

Sztuczna inteligencja w zarządzaniu kapitałem przedsiębiorstwa w dobie Przemysłu 5.0

Monika Walicka 

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: m.walicka@pb.edu.pl

Wioletta Czemieli-Grzybowska 

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: w.grzybowska@pb.edu.pl

DOI: 10.24427/az-2023-0058

Streszczenie

Celem artykułu była analiza zastosowań nowych rozwiązań technologicznych, wynikających z założeń Przemysłu 5.0 i opartych na sztucznej inteligencji (AI) w zarządzaniu obszarem finansowym przedsiębiorstwa oraz wpływu tych rozwiązań na kluczowe wskaźniki rentowności, kapitał obrotowy netto oraz wartość przedsiębiorstwa. Badanie przeprowadzono na podmiotach sektora energetycznego będących komponentami indeksu WIG-energia, notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. W badaniu zastosowano metodę badania ankietowego CAWI oraz analizy sprawozdań finansowych. Związek wykorzystania nowych rozwiązań w komponentach finansowych zbadano z zastosowaniem współczynnika korelacji. Rezultaty badania wskazują, że w sektorze energetycznym zastosowanie AI ma miejsce w obszarach: automatyzacji procesów finansowych np. automatyczne skanowanie faktur, odczytywania z zastosowaniem sztucznej inteligencji itp., raportowania ESG z wykorzystaniem Business Intelligence (BI), platform informatycznych integrujących i przygotowujących automatycznie raporty, automatyzacji procesu zarządzania kapitałem obrotowym netto (KON). Ponadto, wykazano, że istnieje silna relacja pomiędzy zastosowaniem AI w strategiach zarządzania kapitałem a rentownością oraz silna dodatnia pomiędzy KON a wartością przedsiębiorstwa.

Słowa kluczowe

Przemysł 5.0, sztuczna inteligencja, zarządzanie kapitałem obrotowym, energetyka

Wstęp

Przemysł 5.0 to głównie integracja technologii cyfrowych we wszystkich aspektach życia gospodarczego. W obliczu dynamicznych zmian zachodzących w otoczeniu gospodarczym, związanych z czwartą rewolucją przemysłową, a także dalszą jej ewolucją w kształcie Przemysłu 5.0, głównym czynnikiem determinującym te przemiany jest szybki rozwój technologii, w tym sztucznej inteligencji, Internetu Rzeczy (IoT), analizy danych oraz automatyzacji procesów. W tym kontekście tradycyjne modele zarządzania kapitałem obrotowym ulegają rewizji, a przedsiębiorstwa stają przed nowymi wyzwaniami i możliwościami. Firmy, aby pozostać konkurencyjne, muszą dostosować swoje strategie zarządzania do nowych warunków. W tym kontekście zarządzanie kapitałem obrotowym, nabiera nowego wymiaru, opartego na nowoczesnych narzędziach, analizie danych oraz szybko reagujących systemach. W niniejszym artykule skupiono się na przykładzie sektora energetycznego w Polsce, starając się zrozumieć, jak Przemysł 5.0 wpływa na zarządzanie kapitałem obrotowym i rentowność w tym sektorze. Celem artykułu była analiza zastosowań nowych rozwiązań technologicznych, wynikających z założeń Przemysłu 5.0 i opartych na sztucznej inteligencji (AI) w zarządzaniu obszarem finansowym przedsiębiorstwa oraz wpływu tych rozwiązań na kluczowe wskaźniki rentowności, kapitał obrotowy netto oraz wartość przedsiębiorstwa. Badanie przeprowadzono na podmiotach sektora energetycznego będących komponentami indeksy WIG-energia notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. W badaniu zastosowano metody CAWI oraz analizy sprawozdań finansowych.

1. Przegląd literatury

Koncepcja Przemysłu 5.0 zaproponowana przez Komisję Europejską (KE) [Industry 5.0..., 2021, pp. 8-9] stanowi pewne uzupełnienie dotychczas funkcjonującej w literaturze filozofii Przemysłu 4.0 o nowe podejście, ukierunkowane na dalsze doskonalenie i rozwój przemysłu. Proponuje się tu takie modele produkcji, które nastawione są na odpowiedzialne praktyki w zakresie ekologii, a nacisk kładziony jest na strategię wzmacniające łańcuchy dostaw, wspieranie działań ukierunkowanych na osiągnięcie pewnych celów technicznych i ekonomicznych, jak np. wzrost produkcji czy wydajności. Istotną rolę w Przemysle 5.0 odgrywa także dobrostan pracowników [Tomaszewska i Pawlicka, 2021, s. 73-86]. Przemysł 5.0 można traktować więc jako pewnego rodzaju korektę założeń wynikających z koncepcji Przemysłu 4.0, która koncentrowała się przede wszystkim na cyfryzacji procesów i zastosowaniu sztucznej inteligencji w celu podniesienia wydajności [Moczydłowska,

2023], o te elementy, które wspierają czynnik ludzki w służbie technologii produkcji oraz te, które zapewniają funkcjonowanie zrównoważonego łańcucha dostaw [Nowak i Enzo, 2023, pp. 11-13]. Można zauważyć, że Przemysł 4.0 zakłada komunikację na poziomie maszyna - system informatyczny [Xun i in., 2021, pp. 530-535], podczas gdy Przemysł 5.0 skupia się na kreacji rozwiązań umożliwiających synergię współpracy ludzi i urządzeń [Bakkar i McKay, 2023, p. 10]. Przemysł 5.0 zakłada także rozwijanie systemów produkcyjnych opartych na odnawialnych źródłach energii [Jaworski i Czerwonka, 2022], zaś KE podkreśla, że do redukcji emisji dwutlenku węgla o 55% do 2030 roku niezbędne będzie funkcjonowanie zrównoważonego przemysłu [Polish Energy..., 2021]. Z tego powodu KE zaleca odpowiednie dostosowywanie procesów związanych z ponownym wykorzystaniem i recyklingiem zasobów naturalnych, redukcją odpadów produkcyjnych i ograniczeniem negatywnego oddziaływania na środowisko. Głównym zadaniem nowych filarów Przemysłu 5.0 jest niwelowanie zakłóceń w łańcuchach dostaw, przy zastosowaniu rozwiązań technologicznych [Hefron i in., 2021, pp. 441-455]. Komisja Europejska wyróżnia sześć podstawowych kategorii rozwiązań technologicznych istotnych z punktu widzenia Przemysłu 5.0 [Industry 5.0..., 2021]:

1. Współdziałanie ludzi z maszynami.
2. Bioinspirowane urządzenia oraz inteligentne materiały.
3. Cyfrowe bliźniaki i symulacja.
4. Transmisja, przechowywanie i analiza.
5. Sztuczna inteligencja (*artificial intelligence*, AI).
6. Efektywność energetyczna, odnawialne źródła energii, magazynowanie energii i niezależność od zewnętrznych dostaw.

Rozwiązania te, mogą operacjonalizować się w różnych sferach działalności przedsiębiorstwa [Czemieli-Grzybowska, 2022, pp. 1-14], w tym w obszarze finansowym. W obliczu postępu w obszarze cyfryzacji i zastosowywania AI [Boyang in. 2023, pp. 8-15], tradycyjne metody zarządzania finansami w przedsiębiorstwie stają się przestarzałe. Za sprawą sztucznej inteligencji i analizy dużych zbiorów danych, przedsiębiorstwa energetyczne w Polsce mogą precyzyjniej prognozować popyt, co skutkuje optymalizacją poziomu gotówki, kapitału, czy zapasów. Dostępność *real-time* danych pochodzących z różnych źródeł umożliwia także skuteczne monitorowanie i zarządzanie zapasami [Cao, 2022], co prowadzi do minimalizacji ryzyk związanych z utratą wartości zapasów oraz kosztami magazynowania. Rozwój cyfrowy w dobie Przemysłu 5.0 umożliwia automatyzację systemów rozliczeń z kontrahentami, a w konsekwencji szybsze rozliczenia transakcji [Czemieli-Grzybowska, 2022, pp. 1-14; Czemieli-Grzybowska, 2014, pp. 18-28]. Automatyzacja procesów księgowych i płatności umożliwia bardziej dynamiczne zarządzanie należnościami

i zobowiązaniami, co wpływa korzystnie na pozycję finansową firm [Aldridge, 2023, pp. 70-71]. Na wdrażanie AI powiązane z finansowaniem łańcucha dostaw wskazuje Ppadopoulos i in. [2023, pp. 4363] oraz Oneshko [2023]. Obszarem typowym dla Gospodarki 5.0 jest wdrażanie strategii Working Capital Management (WCM). Wzrasta zainteresowanie skutecznym zarządzaniem kapitałem obrotowym, z uwzględnieniem strategii WCM, które obejmują zarządzanie zapasami, należnościami i zobowiązaniami. Automatyzacja procesów finansowych w kontekście zarządzania kapitałem obrotowym (KON) obejmuje szeroki zakres działań, począwszy od generowania faktur po przetwarzanie płatności. Przedsiębiorstwa energetyczne mogą zredukować koszty związane z obsługą finansową, jednocześnie eliminując ryzyko błędów ludzkich. Automatyzacja uwalnia zasoby ludzkie, pozwalając na skupienie się na bardziej strategicznych aspektach zarządzania kapitałem obrotowym. Z praktyki przedsiębiorstw energetycznych wynika, że automatyzacja procesów płatniczych i fakturowania staje się standardem, pozwalając na szybsze i bardziej efektywne transakcje, standardem stają się elektroniczne systemy płatności (ESP) i fakturowania (ESF). Kolejnym obszarem automatyzacji jest integracja systemów finansowych (ISF). Obejmuje głównie wdrażanie systemów ERP (Enterprise Resource Planning) i innych narzędzi, które integrują różne obszary działalności przedsiębiorstwa, w tym finanse, co sprzyja efektywności procesów. Rozwój instrumentów finansowych może mieć miejsce także poprzez wprowadzenie nowych instrumentów finansowych, takich jak faktoring, reverse factoring, czy platformy finansowe, które mogą poprawić płynność finansową. Fava [2023] wskazuje potencjalne korzyści zastosowania sztucznej inteligencji (AI) w planowaniu podatkowym, która może tworzyć strategie i symulacje podatkowe, optymalizować strategie podatkowe, śledzić i analizować przepisy podatkowe. Autor zwraca również uwagę na wyzwania, takie jak kwestie regulacyjne, bezpieczeństwo danych, stronniczość i względy etyczne. Na korzyści zastosowania sztucznej inteligencji w obszarach finansowych wskazuje także Cao, [2022, pp. 1-38], a Al-Surmi i in. [2022] zauważają, że procesy z zastosowaniem sztucznej inteligencji poprawiają wydajność operacyjną oraz skuteczność podejmowania decyzji w złożonych problemach na poziomie strategicznym.

Kolejną istotną kwestią w sektorze energetycznym, w którym aktywa wytwórcze mają kluczowe znaczenie jest Internet Rzeczy (IoT). Wykorzystanie IoT pozwala na ciągle monitorowanie i analizę wydajności urządzeń [Yan Ing i Grossman, 2024, p. 67]. Pozwala to nie tylko na redukcję ryzyka awarii, ale także umożliwia planowanie remontów, konserwacji i modernizacji w oparciu o rzeczywiste potrzeby, co skutkuje optymalizacją kosztów utrzymania aktywów, więc bezpośrednio

wpływa na kapitał obrotowy [Czemieli-Grzybowska, i in., 2015, s. 10-21]. Wprowadzenie inteligentnych systemów monitoringu może skutkować redukcją nieplanowanych przestojów i związanych z nimi strat finansowych, co ma szczególne znaczenie w jednostkach wytwórczych centralnie dysponowanych, ale i u uczestników tzw. rynku mocy.

W dobie Przemysłu 5.0 na uwagę zasługują także kwestie zrównoważonego rozwoju i pewne elementy raportowania ESG (*Environmental, Social, Governance*), które przedsiębiorstwa energetyczne wykazują w swoich strategiach finansowych [Sokołowski i Taylor, 2023, pp.157-174].

Na uwagę zasługuje także dziedzina cyberbezpieczeństwa. Ochrona przed cyberzagrożeniami, a głównie wzrost świadomości dotyczącej ryzyka cyberataków, skłania przedsiębiorstwa do inwestowania w rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo finansowe. Gospodarka cyfrowa, jak wskazują Hoffmann-Burdzińska i Stolecka-Makowska (2021) to nieodwracalne i wszechobecne w dobie obecnej procesy, które zmieniły warunki funkcjonowania przedsiębiorstw.

Wszystkie wymienione zmiany rzucają nowe światło na dotychczasowe podejścia do zarządzania kapitałem obrotowym [Essel i Brobbey, 2021; Blenman i Pham, 2020; Anton i Afloarei, 2021]. Firmy energetyczne w Polsce, implementując nowoczesne technologie, mogą efektywniej zarządzać kapitałem obrotowym, co przekłada się na większą stabilność finansową i konkurencyjność na rynku globalnym. Jednakże, aby uzyskać korzyści, konieczne jest nie tylko inwestowanie w nowe technologie, ale także adaptacja procesów biznesowych do realiów Gospodarki 5.0. Konieczność poniesienia dodatkowych nakładów inwestycyjnych związanych z odejściem od konwencjonalnej energetyki i przejściem do zeroemisyjnej wiąże się z koniecznością zapewnienia płynności finansowej w tym przejściowym okresie. Jak wskazują badania, w pierwszej kolejności, to energetyczne korporacje muszą sprostać wymaganiom prawnym związanym z osiągnięciem neutralności klimatycznej [Sokołowski i Taylor, 2023]. Z drugiej strony to właśnie te przedsiębiorstwa obecnie funkcjonują w bardzo specyficznych warunkach. Badania wskazują, że pandemia Covid-19 wpłynęła na tworzenie, utrzymanie i rozwój wartości organizacji i zarządzanie finansami [Hefron i in., 2021], a kluczowym zagadnieniem w zarządzaniu finansami przedsiębiorstw jest zarządzanie płynnością i wynikami finansowymi [Jeanne i Sandri, 2023]. W dobie kryzysów związanych z pandemią Covid-19, wojną w Europie czy zachodzącym kapitałochłonnym procesem transformacji można bezpieczeństwo finansowe traktować jako zdolność przedsiębiorstwa do uregulowania bieżących zobowiązań i zwiększenie poziomu kapitałów własnych [Zimon i in., 2022].

Niniejsze badania skupiają się na przedsiębiorstwach sektora energetycznego. Sektor ten został celowo wybrany ponieważ w czasie procesu transformacji energetycznej takim jednostkom stawiane są wygórowane cele inwestycyjne, skala wydatków jest wysoka, a brak ich realizacji powoduje niespełnienie celów wyznaczonych Polsce przez politykę klimatyczną. Zakłada się, że branża energii odnawialnej wciąż się rozwija, a firmy mogą osiągać wysokie marże [Zimon i in., 2022]. Jednakże firmy działające w branży energii konwencjonalnej muszą do 2030 roku utrzymywać ten tracący rentowność segment biznesowy bez wsparcia rządu czy zewnętrznego finansowania. Banki nie chcą finansować działalności opartej na wytwarzaniu energii z paliw konwencjonalnych, głównie ze względu na ryzyka finansowe związane z płynnością. Badania wskazują, że kwestie prawne powodują ryzyka w postaci mającego wpływ na przychody ryzyka handlowego [Helfron i in., 2021, pp. 439-468]. Wiąże się to z przyjmowanymi przez grupy kapitałowe strategiami zarządzania kapitałem, gdyż jak wskazują badania, konserwatywne strategie zarządzania płynnością negatywnie wpływają na rentowność [Habib i Jayani, 2022, pp. 1572-1580].

2. Metodyka badań

Celem badania była analiza stopnia wykorzystania narzędzi Przemysłu 5.0 i ich wpływu na rentowność i wartość przedsiębiorstwa. Podmiotem badania były przedsiębiorstwa i grupy przedsiębiorstw zarejestrowane na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie, z indeksem dedykowanym dla sektora energetycznego tj. WIG-energia. Prezentowane w artykule kwestie finansowe sektora energetycznego zostały opracowane na podstawie danych QuantResearch sp. zo.o., zaś do analizy finansowej wykorzystano narzędzia analityczne oferowane przez BIZNESRADAR sp. zo.o. Badanie sprawozdań zostało wsparte badaniem ankietowego CAWI (*Computer Assisted Web Interviewing*) za pomocą kwestionariusza dodatkowo wspomaganego wywiadem telefonicznym. Ankietyzacja została przeprowadzona w 2023 roku wśród menadżerów pionów finansowych. W badaniu wzięły udział 24 osoby z 14 podmiotów WIG-ENERG, w czym zdecydowaną większość stanowili mężczyźni 87,5%. Wszyscy respondenci posiadali wykształcenie wyższe, a u większości (80%) okres zatrudnienia na obecnym stanowisku był dłuższy niż 3 lata. Wyniki badań opracowano z wykorzystaniem oprogramowania XLMiner Analysis Tool-Pack. W analizie spółek wyniki CAWI zostały uśrednione (w sytuacjach, gdy kilku menadżerów pochodziło z jednej grupy kapitałowej). Analizą objęto 2011-2022. Badanie przeprowadzono w kontekście najnowszych uwarunkowań prawnych tj. Green

Deal EU [Komunikat Komisji..., 2019] oraz PEP 2040 [Polish Energy Policy..., 2021].

W ramach badania stopnia wykorzystania rozwiązań Przemysłu 5.0 w sektorze energetycznym dokonano podziału zmiennych na cztery grupy procesów, tj.: zarządzanie zapasami, zarządzanie należnościami i zobowiązaniami, integracja IoT w monitorowaniu aktywów, automatyzacja procesów finansowych pod kątem efektywności oraz inne. W ramach pozycji „inne” wyszczególniono: automatyzację raportowania ESG, strategię typu *working capital management* (WCM), innowacyjne instrumenty finansowe oraz cyberbezpieczeństwo.

3. Wyniki badań

Sektor energetyczny w Polsce reprezentowany jest przez wąską grupę przedsiębiorstw, funkcjonujących najczęściej w formie grup kapitałowych. W indeksie WIG-energia funkcjonuje 14 podmiotów (tzw. komponenty), tj. Będzin, CEZ, Columbus, Enea, Kogenera, MLSystem, Novavisgr, Onde, Photon, PEP, PGE, Paen, Tauron PE, Zepak. W badaniach przedstawiono zarówno opinie respondentów [N=24] oraz uśrednione, najczęściej pokrywające się w stosunku do analizowanego przedsiębiorstwa [N=14].

W tabeli 1 zaprezentowano statystyki sektora w postaci wskaźników: aktywności – kapitał obrotowy netto (KON), rentowności - wskaźnik rentowności aktywów ROA (return on assets), rentowność kapitału własnego ROE (return on equity), rentowność sprzedaży ROS (return on sale) oraz wskaźnika wartości rynkowej EV (enterprise value) – wartość przedsiębiorstwa na akcję. Inicjatywy przedsiębiorstw wynikające z konieczności dostosowania się do wymagań Gospodarki 5.0 wymuszają zaangażowanie dodatkowego kapitału, a postęp i innowacje często skutkować mogą większą sprzedażą (zwiększenie zapasów w postaci materiałów, produkcji w toku, wyrobów gotowych). Nie zawsze w tym samym czasie następuje kompensata zobowiązań wobec kontrahentów – należnościami od odbiorców. Nadwyżka, która staowi kapitał obrotowy netto, powinna być „zarządzalna”, a więc optymalizowana i finansowana kapitałem własnym lub innym rodzajem zobowiązań. Średni poziom KON w sektorze energetycznym wyniósł ponad 8 mln zł, przy czym najwyższy wskaźnik miał miejsce w CEZ (ponad 82 mld), PGE (ok 10 mld), Enea (6,2 mld). W kontekście sektora, jego połowa, tj. 7 podmiotów posiadało poziom tego wskaźnika niższy od średniej.

Tab. 1. Podstawowe statystyki sektora WIG-ENERG w 2022 roku (średnia, N=14)

Wskaźnik	KON [PLN]	ROA [%]	ROE [%]	ROS [%]	EV na akcję [PLN]
Wartość	8 230 017 692	-15,6293	-31,6207	-0,02078	45,74357

Źródło: opracowanie własne na podstawie sprawozdań finansowych za IIQ2023 opublikowanych na stronie <https://www.biznesradar.pl/spolki-wskazniki-aktywnosci/index:WIG-ENERG,KON,2,2> [18.09.2023].

Wskaźniki rentowności komponentów WIG-energia (średnie) przyjęły ujemne wartości. Wpływ na niską średnią ROA miało 6 komponentów (MLSystem, Zepak, Enea, Photon, Columbus, Będzin). Natomiast najwyższy poziom ROA odnotowano w Novavisgr, Raen – są to podmioty prywatne, inwestujące kapitał w odnawialne źródła energii (OZE). W przypadku wskaźnika ROE, oprócz Novavisgr (113%), bardzo wysoką rentowność kapitału odnotowano w Columbus (812%) – podmiocie intensywnie inwestującym w obszarze OZE. Bardzo niską lub ujemną rentowność odnotowano w Enea, Zepak, Tauron PE czy PGE. Ostatni wskaźnik rentowności ROS na ujemnym poziomie odnotowano u 6 komponentów tj. Enea, MLSystem, Zepak, Photon, Columbus, Będzin. Najwyższa rentowność sprzedaży ok 60% wystąpiła w Novavisgr. Ostatnim analizowanym wskaźnikiem to EV na akcję, którego średnia komponentów wyniosła 45,74 zł.

W kolejnym etapie badania (tab. 2) przedstawiono wyniki badania ankietowego przeprowadzonego wśród menagerów komponentów WIG-energia. Na ich podstawie można stwierdzić, że podmioty w znaczącej większości stosują takie rozwiązania jak: automatyzacja procesów finansowych np. automatyczne skanowanie faktur, odczytywania z zastosowaniem sztucznej inteligencji itp., raportowanie ESG z wykorzystaniem *Business Intelligence* (BI), platform informatycznych integrujących i przygotowujących automatycznie raporty, automatyzacja procesu zarządzania kapitałem obrotowym netto (WCM). Stosunkowo dużo podmiotów stosuje nowoczesne rozwiązania w obszarze zarządzania należnościami i zobowiązaniami (ponad 78%).

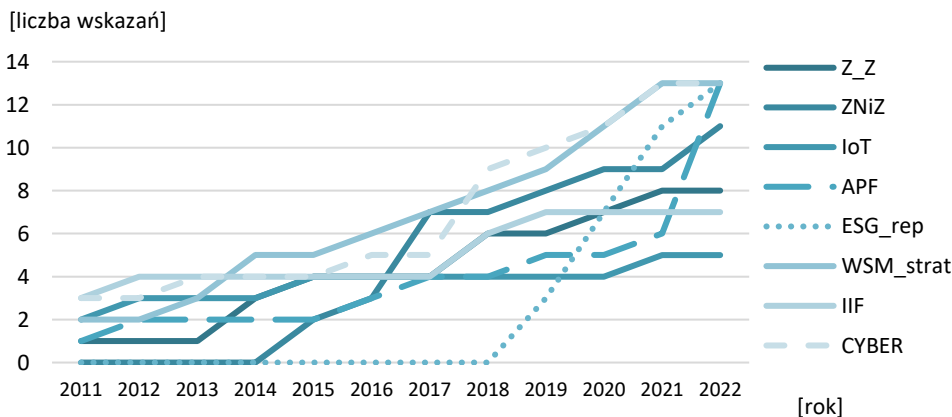
Tab. 2. Wykorzystanie sztucznej inteligencji w ramach rozwiązań wynikających z Gospodarki 5.0 w obszarze finansów w badanych podmiotach (liczba wskazań, wielokrotny wybór, N=14)

Obszar	Skrót	Liczba wskazań (rok 2022)	Odsetek (%)
Efektywne Zarządzanie Zapasami	Z_Z	8	57,14
Efektywne Zarządzanie Należnościami i Zobowiązaniami	ZNiZ	11	78,57
Integracja IoT w Monitorowaniu Aktywów	IoT	5	35,71
Automatyzacja Procesów Finansowych	APF	13	92,86

Obszar	Skrót	Liczba wskazań (rok 2022)	Odsetek (%)
Raportowanie ESG	ESG_rep	13	92,86
Strategie WCM	WCM_strat	13	92,86
Innowacyjne instrumenty finansowe	IIF	7	50,00
Cyberbezpieczeństwo	CYBER	13	92,86

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wyników wykorzystania rozwiązań z zastosowaniem sztucznej inteligencji wskazuje na bardzo wysoki poziom ich implikacji w sektorze energetycznym, jednakże ich zastosowanie wzrastało sukcesywnie w poszczególnych latach. O ile w latach 2011-2014 podmioty stosowały zaledwie kilka wdrożeń, głównie z zakresu cyberbezpieczeństwa i IoT w obszarze wytwarzania energii, to od 2015 można zauważyć znaczącą dynamikę wzrostu, w szczególności w obszarach automatyzacji procesów finansowych oraz dalsze doskonalenie cyberbezpieczeństwa. Od 2018 roku widoczne jest także zastosowanie sztucznej inteligencji w obszarze przygotowań do raportowania taxonomii ESG (rys. 1).

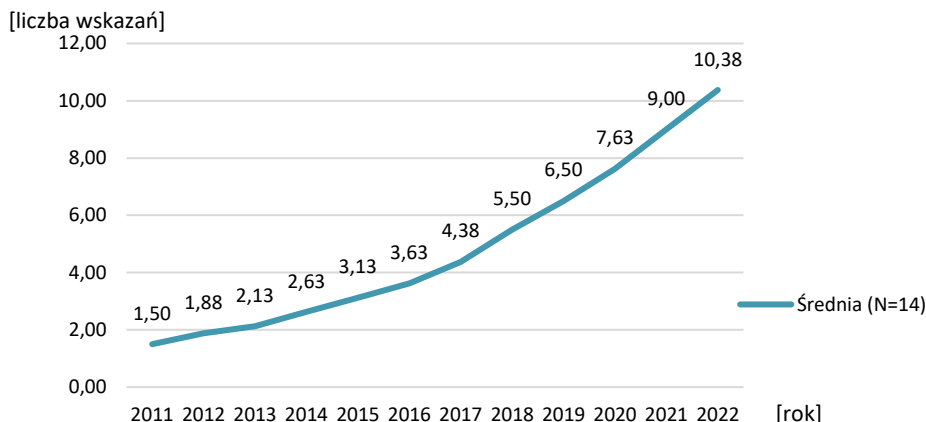


Rys. 1. Wykorzystanie sztucznej inteligencji w ramach rozwiązań wynikających z Gospodarki 5.0 w obszarze finansów w badanych podmiotach w latach 2011-2022 (N=14)

Źródło: opracowanie własne.

Powyższe znajduje także potwierdzenie na rys. 2, gdzie zaprezentowano średni poziom wdrożeń sztucznej inteligencji w poszczególnych latach. W roku 2011 średnio między 1-2 podmioty stosowały rozwiązania z zastosowaniem sztucznej

inteligencji, w 2022 roku wskaźnik wynosi 74%, tj. 10 podmiotów z 14 badanych stosuje te rozwiązania.



Rys. 2. Wykorzystanie sztucznej inteligencji w ramach rozwiązań wynikających z Gospodarki 5.0 w obszarze finansów w badanych podmiotach w latach 2011-2022 (średnia, N=14)

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem badania były relacje zastosowanych rozwiązań ze wskaźnikami aktywności (KON), rentowności (ROA, ROE, ROS) oraz wartość firmy (EV na akcję). Wyniki w formie macierzy korelacji przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Wpływ stosowania sztucznej inteligencji w ramach rozwiązań wynikających z Gospodarki 5.0 w obszarze finansów w badanych podmiotach na ich rentowność i wartość przedsiębiorstwa na akcję – współczynniki korelacji [N=14]

	KON	ROA	ROE	ROS	EV/A	Z_Z	ZNiZ	IoT	APF	ESG_re p	WCM_ strat	IIF	CYBER
KON	1	0,172	0,072	0,074	0,834	0,021	0,451	0,384	-0,298	0,456	0,079	0,532	-0,298
ROA	0,172	1	0,296	0,479	0,178	0,505	0,222	0,317	-0,060	-0,112	-0,258	0,396	-0,060
ROE	0,072	0,296	1	0,141	0,139	0,375	-0,206	0,266	0,266	0,110	-0,090	-0,317	0,251
ROS	0,074	0,479	0,141	1	0,114	0,175	0,343	0,101	0,292	-0,084	0,707	-0,029	0,292
EV/A	0,834	0,178	0,139	0,114	1	-0,127	0,301	0,616	0,056	0,156	0,188	0,359	0,056
Z_Z	0,021	0,505	0,375	0,175	-0,127	1	0,603	0,344	-0,240	0,320	-0,240	0,577	-0,240
ZNiZ	0,451	0,222	-0,206	0,343	0,301	0,603	1	0,389	0,531	0,531	-0,145	0,522	-0,145
IoT	0,384	0,317	0,266	0,101	0,616	0,344	0,389	1	0,207	0,207	0,207	0,447	0,207
APF	-0,298	-0,060	0,110	0,292	0,056	-0,240	-0,145	0,207	1	-0,077	-0,077	-0,277	-0,234

	KON	ROA	ROE	ROS	EV/A	Z_Z	ZNiZ	IoT	APF	ESG_rep	WCM_strat	IIF	CYBER
ESG_rep	0,456	-0,112	-0,090	-0,084	0,156	0,320	0,531	0,207	-0,077	1	-0,077	0,277	-0,077
WCM_strat	0,079	-0,258	-0,317	0,707	0,188	-0,240	-0,145	0,207	-0,077	-0,077	1	0,277	-0,077
IIF	0,532	0,396	0,251	-0,029	0,359	0,577	0,522	0,447	-0,277	0,277	0,277	1	-0,277
CYBER	-0,298	-0,060	0,110	0,292	0,056	-0,240	-0,145	0,207	-0,234	-0,077	-0,077	-0,277	1

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem XLMiner Analysis ToolPak.

Siła korelacji jest tym większa, im bliżej jego skrajnych przedziałów znajduje się wartość współczynnika. Najwyższe wartości współczynnika wystąpiły w przypadku relacji KON i EV na akcję (0,834), co oznacza że tak jak zakładano, poziom KON wpływa na wartość przedsiębiorstwa. Z kolei na poziom KON wpływają głównie Innowacyjne instrumenty finansowe IIF (0,532). W przypadku 8 wskaźników zastosowania AI najsilniejszy dodatni związek ma miejsce pomiędzy IoT a EV na akcję (0,616), IIF a Z_Z (0,577) oraz ESG_rep a ZNiZ (0,531). Natomiast bardzo silna relacja istnieje pomiędzy strategią WCM, a wskaźnikiem rentowności sprzedaży ROS (-0,707).

Podsumowaniem badania była próba poszukiwania zastosowań sztucznej inteligencji w energetyce w przyszłości. W tym celu respondentom zadano pytanie otwarte, na które mogli oni zaproponować trzy odpowiedzi. Wyniki pogrupowano wg 9 kategorii i zestawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Wskazania badanych w odpowiedzi na pytanie „Wymień 3 technologie, które radykalnie zmienią rynek energii w najbliższej dekadzie (pytanie otwarte)” [N=24]

Rodzaj odpowiedzi	Liczba wskazań	Odsetek [%]
Big data i prognozowanie cen energii, produkcji i dystrybucji	2	2,78
Sztuczna inteligencja (AI) i uczenie maszynowe (ML)	7	9,72
Cyfrowe platformy do zarządzania zasobami energetycznymi oraz logistyką	3	4,17
Sieci smart grid oraz modele reagowania na zmiany popytu na energię	6	8,33
Wirtualne elektrownie (VPP – Virtual Power Plants)	7	9,72
Systemy zarządzania energią przez konsumentów i prosumentów	26	36,11
Internet budynków	3	4,17
Technologia blockchain i tokenizacja energii	5	6,94
Przetwarzanie danych w chmurze	13	18,06
suma	72	100,00

Źródło: opracowanie własne.

Ponad 36% wskazań dotyczyło systemów zarządzania energią przez konsumentów i prosumentów, ponad 18% przetwarzania danych za pomocą rozwiązań chmurowych. Zaledwie 10% wskazań dotyczyło dalszego rozwoju zastosowań AI i uczenia maszynowego oraz przenoszenia obszaru produkcji z realnego w wirtualny przy wykorzystaniu wirtualnej elektrowni (VPP).

4. Dyskusja wyników

Przeprowadzone badanie potwierdza założenia Marciniaka [2020], że historycznie wciąż ma miejsce doskonalenie metod zarządzania w perspektywie rozwoju Przemysłu 5.0 z wykorzystaniem AI oraz Klekowskiego [2023] dotyczące wpływu AI na rozwój i transformację sektora energetycznego w Polsce. W tym kontekście efektywne zarządzanie KON staje się kluczowym elementem utrzymania płynności finansowej i konkurencyjności przedsiębiorstw mającym wpływ na wartość przedsiębiorstwa i jak zakładali Lining i in. (2023) – ograniczenie ryzyka finansowego. Badanie potwierdza założenie, że dostosowanie aktywności na poziomie operacyjnym do zmienionych zasad w zakresie alokacji kapitału w zgodzie z efektywną transformacją energetyczną powinno być wspierane technologią opartą na sztucznej inteligencji. Kluczowe dla branży energetycznej jest przyspieszenie transformacji procesów głównych, a w tym może pomóc sztuczna inteligencja. Dla przykładu prognozowanie produkcji z odnawialnych źródeł energii na bazie danych z IoT jest bardziej precyzyjne przy zastosowaniu uczenia maszynowego. Duża dokładność prognoz pozwala na realizację korzyści finansowych i zwiększanie możliwości podłączenia nowych mocy wytwórczych.

Automatyzacja procesów płatniczych (efektywne zarządzanie należnościami i zobowiązaniami) umożliwia optymalizację czasu i kosztów procesów płatniczych. Przedsiębiorstwa energetyczne w Polsce, korzystając z nowych rozwiązań, są w stanie przyspieszyć rozliczenia transakcji, co nie tylko skraca cykle finansowe, ale także redukuje ryzyko błędów ludzkich. Badanie pokazuje, że inwestowanie w systemy automatyzacji płatności, pozwala na większą efektywność gospodarki zapasami, ale też na utrzymanie pozytywnej reputacji wśród kontrahentów i partnerów biznesowych.

Badanie miało na celu zasygnalizowanie poziomu wykorzystania narzędzi AI oraz pewnych relacji zachodzących tylko w ramach badanego sektora energetycznego. Natomiast dla pozyskania kompletnego obrazu tych relacji wskazanym jest przeprowadzenie analizy porównawczej w wielu sektorach gospodarki, na reprezentatywnej grupie przedsiębiorstw.

Podsumowanie

Przedstawione obszary, w których AI może generować znaczące korzyści w przedsiębiorstwie energetycznym wpływają na efektywność operacyjną, optymalizację decyzji finansowych oraz zdolność firm do dostosowywania się do dynamicznie zmieniających się warunków rynkowych. Rola AI we wskazanych w artykule obszarach skutkuje poprawą rentowności przedsiębiorstw energetycznych poprzez:

efektywne zarządzanie zapasami, zarządzanie należnościami i zobowiązaniami, IoT, strategię WCM oraz innowacyjne instrumenty finansowe. Sztuczna Inteligencja umożliwia automatyzację rutynowych zadań, a przy zastosowaniu zaawansowanych algorytmów wspomaga analizę dużych zbiorów danych, co przekłada się na precyzyjne prognozy popytu, efektywne zarządzanie zapasami oraz optymalizację strategii cenowej.

W kontekście zarządzania kapitałem, AI pozwala na automatyzację wielu procesów związanych z finansami, co zwiększa precyzję i szybkość rozliczeń, a także minimalizuje ryzyko wystąpienia błędów. Dzięki analizie danych w czasie rzeczywistym, AI umożliwia dynamiczną modyfikację strategii finansowej lub podatkowej, co pozwala firmom lepiej dostosować się do otoczenia.

Podsumowując wyniki badania, efektywne wykorzystanie sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwach może przyczynić się do zwiększenia rentowności poprzez usprawnienie procesów, optymalizację decyzji finansowych oraz lepsze zarządzanie kapitałem. Dodatkowo, w literaturze podkreśla się, że odpowiednie wdrożenie AI staje się niezbędnym elementem strategii przedsiębiorstw, aby utrzymać konkurencyjność w dynamicznym i cyfrowym środowisku biznesowym [Cao i Zhai J., 2022; Fava, 2023]. Potwierdza to przeprowadzone badanie, gdzie wskazuje się, że systemy zarządzania energią przez konsumentów i prosumentów to kierunek przyszłości.

ORCID iD

Monika Walicka: <https://orcid.org/0000-0002-4499-2318>

Wioletta Czemieli-Grzybowski: <https://orcid.org/0000-0002-1590-0138>

Literatura

1. Aldridge I. (2023), *The AI Revolution: From Linear Regression to ChatGPT and Beyond and How It All Connects to Finance*, Journal of Portfolio Management 49 (9), pp. 64-77.
2. Al-Surmi A., Bashiri M., Koliousis I.(2022), *AI Based Decision Making: Combining Strategies to Improve Operational Performance*, International Journal of Production Research 60 (14), pp. 4464-4486.
3. Anton S. G., Afloarei N. (2021), *The impact of working capital management on firm profitability: Empirical evidence from the Polish listed firms*, Journal of Risk and Financial Management 9 (1), pp. 1-14.
4. Bakkar M.N., McKay E. (2023), *Advanced Research and Real-World Applications of Industry 5.0*, IGI Global.
5. Blenman L., Pham H. T. (2022), *Working Capital Management and Stock Performance: Evidence from an Emerging Market*, International Journal of Applied Economics, Finance and Accounting 14 (2), pp. 137-151.
6. Borowiec L., Kacprzak M., Król A. (2023), *Information Value of Individual and Consolidated Financial Statements for Indicative Liquidity Assessment of Polish Energy Groups in 2018–2021*, Energies 16, 3670.
7. Boyang Ch., Zongxiao W., Ruoran Z. (2023), *From Fiction to Fact: The Growing Role of Generative AI in Business and Finance*, Journal of Chinese Economic & Business Studies, pp. 1-43.
8. Cao L. (2023), *AI in Finance: Challenges, Techniques, and Opportunities*, ACM Computing Surveys 55 (3), pp. 1-38.
9. Cao Y., Zhai J. (2022), *A survey of AI in finance*, Journal of Chinese Economic & Business Studies 20 (2), pp. 125-137.
10. Czemieli-Grzybowska W. (2014), *Preferencje firm opartych na nowych technologiach inwestujących w działalność B+R*, [w:] Wyzwania przedsiębiorczości, Gostowska-Dźwig S., Mroziak M. (red.), Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, s. 18-28.
11. Czemieli-Grzybowska W. (2016), *Paradigms of readiness of new ventures in transcendence of technological pre-entrepreneurship*, [w:] The 9th International Scientific Conference "Business and Management 2016": Conference Proceedings, Vilnius, Vilnius Gediminas Technical University, ISBN 978-609-457-921-9, DOI:10.3846/bm.2016.69.
12. Czemieli-Grzybowska W. (2022), *Conceptualization and Mapping of Predictors of Technological Entrepreneurship Growth in a Changing Economic Environment (COVID-19) from the Polish Energy Sector*, Energies 15 (18), pp. 1-14.

13. Czemieli-Grzybowski W., Walicka M., Żemigala M. (2015), *Technology entrepreneurship - state of the art and future challenges*, Eurasian Journal of Social Sciences 3 (4), pp.10-21.
14. Essel R., Brobbey J. (2021), *The impact of working capital management on the performance of listed firms: evidence of an emerging economy*, International Journal of Industrial Management 12 (1), pp. 389-407.
15. Fava D. (2023), *The Future of Tax Planning: Leveraging Generative AI in High-Net-Worth Contexts*, Journal of financial planning 10, pp. 54-57.
16. Garg M. Ch. (2022), *Components of Working Capital Management and Firm Profitability*, Journal of Applied Finance 28, pp. 34-46.
17. Habib A., Kayani U.N. (2022), *Does the efficiency of working capital management affect a firm's financial distress? Evidence from UAE*, International Journal of Business and Society 22, pp. 1567-1586.
18. Heffron R., Connor R., Tomain J. (2021), *The identification and impact of justice risks to commercial risks in the energy sector: post COVID-19 and for the energy transition*, Journal of Energy & Natural Resources Law 39 (4), pp. 439-468.
19. Hoffmann-Burdzińska K., Stolecka-Makowska A. (2021), *Obszary badawcze gospodarki cyfrowej - analiza bibliometryczna artykułów indeksowanych w wybranych bazach naukowych*, Acta Scientiarum Polonorum Oeconomia 20 (3), s. 5-14.
20. *Industry 5.0. Towards a sustainable, humancentric and resilient European industry* (2021), European commission, Publication office of European Union, Brussel.
21. Jaworski J., Czerwinka L. (2022), *Which Determinants Matter for Working Capital Management in Energy Industry? The Case of European Union Economy*, Energies 15, 3030.
22. Jeanne O., Sandri D. (2023), *Global financial cycle and liquidity management*, Journal of International Economics, pp. 1-39.
23. Klekowski T. (2023), *Jak sztuczna inteligencja może przyspieszyć transformację sektora energetycznego w Polsce?*, w: Gajewski Z. (red.), *Raport Obserwatorium Transformacji Cyfrowej THINKTANK*, Warszawa.
24. *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów Europejski Zielony Ład*, COM/2019/640, Bruksela.
25. Lining Y., Härdle W.K., Borke L., Benschop T. (2023), *An AI approach to measuring financial risk*, Singapore Economic Review 68 (5), pp. 1529-1549.
26. Marciniak S. (2020), *Rola metod zarządzania w Gospodarcze 4.0.*, Research Papers of the Wrocław University of Economics 64 (6), pp. 142-152.
27. McAfee A., Rock D., Brynjolfsson E. (2023), *How to Capitalize on Generative AI*, Harvard Business Review 101 (6), pp. 42-48.

28. Moczydłowska J.M. (2022), *Przemysł 4.0 (?) Ludzie i technologie*, Difin, Warszawa.
29. Nowak E. M., Ezzo N. (2023), *How Innovation Drives Productivity - How Generative AI Augments Finance*, *Credit & Financial Management Review* 29 (3), pp. 11-24.
30. Oneshko S., Nazarenko A., Koval O., Yaremko I., Pysarchuk O. (2023), *Бухгалтерський облік та фінансова звітність в іт-сфері України: можливості штучного інтелекту*, *Financial & Credit Activity: Problems of Theory & Practice* 4 (52), pp. 79-96.
31. Papadopoulos T., Sivarajah U., Spanaki K., Despoudi S., Gunasekaran A. (2022), *Artificial Intelligence (AI) and data sharing in manufacturing, production and operations management research*, *International Journal of Production Research* 60 (14), pp. 4361-4364.
32. *Polish Energy Policy until 2040* (2021), Ministry of Climate and Environment, Warsaw, p. 264.
33. Sokolowski M.M., Taylor M. (2023), *Just energy business needed! How to achieve a just energy transition by engaging energy companies in reaching climate neutrality: (re)conceptualising energy law for energy corporations*, *Journal of Energy & Natural Resources Law* 41, pp. 157-174.
34. Tomaszewska R., Pawlicka A. (2021), *Praca w warunkach czwartej rewolucji przemysłowej. Nowe wyzwania dla humanizacji*, *Zarządzanie Zasobami Ludzkimi* 141 (4), s. 73-86.
35. Xun X., Yuqian L., Vogel-Heuser B., Wang L. (2021), *Industry 4.0 and Industry 5.0 - Inception, conception and perception*, *Journal of Manufacturing Systems* 61, pp. 530-535.
36. Yan Ing L., Grossman G. M. (2024), *Robots and AI: A New Economic Era*, Routledge-ERIA Studies in Development Economics, Routledge, London.
37. Zimon G., Tarighi H., Salehi M., Sadowski A. (2022), *Assessment of Financial Security of SMEs Operating in the Renewable Energy Industry during COVID-19 Pandemic*, *Energies* 15, 9627.

Artificial intelligence and working capital management in the prism of Industry 5.0

Abstract

The aim of the article was to analyze the applications of new technological solutions using Industry 5.0 with artificial intelligence (AI) in the management of the financial area of the enterprise and their relations with key profitability indicators, such as net working capital (WCM) and enterprise value (EV). The study was conducted on entities supplying electricity listed at WIG-energia index on the Warsaw Stock Exchange. Combined with CAWI methods and financial analysis was used. The relation of using new solutions solved taking into account the final correlation. The results of the study conclude that in the energy sector AI is implemented at activities and processes as: power automation, e.g. automatic scanning of invoices, reporting using artificial intelligence, etc., ESG reporting using Business Intelligence (BI), a platform integrating and preparing automatic reports, automation of the capital management process. Additionally, it has been shown that there is a strong relationship between AI in capital management strategy and return on sale (ROS) and a strong relationship between WCM and enterprise value.

Key words

Industry 5.0, artificial intelligence, AI, working capital management, WCM, energy