

MODELE ELEMENTÓW ARCHITEKTONICZNYCH Z ŻYWICY – WYBRANE REFLEKSJE NA TEMAT MOŻLIWOŚCI TECHNIK PRZYROSTOWYCH W KONTEKŚCIE PROJEKTOWANIA

DOI: 10.37660/integr.2020.6.1.1

WSTĘP

Nowoczesne technologie służą człowiekowi w niespotykanym niegdyś zakresie. Mogą być panaceum na niedostatki świata zewnętrznego, pomocą w wykonywaniu codziennych zajęć, ułatwieniami w przemieszczaniu się, a także środkami do zapewnienia odpowiedniej przestrzeni dla różnych rodzajów aktywności i odpoczynku. W tym punkcie styczności architektury i urbanistyki z techniką sytuują się refleksje zawarte w niniejszej publikacji. Po krótkim zarysie kontekstu postępu technologicznego (ze szczególnym podkreśleniem rozwoju drukowania przestrzennego) przedstawiono kilka przykładów ukazujących praktyczne zastosowanie nowoczesnych technologii. Rozważania te dotyczą głównie niektórych zagadnień związanych z ich stosowaniem we współczesnym budownictwie i w pracowni architektonicznej.

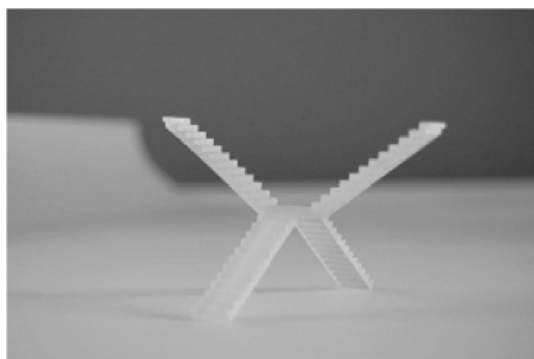
ROZWÓJ NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII

Od czasów rewolucji przemysłowej świat zachodni doświadcza nieustannego postępu w coraz to nowych dziedzinach. Kultura śródziemnomorska, oparta na podwalinach stworzonych przez antyczne byty państwowe, zbudowała podstawy do powstania cywilizacji globalnej. Rozprzestrzenione światłe idee antenatów znalazły godnych kontynuatorów w różnych zakątkach Ziemi, a zawężanie prawa do powoływania się na ich dziedzictwo tylko do wybranych przedstawicieli ludzkości wydaje się co najmniej dyskusyjne. Znamiennym przykładem tego jest rozwój technologii. Światowa rywalizacja pomiędzy potentatami w poszczególnych dziedzinach prowadzi do ustawicznego wzrostu wiedzy technicznej i możliwości wytwarzania dóbr przemysłowych, który wydaje się nie mieć końca. Jest to nieunikniony proces, który będzie kontynuowany przez następne pokolenia zdobywców. Ciekawy przykład zadufania piewców idei, jakoby ludzkość osiągnęła szczyt swojego rozwoju, przytacza Marian Arsyński w książce pt. *Idea – pamięć – troska. Rola zabytków w przestrzeni społecznej i formy działań na rzecz ich zachowania od Starożytności do połowy XX wieku*. Przypomina on, że w 1899 roku szef amerykańskiego urzędu patentowego proponował likwidację tej instytucji, która jego zdaniem wkrótce miała stać się całkowicie bezużyteczna. Twierdził tak, gdyż jego zdaniem wszystkie wynalazki, jakie można było w ogóle wynaleźć, już zostały wy-

dr inż. arch. Aleksander Filip Furmanek, <https://orcid.org/0000-0002-3337-8435>
Katedra Architektury i Urbanistyki, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

nalezione². Jak widać zachwył skalą postępu może mieć też narcystyczne, a przy tym także groteskowe oblicze.

Nierozłączną cechą ludzkiej cywilizacji jest **progres**. Ma on różne nasilenie w okresach dziejowych i miejscach, ale wiąże się z naturalną potrzebą człowieka do ciągłego doskonalenia siebie i swojego otoczenia, przedmiotów codziennego użytku, środków transportu itd. Kształtowanie środowiska życia ludzkiego wiąże się z zastosowaniem odpowiednich materiałów. Dzięki masowemu zastosowaniu metali i tworzyw sztucznych egzystencja stała się bardziej komfortowa dla człowieka. Autorzy książki *Techniki przyrostowe. Druk 3D. Drukarki 3D*, Przemysław Siemiński i Grzegorz Buczek, omawiając historyczne i współczesne metody kształtowania wyrobów, zauważają, że obecnie większość masowo produkowanych przedmiotów z metali czy tworzyw sztucznych jest kształtowana za pomocą przemysłowych technik wytwarzania, wśród których prym wiodą: odlewnictwo, obróbka plastyczna



Rys. 1. Model schodów krzyżowych wydrukowany przy użyciu technik przyrostowych (opracowanie własne)

Fig. 1. A cross stairs¹ model printed using additive manufacturing (own study)

na oraz obróbka ubytkowa³. Są to już techniki tradycyjne, a oprócz nich, jak dalej zauważają wspomniani badacze, „od stuleci do wykonywania makiet i niektórych produktów wykorzystywane były też **techniki przyrostowe (techniki addytywne, ang. additive manufacturing)**. W odróżnieniu od obróbki ubytkowej polegają one na nakładaniu materiału budulcowego lub łączeniu przygotowanych wcześniej kawałków materiałów”⁴. To w ten sposób wykonuje się metodami konwencjonalnymi modele architektoniczne. Implementacja druku przestrzennego w tej

dziedzinie nie jest rewolucją, lecz stopniową ewolucją stosowanych już w przeszłości tradycyjnych sposobów odwzorowywania zamysłu projektowego, które należy uznać również za techniki przyrostowe. Manualną pracę w coraz większym zakresie przejmują sterowane numerycznie obrabiarki (np. frezarki, tokarki, wycinarki laserowe, elektroerozyjne wycinarki drutowe itp.) w przypadku technologii CNC (skrót od angielskiego terminu *Computer Numerical Control*), czyli komputerowego sterowania maszyn i urządzeń⁵, a także drukarki 3D. Obie te metody zdobyły już silną pozycję na rynku, jednak w tej pracy skupiono się na tej drugiej (rys. 1).

¹ Por. przypis 446 w: M. Arszyński, 2007. *Idea – pamięć – troska. Rola zabytków w przestrzeni społecznej i formy działań na rzecz ich zachowania od Starożytności do połowy XX wieku*. Wyd. Muzeum Zamkowe w Malborku, Malbork, s. 131. Autor ten opiera się w nim na: Sommer Th., 1999. *Der Zukunft entgegen*. Hamburg.

³ Por.: P. Siemiński, G. Budzik, 2015. *Techniki przyrostowe. Druk 3D. Drukarki 3D*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s. 11.

⁴ Ibidem.

⁵ Za: Ibidem, s. 9.

Znanych metod druku przestrzennego jest już dość dużo, a także opracowań na ten temat w literaturze w języku polskim⁶, dlatego w tym miejscu pominięto ich omawianie. Wybrane technologie różnią się zasadniczo właściwościami i ceną. W przypadku rozwiązań profesjonalnych i produkcyjnych, czyli zazwyczaj nieporównanie droższych od druku niskobudżetowego, wybór jest odpowiednio ciekawszy. Na uwagę zasługują drukarki 3D pracujące w technologii SLA (stereolitografia), gdyż wydruki prezentują wysoki poziom jakości wykonania, w tym dokładności, a cena tych urządzeń jest stosunkowo dostępna. Są również zaawansowane urządzenia innych technologii, i zazwyczaj dużo droższe, które umożliwiają uzyskiwanie wydruków w wielu kolorach – od dwóch, trzech, aż po pełną gamę kolorystyczną CMYK. Wspomniane wyżej możliwości techniczne znajdują coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach. Przykładami mogą tu być m. in.: nauka, lotnictwo, przemysł samochodowy, sztuka, medycyna (protezy ortopedyczne, dentystyczne), weterynaria (w szczególności protezy dla zwierząt), moda i branża odzieżowa, zabawki, gadżety, jubilerstwo, branża spożywcza i indywidualnie przygotowywane posiłki czy słodycze (cukiernictwo), przemysł zbrojeniowy (krytykowana jest możliwość niekontrolowanego wytwarzania w warunkach domowych broni, co technicznie jest możliwe), architektura i budownictwo. Obserwując branżę produkcji przyrostowej, a w szczególności wytwarzanie niskobudżetowych drukarek 3D, można zauważyć, że polskie przedsiębiorstwa nad wyraz dobrze radzą sobie w tej niszy rynkowej i zdobywają coraz szerszy rynek zbytu w kraju, a także za granicą.

Bogata różnorodność technologiczna i materiałowa pozwala na wybranie narzędzia odpowiedniego do osiągnięcia zamierzonego celu. Dużą niedoskonałością często jest **ograniczony obszar roboczy** wydruku, który przy większych obiektach powoduje konieczność składania i łączenia ze sobą kilku lub więcej elementów cząstkowych. Problemem mogą się okazać **możliwości finansowe**, jak również dostępność realizacji wydruku jako usługi zleconej, szczególnie w przypadku rozwiązań specjalistycznych.

Na tym tle wydaje się, że technologie wykonywania obiektów budowlanych w mniejszym niż niektóre inne branże przemysłu doświadczyły zmiany w ostatnich dziesięcioleciach. Po krótkim zachwycie budownictwem uprzemysłowionym w II połowie XX w. (bardziej związanym z koniecznością chwili) nastąpił zauważalny powrót do tradycyjnych sposobów wznoszenia budynków, już tylko z częściowym uprzemysłowieniem. Jest to szczególnie widoczne w mieszkalnictwie, jednakże w ostatnim czasie na uwagę zasługuje wzrost udziału w produkcji budowlanej obiektów, w budowie których zastosowano duży stopień **prefabrykacji**. Ten trend wskazuje na możliwe w przyszłości coraz silniejsze powiązanie branży budowlanej z drukiem przestrzennym. Dobrodziejstwa szeroko rozumianego uprzemysłowienia, nie tylko budownictwa, ale całej gospodarki światowej, doprowadziły niestety do **zachwiania** równowagi w przyrodzie. Zmieniennym przykładem o zasięgu globalnym jest ocieplenie się klimatu wywołane w znacznej mierze przez dziurę ozonową w atmosferze ziemskiej. Transport materiałów budowlanych powoduje nie tylko koszty finansowe, ale także duże obciążenie dla środowiska – przede wszystkim przez zapotrzebowanie na paliwa kopalne i emisję zanieczyszczeń.

⁶ Przykładem może być cytowana już wyżej książka Przemysława Siemińskiego i Grzegorza Buczka, *Ibidem*.

Wykonywanie elementów budowlanych bezpośrednio na terenie budowy lub w jej pobliżu może ograniczyć straty środowiskowe. Dotyczy to oczywiście nie tylko obiektów betonowych i żelbetonowych, ale także innych. Wśród nich mogą być np. metalowe, drewniane, kamienne. Ślusarstwo, ciesielstwo i kamieniarstwo są oczywiście tradycyjnymi technikami budowlanymi. Zarówno o aspektach historycznych, jak i współczesnych tych technologii uczy się studentów architektury i budownictwa. Ale oprócz wymienionych sposobów tworzenia gotowych przedmiotów czy elementów warto zwrócić uwagę na ceramikę i tworzywa sztuczne. Ten pierwszy materiał jest powszechnie stosowany w budownictwie przynajmniej od czasów starożytności i ciągle znajduje zastosowanie w konstrukcji, w okładzinach, wykończeniu czy dekoracjach budynków. Trzeba zauważyć, że poza drukarkami przestrzennymi wytwarzającymi obiekty z tworzyw sztucznych są i takie, które kształtują bryły z innych materiałów budulcowych, m.in. gliny (wykorzystywane do tworzenia ceramiki) czy metalu. **Wytwarzanie na miejscu** gotowych wyrobów budowlanych lub całych fragmentów budynku nie tylko może potencjalnie pozwolić na oszczędność dla inwestora i środowiska, ale korzyści jest o wiele więcej, chociaż mogą one być mniej oczywiste. Jedną z nich to możliwość wznoszenia budynku w sposób bardziej naturalny, zbliżony do tego, jak budowano przed wiekami, co może przysporzyć większej satysfakcji wszystkim stronom procesu budowlanego niż obserwowanie, jak przywożone są, a następnie montowane gotowe partie obiektu, wytworzone przykładowo w odległym zakładzie prefabrykacji. Dzięki stwarzaniu części gmachu na terenie budowy ponosi się większą odpowiedzialność niż w przypadku scedowania tego na zewnątrz, np. podwykonawcy. Można wtedy na bieżąco obserwować i reagować, dokonywać zmian, dostosować produkcję do potrzeb w danym momencie. Ryzyko pomyłek zapewne byłoby wówczas niższe, jednak nie należy zapominać, że ze względu na specyfikę budowy nie wszystko obecnie da się w jej warunkach wytworzyć.

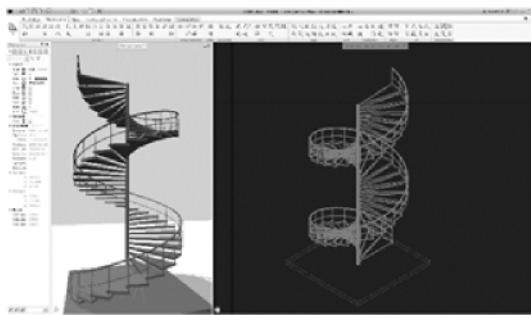
ŁĄCZENIE CYFROWYCH TECHNIK I METOD

Często zasadne jest przygotowanie gotowego przedmiotu do wbudowania w jednostkę zewnętrzną. Wybrane przykłady opracowania modelu lub fragmentu obiektu przedstawiono w innym artykule autora, zatytułowanym *Przełamanie wykorzystania techniki druku przestrzennego*⁷. Opisany tam *casus* rekonstrukcji zabytkowego ołtarza szafkowego w kościele pw. św. Michała Archaniola w Witoszynie dowodzi przydatności skanowania i drukowania przestrzennego w odniesieniu do architektury historycznej. Wydrukowane fragmenty replik rzeźb zostały połączony trwale i umieszczone na swoich dawnych miejscach. **Połączenie skanowania trójwymiarowego z technikami przyrostowymi** tworzy nową metodę wykonawstwa, która już zdobywa coraz większą popularność, a jej przyszłość rysuje się w jeszcze jaśniejszych barwach. Dzieje się tak ze względu na rozpowszechnienie w warsztacie zawodowym architekta stosowania programów komputerowych w trakcie pracy nad projektem. Powoduje to możliwość wykorzystania trójwymiarowych modeli utworzonych bezpośrednio w programie do projektowania CAD⁸ lub dodatkowo

⁷ Zob.: A.F. Furmanek, 2015. *Przełamanie wykorzystania techniki druku przestrzennego*. [W:] *Integracja sztuki i techniki w architekturze i urbanistyce*. T. III, Wydawnictwa Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz, s. 105–113.

⁸ Skrót CAD (z ang.: *Computer Aided Design*) jest to „oprogramowanie do komputerowego wspomagania projektowania; najczęściej oznacza systemy komputerowe do edycji pła-

także opartych na chmurze punktów uzyskanej ze skanowania przestrzennego lub fotogrametrii trójwymiarowej. W celu umożliwienia wczytania gotowego modelu z programu CAD w programie generującym treść do wystania do maszyny konieczne jest zapisanie go w geometrii siatkowej (bryły zostają zapisane w postaci siatek trójkątów). Jeszcze nowszym silnym trendem w projektowaniu budowlanym jest **BIM** (skrót od angielskiego określenia *Building Information Modelling*), czyli kompleksowe, wielobranżowe tworzenie modelu obiektu budowlanego poprzez zapis informacji na jego temat. Jest to, postępując się dużym uproszczeniem, rozwinięcie idei CAD o nowe poziomy i możliwości poprzez stworzenie platformy integrującej ze sobą części funkcjonujące dotychczas osobno, takie jak projektowanie architektury, urbanistyki, architektury krajobrazu, wizualizacja, obliczenia statyczne, rysunki konstrukcyjne, instalacje sanitarne, elektryczne, drogi, mosty, przedmiary robót, kosztorysy itd. Drukowanie przestrzenne niemalże naturalnie wpisuje się jako kolejne ogniwo w tym łańcuchu wielobranżowej współpracy nad danym projektem (rys. 2).



Rys. 2. Dwa widoki – perspektywiczny i aksonometryczny – przygotowanego trójwymiarowego modelu schodów kręconych na ekranie programu komputerowego Allplan Architecture 2020 (opracowanie własne)

Fig. 2. Two views – perspective and axonometric – of a spiral staircase's model on the screen of the Allplan Architecture 2020 computer programme with (own study)

Poprzez stopniową **cyfryzację procesu projektowego** architekt zostaje odezwany od bezpośredniego kontaktu z materią, tworzywem, z którego kształtuje przestrzeń. Pozostaje mu oczywiście kontakt z tworzywem, m.in. podczas wizyt na budowie w ramach nadzoru autorskiego. Z powodu nadmiernej digitalizacji pracy w tym zawodzie popularność makietowania w projektowaniu architektonicznym i urbanistycznym wydaje się słabnąć. Dzięki drukowaniu przestrzennemu prawdopodobnie będzie można chociaż trochę odwrócić ten niekorzystny kierunek i przywrócić w większym zakresie możliwość zweryfikowania zamysłu twórczego za pomocą kontaktu z uzyskanymi wydrukami przestrzennymi. Dotyczy to zarówno modeli finalnych brył, jak i tych dopiero projektowanych. Ten drugi przypadek wydaje się nawet jeszcze bardziej wskazany w celu zharmonizowania tworzonej architektury do uzyskania właściwej formy.

Modelowanie jest elementem warsztatu zawodowego i jego ranga nie była w przeszłości właściwie odzwierciedlona w przepisach dotyczących dydaktyki na poziomie szkolnictwa wyższego poprzez brak uwzględnienia takiego przedmiotu w programie studiów na kierunku architektura. Warto zauważyć, że dopiero w ostatnim czasie uczenie modelowania znalazło odzwierciedlenie w ministerialnych wytycznych dotyczących kształcenia przyszłych architektów. Otóż, w rozporządzeniu *Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 29 września 2011 r. w spra-*

szych rysunków technicznych (systemy 2D CAD) albo systemy do przestrzennego modelowania bryłowo-powierzchniowego (3D CAD)". Za: P. Siemiński, G. Budzik, op. cit., s. 9.

wie standardów kształcenia dla kierunków studiów weterynarii i architektury nie było wzmianki na ten temat⁹. Korzystne pod tym względem zmiany wprowadza się obecnie za sprawą rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 lipca 2019 r. w sprawie standardu kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu architekta¹⁰. W integralnej jego części w postaci Załącznika nr 1, który określa Standard kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu architekta, opisano wymogi, jakie stawia się prowadzeniu studiów na kierunku architektura na poziomach pierwszego i drugiego stopnia, a także jednolitych magisterskich. Zarówno podczas dwustopniowych, jak i jednolitych magisterskich studiów studenci będą mieli przedmioty, których problematyka jest związana z tematem niniejszej pracy¹¹. Skanowanie 3D, fotogrametria, technologia CNC i drukowanie przestrzenne z powodzeniem mogą być prezentowane adeptom architektury już w nowo wprowadzanych **przedmiotach takich, jak techniki warsztatowe i modelowanie**. Szczególnie interesująco rysuje się nauczanie kompleksowego wykorzystania różnych zaawansowanych metod i technik w trakcie pracy nad projektem obiektu architektonicznego.

ZALETY MODELI WYKONANYCH ZA POMOCĄ STEREOLOGRAFII

Pewnym aspektem wspólnym dla modelowania niezależnie od zastosowanej metody jest fizyczność, substancjalność, a wręcz swego rodzaju namacalność otrzymanych elementów czy całej makiety. Można je dotknąć. Warto też spojrzeć na bryłę z dowolnego kąta, a także wysokości i z bliższej lub dalszej odległości. Dzięki temu uniknąć można fałszywych złudzeń wzrokowych, tak częstych w przypadku wizualizacji komputerowych¹². Ta materialność, jaką daje makietę, którą można odczuć w przypadku fizycznego kontaktu z przedmiotem, jest nie do zastąpienia przez obraz. W praktyce do pełniejszego zapoznania się z koncepcją najlepsze jest wykorzystanie różnych narządów zmysłu, z których oczywiście dominującą rolę pełni wzrok. Komplementarne zastosowanie zarówno obrazów renderingu, jak i materialnych wydruków przestrzennych jest zwiększeniem możliwości pełniejszego zapoznania się z zaprojektowanym obiektem (rys. 3).

Zagadnień możliwych do rozpatrzenia jest o wiele więcej niż tych wspomnianych wyżej. Są wśród nich trwałość, czas drukowania, łatwość wykonania i wiele innych. Trzeba zauważyć, że istotną kwestią jest to, czy niezależnie od zapotrzebo-

⁹ Por.: rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 29 września 2011 r. w sprawie standardów kształcenia dla kierunków studiów weterynarii i architektury (Dz.U. z 2011 r., nr 207, poz. 1233).

¹⁰ Por.: rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 lipca 2019 r. w sprawie standardu kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu architekta (Dz.U. z 2019 r. poz. 1359).

¹¹ W kontekście niniejszych rozważań szczególnie istotne są zawarte tam podziały na grupy zajęć. W przypadku studiów pierwszego stopnia grupa B3, nazwana jako warsztat projektowy, powinna obejmować następujące przedmioty: rysunek, malarstwo, techniki warsztatowe, techniki komputerowe, modelowanie, matematyka i geometria, którym należy łącznie przyznać minimum 300 godzin dydaktycznych zajęć. Z kolei w standardzie dla jednolitych studiów magisterskich na kierunku architektury w grupie B3, której przypisano 360 godzin dydaktycznych, oprócz wszystkich wymienionych wyżej przedmiotów jak dla I stopnia dodano jeszcze integrację procesów projektowania. Por. ibidem, s. 3–4 i 30–31.

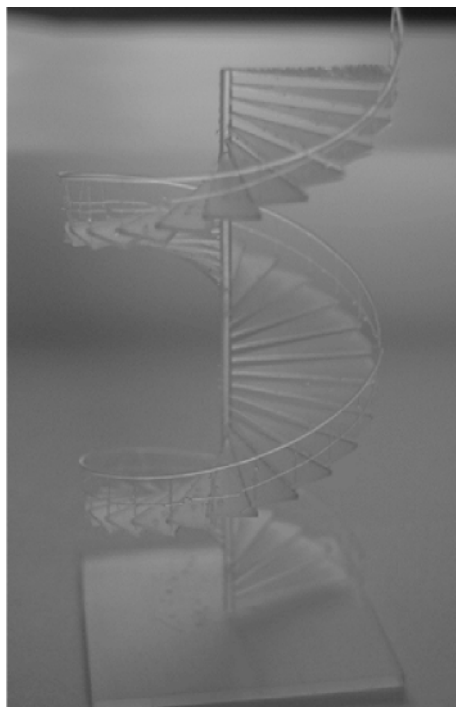
¹² Więcej o tym problemie autor pisał w: A.F. Furmanek, 2016. Wybrane aspekty zastosowania stereolografii przy wykonywaniu modeli architektonicznych, s. 79. [W:] Integracja sztuki i techniki w architekturze i urbanistyce. T. IV/I, red. G. Rzepecki, Wydawnictwa Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz, s. 77–86.

wania ze względu na drukowanie 3D jest wykonywany cyfrowy model obiektu czy nie. W tym pierwszym przypadku opłacalność zastosowania tej nowoczesnej techniki przyrostowej należy uznać za większą, gdyż duża część pracy została i tak wykonana.

Kolejną istotną kwestią jest pracochłonność wykonania. Jest ona uzależniona od wielu czynników, z których podstawowym jest wybór technologii druku przestrzennego. Zasadniczo dotyczy to *post-processingu*, czyli etapu po otrzymaniu wydruku z drukarki, mającego doprowadzić do ostatecznej postaci gotowego modelu. Wiele technologii konstruuje modele przy wykorzystaniu struktur podporowych (tzw. suportów, od ang. *support*), jednak wtedy należy także przewidzieć, że sporo czasu zajmie oczyszczenie wydruku z tych elementów dodanych głównie po to, aby model nie rozpadł się podczas samego jego drukowania.

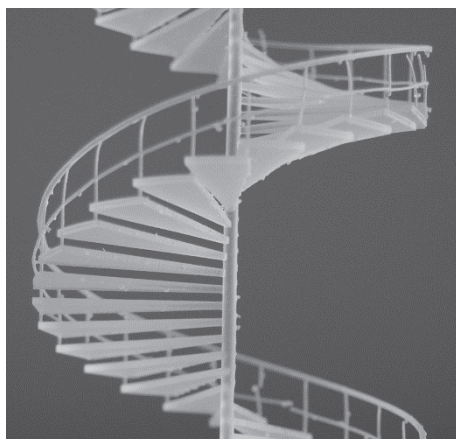
Natomiast dokładność w porównaniu z tradycyjnymi metodami wykonania makiet architektonicznych jest często o wiele większa (rys. 4). Wynika to stąd, że można drukarce zadać wręcz jubilerską precyzję, jeżeli oczywiście jest ona możliwa. Również estetyka gotowych obiektów (szczególnie w przypadku skomplikowanych kształtów) jest znacznie wyższa przy stosowaniu zaawansowanych technik, wśród których jest stereolitografia. Wszystkie przykłady w niniejszym artykule zostały przygotowane właśnie w tej technologii, na drukarce Form 2 wyprodukowanej przez firmę Formlabs (rys. 5–12).

Sposób zaprezentowania obiektu jest niezwykle ważny, kiedy przedstawia się swój pomysł inwestorowi i chociaż jest to wniosek płynący z podstawowych zaleceń marketingowych, sprawdza się w życiu gospodarczym. Przykładowo piękne opakowanie wskazuje, że i zawar-



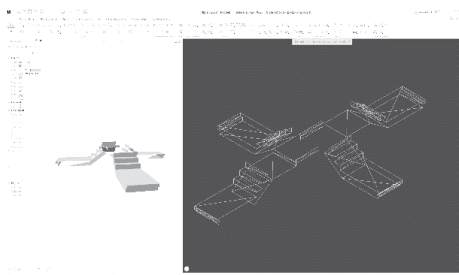
Rys. 3. Widok wydrukowanego modelu schodów kręconych (fot. autor)

Fig. 3. A view on the spiral staircase's model (photo by author)



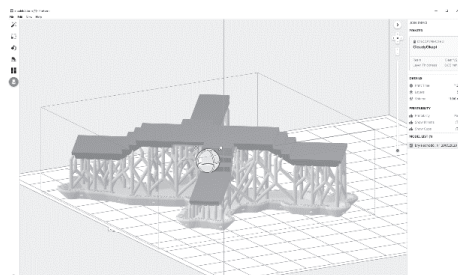
Rys. 4. Fragment wydrukowanego modelu schodów kręconych – widoczne nieplanowane krzywizny, pęknięcia i pozostałości po podporach (fot. autor)

Fig. 4. A fragment of the cross stairs printed model – visible unplanned curvatures, cracks and remains of supports (photo by author)



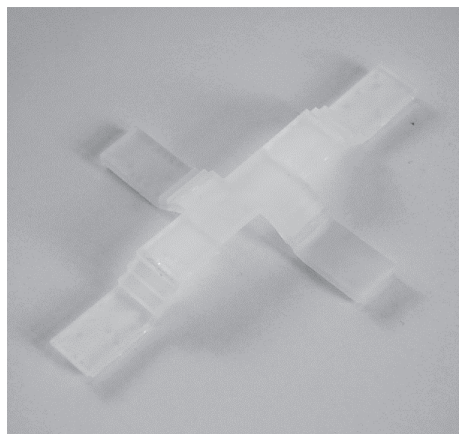
Rys. 5. Dwa widoki – perspektywiczny i aksometryczny – przygotowanego modelu układu czterech biegów schodowych w programie Allplan Architecture 2020 (opracowanie własne)

Fig. 5. Two views – perspective and axonometric – of a set of four flights of stairs' model in the Allplan Architecture 2020 programme (own study)



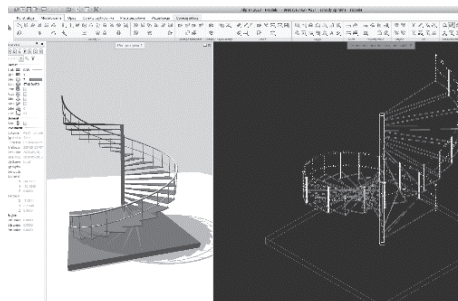
Rys. 6. Ustawiony do wydruku model układu schodów (z rys. 5) – widok w programie Preform po zorientowaniu bryły do wydruku i dodaniu elementów podporowych (opracowanie własne)

Fig. 6. The set of stairs' model (from fig. 5) prepared for 3D printing – view in Preform programme after a solid orientation and adding supports (own study)



Rys. 7. Wydruk trójwymiarowy układu czterech biegów schodowych (fot. autor)

Fig. 7. The 3D printed model of the set of four flights stairs (photo by author)



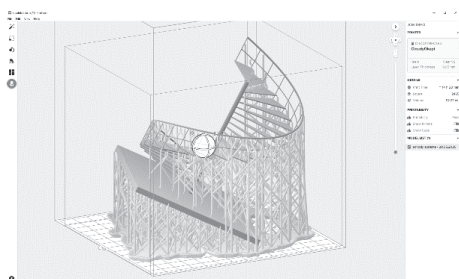
Rys. 8. Widok ekranu programu Allplan Architecture 2020 z kolejnym modelem schodów kręconych (opracowanie własne)

Fig. 8. A view of the screen of the Allplan Architecture 2020 programme with a next spiral staircase's model (own study)

tość wnętrza jest znakomita, oczywiście ta ostatnia jest ważniejsza i jakość wykonania wynika z wysokiej precyzji, jaka możliwa jest przy użyciu niektórych technik przyrostowych, co niewątpliwie jest zaletą skłaniającą do ich zastosowania.

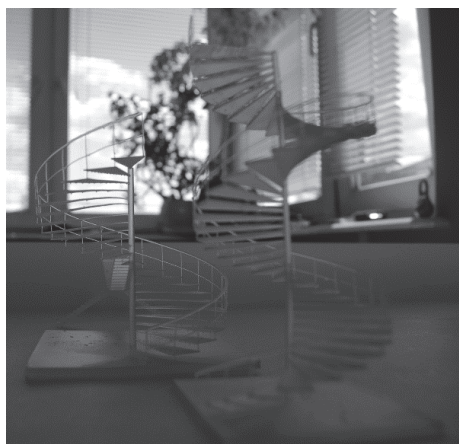
REFLEKSJE KOŃCOWE

Technologie druku przestrzennego znajdują coraz szersze zastosowanie. W odniesieniu do projektowania jednym z nich jest użycie ich do wytwarzania modeli elementów architektonicznych. Trend digitalizacji kolejnych fragmentów rzeczywistości fizycznej – od geodezji, informacji przestrzennej po dziedzictwo kulturowe przywołuje potrzebę znalezienia odpowiedniego miejsca dla technik przyrostowych w pracy architekta. Skanowanie przestrzenne i fotogrametria – dzięki metodzie nazwanej inżynierią odwrotną – umożliwia porównanie fizycznego



Rys. 9. Przygotowany do wydruku model schodów kręconych – z elementami podporowymi i odpowiednio obrócony (opracowanie własne)

Fig. 9. A ready-to-print spiral staircase's model – together with supports and properly rotated (own study)



Rys. 11. Widok trzech wydruków z ujęcia bliższego perspektywie człowieka (fot. autor)

Fig. 11. A close to human perspective photo shot on three 3D prints (photo by author)



Rys. 10. Trzy przykłady drukowania 3D – ten w dole zdjęcia przed usunięciem podpór konstrukcyjnych (fot. autor)

Fig. 10. Three examples of 3D printing – the one in the bottom of the photograph before supports' removing (photo by author)



Rys. 12. Szczegół górnej części modelu schodów kręconych (fot. autor)

Fig. 12. A detail of top part of the spiral staircase's model (photo by author)

obiekty zapisane jako siatka trójkątów z jego zamierzonym trójwymiarowym, cyfrowym kształtem. Na tej podstawie możliwa jest weryfikacja przydatności do użycia produktów przemysłowych¹³. Można napotkać wiele dylematów dotyczących stosowania dotychczasowych czy cyfrowych technik wytwarzania składowych naszego materialnego otoczenia. Stosowanie tych drugich przy konstruowaniu modeli przybliża moment, kiedy domy będą powstawały w dużym stopniu poprzez stosowanie drukarek 3D. Już dzisiaj replikacja obiektów przestrzennych jest stosunkowo łatwa, szybka i pod wieloma względami lepsza od wytwarzania ich

¹³ Przykładem tu może być choćby sprawdzanie odchytek karoserii samochodów dostawczych Volkswagena. Wiadomości o zaawansowanych metodach stosowanych przez ten niemiecki koncern w podpoznańskiej fabryce autor niniejszego artykułu pozyskał z jednej z prezentacji przedstawionej podczas Konferencji 3D, która odbyła się w Toruniu w dniach 29–31 marca 2017 r.

w tradycyjny sposób. Możliwość rekonstrukcji niezachowanych detali czy wytwarzania nowych części do wbudowania pozwala coraz śmielej patrzeć na przyszłość omawianych nowoczesnych technik nie tylko w zawodzie architekta, ale też w całej branży budowlanej.

LITERATURA

- [1] Arszyński M., 2007. Idea – pamięć – troska. Rola zabytków w przestrzeni społecznej i formy działań na rzecz ich zachowania od Starożytności do połowy XX wieku. Wyd. Muzeum Zamkowe w Malborku, Malbork.
- [2] Furmanek A.F., 2016. Możliwości wykorzystania drukowania przestrzennego metodą stereolitografii w projektowaniu architektonicznym. „Mechanik” nr 12, s. 1920–1921.
- [3] Furmanek A.F., 2015. Przestanki wykorzystania techniki druku przestrzennego. [W:] Integracja sztuki i techniki w architekturze i urbanistyce. T. III, Wydawnictwa Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz, s. 105–113.
- [4] Furmanek A.F., 2016. Wybrane aspekty zastosowania stereolitografii przy wykonywaniu modeli architektonicznych. [W:] Integracja sztuki i techniki w architekturze i urbanistyce. T. IV/I, red. G. Rzepecki, Wydawnictwa Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz, s. 77–86.
- [5] Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 29 września 2011 r. w sprawie standardów kształcenia dla kierunków studiów weterynarii i architektury (Dz.U. z 2011 r., nr 207, poz. 1233).
- [6] Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18 lipca 2019 r. w sprawie standardu kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu architekta (Dz.U. z 2019 r., poz. 1359).
- [7] Siemiński P., Budzik G., 2015. Techniki przyrostowe. Druk 3D. Drukarki 3D. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- [8] Sommer Th., 1999. Der Zukunft entgegen. Hamburg.

MODELE ELEMENTÓW ARCHITEKTONICZNYCH Z ŻYWCY – WYBRANE REFLEKSJE NA TEMAT MOŻLIWOŚCI TECHNIK PRZYROSTOWYCH W KONTEKŚCIE PROJEKTOWANIA

STRESZCZENIE. Wykorzystanie druku przestrzennego w technice stereolitografii przy tworzeniu modeli architektonicznych jest jedną z możliwości do zastosowania we współczesnym warsztacie architekta. Żmudny i pracochłonny etap procesu twórczego polegający na tworzeniu makiety bywa coraz częściej pomijany. Wypierają go z jednej strony oszczędność czasu i funduszy, z drugiej łatwość zobrazowania przestrzeni w postaci wizualizacji komputerowej. Zazwyczaj przygotowanie makiety nie jest czynnością obowiązkową, lecz dobrą praktyką, która nie tylko zleciendawcy ułatwia wyobrażenie sobie zamierzenia budowlanego, ale też projektantowi pozwala na weryfikację jego zamysłu w pomniejszonej, acz jednak materialnej formie. Praca dotyczy przede wszystkim wybranych trudności, ale też zalet stosowania technologii przyrostowych w zawodzie architekta.

Słowa kluczowe: architektura, drukowanie przestrzenne, techniki przyrostowe, modelowanie, projektowanie

THE RESIN MODELS OF ARCHITECTURAL ELEMENTS – SELECTED REFLECTIONS ON THE CAPABILITIES OF ADDITIVE MANUFACTURING IN THE CONTEXT OF DESIGN

SUMMARY. One of the possibilities of application in architect's contemporary workshop is using a stereolithography technique of 3D Printing. Making a model – an arduous and laborious stage of creative process is being increasingly overlooked. It is displaced on the one hand by saving time and funds, and on the other hand, by ease of imaging space by computer visualisation. Preparing a model is usually not an obligatory action but a good practice, that makes client more easy to imagine himself building development. It also allows the designer to verify his or her intention in reduced but still material form. The work considers mainly selected difficulties but also advantages of additive manufacturing's implementation in the profession of architect.

Key words: architecture, 3D Printing, additive manufacturing, modelling, design