PRZEWODNIK DOTYCZĄCY STOSOWANIA

LuxaPrint Ortho Plus

Zatwierdzona procedura DMG DentaMile

DMG

Przewodnik dotyczący stosowania: LuxaPrint Ortho Plus firmy DMG

Światłoutwardzalna żywica do druku 3D LuxaPrint Ortho Plus została opracowana specjalnie do wytwarzania przezroczystych szyn i aparatów ortodontycznych.

Jako wyrób medyczny klasy II materiał LuxaPrint Ortho Plus jest optymalnie dostosowany do wykonywania szyn okluzyjnych i aparatów ortodontycznych. Jego wysoka przezroczystość jest równa przezroczystości szyn formowanych próżniowo i stanowi podstawę do optymalnej kontroli dopasowania. Wyjątkowo gładka powierzchnia oraz neutralność zapachowa i smakowa zapewniają wysoki komfort noszenia aparatu.

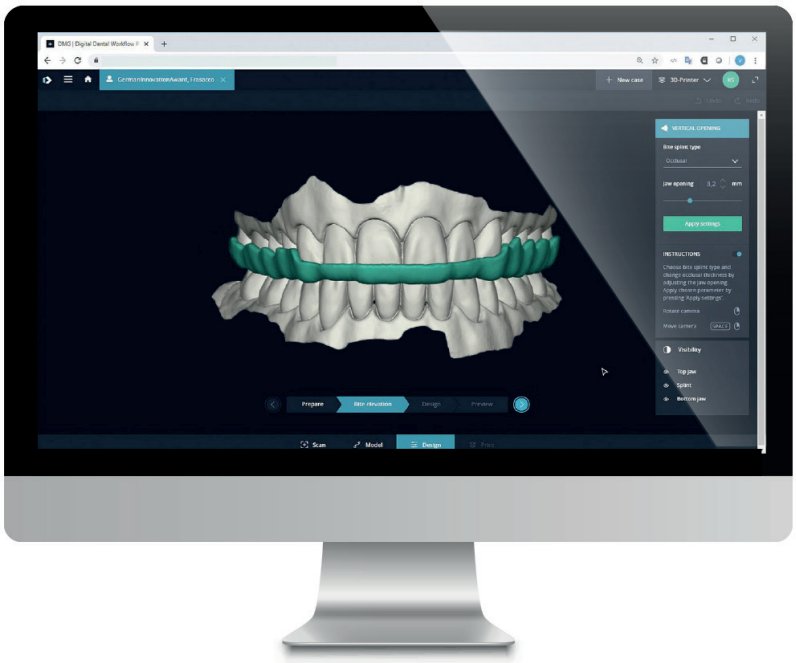
Zatwierdzona procedura DMG DentaMile

W niniejszym Przewodniku dotyczącym stosowania prezentujemy zatwierdzone procedury DentaMile, które mogą zostać wykorzystane do łatwego i niezawodnego uzyskania rezultatów spełniających wysokie wymagania użytkowników aparatów stomatologicznych w zakresie biokompatybilności, stabilności i precyzji.

Procedury DentaMile zostały opracowane w firmie DMG z uwzględnieniem rygorystycznych kryteriów, a następnie przetestowane w naszym cyfrowym centrum zastosowań. Należy postępować dokładnie według poniższej procedury. Zapewni to rezultaty o najwyższej jakości.

DentaMile CONNECT

GERMAN INNOVATION AWARD '20 WINNER



Spis treści

1. Skan 5
2. Projekt 6
3. Przygotowanie do druku 9
4. Drukowanie 15
5. Obróbka końcowa 16
6. Sprawdzenie dokładności dopasowania 19
7. Porównanie wydajności przy orientacji 0° względem 90° 21

Wymagane wyposażenie i materiały

SKAN

Skaner wewnątrzustny lub optyczny skaner biurkowy

PROJEKT

Opcja a) Oprogramowanie **DMG DentaMile connect**
Opcja b) Oprogramowanie do projektowania stomatologicznego (CAD) do tworzenia szyn dentystycznych

WYDRUK

Opcja a) Oprogramowanie **DMG DentaMile connect**
Opcja b) Oprogramowanie do segmentowania odpowiednie do drukarek 3D
(Autodesk Netfabb do DMG 3Demax, DMG 3Delite lub Asiga Composer do drukarek Asiga)

- Żywica **DMG LuxaPrint Ortho Plus**
- Drukarka 3D **DMG 3Demax**, **DMG 3Delite** lub Asiga (np. AsigaMAX)
- **DMG 3Dewash** lub myjka ultradźwiękowa i płyn czyszczący (alkohol izopropylowy ≥ 99% lub etanol ≥ 96%)
- Urządzenie do utwardzania końcowego **DMG 3Decure** lub ksenonowa lampa błyskowa (Otoflash G171 lub Heraflash/HiLite Power 3D)

1. Skanowanie

W celu cyfrowego wykonania szyn okluzyjnych należy najpierw wygenerować cyfrowe dane pacjenta. Można to zrobić w gabinecie stomatologicznym za pomocą skanera wewnątrzustnego lub w laboratorium stomatologicznym za pomocą skanera laboratoryjnego. W zależności od wersji wyciski zębów pacjenta lub modele gipsowe mogą być skanowane bezpośrednio za pomocą skanera laboratoryjnego. Cyfrowe dane pacjenta mogą być następnie wyeksportowane do programu do projektowania.

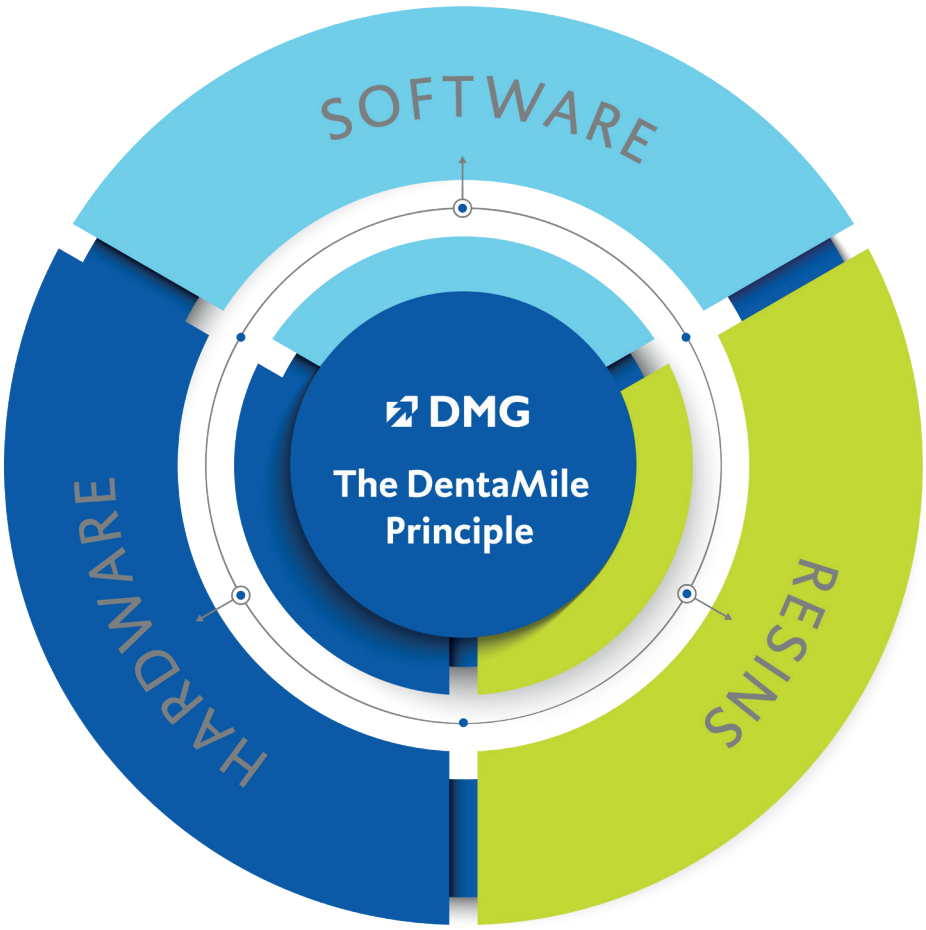
2. Projektowanie

Na podstawie danych cyfrowych dotyczących zębów pacjenta za pomocą odpowiedniego oprogramowania można zaprojektować szynę. Niezależnie od zastosowanego programu należy przestrzegać następujących specyfikacji materiałowych:

Minimalna grubość materiału w przypadku struktur	Maksymalna grubość materiału
1,5 mm	7 mm

2.1. DentaMile connect

Oparte na chmurze oprogramowanie opracowane przez DMG ułatwia druk 3D do tego stopnia, że technologia ta może być w pełni zintegrowana z codzienną pracą, bez żadnych barier technologicznych. Oprogramowanie DentaMile connect otrzymało za to nagrodę German Innovation Award 2020 (Niemiecką Nagrodę za Innowacyjność).

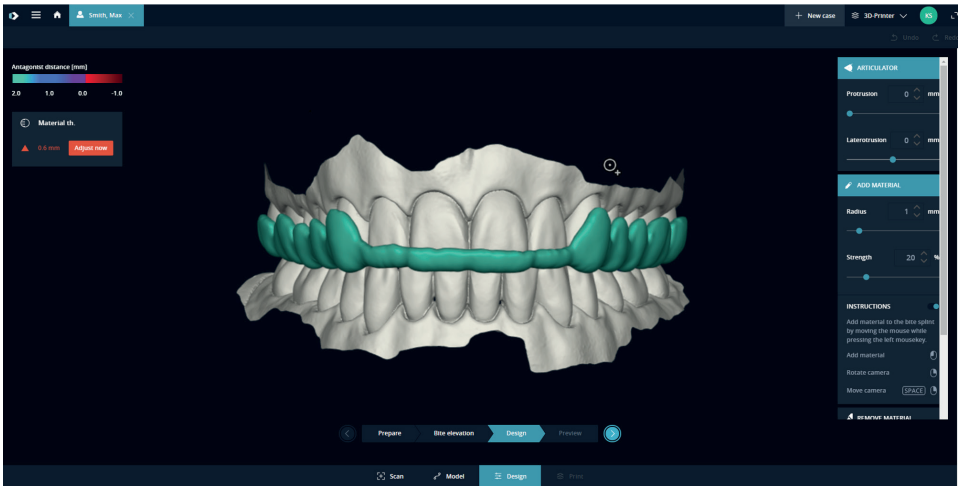


Dzięki **DentaMile connect** można nie tylko rozpocząć naszą zatwierdzoną procedurę na etapie projektowania, ale także korzystać z innych możliwości cyfrowego przechowywania danych pacjenta, co znacznie ułatwia zarządzanie jakością.

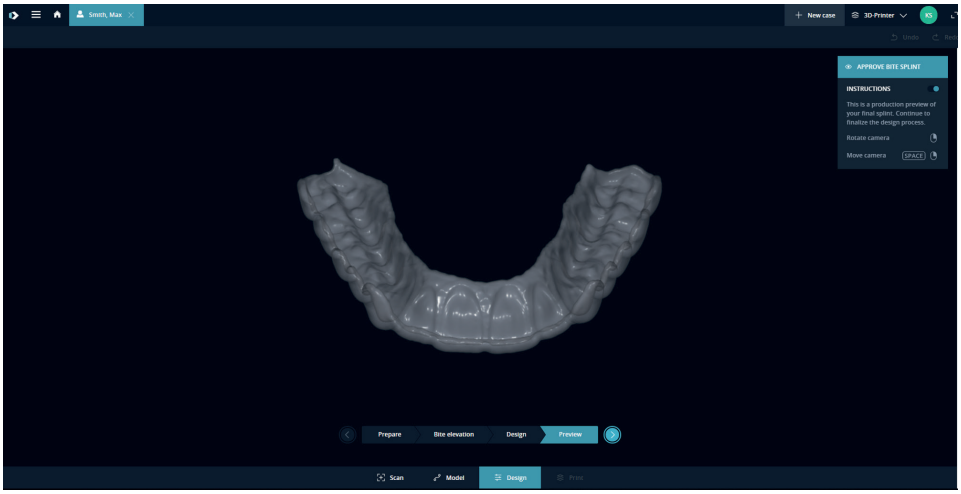
Program inteligentnie prowadzi użytkownika przez całą procedurę, dzięki czemu użytkownik może w pełni skoncentrować się na swojej pracy. Intuicyjny interfejs nie pozwala zapomnieć o żadnych danych, dzięki czemu wynik jest imponujący.

Dodatkowe informacje można znaleźć na stronie **www.DentaMile.com**

Widok szyny w całej szczęce



Ostateczny projekt szyny



2.2. Stomatologiczne oprogramowanie CAD innych firm (np. exocad lub 3Shape)

Podczas projektowania szyny w programie CAD należy zwrócić uwagę na to, aby grubość materiału nie była mniejsza niż wymagane minimum 1,5 mm i nie przekraczała 7 mm.

Następnie należy zaimportować zeskanowane dane pacjenta do programu do projektowania. Program poprowadzi użytkownika przez proces projektowania cyfrowej szyny w kilku krokach. Należy pamiętać, aby postępować zgodnie z zaleceniami producenta oprogramowania.

Dobry projekt szyny ma zasadnicze znaczenie dla komfortu, dopasowania do pacjenta i skuteczności klinicznej produktu końcowego. Nasze drukarki 3D i materiały są tak skonfigurowane, aby dane cyfrowe można było odwzorować z dużą precyzją. Dlatego też szyna powinna być zaprojektowana starannie i dokładnie.

Po zakończeniu konstruowania szyny ostateczny projekt jest ponownie sprawdzany i eksportowany w formacie STL (lub innym obsługiwanym formacie pliku) do oprogramowania drukarki.

Szczegółowe instrukcje dotyczące projektowania szyn dentystycznych można uzyskać od producenta oprogramowania.

3. Przygotowanie do druku

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA:

Należy się zawsze upewnić, czy używane jest właściwe urządzenie i parametry materiału. Nieprawidłowe ustawienia mogą prowadzić do błędów druku i dopasowania szyn, jak również do nieodpowiednich właściwości mechanicznych i braku biokompatybilności.

Cyfrowo zaprojektowaną szynę należy następnie zaimportować do oprogramowania drukarki w celu przygotowania jej do druku.

Na tym etapie ustawia się orientację szyn cyfrowych, a następnie wyposaża je w elementy podtrzymujące w obszarze roboczym drukarki 3D.

3.1. DentaMile connect

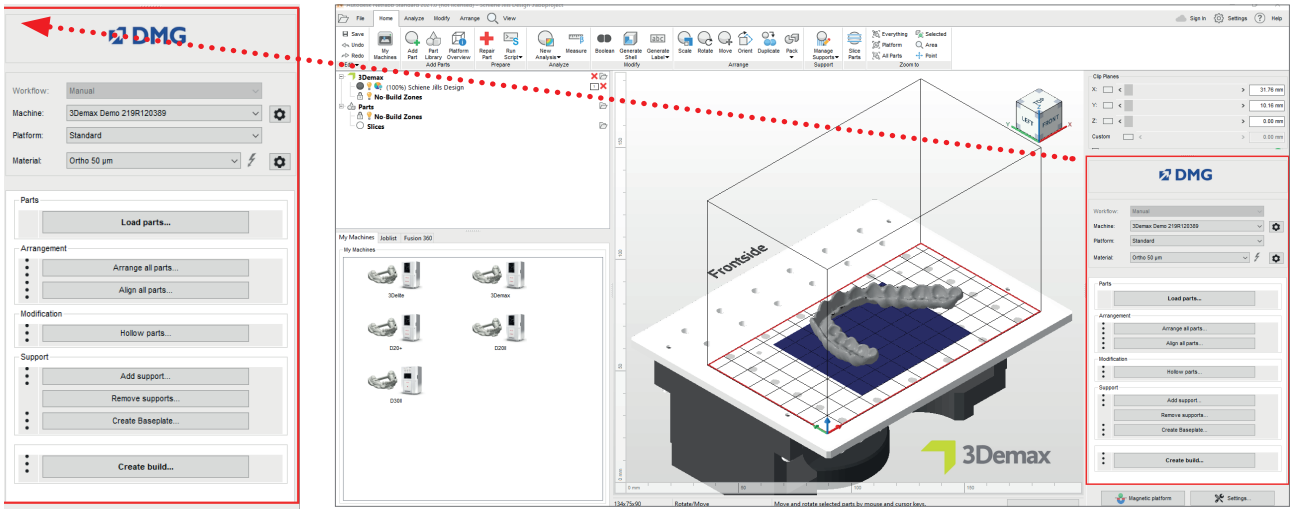
DentaMile connect firmy DMG kontroluje wszystkie niezbędne czynności wykonywane w oprogramowaniu drukarki: Drukarka 3D DMG 3Demax lub DMG 3Delite całkowicie automatycznie obsługuje czynności takie jak ustawienie układu i orientacji drukowanej szyny, dodawanie elementów podtrzymujących oraz dobór materiałów i parametrów bez konieczności ręcznego uruchamiania programu.

3.2. Autodesk Netfabb dla DMG 3Demax i 3Delite (oraz RapidShape D-Series)

3.2.1. Dobór materiału i maszyny

Otworzyć Netfabb i wybrać środowisko urządzenia (np. DMG 3Demax).

Po prawej stronie ekranu pojawi się obszar roboczy DMG (oznaczony niebieskim logo DMG). Na tym etapie program przeprowadzi użytkownika przez wszystkie istotne kroki.



Interfejs obsługowy Autodesk Netfabb

Najpierw należy wybrać drukarkę i materiał »DMG LuxaPrint Ortho Plus« oraz żądaną grubość warstwy. Jeśli materiał ten nie był nigdy wcześniej używany, może być konieczne przejście do ustawień za pomocą ikony znajdującej się obok wiersza materiału i utworzenie odpowiedniego rekordu (patrz instrukcja obsługi 3Demax/3Delite, punkt 6.7).

Wszystkie dostępne grubości warstw zostały sprawdzone w naszym cyfrowym centrum zastosowań i zapewniają dokładny i niezawodny wydruk. Mniejsza grubość warstwy przekłada się na drobniejszą strukturę powierzchni, wyższą dokładność i dłuższy czas druku. Należy pamiętać, że drobniejsza struktura powierzchni może skutkować oszczędnością czasu podczas ostatecznego wykończenia. Wybrać odpowiednią grubość warstwy w zależności od specyfikacji, dostępnego czasu i żądanej jakości powierzchni.

3.2.2. Importowanie do Netfabb

Zaimportować wcześniej utworzony projekt szyny do Netfabb. W tym celu wystarczy przeciągnąć plik do widoku 3D programu lub wybrać »Load Pieces…« (Załaduj elementy) w obszarze roboczym DMG i przejść do odpowiedniego projektu.

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA:

W większości przypadków drukowanie szyn w orientacji 0° lub 20° jest szybsze i bardziej wydajne niż drukowanie w orientacji 90°.

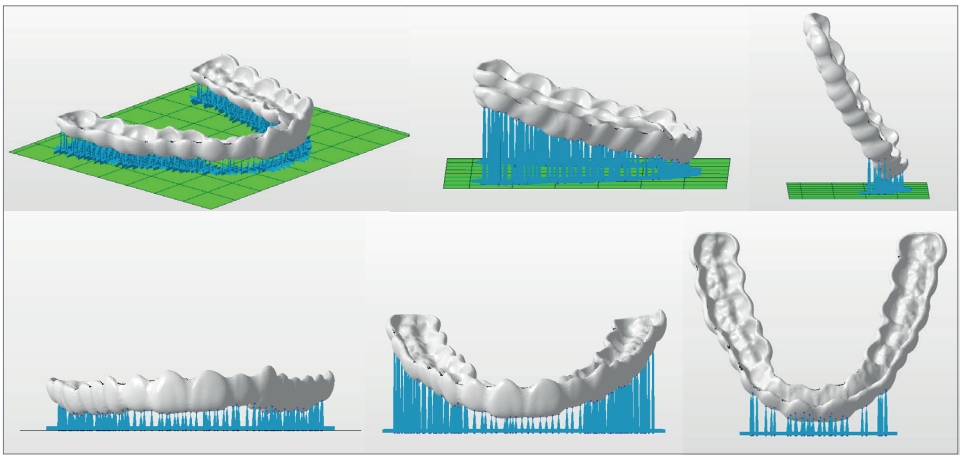
Więcej informacji, patrz punkt 7: Porównanie produktywności 0° względem 90°.

3.2.3. Wyrównywanie szyn

Wyrównać szyny, tak aby ich wewnętrzna strona, istotna w przypadku dopasowania, była zwrócona w kierunku od płytki konstrukcyjnej. Zapewnia to najwyższy stopień dokładności i gwarantuje, że na tych powierzchniach nie powstaną żadne elementy podtrzymujące.

Najlepsze wyniki uzyskuje się przy poziomym ustawieniu szyn (między 0° a 20°). Większe kąty mogą mieć wpływ na dopasowanie i precyzję elementów.

Wyrównywanie szyn (od lewej do prawej) 20° (zalecane), 60°, 90°.



Wyrównanie szyn w Netfabb, w tym elementów podtrzymujących. Strona lewa: 0° (zalecane), środek: 20° (zalecane), strona prawa: 60° (niezalecane)

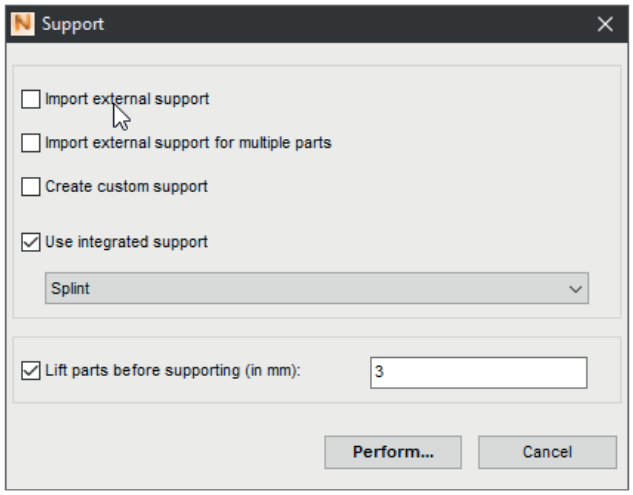
PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA:

Nie należy umieszczać szyn bezpośrednio na płytce konstrukcyjnej! Dłuższe naświetlanie pierwszych warstw wydruku, które jest konieczne, aby obiekt przylegał do płytki konstrukcyjnej, prowadzi w tym przypadku do mniejszej precyzji odwzorowania.

3.2.4. Dodawanie elementów podtrzymujących

Następnie należy wybrać »Add support…« (Dodaj element podtrzymujący), w następnym oknie dialogowym »Use integrated support« (Zastosuj zintegrowany element) i w menu rozwijanym »Splint« (Szyna), aby wyposażyć przedmiot w elementy podtrzymujące.

Dodatkowo należy wybrać element menu »Lift components before support (in mm)« (Podnieś komponenty przed el. podtrzymującym (w mm)), aby podnieść komponent o kilka milimetrów w stosunku do płytki konstrukcyjnej.
Optymalna wartość dla szyn to 2–4 mm. Pozwala to na łatwiejsze usunięcie elementów podtrzymujących w dalszych etapach procesu i uzyskanie precyzyjnego wyniku drukowania.



Okno »Support« (Elementy podtrzymujące)

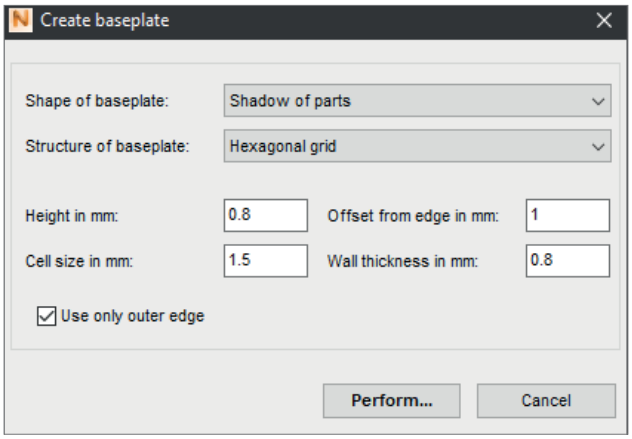
Program automatycznie oblicza optymalną pozycję elementów podtrzymujących i wstawia je pomiędzy płytkę konstrukcyjną a szynę. Należy sprawdzić obiekt pod kątem prawidłowego rozmieszczenia elementów podtrzymujących. Na wewnętrznych powierzchniach istotnych w przypadku dopasowania nie powinny się znajdować żadne elementy podtrzymujące. W razie potrzeby należy usunąć poszczególne elementy podtrzymujące za pomocą funkcji edycji.

Zintegrowany automatyczny skrypt obsługujący elementy podtrzymujące działa w większości przypadków bez zarzutu. Ponieważ jednak każdy drukowany obiekt jest inny, może się zdarzyć, że elementy podtrzymujące zostaną umieszczone nieprawidłowo i trzeba je będzie usunąć ręcznie. Zazwyczaj nie jest konieczne dodawanie poszczególnych elementów podtrzymujących.

Oprogramowanie umożliwia również importowanie zewnętrzne zaprojektowanych elementów podtrzymujących.

3.2.5. Płyta bazowa

W razie potrzeby do obiektu można dodać płytę bazową w postaci siatki heksagonalnej. Płyta bazowa zapewnia lepsze przyleganie do płytki konstrukcyjnej i tym samym minimalizuje błędy w druku. Podstawowe ustawienia sugerowane przez Netfabb dają dobre rezultaty w większości przypadków (siatka z polami heksagonalnymi, wysokość: 1,5 mm, wielkość pola: 1,5 mm, przesunięcie na krawędzi: 0 mm, grubość ścianki: 0,8 mm)

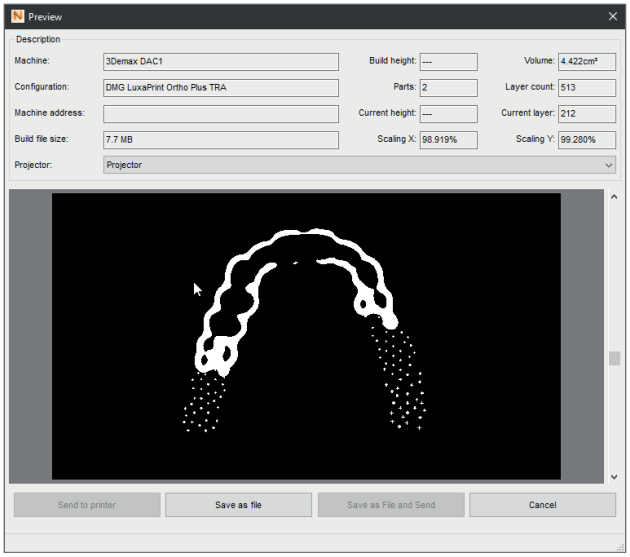


Okno »Create baseplate« (Utwórz płytę bazową)

3.2.6. Tworzenie zadania konstrukcyjnego (segmentowanie) i przesyłanie go do drukarki

Gdy tylko rozmieszczenie elementów na płytce konstrukcyjnej, elementów podtrzymujących i płyt bazowych jest zadowalające, należy ponownie sprawdzić ustawienia materiału i maszyny i utworzyć plik o rozszerzeniu czytelnym dla drukarki za pomocą funkcji »Create build job« (Utwórz zadanie konstrukcyjne). Po obliczeniu poszczególnych warstw wydruku (tzw. »segmentowanie«) pojawi się okno podglądu. Można w nim przewijać warstwy zadania do druku i przeglądać utworzony obiekt.

Następnie należy przesłać gotowe zadanie wydruku do drukarki 3D przez połączenie sieciowe lub skorzystać z pamięci przenośnej USB.



Podgląd obliczonego zadania drukowania

Cała powierzchnia tworzenia jest oznaczona kolorem czarnym, a powierzchnie, które mają być naświetlane – kolorem białym. Przykładowo na warstwie 187 na ilustracji elementy podtrzymujące są jeszcze częściowo tworzone, ale zarys szyny jest już w dużym stopniu rozpoznawalny.

3.3. Asiga Composer

3.3.1. Dobór materiału i maszyny

Otworzyć Asiga Composer i wybrać nowy projekt, lub otworzyć wcześniej zapisany projekt. Wybrać drukarkę i materiał »DMG LuxaPrint Ortho Plus TRA«. Grubość warstwy zatwierdzona przez DMG wynosi 0,050 mm (= 50 µm) i zapewnia najlepsze wyniki.

3.3.2. Importowanie do programu Asiga Composer

Zaimportować wcześniej utworzony projekt szyny do programu Asiga Composer. W tym celu wystarczy przeciągnąć plik do widoku 3D programu lub wybrać punkt menu »Add Parts…« (Dodaj części).

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA:

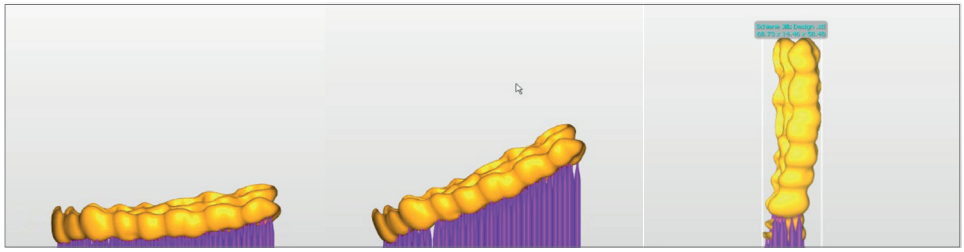
W większości przypadków drukowanie szyn w orientacji 0° lub 20° jest szybsze i bardziej wydajne niż drukowanie w orientacji 90°.

Więcej informacji, patrz punkt 7: Porównanie produktywności 0° względem 90°

3.3.3. Wyrównywanie szyn w programie Asiga Composer wraz z elementami podtrzymującymi

Wyrównać szyny, tak aby ich wewnętrzna strona, istotna w przypadku dopasowania, była zwrócona w kierunku od płytki konstrukcyjnej. Zapewnia to najwyższy stopień dokładności i gwarantuje, że na tych powierzchniach nie powstaną żadne elementy podtrzymujące.

Najlepsze wyniki uzyskuje się przy poziomym ustawieniu szyn (między 0 ° a 20 °). Większe kąty mogą mieć wpływ na dopasowanie i precyzję elementów.



Strona lewa: 0° (zalecane), środek: 20° (zalecane), strona prawa: 90° (niezalecane)

3.3.4. Dodawanie elementów podtrzymujących

W celu dodania elementów podtrzymujących do projektu należy wybrać punkt menu »Generate Support« (generowanie elementów podtrzymujących). Sugerowane wartości zostały już zoptymalizowane dla danego materiału, więc wystarczy rozpocząć automatyczne generowanie, klikając »Apply« (Zastosuj). Oprogramowanie analizuje obiekt i umieszcza elementy we wszystkich niezbędnych punktach. W tym samym czasie obiekt zostaje nieznacznie uniesiony nad płytkę konstrukcyjną. Pozwoli to na łatwe usunięcie tych elementów na późniejszym etapie.

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA:

Nie należy umieszczać szyn bezpośrednio na płytce konstrukcyjnej! Dłuższe naświetlanie pierwszych warstw wydruku, które jest konieczne, aby obiekt przylegał do płytki konstrukcyjnej, prowadzi w tym przypadku do mniejszej precyzji odwzorowania.

Należy sprawdzić obiekt pod kątem prawidłowego rozmieszczenia elementów podtrzymujących. Na wewnętrznych powierzchniach istotnych w przypadku dopasowania nie powinny się znajdować żadne elementy podtrzymujące. W razie potrzeby należy usunąć poszczególne elementy podtrzymujące.

3.3.5. Wysyłanie zadania wydruku do drukarki

Po wciśnięciu punktu menu »Build« (Wykonaj) użytkownik przechodzi do kreatora zadania. Można tu ponownie sprawdzić ustawienia i w razie potrzeby utworzyć płytę bazową. Jeśli projekt jest zadowalający, można wysłać zadanie drukowania do drukarki.

4. Drukowanie

4.1. Potrząsnąć materiałem

≥ 01:00 min.

Przed użyciem należy potrząsać opakowaniem materiału DMG LuxaPrint Ortho Plus przez co najmniej jedną minutę. Dzięki temu uzyskany produkt jest zawsze jednorodny, a tym samym niezmiennie charakteryzuje się wysoką jakością wykonania.

4.2. Skanowanie znaczników RFID

Aby zapewnić większą niezawodność procesu, należy zeskanować kod RFID materiału. Urządzenie może wykryć ewentualne wprowadzenie błędnych informacji dotyczących materiału i w razie potrzeby wygenerować ostrzeżenie (funkcja dostępna dla DMG 3Demax/DMG 3Delite (DMG), D30 / D20 + / D20 + wkład / D10 + (RapidShape), P20 + / P10 + kapsułka (Straumann).

4.3. Dodawanie materiału do drukowania

Umieścić LuxaPrint Ortho Plus w zbiorniku żywicy drukarki 3D. Należy się upewnić, że zbiornik jest wystarczająco napełniony, aby żywica mogła być podawana bez przeszkód, nawet jeśli płytka konstrukcyjna jest całkowicie zapełniona. Nie należy nigdy napełniać zbiornika żywicy po brzegi, gdyż żywica może się przelać i zanieczyścić drukarkę. Dla każdego biokompatybilnego materiału do druku 3D należy używać oddzielnych tacek na materiały, aby uniknąć zanieczyszczenia krzyżowego.

4.4. Rozpoczęcie zadania drukowania 3D

Rozpocząć zadanie drukowania na drukarce 3D.

5. Obróbka końcowa

Inteligentna komunikacja
Użytkownik systemu druku 3D firmy DMG składającego się z 3Demax, 3Dewash i 3Decure korzysta z inteligentnego połączenia tych urządzeń. Gdy tylko zadanie drukowania na drukarce zostanie zakończone, wszystkie istotne informacje są przekazywane do urządzeń do obróbki końcowej, gdzie wystarczy wybrać odpowiednie zadanie drukowania, aby rozpocząć określoną obróbkę.

5.1. Odciek żywicy

Po zakończeniu drukowania należy pozostawić szyny w drukarce na mniej więcej 10:00 minut, aby płynna niezwiązania żywica mogła spłynąć. Zapewnia to oszczędność materiału i skraca proces czyszczenia.

5.2. Odłączanie elementów od płytki konstrukcyjnej

Ostrożnie odłączyć wydrukowane obiekty od płytki konstrukcyjnej. Użyć szpatułki lub nożyka dołączonego do drukarki (lub podobnego narzędzia do cięcia).

W przypadku korzystania z urządzenia DMG 3Delite (DMG), D10 + (Rapidshape) lub P10 + (Straumann) należy pozostawić obiekty na płytce konstrukcyjnej i zawiesić całą płytę w odpowiednim urządzeniu do czyszczenia (DMG 3Dewash, RS wash lub P wash).

5.3. Czyszczenie

Po wydrukowaniu należy starannie oczyścić szyny z wszelkich nieutwardzonych materiałów. Do każdego biokompatybilnego materiału do drukowania należy stosować oddzielne roztwory czyszczące, aby uniknąć zanieczyszczenia krzyżowego.

5.3.1. 3Dewash (lub RS wash / P wash)

Wystarczy umieścić wydrukowane obiekty w komorze czyszczenia i wybrać program przeznaczony dla DMG LuxaPrint Ortho Plus lub odpowiednie zadanie drukowania (wymagana funkcja Intelligent Connectivity). Do czyszczenia należy użyć alkoholu izopropylowego (≥ 99%).

5.3.2. Czyszczenie ultradźwiękowe

Przy braku wyżej wymienionych urządzeń czyszczących należy wstępnie czyścić szynę etanolem (≥ 96%) lub alkoholem izopropylowym (≥ 99%) w myjce ultradźwiękowej przez maksymalnie 03:00 minuty. W razie potrzeby można również użyć szczotki. Jeśli jest to możliwe, można następnie oczyścić przedmioty sprężonym powietrzem. Na koniec należy w oddzielnym pojemniku ponownie oczyścić przedmioty czystym etanolem (≥ 96%) lub alkoholem izopropylowym (≥ 99%) przez maksymalnie 02:00 minuty.

Przed przystąpieniem do utwardzania końcowego upewnić się, że szyny całkowicie wyschły. W tym celu należy użyć sprężonego powietrza lub pozostawić elementy do wyschnięcia na powietrzu przez mniej więcej 30:00 minut. Należy również sprawdzić, czy na szynach nie ma żadnych pozostałości nieutwardzonej żywicy.

5.4. Utwardzanie końcowe

Prawidłowe utwardzanie końcowe elementów jest ważne dla uzyskania biokompatybilnego rezultatu z optymalnymi właściwościami mechanicznymi i doskonałym dopasowaniem. Dlatego należy zawsze zwracać uwagę na prawidłowe utwardzenie końcowe i dokładnie przestrzegać podanych zaleceń. W komorze naświetlania nigdy nie umieszczać szyn jedna na drugiej i upewnić się, że elementy są oświetlane ze wszystkich stron.

PRAKTYCZNA WSKAZÓWKA:

Zarówno zbyt krótkie, jak i zbyt długie lub zbyt intensywne utwardzanie prowadzi do utraty dokładności z powodu zniekształceń w elemencie i do przebarwienia elementów.

5.4.1. DMG 3Decure

Wystarczy umieścić wydrukowany obiekt w komorze urządzenia i wybrać program przeznaczony dla DMG LuxaPrint Ortho Plus lub odpowiednie zadanie drukowania (wymagana funkcja Intelligent Connectivity).

5.4.2. Otoflash/Heraflash/HiLitePower3D

Umieścić wydrukowane obiekty w komorze urządzenia naświetlającego i utwardzić po wybraniu następujących ustawień.

Moduł światłoutwardzalny	Czas utwardzania	Wskazówki
Otoflash G171 (myjka N360)	2 × 2000 impulsów	Po pierwszych 2000 błysków należy pozostawić wydrukowan y obiekt do ostygnięcia i odwrócić go na drugą stronę.
Heraeus Heraflash / Kulzer HiLite power 3D	2 x 180 Sekunden	Nach den ersten 180 Sekunden Druckobjekt abkühlen lassen und wenden

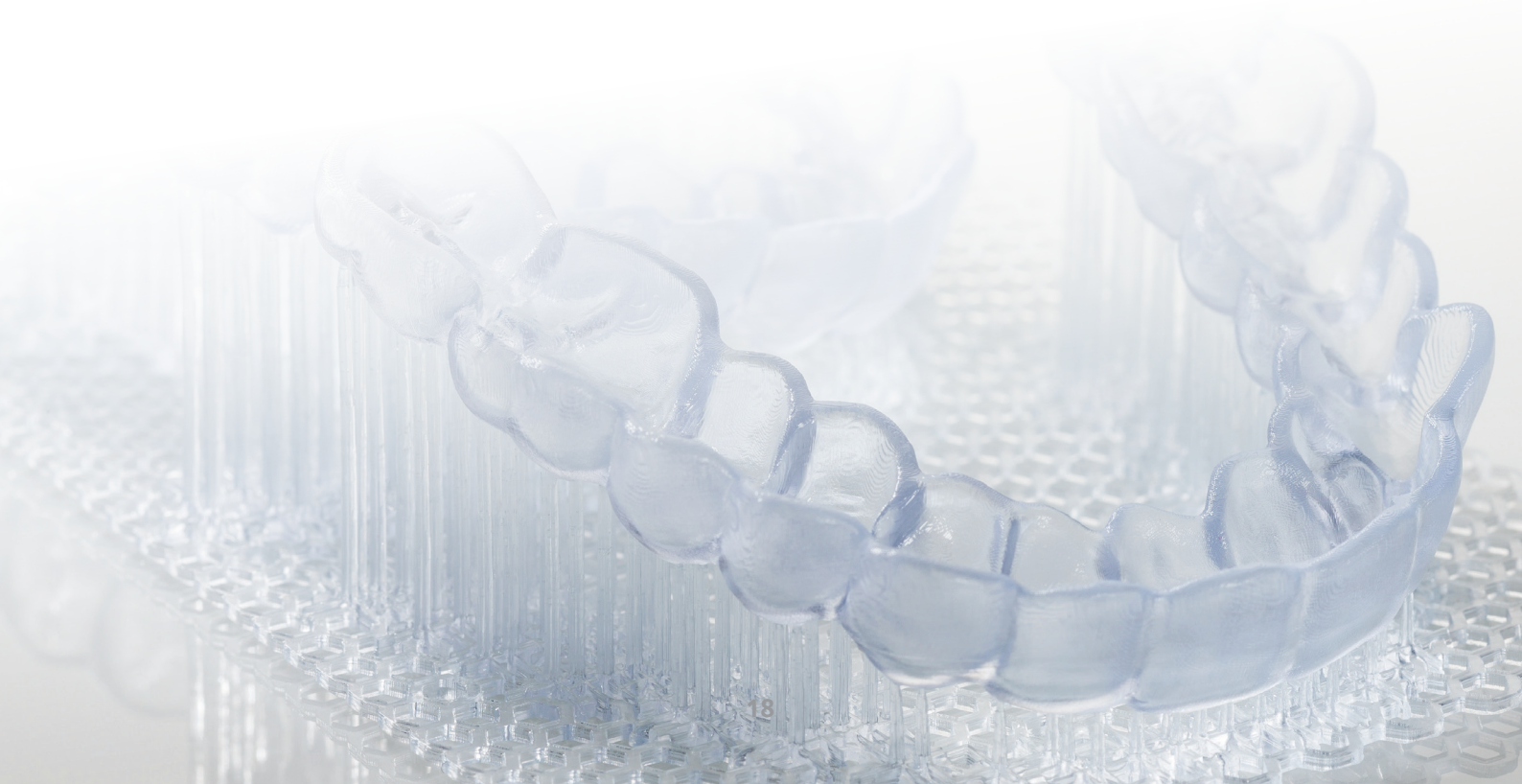
5.5. Odłączanie elementów podtrzymujących

Ostrożnie odłączyć elementy podtrzymujące. Najlepiej użyć narzędzia ręcznego z tarczą tnącą. Pozostałości elementów podtrzymujących można następnie ostrożnie usunąć za pomocą frezarki.

5.6. Polerowanie

- **OBRÓBKA WSTĘPNA:** Szorstkie pozostałości elementów podtrzymujących należy najpierw zeszlifować papierem ściernym, np. korundowym (wielkość ziarna np. 120 µm).
- **SZLIFOWANIE FORMUJĄCE:** Do zmiany kształtu krawędzi szyny lub ich skrócenia można użyć frezów ceramicznych lub drobnych, poprzecznych frezów z tworzywa sztucznego.
- **POLEROWANIE WSTĘPNE:** Do usuwania, zaokrąglania lub wygładzania krawędzi i powierzchni zalecamy użycie ściernicy z włókniny impregnowanej silikonem (opcjonalnie).

  Szyny należy wstępnie wypolerować proszkiem pumeksowym i szczotką z włosia koziego.
- **WYKOŃCZENIE NA POŁYSK:** Końcowy wysoki połysk można uzyskać przy użyciu polerki i uniwersalnej pasty polerskiej do tworzyw sztucznych.



6. Sprawdzenie dokładności dopasowania

Wszystkie nasze materiały i procesy druku są sprawdzane i oceniane pod względem osiąganej dokładności.

W ostatnim badaniu przeprowadzonym przez Benedikta C. Spiesa i in. ***(Wesemann, C.; Spies, B. C.; Schaefer, D.; Adali, U.; Beuer, F.; Pieralli, S. J. Mech. Behav. Biomed. Mater. 2021, 114, 104179)*** zbadano dokładność szyn drukowanych w 3D i ich dopasowanie w porównaniu z szynami wykonanymi w sposób konwencjonalny. Autorzy stwierdzili, że średnie odchylenia do 174 µm w stosunku do powierzchni dopasowania (tj. wewnętrznej strony szyny zwróconej w stronę zębów) mieszczą się w zakresie przydatności do zastosowania klinicznego. W tym samym badaniu stwierdzono średnie odchylenia wynoszące 42 µm dla powierzchni dopasowania konwencjonalnie wykonywanych szyn dentystycznych z zastosowaniem formowania wtryskowego. W przypadku szyn frezowanych średnie odchylenia wynosiły również 42 µm.

Powierzchnie dopasowania szyn dentystycznych wykonanych przy zastosowaniu zatwierdzonej procedury z użyciem żywicy LuxaPrint Ortho Plus, drukarki DMG 3Demax, urządzenia czyszczącego DMG 3Dewash i urządzenia utwardzającego DMG 3Decure wykazują średnie odchylenia na poziomie 40 µm, a zatem są porównywalne z dokładnością osiągniętą w wyżej wymienionym badaniu szyn wykonywanych metodą konwencjonalną oraz frezowanych. Innymi słowy, 99,4% powierzchni wykazuje odchylenie o mniej niż 150 mikrometrów od cyfrowych danych wyjściowych. 92,5% powierzchni odbiega od wyjściowych danych cyfrowych o mniej niż 100 mikrometrów.

Porównanie powierzchni dopasowania szyny dentystycznej wykonanej przy zastosowaniu zatwierdzonej procedury DentaMile z cyfrowymi danymi wyjściowymi. 99,4% punktów danych mieści się w granicach tolerancji 150 µm. Średnie odchylenie wynosi 40 µm.

7. Porównanie produktywności orientacja 0° względem 90°

Drukowanie szyn w orientacji pionowej wydaje się na pierwszy rzut oka bardzo wydajne, ponieważ w porównaniu z orientacją płaską w jednym procesie drukowania można wyprodukować więcej elementów (do 11 szyn w 90 ° wobec 3–4 szyn w orientacji 0 ° na płytce konstrukcyjnej DMG 3Demax).

Ze względu na konieczność dodatkowego utwardzania w procesach DLP i SLA przy bardziej stromych kątach orientacji (ponad 30 °) szyn zmniejsza się również osiągana dokładność odwzorowania zadania drukowania (patrz również 3.2.3). Może to prowadzić do trudności z dopasowaniem szyny do pacjenta. W najgorszym przypadku szyna nie będzie mogła zostać użyta.

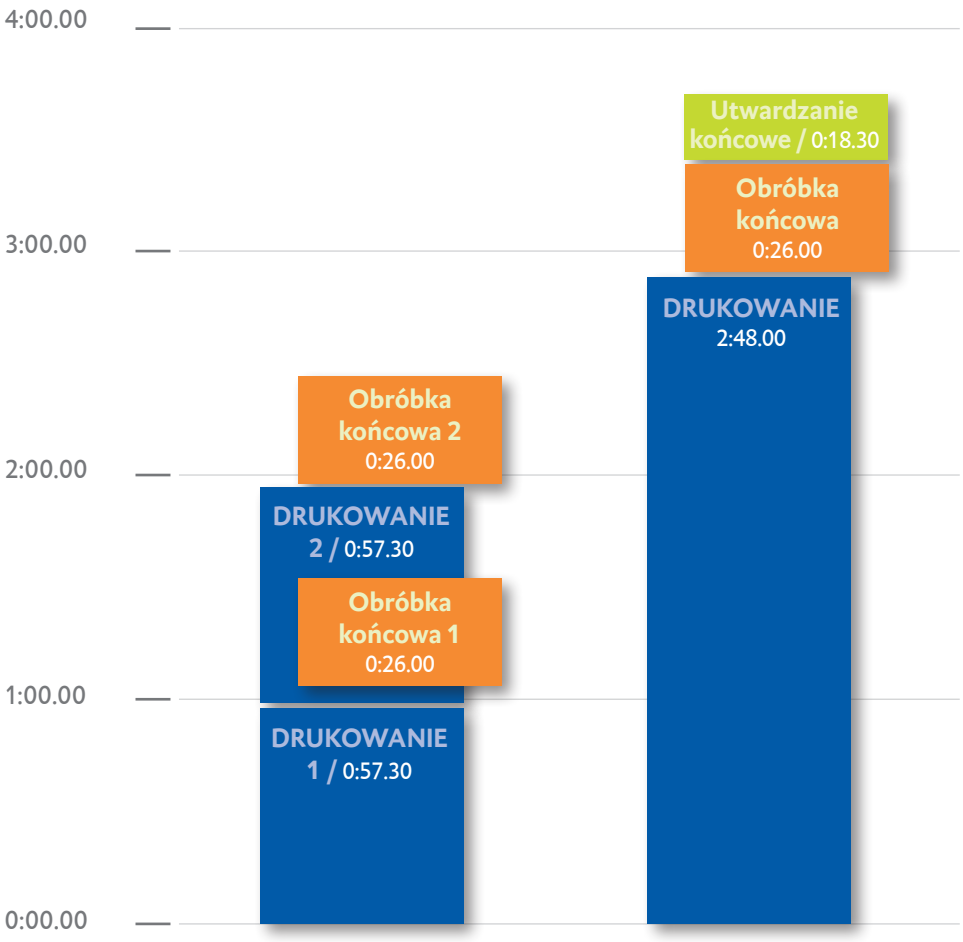
Drukowanie 3D szyn okluzyjnych w orientacji płaskiej jest zalecane nie tylko z wyżej wymienionych powodów. Przy bliższym przyjrzeniu się całemu procesowi staje się jasne, że w większości przypadków druk w orientacji płaskiej oznacza również wyraźną przewagę pod względem wydajności i szybkości.

Poniżej przedstawiono porównanie produktywności dla obu kierunków druku (0° i 90°) przy drukowaniu szyn okluzyjnych. W naszym scenariuszu badawczym wydrukowaliśmy 6 szyn w orientacji pionowej (90°) i poziomej (0°), a następnie szyny te zostały poddane obróbce końcowej opisanej w niniejszym dokumencie. Rejestrowano czas potrzebny na wykonanie poszczególnych procesów (LuxaPrint Ortho Plus, DMG 3Demax, DMG 3Dewash, DMG 3Decure):

Czas potrzebny na wydrukowanie szyn i obróbkę końcową.

DRUKOWANIE		
Orientacja	**Ilość (maks.)**	**Czas trwania**
0°	3 – 4	0:45:30
90°	11	02:36:00

OBRÓBKA KOŃCOWA		
Proces	**Ilość (maks.)**	**Czas trwania**
Usuwanie żywicy (opcja)	–	00:10:00
Odłączanie elementów	–	00:02:00
3Dewash	5	00:07:30
3Decure	5	00:18:30

Ponieważ nieodłącznym elementem druku 3D jest kapanie i luzowanie się elementów, te procesy i drukowanie elementów podsumowano na rys. 5 w celu uzyskania bardziej przejrzystego obrazu. Jako że urządzenie do naświetlania wtórnego DMG 3Decure zapewnia wystarczającą przestrzeń dla 5 szyn, utwardzanie końcowe musi być przeprowadzone dwukrotnie w obu orientacjach. W przypadku druku w orientacji 0° jest to możliwe już podczas drugiego procesu drukowania, podczas gdy w przypadku druku 90 ° drugi proces naświetlania może być przeprowadzony dopiero po nim. Dlatego w całym procesie należy uwzględnić potrzebny na to czas. W zależności od orientacji druku czas potrzebny na wykonanie 6 szyn wynosi 02:21 h (orientacja 0°) lub 03:33 h (orientacja 90°), jak pokazano na poniższym rysunku. W orientacji 0° należy wykonać dwa procesy drukowania z 3 szynami każdy. Podczas drugiego drukowania (druk 02, kolor niebieski) można wykonać całą obróbkę końcową pierwszego wydruku (wymagany czas: 26 minut). Następnie należy przeprowadzić obróbkę końcową (kolor pomarańczowy) drugiego wydruku. W przypadku drukowania pod kątem 90° wystarcza jedno zadanie drukowania (kolor niebieski; wymagany czas: 2 godziny 48 minut). W tym samym czasie w 3Decure można ponownie naświetlić maksymalnie 5 szyn. Dlatego należy ponownie wykonać utwardzanie końcowe (kolor zielony).

Wymagany czas (w godzinach) w celu wydruku 3D 6 szyn przy zastosowaniu zatwierdzonej procedury DentaMile w orientacji 0° (po lewej) i 90° (po prawej). W przypadku druku 6 szyn w orientacji płaskiej można zaoszczędzić ponad jedną godzinę w porównaniu z drukowaniem w orientacji pionowej.