

Olena Stryhunivska, Marek Karkula

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania

WPŁYW PLANOWANIA SYNERGETYCZNEGO NA ZWINNOŚĆ PROCESÓW LOGISTYCZNYCH W ZAKŁADZIE PRODUKCYJNYM

Rękopis dostarczono: marzec 2018

Streszczenie: Opłacalność inwestycji długoterminowych zależy od zdolności do zmian systemów logistycznych. Obecnie, żeby spełnić wymagania rynku procesy logistyczne muszą być planowane w elastyczny i wszechstronny (zwinny) sposób z wykorzystaniem wzajemnych synergii. Niniejsza praca została oparta na badaniach własnych zorientowanych na zastosowaniu planowania synergetycznego w połączeniu z cyfryzacją procesów planowania w zakładzie produkcyjnym. Należy także przyjąć, że projektowanie procesów technologicznych i logistycznych musi być ściśle połączone z etapami planowania obiektów przemysłowych. Planowanie synergetyczne umożliwia synchronizację faz planowania procesów produkcyjnych i logistycznych z etapami planowania obiektów i opisuje cykl życia obiektu przemysłowego od przygotowania do planowania, aż do czasu jego eksploatacji.

Słowa kluczowe: synergetyczne planowanie obiektu przemysłowego, planowanie układu pomieszczeń, model synergetyczny 3D

1. WSTĘP

Procesy planowania zakładów przemysłowych i obiektów logistycznych wiążą się z wieloma wymaganiami i wyzwaniem. Wyzwania te obejmują zarówno czynniki wewnętrzne, jak i zewnętrzne, które z kolei są określane przez m.in. stosowane technologie produkcji, sposób obsługi logistycznej klientów i dostawców, sposób implementacji zmian w zakładzie oraz inne, przypadkowe determinanty. Krótsze cykle życia produktów doprowadziły nie tylko do krótszych faz rozwoju, ale także do skrócenia cyklu życia przedsiębiorstw przemysłowych. Wymaga to także redukcji czasu i zwiększenia wydajności procesów planowania – w ciągu ostatnich dwudziestu lat czas planowania zmian w reorganizowanych przedsiębiorstwach został zmniejszony o połowę. Ze względu na różnorodność produktów, procesów, uwarunkowań prawnych i biznesowych należy mówić o indywidualnym podejściu w planowaniu każdego zakładu. Specyfika działalności generuje szereg pytań, dotyczących planowania i rozwoju procesów logistycznych. Jednym ze sposobów znalezienia odpowiedzi na te pytania jest koncepcja Synergetic Factory Planning jako zintegrowanego modelu, łączącego planowanie procesów logistyki i produkcji z planowaniem obiektu oraz z zarządzaniem projektem [15, 18]. Ponadto rozwój

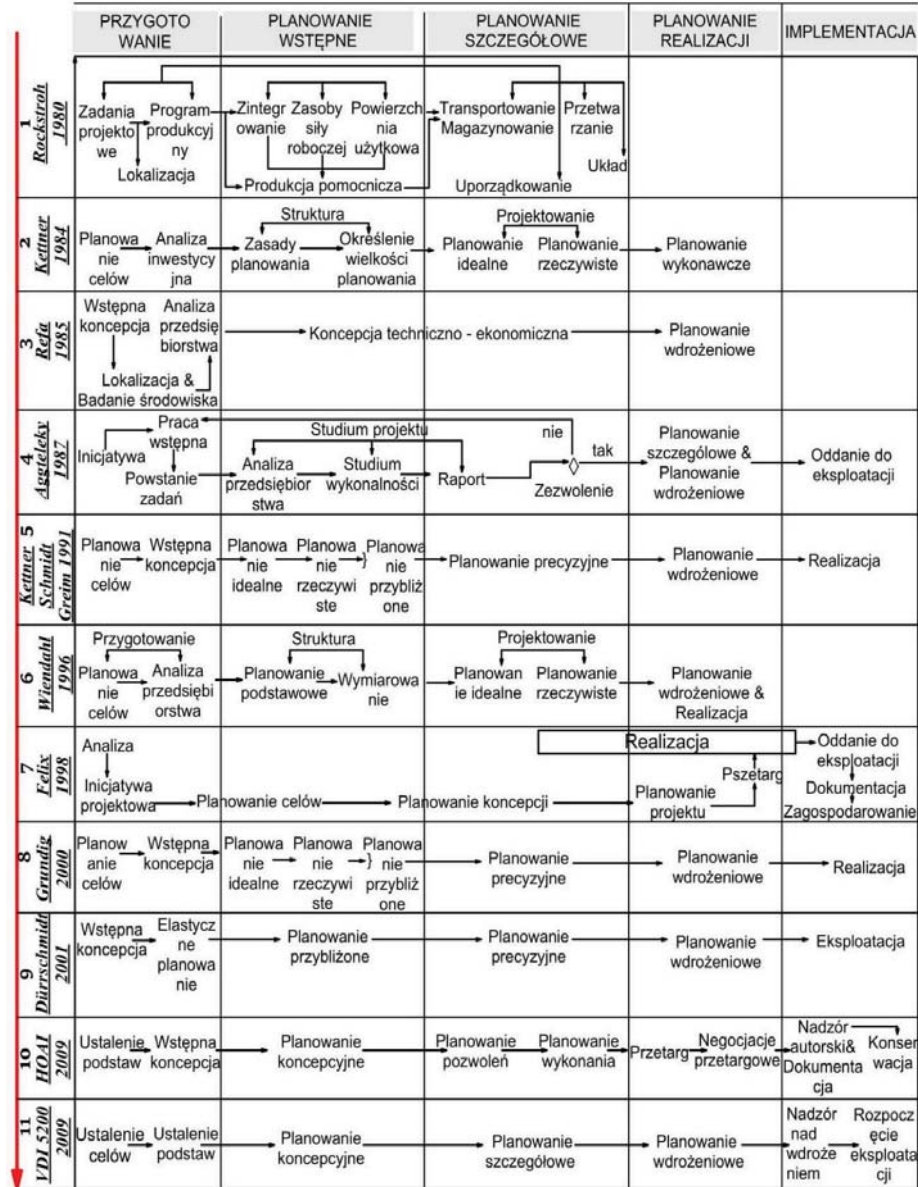
technik planowania zakładów przemysłowych spowodował konieczność podziału ról, m.in. według zasady „planowanie technologiczne” i „planowanie obiektu”. Planowanie technologiczne obejmuje procesy logistyczne i produkcyjne, natomiast planowanie obiektu ukierunkowane jest na ogólne projektowanie i tworzenie dokumentacji technicznej obiektu (architektura, instalacje, media, itp.). Dlatego ścisła współpraca zespołów produkcyjnych i architektonicznych oraz twórcze i indywidualne podejście do projektowania pozwala na osiągnięcie efektu synergii w projektowaniu. Dzięki takiemu podejściu do projektu można skutecznie kontrolować przebieg planowania i ominąć potencjalne błędy popełniane przez autonomicznie działające zespoły projektowe.

2. PLANOWANIE OBIEKTÓW PRZEMYSŁOWYCH – ANALIZA LITERATURY

W latach 60-tych poprzedniego stulecia działanie dowolnego zakładu przemysłowego można było porównać z wyalienowanym obiektem na danym terenie, ale w określonych relacjach z właściwymi obiektami gospodarczymi dla jego funkcjonowania. Ewolucja rozwoju zakładu przemysłowego poprzez intensyfikację konkurencji doprowadziła do rozwoju technologii, implementację nowego wyrobu, co spowodowało ścisłą współpracę zespołów projektowych, produkcyjnych, logistycznych, handlowych oraz zaopatrzenia. W wyniku tej współpracy ułatwiono zostało zrozumienie bieżących procesów, w tym logistycznych. Dlatego zmieniło się podejście z „wyalienowany” na „skorelowany” zakład produkcyjny z otoczeniem i środowiskiem. Podejście takie doprowadziło do zmiany rozwoju w projektowaniu opartego nie tylko na uwzględnieniu procesów technologicznych, ale i jednocześnie na skupieniu projektowania obiektu w całości. Przestrzeganie fundamentalnych zasad projektowania dotyczących wykorzystania odnawialnych źródeł energii, wdrażania zasad produkcji ekologicznej oraz ścisłych reguł ochrony środowiska zobowiązało zespoły projektowe do spełnienia dodatkowych wymagań przy projektowaniu zakładów przemysłowych. W celu śledzenia aktualnych wymagań powstał zintegrowany system zarządzania, dzięki któremu pojawiła się możliwość dopisywania przez klienta swoich potrzeb indywidualnych, które trafiają bezpośrednio do systemu projektowego. Gromadzenie informacji spowodowało konieczność wdrożenia kolejnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa informacji przedsiębiorstwa.

Dokonując analizy literaturowej nasuwa się wniosek, iż współdziałanie wielu podsystemów prowadzi do efektu synergetycznego, potęgującego zakres i tempo ewolucji zakładu przemysłowego [18]. Przedstawiona poniżej analiza literaturowa ukazuje etapowy rozwój od planowania technologicznego do jego łączenia z planowaniem obiektu i powstania koncepcji planowania synergetycznego. Pomimo różnorodności poglądów prezentowanych w literaturze przedmiotu można wskazać, że każdy proces planowania składa się z kilku ogólnych faz: przygotowania, planowania wstępnego, planowania szczegółowego, planowania realizacji oraz implementacji [5]. Ewolucja w podejściu do planowania wskazuje znaczne różnice w podejściu do podziału etapów planowania na zadania (Rys. 1). Zmienia się także liczba szczegółowych zadań, np. na początku, kiedy

zakład przemysłowy był „wyalienowany”, planowanie było uznane za kompletne przy powstaniu układu przestrzennego (Rockstroh 1980). Poziom szczegółowości planowania zwiększał się z upływem lat, kiedy to wzrastały wymagania do planowania (Kettner 1984).

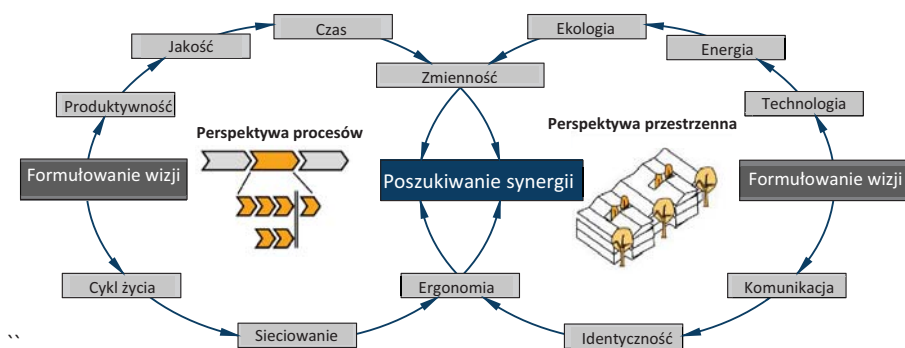


Rys. 1. Ewolucja zmian w podejściu do planowania w zakładzie przemysłowym (Źródło: opracowanie własne na podstawie [3, 4, 6, 8, 11, 12])

Jako prekursora zmian w podejściu do planowania można uznać Aggteleky'ego. Według opracowanego przez niego modelu procesy planowania rozpoczynają się od określenia celów przez tworzenie i oddanie projektu studium do momentu oczekiwania na otrzymanie pozwolenia rozpoczęcia budowy. Pozwolenie na budowę wiąże się z dłuższym czasem oczekiwania na decyzję, wykonawca może w tym czasie na usunięcie wad projektu [4, 18].

W procesie planowania kluczowym momentem była identyfikacja poszczególnych czynników wpływających na etapy planowania. Tak np. Felix przedstawił model procesu planowania rozpoczynający się od analizy, aż do zagospodarowania obiektu z uwzględnieniem dokumentacji technicznej. Za moment przełomowy uznaje się rok 2009, kiedy zaproponowano równoległe połączenie procesów technologicznych z ogólnym planowaniem zakładu przemysłowego [15]. W przypadku planowania technologicznego proces ten składa się z siedmiu głównych etapów: ustalenie celów, ustalenie podstaw, planowanie koncepcyjne, planowanie szczegółowe, planowanie wdrożeniowe, nadzór nad wdrożeniem, rozpoczęcie eksploatacji (wg normy VDI 5200) [17]. Natomiast planowanie obiektu przemysłowego składa się z dziewięciu etapów: uzgodnienia projektu, wstępna koncepcja, plan koncepcyjny, planowanie pozwoleń, planowanie wykonania inwestycji, przetargi, negocjacje przetargowe, nadzór autorski/dokumentacja, konserwacja (HOAI 2009, 2013) [13]. Połączenie poszczególnych faz doprowadziło do powstania koncepcji planowania synergetycznego jako nowego, łącznego i interdyscyplinarnego podejścia do projektowania i planowania przebiegu procesów technologicznych równoległe z cyklem życia obiektu [18]. Stało się jasne, że proces planowania zakładu produkcyjnego jest współzależny od tych dwóch obszarów, stąd wniosek, że nie powinny one pozostać w oderwaniu od siebie. W konsekwencji tego występuje aktywne zaangażowanie zespołów planowania między sobą w celu tworzenia „idealnej fabryki”, które są ze sobą skoordynowane, wpływają jednocześnie na etapy całościowego planowania i są wspólnie odpowiedzialne za projekt końcowy.

Współcześnie planowanie synergetyczne umożliwia przeprowadzanie zmian i wygenerowanie optymalnego rozwiązania w ściśle określonym terminie i pozwala na synchronizację perspektywy projektu. W zależności od specyfiki działania zakładu występują odpowiednie obszary dla poszukiwania synergii między projektowaniem technologicznym i projektowaniem architektonicznym (Rys. 2).



Rys. 2. Podejście do planowania synergetycznego
(Źródło: opracowanie na podstawie [15,18])

Z punktu widzenia procesów logistycznych i/lub produkcyjnych na pierwszym planie są wymagania dotyczące jakości, wydajności, skrócenia czasu realizacji procesu, ergonomii oraz zmienności. Z kolei z perspektywy planowania obiektu (architektura, technologia budowlana, infrastruktura techniczna budynku, inżynieria systemów itp.) należy uwzględnić wymagania dotyczące wpływu obiektu budowlanego na środowisko, rodzaju i ilości wytwarzanych odpadów, zużycia energii lub uwzględnienia wysokoefektywnych systemów alternatywnych opierających na energii ze źródeł odnawialnych itd. Dzięki podejściu Synergetic Factory Planning można uzyskać takie rozwiązanie, które pozwoli na realizację projektu zgodnie z wymaganiami każdego z obszarów i wynikających z nich specyficznych dla każdego etapu szczegółów. Literatura przedmiotu zwraca również uwagę na różnorodność specyfiki działalności zakładu przemysłowego oraz na kierunku dalszego jego rozwoju [3, 4, 6, 8, 11, 12].

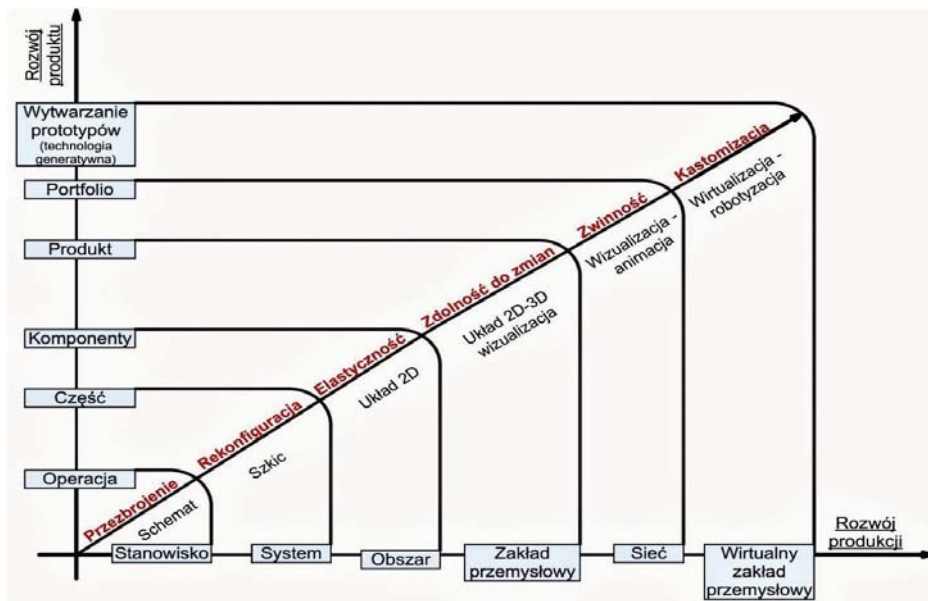
3. EWOLUCJA ROZWOJU PRODUKCJI ORAZ PRODUKTU W ZAKŁADZIE PRZEMYSŁOWYM

W ciągu ostatnich lat prowadzone są badania w celu określenia kluczowych czynników wpływających na ewolucję oraz zwinność zakładów przemysłowych. W celu prześledzenia wszystkich etapów rozwoju należy rozpocząć od pierwszej rewolucji i krok po kroku przejść aż do piątej rewolucji przemysłowej: mechanizacja – elektryfikacja – cyfryzacja – wirtualizacja – robotyzacja. Zwinność to podstawowa cecha Przemysłu 4.0 i dotyczy rozwoju inteligentną produkcji. Chodzi o integracji technologii informacyjnej z produkcją oraz logistyką. Dlatego tak ważne jest nie tylko usprawnienie procesów logistycznych/technologicznych, a stworzenia zupełnie nowego sposobu myślenia do wdrożenia zmian w zakładzie przemysłowym. Najważniejszymi cechami umożliwiającymi przeprowadzanie procesu zmian w zakładach przemysłowych są: uniwersalność, mobilność, skalowalność, modułowość i kompatybilność [9, 14, 16, 18].

Uniwersalność można przedstawić jako sposób planowania pod kątem różnych wymagań, np. ta sama przestrzeń zakładu przemysłowego może być wykorzystana zarówno jako część biurowa dla działu logistyki, jak i magazynowania. Termin mobilność jest wieloznaczny i opisuje lokalną nieograniczoność, np. mobilne stanowiska robocze oraz maszyny, które można przemieszczać przez przewidziane w projekcie architektonicznym duże otwory budowlane. Skalowalność określa zdolność procesów produkcyjnych i logistycznych do zmian w kierunku rozbudowy, nadbudowy i modernizacji hal produkcyjnych oraz obiektów magazynowych. Dzięki zastosowaniu technologii modułowej, która polega na montażu budynków z gotowych modułów przestrzennych, pojawiła się możliwość bezproblemowej rozbudowy zakładu produkcyjnego o dodatkowe moduły, przy przestrzeganiu standaryzacji planowania przestrzeni. Wyposażenie modułów w niezbędne instalacje pozwala zunifikować połączenia z mediami we wszystkich obszarach zakładu przemysłowego, co wskazuje na ich kompatybilność [9, 15].

Kolejnym kluczowym wyzwaniem w procesie reorganizacji zakładu przemysłowego jest zrozumienie współzależności rozwoju pomiędzy produkcją jako procesem

technologicznym, a produktem (Rys. 3). Znalazienie odpowiedniej alternatywy dla realizacji wysokich wymagań klientów poprzez wdrożenia innowacyjnych rozwiązań umożliwiło synchronizację działań zakładu przemysłowego [14].



Rys. 3. Etapy rozwoju produkcji i produktu
(Źródło: opracowanie własne na podstawie [14])

Na rysunku 3 przedstawiono współzależność kolejnych etapów rozwoju produkcji i produktu. W początkowej fazie rozwoju w zakładach przemysłowych skupiano uwagę na wykonywaniu operacji i przebrojeniu stanowiska roboczego za pomocą przygotowanego schematu. System logistyczny oraz produkcyjny umożliwił skupienie uwagi na realizacji jednorodnych operacji oraz procesów logistycznych, np. spedycja oraz magazynowanie traktowane były jako jednostka, która wykonywała zadania postawione w danym systemie, przy czym rekonfiguracja odgrywała kluczową rolę. Polegała ona na ponownym zdefiniowaniu układu elementów systemu po jego rozbudowie oraz zmianie w zależności od kierunku działania zakładu przemysłowego. Zmiana położenia elementów została pokazana w szkicu. Wraz z pojawieniem się modularności obszaru logistycznego ze wszystkimi jego komponentami powstało pojęcie elastyczności, czyli zdolności do szybkiego dostosowania się systemu logistycznego w określonych granicach do zmieniających się czynników przy niewielkich nakładach finansowych. Przedstawienie zmian można było wyświetlić za pomocą układu 2D i przeprojektować poddany modyfikacji obszar.

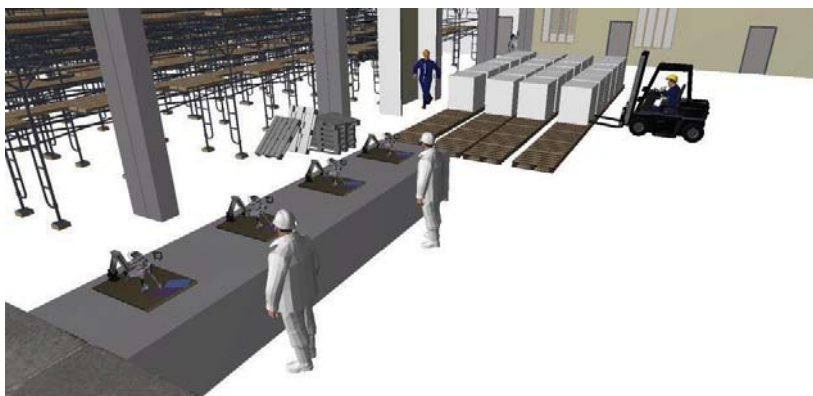
Następny krok w rozwoju koncepcji planowania przedsiębiorstwa pozwolił na spojrzenie na zakład przemysłowy jako całości z uwzględnieniem procesów logistycznych w zależności od specyfiki działania zakładu. Została wzięta pod uwagę zdolność do zmian i przedstawiona w układach 2D i 3D wraz z wizualizacją. Narzędziem które pozwoliło na

osiągnięcie sukcesu stało się rozwiązaniem, tzw. networking stanowiący proces wymiany informacji oraz współpracy różnych zespołów jednocześnie. Dział logistyczny miał ściśle relacje z dostawcami, działem produkcji, podwykonawcami i klientami. Dla prezentacji produktu grafika i animacje odgrywały kluczową rolę, w tym tworzenie portfolio jako sposobu przedstawienia produktów zachęcającego klienta do zakupu. Pojawiło się pojęcie „zwinność procesów logistycznych” jako podstawa rozwoju systemu logistycznego. Polega ono na integracji procesów logistycznych w elastyczny sposób, aby umożliwić bieżące zmiany jednostkowe dla wyrobów projektowanych na zamówienie w krótkich seriach. Zwinność można scharakteryzować w następujący sposób:

- natychmiastowe reagowanie na bieżące zmiany w harmonogramach produkcji;
- pełna integracja działów produkcji, zaopatrzenia i dystrybucji;
- pełna kontrola w przedsiębiorstwie nad wszelkimi zasobami w łańcuchach dostaw;
- możliwość całodobowego cyklu dostaw pod kątem dostosowywania do stref czasowych;
- ciągłość przepływu materiałów, produktów, półproduktów w całym łańcuchu przepływu dóbr – od pozyskania surowców dostaw do końcowego odbiorcy;
- zmienność struktury łańcucha dostaw biorąc pod uwagę jej dostosowywanie do potrzeb odbiorcy.

Dokonując analizy obecnych trendów przemysłowych widoczny jest wyraźny wpływ planowania synergetycznego na zwinność pod kątem zmniejszenia kosztów związanych z automatyzacją procesów logistycznych, a także zwiększanie udziału wirtualizacji i robotyzacji. Wraz z rozwojem koncepcji cyfrowych fabryk (zdefiniowanych w ramach Industry 4.0) powstały nowe standardy i systemy automatycznej wymiany danych pomiędzy systemami i urządzeniami zlokalizowanymi w zakładzie. Rozwój technologii generatywnej jako technologii projektowania pozwolił na wytwarzanie prototypów 3D i wykorzystanie inżynierii odwrotnej dla tworzenia zindywidualizowanej produkcji [10]. Fragment przykładowego planu 3D będącego prototypem zmian w zakładzie i połączeniem wirtualizacji i robotyzacji przedstawiono na rysunku 4.

Dzięki różnym metodom i narzędziom modelowania możliwa stała się także daleko idąca digitalizacja procesów wspierająca planowanie synergetyczne. W podejściu takim odwzorowanie zakładu przemysłowego realizowane przy użyciu trójwymiarowych obiektów architektonicznych CAD takich jak ściany, dachy, okna oraz typowo instalacyjnych, np. elementy instalacji, rury, piece itd. jest łączone z modelami obiektów technologicznych takich jak urządzenia, wózki jezdne, regały, palety itd. Wymaga to odpowiedniego środowiska cyfrowego, stanowiącego centralną platformę integracyjną, do której można podłączyć narzędzia planowania przedsiębiorstwa przemysłowego z różnych obszarów. Zmiana jednego elementu 3D powoduje automatyczne uaktualnienie zapisanego centralnie modelu projektowanego zakładu przemysłowego. Platforma taka wspiera komunikację między inżynierami procesów, a architektami i odpowiedzialnymi za utrzymanie budynku. Wspólna platforma umożliwiająca pracę nad projektem specjalistom z różnych dziedzin pozwala zobaczyć efekty planowania podczas wizualizacji rozwiązania (również za pomocą zaawansowanych animacji) i określać spójne kierunki rozwoju i perspektywę wdrożenia innowacyjności w zakładzie przemysłowym. Uwzględnienie wyżej wskazanych założeń pozwoli również na znalezienie w przyszłości kolejnych etapów rozwoju produkcji i produktu [0, 7, 10].



Rys. 4. Połączenie wirtualizacji i robotyzacji w planowaniu synergetycznym
(Źródło: opracowanie własne)

4. KLUCZOWE CZYNNIKI ZWINNOŚCI SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH

Termin zwinność opisuje zdolność przedsiębiorstw do reagowania na zmiany, które musiały dostosować się do pracy w szybko zmieniającym się otoczeniu gospodarczym. Określając trzy kluczowe czynniki, które są logicznie powiązane między sobą, a mianowicie: zdolność poznawcza, elastyczność i szybkość wdrożenia zmian, można określić pojęcie zwinności systemów logistycznych. Zdolność poznawcza umożliwia zakład przemysłowy wcześniej zidentyfikować potrzeby na zmiany, ponieważ przyszłe wymagania można uwzględnić na wczesnym etapie procesu decyzyjnego. Podkreślając znaczenie zwinności systemów logistycznych, których elementy wpływają na siebie wzajemnie i są ze sobą skoordynowane jako „zwinne narzędzie” elementów całościowego systemu, można liczyć na realizację projektu w krótkim czasie. Ponadto firmie należy rozpoznać potrzebę działania w obszarach logistyki, klientów, konkurencji i technologii we właściwym czasie, np. łańcuchy dostaw powinny być w stanie rozpoznać zmieniające się preferencje klientów na wczesnym etapie. Na sprawność łańcuchów dostaw również wpływa zdolność do wychwytywania trendów technologicznych i innowacji.

Elastyczność ma na celu szybką ocenę zidentyfikowanych potrzeb i podjęcie odpowiednich działań, aby zapewnić skuteczne dostosowanie do zmian. Na elastyczność firmy wpływa zwinność procesów logistycznych, możliwość zwiększenia zdolności produkcyjnych w krótkim okresie oraz sposób współpracy z głównymi dostawcami. Aby osiągnąć wymaganą dla elastyczność jest szczególnie ważne, aby procesy logistyczne, zdolności produkcyjne i świadczone usługi mogły być odpowiednio szybko dostosowane. Charakteryzując szybkość wdrożenia zmian można stwierdzić, że ona określa zdolność do zaspokojenia potrzeb klientów tak szybko, jak to możliwe. Te trzy czynniki zwinności muszą zawsze być rozpatrywane łącznie, szybkość wdrożenia stanowi zatem główny

element zwinności i zależy od czasu trwania procesu zmian w obszarach funkcjonalnych: zaopatrzenia, produkcji i sprzedaży. Wpływa na nią przede wszystkim czas uzupełnienia zapasów i czas dostawy do klientów.

Podczas wdrożenia innowacyjnych rozwiązań wdrażane są nowe zasady i metody w celu nabycia umiejętności niezbędnych do osiągnięcia zwinności zakładu przemysłowego. W takiej sytuacji modyfikacji poddawane są normy projektowania, równolegle powstaje opracowanie metod identyfikacji środków efektywności energetycznej zakładów przemysłowych jeszcze na etapie projektu koncepcyjnego. Uwzględnienie ścisłych zmian, norm planowania i kierunków rozwoju przedsiębiorstwa pozwoli na zwinną reakcję będzie możliwe stosując zasady planowania synergetycznego [2].

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule omówiono poszczególne etapy ewolucji zakładu przemysłowego, kładąc szczególny nacisk na ocenę wpływu planowania synergetycznego na zwinność procesów logistycznych. Dzięki implementacji nowych rozwiązań można spodziewać się także zwiększenia poziomu zwinności zakładu przemysłowego. Każda istotna zmiana motywuje do tworzenia nie tylko koncepcji, ale i szczegółowego projektu w zależności od specyfiki działania zakładu z zastosowaniem planowania synergetycznego. Przy czym modyfikacji poddawane są normy projektowania i kwalifikacje pracowników. W pracy scharakteryzowano również etapy rozwoju produkcji i produktu, gdzie wskazana została zwinność procesów logistycznych na osi zakładu przemysłowego i produktu. Równolegle można prześledzić na tym etapie obszar zastosowań w planowaniu i rozwój metod wizualizacji i animacji. Zwinność wspiera przekształcanie zakładu przemysłowego albo jego obszarów i ma kluczowe znaczenia dla poprawy procesów logistycznych oraz wyników działalności przedsiębiorstwa. Z pojawieniem się pojęcia „kustomizacja” i rozwojem robotyzacji zmieniło się podejście do planowania przestrzeni zakładów przemysłowych. Zwinność na tym etapie jest elementem wskazującym na szybkość podejmowania decyzji, umiejętność przekształcania informacji o planowaniu, wysoką efektywność planowania. Biorąc pod uwagę ewolucję rozwoju etapów planowania, można stwierdzić, że planowanie synergetyczne ma coraz większy wpływ na zwinność procesów i odgrywa kluczową rolę w procesie implementacji zmian w zakładzie przemysłowym przy nieprzewidywalności występującej w globalnym środowisku gospodarczym.

Podziękowania

Wydanie publikacji finansowane przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (dotacja podmiotowa na utrzymanie potencjału badawczego).

Bibliografia

1. Addor M.R.A., Santos E.T.: *BIM Coordination Room Layout: Assessment Criteria and Metrics*, Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference 2015, Eindhoven, The Netherlands, 2015.
2. Blome C., Eckstein D., Henke M., Lasch R. Neumüller C.: *Supply Chain Agility: Strategische Anpassungsfähigkeit im Supply Chain Management*, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg, 2012, https://www.bvl.de/misc/filePush.php?id=18099&name=BVL12_BME_Studie_Supply_Chain_Agility.pdf [dostęp 29-03-18].
3. Bracht U., Geckler D., Wenzel S.: *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele 2. Auflage*, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2018.
4. Dinse J.: *Quantitative Betriebsmittelbedarfsplanung für die getaktete Fließfertigung*, PhD Thesis, Technische Universität Berlin, 2016.
5. Eversheim W., Schuh G. (Hrsg.): *Produktion und Management 3: Gestaltung von Produktionssystemen*, Springer, Berlin Heidelberg, 1999.
6. Holzhausen J., Knöfler P., Riechel C., Sunder W.: *Planungssystematik der Leistungsphase Null von Krankenhäusern*, [w:] Roth C., Dombrowski U., Fisch M.N. (Hrsg.): *Zukunft. Klinik. Bau.*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015.
7. Kaczmarek W., Panasiuk J.: *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017.
8. Lösch F.: *Einführung in die Fabrikplanung*, Fabrikplanung – Vorlesung 1 2009, WZL – Werkzeugmaschinenlabor der RWTH AACHEN – Deutsch, <http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/index.htm>, [dostęp 29-03-18].
9. Riffelmacher P.: *Konzeption einer Lernfabrik für die variantenreiche Montage*, Fraunhofer-Verlag, 2013.
10. Rudnicki J.: *Indywidualizacja produktu*, 2012, www.log24.pl/artykuly/indywidualizacja-produktu, [dostęp 03-02-18].
11. Rudtsch V.: *Methodik zur Bewertung von Produktionssystemen in der frühen Entwicklungsphase*, PhD Thesis, Universität Paderborn, 2016.
12. Schenk M., Wirth S., Müller E.: *Factory Planning Manual. Situation-Driven Production Facility Planning*, Springer, Berlin, 2010.
13. Strona internetowa: www.hoai.de/online/HOAI_2009/HOAI_2009.php#3, *HOAI 2009 Volltext*, [dostęp 07-03-18].
14. Strona internetowa: www.moehwald-unternehmensberatung.de/industriearbeitskreis.html, *Wie gestalte ich optimal eine neue Fabrik? Grundlagen moderner Fabrikgestaltung*, Institut für Fabrikanlagen und Logistik [dostęp 29-03-18].
15. *Synergetische Planung wandlungsfähiger Fabriken*, Whitepaper, IPH – Institut für integrierte Produktion Hannover, https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/Whitepaper_Fabrikplanung.pdf [dostęp 29-03-18].
16. Tompkins J., White J., Bozer Y., Tanchoco J.: *Instructor's Manual To Accompany Facilities Planning*, 4th Edition, Wiley, 2010.
17. VDI-Richtlinie 5200: *Fabrikplanung. Planungsvorgehen*, Beuth Verlag, Berlin, 2011.
18. Wiendahl H-P., Reichardt J., Nyhuis P.: *Handbook Factory Planning and Design*, Springer, Berlin, 2015.

THE INFLUENCE OF SYNERGETIC PLANNING ON THE AGILITY OF LOGISTICS PROCESSES IN A FACTORY

Summary: The return on long-term investments depends on the adaptability of logistic systems. To meet the market requirements logistics processes must be planned in a flexible and versatile method with the use of mutual synergy. The article was based on own research focused on the application of synergistic planning in connection with the digitalization of planning processes in a factory. Furthermore, the design of manufacturing and logistics processes must be associated with planning objects. Synergistic planning synchronizes the phases of production planning with the stages of object planning and describes the factory life cycle from preparation to planning to the exploitation of the facility.

Keywords: Synergetic Factory Planning, Layout Planning, 3D synergetic factory model