Prof. SGH dr hab. Katarzyna Nowicka

Katedra Logistyki, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

# **Kluczowe technologie w zarządzaniu: druk 3D[[1]](#footnote-1)**

Streszczenie: Artykuł ma charakter popularno-naukowy, a jego celem jest przedstawienie istoty i zasad funkcjonowania jednej z kluczowych technologii cyfrowych wykorzystywanych w zarządzaniu jaką jest druk 3D (*3D Printing, Additive Manufacturing*). Metodą wykorzystaną do przygotowania niniejszej pracy jest przegląd literatury. W artkule przedstawiono także przykłady praktycznego zastosowania opisywanej technologii, wskazano również możliwe wykorzystywania zarówno w sektorze prywatnym, jak i publicznym.

## **WSTĘP**

Pierwsze próby drukowania w technologii przyrostowej (przestrzennej) miały miejsce pod koniec lat 80. XX w. Druk 3D jako nowa technika wytwórcza została opracowana w 1984 roku przez Amerykanina Charlesa Hulla i nosiła nazwę „stereolitografii„. Polegała na tym, że wiązka lasera utwardzała w selektywny sposób żywicę światłoutwardzalną, tworząc w ten sposób obiekt przestrzenny[[2]](#footnote-2). Technologia stereolitograficzna (w skrócie SLA) zyskała równocześnie miano metody przyrostowej, tj. takiej, dzięki której obiekty / rzeczy powstają poprzez budowaniu ich warstwa po warstwie. Naturalnie precyzja wykonywanych wówczas przedmiotów nie miała wysokiego standardu, a proces druku był drogi i relatywnie powolny, dlatego ograniczano się do produkowania niewielkich obiektów. Jedynym wykorzystywanym wtedy surowcem był plastik. W drugiej połowie lat 90. zaczęto stosować polimery termoodporne, a także metale i ich stopy. Dzięki czemu możliwe było tworzenie bardziej zróżnicowanych form i narzędzi. Technologia ta była szczególnie doceniana w przypadku produkcji spersonalizowanych narzędzi. Kolejny etap rozwoju wytwarzania przyrostowego (nazywany bezpośrednią produkcją cyfrową) związany był z produkcją komponentów metalowych. Dzięki ewolucji modelowania cyfrowego, proces projektowania poszczególnych elementów mógł być w pełni cyfrowy, bez konieczności wykorzystania odlewów i fizycznej obróbki. Wzrosła precyzja i skrócił się czas drukowania, przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów tego procesu. Te wszystkie czynniki sprawiły, że coraz częściej zamówienia na drukowane komponenty składane były przez producentów z branży motoryzacyjnej i aerokosmicznej. W ostatnich latach na rynku pojawiły się drukarki 3D do użytku osobistego, tańsze, prostsze w obsłudze, umożliwiają tworzenie dowolnych przedmiotów i narzędzi w domu. Produkcją mogą się więc zajmować sami konsumenci, co w zdecydowany sposób zmienia dotychczasowe spojrzenie na tradycyjne modele produkcji i sposoby zarządzania łańcuchami dostaw[[3]](#footnote-3).

## **Definicja druku 3D**

Druk 3D (*Three-Dimention Printing, 3DP*) to powszechnie stosowana nazwa dla technologii produkcji przyrostowej, technologia addytywna (*Additive Manufacturing*), inaczej nazywanej wytwarzaniem przyrostowym lub drukiem przestrzennym. W istocie rzeczy druk 3D nie jest to jedna technologia, lecz zbiór różnych technologii używających zróżnicowanych materiałów do produkcji. „Przez produkcję przyrostową rozumie się zbiór technologii zdolnych do łączenia materiałów w celu wytwarzania fizycznych trójwymiarowych obiektów na podstawie ich komputerowego modelu. (...) Zwykle wykorzystuje się w technikach przyrostowych nakładanie na siebie cienkich warstw materiałów, choć mogą to być również procesy utwardzania cieczy (żywicy) lub spiekanie proszków.” Druk 3D jest procesem wytwarzania trójwymiarowych, fizycznych obiektów polegającym na budowaniu obiektu przestrzennego przyrostowo, warstwa po warstwie na podstawie komputerowego modelu.

Jedną z najczęściej stosowanych obecnie technik jest modelowanie ciekłym tworzywem termoplastycznym. Choć terminy wytwarzania przyrostowego i druku 3D często stosowane są zamiennie, „(...) należy zaznaczyć, że istotą tego ostatniego jest laserowe osadzanie materiału przy użyciu głowicy drukującej, dyszy lub innej technologii druku”[[4]](#footnote-4). Rozwojowi drukarek towarzyszy wzrost liczby i poprawa właściwości materiałów i surowców wykorzystywanych do druku 3D. Tempo ich rozwoju będzie zapewne przyśpieszać w najbliższych latach i staną się one bardziej ustandaryzowane oraz przyjazne w zastosowaniu, będą także bardziej dostępne zarówno pod względem fizycznym, jak i finansowym.

Drukarki 3D można sklasyfikować wg ich możliwości i przeznaczenia na kilka kategorii, tj. amatorskie (przeznaczenie: dom, szkoła, uczelnia, mały biznes), desktopowe (przeznaczenie: szkoła, uczelnia, dowolny biznes), profesjonalne (przeznaczenie: uczelnia, duży biznes – sektor przemysłowy) i produkcyjne (przeznaczenie: duży biznes – sektor przemysłowy / wytwórczy)[[5]](#footnote-5).

## **Charakterystyka druku 3D i rodzaje wytwarzanych przedmiotów**

Technologie przyrostowe zostały powołane do życia jako alternatywny sposób wykonywania prototypów. Przewagą tej metody nad innymi były i są przede wszystkim[[6]](#footnote-6):

* szybki czas wykonania modelu,
* niski koszt wykonania modelu,
* możliwość szybkiego nanoszenia zmian,
* wysoka opłacalność tworzenia pojedynczych egzemplarzy i/lub krótkich serii,
* możliwość personalizacji.

Inną zaletą jest możliwość drukowania bardzo skomplikowanych kształtów geometrycznych, niemożliwych do wykonania za pomocą innych metod wytwórczych (dotyczy w szczególności technik wykorzystujących proszki).

Jednocześnie należy wskazać kilka wad tej technologii, wśród których można wymienić jakość wykonania modelu, która póki co nie jest w stanie równać się z formowaniem wtryskowym, odlewnictwem czy frezowaniem lub toczeniem oraz produkcji dużych ilości (masowa produkcja). W sytuacji, gdy mamy do czynienia z produkcją kilku – kilkudziesięciu detali, przewaga jest po stronie druku 3D, jeżeli potrzebujemy ilości liczących setki, tysiące, czy miliony sztuk, to tradycyjne metody produkcyjne są pod tym względem zdecydowanie lepsze. Porównanie klasycznej, tradycyjnej produkcji do druku 3D przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Tradycyjna produkcja vs druk 3D

|  |  |
| --- | --- |
| **Tradycyjna produkcja** | **Druk 3D** |
| Koszt jednostkowy maleje wraz ze wzrostem wolumenu wytwarzania (korzyści skali) | Koszt jednostkowy jest stały, bez względu na liczbę wytworzonych produktów |
|  | Możliwość zaoferowania różnorodności i kompleksowości przy ograniczonych kosztach |
| Produkcja masowa | Kastomizacja produktów  - Ważne w sytuacji krótkich cykli życia produktów, potrzebie konkurowania różnorodnością, konkurowaniu czasem dostawy produktu |

Źródło: opracowanie własne.

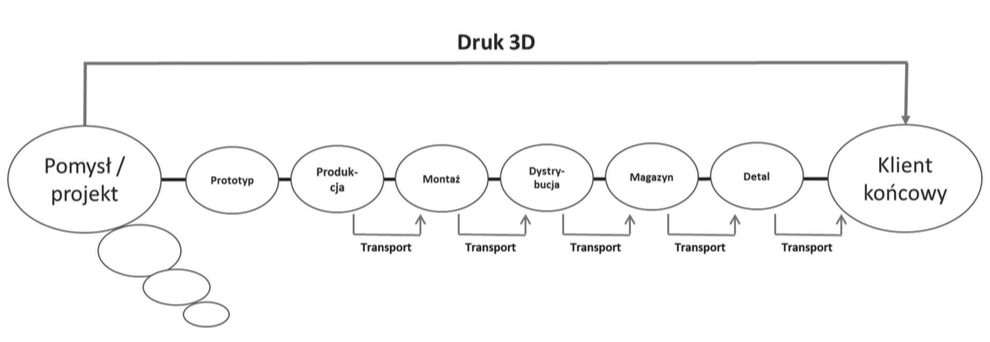
Możliwe rodzaje wytwarzanych przedmiotów z wykorzystaniem drukarek 3D:

* gotowe produkty z tworzywa sztucznego,
* produkty wymagające obróbki,
* inne przedmioty z topliwych materiałów w tym z czekolady czy metalu,
* elementy innych przedmiotów,
* prototypy i produkty koncepcyjne,
* formy do wykonania właściwych elementów lub prototypów,
* w ograniczonej formie także różnego rodzaju tkanki,
* domy mieszkalne.

## **Zastosowanie technologii druku 3D**

Druk 3D jest aktualnie wykorzystywany głównie do prototypowania, jednak w dłuższej perspektywie może w pewnym stopniu zastąpić tradycyjne metody produkcji, zmniejszając potrzebę zlecania produkcji i montażu na zewnątrz, liczbę etapów produkcji oraz potrzebę inwentaryzacji, magazynowania, dystrybucji, centrów handlowych i opakowań.

Łańcuchy dostaw w świecie wszechobecnego druku 3D mogą nie tylko stać się krótsze wraz z pojawieniem się centrów produkcyjnych w pobliżu każdej dużej bazy klientów lub w pobliżu centrów innowacji. Przede wszystkim za sprawą transgranicznej wymiany danych zmieni się ich forma. Projekty, plany i oprogramowanie zajmą miejsce transgranicznej wymiany dóbr materialnych i usług[[7]](#footnote-7). Przykładowy wpływ druku 3D na łańcuch dostaw przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Wpływ druku 3D na łańcuch dostaw

Źródło: <https://leadingedgeforum.com/media/1917/3d-printing-and-the-future-of-manufacturing.pdf> (26.11.2021).

Druk 3D znajduje też coraz więcej innowacyjnych zastosowań m.in. w medycynie – szacuje się, że w 2025 r. jego wartość wzrośnie do 3,5 mld dolarów. Poza tworzeniem narzędzi chirurgicznych technologia przydaje się także do budowania modeli organów poddawanych operacjom. Innym zastosowaniem jest tzw. biodruk, czyli nanoszenie warstwa po warstwie bioatramentu złożonego z żywych komórek. Druk 3D pozwala także konstruować spersonalizowane protezy i ortezy[[8]](#footnote-8).

Za przykład zastosowania tego rozwiązania podaje się także drukarki do lodów wykorzystywane przez firmę IKEA, które są dostępne jako urządzenie samoobsługowe dostępne dla klientów tego sklepu. Obsługa drukarki 3D jest prosta, co wpływa na olbrzymią popularność wśród użytkowników. Najpierw do specjalnego otworu w urządzeniu wrzuca się monetę (cena zależy od druku 3D jednokolorowego, bądź druku 3D w dwóch kolorach). Z pojemnika obok wypada wafelek, pełniący funkcję stołu roboczego. Po wyjęciu go nakładamy go na specjalnie zaprojektowane widełki i wciskamy zielony przycisk „start”. Drukowanie 3D rozpoczyna się praktycznie natychmiastowo[[9]](#footnote-9).

## **PODSUMOWANIE**

Technologia druku 3D nie jest nowym rozwiązaniem, a tempo jej rozwoju jest silnie uwarunkowane badaniami i rozwojem zarówno surowcami oraz materiałami nadającymi się do przetwarzania przez te drukarki, jak i rozwojem technologii samych drukarek. W efekcie tej ewolucji coraz bardziej wyrafinowane przedmioty mogą stanowić efekty druku 3D. Warto jednak zauważyć, że ten rodzaj technologii jest przede wszystkim dedykowany pojedynczym produktom spełniającym zindywidualizowane potrzeby poszczególnych użytkowników[[10]](#footnote-10) i w tym zakresie należy upatrywać jego dalszego rozwoju.

## **Bibliografia**

<https://centrumdruku3d.pl/czym-jest-druk-3d-i-na-czym-polega/>

<https://leadingedgeforum.com/media/1917/3d-printing-and-the-future-of-manufacturing.pdf>

Nawrat A., 3D printing in the medical field: four major applications revolutionising the industry, Verdict Medical Devices 2018, <https://www.medicaldevice-network.com/features/3d-printingin-the-medical-field-applications/>

Nowicka K., Technologie cyfrowe jako determinanta transformacji łańcuchów dostaw, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2019.

Rutkowski K., Ocicka B., Rozwój druku 3D i jego wpływ na zarządzanie łańcuchem dostaw, „Gospodarka materiałowa i logistyka”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA, 2017 no. 12.

Śledziewska K., Włoch R, Gospodarka cyfrowa. Jak technologie cyfrowe zmieniają świat, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2020, s. 265.

1. Sfinansowano ze środków projektu „Nowoczesny model współpracy szkół zawodowych ze szkołami wyższymi i pracodawcami w zakresie kształcenia w zawodach z grupy branżowej teleinformatycznej (technik telekomunikacji, technik informatyk)”, akronim: MEN-IT nr POWR.02.15.00-00-2009/18. [↑](#footnote-ref-1)
2. <https://centrumdruku3d.pl/czym-jest-druk-3d-i-na-czym-polega/> (26.11.2021). [↑](#footnote-ref-2)
3. K. Rutkowski, B. Ocicka, Rozwój druku 3D i jego wpływ na zarządzanie łańcuchem dostaw, „Gospodarka materiałowa i logistyka”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA, 2017 no. 12. [↑](#footnote-ref-3)
4. J.w. [↑](#footnote-ref-4)
5. <https://centrumdruku3d.pl/czym-jest-druk-3d-i-na-czym-polega/> (26.11.2021) [↑](#footnote-ref-5)
6. J.w. [↑](#footnote-ref-6)
7. K. Śledziewska, R. Włoch, Gospodarka cyfrowa. Jak technologie cyfrowe zmieniają świat, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2020, s. 265. [↑](#footnote-ref-7)
8. A. Nawrat, 3D printing in the medical field: four major applications revolutionising the industry, Verdict Medical Devices 2018, <https://www.medicaldevice-network.com/features/3d-printingin-the-medical-field-applications/> (26.11.2021). [↑](#footnote-ref-8)
9. <https://centrumdruku3d.pl/czym-jest-druk-3d-i-na-czym-polega/> (26.11.2021) [↑](#footnote-ref-9)
10. K. Nowicka K., Technologie cyfrowe jako determinanta transformacji łańcuchów dostaw, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2019, s. 77. [↑](#footnote-ref-10)