprogramowanie może być kompatybilne ze skanami wewnątrzustnymi, plikami DICOM DATA, skanami 3D



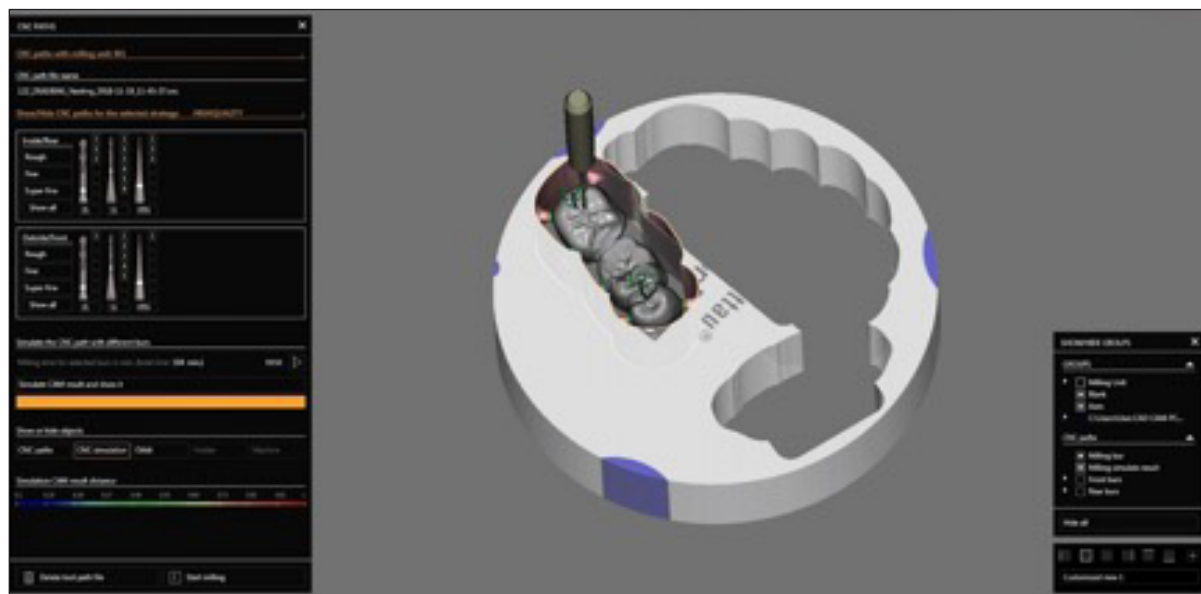
Ryc. 2. Oprogramowanie Skan.



Ryc. 3. Oprogramowanie Modeller.

twarzy oraz innymi obiektami odniesienia, takimi jak wyznaczone płaszczyzny (Plaster Plane) czy dane z łuków twarzowych. Możliwe jest importowanie, przetwarzanie i eksportowanie wszystkich aktualnych formatów danych. Wiele przydatnych funkcji automatycznych (np.

wykrywanie linii preparacji, automatyczne dostosowanie do warunków zgryzowych itp.) wspiera użytkownika podczas pracy. Zawiera kolekcje kształtów zębów z odpowiednimi relacjami stycznymi i zębów przeciwstawnych odtwarzając prawidłowe warunki okluzyjne.

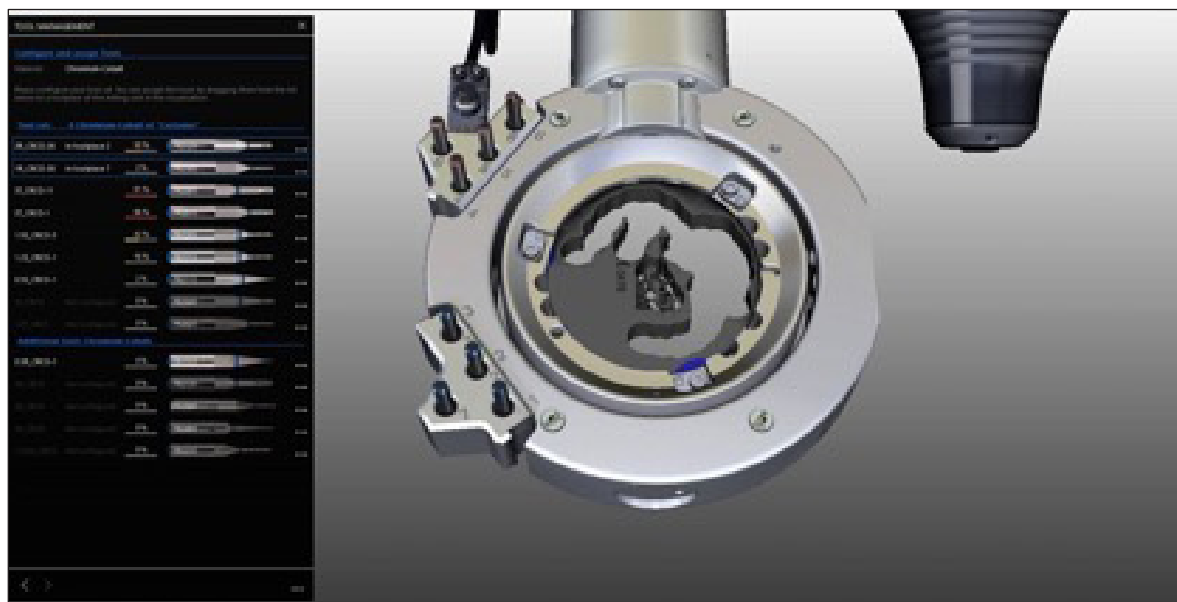


Ryc. 4. Oprogramowanie Nesting.

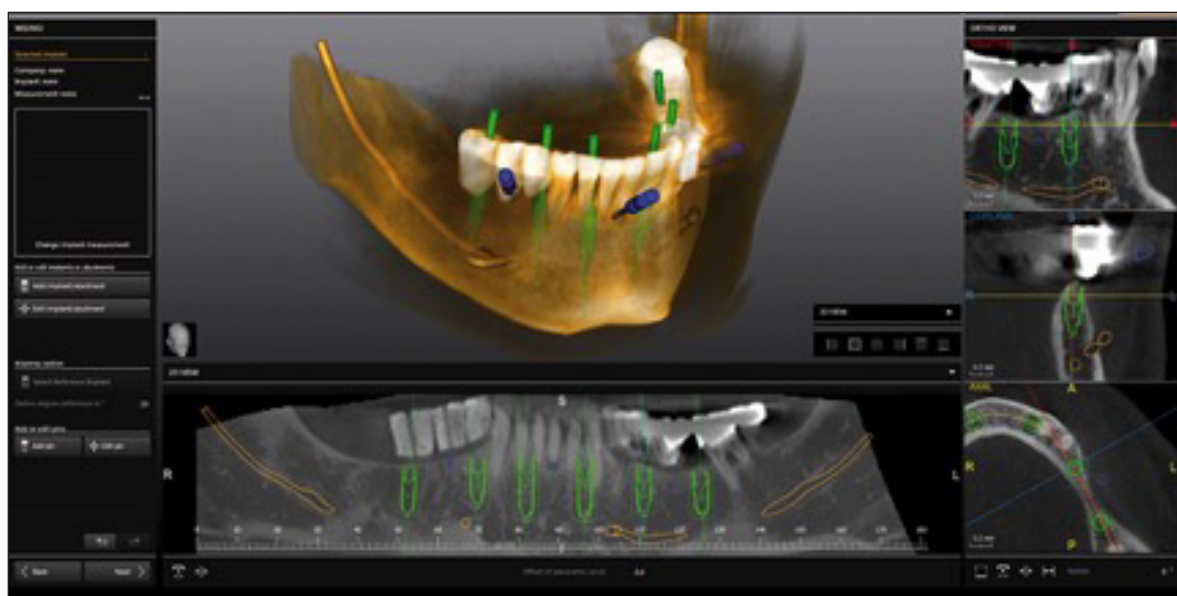
- Nesting (ryc. 4): Program służący do umieszczania pracy w bloczku zorientowanym w osiach. Wszystkie istniejące bloczki przechowywane są w jednej bibliotece. Pozwala więc w dowolnym momencie i z ekonomicznego punktu widzenia, wybór najmniejszego istniejącego bloczka dbając o znaczne oszczędności środków wydawanych na materiał oraz pełne wykorzystanie już użytych bloczków umożliwiając oszczędność materiału. W przypadku, gdy praca umieszczona jest poza bloczkiem oprogramowanie automatycznie przenosi ją w odpowiednie miejsce na krawędzi bloczka. Program przeprowadza automatyczną kalkulację ścieżki frezowania. Użytkownik może decydować jak precyzyjna ma być praca, a program automatycznie tworzy plik CNC gotowy do frezowania.
- Frezowanie (ryc. 5): Jest ostatnim krokiem pracy. Oprogramowanie frezujące ładuje i uruchamia plik CNC utworzony w oprogramowaniu Nesting.
- Implant Planner (ryc. 6): Jest to oprogramowanie, które umożliwia bezpieczne

- planowanie rekonstrukcji opartych na implantach. Program łączy planowany projekt estetycznego uzupełnienia protetycznego oraz planowanie pozycji implantów. Na podstawie cyfrowo scalonych danych pacjenta (takich jak dane DICOM, dane skanów modeli i skanów twarzy), lekarz dentysta może określić optymalną pozycję implantu pod względem funkcjonalności, anatomii i estetyki, biorąc jednocześnie pod uwagę strukturę kości i przebieg nerwów. Dane łatwo mogą być wysłane do laboratorium protetycznego. Połączenie technologii szybkiego prototypowania z obrazowaniem medycznym pozwala na uzyskanie pozycji implantu i w konsekwencji konstrukcji protetycznej, o indywidualnym kształcie i rozmiarze, dokładnie dopasowanego do niepowtarzalnej budowy utraconego fragmentu kości.
- Partial Planner (ryc. 7): Oprogramowanie do projektowania protez częściowych, szkieletów jest oprogramowaniem dodatkowym do Modeller bazującego na exocad. Umożliwia automatyczne blokowanie modelu w określonym torze





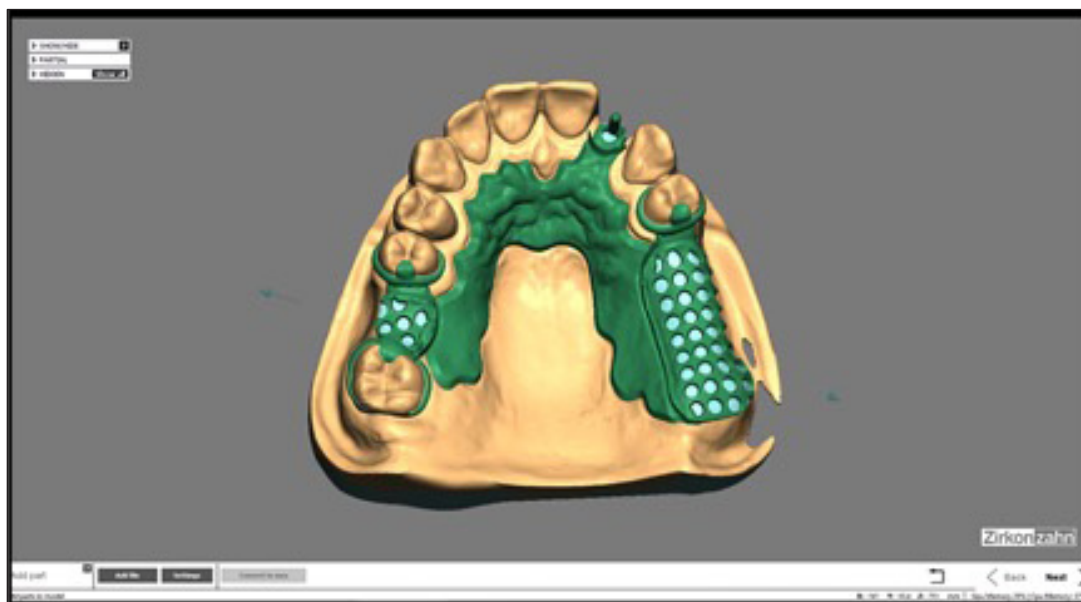
Ryc. 5. Oprogramowanie Frezowanie.



Ryc. 6. Oprogramowanie Implant Planner.

wprowadzenia, importowanie i modyfikowanie gotowych, wymodelowanych struktur (np. wtórne struktury teleskopowe) oraz swobodne projektowanie klamer retencyjnych, elementów podpierających w postaci cierni, ramion stabilizacyjnych i podstawowych łączników o różnej fakturze powierzchni. Zawiera rozbudowane

biblioteki cyfrowe (zawierające klamry, elementy metalowe protezy szkieletowej, siodła, itp).<sup>10</sup> Za pomocą odpowiedniego narzędzia można projektować podparcia oraz importować z biblioteki gotowe elementy pośrednie i kształtować metalowe wzmocnienia. Posiada zintegrowany protokół pracy, projektowanie w oparciu



Ryc. 7. Oprogramowanie *Partial Planner*.

o uzupełnienia zaplanowane w oprogramowaniu *Modellier*. Zaprojektowaną pracę przesyłamy do frezowania, drukowania lub spieku laserowego.<sup>11</sup>

Po zaprojektowaniu uzupełnienia protetycznego na ekranie komputera następuje przekazanie danych do urządzenia frezującego. W nowoczesnych laboratoriach techniki dentystycznej coraz częściej pojawiają się maszyny frezujące CAD/CAM, drukarki 3D lub systemy spieku laserowego (SLM).

Nowoczesne, pięciosiowe maszyny frezujące CNC przeznaczone są do wytwarzania pełnej gamy uzupełnień protetycznych z materiałów, takich jak: stop chromowo-kobaltowy, tytan, tlenek cyrkonu oraz polimery najnowszej generacji. Wykonywane prace protetyczne są bardzo wysokiej jakości (dokładność obróbki poniżej 10  $\mu\text{m}$ ), pozbawione naprężeń i tańszewzględem tradycyjnej technologii odlewania.<sup>12</sup>

Drukarki 3D umożliwiają zwykle drukowanie przestrzennych modeli ale również stają się alternatywą dla wykonawstwa lub frezowania subtraktywnego w obszarze wykonawstwa

wspomagane komputerowo. Ich działanie polega na nanoszeniu warstwami specjalnego proszku, który następnie jest utwardzany za pomocą światła lub wiązką laserową. Odpowiedni program przetwarzający standardowe pliki buduje model przestrzenny, czytelny dla drukarki. Ta, z kolei drukuje bryłę odwzorowując nawet najdrobniejsze detale zeskanowanego obiektu. Według producentów, dzięki użyciu drukarek 3D laboratoria dentystyczne mogą wyeliminować niedogodności związane z ręcznym modelowaniem, przyspieszyć proces dostarczenia gotowego uzupełnienia pacjentom i wyeliminować błędy ludzkie.<sup>13,14</sup>

Metoda selektywnego spieku laserowego polega na wybiórczym, określonym przez program komputerowy, spiekaniu ziaren proszku metalowego o średnicy ok. 0,01 mm nakładanego warstwami o grubości 0,01-0,03 mm. Promień lasera o średnicy wiązki ok. 0,05 mm jest kierowany po powierzchni pola roboczego za pomocą układu zwierciadeł i soczewek. Kolejne warstwy są nakładane na siebie przy pomocy głowicy poruszającej się w poziomie, natomiast stolik z podstawą jest przemieszczany w dół w celu

nałożenia kolejnej warstwy proszku metalowego.<sup>15</sup> Aby uniknąć powstawania tlenków na powierzchni spiekanych ziaren oraz tworzenia pęcherzy powietrza wewnątrz struktury spieku, stosuje się osłonę gazów obojętnych (argonu lub azotu). Zużycie gazu w tym przypadku wynosi ok. 0,3 l/min.<sup>16</sup>

Istnieją również inne komponenty stosowane podczas wytwarzania uzupełnień protetycznych za pomocą cyfrowych technologii CAD/CAM. Mając na uwadze firmę Zirkonzahn, przykładem może być komplet urządzeń PlaneSystem oraz nowoczesny skaner do wykonywania skanów twarzy 3D – FaceHunter. PlaneSystem zawiera trzy komponenty: urządzenie PlaneFinder, artykulator PS1 oraz płytkę PlanePositioner. PlaneFinder (nazywane łukiem twarzowym firmy Zirkonzahn) jest to urządzenie służące do rejestrowania naturalnej pozycji głowy pacjenta oraz do pomiaru nachylenia płaszczyzny okluzyjnej (równoległej do płaszczyzny wyznaczonej przez punkty na tkankach miękkich skrzydełko nosa–płatek ucha). PlaneFinder pozwala zarejestrować również asymetrię twarzy, które jesteśmy w stanie przenieść do artykulatora PS1 dzięki płytce PlanePositioner.<sup>17</sup> Jest to duża przewaga nad łukiem twarzowym, który pozwala na rejestrację tylko symetrycznych płaszczyzn.<sup>18</sup>

FaceHunter służy do wykonywania skanów 3D twarzy pacjenta. Dzięki nim możliwe jest wykonywanie pracy protetycznej w pełni spersonalizowanej i pod każdym względem dopasowywanej do fizjonomii pacjenta. Zawiera m.in. siatki idealnych rozmiarów i rozstawienia zębów. Dodatkowo, komponenty opisane powyżej pozwalają na przekazanie danych pacjenta potrzebnych do zrealizowania odbudowy protetycznej. Technik posiadający tylko skan wewnątrzustny pacjenta bez w/w danych nie będzie w stanie wykonać precyzyjnej pracy nawet korzystając z najbardziej zaawansowanego oprogramowania i nowinek technologicznych.<sup>19-21</sup>

Porównując tradycyjne metody pracy z metodami cyfrowymi nasuwa się kilka zalet na korzyść technologii cyfrowych:

- oszczędność czasu,
- dokładność: pracując metodami cyfrowymi można wielokrotnie powiększyć uzupełnienie protetyczne na ekranie komputera. Pozwala to na dokładne obejrzenie i zaznaczenie okolicy przyszyjkowej, punktów stycznych, dopasowanie kształtów zębów i ich powierzchni okluzyjnej. Poza tym można uśrednić dane z wielokrotnie pobranych wycisków manualnych lub cyfrowych, co pozwala na wyeliminowanie błędów podczas projektowania pracy,
- jakość: prace protetyczne wykonane w technologii CAD/CAM cechuje kilkukrotnie większa wytrzymałość na naprężenia w porównaniu z pracami wykonanymi tradycyjnie. Precyzję uzupełnień wykonanych tą metodą szacuje się na 0,2 mikrometra, co było nieosiągalne przy metodach konwencjonalnych,<sup>22,23</sup>
- powtarzalność: dużym problemem technika dentystycznego jest konieczność kolejnego wykonywania pracy. Technologia cyfrowa pozwala na zachowanie projektu cyfrowego oraz wszystkich dodatkowych danych, jak skany twarzy, pliki DICOM czy dane z łuku twarzowego. Kolejne wyfrezowanie mostu, protezy czy elementów frykcyjnych belki lub koron teleskopowych można wykonać w kilka minut,
- funkcjonalność: technik korzystając z w/w urządzeń wspomagających projektowanie CAD/CAM wykonuje pracę protetyczną w oparciu o dane DICOM zawierające obraz podłoża protetycznego, takich jak tkaniki twarde, stawy i tkanki miękkie. Może wyznaczyć płaszczyzny twarzy i przebieg ruchów artkulacyjnych oraz prawidłowo wyznaczyć płaszczyznę okluzji,<sup>24</sup>
- estetyka: cyfryzacja pozwala na dopasowanie kształtów zębów do rysów i



wielkości twarzy, pozwala zaprojektować pracę w oparciu o protokół cyfrowego DSD, a także umożliwia precyzyjne zwi-  
zualizowanie spodziewanego efektu final-  
nego.<sup>25,26</sup>

Jedyną zauważoną wadą technologii cyfro-  
wych jest niewątpliwie wysoka cena systemów  
oraz gotowych uzupełnień. Proteza wykona-  
na metodą konwencjonalną lub model odle-  
wany może być 3-4 razy tańszy od tych wy-  
konanych za pomocą technologii cyfrowych.  
Ponadto skomplikowane urządzenia cyfrowe  
wymagają aktualizacji oprogramowania i kon-  
serwacji.<sup>27</sup>

Technik pracujący z systemem CAD/CAM  
musi być odpowiednio przeszkolony, jednak  
mimo to nie jest w stanie rozwiązać wszyst-  
kich problemów powstających podczas pracy.  
Obowiązkowy jest więc kontakt z działem po-  
mocy producenta systemów, co może genero-  
wać dodatkowe koszty.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że ostat-  
nio popularne, niedrogi drukarki 3D czy me-  
toda spieku laserowego (SLS) w porównaniu  
do systemów CAD/CAM znacznie oszczędzają  
wykorzystywany do produkcji wyrobów prote-  
tycznych materiał.<sup>28</sup>

## Piśmiennictwo

1. *Van Noort R*: The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012; 28: 3-12.
2. *Bębenek K, Błaszczuk A, Kiryk J, Kotowski D, Kowalska K, Szczygielski T, Mazgajczyk E, Szymczyk P, Badora G, Bryła E, Dobrzyński M, Rybak Z*: Zastosowanie technologii CAD/CAM w stomatologii odtwórczej: przegląd piśmiennictwa. *Inżynier i Fizyk Medyczny* 2016; 5: 99-104.
3. *Rojas-Vizcaya F*: Full Zirconia Fixed Detachable Implant-Retained Restorations Manufactured from Monolithic Zirconia: Clinical Report after Two Years in Service. *J Prosthodont* 2011; 20: 570-576.
4. *Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, et al*: Marginal and internal fit of four-unit zir-  
conia fixed dental prostheses based on digital  
and conventional impression techniques. *Clin  
Oral Invest* 2014; 18: 515-523.
5. *Ferrini F, Sannino G, Chiola C, Cappare P, Gastaldi G, Gherlone EF*: Influence of  
Intra Oral Scanner (I.O.S.) on the Marginal  
Accuracy of CAD/CAM Single Crowns *Int J  
Environ Res Public Health* 2019; 14: 16(4).
6. *Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, Müller F, Srinivasan M*: CAD-CAM milled versus  
rapidly prototyped (3D-printed) complete  
dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J  
Prosthet Dent* 2019; 30713-3.
7. *Tariq F, Alghazzawi BDS*: Advancements in  
CAD/CAM technology: Options for practical  
implementation *J Prosthodont Res* 2016; 60:  
72-84.
8. *Pietruski JK, Pietruska MD*: Materiały i tech-  
nologie używane we współczesnej protetyce  
stałych uzupełnień zębowych — wady i zale-  
ty przedstawione na podstawie przeglądu pi-  
śmiennictwa i doświadczeń własnych, *Stomat  
Estet* 2013; 3: 89-99.
9. *Barazanchi A, Li KCh, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell N*: Additive Technology: Update  
on Current Materials and Applications in  
Dentistry. *J Prosthodont* 2017, 26: 156-163.
10. *Kochanek-Leśniewska A, Oksiński J*:  
Wykorzystanie metod komputerowych w pro-  
jektowaniu i wykonawstwie metalowych kon-  
strukcji protez szkieletowych; *Protet Stomatol*  
2018; 68: 425-433.
11. *Williams R J, Bibb R, Eggbeer D, Collins J*:  
Use of CAD/CAM technology to fabricate  
a removable partial denture framework. *J  
Prosthet Dent* 2006; 96: 96-99
12. *Berman B*: 3-D printing: the new industrial  
revolution. *Business Horizons* 2012; 55: 155-  
162.
13. *Choi Y-J, Koak J-Y, Heo S-J, et al.*: Comparison  
of the mechanical properties and microstruc-  
tures of fractured surface for Co-Cr alloy fa-

- bricated by conventional cast, 3-D printing laser-sintered and CAD/CAM milled techniques. *J Kor Acad Pros* 2014; 52: 67.
14. *Scheithauer U, Schwarzer E, Richter H-J, et al.*: Thermoplastic 3D printing — an additive manufacturing method for producing dense ceramics. 2015; 12: 26-31.
15. *Młynarski M, Borsuk-Nastaj B*: Zastosowanie technologii selektywnego topienia laserem (SLM) w wykonawstwie stałych uzupełnień protetycznych. *Protet Stomatol* 2012; 62: 203-210.
16. *Słoniewski J, Czop P, Bociek W*: Hybrydowa metoda wytwarzania uzupełnień protetycznych dedykowana implantologii. *Nowoczesny Technik Dentystyczny* 2016; 3: 64-68.
17. *Plaster U*: Naturliche Asymetrien und die patientenindividuelle Wiedergabe der Okklusionsebene ohn traditionellen Transferbogen In: *Quintessenz Zahntech* 2013.
18. *Polz M*: Zahnanatomie, Zahnfunktion und biomechanische Okklusion. In: *Quintessenz Zahntech* 2013.
19. *Fonseca M, Plaster U, Strauss M*: Plane System®. Bestimmung der genauen Lage der Mitte und der individuellen Okklusionsebene im Verhältnis zur natürlichen Lage des Oberkiefers bei einem (zahnlosen) Implantat fall – Teil 1. In: *Quintessenz Zahntech* 2015.
20. *Fonseca M, Plaster U, Strauss M*: Plane System®. Bestimmung der genauen Lage der Mitte und der individuellen Okklusionsebene im Verhältnis zur natürlichen Lage des Oberkiefers bei einem (zahnlosen) Implantat fall – Teil 2. In: *Quintessenz Zahntech* 2015.
21. *Plaster U*: Das Plane System® von analogen Gips – zum digitalen CAD-Modell. In: *Quintessenz Zahntech* 2014.
22. *Katsoulis J, Müller P, Mericske-Stern R, Blatz MB*: CAD/CAM fabrication accuracy of long – vs. short-span implant-supported FDPs; *Clin Oral Implants Res* 2015; 26: 245-249.
23. *Lee DH, Mai HN, Li LJ, Lee KW*: Accuracy of a CAD/CAM-guided template for locating abutment screws for cement-retained implant-supported restorations; *J Prosthet Dent* 2016; 116: 67-73.
24. *Pozzi A, Arcuri L, Moy PK*: The smiling scan technique: Facially driven guided surgery and prosthetics; *J Prosthodont Res* 2018; 62: 514-517.
25. *Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Guth F*: Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites; *J Mech Behav Biomed Mater* 2015; 55: 1-11
26. *Wittneben JG, Gavric J, Belser UC, Bornstein MM, Joda T, Chappuis V, Sailer I, Bragger U*: Esthetic and Clinical Performance of Implant-Supported All-Ceramic Crowns Made with Prefabricated or CAD/CAM Zirconia Abutments: A Randomized, Multicenter Clinical Trial; *J Dent Res* 2017; 96: 163-170.
27. *Bidra A*: The 2-visit CAD/CAM Implant-Retained Overdenture: A clinical report 2014; 722-728.
28. *Nuseir A, Hatamleh MM, Alnazzawi A, Al-Rabab'ah M, Kamel B, Jaradat E*: Direct 3D Printing of Flexible Nasal Prosthesis: Optimized Digital Workflow from Scan to Fit; *J Prosthodont* 2019; 28: 10-14.

Zaakceptowano do druku: 31.01.2019 r.

Adres autorów: 15-276 Białystok,

ul. M. Curie-Skłodowskiej 24a

© Zarząd Główny PTS 2019.