



Centrum
Zarządzania Innowacjami
i Transferem Technologii



IDENTYFIKACJA POTRZEB INNOWACYJNYCH PODMIOTÓW GOSPODARCZYCH

- CZEGO PRACODAWCY OCZEKUJĄ
OD POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

RAPORT

Warszawa, 2021



**Politechnika
Warszawska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Projekt „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój.

Identyfikacja potrzeb innowacyjnych podmiotów gospodarczych – czego pracodawcy oczekują od Politechniki Warszawskiej?

RAPORT

opracowany w ramach projektu

„NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój.

Opracowanie raportu: dr Aleksandra Wycisk, Magda Matysiak

Koordinacja badania: dr Katarzyna Modrzejewska

Zespół badawczy: Dział Badań i Analiz CZiITT PW

Opracowanie graficzne: Marcin Karolak

ISBN: 978-83-959787-4-6

DOI: 10.32062/20210101

Wydawca: Politechnika Warszawska - Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii Politechniki Warszawskiej

Warszawa 2021



**Centrum
Zarządzania Innowacjami
i Transferem Technologii**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Spis treści

Podsumowanie badań.....	4
Definicje i metodyka badania.....	6
1. Definicje.....	7
2. Metodyka badania.....	12
Wyniki badania	15
3. Potrzeby innowacyjnych przedsiębiorstw względem kształcenia w Politechnice Warszawskiej.....	16
3.1. Technologie, branże, dyscypliny.....	16
3.2. Kultura organizacji i zarządzanie talentami.....	29
3.3. Współpraca uczelnia-biznes	45
Podsumowanie	52
4. Wnioski.....	53
Źródła	56
5. Bibliografia.....	57
6. Spis rysunków	62
7. Załącznik - wykaz analizowanych raportów i artykułów	63

Podsumowanie badań

Raport stanowi część badań „Analiza potrzeb i oczekiwań pracodawców absolwentów PW”, realizowanych w ramach projektu „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca”, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach POWER.

Cel badania

Celem badania była identyfikacja potrzeb innowacyjnych podmiotów gospodarczych (przedsiębiorstw), będących potencjalnymi pracodawcami absolwentów Politechniki Warszawskiej.

Najważniejsze wnioski

Innowacyjne przedsiębiorstwo opiera swoją działalność na regularnie gromadzonych i analizowanych danych dotyczących swojej działalności i jej kontekstu. Wprowadza technologie automatyzacji i optymalizacji produkcji oraz doskonali procesy komunikacji. Przemiany technologiczne prowadzą do reorganizacji podstawowych procesów przedsiębiorstwa, co z kolei umożliwia zmianę kultury organizacji.

Technologie i rozwiązania, od których oczekuje się największego wpływu na organizacje to (katalog otwarty o różnym poziomie szczegółowości): analityka danych (*big data*), autonomiczne pojazdy i roboty mobilne, blockchain, chmura obliczeniowa, cyberbezpieczeństwo, cyfrowy bliźniak i digitalizacja produkcji, druk addytywny, geolokalizacja, inteligentne czujniki / RFID, interfejsy mobilne, nowoczesne materiały, przemysłowy Internet rzeczy (IIoT), responsywne wytwarzanie i personalizacja produktu, roboty współpracujące (*cobots*), systemy cyber-fizyczne, sztuczna inteligencja (AI), utrzymanie ruchu i działania prewencyjne w parku maszynowym, wirtualna i rozszerzona rzeczywistość (VR / AR). Żadna z powyższych technologii nie ma prymatu istotności – zasadność jej wprowadzenia zależy wyłącznie od kontekstu danego przedsiębiorstwa (branża, rynki, oczekiwania odbiorców).

Kapitał ludzki jest nie tylko wartościowym zasobem, ale instrumentem rozwoju firmy, w który warto (i należy) inwestować. Zarządzanie talentami opiera się na zaufaniu i docenieniu pracownika, któremu przekazuje się więcej decyzyjności, ale też od którego wymaga się stałego doskonalenia umiejętności i kompetencji oraz określonych postaw: otwartości, innowacyjności, gotowości do dzielenia się wiedzą, umiejętności współpracy interdyscyplinarnej i międzysektorowej.

Kluczowe kompetencje pracowników innowacyjnych przedsiębiorstw obejmują przede wszystkim umiejętność pracy z nowymi technologiami (ang. *digital dexterity*) oraz zdolność adaptacji do zmian (ang. *resilience*). Pracownik innowacyjnego przedsiębiorstwa rozumie procesy biznesowe związane z działalnością organizacji, w której pracuje, potrafi efektywnie zarządzić sobą / zespołem / procesem w czasie, umie jasno i skutecznie komunikować się, dobrze też, jeżeli cechuje go odpowiedzialność, zaangażowanie, empatia, wrażliwość na środowisko i zachowania etyczne. Nie jest to wcale nowy zbiór cech – nowością jest jednak ich rosnąca rola w organizacji na każdym stanowisku. Dla innowacyjnych przedsiębiorstw nie są to cechy „menadżerskie”, a cechy wszystkich pracowników.

Zarówno dla uczelni, jak i innowacyjnych przedsiębiorstw istotne jest zacieśnienie wzajemnych relacji w zakresie ewaluacji programów kształcenia oraz opiniowania zagadnień podejmowanych na studiach. Innowacyjne przedsiębiorstwa mają potrzebę rozwijania współpracy B+R i uczelnie są wśród podmiotów, z którymi innowacyjne przedsiębiorstwa chciałyby współpracować. Preferowane przez pracodawców formy współpracy (m.in. praktyki i staże) warto poszerzać o angażowanie innowacyjnych przedsiębiorstw w formy projektowe i warsztatowe, realizowane w partnerstwie. Metodyki *problem-*

based learning i *research-based learning* łączą możliwość kształcenia teoretycznego z nabyciem praktycznego doświadczenia przez rozwiązywanie rzeczywistych problemów zaczerpniętych z rynku – co niesie korzyści zarówno dla uczelni (i studentów), jak i przedsiębiorstw.

Metoda badawcza

Zastosowano analizę materiałów zastanych, opartą na przeglądzie systematycznym (Booth, Sutton, & Papaioannou, 2016). Próba objęła 102 materiały (w tym 59 w j. angielskim): 81 opracowań (raporty analityczne, badawcze, konsultingowe) oraz 21 artykułów naukowych zaczerpniętych z otwartych źródeł (Directory of Open Access Journals, ResearchGate, GoogleScholar oraz portali branżowych) z lat 2010-2020, w tym wcześniejsze metaanalizy dotyczące innowacyjnych przedsiębiorstw i przemysłu 4.0 (Hecklau, Orth, Kidschun, & Kohl, 2017; Prifti, Knigge, Kienegger, & Krcmar, 2017; Sackey & Bester, 2016).

Definicje i metodyka badania

1. Definicje

Innowacyjne podmioty gospodarcze

Innowacyjny podmiot gospodarczy można zdefiniować zgodnie z propozycją GUS jako przedsiębiorstwo aktywne innowacyjnie w zakresie produktów i procesów, czyli „przedsiębiorstwo, które wdrożyło przynajmniej jedną innowację produktową lub procesową bądź prowadziło działalność innowacyjną zaniechaną lub niezakończoną (w tym działalność badawczo-rozwojową, która nie jest bezpośrednio związana z tworzeniem konkretnej innowacji)”¹.

Definicję tę można rozszerzyć również na podmioty uczestniczące w życiu gospodarczym, niebędące przedsiębiorstwami, czyli np. podmioty z tzw. pierwszego i trzeciego sektora (jednostki administracyjne, jednostki samorządu terytorialnego, fundacje i stowarzyszenia, a także inne uczelnie i instytuty badawcze).

Przez działania innowacyjne należy rozumieć „wszelkie działania rozwojowe, finansowe i handlowe podejmowane przez firmę, które mają zaowocować innowacją dla firmy” (OECD/Eurostat, 2018). Warto odnotować zmiany w rozumieniu innowacji, które wprowadziło czwarte wydanie Podręcznika Oslo (2018), gdzie zmniejszono złożoność definicji z czterech typów innowacji (produkt, proces, organizacja i marketing), na dwa główne typy: innowacje produktowe i innowacje procesów biznesowych.

Przemysł 4.0

Termin pojawił się w powszechnym użyciu w 2011 r., kiedy został zaprezentowany na Targach w Hanowerze jako część niemieckiej strategii mającej na celu przygotowanie i wzmocnienie sektora przemysłowego pod kątem przyszłych wymagań produkcyjnych. Najprościej rzecz ujmując, przemysł 4.0 obejmuje sieciowanie produktów, procesów i infrastruktury w czasie rzeczywistym (Kagermann, Anderl, Gausemeier, & Schuh, 2011). Podstawowymi komponentami technologicznymi związanymi z przemysłem 4.0 są m.in. systemy cyber-fizyczne i Internet rzeczy (IoT), które umożliwiły przełom w sposobie realizacji procesów produkcyjnych i nie tylko: „Czwarta rewolucja przemysłowa, możliwa dzięki komunikacji między ludźmi, maszynami i zasobami, charakteryzuje się zmianą paradygmatu od centralnie sterowanych do zdecentralizowanych procesów produkcyjnych” (Hermann, Pentek, & Otto, 2016, s.3928).

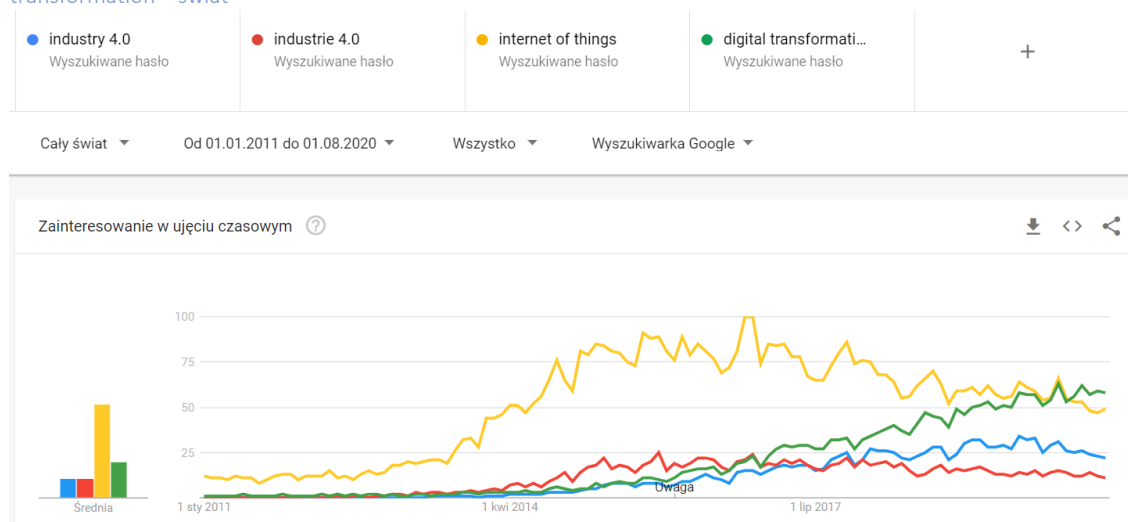
Warto zauważyć, że w dyskursie nt. innowacyjnych rozwiązań w przedsiębiorstwach i cyfrowej transformacji obok pojęć odwołujących się do technologii, jak np. sztuczna inteligencja (AI) czy Internet rzeczy (IoT) pojawiają się również pojęcia, które odnoszą się do modeli (teoretycznych, organizacyjnych), gdzie technologie te są stosowane. Konceptji jest sporo, a ich popularność różni się nie tylko między krajami, ale również branżami, przykładowo: czwarta rewolucja przemysłowa, gospodarka 4.0, *integrated industry*, *smart industry*, *smart manufacturing*, *digital factory*, *smart factory* (wszystkie odwołują się do modeli koncepcyjnych / organizacyjnych, możliwych w oparciu o zbiór określonych technologii).

Zestawienie wyszukań w Google Trends dla całego świata pokazuje dominację terminu IoT, będącego odniesieniem do konkretnego rozwiązania technologicznego. Od 2014 r. widać stopniową popularność (a około 2019 r. powolny spadek) terminu „przemysł 4.0” oraz stopniowy wzrost zapytań dla terminu

¹ Por. Aktywność innowacyjna przedsiębiorstw w Dziedzicznych Bazach Wiedzy, Główny Urząd Statystyczny. Źródło: http://swaid.stat.gov.pl/NaukaTechnika_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DBD_NTSI_3.aspx, dostęp: 27.10.2020.

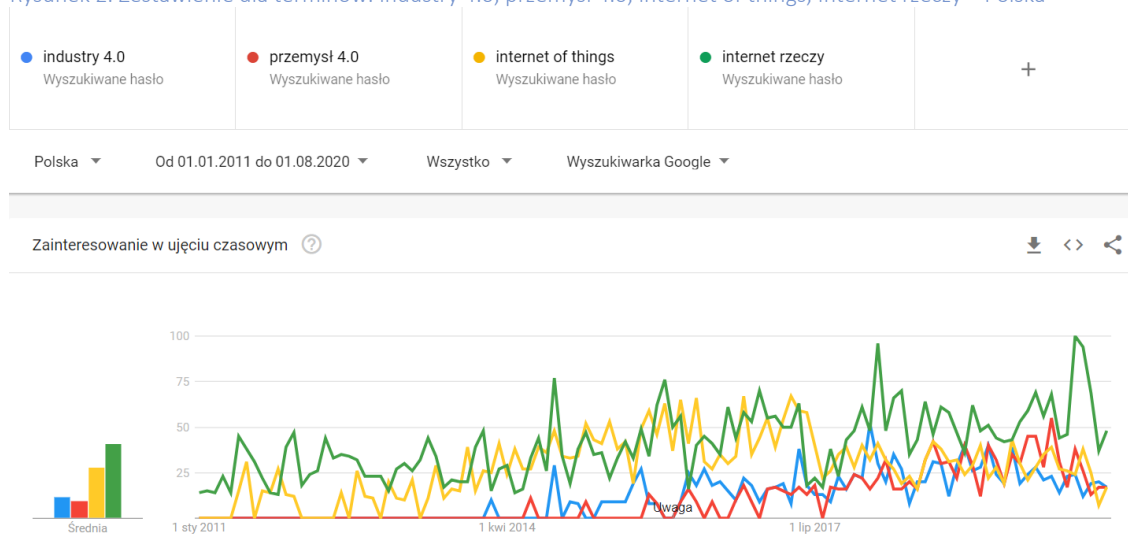
„cyfrowa transformacja”, odnoszący się do przemiany przedsiębiorstw i osiągnięcia „cyfrowej dojrzałości”. Transformacja cyfrowa bywa określana megatrendem (Siemens Polska, 2017).

Rysunek 1. Zestawienie dla wyszukiwań terminów: *industry 4.0*, *industrie 4.0* (j. niemiecki), *internet of things* oraz *digital transformation – świat*



Źródło: Google Trends.

Rysunek 2. Zestawienie dla terminów: *industry 4.0*, *przemysł 4.0*, *internet of things*, *Internet rzeczy – Polska*



Źródło: Google Trends.

Choć zmiany, które opisuje termin „przemysł 4.0” mają miejsce od lat i stopniowo postępują w miarę usprawniania technologii i adaptacji towarzyszących im sposobów organizacji przedsiębiorstwa, to jego nagła popularność zachęcała do krytycznej analizy zjawiska. Na argumenty, że przemysł 4.0 to moda, która przeminie, pojawiły się jednak głosy obrony. W artykule dot. przemysłu 4.0 w kontekście edukacji inżynierskiej Sackey i Bester (2016) przytaczają kilka perspektyw, np. analizę prowadzoną dla McKinsey, w której stwierdzono, że skoro Przemysł 4.0 jest wynikiem zbieżności trendów i istniejących technologii, należy odrzucić wszelkie przekonanie, że zjawisko to jest niczym innym jak „krzykliwym sloganem”².

² Por. Baur, C. & Wee, D. 2015. Manufacturing’s next act. Insights and Publications. Źródło: <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>.

Wskazują również na spostrzeżenie, że pełną ocenę będzie można przeprowadzić np. za 15-20 lat, kiedy zjawisko będzie już w powszechnym użyciu³. Do tego warto dodać również raporty, które już tytułem wyrażnie wskazują na konieczność chłodnej analizy zjawiska: McKinsey – „Industry 4.0 after the initial hype Where manufacturers are finding value and how they can best capture it” (Wee, Kelly, Cattel, & Breunig, 2016) czy KPMG – „Beyond the hype. Separating ambition from reality in Industry 4.0” (Gates & Bremicker, 2017a).

W badaniu PWC z 2016 r. wśród kadry zarządzającej firm przemysłowych z całego świata (ponad 2000 respondentów z 26 krajów) wskazywano na wymierne rezultaty osiągnięte poprzez podążanie modelem 4.0 (Geissbauer, Vedso, & Schrauf, 2016). Nieco późniejsze badania Deloitte na podobnej próbie (ponad 1600 dyrektorów generalnych z 19 krajów świata) pokazują, że mimo iż kadra zarządzająca rozumie pojęcie i zależności biznesowe związane z przemysłem 4.0, wciąż ma problemy w praktycznej adaptacji rozwiązań. Ciekawym przykładem jest „paradoks strategiczny”: mimo iż 94% respondentów wskazuje transformację cyfrową jako najważniejszy cel strategiczny firmy, to tylko 68% badanych łączy tę zmianę z możliwością zwiększenia zysków. Co więcej, respondenci „niekoniecznie kojarzą transformację cyfrową ze wzrostem przychodów wynikającym z nowych produktów i modeli biznesowych opartych na badaniach i rozwoju. Wielu wydaje się postrzegać transformację cyfrową jako „obronną” inwestycję, której celem jest raczej zabezpieczenie, a nie rozwój działalności” (Hanley, Daecher, Cotteleer, & Sniderman, 2018).

Obecnie przemysł 4.0 jest postrzegany jako jeden z najważniejszych skoków w światowym przemyśle i gospodarce (Sima, Gheorghe, Subić, & Nancu, 2020). Na podstawie analizy bibliometrycznej 111 badań nt. przemysłu 4.0, badacze zauważają, że model stworzył nowe możliwości i zagrożenia, które należy poznać i ocenić, aby uzyskać nowe przewagi konkurencyjne. Szczególnie wschodzące rynki potrzebują przyjrzeć się zyskom i kosztom wynikającym z wprowadzania modelu przemysłu 4.0, aby przeanalizować swoje zasoby i dostosować się tak, aby utrzymać albo zwiększyć konkurencyjność (Sima et al., 2020, s.6).

Temat przemysłu 4.0 w Unii Europejskiej zasługuje na osobne opracowanie: od inicjatyw monitorujących innowacje w produkcji przemysłowej, przez konkursy tematyczne „fabryk przyszłości” po inicjatywę wspierającą wdrażanie cyfrowych innowacji w europejskich przedsiębiorstwach (Digitising European Industry) (Michałowski, Jarzynowski, & Pacek, 2017; Smit, Kreutzer, Moeller, & Carlberg, 2016). W ostatnich latach w krajach UE powstały platformy analogiczne do niemieckiej Industrie 4.0, także w Polsce – od 2019 r.

Warto też wspomnieć o monitorowaniu postępów krajów członkowskich w obszarze cyfryzacji w formie indeksu gospodarki cyfrowej i społeczeństwa cyfrowego (DESI)⁴. Najnowsze dane z 2020 r. dla wskaźnika integracji technologii cyfrowych (będącego częścią DESI obok łączności, kapitału ludzkiego, wykorzystania usług internetowych oraz cyfryzacji usług publicznych) podają, że przedsiębiorstwa stają się coraz bardziej zdigitalizowane, jednak przodują w tym raczej duże firmy (38,5% dużych firm korzystało już z zaawansowanych usług w chmurze, a 32,7% korzystało z analityki dużych zbiorów danych), a nie MŚP (17% z nich korzysta z usług w chmurze, a tylko 12% z analityki dużych zbiorów danych)⁵.

³ Por. Sheard, S. 2013. Industry 4.0: The next industrial revolution. The Engineer. 11 July. Źródło: <http://www.theengineer.co.uk/manufacturing/automation/industry-40-the-next-industrial-revolution/1016696.article>.

⁴ DESI jest indeksem złożonym, który podsumowuje odpowiednie wskaźniki dotyczące wydajności cyfrowej Europy i śledzi ewolucję państw członkowskich UE w zakresie konkurencyjności cyfrowej. Źródło: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>, dostęp 10.03.2021.

⁵ Źródło: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology-enterprises>, dostęp 10.03.2021.

Formy współpracy uczelni z otoczeniem społeczno-gospodarczym

Niniejszy raport wykorzystuje katalog form współpracy opracowany i wielokrotnie testowany przez Dział Badań i Analiz CZliTT PW w toku badań nad potrzebami otoczenia społeczno-gospodarczego Politechniki Warszawskiej realizowanych na potrzeby podnoszenia jakości kształcenia. Obecne brzmienie katalogu form współpracy było testowane w ostatniej edycji badania „Diagnoza potrzeb pracodawców i instytucji współpracujących z PW 2018/2019 r.” (Dział Badań i Analiz CZliTT, 2019) (por. Rysunek 3).

Rysunek 3. Katalog form współpracy uczelni z otoczeniem społeczno-gospodarczym

Partycypacja w procesie doskonalenia jakości kształcenia, np. opiniowanie programu kształcenia	Certyfikacja i szkolenia dla kadry akademickiej
Dydaktyka - prowadzenie zajęć na Uczelni, wykładów, prezentacji etc.	Organizacja praktyk i staży zawodowych dla studentów i absolwentów Wydziału
Organizacja wolontariatów dla studentów i absolwentów PW	Prace dyplomowe pisane we współpracy lub na zamówienie pracodawców
Projekty badawczo-rozwojowe, badania stosowane (badania zlecane / ekspertyzy) etc.	Przyjmowanie pracowników PW (nauczycieli akademickich) na staże, wizyty studyjne, do swojej firmy, instytucji
Studia podyplomowe i kierunki zamawiane	Udział w badaniach społecznych dot. szkolnictwa wyższego, np. ankietyzacja, panele eksperckie
Udział w konferencjach naukowych	Udział w targach branżowych
Wizytacje studentów w zakładzie pracy (dni otwarte, zajęcia terenowe)	Współpraca z Biurem Karier PW (np. przesyłanie ofert pracy, kontakty sprawie spotkań z pracodawcą, udział w targach pracy)
Wykorzystanie komercyjnej infrastruktury (sprzęt, laboratoria itp.)	Zatrudnianie absolwentów Wydziału
Inne formy współpracy	

Źródło: opracowanie własne DBA CZliTT PW.

Warto zwrócić uwagę na to, że formy współpracy obejmują nie tylko współpracę badawczą i rozwojową (badania przemysłowe, prace rozwojowe oraz badania podstawowe, tj. prace badawcze poza bezpośrednią współpracą z przemysłem), ale także np. działania z zakresu dydaktyki (organizacja praktyk, staży, spotkania z pracodawcami) czy jakości kształcenia (np. konsultacja efektów uczenia się).

Katalog stanowił punkt odniesienia w odpowiedzi na pytanie badawcze dotyczące identyfikacji potrzeb innowacyjnych przedsiębiorstw względem PW w zakresie współpracy z uczelnią.

Kompetencje i umiejętności

Definicje umiejętności i kompetencji różnią się zależnie od dyscypliny czy przyjętej perspektywy analitycznej. W języku polskim umiejętność to „praktyczna znajomość czegoś, biegłość w czymś”, natomiast kompetencje oznaczają „zakres czyjejs wiedzy, umiejętności i doświadczenia”⁶. Warto odnotować, że (w odróżnieniu do umiejętności) kompetencje mogą też należeć do abstrakcyjnych podmiotów: urzędu, instytucji (jako zakres uprawnień do podejmowania działań). Nadto, kompetencje można interpretować jako potencjalną zdolność do nabycia nowych umiejętności praktycznych.

Przyjęta w Polsce Krajowa Rama Kwalifikacji⁷ porządkuje rozróżnienie umiejętności i kompetencji (społecznych). Umiejętność odnosi do praktycznej zdolności wykonania (tj. osoba potrafi), natomiast kompetencje społeczne odnoszą do potencjalnego działania (tj. osoba jest gotowa do podjęcia określonych działań) (por. Rysunek 4).

Kompetencje badane są przez szereg dyscyplin (m.in. psychologia, edukacja, zarządzanie) od kilku dekad. Jedną z pierwszych definicji jest określenie kompetencji jako „cechy osobistej lub zestawu nawyków, które prowadzą do skuteczniejszej lub lepszej wydajności pracy” (McClelland). W badaniach wyróżnić można trzy podejścia:

1) behawioralne: w przeciwieństwie do osobowości czy inteligencji, kompetencje mogą być wykształcone poprzez uczenie się i rozwój [D. McClelland, R.E. Boyatzis];

2) funkcjonalne: ogranicza rozumienie terminu do umiejętności i know-how niezbędnych do wykonania danego zadania [E. Frank, L. Miller];

3) podejście holistyczne / wielowymiarowe: wyróżnia kompetencje indywidualne (należące do osoby) oraz kompetencje organizacyjne (wymagane na poziomie organizacji do osiągnięcia pożądanych rezultatów) [G.A. Straka] (Prifti et al., 2017).

Rysunek 4. Definicja efektów uczenia się w polskiej Ramie Kwalifikacji (2018 r.)

Wiedza	Umiejętności	Kompetencje społeczne
<ul style="list-style-type: none">•zbiór opisów obiektów i faktów, zasad, teorii oraz praktyk, przyswojonych w procesie uczenia się, odnoszących się do dziedziny uczenia się lub działalności zawodowej.	<ul style="list-style-type: none">•przyswojona w procesie uczenia się zdolność wykonywania zadań i rozwiązywania problemów właściwych dla dziedziny uczenia się lub działalności zawodowej.	<ul style="list-style-type: none">•zdolność autonomicznego i odpowiedzialnego uczestniczenia w życiu zawodowym i społecznym oraz kształtowania własnego rozwoju, z uwzględnieniem etycznego kontekstu własnego postępowania.

Źródło: Sławiński, Chłoń-Domińczak, Szymczak, & Ziewiec-Skokowska, 2018 r.

Warto zauważyć, że przyjęty podział jest umowny i zbiory te nakładają się: wiedza często obejmuje umiejętności, a umiejętności – elementy wiedzy, z kolei kompetencje obejmują i wiedzę, i umiejętności. Może to wyjaśniać, dlaczego terminy te często bywają stosowane zamiennie. W tekście niniejszego opracowania przytaczane są omówienia i cytaty z innych raportów i badań – w tych przypadkach terminy stosowane są zgodnie z oryginalnym brzemieniem przytaczanego dokumentu.

⁶ Obie definicje za Słownik Języka Polskiego PWN, źródło: <https://sjp.pwn.pl/>, dostęp: 16.12.2020.

⁷ Polska Rama Kwalifikacji – przyjęta w Polsce struktura poziomów kwalifikacji włączonych do Zintegrowanego Systemu Kwalifikacji. Poziomy PRK odpowiadają poziomom Europejskiej Ramy Kwalifikacji, czyli przyjętej w UE strukturze poziomów kwalifikacji stanowiącej układ odniesienia umożliwiający porównywanie kwalifikacji uzyskiwanych w różnych krajach UE (Sławiński et al., 2018). Warto pamiętać, że „kwalifikacja” to osobny termin odnoszący do zestawu wiedzy, umiejętności i kompetencji zgodnego z określonymi wymogami, których osiągnięcie zostało sprawdzone i formalnie potwierdzone przez daną instytucję.

2. Metodyka badania

Raport stanowi część badań „Analiza potrzeb i oczekiwań pracodawców absolwentów Politechniki Warszawskiej” realizowanych w ramach projektu „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca”, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój.

Cel badania

Głównym celem badania była identyfikacja potrzeb innowacyjnych podmiotów gospodarczych (przedsiębiorstw) będących potencjalnymi pracodawcami absolwentów Politechniki Warszawskiej. Cele szczegółowe badania to:

CS1. Identyfikacja innowacyjnych przedsiębiorstw oraz ich charakterystyka w odniesieniu do pozostałych (nieinnowacyjnych) przedsiębiorstw w wymiarach:

- wyróżników innowacyjnych podmiotów gospodarczych;
- zależności między innowacyjnymi podmiotami gospodarczymi a podmiotami przemysłu 4.0;
- sposobów identyfikacji innowacyjnych podmiotów w kontekście chęci nawiązania współpracy z uczelnią.

CS2. Identyfikacja potrzeb innowacyjnych przedsiębiorstw względem Politechniki Warszawskiej w zakresie kształcenia przyszłych pracowników, a szczególnie: kompetencji poszukiwanych przez innowacyjne podmioty gospodarcze.

CS3. Identyfikacja potrzeb innowacyjnych przedsiębiorstw względem Politechniki Warszawskiej w zakresie współpracy nauki i podmiotów gospodarczych, a szczególnie: zakres i formy współpracy innowacyjnych podmiotów gospodarczych z uczelnią.

Metoda badawcza

Zastosowano analizę materiałów zastanych, której przebieg oparto na elementach przeglądu systematycznego (por. Rysunek 6). Zgodnie z założeniami, przegląd systematyczny oznacza uporządkowany przegląd źródeł dotyczących określonego problemu badawczego, którego przebieg jest dokładnie zaplanowany i udokumentowany (przedmiot i zakres źródeł): „poprawnie przeprowadzony przegląd systematyczny rzetelnie podsumowuje dotychczasowy stan wiedzy, informując o lukach w literaturze i o potrzebie przeprowadzenia nowych badań”(Mazur & Orłowska, 2018).

Populacja i próba

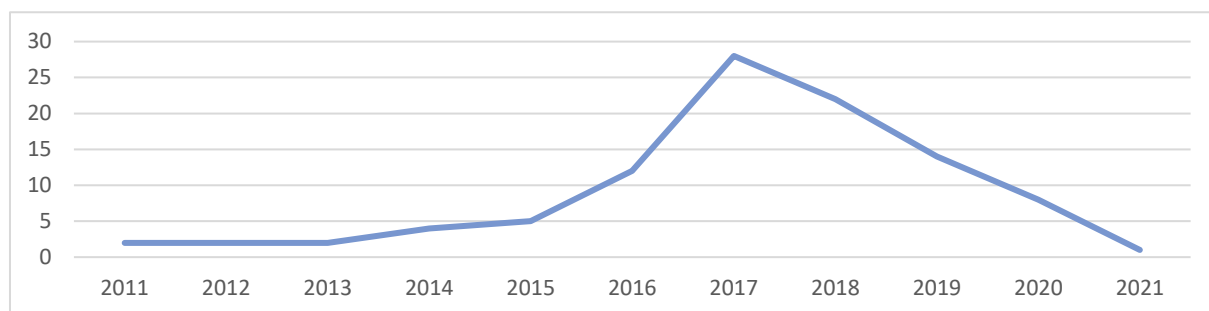
Przeglądano materiał z ogólnodostępnych źródeł: portale branżowe i zasoby naukowe otwartego dostępu w bazach: Directory of Open Access Journals, ResearchGate oraz GoogleScholar. Poszukiwano raportów badawczych i analitycznych opracowanych przez ośrodki badawcze i konsultingowe (krajowe i zagraniczne) czy organizacje branżowe (krajowe i międzynarodowe), a także artykułów naukowych odnoszących się do potrzeb innowacyjnych przedsiębiorstw, w tym potrzeb przemysłu 4.0 za okres 2010-2021 r. Przedział czasowy umotywowany jest nie tylko potrzebą przeglądu zmian zachodzących w ostatniej dekadzie, ale także pierwszym użyciem terminu „przemysł 4.0” w 2011 r.

W sumie próba objęła **102 teksty**, w tym 81 opracowań (raporty analityczne, raporty badawcze, raporty konsultingowe) oraz 21 artykułów naukowych. W sumie 59 tekstów napisano w języku angielskim,

pozostałe 22 w j. polskim. Wykaz źródeł w próbie z opisem metodyki badań i próby przedstawiono w Załączniku 1.

Wszystkie publikacje powstały w przedziale czasowym 2010-2021, przy czym warto zauważyć, że najwięcej z nich powstało w latach 2016-2018 (por. Rysunek 5). Popularność tematu w tym przedziale czasowym dostrzeżono również w analizowanych przeglądach systematycznych (Pejic-Bach, Bertoncel, Meško, & Krstić, 2020) (Kipper et al., 2021) (Sima et al., 2020).

Rysunek 5. Dokumenty w próbie a czas powstania – dane dla 100 dokumentów oznaczonych datą (2 źródła bez daty)

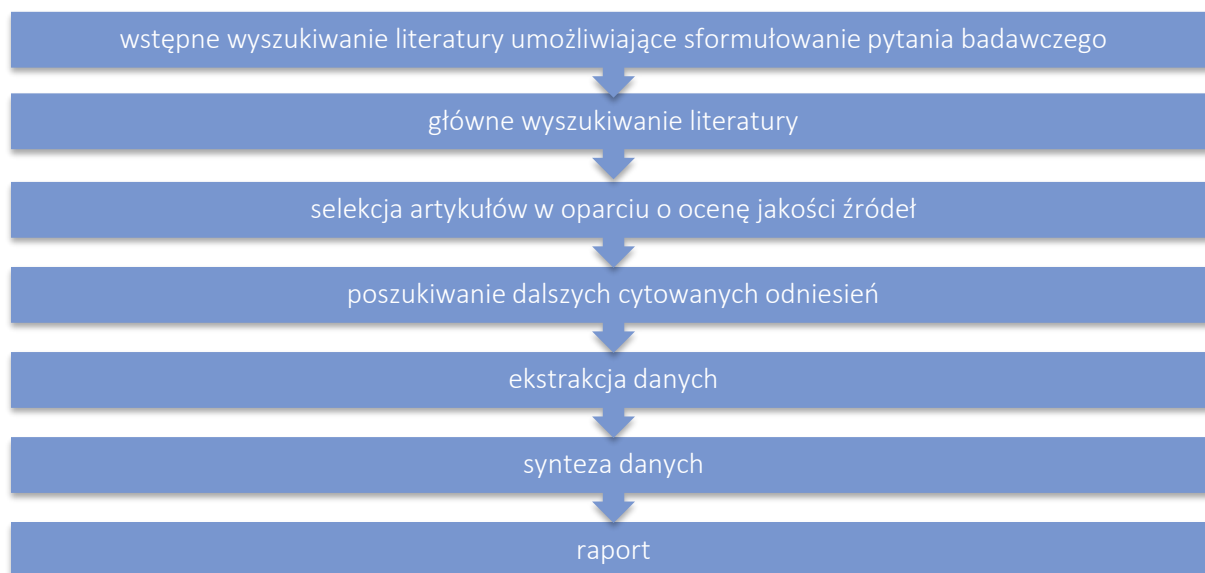


Źródło: opracowanie własne DBA CZliTT PW.

Porządek prac badawczych

W badaniu wykorzystano strategię wyszukiwania wzorowaną na przeglądzie systematycznym, by uporządkować proces i zadbać o dokładność pozyskanych danych (por. Rysunek 6).

Rysunek 6. Schemat analizy materiałów zastanych z elementami przeglądu systematycznego



Źródło: opracowanie własne DBA CZliTT PW na podstawie Booth et al., 2016.

Proces realizowano dwutorowo poprzez wyszukiwania z użyciem słów kluczy oraz sięganie do źródeł cytowanych w już zgromadzonych opracowaniach. W poszukiwaniach stosowano określone słowa klucze w różnych kombinacjach (por. Rysunek 7). Poprawność zestawu słów kluczy stwierdzono

w oparciu o podobne, wcześniej zrealizowane przeglądy i metaanalizy (Prifti et al., 2017)⁸, (Hecklau et al., 2017)⁹, (Sackey & Bester, 2016)¹⁰, a także: (Pejic-Bach et al., 2020), (Kipper et al., 2021)¹¹ i (Sima et al., 2020).

Rysunek 7. Słowa kluczowe użyte w wyszukiwaniu – j. polski i j. angielski (z użyciem „*” i rdzenia słowa, np. innovati*)

j. polski	j. angielski
innowacyjne	innovative
umiejętności, kompetencje	skill(s), competenc(es)
biznes, firma, fabryka, przemysł	business, company, factory, industry
Internet rzeczy	IOT, internet of things
smart	smart
przemysł 4.0	industry 4.0
czwarta rewolucja przemysłowa	4th industrial revolution
cyfrowa transformacja	digital transformation

Źródło: opracowanie własne DBA CZłITT PW.

Kolejnym krokiem była budowa próby, tj. wyselekcjonowanie opracowań odnoszących się do przedmiotu badań i zawierających poszukiwany materiał. Dokumenty weryfikowano z uwzględnieniem:

- dostępności treści raportu (otwarty dostęp),
- spójności tematycznej i postawionym celem badawczym,
- jakości danych (analizowano wykorzystaną metodykę i techniki badawcze, populację i rozmiar próby).

Po dokonaniu oceny określone opracowania włączano do próby. Etap gromadzenia i analizy kolejnych materiałów prowadzony był do momentu teoretycznego nasycenia (Pasikowski, 2015). Przegląd uznano za wyczerpujący z kilku względów: zgromadzony materiał cechuje adekwatność względem postawionych pytań badawczych oraz aktualność badań. Poszukiwania przerwano, gdy kolejne obserwacje (kolejne zgromadzone materiały) były wtórne wobec tych już znalezionych.

Dwa największe źródła danych w niniejszym opracowaniu to:

- artykuły naukowe dotyczące kompetencji pracowników w kontekście cyfrowej transformacji (oparte najczęściej na metodach przeglądu systematycznego i wywiadu z pracownikami uczelni lub otoczenia społeczno-gospodarczego uczelni);
- raporty firm badawczych i konsultingowych prezentujące wyniki przeprowadzonych badań z kadrą zarządzającą lub kierowniczą w przedsiębiorstwach z różnych sektorów (w tym produkcyjnych) – badania zarówno krajowe, jak i międzynarodowe, dotyczące zarówno dużych firm, jak i małych i średnich przedsiębiorstw.

Analizowano również raporty prezentujące wyniki badań z pracownikami przedsiębiorstw na niższym szczeblu (specjaliści, inżynierowie) oraz kilka opracowań agregujących istniejące badania, tj. bazujące na analizie danych zastanych.

Po ustaleniu źródeł będących przedmiotem badań, przeprowadzono analizę, a jej wyniki przedstawiono w raporcie.

⁸ Użyty zestaw słów kluczy to: industry 4.0, Digital Transformation, internet of Things, IoT, Cyber Physical Systems, CPS, w połączeniach z competence, competency, skill, knowledge, attitude, ability, value, education.

⁹ Użyty zestaw słów kluczy to: Industrie 4.0, Industry 4.0, Digital Transformation, w połączeniu z drivers, trends, jobs, skills, knowledge, qualifications, work, ability, competence, competency.

¹⁰ Użyty zestaw słów kluczy to: Industry 4.0, digital manufacturing, smart factories, IE curriculum, w połączeniu z education; analizowano też obszary big data, cyber-physical systems, Internet of Things, Internet of Services.

¹¹ Użyty zestaw słów kluczy to: industry 4.0, industrie 4.0, the fourth industrial revolution, the 4th industrial revolution, smart manufacturing, smart production, smart factory, smart factories.

Wyniki badania

3. Potrzeby innowacyjnych przedsiębiorstw względem kształcenia w Politechnice Warszawskiej

Na kolejnych stronach opisano potrzeby innowacyjnych przedsiębiorstw (w tym przedsiębiorstw przemysłu 4.0) względem kształcenia na poziomie wyższym. Omawiane potrzeby zgrupowano w trzy obszary tematyczne.

Pierwszym są **technologie, wyróżniające innowacyjne przedsiębiorstwa**, które powiązano z branżami przemysłu oraz dyscyplinami naukowymi, co pozwala dostrzec połączenia między tymi obszarami.

Drugim są **cechy wyróżniające innowacyjne przedsiębiorstwa w zakresie kultury organizacji** i zarządzania talentami. Temat jest ważny dlatego, że odzwierciedla potrzeby i oczekiwania odnośnie do posiadanych kompetencji pracownika, to zaś bezpośrednio wiąże się z procesem kształcenia, szczególnie w zakresie umiejętności miękkich, umiejętności transferowalnych i kompetencji społecznych.

Trzeci obszar dotyczy **współpracy innowacyjnych przedsiębiorstw z uczelnią**. Zagadnienia omówione w tej części wiążą się bezpośrednio z procesem kształcenia poprzez formy współpracy takie jak: ewaluacja programu kształcenia przez otoczenie społeczno-gospodarcze czy współpraca w zakresie praktyk i staży oraz prac dyplomowych. Istotne znaczenie dla uczelni badawczej ma również współpraca B+R, szczególnie w kontekście kształcenia opartego na badaniach (ang. *research-based education*).

3.1. Technologie, branże, dyscypliny

Rozdział zawiera charakterystykę innowacyjnych przedsiębiorstw w odniesieniu do pozostałych (nieinnowacyjnych) przedsiębiorstw w wymiarach:

- wyróżników innowacyjnych podmiotów gospodarczych;
- zależności między innowacyjnymi podmiotami gospodarczymi a podmiotami przemysłu 4.0;
- sposobów identyfikacji innowacyjnych podmiotów w kontekście chęci nawiązania współpracy z uczelnią.

Wyróżniki innowacyjnych podmiotów gospodarczych

Zgodnie z przytoczoną wcześniej definicją, kluczowym wyróżnikiem innowacyjnego przedsiębiorstwa jest poszukiwanie rozwiązań usprawniających procesy i oferowane produkty czy usługi: „przedsiębiorstwo, które wdrożyło przynajmniej jedną innowację produktową lub procesową bądź prowadziło działalność innowacyjną zaniechaną lub niezakończoną (w tym działalność badawczo-rozwojową, która nie jest bezpośrednio związana z tworzeniem konkretnej innowacji)”¹².

Innowacyjne przedsiębiorstwo podejmuje się **cyfrowej transformacji**, która oznacza nie tylko wprowadzenie nowych technologii, ale reorganizację firmy, prowadzącą do upłynnienia procesów i wykorzystania nowych możliwości oferowanych przez wprowadzone rozwiązania technologiczne.

W konsekwencji cyfrowej transformacji innowacyjną firmę wyróżnia przede wszystkim **opieranie swoich działań na danych**: zarówno dotyczących firmy, jak i jej otoczenia. Dane są kluczowym narzędziem do adaptowania strategii rynkowych w zgodzie ze zmieniającymi się warunkami rynkowymi i potrzebami klientów, a w efekcie do oferowania lepiej skrojonych produktów i usług (Klitou, Conrads, Rasmussen, Probst, & Pedersen, 2017).

¹² Por. Aktywność innowacyjna przedsiębiorstw w Dziedzicznych Bazach Wiedzy, Główny Urząd Statystyczny. Źródło: http://swaid.stat.gov.pl/NaukaTechnika_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DBD_NTSI_3.aspx, dostęp: 27.10.2020.

Jedną z kluczowych cech innowacyjnych przedsiębiorstw jest **elastyczność**, rozumiana tu jako szybkie reagowanie na zmienne trendy i stałe adaptowanie zmian pozwalających zachować firmie jej konkurencyjność. Dotyczy to zarówno usprawnień w organizacji przedsiębiorstwa, ale też doskonalenia technologii, procesów, produktów i usług. Zmiany ugruntowane są w stałej analizie danych płynących z wewnątrz i z zewnątrz przedsiębiorstwa.

Nowe **modele biznesowe** mogą stanowić same w sobie innowacje organizacyjne ważne dla konkurencyjności (Dobrowolska & Knop, 2020). Warto dla przykładu wspomnieć o kilku nowych rozwiązaniach: model, w którym opłata jest realizowana inną walutą niż pieniędzmi, np. danymi (nie płacąc za produkt / usługę podaje się dane osobowe, samemu stając się produktem) czy uwagą (w modelu *freemium*, gdzie produkt / usługa jest podawany/a w dwóch wersjach: nieodpłatnie w wersji zawierającej reklamy i w wersji płatnej bez reklam). Są też modele wiążące klienta na określony czas, np. subskrypcja (produkt / usługa dostępny/a w wyniku regularnie pobieranej opłaty, np. z karty) czy ekosystem (oferujący współzależne produkty / usługi, których wartość wzrasta w miarę nabywania kolejnych), a także rozwiązania oferujące dostęp poza własnością (*sharing economy*) lub dostęp na żądanie (*on-demand*) w przypadkach, gdy priorytetem jest czas skorzystania / dostarczenia, a niekoszt. Kolejnym przykładem może być model B2B2C (*Business-to-Business-to-Consumer*), w którym firmy przemysłowe nie kierują już swoich produktów i usług wyłącznie do innych firm, np. do dystrybutorów, ale także do klienta końcowego. Jeszcze innym rozwiązaniem jest model *product-as-a-service*, tj. oferowanie produktu jako usługi (określenie to akcentuje istotną zmianę w dostępie do dóbr, które niekoniecznie muszą być nabywane na stałe: cechy serwityzacji dostrzec można w wielu powyższych modelach, szczególnie abonamentowych (Czyżewski, Grzegorzczak, Kozłowski, Bodnari, & Krzemiński, 2017; Dobrowolska & Knop, 2020; Gracel & Stoch, 2017; innogy Polska S.A. & SpotData, 2019; Michałowski, Przegalińska, & Poniewierski, 2018).

Modele odzwierciedlają istotne zmiany w relacji z klientami, którym (w związku z rozwojem technologii) można ofertować coraz bardziej **spersonalizowane** rozwiązania oraz z którymi można wiązać się na dłużej (np. oferowane po zakupie dodatkowe funkcjonalności). Relacja z klientem jest więc budowana na długo przed i na długo po zakupie czy skorzystaniu z oferty. Innowacyjne przedsiębiorstwa wyróżnia **ściślejsza współpraca z dostawcami, klientami oraz innymi partnerami**. Z tego powodu istotna jest również **transparentność** działania przedsiębiorstw, która warunkuje budowę relacji opartej na zaufaniu i szacunku, co może przełożyć się na chęć dalszej współpracy i wspiera identyfikowanie się z wartościami prezentowanymi przez daną markę.

„Prawdziwa siła inteligentnej fabryki polega na jej **zdolności do ewolucji i wzrostu wraz ze zmieniającymi się potrzebami organizacji** – niezależnie od tego, czy dotyczą one zmiany popytu klientów, ekspansji na nowe rynki, rozwoju nowych produktów lub usług, bardziej predykcyjnych i responsywnych podejść do eksploatacji i konserwacji, wprowadzania nowych procesów lub technologii lub zmian w produkcji w czasie zbliżonym do rzeczywistego” (Burke, Mussomeli, Laaper, Hartigan, & Sniderman, 2017, s.5).

„Najlepsze organizacje cechuje umiejętność dostrzegania szans, **szybkość w ocenie pomysłów**, rozwój produktów i ich wdrażanie, a także **reagowanie na potrzeby klientów** w oparciu o analitykę danych. [...] Ważne jest także skupienie się na ludzkim doświadczeniu, **uwzględnienie interakcji pracownika i klienta na każdym etapie procesu**, a także inwestowanie w kulturę umożliwiającą budowę i rozwój innowacji technologicznych” (PwC Polska Sp. z o.o, 2017, s.15).



Automatyzacja i cyfryzacja a zmiany na rynku pracy

W opisach automatyzacji nierzadko pojawia się wątek obawy „odebrania pracy ludziom” wraz z argumentacją, że odebrana zostanie tylko praca powtarzalna i nudna, a „uwolniony” pracownik zyska szansę rozwoju do nowych zadań. Co ciekawe, wątek ten pojawia się zarówno w raportach konsultingowych (Jensen, 2017), jak i artykułach naukowych (Tan & Rajah, 2019). Często pomija się wagę ludzkiej wiedzy i doświadczenia potrzebnych do efektywnej pracy, również na linii produkcyjnej, która **nie zawsze jest tak rutynową pracą**, jak często bywa prezentowana (Pfeiffer, 2016).

Automatyzacja i cyfrowa transformacja zapewniają optymalizację procesów produkcyjnych (m.in. integracja procesów, redukcja czasów przestojów, czasów i kosztów serwisu, zwiększenie produktywności, poprawę jakości) z minimalnym udziałem ludzi i stałym dostępem do bieżących danych (monitoring, analiza, korekty procesu, przewidywanie). Zadania są wykonywane nie tylko szybciej, ale i z większą dokładnością, a sposób pracy oparty na danych pozwala na utrzymanie przewencyjne, tj. serwisowanie jeszcze przed wystąpieniem usterki. **Zmiany w modelu pracy wynikające z automatyzacji polegają głównie na zmianie zakresu obowiązków**, np. poprzez otrzymanie nowych zadań (np. programowanie czy koordynowanie pracy automatów, konieczność analizy danych z procesu) **lub otrzymanie większej decyzyjności** (rola nadzorca, koordynatora prac zadanych maszynie, udział w etapach projektowania, zarządzania, usprawniania zautomatyzowanego procesu).

„(...) pracownicy przyszłości będą **spędzać więcej czasu na czynnościach, do których maszyny są mniej zdolne**, takich jak zarządzanie ludźmi, stosowanie wiedzy specjalistycznej i komunikowanie się z innymi. Będą spędzać mniej czasu na przewidywalnych czynnościach fizycznych oraz na zbieraniu i przetwarzaniu danych, gdzie maszyny już przekraczają możliwości człowieka. Wymagane umiejętności i zdolności również ulegną zmianie, wymagając więcej umiejętności społecznych i emocjonalnych oraz bardziej zaawansowanych zdolności poznawczych, takich jak logiczne rozumowanie i kreatywność” (McKinsey & Company, 2017, s.15). Oznacza to, że **„tradycyjne” kompetencje wcale nie stają się „przestarzałe”**. „Raczej w kontekście automatyzacji są one uzupełniane innymi umiejętnościami, w tym nowymi kwalifikacjami technicznymi w zakresie technologii informatycznych, a także umiejętnością przyjęcia bardziej teoretycznego podejścia do rozwiązywania problemów w optymalizacji procesów” (Baethge-Kinsky, 2020, s.1). W dodatku, by zastąpić pracowników robotami przedsiębiorstwa musiałyby faktycznie nimi dysponować, tymczasem wskaźnik robotyzacji mierzony liczbą robotów na 100 tys. pracowników w Polsce w kolejnych latach wciąż jest na poziomie dziesiątek, podczas gdy w krajach takich jak Niemcy czy Korea Południowa są to setki.

Z obszernej analizy podatności zawodów na komputeryzację przeprowadzonej dla rynku USA wynika, że „wraz z postępowaniem technologicznym pracownicy o niskich kwalifikacjach będą przenoszeni do zadań, które nie są podatne na komputeryzację, tj. do zadań wymagających kreatywnej i społecznej inteligencji. Jednak pracownicy, aby wygrać wyścig, będą musieli zdobyć umiejętności twórcze i społeczne” (Frey & Osborne, 2017, s.269). Tymczasem, najnowsze badania wskazują, że zmiany w sposobie pracy wynikłe z automatyzacji, tj. przejście na bardziej kreatywne i odpowiedzialne zadania, mogą **nie odpowiadać tym pracownikom, którzy preferowali wykonywanie powtarzalnych zadań**. Poza rozwojem umiejętności związanych z transformacją cyfrową, przedsiębiorstwa powinny zadbać również o integrację wartości związanych z pracą (Långstedt, 2021).

Wreszcie, **ironia automatyzacji**, koncepcja zaprezentowana po raz pierwszy przez Lisanne Bainbridge w 1982 r. po trzydziestu latach wciąż nie traci swojej aktualności: „Im bardziej polegamy na technologii i doprowadzamy ją do granic możliwości, **tym bardziej potrzebujemy wysoko wykwalifikowanych, dobrze wyszkolonych, doświadczonych ludzi**, [...] którzy będą ostatnią linią obrony przed awariami, które nieuchronnie wystąpią” (Baxter, Rooksby, Wang, & Khajeh-Hosseini, 2012, s.65).

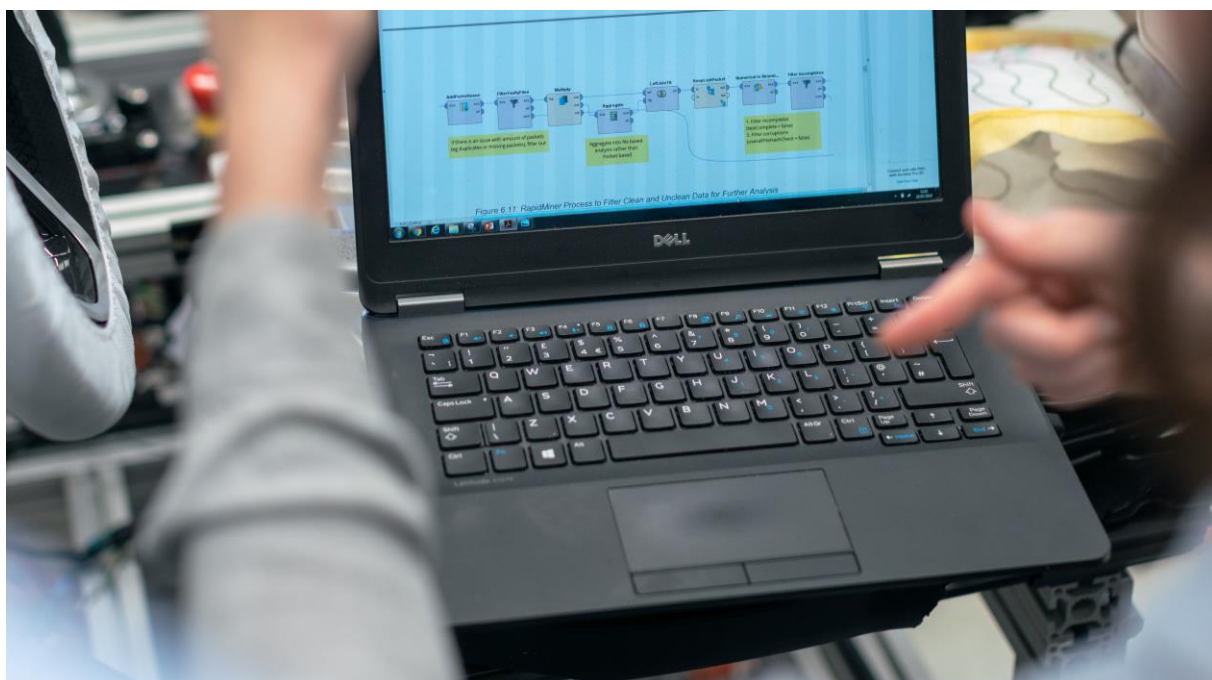
Opracowanie własne na podstawie: Baxter et al., 2012; Clavert, 2017; Frey & Osborne, 2017; Iwański & Gracel, 2016; Jensen, 2017; Långstedt, 2021; McKinsey & Company, 2017; Michałowski et al., 2018; Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii & Siemens Polska, 2019; Probst, Pederson, Uniu Bohn, & Verzijl, 2018; Zebra Technologies, 2017.

Innowacyjne podmioty to **nie tylko największe przedsiębiorstwa**. Badania zrealizowane dla Komisji Europejskiej na 113 europejskich firmach pokazały, że technologię szybciej adaptują przedsiębiorstwa mniejsze (do 10 pracowników) i młodsze (poniżej 5 lat, w porównaniu do firm ze stażem 10-15 lat) (Probst, Lefebvre, et al., 2018, s. 32). Bariera dostępności nowych technologii jest coraz mniejsza, przez co z premii cyfrowej transformacji mogą korzystać zarówno największe, jak i małe i średnie przedsiębiorstwa (Siemens Polska, 2017).

Technologie i rozwiązania, od których oczekuje się największego wpływu na organizacje to m.in. analityka danych (*big data*), autonomiczne pojazdy i roboty mobilne, *blockchain*, chmura obliczeniowa, cyberbezpieczeństwo, cyfrowy bliźniak i digitalizacja produkcji, druk addytywny, geolokalizacja, inteligentne czujniki, inteligentne produkty, inteligentne sieci dostaw, interfejsy mobilne, nowoczesne materiały, przemysłowy Internet rzeczy (IIoT), responsywne wytwarzanie i personalizacja produktu, roboty współpracujące (*cobots*), systemy cyber-fizyczne, sztuczna inteligencja (AI), utrzymanie ruchu i działania prewencyjne w parku maszynowym, wirtualna i rozszerzona rzeczywistość (VR / AR) (por. Rysunek 8).

Choć listę cechuje zróżnicowany poziom szczegółowości technologii i pewien nieporządek wynikający z ich wzajemnych powiązań, warto podkreślić, że jest to katalog otwarty, w którym ważność konkretnych rozwiązań zależy od branży oraz stopnia zaawansowania transformacji cyfrowej przedsiębiorstwa. Wprowadzenie technologii nie wystarczy – wszystkie rozwiązania powinny być ze sobą zintegrowane nie tylko w procesie technologicznym, ale też z procesami biznesowymi i zarządzania przedsiębiorstwem.

W analizowanych opracowaniach akcentuje się sposób wykorzystania technologii skupiony na partnerstwie człowiek-maszyna, czyli wzmacnianiu niepowtarzalnych cech jednostki i organizacji przy jednoczesnym zacieśnieniu współpracy z maszynami w zakresie kompetencji, które automaty wykonają efektywniej niż ludzie (Dell Technologies & Institute for the Future, 2017, s.7).



Rysunek 8. Kluczowe technologie w przemyśle 4.0

Analityka danych, dostępność i analiza danych w czasie rzeczywistym (EMI), zaawansowane algorytmy decyzyjne, big data (duże, zróżnicowane zbiory danych)	Autonomiczne pojazdy i roboty mobilne, stosowane do transportu obiektów w obrębie zakładu i zarządzania ruchem pojazdów nadzorowane przez nadrzędny system sterowania	Blockchain: technologia rozproszonych rejestrów przechowujących informacje o transakcjach
Chmura obliczeniowa: rozproszone struktury obliczeniowe i przetwarzania danych, dyski sieciowe, systemy analityczne w chmurze	Cyberbezpieczeństwo: wdrażanie środków bezpieczeństwa, minimalizacja zagrożeń, metodyka projektowania systemów, bezpieczna architektura systemów	Cyfrowy bliźniak i digitalizacja produkcji: możliwość tworzenia wirtualnych reprezentacji systemów fizycznych i ich symulacji
Druk addytywny (druk 3D): możliwość szybkiego prototypowania, szybkie wytwarzanie części zamiennych	Geolokalizacja: wykorzystanie GPS lub adresu IP do określenia położenia geograficznego	Inteligentne czujniki, RFID (Radio-frequency Identification): możliwość przechowywania danych i komunikacji z systemami, również między produktami / maszynami
Inteligentne produkty wyposażone w układy do monitorowania własnego stanu oraz interakcji z otoczeniem (np. dane dotyczące parametrów i bieżącego stanu)	Inteligentne sieci dostaw: systemy wspierające zarządzanie procesami logistycznymi, transparentne zasoby magazynów (MES, WMS, SCM) i przepływów	Interfejsy mobilne: wielofunkcyjne wyposażenie zwiększające mobilność pracowników produkcji i utrzymania ruchu, możliwość bieżącego wglądu w dane produkcyjne
Nowoczesne materiały: nowe struktury materiałów, nanomateriały, materiały inteligentne, zintegrowana, obliczeniowa inżynieria materiałowa	Przemysłowy Internet Rzeczy: komunikacja z rozproszonymi czujnikami, urządzeniami w sieci	Responsywne wytwarzanie i personalizacja produktu: proces produkcyjny elastycznie reaguje na zmiany wytycznych, monitoring przebiegu produkcji (MES)
Roboty współpracujące (cobots): nowa generacja robotów umożliwiających współpracę z człowiekiem bez wygradzeń ochronnych	Systemy cyber-fizyczne: systemy mechatroniczne i informatyczne wyposażone w globalną łączność (maszyny połączone), autonomiczne systemy decyzyjne	Sztuczna inteligencja (AI): zbiór technologii dot. rozwiązywania problemów, m.in. algorytmy decyzyjne i systemy uczenia się
Utrzymanie ruchu i działania prewencyjne w parku maszynowym: algorytmy przewidujące awarie, zdalne systemy wsparcia, systemy zarządzające utrzymaniem ruchu (CMMS, EAM)		Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość (VR / AR): możliwość wspierania szkoleń pracowników przez użycie symulacji

Źródło: opracowanie własne na podstawie Iwański & Gracel, 2016; Kipper et al., 2021; Leopold, Ratcheva, & Zahidi, 2018; Siemens Polska, 2017.

Zależności między innowacyjnymi podmiotami gospodarczymi a podmiotami przemysłu 4.0

W raporcie celowo używane jest określenie „innowacyjne przedsiębiorstwo”, ponieważ stanowi możliwie ogólne odwołanie do wprowadzania nowatorskich rozwiązań. W przyjętej definicji innowacyjne przedsiębiorstwo wdraża co najmniej jedną innowację (procesowa czy produktową) lub podjęło się działań innowacyjnych, w tym prac B+R¹³. Z kolei przemysł 4.0 w przyjętej w raporcie interpretacji obejmuje sieciowanie produktów, procesów i infrastruktury w czasie rzeczywistym (Kagermann et al., 2011). Zatem można założyć, że termin „przedsiębiorstwa przemysłu 4.0” zawiera się w terminie „przedsiębiorstwa innowacyjne” – jako model integrujący szereg rodzajów innowacji. Takie ujęcie pozwala uwzględnić zarówno technologiczne, społeczne, jak i kulturowe aspekty – istotne w sposobach organizacji pracy, a przez to równie ważne dla procesu kształcenia, jak sama technologia.

Przedsiębiorstwa przemysłu 4.0 definiować można poprzez katalog technologii i rozwiązań, które są w nich zastosowane, jednak zawartość katalogu będzie różna, zależnie od branży, z perspektywy której prowadzona jest analiza. Przykładowo, w opracowaniu „Szanse i wyzwania polskiego przemysłu 4.0” pisanego z perspektywy robotyki i automatyki przemysłowej, jako główne cechy przemysłu 4.0 wymienia się automatyzację procesów z wykorzystaniem robotów, digitalizację (integrację rozwiązań automatyki przemysłowej i robotyki z technologiami teleinformatycznymi), sensory i opomiarowanie, komunikację w czasie rzeczywistym, sztuczną inteligencję i Internet rzeczy, cyberbezpieczeństwo oraz wzrost wagi specjalistycznej wiedzy pracowników (Michałowski et al., 2017). Z kolei opracowania konsultingowe poszerzają narrację technologiczną o wyzwania związane z zarządzaniem, wynikające z wdrożenia technologii, w tym zarządzanie talentami, wartościami dla klienta, kulturą organizacji oraz całym procesem zmiany, prowadzącym do osiągnięcia cyfrowej dojrzałości, tj. pełnej integracji procesów fizycznych i cyfrowych, np. (Geissbauer, Lübben, Schrauf, & Pillsbury, 2018). Analiza oczekiwań innowacyjnych podmiotów dla kształcenia inżynierskiego powinna uwzględniać różnicowanie branż i dyscyplin.

Branże i dyscypliny naukowe, w które wpisują się innowacyjne przedsiębiorstwa, w tym przemysł 4.0

W poprzedniej części rozdziału zaprezentowano technologie, od których można oczekiwać największego wpływu na organizacje. W tej części przedstawiono obszary najbardziej podatne na zmiany w ujęciu branż (perspektywa rynkowa) oraz dyscyplin (perspektywa uczelni).

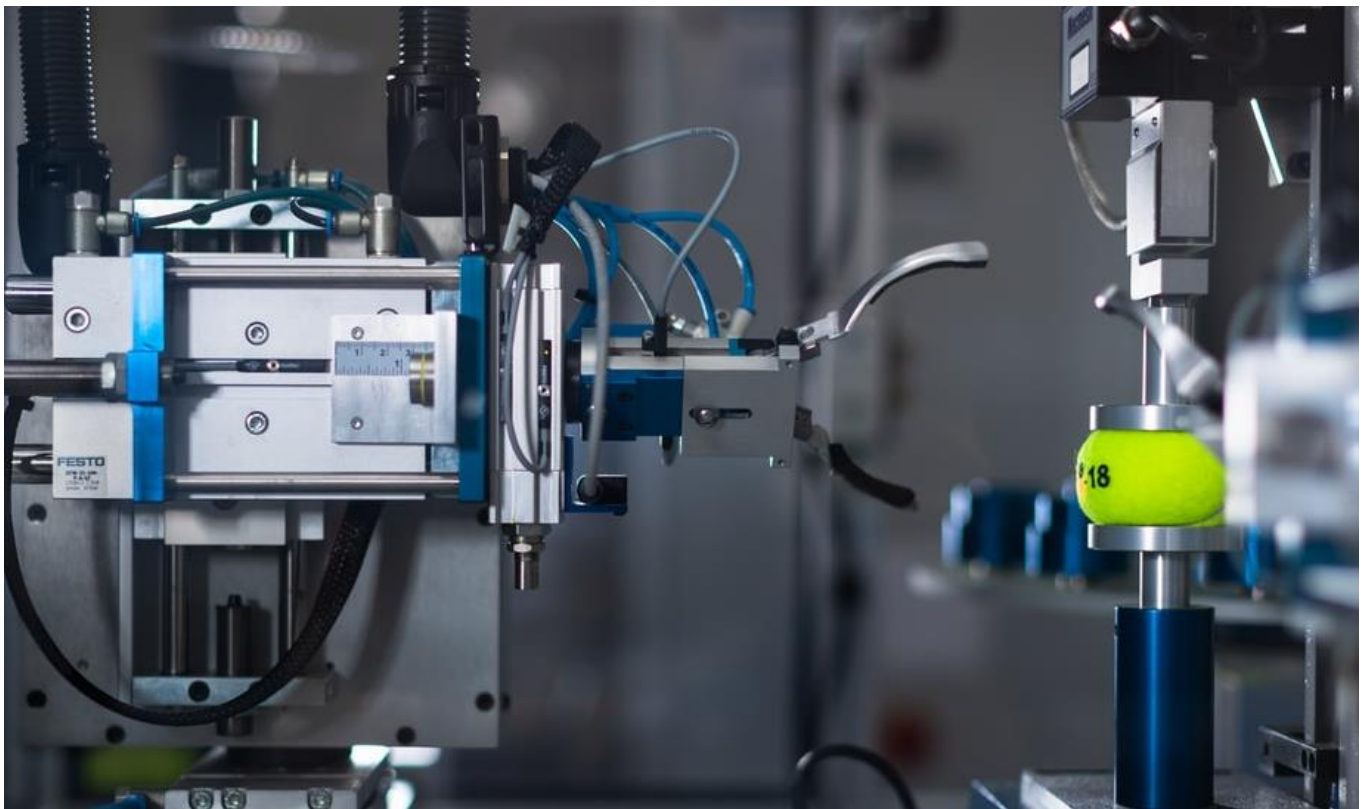
Na kolejnych stronach zawarto dwa zestawienia. W pierwszym ujęto konkretne przykłady wykorzystania technologii (IoT, AI, machine learning oraz automatyzacja) w danych branżach, oparte na podanych w źródłach raportach i analizach. Katalog przykładów jest otwarty i należy go traktować raczej jako wskazówkę dotyczącą wiodących obszarów rozwojowych (por. Rysunek 9).

W drugim zestawieniu ujęto zależności między technologiami i branżami (por. Rysunek 10) na podstawie danych zawartych w raporcie Future of Jobs 2020. Widać tu przykładowo, że na podmioty z sektora edukacji będą miały największy wpływ takie technologie jak: analityka big data i rozwiązania chmurowe, które wraz z cyberbezpieczeństwem i Internetem rzeczy należą do najsilniej oddziałujących na wszystkie branże w skali światowej (Zahidi, Ratcheva, Hingel, & Brown, 2020).

¹³ Por. Aktywność innowacyjna przedsiębiorstw w Dziedzinyowych Bazach Wiedzy, Główny Urząd Statystyczny. Źródło: http://swaid.stat.gov.pl/NaukaTechnika_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DBD_NTSI_3.aspx, dostęp: 27.10.2020.

Warto też zajrzeć do raportu omawiającego zysk finansowy ze zwiększonej wydajności produkcji wynikającej z wdrożenia cyfryzacji (Siemens, 2017). W oparciu o wywiady z ponad 60 producentami, konsultantami ds. zarządzania i specjalistami z sektora akademickiego oraz analizy finansowe wyliczono premię za produktywność z digitalizacji (Digitalization Productivity Bonus), określającą mniejsze koszty produkcji wynikające z przejścia na technologię cyfrową dla branż motoryzacja, budowa maszyn, druk, opakowania i papier, tworzywa sztuczne. Omówiono również trudności związane z finansowaniem wdrożeń technologii przemysłu 4.0 - zarówno po stronie przedsiębiorców, jak i instytucji finansowych.

„Polski przemysł powinien zrobić to samo, co polski sektor bankowy w latach dziewięćdziesiątych. Polskie banki wówczas, przeskoczyły etap płatności czekami i od razu wdrażały najnowocześniejsze rozwiązania. Dzięki temu dziś polski sektor bankowy jest jednym z najnowocześniejszych na świecie. Polski przemysł powinien przeskoczyć fazę rozwoju, gdzie wdrażano jedynie maszyny automatyzujące jakiś proces. Powinniśmy wdrażać rozwiązania samouczące się i dające możliwość całkowitego opomiarowania procesu wytwórczego. Takie podejście pomogłoby wszystkim uczestnikom łańcucha tworzenia wartości w przemyśle” (Michałowski, Jarzynowski, & Pacek, 2017, s.27).



Rysunek 9. Przykładowe użycie wybranych technologii (IoT, AI, machine learning oraz automatyzacja) w danych branżach

energia	centralne układy sterujące sieciami energetycznymi • optymalizacja pracy kluczowych instalacji i bloków, predykcyjne utrzymanie infrastruktury • informacje w czasie rzeczywistym o zużyciu oraz użycie danych do planowania • czujniki sterujące (energetyka wiatrowa)
finanse i ubezpieczenia	spersonalizowane planowanie finansowe oraz nowe produkty i usługi, dostosowane do współczesnych wyzwań (np. ubezpieczenia w kontekście braku własności / ang. <i>sharing economy</i>) • automatyzacja procesów zarówno wewnątrz instytucji, jak i oferowanych dla klienta • integracja: usług i rozliczeń w relacjach B2B i B2C, usług opartych o IoT z usługami mikropłatności i podatkowymi • wykorzystanie blockchain do zapisu parametrów operacji
handel	spersonalizowany projekt i produkcja • przewidywanie popytu klientów w oparciu o analizę zbiorów danych • zarządzanie zapasami i dostawami
komunikacja i rozrywka	archiwizacja i wyszukiwanie mediów • spersonalizowany marketing i reklama
medycyna	czujniki mierzące parametry życiowe (m.in. ang. <i>wearables</i> : urządzenia ubieralne) • wsparcie: telemedycyny poprzez systemy AI, terapii lekowej pacjentów (przypomnienia, instruktaż), procesu diagnozowania, systemu ratownictwa medycznego • unifikacja zasobów danych o pacjentach • mapowanie zdrowia w różnych grupach populacji w poszukiwaniu trendów i ewentualnych zagrożeń epidemiologicznych • znaczniki RFID w sprzęcie medycznym • geolokalizacja pacjentów cierpiących na zaburzenia psychiczne
motoryzacja	autonomiczne floty do współdzielenia przejazdów • funkcje półautonomiczne i systemy wspomagające • monitorowanie stanu pojazdu i predykcyjna, autonomiczna konserwacja • elektromobilność; optymalizacja zużycia energii elektrycznej w pojazdach autonomicznych
ochrona środowiska	monitorowanie: jakości powietrza i potencjalnych źródeł zanieczyszczenia • monitorowanie natężenia promieniowania jonizującego • monitorowanie stanu jakości i ilości wód oraz występowania zakwitów glonów • monitorowanie stanu jakości gleby i podłoży ogrodniczych • monitorowanie hałasu w środowisku naturalnym oraz na obszarach zurbanizowanych • monitorowanie bioróżnorodności, stanu siedlisk • monitorowanie gospodarki odpadami
przemysł	monitorowanie i autokorekta procesów produkcyjnych (eliminacja wąskich gardeł w procesach, zmniejszanie postojów remontowych (ang. <i>predictive maintenance</i>)) • opomiarowanie zużycia energii elektrycznej; optymalizacja łańcucha dostaw (optymalizacja, monitoring) • produkcja na żądanie • pakowanie i układanie na półkach wykonywane przez roboty (magazynowanie) • ponadto: wykorzystanie dronów, druk 3D, Internet rzeczy oraz inteligentne materiały (przemysł budowlany) • modelowanie złóż 3D (przemysł wydobywczy)
rolnictwo i hodowla zwierząt	monitorowanie: stanu zdrowia zwierząt hodowlanych, użycia nawozów, zużycia wody, stanów magazynowych, awarii instalacji nawadniających, szkodników • wspieranie gospodarki odpadami i recyklingu • sterowanie klimatem w produkcji pod osłonami i parametrami technologicznymi w chłodniach, przechowalniach i suszarniach
smart city	czujniki pozwalające na wykrywanie awarii • zarządzanie mediami (oświetlenie miejskie, dostawy wody / prądu, wywóz odpadów) • optymalizacja ruchu drogowego i systemy transportowe • automatyczne śledzenie obrazów w monitoringu miejskim
transport	predykcja ruchu drogowego: czasów przejazdu i natężeń ruchu • systemy zarządzania ruchem (zbieranie danych o położeniach, prędkościach i trasach) • czujniki elementów pojazdów; autonomiczne systemy transportu • identyfikacja wypadku i automatyczne powiadomianie służb ratunkowych • zbieranie danych o poziomie wody, oblodzeniu (transport wodny) • optymalizacja i utrzymanie urządzeń infrastrukturalnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie Czyżewski et al., 2017; Filipowicz, 2018; Michałowski et al., 2017; PWC, 2017; Rao & Verweij, 2017.

Rysunek 10. Technologie, które prawdopodobnie zostaną przyjęte do 2025 r. – według udziału badanych firm, wybrane sektory

Technologia / sektor wartości podano w % i oznaczono kolorem <i>najwyższe (niebieski)</i> <i>najniższe (pomarańczowy)</i>	rolnictwo, żywność i napoje	motoryza- cja	konsu- ment	komunikacja cyfrowa i technologie informacyjne	edukacja	energetyka	usługi finansowe	rząd i sektor publiczny	zdrowie i opieka zdrowotna	produkcja	górnictwo i metale	ropa i gaz	usługi profesjo- nalne	transport i przechowy- wanie
Drukowanie i modelowanie 3D i 4D	54	67	39	39	69	69	27	45	65	69	48	79	40	60
Sztuczna inteligencja	62	76	73	95	76	81	90	65	89	71	76	71	76	88
Rzeczywistość rozszerzona i wirtualna	17	53	58	73	70	75	62	56	67	54	57	71	57	62
Analityka Big Data	86	88	91	95	95	76	91	86	89	81	90	86	86	94
Biotechnologia	50	18	48	40	46	47	46	38	65	31	16	36	28	23
Chmura obliczeniowa	75	80	82	95	95	88	98	95	84	92	87	86	88	94
Technologia rozproszonego rejestru	31	40	41	72	61	50	73	40	72	41	50	46	53	38
Handel elektroniczny i handel cyfrowy	80	75	85	82	72	71	90	67	78	82	62	62	70	87
Szyfrowanie i cyberbezpieczeństwo	47	88	85	95	86	88	95	95	84	72	83	71	78	75
Internet połączonych urządzeń	88	82	94	92	62	94	88	79	95	84	90	93	74	76
Nowe materiały	15	46	22	36	67	65	36	33	47	51	37	36	27	27
Magazynowanie i wytwarzanie energii	75	64	59	38	27	88	55	33	31	62	57	69	45	46
Obliczenia kwantowe	18	21	17	51	25	41	44	36	38	21	29	25	19	38
Roboty, humanoidy	42	50	38	44	47	24	47	31	47	41	15	17	25	21
Roboty niehumanoidalne	54	60	52	61	59	65	56	50	56	79	90	79	35	69
Przetwarzanie tekstu, obrazu i głosu	50	59	82	90	89	88	88	89	88	64	76	87	79	65

Źródło: Zahidi et al., 2020, s.28.

Cyfrowa transformacja dotyczy szeregu różnych dyscyplin i nie ogranicza się do zakresu nauk inżyniersko-technicznych czy ścisłych i przyrodniczych – dotyka procesów i przedmiotu nauk medycznych i nauk o zdrowiu, nauk rolniczych, a nawet dziedzin sztuki. Nadto, praktycznie na każdym etapie, również tych projektujących procesy technologicznie, wkrada się do dyscypliny z zakresu nauk społecznych i humanistycznych: danym procesem ktoś będzie zarządzał, daną maszynę ktoś będzie nadzorował – w projektowanych rozwiązaniach trzeba rozważyć, przykładowo, czytelność interfejsu obsługi czy biznesową użyteczność gromadzonych danych.



Wiodące tematy badań i rozwoju...

...będą różne, zależnie od dyscypliny i branży. Warto jednak przytoczyć analizę programów kształcenia w zakresie dyscyplin pokrewnych przemysłowi 4.0, pogłębioną przeglądem literatury oraz ankietą wśród pracowników uczelni. Sackey i Bester (2016) stwierdzili, że jeżeli zautomatyzowane gromadzenie i przetwarzanie danych oraz komunikacja są nadrzędną kwestią w przemyśle 4.0, to we wszelkich inicjatywach dotyczących doskonalenia programu nauczania inżynierów należy uwzględnić następujące obszary:

- Nauka o danych i zaawansowane analizy (duże zbiory danych),
- Zaawansowana symulacja i wirtualne modelowanie zakładu,
- Transmisja danych i sieci i automatyzacja systemu,
- Nowatorskie interfejsy człowiek-maszyna,
- Technologie transferu cyfrowo-fizycznego, takie jak druk 3D,
- Zintegrowane systemy kontroli / zarządzania jakością produktów i procesów w pętli zamkniętej,
- Systemy optymalizacji zapasów i logistyki w czasie rzeczywistym,
- Infrastruktura demonstracyjna do nauczania i uczenia się.

Źródło: Sackey & Bester, 2016, s.107-108.

Mapowanie branż z dyscyplinami jest utrudnione, ale nie niemożliwe, przy czym da najlepsze efekty, gdy dyscyplinę potraktować detalicznie – z rozpisanymi konkretnymi elementami wiedzy, umiejętności i kompetencji (nawet jeżeli niektóre z nich należą do kilku dyscyplin). Ciekawymi przykładami tego typu analiz są te prowadzone w oparciu o ogólnodostępne zasoby z ogłoszeniami o pracę w portalu LinekdIn, z których warto przytoczyć dwa przykłady.

Pierwszy dotyczy próby identyfikacji grup umiejętności z profilami członków społeczności (ich funkcje, tytuły zawodowe) oraz zmian w czasie, specyfiki regionalnej i branżowej. W zestawieniu posiadanych kompetencji z określonymi tytułami zawodowymi można zaobserwować, przykładowo, że umiejętności najczęściej zgłaszane przez inżynierów mechaników różnią się w różnych branżach (np. w branży ochrony zdrowia czy sektorach energetycznym lub infrastrukturalnym), a inżynierowie techniczni pracujący w różnych sektorach mają podobne umiejętności (Leopold, Ratcheva, & Zahidi, 2016, s.25).

Drugim przykładem jest analiza kompetencji wymaganych od specjalistów przemysłu 4.0 w ogłoszeniach o pracę, wyniki której pozwalają dostrzec, że od inżynierów wymaga się obeznania w kilku dyscyplinach, najczęściej pokrewnych (Pejic-Bach et al., 2020). Badacze omawiają multidyscyplinarność na przykładach: „Analiza fraz dla profilu zawodu Systemy Cyberfizyczne (CPS) i Internet rzeczy (IoT) dla Inżyniera Produkcji Zrobotyzowanej wskazuje, że specjaliści zamierzający pracować w tym obszarze powinni posiadać umiejętności typowe dla trzech dziedzin (inżynieria przemysłowa, elektrotechnika, i inżynieria oprogramowania). Inżynierowie oprogramowania powinni mieć umiejętności, które są bardziej tradycyjne w tej dziedzinie, takie jak zarządzanie bramami (ang. *gateways*), oprogramowaniem chmurowym i bazami danych, ale także umiejętności związane z inteligentną produkcją, takie jak

programowanie urządzeń CPS. Inżynierowie przemysłowi powinni mieć kompetencje związane z tradycyjną produkcją, takie jak optymalizacja i konserwacja maszyn, ale z perspektywy systemów rzeczywistości rozszerzonej i współpracy człowieka z robotem. [...] powinni również umieć korzystać z modelowania symulacyjnego, co jest typową umiejętnością inżyniera oprogramowania. Inżynieria elektryczna wykorzystuje umiejętności inżynierii oprogramowania do wykonywania typowych zadań dla inteligentnej fabryki, takich jak zarządzanie urządzeniami IoT” (Pejic-Bach et al., 2020, s.427).

Rozwiązania cyfrowej transformacji wprowadzane w innowacyjnych przedsiębiorstwach w różnych branżach (i zakresach dyscyplin) mają wspólne główne zręby, założenia, podstawy działania, natomiast ostateczne rozwiązanie jest personalizowane ściśle pod dane przedsiębiorstwo, daną fabrykę i jej potrzeby (w tym również branżę / dyscyplinę). Współpraca w tak interdyscyplinarnych zespołach jest skuteczna przy minimum dwóch spełnionych warunkach: 1) posiadanie choćby podstawowej wiedzy i umiejętności z dziedzin pokrewnych do wyuczonej, co pozwala dostrzec istotne powiązania oraz 2) zdolności komunikacyjne rozwinięte na takim poziomie, by o tych powiązaniach porozmawiać.

Sposoby identyfikacji innowacyjnych przedsiębiorstw w kontekście chęci nawiązania z współpracą z uczelnią

Mając na uwadze przytoczoną już definicję innowacyjnego przedsiębiorstwa jako takiego, które wdrożyło innowacje, prowadziło działalność innowacyjną, w tym prace B+R¹⁴, warto przyrzeć się wysiłkom badaczy i analityków, próbujących skatalogować cechy innowacyjnych przedsiębiorstw w kontekście cyfrowej transformacji.

Przykładowo, można tu przytoczyć dwa modele: pierwszy to opracowany przez PWC model dojrzałości cyfrowej, oparty na badaniach ilościowych z dwoma tysiącami respondentów (w tym kadrą kierowniczą) w przedsiębiorstwach różnych sektorów w 53 państwach. Drugi to prototyp narzędzia oceny dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce, opracowany w wyniku analizy istniejących modeli dojrzałości cyfrowej oraz badań jakościowych (wywiady i warsztaty dot. pojęć przemysłu 4.0 i cyfrowej transformacji) z ekspertami w kraju.

W **modelu dojrzałości cyfrowej organizacji (PWC)** transformację opisano w siedmiu wymiarach (por. Rysunek 11). Pierwsze trzy to modele biznesowe i dostępu klienta, cyfryzacja produktów i usług oraz cyfryzacja i integracja poziomych i pionowych łańcuchów wartości. Przetwarzanie danych określono jako kluczową kompetencję, która nie będzie działać bez odpowiedniej architektury IT, zapewnienia bezpieczeństwa oraz odpowiedniej organizacji pracy i wykształcenia pracowników. Dojrzałość cyfrowa oznacza zmiany społeczne: w kulturze organizacji i kulturze pracy. Warto dostrzec stopniowanie zdolności przedsiębiorstwa: od pierwszych zwiastunów – pojedynczych przykładów implementacji, przez integrację pionową i poziomą, po w pełni funkcjonalne ekosystemy (cyfrowy czempion).

¹⁴ Por. Aktywność innowacyjna przedsiębiorstw w Dziedzicznych Bazach Wiedzy, Główny Urząd Statystyczny. Źródło: http://swaid.stat.gov.pl/NaukaTechnika_dashboards/Raporty_predefiniowane/RAP_DBD_NTSI_3.aspx, dostęp: 27.10.2020.

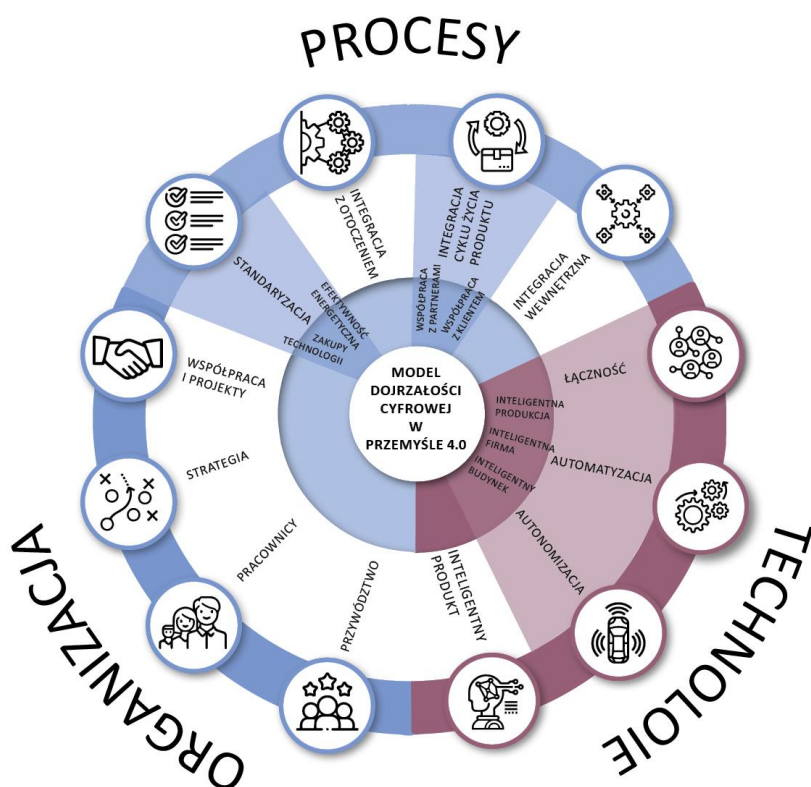
Rysunek 11. Model PwC dojrzałości cyfrowej organizacji .

	CYFROWY NOWICJUSZ 1	INTEGRACJA PIONOWA 2	WSPÓŁPRACA POZIOMA 3	CYFROWY CZEMPION 4
CYFROWY MODEL BIZNESOWY I DOSTĘP KLIENTA	Pierwsze cyfrowe rozwiązanie i pojedyncze aplikacje.	Produkty cyfrowe, usługi wzbogacone oprogramem, sieć połączonych maszyn i dane jako główny wyróżnik.	Zintegrowane rozwiązanie dla klientów w obrębie łańcucha dostaw. Współpraca z zewnętrznymi partnerami.	Rozwój nowego dynamicznego modelu biznesowego z innowacyjnymi produktami i portfolio.
CYFRYZACJA PRODUKTÓW I USŁUG	Kanały online są oddzielone od kanałów offline, koncentracja na produkcie versus na kliencie.	Dystrybucja wielokanałowa z wykorzystaniem kanałów online i offline; uruchomienie analityki danych, np. w celu personalizacji, dopasowania do potrzeb klienta.	Zindywidualizowane podejście do klienta i interakcja wspólnie z partnerami z łańcucha wartości. Wspólne, zintegrowane interfejsy.	Zintegrowane zarządzanie podróżą klienta poprzez wszystkie cyfrowe kanały sprzedaży i marketingu. Doświadczenia klienta i relacje z nim.
CYFRYZACJA I INTEGRACJA POZIOMYCH I PIONOWYCH ŁAŃCUCHÓW WARTOŚCI	Częściowa integracja zawierająca produkcję z udziałem wewnętrznych i zewnętrznych partnerów.	Cyfryzacja pionowa, wystandaryzowane i zharmonizowane wewnętrzne procesy i przepływy danych w organizacji. Ograniczona integracja z zewnętrznymi partnerami.	Pozioma integracja procesów i przepływów danych z klientami i partnerami zewnętrznymi, intensywne korzystanie z danych dzięki pełnej integracji w obrębie całej sieci.	W pełni zdigitalizowany i zintegrowany ekosystem partnerów z samoopptymalizującymi się wirtualnymi procesami. Koncentracja na kluczowej kompetencji. Zdecentralizowana autonomia. Dostęp w czasie bliskim rzeczywistości to rozszerzonego zakresu informacji operacyjnych.
PRZETWARZANIE I ANALIZA DANYCH JAKO KLUCZOWA KOMPETENCJA	Zdolności analityczne oparte głównie na częściowo manualnych systemach do analizy danych. Selektywny monitoring danych i ich przetwarzanie, brak predykcji.	Zdolność do analizy danych przy wsparciu centralnego procesu (Business Intelligence), wyizolowany, niewystandaryzowany system wsparcia decyzji biznesowych.	Centralny system BI konsolidujący wszystkie istotne wewnętrzne i zewnętrzne źródła informacji, pojawiające się analizy predykcyjne. Dedykowane systemy wspierające podejmowanie decyzji i zarządzanie incydentami.	Wykorzystywanie analityki predykcyjnej do celów optymalizacji i automatycznego zarządzania incydentami w czasie rzeczywistym z inteligentną bazą danych i samouczącym się algorytmem umożliwiającymi analizę wpływu i wsparcie procesów decyzyjnych.
ZWINNA ARCHITEKTURA IT	Wewnętrzna, rozproszona architektura IT.	Homogeniczna wewnętrzna architektura IT. Rozwijające się połączenie między poszczególnymi ośrodkami danych.	Wspólne architektury IT w sieci partnerów. Jedna zintegrowana baza danych z wysoko wydajną architekturą.	Jedna, elastyczna baza danych, integrująca również dane płynące z zewnątrz. Ustabilizowana sieć partnerów, bezpieczna wymiana danych.
ZGODNOŚĆ, BEZPIECZEŃSTWO, KWESTIE PRAWNE I PODATKOWE	Tradycyjne struktury nieuwzględniające cyfryzacji.	Zidentyfikowane wyzwania cyfrowe, ale jeszcze niezaadresowane całościowo.	Spójnie zaadresowane ryzyko prawne w odniesieniu do współpracujących partnerów.	Optymalizacja sieci łańcucha wartości pod kątem compliance, bezpieczeństwa, prawnym i podatkowym.
ORGANIZACJA, PRACOWNICY I KULTURA CYFROWA	Koncentracja na silosach, funkcyjnym podziale organizacji.	Współpraca między poszczególnymi funkcjami przedsiębiorstwa, ale nie ustrukturyzowana i incydentalna.	Współpraca w ramach całej firmy i zachęta do dzielenia się.	Współpraca kluczową wartością.

Źródło: PWC, 2017, s.39.

Prototyp narzędzia oceny dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce opracowany przez UW obejmuje trzy filary, które porządkują wymiary rozwoju przedsiębiorstwa (por. Rysunek 12). Pierwszym podstawowym filarem jest technologia, która motywuje wszelkie zmiany w przemyśle 4.0. Na opis technologii składają się cztery moduły: automatyzacji (zastąpienie powtarzalnych czynności wykonywanych przez człowieka pracą zaprogramowanych maszyn), łączności (stan wzajemnego połączenia pomiędzy urządzeniami, maszynami i systemami komputerowymi, umożliwiający komunikację i wymianę danych), autonomizacji (możliwość autonomicznego podejmowania decyzji w ramach rozproszonej sieci maszyn i urządzeń) i inteligentnego produktu (nowych rozwiązań dla klienta). Drugim filarem są procesy, w których wyróżnić można kluczowe dla sprawnego funkcjonowania ekosystemu moduły: standaryzacja oraz integracja wewnętrzna i zewnętrzna, a także cykl życia produktu. Trzeci filar tworzy organizacja, obejmująca moduły strategii, pracowników, współpracy i projektów oraz przywództwa. Narzędzie zakłada analizę każdego wymiaru jako osobnego merytorycznego zakresu, ocenianego na sześciostopniowej skali dojrzałości. Jednocześnie, należy mieć na uwadze, że nie dla wszystkich przedsiębiorstw i nie we wszystkich branżach sukces będzie oznaczał najwyższy poziom dojrzałości, a narzędzie ma na celu jedynie wskazywać kierunek rozwoju (Nosalska, Śledziwska, Włoch, & Gracel, 2019, s.19).

Rysunek 12. Prototyp narzędzia oceny dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce (Uniwersytet Warszawski).



Źródło: Nosalska et al., 2019, s.13.

Trudno zbudować katalog cech innowacyjnego przedsiębiorstwa, który byłby choć częściowo wyczerpującym katalogiem dla przedsiębiorstw różnych rozmiarów i branż, podejmujących współpracę z uczelnią w zakresie różnych dyscyplin i szeregu form współpracy możliwych do realizacji. Mimo to, powyższe narzędzia wskazujące na cechy cyfrowej dojrzałości mogą być istotną wskazówką w identyfikowaniu innowacyjnych przedsiębiorstw.

3.2.Kultura organizacji i zarządzanie talentami

W rozdziale opisano cechy wyróżniające innowacyjne przedsiębiorstwa w zakresie kultury organizacji i zarządzania talentami. Następnie omówiono potrzeby i oczekiwania odnośnie do posiadanych kompetencji pracownika, co bezpośrednio wiąże się z procesem kształcenia, szczególnie w zakresie umiejętności miękkich, umiejętności transferowalnych i kompetencji społecznych.

Kluczowy wyróżnik – rozwój przedsiębiorstwa przez rozwój pracownika

Innowacyjne przedsiębiorstwo wyróżnia się kulturą organizacji opartą na zaufaniu i poczuciu odpowiedzialności za wspólny sukces. Kluczowymi wątkami w kontekście pracowników są tu: relacja wzajemnego szacunku oraz potrzeba inwestowania w rozwój kompetencji pracowników. Przekładają się one na większe zaangażowanie pracownika w działania przedsiębiorstwa, co ma realną (wymierną) wartość, np. w formie szybszej i skuteczniejszej realizacji procesów.

Pracownik innowacyjnego przedsiębiorstwa cechuje się m.in. świadomością możliwej konieczności przekwalifikowania, **stałego uczenia się i rozwijania swoich umiejętności** oraz przede wszystkim odpowiedniego (otwartego) nastawienia względem nowych technologii i związanego z nimi tempa (i nieodwracalności) zmian (Aulbur, CJ, & Bigghe, 2016). Innowacyjne przedsiębiorstwa szczególnie cenią sobie nastawienie (ang. *mindset*), w którym rozwój jest potrzebą, a nie wynika z poczucia obowiązku.

„Badania wskazują, że **motywacja wewnętrzna** działa najlepiej w przypadku zadań skomplikowanych, wymagających wyższych umiejętności poznawczych. Przeciwnie, motywacja zewnętrzna działa najlepiej w przypadku zadań, które są proste, nieskomplikowane i nie wymagają wysokiego poziomu umiejętności poznawczych” (Tan & Rajah, 2019, s.3).

Ponadto, **pracownicy są wspierani i motywowani do rozwoju**, czego przykładem mogą być nie tylko szkolenia, ale także finansowanie dalszej (ustawicznej) edukacji. Zdarza się też, że w miarę możliwości mogą otrzymać czas wolny na dokończenie, jeżeli tylko będzie ono wspierało doskonalenie działalności firmy (Geissbauer et al., 2018). Pokazuje to, jak bardzo firmy są skłonne wyjść naprzeciw oczekiwaniom pracowników, by utrzymać kluczowe talenty w przedsiębiorstwie.

Technologia, tj. rozwiązania przemysłu 4.0, wpływa na organizację: firmy doświadczają **redukcji poziomów hierarchii**: powstają nowe obowiązki i nowe stanowiska, a każde z nich wymaga przeszkolenia.

„Możesz kupić technologię. Ale nie możesz kupić zaangażowania pracowników” (Gates & Bremicker, 2017b).

Pracownicy rozwijają się w nowych rolach jako decydenci i koordynatorzy procesów. Nowe profile zawodowe wymagają nie tylko kompetencji technicznych, ale również kompetencji metodycznych, osobowych i interpersonalnych. Tymczasem częstym błędem wprowadzania nowych technologii jest założenie, że inwestycja technologiczna (np. zakup nowej maszyny) spowoduje wzrost wydajności przedsiębiorstwa (Cimini et al., n.d.).

Innowacyjne przedsiębiorstwa cechuje **decentralizacja podejmowania decyzji**. Oznacza to przejście od hierarchii zarządzania i silosów wiedzy do dostosowania decyzyjności do procesów (przekazanie decyzyjności w głąb organizacji), z czym wiąże się większa otwartość w komunikacji, a także w przepływie danych czy dostęпах do określonych zasobów. Decyzje podejmowane są przy udziale wszystkich zespołów zaangażowanych w dany proces. Z perspektywy pracownika i kompetencji oznacza to nie tylko większe poczucie odpowiedzialności, ale wiąże się również z poczuciem docenienia, okazaniem zaufania.

To z kolei może przełożyć się na większe zaangażowanie. Z tego powodu inwestowanie w rozwój pracownika to także inwestowanie w kompetentne zespoły (Nosalska et al., 2019), (Gracel & Stoch, 2017), (Briggs, Lamar, Kark, & Shaikh, 2018).

➔ Najmłodsze pokolenie na rynku pracy...

... poza biegłością technologiczną cechuje wielozadaniowość, zdolność adaptacji do zmian, nastawienie na rozwój i uczenie się, preferowanie pracy zespołowej, która jednak pozwala zachować niezależność i stwarza możliwości do osobistego rozwoju. Cechuje ich również dobra komunikacja, wrażliwość na różnorodność kulturową oraz pomysłowość (myślenie poza standardami, innowacyjność). Cenią sobie **równowagę między życiem zawodowym i prywatnym, a wykonywana przez nich praca powinna nieść za sobą dodatkowe wartości**. Różnice pokoleniowe między pracownikami powodują też zupełnie inne podejście do zmian i technologii – szczególnie, gdy oświadczonym pracownikom trudno jest wykrzesać zachwyt nad kolejnym nowym rozwiązaniem, którego muszą się uczyć. Jednocześnie, przemysł 4.0 może mieć też tę zaletę, że pozwoli „odczarować” postrzeganie przemysłu jako „nudnego” i być może przestarzałego sektora. Jest to ważne szczególnie w kontekście nowych pokoleń pracowników: **Millenialsi mogą docenić miejsce pracy, które jest technologicznie zaawansowane, napędzane innowacją**.

Opracowanie własne na podstawie Cotet, Carutasu, & Chiscop, 2020; Gates & Bremicker, 2017b; Gracel & Stoch, 2017; Iorgulescu, 2016; Kirchmayer & Fratričová, 2017; Westerman, Calmėjane, Bonnet, Ferraris, & McAfee, 2011.

Wspieranie podmiotowości pracownika – czy to przez motywowanie i premiowanie rozwoju czy przez powierzenie większej odpowiedzialności – przynosi realne korzyści dla przedsiębiorstwa. Jak pokazują badania wśród inżynierów zatrudnionych w polskich małych i średnich przedsiębiorstwach, mimo iż nie wszystkie pomysły proponowane przez pracowników bywają wdrażane, to pracownicy pracują z poczuciem wpływu na pracę i wprowadzanie innowacji (Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii & Siemens Polska, 2019).

Jedną z konsekwencji większego zaufania do pracownika jest troska o zachowanie **równowagi między życiem zawodowym i prywatnym**. Jedną z metod pozwalających utrzymać *work-life balance* jest np. elastyczny czas pracy (Kagermann & Wahlster, 2013), ale także praca zdalna. Osobną kwestią jest wypracowanie umiejętności zarządzania sobą w czasie, by te mechanizmy mogły działać sprawnie – zarówno dla pracowników, jak i przełożonych zlecających i odbierających prace wykonane w niestandardowych godzinach czy poza miejscem pracy.

„W miarę jak granice fizyczne i organizacyjne coraz bardziej się zacierają, organizacje będą musiały stać się znacznie bardziej zwinne w sposobie myślenia o zarządzaniu pracą ludzi oraz o sile roboczej jako całości. **Praca jest tym, co ludzie robią, a nie tam, gdzie to robią**” (Leopold et al., 2016, s.30).



Liderzy cyfrowej transformacji – kryteria oceny

Aby ocenić, czy organizacja z powodzeniem przyjęła kulturę cyfrową można posłużyć się kryteriami powstałymi w oparciu o badania PwC i Strategy& na próbie ponad tysiąca menadżerów w 26 krajach:

- o **„Umiejętności:** Pracownicy wykazują różnorodne umiejętności. Działają zwinnie, a organizacja ma duże możliwości w zakresie analizy danych, interakcji człowiek-maszyna i wspomaganego technologicznie podejmowania decyzji. Istnieją formalne ścieżki zwiększania cyfrowego IQ siły roboczej.
- o **Nastawienie i zachowanie:** cechy organizacji obejmują cyfrowe nastawienie (digital mind-set) i wizję, przedsiębiorczość i nowe style przywództwa, otwartość na nowe technologie, kulturę otwartą na niepowodzenia i uczącą się na nich, kreatywność i innowacje, ogólną ciekawość, niehierarchiczną mentalność – „liczy się najlepszy pomysł”, budżetowanie adaptacyjne, szybkie podejmowanie decyzji i orientacja na rozwiązywanie problemów.
- o **Relacje i źródła umiejętności:** organizacja składa się z wielofunkcyjnych zespołów z integracją wewnętrzną i zewnętrzną; praca na żądanie z platform sieci lub pul talentów; zasoby z hackathonów, akceleratorów, agencji cyfrowych, a nawet instytutów badawczych i uniwersytetów. Przedsiębiorstwo jest zorientowane na zwinny sposób pracy. Często jest to organizacja hybrydowa, wspierająca elastyczne zespoły w ramach tradycyjnej hierarchii. Ma markę i strategię rekrutacji, która odzwierciedla jej cyfrową dojrzałość, ustanowiła program rozwoju talentów z uniwersytetami i szkołami technicznymi, aby uzyskać dostęp do odpowiednich umiejętności i wprowadzić je w życie.
- o **Rozwój kariery:** organizacja została utworzona w celu pełnego wykorzystania ekosystemu na różne sposoby: systemy oceny, motywacji i wynagrodzeń, które nagradzają innowacyjne i inteligentne pomysły cyfrowe, elastyczna organizacja pracy i, w stosownych przypadkach, praca zdalna, czas wolny na wspieranie ciągłego doskonalenia działalności firmy, informacje zwrotne od pracowników w czasie rzeczywistym”(Geissbauer et al., 2018, s.48).

Innowacyjne przedsiębiorstwa podejmują się **budowania kultury innowacyjności**, czyli kształtowania odpowiednich postaw i zachowań, które pozytywnie wpłyną nie tylko na wydajność przedsiębiorstwa, ale przede wszystkim na wzory współpracy pracowników, z którymi sukces firmy jest teraz nieodłącznie powiązany. Wśród przejawów kultury innowacyjności w organizacji wymienić można m.in. sprzyjanie indywidualnej inicjatywie pracowników oraz okazywanie zaufania poprzez akceptację pewnej niezależności pracownika w działaniu i związanego z tym ryzyka (Modrzejewska, 2019). Badania KPMG w firmach produkcyjnych w krajach Europy, Azji i Ameryki Północnej pokazały, że budowanie kultury innowacyjności ma sens tylko wtedy, gdy zmiany obejmują całość przedsiębiorstwa (wszystkie szczeble) i są prowadzone w sposób, który wskazuje raczej na inwestowanie w wartość pracownika niż skupienie na oszczędzaniu kosztów (Gates & Bremicker, 2017a).

Warto też odnotować, że w przeciwieństwie do szeregu usprawnień, które można wprowadzać oddolnie, transformacja cyfrowa bywa określana jako ta, które **musi iść od góry**, całościowo. Kadra zarządzająca powinna „wyobrazić sobie firmę na nowo” i wprowadzać zmiany konsekwentnie, wymagając adaptacji do zmian przede wszystkim od siebie (Westerman et al., 2011). Tymczasem, listę wyzwań i zagrożeń związanych z wprowadzaniem przemysłu 4.0 w Polsce otwiera kategoria braku inicjatywy ze strony managementu:

„Ważnym elementem strategii cyfrowej jest **wytworzenie właściwej kultury organizacyjnej pozwalającej przyciągać do przedsiębiorstwa najbardziej utalentowanych**, ambitnych, młodych pracowników zainteresowanych wyzwaniem, jakie stawia przed zatrudnionym wdrażanie przemysłu 4.0” (Siemens Polska, 2017, s.30).

„Wdrażanie cyfrowych zmian wymaga posiadania wizji ich wprowadzania oraz motywacji po stronie zarządców i właścicieli firm. Brak inicjatywy na tym poziomie jest jednym z częściej cytowanych powodów bierności przedsiębiorstw we wdrażaniu koncepcji przemysłu 4.0” (Siemens Polska, 2017, s.26). Jak zauważono w cytowanym raporcie, może się to wiązać z innymi wyzwaniami: niewystarczającą liczbą punktów odniesienia dla udanych transformacji (business cases dotyczących zakończonych sukcesem wdrożeń) czy trudnością z określeniem czasu zwrotu z takich inwestycji.



Automatyzacja a stereotyp rodzajowy (gender)

W raporcie „Ramię w ramię z robotem” (McKinsey & Company, 2018) odnotowano, że „prace, które dziś w Polsce częściej wykonują mężczyźni mogą zostać zautomatyzowane w większym stopniu niż prace, które częściej wykonują kobiety” (s.17). Zautomatyzowaniu może być poddane około 45% czasu pracy kobiet i 52% pracy mężczyzn. Zatrudnienie kobiet jest wyższe w branżach o niskim potencjale automatyzacji (np. służba zdrowia czy szkolnictwo), w przeciwieństwie do branż o wysokim potencjale automatyzacji (np. transport i logistyka, przemysł przetwórczy, górnictwo czy budownictwo). Możliwe, że u źródeł tego stanu rzeczy jest ugruntowany w stereotypie rodzajowym trend, że to kobiety częściej wykonują zawody wymagające interakcji z drugim człowiekiem.

A zatem, statystycznie, kobiety nie są zagrożone – tak bardzo jak mężczyźni – utratą pracy z powodu automatyzacji. Jednocześnie można powiedzieć, że nie są też zagrożone możliwością rozwoju. **Paradoksalnie, posiadając najbardziej pożądane na rynku kompetencje społeczne (umiejętność komunikacji, empatię) kobiety, statystycznie, mogą pozostać w błędnym kole stabilności.**

Ma to również konsekwencje w płacy. Zależność między wysokością wynagrodzenia a zatrudnieniem w branży o niskim lub wysokim potencjale automatyzacji powoduje, że już na wejściu lepiej opłacani pracownicy z branż wyższego potencjału automatyzacji otrzymają kolejną szansę w formie doskonalenia kwalifikacji i możliwego awansu w poziomie wynagrodzenia (McKinsey & Company, 2018).

Niepokój ten odnotowano w raporcie Światowego Forum Ekonomicznego już w 2016 r.: „Jeśli obecne w branży trendy związane z różnicą płci utrzymają się, a transformacja rynku pracy w kierunku nowych i pojawiających się ról w dziedzinach związanych z komputerami, technologią i inżynierią będzie nadal przewyższać tempo, w jakim kobiety obecnie podejmują tego rodzaju prace, kobiety są narażone na utratę najlepszej możliwości zatrudnienia przy jednoczesnym pogorszeniu procesów zatrudniania firm ze względu na ograniczoną pulę kandydatów i zmniejszenie dywidendy z różnorodności w firmie”(Leopold et al., 2016, s.40). Przytoczony fragment jasno wskazuje, że negatywne konsekwencje odczują również firmy: ograniczona pula aplikujących o zatrudnienie oraz ujednolicona pula pracowników.

Potrzeby w zakresie kształcenia – specjaliści poszukiwani na rynku pracy

Badania wśród polskich przedsiębiorców pokazują, że najbardziej poszukiwani na rynku pracy są wykwalifikowani i posiadający doświadczenie pracownicy po szkołach zawodowych i inżynierowie (np. automatycy, robotycy, informatycy, inżynierowie budowy, chemicy, inżynierowie mechaniki, energetyki, konstruktorzy itd.). W dalszej kolejności najbardziej poszukiwani są operatorzy specjalistycznych maszyn i urządzeń, następnie: rzemieślnicy, technicy i technolodzy produkcji. Jeżeli analizować przedmiot działań, najbardziej brakuje pracowników w obszarze: technologii, procesów utrzymania ruchu, ciągłego doskonalenia, analizy danych i planowania, zarządzania zapasami czy IT, a także inżynierów informatyków, automatyków i automatyków software’owych (Dekier & Wyżykowski, 2018; Gracel & Stoch, 2017; Ministerstwo Rozwoju & Siemens Polska, 2017).

Z analizowanych raportów krajowych i zagranicznych wynotowano szereg nowych stanowisk lub najbardziej poszukiwanych rodzajów pracy, nie wyczerpując wszystkich możliwości (por. Rysunek 13).

Rysunek 13. Nowe rodzaje pracy i najbardziej poszukiwane stanowiska – gwiazdką (*) oznaczono zawody, w których wykształcenie inżyniera staje się ważnym wyróżnikiem

analiza oprogramowania	automatyzacja procesów	CIO (dyrektor ds. informatyki)
cyberbezpieczeństwo, architektura bezpieczeństwa i mechanizmy ochronne	integracja technologii: robotyki, sterowania, automatyzacji i IT	integracja, kontrolowanie i usprawnianie procesów technologicznych
komunikacja / obsługa klienta, w tym media społecznościowe	koordynacja procesów (na różnych poziomach: operator, technik, specjalista, inżynier)	marketing* i sprzedaż* (w tym e-commerce)
modelowanie danych przemysłowych	opracowanie interfejsów i aplikacji do sterowania / komunikacji maszyn	prawo związane z automatyzacją
predykcyjne utrzymanie ruchu i serwisowanie	programowanie aplikacji	programowanie maszyn i robotów
projektowanie procesów analitycznych na potrzeby postawionego problemu	prowadzenie prac B+R* (innowacje i nowe technologie)	rozwój organizacji
symulacja linii produkcyjnych celem optymalizacji	uwzględnianie doświadczenia klienta w interakcji maszyna-człowiek (UX)	współpraca z maszyną: obsługa i kontrola
zaawansowana analiza danych (big data, AI, machine learning)	zarządzanie rozwojem pracowników i szkoleniami	zarządzanie transformacją technologiczną
zarządzanie zbiorami danych i optymalizacja procesów (architektura informacji i przechowywania)		zarządzanie zmianą

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań krajowych i zagranicznych, opisanych w raportach: Capgemini, 2018; Clavert, 2017; Gracel & Stoch, 2017; IBSA Innovation & Business Skills Australia, 2017; Krakowiak & Pęczak, 2019; Leopold et al., 2018; McKinsey & Company, 2018; PwC Polska Sp. z o.o., 2017.

Próby prognozowania najpotrzebniejszych zawodów w najbliższej przyszłości oraz związanych z nimi kompetencji przyjmują różne formy, oparte na szeregu metod badawczych. Przykładowo, Deloitte omawiając przyszłość pracy przemysłowej, opracował profile zawodowe dla nowych zawodów. Omawiane osoby to m.in. inżynier specjalista w zakresie cyfrowego bliźniaka, analityk prognostyczny sieci dostaw, koordynator zespołu robotów, menedżer ofert cyfrowych, koordynator danych drona czy menedżer smart factory. W raporcie prezentowany jest przykładowy układ dnia, narzędzia wykorzystywane w pracy oraz kompetencje, jakie są niezbędne, by je wykonywać (Wellener, Dollar, Ashton Manolian, Monck, & Hussain, 2019).

Z kolei mapowanie tekstu na stronach Wikipedii dotyczących przemysłu 4.0 pozwoliło określić „archetypy profesjonalistów przemysłu 4.0” w oparciu o słowa klucze definiujące rodzaje pracy, kompetencje, dyscypliny i branże (Fantoni, Chiarello, Fareri, Pira, & Guadagni, 2018). W ten sposób wyróżniono 6 archetypów, z których każdy odzwierciedla inne potrzeby przemysłu 4.0:

- archetyp Architekta cechują kompetencje, które pozwalają gromadzić i analizować dane w innowacyjny sposób, a także nadać im formę użyteczną zarówno dla decydentów, jak i innych pracowników firmy (przykładowe słowa klucze odnoszące do tego typu to: big data, zarządzanie danymi, sztuczna inteligencja, kognitywistyka, zarządzanie technologią informacyjną, automatyczna identyfikacja i przechwytywanie danych),
- archetyp Wizjonera obejmuje kompetencje prognozowania, analizowania różnych scenariuszy, wnikliwej analizy problemu i poszukiwania kreatywnych rozwiązań, a także budowania rekomendacji użytecznych dla rozwoju firmy (słowa kluczowe opisujące typ to m.in.: analityka, analiza danych finansowych, analiza statystyczna, prognozowanie, badania rynku, pomiar wyników marketingowych),
- archetyp Perfekcjonisty odnosi się do potrzeby ciągłego doskonalenia procesów, opartego na bieżącej analizie danych, umożliwiającego wprowadzanie zmian w czasie rzeczywistym (słowa kluczowe to m.in.: inżynieria sterowania, *lean manufacturing*, automatyzacja, inżynieria systemów, urządzenia pomiarowe, czujniki, urządzenia sterujące, planowania zasobów przedsiębiorstwa, zarządzanie procesem i produkcją),
- archetyp Geeka odnosi do osób zafascynowanych nowymi technologiami oraz posiadających wiedzę pozwalającą kreatywnie i użytecznie łączyć nowe rozwiązania (słowa klucze to m.in.: nowe technologie, Internet rzeczy, przetwarzanie rozproszone, integracja aplikacji korporacyjnych, chmura obliczeniowa, big data, rewolucja przemysłowa, automatyzacja przemysłowa, prognozowanie technologii, systemy cyber-fizyczne, sztuczna inteligencja, technologia w społeczeństwie, cyberbezpieczeństwo, robotyka, uczenie maszynowe),
- archetyp Badacza (Investigator) podąża za problemem, analizuje w poszukiwaniu błędów i usprawnień, zapewnia kontrolę jakości procesu (słowa kluczowe to m.in.: kontrola jakości, kontrola procesów, six sigma, analityka, projektowanie badań, ilościowa metodyka badań, eksperymenty, statystyka, analiza niezawodności, gotowość na wypadek katastrof, modelowanie korporacyjne),
- archetyp Stratega to otwarty i kreatywny umysł o przedsiębiorczym sposobie myślenia, posiada umiejętności dyplomatyczne i przywódcze (słowa kluczowe to m.in.: zarządzanie procesem, propozycja wartości, modele biznesowe, zarządzanie strategiczne) (Fantoni, Chiarello, Fareri, Pira, & Guadagni, 2018, s.86-92).

Natomiast w cytowanych już w poprzednim rozdziale badaniach mających na celu doprecyzowanie kompetencji wymaganych od specjalistów przemysłu 4.0 w publicznie dostępnych ogłoszeniach o pracę na portalu LinkedIn (Pejic-Bach et al., 2020) zestawiono profile zawodowe z frazami, których używano w treści ogłoszenia. Analiza tematyczna wykazała 8 klastrów (grup zawodów), w które można pogrupować analizowane oferty pracy – poniżej wymieniono je wraz z opisami odnoszącymi do kompetencji, które są niezbędne na danym stanowisku:

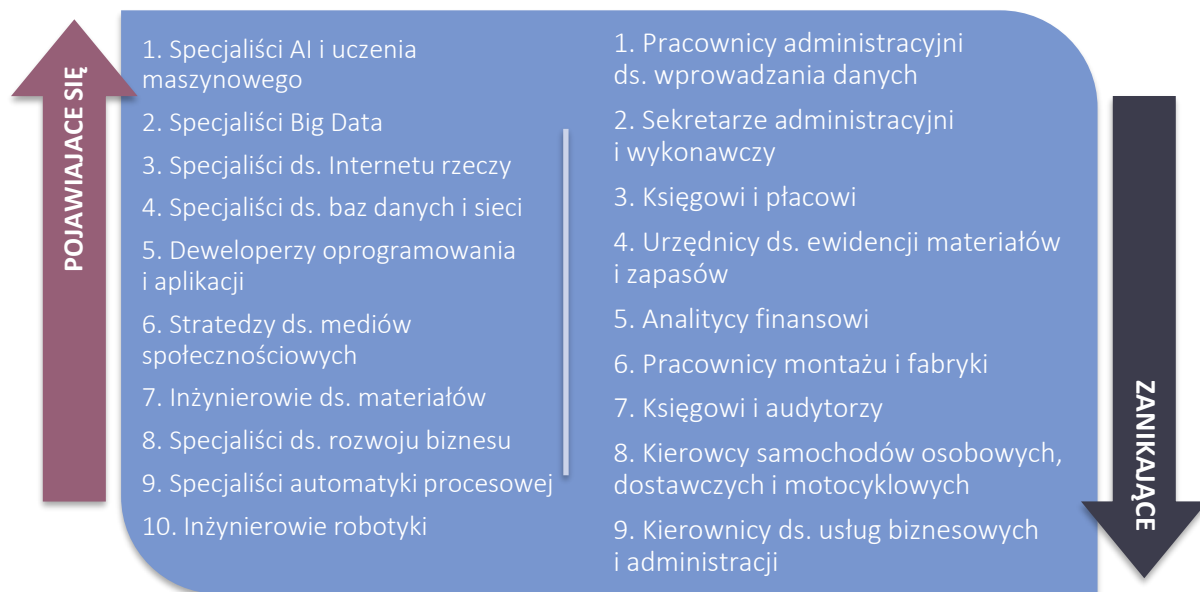
- analityk łańcucha dostaw: zaawansowana analityka, zarządzanie łańcuchem dostaw, technologia cyfrowa, transformacja cyfrowa, napędzanie innowacji i procesy biznesowe;
- inżynier łańcucha dostaw: ciągłe doskonalenie, zarządzanie projektami, *lean management*, doskonałość operacyjna i łańcuch dostaw;
- systemy cyber-fizyczne (CPS) i *Internet of Things* (IoT) dla zrobotyzowanego inżyniera produkcji: zaawansowana produkcja, *big data*, sztuczna inteligencja, przetwarzanie w chmurze, Internet rzeczy, analiza danych, uczenie maszynowe, informatyka, elektrotechnika, inżynieria przemysłowa, inteligentna produkcja, inżynieria oprogramowania i analityka danych;
- inżynier ds. produkcji cyfrowej: *digital manufacturing*, produkty spersonalizowane, automatyka przemysłowa, systemy operacyjne, czas rzeczywisty;

- inteligentny projektant produktu: systemy sterowania, zarządzanie produktem, projektowanie i rozwój;
- specjalista ICT w automatyzacji fabryk: zarządzanie danymi, *object oriented*, doświadczenie inżynieryjne, projektowanie produktu, rozwój produktu, cykl życia produktu, automatyzacja fabryki, rozwój oprogramowania, cykl życia;
- zarządzanie satysfakcją klienta: rozwój biznesu, satysfakcja klienta, zarządzanie jakością;
- specjalista ds. oprogramowania dla przedsiębiorstw: *agile development*, produkcja dyskretna, cyfrowy SAP, oprogramowanie dla przedsiębiorstw, duch przedsiębiorczości (Pejic-Bach et al., 2020, s.427).

Na marginesie warto odnotować, że w 2018 r., za który prowadzono analizę, na powyższe stanowiska najczęściej rekrutowano do pracy w pełnym wymiarze godzin, na stanowiska kierownicze średniego i wyższego szczebla. Spośród wszystkich ogłoszeń najliczniej reprezentowane były Niemcy (782 ogłoszenia) i USA (448 ogłoszeń), podczas gdy Polska znajdowała w grupie mniej licznie reprezentowanych państw (28 ogłoszeń).

W najnowszym raporcie Światowego Forum Ekonomicznego (2020) zidentyfikowano pojawiające się i zbędne stanowiska pracy na rynku krajowym i rynku światowym (por. Rysunek 14), jednak przeglądając tak ogólne zestawienie, łatwo dostrzec, że odpowiedź na pytanie, jakich dokładnie kompetencji poszukują innowacyjne przedsiębiorstwa będzie inna, zależnie od stanowiska i branży.

Rysunek 14. Stanowiska pracy w Polsce: pojawiające się (rola zidentyfikowana jako ciesząca się dużym popytem) i zanikające (rola zidentyfikowana jako coraz bardziej zbędna w organizacji) – uporządkowane według częstotliwości



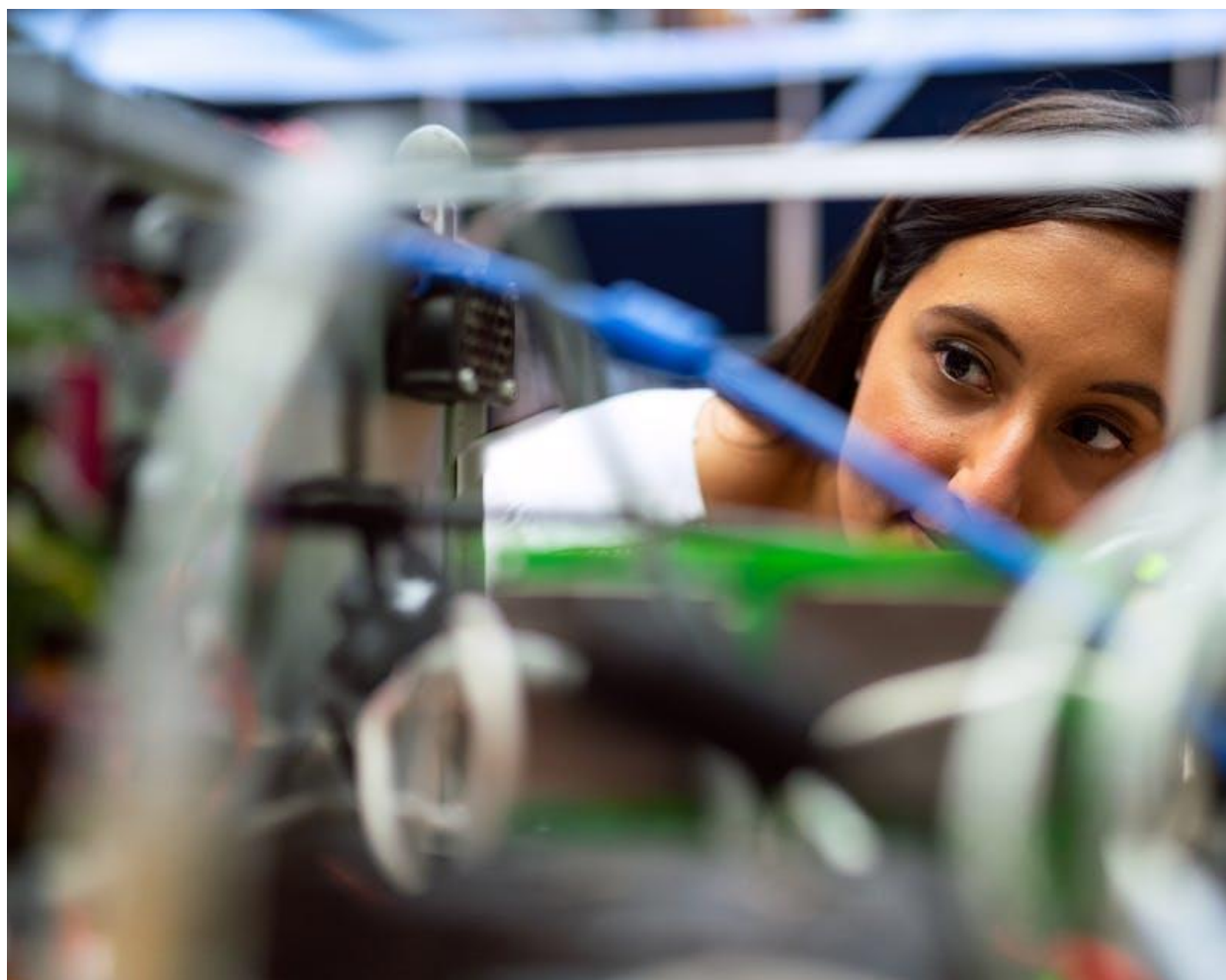
Źródło: opracowanie własne na podstawie Zahidi et al., 2020.

Potrzeby w zakresie kształcenia – przegląd kompetencji

Wiedza, umiejętności i kompetencje poszukiwane przez pracodawców to grząski grunt pełen modeli kompetencyjnych, próbujących skatalogować pożądane cechy pracownika w określonym kontekście. Spośród wszystkich materiałów analizowanych na potrzeby tego opracowania, blisko połowa

proponowała swój własny model lub zestawienie kluczowych umiejętności, a część z nich odwoływała się do kolejnych kilkunastu modeli przeanalizowanych wcześniej¹⁵.

Dlatego zdecydowano się przedstawić tylko jeden, przykładowy model kompetencji, który zwraca uwagę tym, że został opracowany przy współpracy środowisk praktyków i ekspertów z branży przemysłowej. Poniżej zaprezentowany został model wspólny dla przemysłu (ang. *generic model*), który można przeformułować lub uzupełnić o komponenty istotne w określonych branżach (do czego nawiązuje nazwa modelu: *building blocks model*, por. Rysunek 15). W nazywaniu (definiowaniu) kompetencji może pomóc katalog O*NET¹⁶ (w kontekście amerykańskim) czy klasyfikacja ESCO¹⁷ (w kontekście europejskim), które opisują i klasyfikują umiejętności i kompetencje w odniesieniu do zawodów.

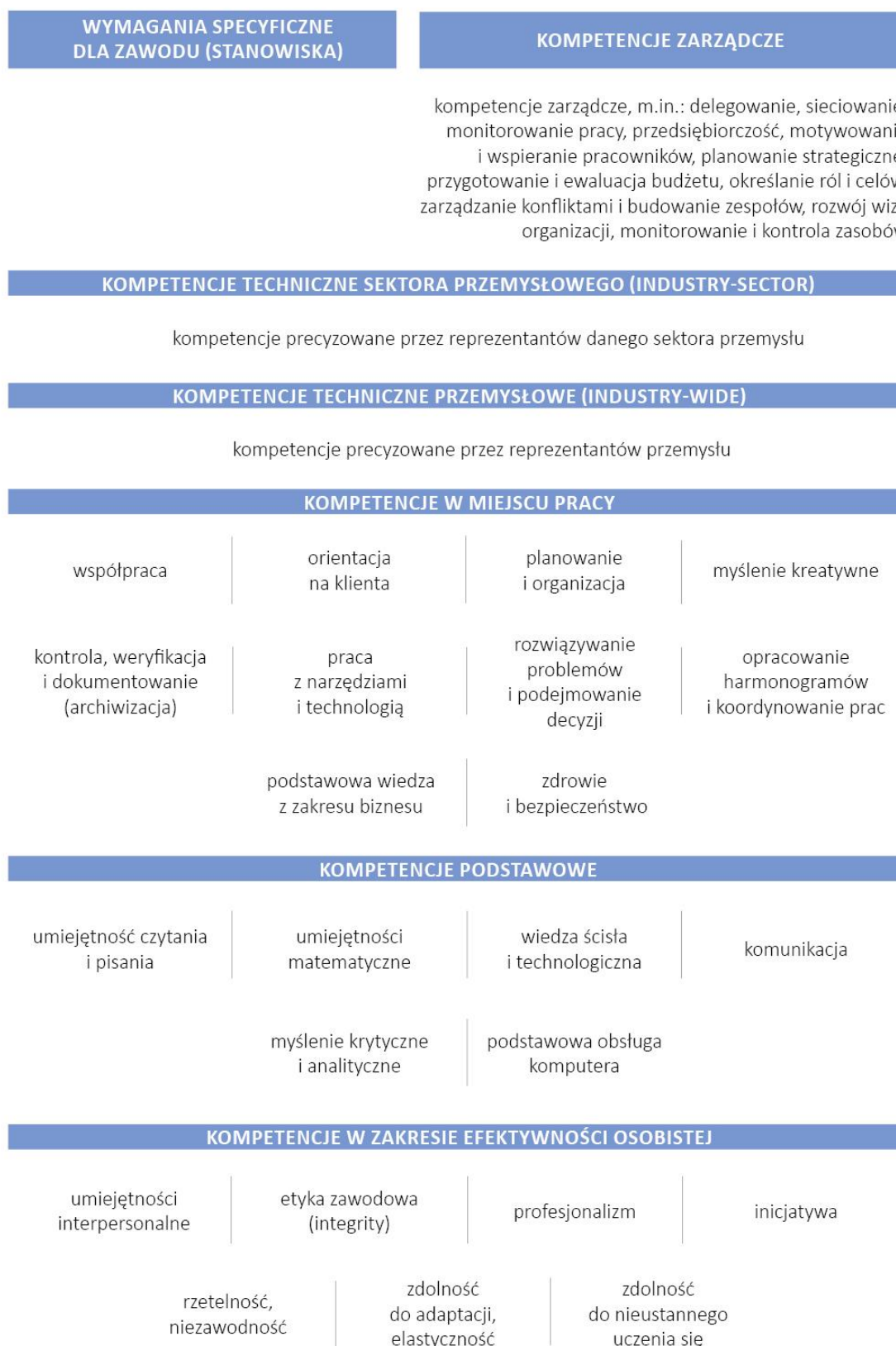


¹⁵ Przykładowo, artykuł „A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees” proponuje zestaw 64 kompetencji wyłuskanych z 27 artykułów przeanalizowanych w wyniku przeglądu literatury, pogłębionych badaniem fokusowym z wykładowcami z wcześniejszym doświadczeniem pracy w firmach lub kilkuletnim doświadczeniem w nauczaniu i kształceniu na uczelniach w obszarach IT, ekonomii i inżynierii (Prifti et al., 2017).

¹⁶ System O*NET opisuje zawody pod względem wymaganej wiedzy, umiejętności i zdolności, a także sposób wykonywania pracy pod względem zadań, czynności zawodowych i innych deskryptorów – system budowany z perspektywy potrzeb amerykańskiej gospodarki. Źródło: <https://www.dol.gov/agencies/eta/onet>, dostęp: 10.03.2021.

¹⁷ ESCO to wielojęzyczna europejska klasyfikacja umiejętności, kompetencji, kwalifikacji i zawodów – klasyfikacja jest budowana z perspektywy potrzeb europejskiej gospodarki. Źródło: <https://ec.europa.eu/esco/portal/>, dostęp: 10.03.2021.

Rysunek 15. Model kompetencji opracowany przez amerykańską organizację Employment and Training Administration we współpracy z ekspertami z dziedziny edukacji, administracji, biznesu i przemysłu



Źródło: The Employment and Training Administration (ETA), b.d..

Na potrzeby raportu przeanalizowano szereg modeli i zestawień kompetencji. W poniżej zaprezentowanym zestawieniu wymieniono wybrane z nich. Każda zaproponowana pozycja wyróżnia się innym elementem, na który warto zwrócić uwagę, np. akcentuje przedsiębiorczość lub umiejętności przekrojowe czy przekazywane między dyscyplinami. Jednocześnie, trzeba zaznaczyć, że żaden z modeli nie jest uniwersalny, a różnice między branżami i stanowiskami zmieniają istotność kompetencji. Całość jest zmienna w czasie – powodując dominację różnych kompetencji, zależnie od momentu historycznego (co widać szczególnie dobrze na przykładzie najnowszego raportu Światowego Forum Ekonomicznego (październik 2020), który zamiast rozwijać model kompetencji (jak było w raportach z 2018 r. i 2016 r.), poświęca połowę swojej objętości na analizę zmian i przekwalifikowań w wyniku pandemii).



Wybrane modele kompetencji

model kompetencji opracowany w kontekście kształcenia inżynierów na potrzeby przemysłu 4.0, bazujący na modelu wielkiej 8 kompetencji (Prifti et al., 2017);

podstawowe umiejętności związane z pracą, opracowane przez Światowe Forum Ekonomiczne na podstawie modelu O*NET, obejmujące podział na: zdolności (poznawcze, fizyczne), umiejętności podstawowe (dot. treści i procesów) oraz umiejętności wielofunkcyjne (ang. *cross-functional skills*, czyli m.in. umiejętności społeczne, rozwiązywania złożonych problemów, zarządzania zasobami, techniczne) (Leopold et al., 2018);

meta-analiza przyszłych kompetencji w przemyśle 4.0, gdzie wprowadzono podział na kompetencje społeczne (np. komunikacja), metodologiczne (np. rozwiązywanie problemów), osobiste (np. kreatywność i chęć uczenia się) oraz związane z daną branżą / dyscypliną (wiedza i kompetencje związane z rozumieniem technologii i procesów) (Hecklau et al., 2017);

meta-analiza wymogów kompetencyjnych przemysłu 4.0, gdzie wprowadzono podział na kompetencje techniczne (np. wiedza o technologiach, umiejętność programowania) i nie-techniczne („miękkie”, tj.: 1) rozumowanie, np. kreatywność i rozwiązywanie problemów, 2) kompetencje społeczne, np. komunikacja i praca zespołowa, i 3) osobiste, np. uczenie się, ale też przywództwo)(Maisiri, Darwish, & VanDyk, 2019);

kompetencje dotyczące „zasobów ludzkich 4.0”, gdzie uporządkowano kompetencje w główne (ang. *core competencies*, tworzące zróżnicowany zbiór obejmujący zarówno komunikację, jak i orientację na cel czy kompetencje cyfrowe), zarządcze (obejmujące – co ciekawe – rozwiązywanie problemów, przywództwo) oraz wartości (np. znów – ciekawe – kreatywność oraz profesjonalizm) (Lubis, Absah, & Lumbanraja, 2019);

zestaw „meta-umiejętności”, których opanowanie ułatwia rozwój w każdym innym obszarze, przez co są „ponadczasowymi umiejętnościami wyższego rzędu”: zarządzanie sobą (skupienie, adaptacyjność, inicjatywa), inteligencja społeczna (komunikacja, odczuwanie, współpraca, przywództwo) i innowacyjność (ciekawość, kreatywność, myślenie krytyczne) (Skills Development Scotland, 2018);

umiejętności dla kluczowych technologii wspomagających w Europie (ang. *Key Enabling Technologies*, KETs): umiejętności w zakresie: technologii pokrewnych, jakości, ryzyka i bezpieczeństwa, zarządzania i przedsiębiorczości, komunikacji, innowacyjności, inteligencji emocjonalnej, etyki (Probst, Pederson, et al., 2018);

umiejętności XXI wieku, podzielone na sposoby myślenia (m.in. kreatywność, innowacja, krytyczne myślenie, rozwiązywanie problemów), sposoby pracowania (m.in. komunikacja i współpraca), uczenie się oraz narzędzia do pracowania (m.in. kompetencje cyfrowe) (IBSA Innovation & Business Skills Australia, 2017);

umiejętności istotne w czwartej rewolucji przemysłowej uporządkowane w cztery obszary: gotowość do podjęcia pracy, umiejętności miękkie, umiejętności techniczne, przedsiębiorczość (Armstrong, Parmelee, Santifort, Burley, & van Fleet, 2018);

przegląd umiejętności w kontekście przemysłu 4.0 i szkolnictwa wyższego, gdzie wyróżniono umiejętności specyficzne dla danej dyscypliny (inżynieryjne, biznesowe, związane z projektowaniem) oraz kompetencje przekrojowe (m.in. rozwiązywanie problemów, kompetencje cyfrowe czy biznesowe) (Clavert, 2017).

Wśród umiejętności i kompetencji, którymi powinni się cechować pracownicy **niezależnie od obszaru działań i stanowiska**, najczęściej wymienia się umiejętność krytycznego myślenia i rozwiązywania złożonych problemów. Badania Światowego Forum Ekonomicznego wskazują, że to właśnie „ludzkie” umiejętności, takie jak kreatywność, oryginalność i inicjatywa, krytyczne myślenie i rozwiązywanie złożonych problemów, a także perswazja i negocjacje, dbałość o szczegóły, elastyczność, odporność i inteligencja emocjonalna będą stopniowo coraz bardziej wartościowe (Leopold et al., 2018, s.ix).

Najnowsze analizy przeprowadzone dla Polski obejmują zestawienie umiejętności cieszących się w Polsce największym popytem wśród pracodawców (Zahidi et al., 2020, s.97) (por. Rysunek 16). Są to przede wszystkim umiejętności „uniwersalne”, tj. transwersalne, przydatne właściwie w każdej pracy niezależnie od wykształcenia czy stanowiska. Jest to istotną wskazówką dla procesu kształcenia, który – budowany na solidnym fundamencie wiedzy z danej dyscypliny – powinien przygotowywać przede wszystkim do samodzielnego myślenia i pogłębiania swojej wiedzy. Trop ten dostrzec można również w badaniach Deloitte, gdzie odnotowano, że najważniejsze na współczesnym rynku pracy są pewne „typowo ludzkie” zdolności, jak np. wyobraźnia, empatia, ciekawość, wytrwałość, kreatywność, zdolność uczenia się i rozwoju. W warunkach konieczności szybkiej adaptacji do nowych rozwiązań – kompetencje i umiejętności mogą się przedawnić, podczas gdy uniwersalne ludzkie zdolności (ang. *enduring human capabilities*) nie tracą wartości¹⁸.

Rysunek 16. Umiejętności zidentyfikowane jako cieszące się dużym zainteresowaniem organizacji

1. Kreatywność, oryginalność i inicjatywa	2. Aktywne uczenie się i strategię uczenia się	3. Odporność, tolerancja na stres i elastyczność	4. Złożone rozwiązywanie problemów	5. Myślenie analityczne i innowacje
6. Wykorzystanie, monitorowanie i kontrola technologii	7. Orientacja na usługi	8. Myślenie krytyczne i analiza	9. Projektowanie i programowanie technologii	10. Rozumowanie, rozwiązywanie problemów i myślenie
11. Zarządzanie personelem	12. Inteligencja emocjonalna	13. Zarządzanie zasobami finansowymi i materialnymi	14. Przywództwo i wpływ społeczny	15. Instrukcja, mentoring i nauczanie

Źródło: opracowanie własne na podstawie Zahidi et al., 2020, s.97.

¹⁸ Hagel III, J., Brown (JSB), J.,S., Wooll, M., 2021: Skills change, but capabilities endure. 30.08.2019. Źródło: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/technology-and-the-future-of-work/future-of-work-human-capabilities.html>, dostęp: 10.03.2021.

Przegląd kluczowych kompetencji, umiejętności i cech pracownika w innowacyjnym przedsiębiorstwie warto rozpocząć od **umiejętności pracy z nowymi technologiami i kompetencji cyfrowych**. W języku angielskim określeń odnoszących do cyfrowej sprawności jest sporo i różnią się swoim zakresem znaczeniowym: *technology literacy*, *digital skills*, *digital dexterity*, *digital engineer*, *digital literacy*, *IT literacy*, a nawet – w powiązaniu ze zdolnościami komunikacyjnymi – *information literacy*. Pracownik innowacyjnego przedsiębiorstwa sprawnie korzysta z nowych mediów i oprogramowania bezpośrednio związanego z wykształceniem lub realizowanymi obowiązkami. W przypadku, gdy mowa o pracy z danymi oraz przemyśle 4.0, katalog poszukiwanych na rynku umiejętności obejmuje m.in. programowanie i zaawansowaną analitykę, w tym analizę big data, chmurę obliczeniową, dostosowywanie i optymalizację oprogramowania i systemów, a także projektowanie architektury danych, architektury technologicznej, projektowanie nowych rozwiązań (materialnych i procesowych) oraz umiejętność kontrolowania przebiegu procesów, w tym zapewnienie bezpieczeństwa (cyberbezpieczeństwo). Trzeba też zaznaczyć, że istotne są tu nie tyle umiejętności związane z przetwarzaniem dużych ilości danych z różnych źródeł, ale krytycznej oceny danych i procesów, oceny ich wiarygodności i wyciągania trafnych wniosków.

Dla innowacyjnych przedsiębiorstw ważna jest **interdyscyplinarność** i pojawia się ona w co najmniej trzech znaczeniach. Pierwszym jest nieco uproszczone rozumienie interdyscyplinarności jako integrowanie wiedzy z różnych, ale pokrewnych obszarów, branż, dyscyplin. Drugim jest, również nieco uproszczone, postrzeganie interdyscyplinarności jako umiejętności sięgania dalej poza znany kontekst, np. próba analizy i zrozumienia problemu w szerszym kontekście niż własna dyscyplina. Trzecim obliczem interdyscyplinarności jest potrzeba komunikacji „ponad podziałami”, czyli umiejętność szukania porozumienia mimo bariery różnej terminologii czy zwyczajów i praktyk w danej dziedzinie czy branży.

„Nowoczesny inżynier będzie musiał nadążyć za postępem technologii, dbając o rozwój nie tylko w dziedzinie swojej specjalizacji, ale również innych, które z nią ściśle współpracują” (Iwański & Gracel, 2016, s.27).

Pracownik powinien być **samodzielny** na tyle, by skutecznie przeprowadzić prace, za które jest odpowiedzialny. Cenna jest umiejętność organizacji swojej pracy i cechy, takie jak elastyczność (umiejętność dostosowania się do zmiennych warunków) czy proaktywność (własna inicjatywa). Jednocześnie, pracownik powinien być w stanie **uczestniczyć w pracy zespołowej**, zarówno w roli lidera, jak i członka grupy. W związku z pracą zespołową ważne są m.in. umiejętności przywódcze, w tym umiejętność podejmowania decyzji i poczucie odpowiedzialności, pozwalające na zarządzanie projektem czy zespołem.

„Pracownik 4.0 potrzebuje połączenia wiedzy z zakresu inżynierii, matematyki, informatyki i innych dyscyplin, aby rozwiązywać złożone problemy. Dodatkowo, przyszłością pracy jest współpraca. Nowi pracownicy będą regularnie korzystać z umiejętności miękkich, takich jak komunikacja pisemna i werbalna, podczas pracy z szefami, członkami zespołu i współpracownikami z innych działów” (Festo, 2018).

Dla efektywnej pracy i budowania dobrych relacji ze współpracownikami **kluczowa jest komunikacja**. Składa się na to szereg elementów: jasne wyrażanie myśli (zdolność argumentowania, przekonywania i wyjaśniania), umiejętność prezentacji, negocjacji, ale też: umiejętność budowania poprawnej informacji zwrotnej czy motywowania pracowników.

Zależnie od branży i stanowiska, dla pracownika innowacyjnego przedsiębiorstwa istotne mogą się okazać **wiedza i umiejętności biznesowe**. Przykładowo, kompleksowe przeprowadzenie procesu (ang. *end-to-end*) wymaga bieżącego kontaktu z klientem w trakcie prac i po ich zakończeniu. Tu również

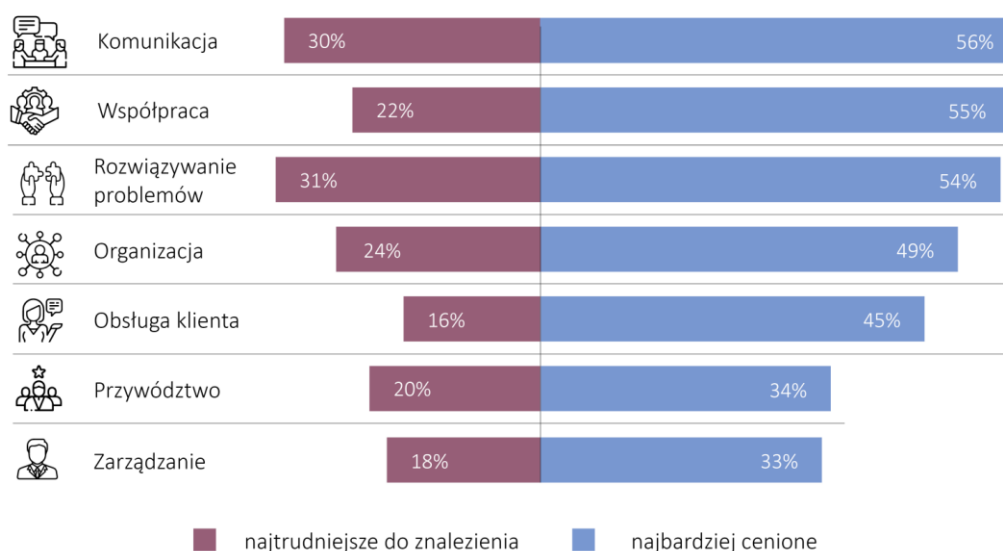
istotny jest cały szereg elementów: zwinne metodyki pracy oraz metody pracy projektowej, nowe modele biznesowe, cykl życia produktu, orientacja na klienta, budowanie i podtrzymywanie relacji, w tym: uwzględnianie doświadczeń klienta (ang. *user experience*) czy projektowanie rozwiązań zorientowanych na klienta (ang. *customer experience design*). Dobrze, kiedy pracownika cechuje przedsiębiorczość, kiedy potrafi zarządzać ryzykiem, zarządzać zmianą oraz budować sieci kontaktów (ang. *networking*).

Natomiast, niezależnie od branży, najbardziej poszukiwane są umiejętności społeczne, popularnie określane jako umiejętności miękkie, takie jak wspomniana już komunikacja, ale także: kreatywność, empatia, inteligencja emocjonalna, kompetencje międzykulturowe, a także odpowiedzialność społeczna i zaangażowanie obywatelskie. Badania ManpowerGroup na próbie kilku tysięcy pracodawców na całym świecie wskazują, że pracownicy sprawnie władający umiejętnościami z zakresu komunikacji, współpracy, rozwiązywania problemów i organizacji, są nie tylko najbardziej potrzebni, ale i najtrudniejsi do znalezienia (por. Rysunek 17).

„Polski system edukacji nie uczy pracy zespołowej, podczas gdy prace nad sztuczną inteligencją wymagają pracy zespołowej. Niski poziom zaufania i współpracy utrudnia rozwój interdyscyplinarnych produktów w nowych technologiach” (Marczuk, Mieczkowski, Calini, & Paszcza, 2019, s.41).

Rysunek 17. Najbardziej cenione umiejętności miękkie są trudne do znalezienia.

Najbardziej cenione umiejętności miękkie są trudne do znalezienia



Źródło: ManpowerGroup, 2016, s.6.

Dla innowacyjnych przedsiębiorstw istotny jest również nacisk na kwestie etyczne i społeczne, szczególnie w kontekście przyszłości. W cytowanym już raporcie „Skills for Smart Industrial Specialisation and Digital Transformation” opracowanym przez PwC dla Komisji Europejskiej zaznaczono wyraźnie: „Studenci powinni również zdobyć tak zwaną wiedzę systemową, czyli wszystkie obszary wiedzy dotyczące wyzwań społecznych, przed którymi stanie Europa w nadchodzących latach. Najważniejsze wyzwania społeczne to takie obszary, jak środowisko, energia, mobilność, zdrowie i dobre samopoczucie, żywność i odżywianie, bezpieczeństwo, prywatność oraz integracja i równość” (Probst, Pederson, et al., 2018, s.45).

Wśród cech osobowych dla pracodawców ważna jest m.in. odporność (ang. *resilience*) i zaradność, ale także innowacyjność i zdolność do eksperymentowania. Co ciekawe, istotną, a rzadko wspomnianą umiejętnością (nawet w polskich opracowaniach) jest znajomość języka angielskiego, co – należy założyć – traktowane jest już jako pewnik.

„Umiejętności związane z treścią (w tym umiejętność korzystania z ICT i aktywne uczenie się), zdolności poznawcze (takie jak kreatywność i rozumowanie matematyczne) oraz umiejętności procesowe (takie jak aktywne słuchanie i krytyczne myślenie) będą stanowić coraz większą część wymagań dotyczących umiejętności podstawowych w wielu branżach” (Leopold et al., 2016, s.23).



Diagnoza potrzeb pracodawców Politechniki Warszawskiej – umiejętności i kompetencje

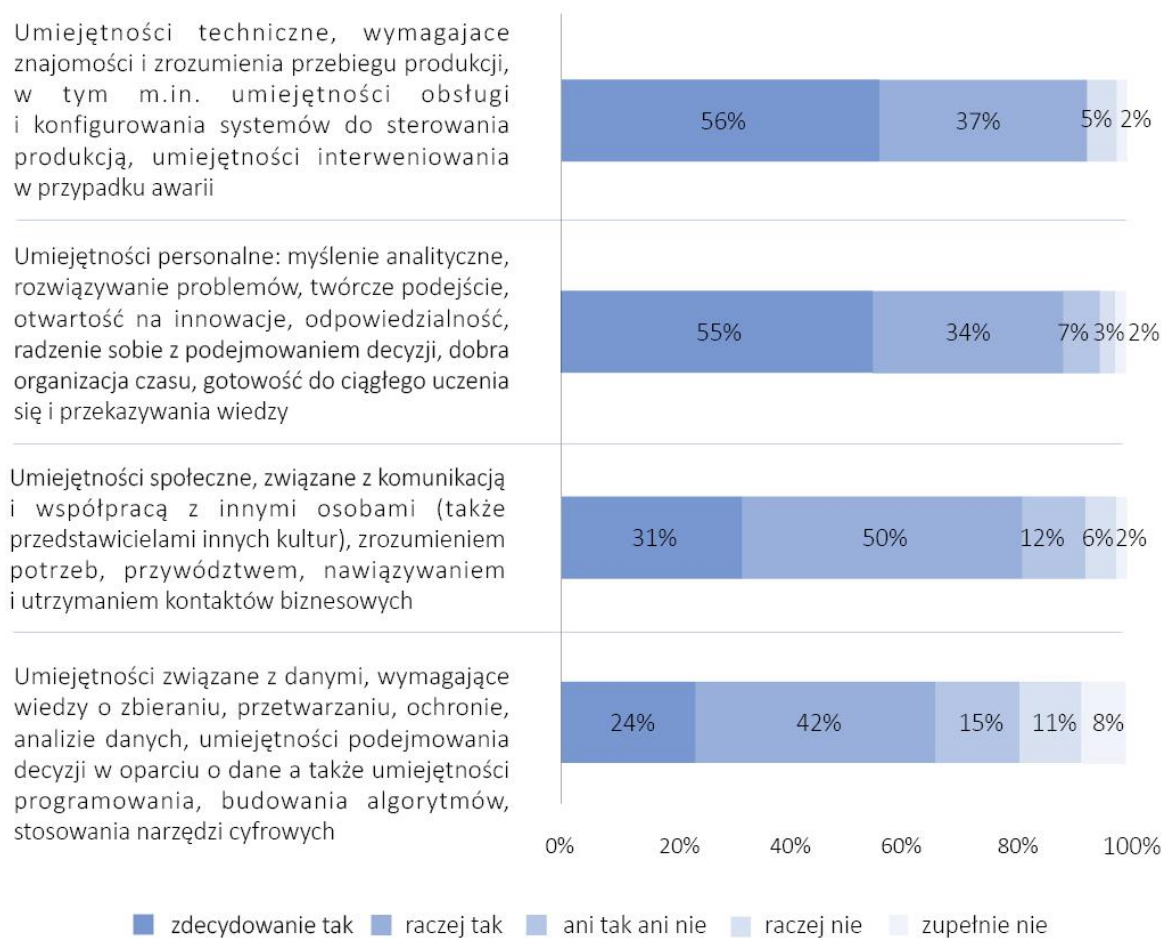
Badania potrzeb pracodawców i instytucji współpracujących z PW zrealizowane w 2018 r. pozwoliły przyrzeć się oczekiwaniom pracodawców w zakresie wiedzy, kompetencji i umiejętności niezbędnych na rynku pracy w perspektywie określonych dyscyplin i branż. Przeprowadzono 11 zogniskowanych wywiadów grupowych w formule paneli eksperckich, w których uczestniczyło łącznie 106 osób. Działalność badanych przedsiębiorstw wpisywała się w dyscypliny: architektura i urbanistyka, automatyka, elektronika i elektrotechnika, ekonomia i finanse, informatyka techniczna i telekomunikacja, inżynieria chemiczna, inżynieria lądowa i transport, inżynieria materiałowa, inżynieria mechaniczna, inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, nauki o polityce i administracji, nauki o zarządzaniu i jakości.

Kompetencje postrzegane przez dane przedsiębiorstwo jako niezbędne różnią się ze względu na sektor, branżę i dyscyplinę, jednak można określić kilka pewnych wspólnych cech poszukiwanych u pracowników: wiedzę merytoryczną z danego obszaru (nieraz określaną jako „solidne podstawy”), analityczne myślenie, komunikatywność, umiejętności z zakresu obsługi programów komputerowych właściwych dla branży czy dyscypliny oraz umiejętność zarówno pracy samodzielnej, jak i w zespole. Zależnie od zasobów przedsiębiorstwa nowy pracownik w wielu przypadkach może liczyć na wsparcie w rozwoju kompetencji dodatkowych (przeszkolenie po rozpoczęciu pracy).

Opracowanie własne na podstawie sprawozdań z paneli z pracodawcami „Diagnoza potrzeb pracodawców i instytucji współpracujących z PW 2018/2019” przeprowadzonych przez Dział Badań i Analiz CZliTT PW jako część badań „Analiza potrzeb i oczekiwań pracodawców absolwentów Politechniki Warszawskiej” w ramach projektu „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój.

Opinię polskich pracodawców nt. kompetencji niezbędnych w innowacyjnym przemyśle poznać można m.in. w raporcie Smart Industry Polska 2019. Jako najważniejsze uznano umiejętności techniczne (dot. procesu produkcji) i umiejętności personalne (tj. myślenie analityczne, twórcze działanie, dobra organizacja, gotowość do uczenia się). W dalszej kolejności – ale wciąż bardzo istotne – umiejętności społeczne, związane z komunikacją i współpracą i dopiero na czwartej pozycji: umiejętności związane z danymi (Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii & Siemens Polska, 2019) (por. Rysunek 18).

Rysunek 18. Opinie na temat kompetencji istotnych w kontekście sprostania wyzwaniom nowoczesnego, innowacyjnego przemysłu



Podstawa: wszystkie firmy N=200; Pytanie Q13.

Na ile różne kompetencje są istotne, Pana(i) zdaniem, w kontekście sprostowania wyzwaniom nowoczesnego, innowacyjnego przemysłu?

Źródło: Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii & Siemens Polska, 2019, s.25.

Zestawienie nie jest sformułowane jako hierarchia i procenty odpowiedzi wskazują, że spośród czterech grup właściwie wszystkie są ważne. Na co warto jednak zwrócić uwagę to fakt, że cechy i postawy osobiste oraz zachowania społeczne nie znalazły się na końcu tego zestawienia – są równorzędne rozumieniu technologii i pracy z danymi.

W tym kontekście warto odnieść się do innego badania zrealizowanego w podobnym okresie na mniejszej próbie polskich przedsiębiorców, które sygnalizuje pewną trudność. Kompetencje „miękkie”, czyli komunikacja, współpraca, budowanie relacji są przez niektórych zarządzających w firmach technicznych postrzegane jako „kompetencje przynależące do obszaru *umiejętności menedżerskie*, są one zatem niepotrzebne na niższych stanowiskach. Tymczasem na każdym stanowisku na co dzień ustalane są plany działania, zespoły szukają rozwiązań problemów, a do tego niezbędne są tego typu umiejętności” (Gracel & Stoch, 2017, s.33).



Czy studia uczą kompetencji przyszłości?

Takie pytanie zadano sobie na Uniwersytecie Warszawskim. Przeprowadzono badania na próbie celowej uczestników warsztatów design thinking w 7 polskich miastach, w której większość osób miała doświadczenie w zatrudnieniu (badania ilościowe n=1128, wywiady jakościowe n=20). W badaniu analizowano czy studia pozwoliły studentom nabyć lub rozwinąć kompetencje niezbędne na współczesnym rynku pracy, tj. odpowiednie kompetencje cyfrowe, poznawcze (tj. kreatywność, rozwiązywanie złożonych problemów, krytyczne myślenie) oraz kompetencje społeczne (zarządzanie ludźmi, umiejętność współpracy oraz inteligencja emocjonalna, jak również przedsiębiorczość).

Wyniki pokazały, że tylko co czwarty badany zgodził się ze stwierdzeniem, że studia dobrze przygotowują do pracy zawodowej. Równocześnie zdecydowana większość (97%) akceptuje fakt, że obecnie konieczne jest ciągłe doksztalcanie się. Oceniając proces kształcenia w zakresie **kompetencji cyfrowych, respondenci akcentowali konieczność poszerzenia go (lub zwiększenia godzin) w zakresach: programowania, wizualizacji danych, wyszukiwania i analizy danych**. Odnośnie do kompetencji poznawczych, studenci i absolwenci kierunków ścisłych byli przekonani, że ich studia nie wspierały rozwoju kreatywności. Natomiast w zakresie kompetencji społecznych, **adepti kierunków technicznych wystawili bardzo niskie noty kształceniu inteligencji emocjonalnej, zarządzania ludźmi i przedsiębiorczości**. Wyzwaniem dla procesu kształcenia jest wsparcie studentów w rozwoju takich cech i umiejętności jak: **przewodzenie zespołowi, gotowość do ryzyka / wyjścia ze strefy komfortu w działaniu, planowanie i operacjonalizacja działań, budowanie zespołów, odporność na kryzysy i umiejętność tolerowania niepewności**.

Źródło: Włoch & Śledziwska, 2019.

Na szczególną uwagę zasługują też dwa raporty z badań, które pokazują, jak uważnie należy czytać zestawienia pożądanych kompetencji i umiejętności, a także jak ważna jest przyjęta metodyka pracy czy sposób sformułowania pytania.

Przykładowo, w raporcie „W stronę Przemysłu 4.0” (Krakowiak & Pęczak, 2019) przedstawiono zestawienie umiejętności pracowniczych niezbędnych do realizacji projektów z zakresu przemysłu 4.0. Jednakże wśród odpowiedzi znalazły się pozycje dotyczące wyłącznie wiedzy z danej dyscypliny / branży, bez umiejętności przekrojowych, takich jak komunikacja czy praca zespołowa. Zestawienie to jest zatem użyteczne wtedy, kiedy zinterpretuje się je jako zestaw zagadnień, które należy znać i rozumieć (czyli zakres wiedzy i umiejętności), a nie faktyczne kompetencje (ponieważ jako zbiór kompetencji jest niepełny).

Drugi przykład odnosi do pewnych skrótów myślowych, które w analizie zmian pokoleniowych i pożądanych kompetencji w transformacji cyfrowej mogą doprowadzić do zbyt daleko idących wniosków. Przykładowo, przeciwstawianie „inżyniera 3.0” jego nowszej „wersji”, tj. „inżynierowi 4.0”. Ta porywająca, w pierwszym odruchu, lektura przedstawia pewną konstrukcję „profilu osobowościowego”, gdzie persona inżyniera 3.0 prezentuje się jak stereotypowa wizja „ścisłowca”, „nerda”, właściwie brak tylko kraciastej koszuli: „logiczna, analityczna i systematyczna osoba, która działa według procedur. Ma wrodzoną potrzebę poprawnego wykonywania zadań i koncentrowania się na zagadnieniach, a nie na ludziach. Potrafi współpracować z ludźmi, ale tylko w zespole, który zna. Nie lubi zmian i nowych sytuacji” (Gracel & Stoch, 2017, s.47). Następcą tego uporządkowanego człowieka jest inżynier 4.0, będący osobą „otwartą” i „aktywną”, która lubi różnorodność, kontakty z ludźmi, potrafi się komunikować. Faktycznie, trendy wskazują, że taki profil osobowościowy jest korzystniejszy dla budowania kariery w obecnym czasie, jednak sposób budowy argumentu zachęca do głębszej analizy nt. relacji między kompetencjami, cechami osobowości oraz ich stereotypowymi uproszczeniami.

3.3. Współpraca uczelnia-biznes

Rozdział omawia formy współpracy innowacyjnych przedsiębiorstw z uczelnią, szczególnie te, które wiążą się bezpośrednio z procesem kształcenia poprzez formy współpracy takie jak: ewaluacja programu kształcenia przez otoczenie społeczno-gospodarcze czy współpraca w zakresie praktyk i staży oraz prac dyplomowych. Istotne znaczenie dla uczelni badawczej ma również współpraca B+R, szczególnie w kontekście kształcenia opartego na badaniach (ang. *research-based education*).

Formy współpracy przedstawiono w porządku przyjętym we wcześniejszych badaniach dot. otoczenia społeczno-gospodarczego uczelni w PW (Dział Badań i Analiz CZliTT, 2019).

Partycypacja w procesie doskonalenia jakości kształcenia, np. opiniowanie programu kształcenia

Udział w badaniach społecznych dot. szkolnictwa wyższego, np. ankietyzacja, panele eksperckie

Kształcenie jest usługą dostępną globalnie i globalna jest konkurencja w tym zakresie. Swoją przewagą uczelnia może budować na dostosowaniu oferty do potrzeb i oczekiwań interesariuszy, czyli **precyzyjnie określonych grup odbiorców, których oczekiwania są regularnie badane, analizowane, a wnioski z tych spostrzeżeń – wdrażane**. W trosce o zapewnienie wysokiej jakości kształcenia na miarę zapotrzebowania, uczelnie powinny monitorować zmiany na rynku, najlepiej w formie bezpośredniej konsultacji z przedstawicielami otoczenia społeczno-gospodarczego. Łączy się z tym potrzeba stałego ewaluowania procesu kształcenia.

Cykliczna aktualizacja powinna dotyczyć szczególnie dziedzin podatnych na zmiany w wyniku transformacji cyfrowej i być ukierunkowana na budowę kompetencji niezbędnych do pracy w gospodarce opartej o dane (Maisiri et al., 2019; Marczuk et al., 2019). To założenie wymaga, by programy kształcenia były skonstruowane w sposób elastyczny: poza stałymi elementami powinny obejmować takie komponenty, które można stale adaptować do zmieniających się warunków. Mimo to, przy wprowadzaniu zmian „programów nauczania na potrzeby przedsiębiorstw należy **zwrócić szczególną uwagę na ochronę wolności akademickiej i kontynuację badań podstawowych**” (Probst, Pederson, et al., 2018, s.45).

„**Uniwersytety muszą być świadome rozwoju sektora prywatnego** i uważnie monitorować najnowsze osiągnięcia technologiczne [...] i angażować przedstawicieli firm w opracowywanie programów nauczania i inicjatyw szkoleniowych. Aby zapewnić światowej klasy programy nauczania, uniwersytety powinny analizować dane, aby dowiedzieć się, jakie umiejętności są potrzebne do ustawicznego kształcenia oraz podnoszenia umiejętności i przekwalifikowania siły roboczej” (Probst, Pederson, et al., 2018, s.48).

Współpraca uczelni i podmiotów otoczenia społeczno-gospodarczego powinna przyjmować **formę stałych partnerstw**, zarówno w konsultacji programów kształcenia (np. rady doradcze), jak i jego realizacji (prowadzenie zajęć, budowanie programów rozwoju aktualnych pracowników). W raporcie „Skills for smart industrial” mówi się wprost o współtworzeniu treści programowych: wspólne projektowanie kierunków i korekta tych, które są, celem dostosowania programów nauczania do aktualnych i przyszłych potrzeb rynku (Probst, Pederson, et al., 2018, s.38). Inne formy współpracy w ramach partnerstw mogą obejmować, np. wspólnie organizowane praktyki zawodowe, staże i certyfikaty, a reprezentanci przemysłu mogą uczestniczyć w działaniach uczelni (np. jako prelegenci) (Festo, 2018, s.5).

Organizacja praktyk i staży zawodowych dla studentów i absolwentów Wydziału Studia podyplomowe i kierunki zamawiane Certyfikacja i szkolenia dla kadry akademickiej

Rynek wymaga od firm, by były gotowe do szybkich przemian i częstego przekwalifikowania pracowników (Gracel & Stoch, 2017). Dlatego dla przedsiębiorców istotne jest nie tylko kształcenie, zapewniające odpowiednio przygotowanych do pracy absolwentów, ale również system podnoszenia kwalifikacji, oferujący możliwość doksztalcenia kadry na wszystkich szczeblach (kształcenie ustawiczne).

W ocenie pracodawców jedną z najważniejszych form współpracy uczelni z przedsiębiorstwami są **praktyki zawodowe i staże** (Dział Badań i Analiz CZIiTT, 2019). Połączenie zajęć teoretycznych i ćwiczeń na uczelni z pracą w zakładzie pod okiem doświadczonego pracownika pozwala nie tylko lepiej zrozumieć procesy, ale też przećwiczyć je w praktyce. Kluczowe jest połączenie trzech komponentów: uczenia się, wielokrotnych ćwiczeń i faktycznego pracowania w rzeczywistym otoczeniu (ang. *hands-on training, on-the-job training*) (IEC, 2015). Co ważne, praktyka czy staż powinny stwarzać możliwości kształcenia także nietechnicznych umiejętności (ang. *transversal skills*), takie jak np. komunikacja czy rozwiązywanie problemów.

„Szkolenie na sprzęcie przypominającym prawdziwe laboratoria sprawia, że przyszłe kariery stają się namacalne i pogłębiają zrozumienie przez studentów tego, czego uczą się na zajęciach. Kiedy uczelnie inwestują w technologię czy to w sprzęt, symulacje, czy w jedno i drugie, pomagają one studentom przygotować się na pomyślną przyszłość” (Festo, 2018, s.5).

W szybko zmieniających się warunkach przemysłu 4.0 kształcenie nie kończy się na studiach. W modelu **kształcenia przez całe życie** (ang. *life-long learning*) można dostrzec dwa wymiary: kształcenie nowych pokoleń na **otwartość na zmiany** oraz wspieranie starszych pokoleń w adaptacji do zmian. W pierwszym przypadku chodzi o wykształcenie pewnego nastawienia (ang. *mind-set*), w którym zmiana jest postrzegana jako naturalna część pracy zawodowej, w której trzeba się stale rozwijać i uczyć oraz że może być moment, w którym wyuczony zawód będzie trzeba zmienić zupełnie (Deloitte Insights, 2019). Dlatego tak istotny jest drugi przypadek, czyli **zapewnienie możliwości uczenia się dla obecnych pracowników**. Kontynuacja pracy zawodowej w warunkach zmiany wymaga stałej adaptacji i sposób, w jaki jest zorganizowana edukacja powinien na tę potrzebę odpowiadać (The Economist Intelligence Unit, 2018). Szczególnie, że adaptacja idei kształcenia przez całe życie zachodzi wolniej i trudniej wśród pracowników o niskich kwalifikacjach (Jensen, 2017).

„Umiejętności coraz szybciej się starzeją, dlatego rośnie cena przekwalifikowywania pracowników. Zmusza to niektóre organizacje do ponownego zastanowienia się nad zagrożeniami związanymi z zatrudnianiem ludzi na cały etat i do starań o ograniczenie ryzyka dezaktualizacji ich zdolności” (Zarkadakis, Jesuthasan, Malcolm w: Gracel et al., 2019, s.27).

Na potrzebę ciągłego pogłębiania wiedzy i doskonalenia swoich umiejętności może odpowiedzieć ustrukturyzowany system szkoleń, ale też krótszy okres kształcenia, po którym następują szkolenia zawodowe. Wśród przykładów form współpracy w zakresie kształcenia wymienia się wzorzec niemiecki i szwajcarski – podwójny **program szkolenia zawodowego** (ang. *dual vocational training*), gdzie tydzień roboczy podzielony jest między naukę (elementy teoretyczne i praktyczne) w szkole zawodowej oraz faktyczną pracę u partnera przemysłowego¹⁹. Organizacja takiego kształcenia obejmuje współpracę

¹⁹ Por. Dual vocational training system, <https://www.make-it-in-germany.com/en/study-training/training/vocational/system>, dostęp 10.12.2020.

szeregu podmiotów: biznesowych, landów (władz regionalnych), związków oraz rządu federalnego i **pozwala** odpowiadać na zmieniające się zapotrzebowanie na określone profesje i umiejętności (Jensen, 2017; Smit et al., 2016). Do rozważenia jest możliwość wdrożenia takiego modelu na wyższym szczeblu edukacji, w którym praktyki zawodowe nie będą oznaczały kilku miesięcy, a regularną współpracę z podmiotami zewnętrznymi.

Szkolenia i certyfikaty to rozwiązania pozwalające w szybkim czasie zdobyć konkretne umiejętności, będące uzupełnieniem standardowego programu kształcenia. Szkolenia i kursy pozwalają skrócić czas wdrożenia pracownika w firmie. Jednocześnie, zwięzła forma krótkiego szkolenia pozwala na szybką adaptację jego treści do zmieniających się warunków i utrzymywanie stałej aktualności. Warto odnotować, że szkolenia – mimo iż dostrzegana jest ich rola we wspieraniu pracownika i firmy – wciąż bywają słabą stroną przedsiębiorstw²⁰, co stanowi szansę rozwoju np. dla uczelni, która poprzez odpowiednio zaprojektowaną ofertę szkoleń czy współpracy nastawionej na wzajemny rozwój może stać się wsparciem dla przedsiębiorstw w tym zakresie.

W raporcie „Ramię w ramię z robotem” przedstawiono propozycję krajowego **systemu podnoszenia kwalifikacji**, który miałby obejmować: zidentyfikowanie branż, w których może pojawić się dużo wysokopłatnych miejsc pracy i opracowanie schematu stanowisk pracy z wymaganymi kwalifikacjami (technicznymi i miękkimi). Podanie tych schematów do publicznej wiadomości, co umożliwi efektywne planowanie kariery i kształcenia ustawicznego zarówno pracownikom, jak i pracodawcom. System taki działałby m.in. dzięki powiązaniu umiejętności z instytucjami, w których można je zdobyć (publiczne lub prywatne, w miejscu lub on-line) (McKinsey & Company, 2018, s.30).

Nowe kierunki kształcenia zapewniają napływ kadr znających się na cyfrowej transformacji, technologiach, które ją umożliwiają i powiązaniu tych technologii z wiedzą branżową w różnych sektorach rynku. Przykładowo, w raporcie „Iloraz Sztucznej Inteligencji” (2019) zaproponowano kierunek studiów łączący tematykę sztucznej inteligencji ze zrozumieniem biznesowym konkretnych sektorów gospodarki lub rozwiązanie umożliwiające doksztalcenie pracowników w kluczowych branżach z zakresu AI (analogicznie do MBA: Master in AI lub inne certyfikowane formy). Z kolei w opracowaniu „IoT w polskiej gospodarce” (2019) wskazano, że kierunki IoT powstają na nielicznych uczelniach, co nie wyczerpuje przewidywanego zapotrzebowania rynkowego²¹ (Ministerstwo Cyfryzacji, 2019). Kierunek dotyczący IoT w PW (Inżynieria Internetu rzeczy) funkcjonuje od roku akademickiego 2020/2021 i podczas rekrutacji był najpopularniejszym kierunkiem wśród kandydatów na studia²².

Analiza danych dotyczących **preferencji przedsiębiorstw odnośnie form doksztalcenia oraz przekwalifikowania** w raporcie Światowego Forum Ekonomicznego „Future of Jobs” (2020) wskazuje, że publiczne placówki edukacyjne są dopiero na czwartym miejscu, zaraz po kształceniu wewnętrznym, zewnętrznych szkoleniach on-line i prywatnych dostawcach szkoleń. Nie wyklucza to jednak budowania współpracy na bazie zespołów roboczych czy indywidualnych naukowców współpracujących

²⁰ W raporcie „Przemysł 4.0” odnotowano: „Aż 50% ankietowanych wskazało na brak w ich organizacjach właściwej kultury i odpowiednich szkoleń. Jednocześnie Przemysł 4.0 stał się siłą napędową zmian, 69% respondentów zadeklarowało, że ich firmy będą dążyły do zwiększenia wewnętrznych kompetencji związanych z analityką danych. Część firm zamierza nawiązać w tym celu współpracę z innymi podmiotami” (PWC, 2017, s.21).

²¹ W raporcie „IoT w polskiej gospodarce” wynotowano następujące uczelnie i kierunki: WSG w Bydgoszczy (kierunek: Przemysłowy Internet rzeczy, studia II stopnia), Politechnika Poznańska (kierunek: Internet Przedmiotów, specjalność na kierunku Informatyka), Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (grupa badawcza IoT), Politechnika Wrocławska (kierunek: Inżynieria Internetowa, specjalność na kierunku informatyka), Akademia WSB (kierunek: Sieci komputerowe i Internet rzeczy, studia podyplomowe), Uniwersytet Ekonomiczny we współpracy z Uniwersytetem Adama Mickiewicza w Poznaniu (kierunek: Aplikacje Internetu rzeczy, studia II stopnia), Społeczna Akademia Nauk (kierunek: Internet rzeczy, studia podyplomowe) (Ministerstwo Cyfryzacji, 2019).

²² <https://iot.pw.edu.pl/>, dostęp: 16.02.2021.

z przedsiębiorstwami w formie kształcenia wewnętrznego, tym bardziej możliwe jest nawiązanie współpracy z użyciem form on-line. Ponadto w raporcie wskazano na preferowany przez przedsiębiorców czas przekwalifikowania: najczęściej wskazań zyskała odpowiedź „mniej niż miesiąc”, na drugim miejscu była odpowiedź „powyżej roku”, a na trzecim – „od 6 do 12 miesięcy”. Oznaczałoby to, że przedsiębiorstwa preferują albo bardzo szybkie rozwiązania (do miesiąca) albo – wręcz odwrotnie – są skłonne zainwestować cały rok, co sugeruje formę zbliżoną do studiów podyplomowych (Zahidi et al., 2020).



Diagnoza potrzeb pracodawców Politechniki Warszawskiej – formy współpracy

W badaniu potrzeb pracodawców i instytucji współpracujących z PW analizowano m.in. preferowane formy współpracy z perspektywy pracodawców. Badanie zrealizowano dwutorowo: ilościowe (n=207) oraz jakościowe (11 zogniskowanych wywiadów grupowych w formule paneli eksperckich, w których uczestniczyło łącznie 106 osób). Pracodawców poproszono o wskazanie preferowanych przez nich formy współpracy, a następnie uszeregowanie ich w kolejności od najważniejszej do najmniej ważnej z ich perspektywy.

Formy współpracy na linii uczelnia-pracodawcy podzielono na dwa rodzaje: współpraca krótkoterminowa i długoterminowa. Pierwsza z nich generuje szybki pozytywny efekt dla pracodawcy i obejmuje staże, praktyki, wsparcie w naborze czy identyfikację szczególnie uzdolnionych albo zaangażowanych studentów. Druga z nich wiąże się z odroczoną korzyścią dla pracodawcy, a przykładami się np. konsultowanie programów studiów czy udział w badaniach społecznych dot. szkolnictwa wyższego.

Trzy najczęściej wybierane przez pracodawców formy współpracy to: organizacja praktyk i staży zawodowych dla studentów i absolwentów, zatrudnianie absolwentów oraz współpraca z Biurem Karier PW. Organizacja praktyk i staży jest najbardziej naturalną formą współpracy i stanowi wsparcie przedsiębiorstwa, szczególnie, gdy studentom zostają powierzone do wykonania prace merytoryczne. W dalszej kolejności wskazywano m.in. na wspólną pracę nad przygotowaniem pracy dyplomowej czy w ramach prowadzonego projektu badawczo-rozwojowego. Przedsiębiorcy widzą się tu w rolach „dostawców problemów”, podczas gdy uczelnia dostarcza rozwiązań, natomiast studenci otrzymują możliwość zdobycia praktycznego doświadczenia i uczestnictwa w badaniach, które mają praktyczne zastosowanie.

Wśród barier współpracy wskazywano na m.in. niewystarczającą wiedzę o sposobach nawiązania współpracy, czasochłonność procedur nawiązywania współpracy czy niską elastyczność uczelni w organizowaniu procesów.

Opracowanie własne na podstawie (Dział Badań i Analiz CZIIIT, 2019).

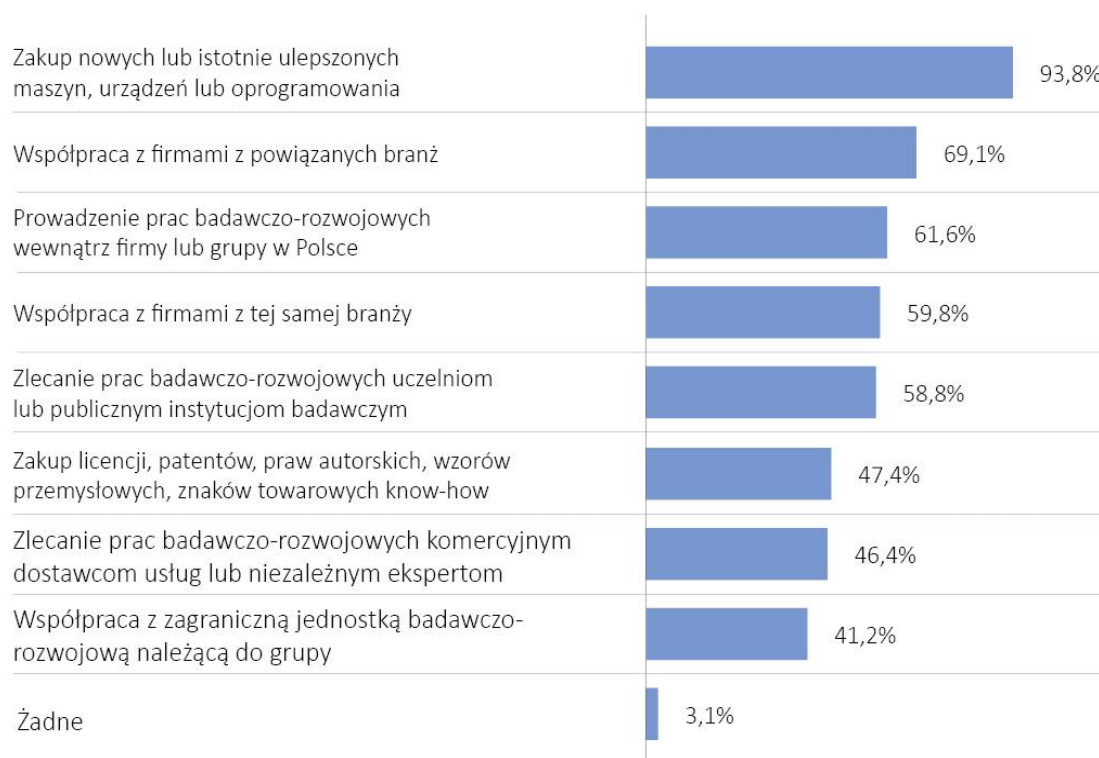
Projekty badawczo-rozwojowe, badania stosowane (badania zlecane / ekspertyzy) Wykorzystanie komercyjnej infrastruktury (sprzęt, laboratoria itp.)

Badania wśród przedstawicieli przemysłu z Wielkiej Brytanii wskazują, że innowacyjne przedsiębiorstwa doceniają wartość współpracy z uczelniami (Ridgway, Clegg, & Williams, 2013), natomiast przedstawiciele przemysłu w Niemczech podkreślają, że przewaga konkurencyjna w dużej mierze zależy od tego, by jak najszybciej przenosić wyniki badań do praktyki (VDMA, 2016). Model ścisłej współpracy uczelni z przedsiębiorstwami i agencjami rządowymi jest też dobrze znany z Doliny Krzemowej czy prac B+R dla amerykańskich sił zbrojnych (Iwański & Gracel, 2016).

Polskie przedsiębiorstwa zwykle nie dysponują własnymi działami B+R, a dominującym modelem pracy B+R jest korzystanie z zasobów zewnętrznych. Badania pokazują, że **współpraca z uczelnią nie jest pierwszym pomysłem przy pracach nad innowacją**: zlecenie prac badawczo-rozwojowych uczelniom lub publicznym instytucjom badawczym poprzedza preferencja pracy wewnątrz przedsiębiorstwa lub współpracy z innymi firmami w branży. Jednocześnie, warto zauważyć, że **planując wydatki na innowacje, firmy częściej wskazywały zlecenie prac B+R uczelniom i instytucjom badawczym (58%) niż podmiotom komercyjnym (46%)** (Siemens Polska, 2017, s.37) (por. Rysunek 19).

„Rozwój technologii zachęca przedsiębiorstwa do współpracy z partnerami na rynku. Ponad 70% respondentów stwierdziło, że ich firmy nawiązały współpracę z innymi przedsiębiorstwami działającymi w powiązanych branżach, a ponad 60% prowadziło własne prace badawczo-rozwojowe lub współpracowało w tym zakresie z innymi firmami w branży. Również około 60% przedstawicieli firm planuje zlecenie prac uczelniom wyższym lub publicznym instytucjom badawczym” (Siemens Polska, 2017, s.36).

Rysunek 19. Działania w ramach prac nad innowacjami planowane w ciągu najbliższych trzech lat



Źródło: Siemens Polska, 2017, s.37.

Dydaktyka - prowadzenie zajęć na Uczelni, wykładów, prezentacji etc. Prace dyplomowe pisane we współpracy lub na zamówienie pracodawców Inne formy współpracy

Uczelnia powinna dostosować się nie tyle do „młodego pokolenia”, ale do „cyfrowych tubylców”, czyli osób, którym przez całe życie towarzyszy świat cyfrowy. Młodzi „myślą i przetwarzają informacje inaczej niż poprzednie pokolenia i są przyzwyczajeni do innych metod uczenia się i współpracy z wykorzystaniem technologii cyfrowych” (Probst, Pederson, et al., 2018, s.46). Wśród zaleceń dla uczelni chcących dostosować się do tych potrzeb zwraca się uwagę na innowacyjne metody uczenia się, wykorzystujące

nowe technologie i nowe modele kształcenia (ang. *problem-based learning, research-based education*), te zaś – z założenia – wymagają współpracy uczelni z podmiotami otoczenia społeczno-gospodarczego. Formy, które można zrealizować w partnerstwie z reprezentantami innowacyjnych przedsiębiorstw, w tym przemysłu 4.0, to między innymi formy projektowe i warsztatowe, w których ekspert zewnętrzny będzie mógł wspierać proces kształcenia od strony praktycznej (Kusmin, Tammets, & Ley, 2018; Salah, Khan, Ramadan, & Gjeldum, 2020; Vila, Ugarte, Ríos, & Abellán, 2017).

Szansą dla uczelni są programy nauczania online, umożliwiające **nauczanie na odległość oraz elastyczność w realizacji kursu** (np. formy mieszane, ang. *blended-learning*). Warto jednak zauważyć, że inwestycja w nowe modele przysłuży się nie tylko cyfrowym tubylcom, ale również starszym pokoleniom – możliwe, że własnym absolwentom uczelni. Osoby obecne na rynku pracy potrzebują stale rozwijać swoje kompetencje, najlepiej w **krótkoterminowych**

łatwość dostępu do najwyższej klasy naukowców i nauczycieli, niski koszt i brak ograniczeń czasowych sprawiają, że MOOCs mogą być kluczową technologią wsparcia transformacji rynku pracy (McKinsey & Company, 2018, s.33).

formach (szkolenia, kursy odświeżające, warsztaty praktyczne) lub odczuwają konieczność przekwalifikowania, której należy dokonać sprawnie, najlepiej nie znikając z rynku pracy (krótkie programy studiów, elastyczne formy kształcenia).

➔ Nowoczesne formy kształcenia

Innowacje w procesie kształcenia obejmują szeroki zbiór nowych sposobów wykorzystania technologii (np. komunikacja on-line i cyfryzacja zasobów) oraz sposobów prowadzenia zajęć (np. *problem-based learning, research-based education, flipped classroom, active learning*, praca projektowa, *community-based learning, just-in-time teaching*).

Metodyka *project-based learning / problem-based learning* obejmuje pracę projektową nad problemem zaczerpniętym z rzeczywistości, np. zleconym przez partnera zewnętrznego uczelni (przedsiębiorstwo, samorząd lokalny, etc.). Zadanie jest studentom zlecone do realizacji według określonych reguł weryfikacji i ram czasowych. Nauczyciel przyjmuje rolę konsultanta, oferującego stałe doradztwo w pracach projektowych (wspiera w określaniu celów, realizacji działań zgodnie z harmonogramem, motywuje, wspiera merytorycznie). PBL umożliwia rozwój odpowiedzialności, doskonalenie pracy w grupie (przyjmowania ról) oraz komunikacji.

Z kolei *research-based education* polega na poznaniu metod badawczych w teorii i praktyce poprzez realne zaangażowanie studentów w prowadzenie prac badawczych. Różna jest praktyka stosowania tej metody: od włączenia studentów w prace badawcze realizowane przez naukowców zatrudnionych w uczelni przez własne prace badawcze studentów. Proces umożliwia nabycie kompetencji badawczych, uczy organizacji pracy, odpowiedzialności, komunikacji, pracy w grupie.

Innym przykładem jest *design thinking*. Opracowana na Uniwersytecie Stanforda metodyka kreatywnego rozwiązywania problemów, obejmująca określone etapy iteracyjne: empatyzacja, definiowanie problemu, generowanie pomysłów, budowanie prototypów, testowanie wspiera opracowanie niestandardowego rozwiązania do rzeczywistego problemu konkretnych podmiotów (np. odbiorców rozwiązania czy produktu).

Nowoczesne formy kształcenia czerpią z nowych technologii, a ich sukces opiera się na kulturze współdzielenia i współtworzenia. Uczelnie otwierają swoje zasoby lub opracowują materiały, które udostępniają bez opłat czy zapisów – pierwsze **otwarte zasoby edukacyjne** zostały udostępnione przez MIT²³ już w 2003 r.

²³ Źródło: <https://ocw.mit.edu/about/milestones/>, dostęp: 20.01.2021.

Zależnie od uczelni, zajęć czy zamiaru prowadzących, w **repozytoriach** udostępniane są różne zasoby: od całych kursów po materiały uzupełniające główne treści zajęć (nagrania wykładów, animacje, grafiki, opracowania, podręczniki etc.). Uczelnie proponują również **wirtualne laboratoria**²⁴, pozwalające na szkolenie poprzez **symulację**, wprowadzane są także **gamifikacje** (np. filmy decyzyjne), **aplikacje mobilne** czy rozwiązania umożliwiające szybką **wymianę informacji zwrotnej**. Narzędzia pozwalają uatrakcyjnić przekaz podawczy i wzmocnić motywację do pracy samodzielnej, niezależnego zgłębiania wiedzy przez studentów.

Jedną z popularnych form kształcenia on-line jest otwarty kurs internetowy (**MOOC, tj. Massive Open Online Courses**), udostępniony na platformie internetowej, który zakończony jest testem, a często również otrzymaniem certyfikatu. Platformy e-learningowe umożliwiają też wykorzystanie mechanizmu adaptacyjnego uczenia się (**adaptive learning**), który pozwala na dopasowanie (personalizację) treści programu kształcenia do indywidualnych potrzeb (i poziomu wiedzy) danego uczestnika kursu (Probst, Pederson, et al., 2018). Z kolei technologie **wirtualnej / rozszerzonej rzeczywistości** oraz **druku addytywnego** pozwalają na wykorzystanie w procesie kształcenia symulacji oraz prototypowania, co wspiera testowanie wiedzy i umiejętności w praktyce.

Narzędzia te są elastyczne w formie, przez co mogą być przydatne właściwie niezależnie od reprezentowanej dyscypliny, stopnia i programu studiów. Przewagą rozwiązań cyfrowych jest niższy koszt wytworzenia, większy zasięg oddziaływania, a w przypadku symulacji laboratoryjnych ważne jest też bezpieczeństwo (Sackey & Bester, 2016).

Opracowanie własne DBA CZIIIT PW na podstawie raportu: Nowoczesne metody kształcenia w uczelni badawczej. Benchmarking dla Działania 23 w Programie „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” PW. Materiał wewnętrzny PW.

Osobnym tematem są zmiany w formie związane z rosnącą specjalizacją zawodów, ale też potrzebą ustawicznego kształcenia, czyli np. krótkie formy umożliwiające doskonalenie ściśle określonego obszaru (ang. **nanodegrees, microdegrees, microcredentials**). Tego typu rozwiązania można postrzegać jako element ewolucji modelu kształcenia, gdzie długie cykle są stopniowo zastępowane serią krótkich form.

Pozostałe elementy strategii rozwoju uczelni istotne w kontekście kształcenia „kompetencji przyszłości” oraz współpracy z innowacyjnymi podmiotami obejmują m.in. budowanie kultury innowacji (aktywnego wspierania do rozwoju) oraz promowanie kultury otwartości i poszanowania różnorodności. W tym nurcie częściowo zawiera się też postulat zacieśnienia współpracy wewnątrzuczelnianej – między wydziałami, by pracować nad ofertą edukacji interdyscyplinarnej, np. zmapować wzajemny wpływ wydziałów i ich programów nauczania na rozwój umiejętności oraz wzajemnie dostosować kształcenie na kierunkach technicznych i nietechnicznych (Probst, Pederson, et al., 2018, s.48). Podobnie jak innowacyjne przedsiębiorstwa, uczelnia również powinna inwestować w rozwój pracownika poprzez stałe kształcenie kadry akademickiej, aby zapewnić odpowiednią jakość kształcenia.

Motywację do pracy można wzmocnić wynikami badań dotyczących najmłodszych pokoleń, które w najbliższych latach dopiero będą podejmować (lub nie) studia i wejdą na rynek pracy. W raporcie „Preparing tomorrow’s workforce for the Fourth Industrial Revolution” przedstawiającym wyniki badań młodzieży z 45 krajów z całego świata, wskazano, że aż 80% uważa, że umiejętności niezbędne do pracy mogą zdobyć poza formalną edukacją. Co więcej, osobiste zainteresowania zawodowe 79% badanych nie pokrywają się z dostępnymi miejscami pracy / zawodami (Armstrong et al., 2018, s.12-14). Stanowi to jednocześnie wyzwanie i szansę rozwoju zarówno dla uczelni, jak i przedsiębiorstw dążących do innowacji.

²⁴ Zajęcia z wykorzystaniem wirtualnego laboratorium realizuje, np. RWTH Aachen na Wydziale Inżynierii Materiałowej (realizacja eksperymentów w małych grupach przez 2-3 studentów); przeprojektowano również laboratorium w celu uwzględnienia multimedialnych aplikacji edukacyjnych, zawierających filmy i listy kontrolne do przeprowadzania eksperymentów, pomoce w interpretacji i e-quizy, które należy ukończyć przed wykonaniem eksperymentów laboratoryjnych). Źródło: <https://www.rwth-aachen.de/go/id/octc/lidx/1>, dostęp: 2.02.2021.

Podsumowanie

4. Wnioski

Najważniejsze wnioski wynikające z badań przedstawiono w porządku celów badawczych.

Identyfikacja innowacyjnych przedsiębiorstw oraz ich charakterystyka

Innowacyjne przedsiębiorstwa (oraz przemysł 4.0, będący modelem innowacyjnych rozwiązań w przedsiębiorstwach) wyróżniają się trwającą cyfrową transformacją. Przemiany technologiczne prowadzą do reorganizacji podstawowych procesów firmy, a to z kolei umożliwia zmianę kultury organizacji. W innowacyjnych przedsiębiorstwach dominują technologie wpływające na automatyzację i optymalizację produkcji, usprawniające gromadzenie i przetwarzanie danych oraz doskonalenie procesów komunikacji.

To właśnie opieranie działalności na danych płynących z wewnątrz i zewnątrz przedsiębiorstwa jest tak istotne. Zasięg gromadzonych danych jest szeroki: dotyczy nie tylko procesów technologicznych, ale wszystkich etapów cyklu życia produktu / czasu dostarczenia usługi, dzięki czemu możliwe jest zacieśnianie relacji z odbiorcą końcowym: klientem / użytkownikiem. Oferta jest coraz bardziej spersonalizowana do potrzeb odbiorcy i może być szybciej dostosowana w przypadku konieczności zmian. Konsekwencją zmian są zatem również nowe modele biznesowe. Technologie są coraz bardziej dostępne, przez co z premii zmian mogą korzystać zarówno młode, jak i małe i średnie przedsiębiorstwa.

Technologie i rozwiązania, od których oczekuje się największego wpływu na organizacje to m.in. analityka danych (*big data*), autonomiczne pojazdy i roboty mobilne, *blockchain*, chmura obliczeniowa, cyberbezpieczeństwo, cyfrowy bliźniak i digitalizacja produkcji, druk addytywny, geolokalizacja, inteligentne czujniki / RFID, inteligentne produkty, inteligentne sieci dostaw, interfejsy mobilne, nowoczesne materiały, przemysłowy Internet rzeczy (IIoT), responsywne wytwarzanie i personalizacja produktu, roboty współpracujące (*cobots*), systemy cyber-fizyczne, sztuczna inteligencja (AI), utrzymanie ruchu i działania prewencyjne w parku maszynowym, wirtualna i rozszerzona rzeczywistość (VR / AR).

Żadna z powyższych technologii nie ma prymatu większej istotności – zasadność jej wprowadzenia zależy wyłącznie od kontekstu danego przedsiębiorstwa (branża, rynki, oczekiwania odbiorców). Kluczem do sukcesu jest jednak integracja zastosowanych rozwiązań – punktowe implementacje mogą być dobrym początkiem zmian, ale najpewniej nie wystarczą na budowanie stałej przewagi rynkowej.

Technologie powodują zmiany w relacji innowacyjnych przedsiębiorstw z pracownikami. Kapitał ludzki jest tu nie tylko wartościowym zasobem, ale instrumentem rozwoju firmy, w który warto (i należy) inwestować. Zarządzanie talentami opiera się na zaufaniu i docenieniu pracownika, któremu przekazuje się więcej decyzyjności, ale też od którego wymaga się stałego doskonalenia umiejętności i kompetencji oraz określonych postaw: otwartości, innowacyjności, gotowości do dzielenia się wiedzą. Ważnymi wyzwaniem w kontekście pracowników innowacyjnych przedsiębiorstw jest pokonanie obaw pracowników niższych szczebli związanych z automatyzacją (i przekwalifikowaniem), zintegrowanie w firmie pokolenia „cyfrowych tubylców” oraz odpowiedź na zapotrzebowanie elastycznego czasu pracy i pracy zdalnej.

Innowacyjne przedsiębiorstwo nie buduje silosów, a sieci: dzielenie się wiedzą i zadaniami prowadzi do dzielenia się odpowiedzialnością za decyzje. Może to wpłynąć na większe zaangażowanie pracowników w działanie organizacji. Nadto, innowacyjne przedsiębiorstwo wspiera budowanie kultury otwartości i kultury innowacji.

Innowacyjne przedsiębiorstwa to zjawisko obecne praktycznie w każdym sektorze, choć na różną skalę. Kluczowe jest zapewnienie nie tylko technologicznych możliwości integracji nowych technologii z rozwiązaniami sektorowymi, ale wyposażenie przyszłych pracowników w narzędzia skutecznej współpracy interdyscyplinarnej i międzysektorowej. Stopień dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw można określać za pomocą modeli, kategoryzujących cechy innowacyjnego przedsiębiorstwa i kolejne etapy rozwoju cyfrowej transformacji w firmie.

Identyfikacja potrzeb innowacyjnych przedsiębiorstw względem Politechniki Warszawskiej – w zakresie kształcenia przyszłych pracowników

Z badań władnych DBA CZIIIT PW przeprowadzonych wśród pracodawców absolwentów PW wynika, że kompetencje postrzegane przez dane przedsiębiorstwo jako niezbędne różnią się ze względu na sektor, branżę i dyscyplinę. Wśród pewnych wspólnych cech poszukiwanych u pracowników wyróżnić można m.in. wiedzę merytoryczną z danego obszaru (nieraz określaną jako „solidne podstawy”), analityczne myślenie, komunikatywność, umiejętności z zakresu obsługi programów komputerowych właściwych dla branży / dyscypliny oraz umiejętność zarówno pracy samodzielnej, jak i w zespole²⁵.

Przegląd badań dotyczących innowacyjnych przedsiębiorstw, w tym przemysłu 4.0 poszerzają te wyniki o kilka nowych cech, kompetencji i umiejętności. Praca w innowacyjnych przedsiębiorstwach wymaga od pracownika kreatywności, rozwiązywania problemów, zdolności analitycznych i krytycznego myślenia, ale także emocjonalnego przywiązania do pracy, takiego jak pasja, odwaga, innowacyjność i zaangażowanie oraz odpowiednie nastawienie (ang. *midset*) do podejmowania nowych wyzwań.

Kluczowe umiejętności pracowników innowacyjnych przedsiębiorstw obejmują przede wszystkim umiejętność pracy z nowymi technologiami (ang. *digital dexterity*) we wszystkich jej formach (lub też pełną gotowość, by się tej umiejętności nauczyć) oraz zdolność adaptacji do zmian (ang. *resilience*). Wśród umiejętności i kompetencji, którymi powinni się cechować pracownicy, niezależnie od obszaru działań i stanowiska, najczęściej wymienia się umiejętność krytycznego myślenia i rozwiązywania złożonych problemów, samodzielność w procesach, ale też zdolność współpracy w zespole – interdyscyplinarnym, międzynarodowym, multikulturowym, operującym w języku angielskim.

Pracownik innowacyjnego przedsiębiorstwa rozumie procesy biznesowe związane z działalnością firmy, w której pracuje, potrafi efektywnie zarządzić sobą w czasie, a jeśli trzeba: zarządzić zespołem i procesem. Potrafi się jasno i skutecznie komunikować, dobrze też, jeżeli cechuje go odpowiedzialność, zaangażowanie, empatia, wrażliwość na środowisko i zachowania etyczne. Nie jest to wcale nowy zbiór cech – nowością jest jednak ich rosnąca rola w organizacji na każdym stanowisku. Dla innowacyjnych przedsiębiorstw nie są to cechy „menadżerskie”, a cechy pracowników w ogóle.

Identyfikacja potrzeb innowacyjnych przedsiębiorstw względem Politechniki Warszawskiej – w zakresie współpracy nauki i podmiotów gospodarczych

Zakres i formy współpracy z uczelnią obejmuje główne uczelni, tj. obszar prac badawczo-rozwojowych, obszar kształcenia oraz rolę konsultacji eksperckiej. Podobnie jak w kompetencjach – nie są to nowe formy, ale nowy jest sposób ich organizacji.

²⁵ Na podstawie sprawozdań z paneli z pracodawcami „Diagnoza potrzeb pracodawców i instytucji współpracujących z PW 2018/2019” przeprowadzonych przez Dział Badań i Analiz CZIIIT PW jako część badań „Analiza potrzeb i oczekiwań pracodawców absolwentów Politechniki Warszawskiej” w ramach projektu „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój.

Kluczową zmianą jest zacieśnienie relacji uczelni z innowacyjnymi przedsiębiorstwami w zakresie ewaluacji i konsultacji programów kształcenia, opiniowania zagadnień podejmowanych na studiach, w tym wręcz angażowania się w procesy edukacyjne poprzez ich współprojektowanie i współrealizowanie. Z przeglądu opracowań wynika, że kształcenie akademickie mogłoby być krótsze i bardziej nastawione na rynkowe umiejętności, jednak bez wprowadzania elementów kształcenia zawodowego w kształcenie akademickie.

Innowacyjne przedsiębiorstwa mają potrzebę rozwijania współpracy B+R i uczelnie są na liście podmiotów, z którymi innowacyjne przedsiębiorstwa chciałyby współpracować (wymieniane na drugim miejscu po innych firmach z branży, ale przed komercyjnymi podmiotami badawczymi).

W obszarze edukacji, wartymi uwagi formami współpracy jest zaangażowanie innowacyjnych przedsiębiorstw w formy projektowe i warsztatowe: *problem-based learning* i *research-based learning*. Rozwiązanie jest korzystne zarówno dla przedsiębiorstw zgłaszających nurtujące problemy do rozwiązania, jak i dla studentów, którzy mogą rozwijać umiejętności praktyczne czy naukowców, mogących zaprojektować rozwiązanie łączące najnowszą wiedzę naukową z wdrożeniami.

Konieczność szybkiej adaptacji do zmian rynkowych wymaga stałego podnoszenia kompetencji pracowników. Przedsięwzięcia uczelnia-biznes w obszarze life-long learning to istotny obszar współpracy pozostający do zagospodarowania. Obie strony mogą też sporo zyskać na zintensyfikowaniu praktycznych szkoleń (dla studentów i pracowników), np. szkolenia w miejscu (w przedsiębiorstwie) to szansa dla akademików na poznanie praktyki, a dla przedsiębiorstwa możliwość konsultacji stosowanych rozwiązań z naukowymi autorytetami w danej dyscyplinie (w przypadku współpracy z kadrami) czy „wychowanie” przyszłych pracowników (w przypadku współpracy ze studentami).

Na zakończenie

Choć analizowane raporty i opracowania entuzjastycznie opisują zachodzące zmiany, wskazują też na szereg barier, na które mogą napotkać się zarówno na poziomie organizacyjnym, jak i technologicznym, biznesowym czy społecznym. Co więcej, na wprowadzanie zmian nigdy nie ma dobrego momentu i choć transformacje cyfrową najlepiej prowadzić systemowo, całościowo, odgórnie, to odkładanie jej tylko dlatego że nie można wprowadzić jej całościowo nie jest korzystne dla przedsiębiorstwa i ostatecznie może być lepiej modernizować się etapami (Wee et al., 2016). Uczelnie techniczne mogą znacząco wspierać rozwój innowacyjnych przedsiębiorstw poprzez zapewnianie współpracy B+R oraz kształcenie przyszłych pracowników: od specjalistów po kadry zarządzającą, którzy będą potrafili odnaleźć się na rynku pracy.

Źródła

5. Bibliografia

- Alharbi, O. (2020). Industry 4.0 operators: Core knowledge and skills. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(4), 177–183. <https://doi.org/10.25046/aj050421>
- Armstrong, K., Parmelee, M., Santifort, S., Burley, J., & van Fleet, J. W. (2018). *Preparing tomorrow's workforce for the Fourth Industrial Revolution*. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/about-deloitte/articles/gx-preparing-tomorrow-workforce-for-the-fourth-industrial-revolution.html>
- Aulbur, W., CJ, A., & Bigghe, R. (2016). *Skill Development for Industry 4.0. Roland Berger GMBH. BRICS Skill Development Working Group, India Section*.
- Baethge-Kinsky, V. (2020). Digitized Industrial Work: Requirements, Opportunities, and Problems of Competence Development. *Frontiers in Sociology*, 5(June). <https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.00033>
- Baxter, G., Rooksby, J., Wang, Y., & Khajeh-Hosseini, A. (2012). The ironies of automation ... still going strong at 30? In *Proceedings of ECCE 2012 Conference* (pp. 65–71).
- BDO. (2019). *Industry 4.0: Redefining How Mid Market Manufacturers Derive And Deliver Value*.
- Blanchet, M., Rinn, T., Von Thaden, G., & De Thieulloy, G. (2014). *Industry 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. Roland Berger Strategy Consultants*.
- Bloching, B., Leutiger, P., Oltmanns, T., Rossbach, C., Schlick, T., Remane, G., ... Shafranyuk, O. (2015). *The digital transformation of industry. Roland Berger Strategy Consultants / BDI*. <https://doi.org/10.4324/9780429203572-6>
- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2016). *Systematic Approaches to a Successful Literature Review* (2nd ed.). Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC, Melbourne: Sage Publications. <https://doi.org/10.5596/c13-009>
- Briggs, B., Lamar, K., Kark, K., & Shaikh, A. (2018). *Manifesting legacy: Looking beyond the digital era. 2018 global CIO survey: UK edition*. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/topics/leadership/global-cio-survey.html>
- Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., & Sniderman, B. (2017). *The smart factory. The smart factory Responsive, adaptive, connected manufacturing*. Retrieved from <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko.xhtml?oid=9905147>
- Capgemini. (2018). *Smart Manufacturing Operations Management Orchestrating Factory 4.0*.
- CGI. (2017). *Industry 4.0 Making your business more competitive. Cgi Group Inc*.
- Cimini, C., Boffelli, A., Lagorio, A., Kalchschmidt, M., & Pinto, R. (n.d.). How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2019-0135>
- Clavert, M. (2017). Industry 4.0 Implications for Higher Education Institutions. *Universities of The Future*. Retrieved from www.universitiesofthefuture.eu
- Cotet, G. B., Carutasu, N. L., & Chiscop, F. (2020). Industry 4.0 diagnosis from an imillennial educational perspective. *Education Sciences*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/educsci10010021>
- Czyżewski, A., Grzegorzczak, W., Kozłowski, A., Bodnari, E., & Krzemiński, B. (2017). *Gospodarka 4.0. Czas zmiany dla biznesu. PKN ORLEN*.
- Dekier, Ł., & Wyżkowski, M. (2018). *Wyzwania polskich przedsiębiorstw w erze Industry 4.0.pdf*.
- Dell Technologies & Institute for the Future. (2017). *The next era of human-machine partnerships. Emerging technologies' impact on society & work in 2030*. Retrieved from www.iftf.org
- Deloitte Insights. (2018). *The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready?*
- Deloitte Insights. (2019). *Success personified in the Fourth Industrial Revolution: Four leadership personas for an era of change and uncertainty. Deloitte Insights*. Retrieved from www.deloitte.com/insights
- Deloitte Insights. (2020). *The fourth Industrial Revolution*.
- Dobrowolska, M., & Knop, L. (2020). Fit to Work in the Business Models of the Industry 4.0 Age. *Sustainability*, 12(12), 4854. <https://doi.org/10.3390/su12124854>
- Dział Badań i Analiz CZliiT. (2019). *Diagnoza potrzeb pracodawców i instytucji współpracujących z PW 2018/2019*. Warszawa. <https://doi.org/10.32062/20191101>
- Eberhard, B., Podio, M., Alonso, A. P., Radovica, E., Avotina, L., Peiseniece, L., ... Solé-pla, J. (2017). Smart work: The transformation of the labour market due to the fourth industrial revolution (I4.0). *International Journal of Business and Economic Sciences Applied Research (IJESAR)*, 10(3), 47–66. <https://doi.org/10.25103/ijbesar.103.03>

- EEF. (2016). The 4th Industrial Revolution: A Primer for Manufacturers. *Eef*. Retrieved from <https://www.eef.org.uk/resources-and-knowledge/research-and-intelligence/industry-reports/the-4th-industrial-revolution-a-primer-for-manufacturers>
- Engineering the Future. (n.d.). An insight into modern manufacturing.
- Fantoni, G., Chiarello, F., Fareri, S., Pira, S., & Guadagni, A. (2018). Defining industry 4.0 professional archetypes: a data-driven approach. In T. Hogarth (Ed.), *Economy, Employment and Skills: European, Regional And Global Perspectives in an age of Uncertainty*. Retrieved from www.fondazionebrodolini.it
- Festo. (2018). *Industry 4.0 User's Guide: Educator Edition*.
- Filipowicz, O. (2018). *Polski Przemysł 4.0*.
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2014). Embracing digital technology: A new strategic imperative. *MIT Sloan Management Review & Deloitte*, 55(2), 1.
- Fitzgerald, S., Ellis, S., & Parke, R. (2018). *Designing tomorrow*. <https://doi.org/10.1097/NNA.0000000000000170>
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gates, D., & Bremicker, M. (2017a). *Beyond the hype. Separating ambition from reality in Industry 4.0*. KPMG International.
- Gates, D., & Bremicker, M. (2017b). *Industry 4.0: It's All About the People*. KPMG International.
- Geissbauer, R., Lübben, E., Schrauf, S., & Pillsbury, S. (2018). *Global Digital Operations Study 2018. Digital Champions. How industry leaders build integrated operations ecosystems to deliver end-to-end customer solutions*. PwC and Strategy&.
- Geissbauer, R., Schrauf, S., Berttram, P., & Cheraghi, F. (2017). *Digital Factories 2020: Shaping the future of manufacturing*. PricewaterhouseCoopers GmbH (PwC).
- Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. PricewaterhouseCoopers GmbH (PwC).
- Ghislieri, C., Molino, M., & Cortese, C. G. (2018). Work and organizational psychology looks at the Fourth Industrial Revolution: How to support workers and organizations? *Frontiers in Psychology*, 9(NOV), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02365>
- Gracel, J., Poreda, R., Zarkadakis, G., Jesuthasan, R., & Malcolm, T. (2019). *W stronę Przemysłu 4.0*. Retrieved from www.astor.com.pl/industry4
- Gracel, J., & Stoch, M. (2017). *Inżynierowie Przemysłu 4.0 (Nie)gotowi do zmian?* Retrieved from www.astor.com.pl/INDUSTRY4/
- Grzelczak, A., Kosacka, M., & Werner-Lewandowska, K. (2017). Employees competences for industry 4.0 in Poland—preliminary research results. *24th International Conference on Production Research, ICPR 2017, (Icpr)*, 139–144. <https://doi.org/10.12783/dtetr/icpr2017/17598>
- Hanley, T., Daecher, A., Cotteleer, M., & Sniderman, B. (2018). *The Industry 4.0 paradox Overcoming disconnects on the path to digital transformation*.
- Hecklau, F., Orth, R., Kirschun, F., & Kohl, H. (2017). Human Resources Management: Meta-study - Analysis of Future Competences in Industry 4.0. *Proceedings of the 13th European Conference on Management, Leadership and Governance*, (December), 163–175. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/327262309>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2016-March*, 3928–3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- IBSA Innovation & Business Skills Australia. (2017). Preparing for Industry 4.0 – will digital skills be enough? Project Reference Group, 1–31. Retrieved from <https://ibsa.org.au/consultation-project/coding-skills-cross-sector-project/coding-skills-cross-sector-project-outcome/%0Awww.ibsa.org.au>
- IEC. (2015). *Factory of the Future*. International Electrotechnical Commission.
- innogy Polska S.A., & SpotData. (2019). *Megatrendy zmieniające przemysł*.
- Iorgulescu, M.-C. (2016). Generation Z and its perception of work. *Cross-Cultural Management Journal*, XVIII(1), 47–54.
- Iwański, T., & Gracel, J. (2016). *Przemysł 4.0 Rewolucja już tu jest. Co o niej wiesz? 2016*. Astor. Retrieved from www.astor.com.pl/industry4
- Jensen, B. (2017). What key competencies are needed in the digital age? The impact of automation on employees, companies and education, 2–60. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/innovation/ch-en-innovation-automation-competencies.pdf>

- Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., & Schuh, G. (2011). *Industrie 4.0 in a global context*.
- Kagermann, H., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Acatech.
- Kane, G. C., Palmer, D., Philips Nguyen, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation. *MIT Sloan Management Review & Deloitte*, (57181), 27. Retrieved from <http://sloanreview.mit.edu/projects/strategy-drives-digital-transformation/>
- Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenu, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. *Technology in Society*, 64, 101454. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>
- Kirchmayer, Z., & Fratričová, J. (2017). On the verge of Generation Z: Career expectations of current university students. *Proceedings of the 29th International Business Information Management Association Conference - Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth*, (May), 1575–1583.
- Klitou, D., Conrads, J., Rasmussen, M., Probst, L., & Pedersen, B. (2017). *Digital Transformation Monitor Germany: Industrie 4.0. European Commission Report*. Retrieved from https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie_4.0.pdf
- Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2014). *Industry 4.0 Opportunities and challenges of the industrial internet*. Strategy&, PWC.
- Krakowiak, L., & Pęczak, A. (2019). *W stronę Przemysłu 4.0*. Computerworld.
- Kusmin, K.-L., Tammets, K., & Ley, T. (2018). University-industry Interoperability Framework for Developing the Future Competences of Industry 4.0. *Interaction Design and Architecture(s) Journal*, 38, 28–45.
- Långstedt, J. (2021). How will our Values Fit Future Work ? An Empirical Exploration of Basic Values and Susceptibility to Automation. *Labour & Industry: A Journal of the Social and Economic Relations of Work*, 00(00), 1–23. <https://doi.org/10.1080/10301763.2021.1886624>
- Leopold, T. A., Ratcheva, V., & Zahidi, S. (2016). *The Future of Jobs 2016*. World Economic Forum.
- Leopold, T. A., Ratcheva, V., & Zahidi, S. (2018). *The Future of Jobs Report 2018*. World Economic Forum.
- Lubis, A. S., Absah, Y., & Lumbanraja, P. (2019). Human Resource Competencies 4.0 for Generation Z. *European Journal of Human Resource Management Studies*, 3(1), 95–105. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3375458>
- MacDougall, W. (2014). *Industrie 4.0. Smart Manufacturing for the Future*. Germany Trade & Invest.
- Maisiri, W., Darwish, H., & VanDyk, L. (2019). An Investigation Of Industry 4.0 Skills Requirements. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 90–105. <https://doi.org/10.7166/30-3-2230>
- ManpowerGroup. (2016). *Robots Need Not Apply: Human Solutions for the Skills Revolution*. Retrieved from https://www.manpowergroup.com/wps/wcm/connect/59db87a7-16c6-490d-ae70-1bd7a322c240/Robots_Need_Not_Apply.pdf?MOD=AJPERES%0Ahttps://www.manpowergroup.com/workforce-insights/world-of-work/robots-need-not-apply
- ManpowerGroup. (2018). *Robots Need Not Apply: Human Solutions for the Skills Revolution*. Retrieved from https://www.manpowergroup.com/wps/wcm/connect/59db87a7-16c6-490d-ae70-1bd7a322c240/Robots_Need_Not_Apply.pdf?MOD=AJPERES%0Ahttps://www.manpowergroup.com/workforce-insights/world-of-work/robots-need-not-apply
- Marczuk, P., Mieczkowski, P., Calini, L., & Paszcza, B. (2019). Iloraz sztucznej inteligencji. Potencjał AI w polskiej gospodarce. Retrieved from <https://www.digitalpoland.org/assets/publications/iloraz-sztucznej-inteligencji/iloraz-sztucznej-inteligencji-edycja-2-2019.pdf>
- Martin, C., Samans, R., Leurent, H., Betti, F., Drzeniek-Hanouz, M., Geiger, T., ... Blaylock, A. (2018). *Readiness for the Future of Production Report 2018*. World Economic Forum, A.T.Kearney. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf
- Mazur, Z., & Orłowska, A. (2018). Jak Zaplanować i Przeprowadzić Systematyczny Przegląd Literatury. *Polskie Forum Psychologiczne*, 23(2), 235–251. <https://doi.org/10.14656/PFP20180202>
- McKinsey & Company. (2017). *Jobs lost, jobs gained. Workforce Transitions in a Time of Automation*. Retrieved from [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured Insights/Future of Organizations/What the future of work will mean for jobs skills and wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Executive-summary-December-6-2017.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Executive-summary-December-6-2017.ashx)
- McKinsey & Company. (2018). *Ramię w ramię z robotem. Jak wykorzystać potencjał automatyzacji w Polsce*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/pl/our-insights/ramie-w-ramie-z-robotem>

- Michałowski, B., Jarzynowski, M., & Pacek, P. (2017). Szanse i wyzwania polskiego przemysłu 4.0. *Raport. Integracja Rynku Robotyki i Automatyki Przemysłowej z Rynkiem Teleinformatyki*, 1–64.
- Michałowski, B., Przegalińska, A., & Poniewierski, A. (2018). *Internet of Things (IoT) i Artificial Intelligence (AI) w Polsce*. Instytut Sobieskiego.
- Ministerstwo Cyfryzacji. (2019). *IoT w polskiej gospodarce. Raport grupy roboczej do spraw Internetu rzeczy przy Ministerstwie Cyfryzacji*.
- Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii, & Siemens Polska. (2019). *Smart Industry Polska 2019. Inżynierowie w dobie czwartej rewolucji przemysłowej Raport z badań*.
- Ministerstwo Rozwoju, & Siemens Polska. (2017). *Smart Industry Polska 2017. Adaptacja innowacji w działalności mikro oraz małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce Raport z badań*.
- Modrzejewska, K. (2019). *Kultura innowacyjności polskich parków technologicznych. Rozprawa doktorska*. Warszawa: Politechnika Warszawska. Wydział Zarządzania.
- Nosalska, K., Śledziwska, K., Włoch, R., & Gracel, J. (2019). *Wsparcie dla Przemysłu 4.0 w Polsce*.
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities* (4th ed.). Luxembourg: OECD Publishing, Paris/Eurostat. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Pasikowski, S. (2015). Czy wielkość jest niezbędna? O rozmiarze próby w badaniach jakościowych. *Przegląd Badań Edukacyjnych*, 21(21), 195–212. <https://doi.org/10.12775/PBE.2015.055>
- Pejic-Bach, M., Bertoncel, T., Meško, M., & Krstić, Ž. (2020). Text mining of industry 4.0 job advertisements. *International Journal of Information Management*, 50, 416–431. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.014>
- Petrack, I., & McCreary, F. (2019). Creating Lasting Value in the Age of AI + IoT – Futureproofing your Business, (December), 1–9.
- Pfeiffer, S. (2016). Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work. *Societies*, 6(16), 1–26. <https://doi.org/10.3390/soc6020016>
- Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Krcmar, H. (2017). A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees. *Wirtschaftsinformatik*, 46–60.
- Probst, L., Lefebvre, V., Martinez-Diaz, C., Unlu Bohn, N., Klitou, D., & Conrads, J. (2018). *EU businesses go digital: Opportunities, outcomes and uptake. Digital Transformation Monitor*. <https://doi.org/10.2826/821639>
- Probst, L., Pederson, B., Uniu Bohn, N., & Verzijl, D. (2018). *Skills for Smart Industrial Specialisation and Digital Transformation. Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. Luxembourg. Retrieved from <https://skills4industry.eu/sites/default/files/2019-04/SIS-DT-Interim Report - Full version.pdf>
- Proctor, M., & Wilkins, J. (2018). *4.0 Sight Digital Industry Around The World*.
- Purdy, M., & Daugherty, P. (2016). *How AI Boosts Industry Profits and Innovation*.
- PWC. (2017). *Przemysł 4.0 czyli wyzwania współczesnej produkcji*.
- PwC Polska Sp. z o.o. (2017). *Digital IQ Cyfrowy wyścig firm. PwC Polska Sp. z o.o.*
- Rao, A. S., & Verweij, G. (2017). *Sizing the prize. What’s the real value of AI for your business and how can you capitalise?* PWC.
- Ridgway, K., Clegg, C. W., & Williams, D. J. (2013). *The factory of the future. Foresight Future of Manufacturing Project, UK Government Office for Science*.
- Rossmann, M., Khadikar, A., Le Franc, P., Perea, L., Schneider-Maul, R., Buvat, J., & Ghosh, A. (2017). *Smart Factories: How can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution*. Retrieved from https://www.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/smart_factories-how_can_manufacturers_realize_the_potential_of_digital_industrial_revolution.pdf
- Sackey, S. M., & Bester, A. (2016). Industrial Engineering Curriculum in Industry 4.0 in a South African Context. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 27, 175–189. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7166/27-4-1579>
- Salah, B., Khan, S., Ramadan, M., & Gjeldum, N. (2020). Integrating the concept of industry 4.0 by teaching methodology in industrial engineering curriculum. *Processes*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/PR8091007>
- Schlaepfer, R., Koch, M., & Merkofer, P. (2015). *Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. Deloitte. <https://doi.org/10.1787/6cc2e0a5-en>
- Schulte, M. A. (2016). *Digital Transformation in the Manufacturing Industry*. IDC. Retrieved from

- https://www.cgi.se/sites/default/files/files_se/pdf/digital_transformation_in_the_manufacturing_industry.pdf
- Siemens. (2017). The Digitalization Productivity Bonus. *Siemens Financial Services*.
- Siemens Polska. (2017). *Od Industry 4.0 do Smart Factory. Poradnik menedżera i inżyniera. Siemens Polska*.
- Siemens Polska. (2019). *Od chmury do internetu rzeczy. Siemens Polska*.
- Sima, V., Gheorghe, I. G., Subić, J., & Nancu, D. (2020). Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/SU12104035>
- Skills Development Scotland. (2018). Skills 4.0. *Skills Development Scotland*, 1–27. Retrieved from <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Sławiński, S. (ed.), Chłoń-Domińczak, A., Szymczak, A., & Ziewiec-Skokowska, G. (2018). *Polska Rama Kwalifikacji. Poradnik użytkownika. Instytut Badań Edukacyjnych*. Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C., & Carlberg, M. (2016). *Industry 4.0*. <https://doi.org/10.2861/947880>
- Tan, S. K., & Rajah, S. (2019). Evoking Work Motivation in Industry 4.0. *SAGE Open*, 9(4). <https://doi.org/10.1177/2158244019885132>
- The Economist Intelligence Unit. (2018). *Who is Ready for the Coming Wave of Automation?*
- The Employment and Training Administration (ETA). (n.d.). Building Blocks Model Foundational Tiers.
- Twentyman, J. (2017). *Internet of Things Business Index 2017: Transformation in Motion. The Economist Intelligence Unit*. Retrieved from <https://www.eiuperspectives.economist.com/sites/default/files/EIU-ARM-IBM IoT Business Index 2017 copy.pdf>
- VDMA. (2016). *Industrie 4.0 Forum Industrie 4.0 in practice – Solutions for industrial applications. VDMA Industrie 4.0 Forum*.
- Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., & Abellán, J. V. (2017). Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. *Procedia Manufacturing*, 13, 1269–1276. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.050>
- Wee, D., Kelly, R., Cattel, J., & Breunig, M. (2015). *Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector. McKinsey & Company*.
- Wee, D., Kelly, R., Cattel, J., & Breunig, M. (2016). *Industry 4.0 after the initial hype. McKinsey & Company*.
- Wellener, P., Dollar, B., Ashton Manolian, H., Monck, L., & Hussain, A. (2019). *The future of work in manufacturing. Deloitte Insights*.
- Westerman, G., Calmégane, C., Bonnet, D., Ferraris, P., & McAfee, A. (2011). *Digital Transformation: A Roadmap For Billion-Dollar Organizations. MIT Sloan Management Review & Capgemini* (Vol. 726 KEM). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.726.460>
- Westerman, G., Tannou, M., Bonnet, D., Ferraris, P., & McAfee, A. (2012). The Digital Advantage: How Digital Leaders Outperform their Peers in Every Industry. *MIT Sloan Management Review*, 1–24. Retrieved from http://www.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/The_Digital_Advantage__How_Digital_Leaders_Outperform_their_Peers_in_Every_Industry.pdf
- Włoch, R., & Śledziwska, K. (2019). *Kompetencje przyszłości. Jak je kształtować w elastycznym ekosystemie edukacyjnym?* Retrieved from www.delab.uw.edu.pl
- Zahidi, S., Ratcheva, V., Hingel, G., & Brown, S. (2020). *The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum*.
- Zebra Technologies. (2017). *Produkcja 2017 - badanie na temat wizji sektora*.

6. Spis rysunków

Rysunek 1. Zestawienie dla wyszukiwań terminów: industry 4.0, industrie 4.0 (j. niemiecki), internet of things oraz digital transformation – świat	8
Rysunek 2. Zestawienie dla terminów: industry 4.0, przemysł 4.0, internet of things, Internet rzeczy – Polska.....	8
Rysunek 3. Katalog form współpracy uczelni z otoczeniem społeczno-gospodarczym.....	10
Rysunek 4. Definicja efektów uczenia się w polskiej Ramie Kwalifikacji (2018 r.).....	11
Rysunek 5. Dokumenty w próbie a czas powstania – dane dla 100 dokumentów oznaczonych datą (2 źródła bez daty)	13
Rysunek 6. Schemat analizy materiałów zastanych z elementami przeglądu systematycznego.....	13
Rysunek 7. Słowa kluczowe użyte w wyszukiwaniu – j. polski i j. angielski (z użyciem „*” i rdzenia słowa, np. innovati*).....	14
Rysunek 8. Kluczowe technologie w przemyśle 4.0	20
Rysunek 9. Przykładowe użycie wybranych technologii (IoT, AI, machine learning oraz automatyzacja) w danych branżach	23
Rysunek 10. Technologie, które prawdopodobnie zostaną przyjęte do 2025 r. – według udziału badanych firm, wybrane sektory	24
Rysunek 11. Model PwC dojrzałości cyfrowej organizacji	27
Rysunek 12. Prototyp narzędzia oceny dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce (Uniwersytet Warszawski).	28
Rysunek 13. Nowe rodzaje pracy i najbardziej poszukiwane stanowiska – gwiazdką (*) oznaczono zawody, w których wykształcenie inżyniera staje się ważnym wyróżnikiem.....	33
Rysunek 14. Stanowiska pracy w Polsce: pojawiające się (rola zidentyfikowana jako ciesząca się dużym popytem) i zanikające (rola zidentyfikowana jako coraz bardziej zbędna w organizacji) – uporządkowane według częstotliwości	35
Rysunek 15. Model kompetencji opracowany przez amerykańską organizację Employment and Training Administration we współpracy z ekspertami z dziedziny edukacji, administracji, biznesu i przemysłu .	37
Rysunek 16. Umiejętności zidentyfikowane jako cieszące się dużym zainteresowaniem organizacji	39
Rysunek 17. Najbardziej cenione umiejętności miękkie są trudne do znalezienia.....	41
Rysunek 18. Opinie na temat kompetencji istotnych w kontekście sprostania wyzwaniom nowoczesnego, innowacyjnego przemysłu.....	43
Rysunek 19. Działania w ramach prac nad innowacjami planowane w ciągu najbliższych trzech lat	49

7. Załącznik - wykaz analizowanych raportów i artykułów

Rodzaj	Odnosnik	język	Podstawa wnioskowania / metoda badawcza Populacja i próba
artykuł naukowy	(Alharbi, 2020)	angielski	Wywiady (n=33) z pracownikami, w tym ekspertami ds. technologii, dostawcami usług edukacyjnych i pracodawcami
raport	(Armstrong et al., 2018)	angielski	Przegląd literatury i danych zastanych, wywiady (n=66) z interesariuszami, w tym liderami branży, innowatorami, globalnymi ekspertami, badaczami i organizacjami non-profit, a także osobami zaangażowanymi w programy angażujące młodzież, rozwoju siły roboczej i szkoleniami; wywiady fokusowe z młodzieżą z różnych krajów (4 FGI, n=9 w każdym); ankieta wśród młodzieży z całego świata (n=531 z 45 krajów).
raport	(Aulbur et al., 2016)	angielski	Analiza danych zastanych, ze szczególnym uwzględnieniem krajów BRICS
artykuł naukowy	(Baethge-Kinsky, 2020)	angielski	Studia przypadków niemieckich przedsiębiorstw przemysłowych na różnym etapie wprowadzania transformacji cyfrowej (n=10), z różnych sektorów; realizowane w oparciu o obserwację miejsca pracy (n=15) i wywiady z ekspertami z kierownictwa (n=55), rad zakładowych i pracowników (n=40)
artykuł naukowy	(Baxter et al., 2012)	angielski	Analiza krytyczna, studia przypadków
raport	(BDO, 2019)	angielski	Badanie wśród dyrektorów amerykańskich firm produkcyjnych o rocznych przychodach od 200 mln USD do 3 mld USD (n=230)
raport	(Blanchet, Rinn, Von Thaden, & De Thieulloy, 2014)	angielski	Analiza danych zastanych (desk research, bieżące dane, w tym ogólnodostępne wskaźniki społeczne i ekonomiczne)
raport	(Bloching et al., 2015)	angielski	Badania Roland Berger, analiza danych zastanych, wywiady z przedstawicielami przemysłu (n firm=21), ankieta wśród kierowników najwyższego szczebla (n=300)
raport	(Briggs et al., 2018)	angielski	Badania Deloitte: wywiady pogłębione i ankiety on-line z przedstawicielami przedsiębiorstw (n=1437) na całym świecie w 23 segmentach przemysłu
raport	(Burke et al., 2017)	angielski	Analiza danych zastanych (desk research, bieżące dane, w tym ogólnodostępne wskaźniki społeczne i ekonomiczne)
raport	(Capgemini, 2018)	angielski	Analiza danych zastanych
raport	(CGI, 2017)	angielski	Coroczna prognoza CGI Global oparta na wywiadach prowadzonych z dyrektorami biznesowymi i technologicznymi w organizacjach komercyjnych i rządowych (n=1000 menedżerów) z 10 branż i 20 krajów.
artykuł naukowy	(Cimini, Boffelli, Lagorio, Kalchschmidt, & Pinto, n.d.)C	angielski	wielokrotne studium przypadku włoskich małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) w produkcji: 10 studiów przypadku, opracowanych na podstawie wywiadów, wizyt w firmach i analizy danych wtórnych
raport	(Clavert, 2017)	angielski	Analiza danych zastanych i wywiady z przedstawicielami przemysłu (=30)
artykuł naukowy	(Cotet et al., 2020)	angielski	Badanie wśród studentów kierunków technicznych z użyciem dwóch narzędzi psychologicznych dotyczących inteligencji emocjonalnej i motywacji osiągnięć (Emotional Quotient Inventory (EQ-I); the Achievement Motivation Inventory (AMI)).
raport	(Czyżewski et al., 2017)	polski	Analiza danych zastanych (desk research, bieżące dane, w tym ogólnodostępne wskaźniki społeczne i ekonomiczne)
raport	(Dekier & Wyżykowski, 2018)	polski	Ankieta wśród 137 menedżerów produkcji reprezentujących kilkanaście branż przemysłu w Polsce
raport	(Deloitte Insights, 2018)	angielski	Badanie Forbes Insights: ankieta wśród dyrektorów globalnych (n=1603) z 19 krajów z obu Ameryk, Azji i Europy i pochodziło ze wszystkich głównych sektorów przemysłu; dodatkowo wywiady pogłębione z liderami branż i naukowcami
raport	(Deloitte Insights, 2019)	angielski	Badanie Forbes Insights: ankieta wśród dyrektorów globalnych i liderów sektora publicznego (n=2042) z 19 krajów z obu Ameryk, Azji i Europy i pochodziło ze wszystkich głównych sektorów przemysłu; dodatkowo wywiady pogłębione z liderami branż i naukowcami.

raport	(Deloitte Insights, 2020)	angielski	Badanie KS&R Inc: ankieta wśród dyrektorów globalnych i liderów sektora publicznego (n=2029) z 19 krajów z obu Ameryk, Azji i Europy i pochodziło ze wszystkich głównych sektorów przemysłu; dodatkowo wywiady pogłębione z liderami branż i naukowcami
artykuł naukowy	(Dobrowolska & Knop, 2020)	angielski	Przegląd literatury i badania ilościowe na próbie 472 pracowników przemysłu 4.0 w Niemczech, Polsce i Słowacji.
artykuł naukowy	(Eberhard et al., 2017)	angielski	Przegląd literatury, ankieta wśród profesorów uczelni, analiza programów kształcenia, wywiady pogłębione wśród profesorów (n=15) uczelni w 3 krajach
raport	(EEF, 2016)	angielski	Badania EEF UK we współpracy z Oracle: ankiety, wywiady i zogniskowane wywiady grupowe z przedsiębiorcami i wytwórcami w Wielkiej Brytanii
raport	(Engineering the Future, n.d.)	angielski	Wywiady z reprezentantami 22 firm z Anglii i Szkocji; raport opracowany przez Engineering the Future, stowarzyszenie reprezentujące ponad 450 000 zawodowych inżynierów z Wielkiej Brytanii
raport	(Festo, 2018)	angielski	Analiza danych zastanych
raport	(Filipowicz, 2018)	polski	Ankiety wśród reprezentantów polskich firm przemysłowych różnych branż; wywiady dziennikarskie,
artykuł naukowy	(Frey & Osborne, 2017)	angielski	Opracowanie metodyki kategoryzowania zawodów według ich podatności na komputeryzację opartej na uczeniu maszynowym i robotyce mobilnej. Prawdopodobieństwo komputeryzacji oszacowano dla 702 zawodów na rynku pracy w USA.
raport	(Gates & Bremicker, 2017a)	angielski	Benchmarking oparty na wywiadach pogłębionych z pracownikami na stanowisku starszych specjalistów i wizytach studyjnych w przedsiębiorstwach (n=26) w trzech regionach (kraje europejskie, azjatyckie i USA)
raport	(Gates & Bremicker, 2017b)	angielski	Benchmarking bazujący na m.in. wywiadach z kadrami zarządzającą w przedsiębiorstwach przemysłowych (ok. n=20)
raport	(Geissbauer et al., 2016)	angielski	Badania PWC: ankieta wśród ponad 2000 kadry kierowniczej z firm zajmujących się produktami przemysłowymi w 26 krajach w Europie, obu Amerykach, Azji i Pacyfiku, na Bliskim Wschodzie i w Afryce
raport	(Geissbauer, Schrauf, Bertram, & Cheraghi, 2017)	angielski	Ankieta wśród 200 menedżerów z firm przemysłowych w Niemczech, uzupełnionych o wywiady pogłębione z kadrami kierowniczą czołowych firm
raport	(Geissbauer et al., 2018)	angielski	Wywiady z 1155 menedżerami przedsiębiorstw (w tym produkcyjnych) w 26 krajach
artykuł naukowy	(Ghislieri, Molino, & Cortese, 2018)	angielski	Analiza dotychczasowych badań z zakresu motywacji pracowników w kontekście zmian (tzw. 4 rewolucja przemysłowa)
raport	(Gracel & Stoch, 2017)	polski	Analiza danych zastanych (desk research, bieżące dane, w tym ogólnodostępne wskaźniki społeczne i ekonomiczne), oraz badań: Badanie stopnia automatyzacji firm w Polsce, ASTOR, 2015 (n=100), brak charakterystyki próby.
raport	(Gracel et al., 2019)	polski	Analiza danych zastanych
artykuł naukowy	(Grzelczak, Kosacka, & Werner-Lewandowska, 2017)	angielski	Analiza danych zastanych oraz ankieta wśród przedstawicieli przedsiębiorstw (dużych i MSP), brak informacji o liczebności próby
raport	(Hanley et al., 2018)	angielski	Badania Deloitte: ankieta wśród kadry zarządzającej (n=361) z przedsiębiorstw różnych branż w 11 krajach
artykuł naukowy	(Hecklau et al., 2017)	angielski	Badanie bibliometryczne (przegląd systematyczny) i pogłębiona analiza 12 badań spełniających określone wytyczne (metodyka badawcza i rozmiar próby)
raport	(IBSA Innovation & Business Skills Australia, 2017)	angielski	Badania w Australii, konsultacje z 40 przedstawicielami dużych (w tym międzynarodowych) przedsiębiorstw, małych i średnich przedsiębiorstw, związków zawodowych, organizatorów szkoleń i innych interesariuszy; przegląd literatury i danych zastanych; studia przypadków typu lessons learned z innych krajów

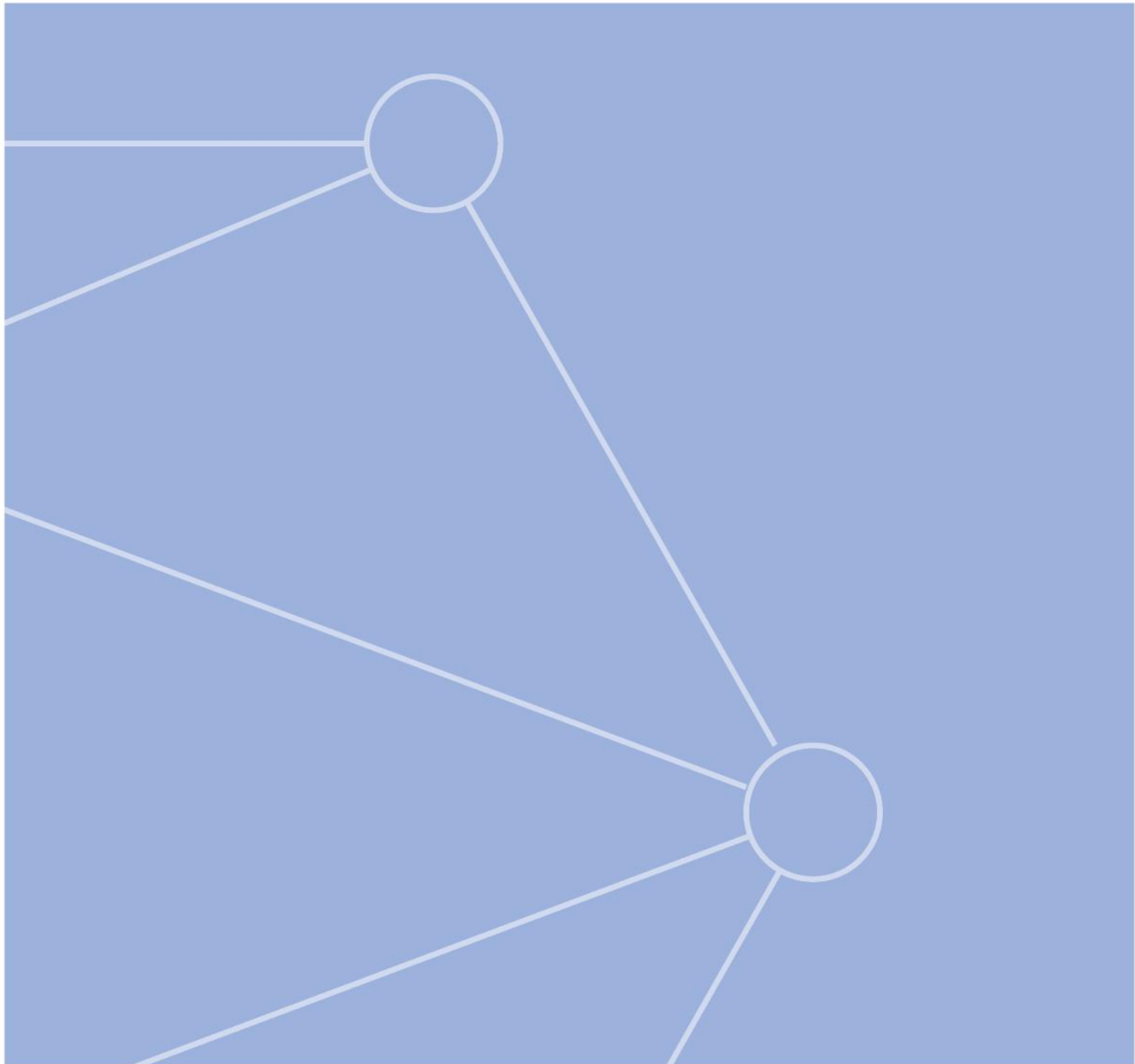
raport	(IEC, 2015)	angielski	Analiza danych zastanych oraz dyskusja ekspertów z instytucji naukowo-badawczych i przemysłu, opracowanie International Electrotechnical Commission
raport	(innogy Polska S.A. & SpotData, 2019)	polski	Analiza oparta na text-miningu, wsparta analizą ekspercką raportów zintegrowanych i finansowych 150 największych firm przemysłowych na świecie
raport	(Iwański & Gracel, 2016)	polski	Analiza danych zastanych (desk research, bieżące dane, w tym ogólnodostępne wskaźniki społeczne i ekonomiczne), oraz badań: Badanie stopnia automatyzacji firm w Polsce, ASTOR, 2015 (n=100), brak charakterystyki próby.
raport	(Jensen, 2017)	angielski	Badanie Deloitte w Szwajcarii, analiza danych zastanych i wywiady z kadrą zarządzającą i ekspertami (brak danych nt. próby)
raport	(Kagermann & Wahlster, 2013)	angielski	Analiza danych zastanych oraz warsztaty eksperckie z kilkudziesięcioma przedstawicielami instytucji naukowo-badawczych i przedsiębiorstw przemysłu 4.0 w Niemczech
raport	(Kagermann et al., 2011)	angielski	Wywiady z ekspertami z Niemiec, Chin, Japonii, Korei Południowej, Wielkiej Brytanii i USA (n=150) oraz analiza danych zastanych
raport	(Kane, Palmer, Philips Nguyen, Kiron, & Buckley, 2015)	angielski	Badania MIT Sloan Management Review i Deloitte: ankieta z dyrektorami biznesowymi, menadżerami i analitykami (n=4800) z firm różnej wielkości z 27 branż w 129 krajach.
artykuł naukowy	(Kipper et al., 2021)	angielski	Badanie bibliometryczne (przegląd systematyczny) i analiza tekstu w dokumentach (n=654) spełniających określone wytyczne (zawieranie słów kluczowe)
raport	(Klitou et al., 2017)	angielski	Analiza danych zastanych nt. niemieckiej Strategii Industrie 4.0: publikacja z serii „Monitor transformacji cyfrowej” ma na celu wspieranie bazy wiedzy na temat aktualnej sytuacji i ewolucji transformacji cyfrowej w Europie; opracowana dla Komisji Europejskiej.
raport	(Koch, Kuge, Geissbauer, & Schrauf, 2014)	angielski	Sondaż wśród 235 niemieckich przedsiębiorstw przemysłowych, przeprowadzony przez instytut badawczy TNS Emnid dla PWC
raport	(Krakowiak & Pęczak, 2019)	polski	Badanie ankietowe polskich przedsiębiorstw. Brak detali dot. próby. Badanie przytoczone jako przykład dyskusji nad formułowaniem wniosków nt. umiejętności pracowniczych potrzebnych w kontekście przemysłu 4.0.
artykuł naukowy	(Kusmin et al., 2018)	angielski	Przegląd literatury, współpraca interesariuszy dot. współpracy uczelnia-biznes w formie cykli projektowania i projektowania iteracyjnego (research-based design, iterative design cycles)
raport	(Leopold et al., 2016)	angielski	Ankieta, respondenci (n przedsiębiorstw=366) kadra kierownicza i zarządzająca z przedsiębiorstw w 9 sektorach przemysłowych w 21 krajach.
raport	(Leopold et al., 2018)	angielski	Ankieta, respondenci (n przedsiębiorstw=313) kadra kierownicza i zarządzająca z przedsiębiorstw w 12 klastrach branżowych i 20 krajach, które łącznie reprezentują 70% światowego PKB.
raport	(M. Fitzgerald, Kruschwitz, Bonnet, & Welch, 2014)	angielski	Badania MIT Center for Digital Business (CDB) i Deloitte: wywiady z kadrą kierowniczą w 450 dużych firmach (przychody ponad 1 miliard dolarów) oraz Badania MIT Sloan Management Review i Capgemini: ankieta on-line wśród pracowników wszystkich szczebli (n=1559 osób w 106 krajach)
raport	(MacDougall, 2014)	angielski	Analiza danych zastanych (dot. strategii i programów wspierających Przemysł 4.0) oraz wywiady z przedstawicielami instytucji naukowo-badawczych (n=7) i przemysłu (n=6) w Niemczech
artykuł naukowy	(Maisiri et al., 2019)	angielski	Badanie bibliometryczne (przegląd systematyczny) i pogłębiona analiza 68 badań spełniających określone wytyczne (metodyka badawcza i rozmiar próby)
raport	(ManpowerGroup, 2018)	angielski	Badanie ilościowe pracodawców w 42 krajach (n= 19718)
raport	(Marczuk et al., 2019)	polski	Analiza danych zastanych i dyskusje z ekspertami w Polsce (okrągły stół); opracowanie rekomendacji

raport	(Martin et al., 2018)	angielski	Wskaźnik Readiness for the Future of Production Assessment (2018, Gotowość na przyszłość produkcji) Światowego Forum Ekonomicznego, opracowany w wyniku serii wielostronnych konsultacji, w tym z czołowymi ekspertami w rządach, organizacjach międzynarodowych i instytucjach badawczych. Ocena obejmuje 59 wskaźników, które mają znaczenie dla gotowości kraju do przyszłej produkcji. Analiza dla 100 krajów, w tym Polski (w wyniku analiz: ułożona na pozycji 19 w rankingu)
raport	(McKinsey & Company, 2017)	angielski	Analiza danych zastanych dla 46 krajów, w tym 6 szczegółowo; modelowanie potencjalnych zmian zatrudnienia netto dla ponad 800 zawodów w oparciu o różne scenariusze tempa wdrażania automatyzacji i przyszłego popytu na siłę roboczą.
raport	(McKinsey & Company, 2018)	polski	Analiza danych zastanych w zakresie badań własnych McKinsey Global Institute na temat przyszłości pracy, rynku pracy oraz raportów własnych „A future that works: Automation, employment, and productivity”
raport	(Michałowski et al., 2017)	polski	Analiza danych zastanych i przegląd literatury; raport Agencji Rozwoju Przemysłu S.A.
raport	(Michałowski et al., 2018)	polski	Analiza danych zastanych, przegląd literatury, opracowanie rekomendacji.
raport	(Ministerstwo Cyfryzacji, 2019)	polski	Wynik prac Grupy roboczej ds. Internetu Rzeczy przy Ministerstwie Cyfryzacji; prace obejmowały analizę danych zastanych oraz konsultacje ekspertów (reprezentacji przedsiębiorstw, branżowych izb gospodarczych, środowisk naukowych, związków i zrzeszeń pracodawców, organizacji społecznych) w 10 podgrupach tematycznych.
raport	(Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii & Siemens Polska, 2019)	polski	Badanie CATI na ogólnopolskiej próbie przedsiębiorstw MSP z branży przemysłowej, prowadzących działalność produkcyjną na terenie Polski (n=200) z sektora MSP; respondenci: zatrudnieni inżynierowie
raport	(Ministerstwo Rozwoju & Siemens Polska, 2017)	polski	Badanie na ogólnopolskiej próbie przedsiębiorstw MŚP z branży przemysłowej, prowadzących działalność produkcyjną na terenie Polski (n=251 firm); większość stanowiły przedsiębiorstwa w całości z kapitałem polskim a 10,4% firm posiada kapitał zagraniczny (7,6% w całości z kapitałem obcym).
raport	(Nosalska et al., 2019)	polski	Analiza danych zastanych przegląd literatury, opracowanie modelu dojrzałości cyfrowej polskich przedsiębiorstw (prototyp), badania DeLab UW
artykuł naukowy	(Pejic-Bach et al., 2020)	angielski	Text mining ogłoszeń o pracę na portalu LinkedIn
raport	(Petrick & McCreary, 2019)	angielski	badania etnograficzne, obejmujące wywiady z reprezentantami (n=404) firm produkcyjnych, w tym 193 technologów bezpośrednio zaangażowanych w tworzenie i wdrażanie inteligentnych technologii
artykuł naukowy	(Pfeiffer, 2016)	angielski	Badania jakościowe: 62 wywiady w pięciu zakładach montażowych; respondenci: pracownicy montażu, liderzy grup, administracja, rada pracy; prowadzono też obserwacje w miejscu pracy dyskusje w grupach
artykuł naukowy	(Prifti et al., 2017)	angielski	Badanie bibliometryczne (przegląd systematyczny) i pogłębiona analiza 27 badań spełniających określone wytyczne (metodyka badawcza i rozmiar próby); pogłębione badaniem fokusowym z wykładawcami z wcześniejszym doświadczeniem pracy w firmach lub kilkuletnim doświadczeniem w nauczaniu i kształceniu na uczelniach w obszarach IT, ekonomii i inżynierii
raport	(Probst, Lefebvre, et al., 2018)	angielski	Analiza danych zastanych (wskaźniki dla analizowanych gospodarek), wywiady i ankieta wśród kadry zarządzającej firmami przemysłowymi (n=120 odpowiedzi). Publikacja z serii „Monitor transformacji cyfrowej” na zlecenie Komisji Europejskiej.
raport	(Probst, Pederson, et al., 2018)	angielski	Analiza danych zastanych, przegląd literatury, konsultacja z ekspertami (n=32) przeprowadzona przez PwC na zlecenie

			Komisji Europejskiej (Dyrekcji Generalnej ds. Rynku Wewnętrznego, Przemysłu, Przedsiębiorczości i MŚP) w związku z realizacją przez Agencję Wykonawczą ds. Małych i Średnich Przedsiębiorstw (EASME) projektu dot. wspólnej wizji i form wspierania rozwoju umiejętności w zakresie zaawansowanych technologii na potrzeby inteligentnej specjalizacji przemysłowej i transformacji cyfrowej.
raport	(Proctor & Wilkins, 2018)	angielski	Analiza danych zastanych i wywiady z ekspertami
raport	(Purdy & Daugherty, 2016)	angielski	Przegląd literatury, analiza danych zastanych
raport	(PwC Polska Sp. z o.o., 2017)	polski	Ankieta; respondenci: kadra kierownicza oraz reprezentanci działów IT (n=2216) w przedsiębiorstwach różnych sektorów w 53 państwach: 62% z nich reprezentuje przedsiębiorstwa o przychodach powyżej 1 USD, zaś 38% - przedsiębiorstwa o przychodach pomiędzy 500 mln a 1 mld USD.
raport	(PwC Polska Sp. z o.o., 2017)	polski	Badanie na próbie 2216 reprezentantów kadry kierowniczej oraz działów IT w firmach z różnych sektorów w 53 krajach
raport	(Rao & Verweij, 2017)	angielski	połączenie technik uczenia maszynowego i ekonometrii. Zastosowanie podejścia uczenia maszynowego, aby ocenić prawdopodobieństwo, że zadanie może zostać zautomatyzowane w oparciu o określone zadania. Zastosowanie analizy ekonometrycznej do oceny w jakim stopniu automatyzacja wpłynie na produktywność. Dodatkowo: analiza danych zastanych (badania własne indeks wpływu AI oraz przegląd literatury akademickiej)
raport	(Ridgway et al., 2013)	angielski	Foresight z wykorzystaniem wywiadów z przedstawicielami przemysłu w Wielkiej Brytanii; zrealizowany w konsorcjum Uniwersytetów Sheffield, Loughborough oraz Leeds
raport	(Rossmann et al., 2017)	angielski	Ankieta wśród ponad 1000 pracowników firm produkcyjnych na stanowiskach dyrektorskich lub wyższych; przedsiębiorstwa o przychodach przekraczających 1 mld USD za rok obrotowy 2015
raport	(S. Fitzgerald, Ellis, & Parke, 2018)	angielski	Ankieta z przedstawicielami firm (n=1048), w tym przemysłowych, w obu Amerykach, Europie i regionie Azji i Pacyfiku
artykuł naukowy	(Sackey & Bester, 2016)	angielski	Przegląd literatury, analiza programów kształcenia w 10 uczelniach, ankieta wśród profesorów 10 uczelni
raport	(Schlaepfer, Koch, & Merkofer, 2015)	angielski	Badania Deloitte: wywiady oraz ankiety z przedstawicielami przemysłu (n=50) w Szwajcarii
raport	(Schulte, 2016)	angielski	Ankieta wśród 200 przedsiębiorstw przemysłowych
raport	(Siemens Polska, 2017)	polski	Analiza danych zastanych oraz badań własnych „Smart Industry Polska” realizowanych we współpracy z Millward Brown, brak odniesień do próby
raport	(Siemens Polska, 2019)	polski	Analiza danych zastanych oraz badań własnych „Smart Industry Polska”
raport	(Siemens, 2017)	angielski	Wywiady z ponad 60 producentami, konsultantami ds. zarządzania i specjalistami z sektora akademickiego; budowa modelu; zestawienie modelu eksperckiego z danymi zastanymi dot. finansów sektora przemysłowego na całym świecie
artykuł naukowy	(Sima et al., 2020)	angielski	Badanie bibliometryczne (przegląd systematyczny) i pogłębiona analiza 111 badań spełniających określone wytyczne (metodyka badawcza i rozmiar próby)
raport	(Skills Development Scotland, 2018)	angielski	Przegląd literatury, konsultacje eksperckie (okrągły stół), przegląd modeli kompetencji (analiza krytyczna pomiaru)
raport	(Smit et al., 2016)	angielski	Analiza danych zastanych, przegląd literatury, na zlecenie Komisji Przemysłu Parlamentu Europejskiego, Badania i Energii (ITRE)
artykuł naukowy	(Tan & Rajah, 2019)	angielski	Analiza dotychczasowych badań z zakresu motywacji pracowników w kontekście zmian (tzw. 4 rewolucja przemysłowa)
raport	(The Economist Intelligence Unit, 2018)	angielski	Przegląd literatury, opracowanie indeksu Gotowości Automatykacji (Automation Readiness Index) w oparciu o analizę danych zastanych (45 ilościowych wskaźników i 7

			jakościowych) i konsultacje eksperckie (międzynarodowy panel ekspertów z przemysłu, sektora akademickiego oraz międzynarodowych organizacji). Ocena każdego kraju w badaniu została oparta dostępnych źródełach i dodatkowo zweryfikowana przez ponad 80 wywiadów eksperckich z lokalnymi naukowcami, ośrodkami analitycznymi, decydentami, konsultantami i przedsiębiorcami
raport	(Twentyman, 2017)	angielski	Ankiety z kadrą zarządzającą przedsiębiorstw (n=825; w tym n=412 kadra najwyższego szczebla i członkowie zarządu) przedsiębiorstw z całego świata (region: Europa, Ameryka Północna, Ameryka Łacińska, Azja i Pacyfik, Bliski Wschód i Afryka); wywiady pogłębione (n=6).
raport	(VDMA, 2016)	angielski	Katalog dobrych praktyk przygotowany przez 50 niemieckich przedsiębiorstw przemysłowych
artykuł naukowy	(Vila et al., 2017)	angielski	Propozycja eksperymentu wdrożenia metodyki PBL w kształcenie inżynierów do przemysłu 4.0
raport	(Wee et al., 2016)	angielski	Ankieta wśród przedstawicieli firm powyżej 50 pracowników z USA, Niemiec i Japonii (n=300)
raport	(Wee, Kelly, Cattel, & Breunig, 2015)	angielski	Ankieta wśród przedstawicieli firm powyżej 50 pracowników z USA, Niemiec i Japonii (n=300)
raport	(Westerman et al., 2011)	angielski	Badania MIT i Capgemini, ankieta kierowana do kierowników wyższego szczebla (n=157) w firmach na całym świecie (n=50)
raport	(Westerman, Tannou, Bonnet, Ferraris, & McAfee, 2012)	angielski	Badania MIT i Capgemini, ankieta kierowana do kierowników wyższego szczebla (n=469) w dużych firmach na całym świecie (n=391).
raport	(Włoch & Śledziewska, 2019)	polski	Ankiety on-line wśród uczestników warsztatów design thinking: studenci i absolwenci z 7 polskich miast (n= 1062)
raport	(Zahidi et al., 2020)	angielski	Ankieta, respondenci (n przedsiębiorstw=291) kadra kierownicza i zarządzająca z przedsiębiorstw w 15 klastrach branżowych i 26 krajach, które łącznie reprezentują 80% światowego PKB. Raport nie obejmuje sektora MSP (przedsiębiorstwa poniżej 100 pracowników). 65% próby składa się z firm międzynarodowych, a 35% z większych firm lokalnych.
raport	(Zebra Technologies, 2017)	polski	Badania 1100 członków kadry zarządzającej firm z branży motoryzacyjnej, zaawansowanych technologii, spożywczej i tytoniowej oraz farmaceutycznej (regiony: Ameryka Północna, Ameryka Łacińska, Europa, region Azji i Pacyfiku)

Źródło: opracowanie własne DBA CZliTT PW.



**Centrum
Zarządzania Innowacjami
i Transferem Technologii**

Projekt „NERW 2 PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój.

