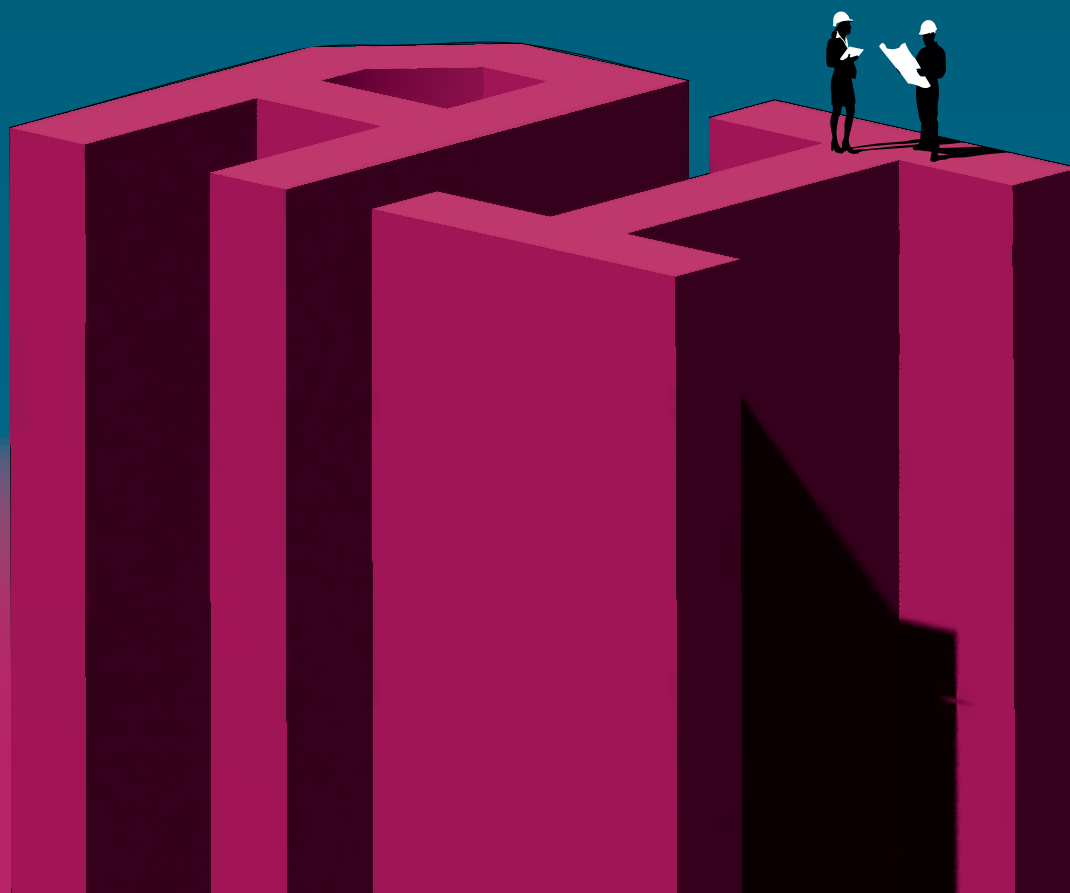


Fundament i algorytm

Polskie budownictwo
w epoce sztucznej inteligencji
– strukturalna transformacja sektora,
suwerenność danych oraz redefinicja ról
uczestników procesu budowlanego

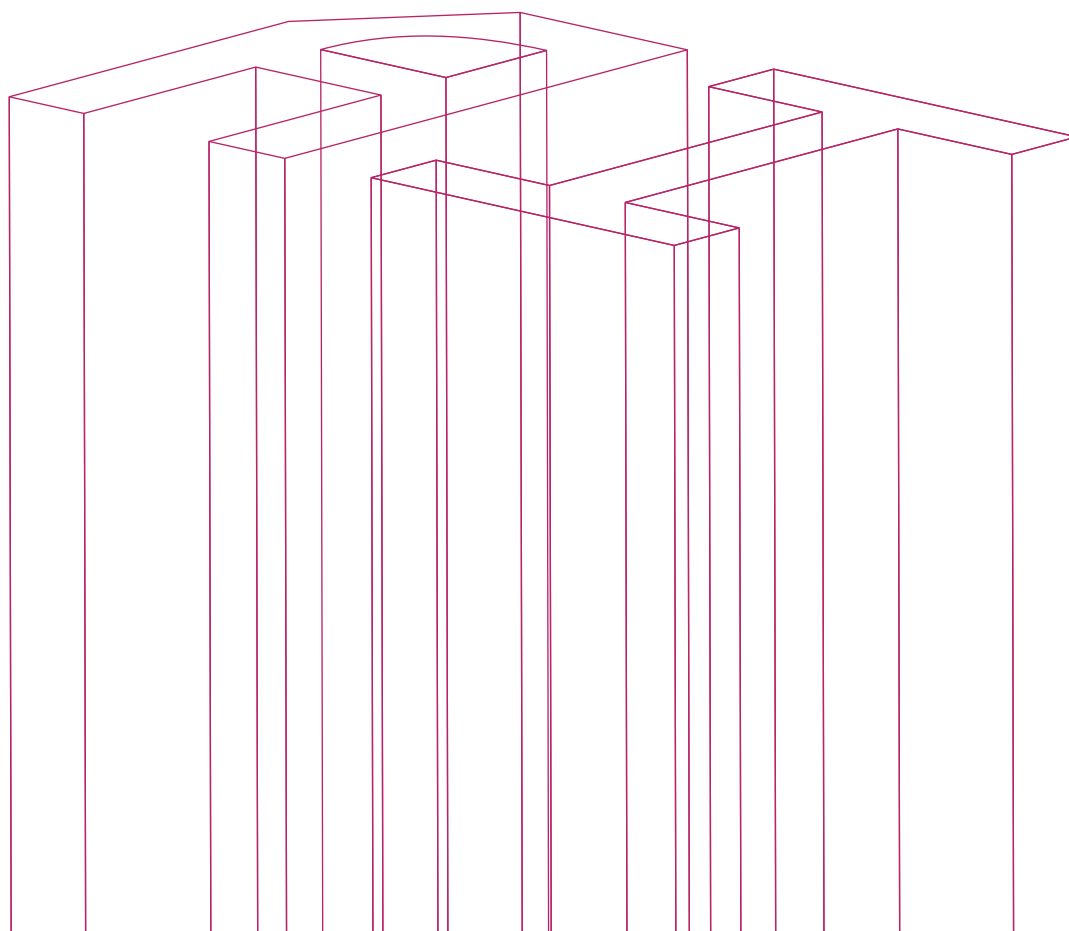
Radostaw Wojnowski



Fundament i algorytm

**Polskie budownictwo
w epoce sztucznej inteligencji
– strukturalna transformacja sektora,
suwerenność danych oraz redefinicja ról
uczestników procesu budowlanego**

Radosław Wojnowski





Spis treści

Wstęp	5
Co naprawdę zmienia AI w budownictwie i dlaczego nie jest to tylko kwestia narzędzi	
01. Siła strukturalna	6
Dlaczego budownictwo dotąd opierało się falom technologicznym co tym razem jest inne	
02. Sieć zamiast linii	9
Jak sztuczna inteligencja rekonfiguruje system budowlany i gdzie napotyka praktyczne granice	
03. Kto zyska, kto straci	12
Zróżnicowany wpływ AI na inżynierów, architektów, wykonawców, administrację i na tożsamość zawodu	
04. Praca, płaca i prestiż	15
Rynek pracy w sektorze budowlanym pod wpływem AI	
05. Państwo, infrastruktura, suwerenność	18
Polityka publiczna wobec AI w sektorze budowlanym	
06. Trzy scenariusze	21
Polskie budownictwo 2026–2035 w warunkach rosnącej roli AI	
07. Konkluzje strategiczne	24
Dziesięć tez o przyszłości polskiego budownictwa w epoce AI	

Wstęp

Co naprawdę zmienia AI w budownictwie i dlaczego nie jest to tylko kwestia narzędzi

Najczęstszy błąd w rozmowie o sztucznej inteligencji w budownictwie polega na tym, że traktuje się ją jak kolejne narzędzie projektowe – sprawniejszy CAD, szybszy BIM, lepszy kosztorys. Tymczasem AI nie jest kolejnym programem w pakiecie inżyniera. Jest czynnikiem, który zmienia logikę całego procesu inwestycyjnego – sposób, w jaki podmioty interpretują dane, alokują zasoby i ponoszą odpowiedzialność. To różnica jakościowa, nie ilościowa.

Niniejszy raport jest próbą uporządkowania tej zmiany z perspektywy ekonomicznej, instytucjonalnej i społecznej – z myślą o środowisku polskich inżynierów budownictwa oraz o samorządzie zawodowym, który w warunkach głębokiej transformacji technologicznej zyskuje, a nie traci na znaczeniu.

Analiza prowadzona jest wokół kilku tez. Pierwsza brzmi paradoksalnie: AI nie marginalizuje budownictwa, lecz wzmacnia jego strategiczną pozycję. Druga: przewaga konkurencyjna przesuwana się z doświadczenia i skali w stronę zdolności do pracy z danymi, co stawia w centrum kompetencje analityczne i interpretacyjne, a nie tylko obsługę narzędzi. Trzecia: zawód inżyniera budownictwa, wbrew obiegowym narracjom o zastępowaniu pracy ludzkiej, zyskuje na znaczeniu – bo to człowiek pozostaje punktem, w którym dane stają się decyzją, a decyzja – odpowiedzialnością.

Sztuczna inteligencja nie zastąpi systemu budowlanego.
Zdecyduje o tym, które jego elementy będą miały
znaczenie w przyszłości.

Raport zamykają komentarze ekspertów, którzy z różnych perspektyw — psychologii zawodu, ekonomiki danych i suwerenności technologicznej — uzupełniają analizę o doświadczenie praktyczne. Ich głosy nie są dopiskiem, lecz integralną częścią diagnozy: pokazują, gdzie wnioski raportu wymagają zaostreń, a gdzie — uzupełnienia o realia polskiego rynku.

01. Siła strukturalna

Dlaczego budownictwo dotąd opierało się falom technologicznym i co tym razem jest inne

Współczesna debata o wpływie sztucznej inteligencji na gospodarkę zbyt często sprowadza się do katalogu zastosowań – generatywne projektowanie, optymalizacja harmonogramów, predykcja kosztów. To ujęcie myli skutek z istotą. W kategoriach ekonomicznych i instytucjonalnych AI – wraz z całym aparatem uczenia maszynowego – należy traktować jako technologię ogólnego zastosowania (General Purpose Technology), porównywalną z elektrycznością czy internetem. Jej rzeczywiste znaczenie polega nie na tym, że pozwala robić coś szybciej, lecz na tym, że ingeruje w sam rdzeń procesów decyzyjnych: zmienia sposób, w jaki podmioty gospodarcze interpretują rzeczywistość, alokują zasoby i zarządzają ryzykiem¹.

Sektor budowlany przez długi czas pozostawał wobec takich fal odporny. Wynikało to z jego materialnego charakteru oraz ze specyfiki procesów inwestycyjnych – z natury złożonych, silnie zindywidualizowanych i osadzonych w konkretnym kontekście przestrzennym. W odróżnieniu od finansów czy telekomunikacji, w których procesy można standaryzować i automatyzować na dużą skalę, budownictwo operuje w środowisku niepowtarzalnych projektów, zmiennych warunków terenowych oraz wielości interesariuszy. Kolejne fale technologiczne – choć istotne – nie prowadziły do zasadniczej rekonfiguracji struktury sektora, a jedynie do stopniowej poprawy efektywności jego elementów².

Wprowadzenie AI zmienia ten stan rzeczy fundamentalnie. Po raz pierwszy pojawia się technologia, która nie tylko wspiera realizację procesów, lecz także ingeruje w ich projektowanie, optymalizację i ocenę. Wcześniejsze rozwiązania cyfrowe (CAD, BIM) umożliwiały lepsze modelowanie obiektów budowlanych. AI pozwala na coś radykalnie innego: modelowanie samego procesu decyzyjnego. To przejście od cyfryzacji reprezentacji rzeczywistości do cyfryzacji jej interpretacji – i właśnie ono zmienia logikę całego cyklu życia obiektu budowlanego³.

1 E. Brynjolfsson, A. McAfee, *The Second Machine Age*, W.W. Norton & Company, New York 2014.

2 McKinsey Global Institute, *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*, McKinsey & Company, 2017.

3 A. Borrmann, M. König, C. Koch, J. Beetz (red.), *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*, Springer, Cham 2018.

Z perspektywy ekonomicznej skutkiem wdrożenia takiej technologii nie są pojedyncze innowacje produktowe czy procesowe, lecz stopniowa rekonfiguracja całych łańcuchów wartości i efekt rozlewania się (spillover). W budownictwie oznacza to przesunięcie punktu ciężkości z zasobów materialnych i organizacyjnych w stronę zasobów informacyjnych oraz zdolności ich przetwarzania. Dane – dotąd produkt uboczny inwestycji – stają się zasobem strategicznym, który determinuje jakość decyzji i efektywność realizacji.⁴

Asymetria adopcji i ryzyko polaryzacji

Wpływ AI na sektor budowlany nie jest jednorodny ani liniowy. Jego dynamika zależy od uwarunkowań instytucjonalnych, poziomu rozwoju technologicznego i struktury rynku. Szczególne znaczenie ma fragmentacja sektora – w Polsce, podobnie jak w wielu krajach europejskich, wysoka. Duża liczba małych i średnich przedsiębiorstw, ograniczone zasoby kapitałowe oraz relatywnie niski poziom integracji cyfrowej powodują, że adaptacja nowych technologii przebiega nierównomiernie. Powstaje ryzyko pogłębiającej się asymetrii pomiędzy podmiotami zdolnymi do wykorzystania AI a tymi, które pozostają poza jej zasięgiem⁵.

W tym kontekście rola instytucji publicznych oraz samorządu zawodowego staje się stabilizująca i integrująca. AI – choć uniwersalna w sensie technologicznym – nie funkcjonuje w próżni. Jej efektywne wykorzystanie wymaga ram regulacyjnych, standardów wymiany danych oraz systemów certyfikacji kompetencji. W sektorze, w którym odpowiedzialność za bezpieczeństwo publiczne ma charakter fundamentalny, automatyzacja procesów analitycznych nie zwalnia z odpowiedzialności za ich rezultaty – przeciwnie, zwiększa wagę decyzji podejmowanych na ich podstawie⁶.

Nowa kategoria ryzyka – ryzyko informacyjne

Tradycyjnie ryzyko w budownictwie wiązało się z czynnikami fizycznymi i organizacyjnymi: błędami wykonawczymi, opóźnieniami, nieprzewidzianymi warunkami gruntowymi. W warunkach rosnącej roli AI coraz większego znaczenia nabiera ryzyko informacyjne – związane z jakością danych, trafnością modeli i ich interpretacją. Błędna decyzja oparta na niewłaściwie przetworzonych danych może mieć konsekwencje o znacznie większej skali niż tradycyjne błędy operacyjne, ponieważ wpływa na cały proces inwestycyjny, a nie tylko jego wybrany etap⁷.

Z makroekonomicznego punktu widzenia transformacja cyfrowa zmienia popyt na pracę: rośnie znaczenie kompetencji analitycznych i technologicznych, maleje zapotrzebowanie na pracę rutynową. Budownictwo zajmuje w tym układzie pozycję szczególną. Jego materialny charakter ogranicza możliwość pełnej automatyzacji, ale rosnące znaczenie infrastruktury jako podstawy gospodarki cyfrowej zwiększa jego znaczenie strategiczne. AI nie prowadzi więc do marginalizacji budownictwa – przeciwnie, wzmacnia jego pozycję jako sektora wspierającego rozwój całej gospodarki⁸.

Konsekwencją tych procesów jest rekonfiguracja relacji wewnątrz systemu. Przewaga konkurencyjna przestaje wynikać wyłącznie z doświadczenia czy skali, a zaczyna być determinowana zdolnością do efektywnego wykorzystania danych. Podmioty potrafiące integrować informacje

4 E. Brynjolfsson, A. McAfee, *The Second Machine Age*, W.W. Norton & Company, New York 2014.

5 Eurostat, *Use of Artificial Intelligence in Enterprises*, European Commission, 2024.

6 OECD, *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris 2019.

7 World Economic Forum, *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*, 2016.

8 PwC, *Global Artificial Intelligence Study: Exploiting the AI Revolution*, 2017.

z różnych źródeł, modelować scenariusze i podejmować decyzje na bazie zaawansowanych analiz zyskują istotną przewagę. Jednocześnie rośnie znaczenie kompetencji związanych z interpretacją wyników generowanych przez systemy AI, co prowadzi do zmiany profilu zawodowego wielu uczestników procesu inwestycyjnego⁹.

Kierunek transformacji nie jest jednak zdeterminowany wyłącznie przez możliwości technologiczne. Zależy w równym stopniu od zdolności systemu do absorpcji nowych narzędzi – od jakości instytucji, poziomu kompetencji oraz spójności strategii rozwojowych. W tym sensie AI nie stanowi zewnętrznego czynnika oddziałującego na sektor budowlany, lecz staje się jego integralnym elementem. Zmienia sposób myślenia o samym procesie budowlanym jako systemie decyzji, zależności i odpowiedzialności. To właśnie ta zmiana – bardziej niż jakiegokolwiek pojedyncze zastosowanie technologiczne – stanowi istotę transformacji, której jesteśmy świadkami.

9 E. Brynjolfsson, T. Mitchell, *What Can Machine Learning Do? Workforce Implications*, Science, Vol. 358, No. 6370, 2017.

02. Sieć zamiast linii

Jak sztuczna inteligencja rekonfiguruje system budowlany i gdzie napotyka praktyczne granice

Analiza wpływu AI na budownictwo wymaga porzucenia ujęcia liniowego, w którym proces inwestycyjny jest sekwencją następujących po sobie etapów realizowanych przez wyodrębnione grupy uczestników. System budowlany w istocie ma charakter sieciowy: jego funkcjonowanie opiera się na dynamicznych relacjach między podmiotami, które współtworzą inwestycję poprzez wymianę informacji, podejmowanie decyzji i ponoszenie odpowiedzialności. AI ingeruje właśnie w ten poziom – poziom relacji.

W modelu tradycyjnym relacje między uczestnikami procesu były determinowane przez dostęp do wiedzy eksperckiej oraz formalne przypisanie kompetencji. Inwestor definiował cele i alokował kapitał, projektanci przekładali założenia funkcjonalne na rozwiązania techniczne, wykonawcy realizowali inwestycję, administracja pełniła funkcję kontrolną i regulacyjną. Informacja przepływała sekwencyjnie, a jej integracja była ograniczona zarówno technologicznie, jak i organizacyjnie. System ten charakteryzował się więc znaczną podatnością na asymetrię informacji, opóźnienia decyzyjne i konflikty interpretacyjne¹⁰.

AI prowadzi do fundamentalnej zmiany tej architektury. Kluczowym zasobem przestaje być sama wiedza ekspercka rozumiana jako doświadczenie jednostki, a staje się nim zdolność do przetwarzania dużych zbiorów danych i generowania na ich podstawie wiarygodnych rekomendacji. Przewaga konkurencyjna przesuwana się z poziomu indywidualnego doświadczenia na poziom systemowej zdolności analitycznej¹¹. Podmioty zdolne do integracji danych z wielu źródeł – projektowych, wykonawczych, środowiskowych, ekonomicznych – zyskują możliwość podejmowania decyzji o wyższej jakości i niższym poziomie niepewności.

Od sekwencji do równoległości

Konsekwencją tego procesu jest przejście od modelu sekwencyjnego do modelu równoległego: poszczególne etapy procesu inwestycyjnego przestają być od siebie wyraźnie oddzielone.

¹⁰ McKinsey Global Institute, *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*, McKinsey & Company, 2017.

¹¹ E. Brynjolfsson, A. McAfee, *The Second Machine Age*, W.W. Norton & Company, New York 2014.

Projektowanie, analiza kosztów, ocena ryzyka i planowanie realizacji zaczynają się przenikać, tworząc zintegrowany system decyzyjny. AI umożliwia analizowanie wielu scenariuszy jednocześnie i ich optymalizację w czasie zbliżonym do rzeczywistego¹². Proces inwestycyjny przyspiesza, ale rośnie też jego złożoność – decyzje podejmuje się na podstawie znacznie większej liczby zmiennych.

W tym nowym układzie kluczowa jest kontrola nad danymi. Przeszły być one produktem ubocznym inwestycji, a stają się jej zasobem podstawowym. To dostęp do danych i zdolność ich przetwarzania określają pozycję poszczególnych uczestników. W literaturze ekonomicznej proces ten opisywany jest jako przejście do gospodarki opartej na danych (data-driven economy), w której wartość generowana jest nie tylko przez produkcję dóbr materialnych, lecz przede wszystkim przez analizę informacji¹³.

Nowy uczestnik systemu – dostawca platform analitycznych

W praktyce pojawia się nowy typ uczestnika systemu budowlanego: dostawca technologii i platform analitycznych. Podmiot ten nie bierze bezpośredniego udziału w realizacji inwestycji, lecz wpływa na jej przebieg, dostarczając narzędzia decyzyjne. Często globalny, ma zdolność agregowania i analizowania danych na skalę niedostępną dla pojedynczych uczestników rynku. W konsekwencji może pośrednio kształtować decyzje inwestycyjne i tym samym strukturę całego sektora¹⁴.

Rekonfiguracja nie ogranicza się jednak do pojawienia się nowych graczy. Równie ważne są zmiany w relacjach między podmiotami tradycyjnymi. Inwestorzy, wyposażeni w narzędzia analityczne, zyskują większą kontrolę nad procesem: precyzyjniej oceniają ryzyko, prognozują koszty, analizują efektywność rozwiązań. Rośnie ich zdolność do egzekwowania standardów jakości i optymalizacji ekonomicznej projektów.

Zmienia się też pozycja projektantów i wykonawców. Ich rola przestaje sprowadzać się wyłącznie do realizacji zadań technicznych – obejmuje teraz zdolność do współpracy w ramach zintegrowanych systemów informacyjnych. W praktyce oznacza to konieczność dostosowania się do nowych standardów pracy, w których kluczowa jest interoperacyjność danych, transparentność procesów i sprawność w środowisku cyfrowym¹⁵.

Szczególną rolę odgrywa administracja publiczna, która musi zapewnić stabilne ramy funkcjonowania systemu. W warunkach rosnącej roli AI staje przed wyzwaniem nie tylko regulacyjnym, lecz również technologicznym: z jednej strony musi dostosować przepisy do nowych realiów, z drugiej – sama stać się uczestnikiem procesu cyfrowego, zdolnym do efektywnego wykorzystania narzędzi analitycznych. Brak takiej zdolności prowadzi do powstania wąskich gardeł instytucjonalnych, które ograniczają tempo transformacji całego sektora¹⁶.

Rozproszenie odpowiedzialności

Z rekonfiguracją systemu wiąże się zmiana charakteru odpowiedzialności. W modelu tradycyjnym odpowiedzialność była przypisana do konkretnych uczestników procesu i ich działań. W modelu opartym na AI staje się bardziej rozproszona – decyzje zapadają w oparciu o złożone

12 A. Borrmann, M. König, C. Koch, J. Beetz (red.), *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*, Springer, Cham 2018.

13 OECD, *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, OECD Publishing, Paris 2015.

14 World Economic Forum, *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*, 2016.

15 PwC, *Global Artificial Intelligence Study: Exploiting the AI Revolution*, 2017.

16 OECD, *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris 2019.

modele analityczne, których działanie nie zawsze jest w pełni transparentne. Pojawia się pytanie o granice odpowiedzialności pomiędzy człowiekiem a systemem technologicznym, które w sektorze odpowiadającym za bezpieczeństwo publiczne ma znaczenie szczególne¹⁷.

Można zatem stwierdzić, że AI prowadzi do stopniowego przejścia od systemu opartego na relacjach hierarchicznych do systemu o charakterze sieciowym, w którym kluczową rolę odgrywają przepływy informacji oraz zdolność ich przetwarzania. Nie oznacza to zaniku dotychczasowych struktur, lecz ich przekształcenie i dostosowanie do nowych warunków technologicznych. Proces ma charakter ewolucyjny, ale jego skutki są głębokie i długofalowe.

Przyszłość sektora w Polsce zależy będzie od zdolności jego uczestników do funkcjonowania w tym nowym, zintegrowanym środowisku informacyjnym. Podmioty, które potrafią wykorzystać potencjał AI do poprawy jakości decyzji i efektywności procesów, będą wzmacniać swoją pozycję. Te, które pozostaną przy tradycyjnych modelach działania, mogą stopniowo tracić znaczenie. Transformacja ta nie jest jednak procesem autonomicznym — jej tempo i kierunek zależą od jakości instytucji, poziomu kompetencji i zdolności do budowania spójnych strategii rozwojowych.

17 D. Acemoglu, P. Restrepo, *Artificial Intelligence, Automation and Work*, NBER Working Paper No. 24196, 2018.



03. Kto zyska, kto straci

Zróźnicowany wpływ AI na inżynierów, architektów, wykonawców, administrację i na tożsamość zawodu

Rekonfiguracja systemu budowlanego pod wpływem AI nie przebiega jednorodnie. Jej oddziaływanie jest selektywne i asymetryczne – prowadzi do wzmocnienia pozycji jednych uczestników procesu inwestycyjnego i osłabienia innych. Mechanizmem tej zmiany jest przesunięcie wartości z czynności operacyjnych i rutynowych w stronę zdolności analitycznych, integracyjnych i decyzyjnych. Znaczenie poszczególnych grup zawodowych przestaje być wyznaczone przez ich formalną rolę w procesie, a zaczyna zależeć od zdolności adaptacji do środowiska opartego na danych.

Inżynierowie budownictwa – wzmocnienie, nie marginalizacja

Pierwszą i kluczową grupą są inżynierowie budownictwa, którzy stanowią rdzeń systemu inwestycyjnego. Wbrew obiegowym narracjom o zastępowaniu pracy ludzkiej przez algorytmy, AI nie marginalizuje tego zawodu – istotnie wzmacnia jego znaczenie. Decyzje podejmowane w procesie budowlanym mają charakter złożony, kontekstowy i obciążony wysokim poziomem odpowiedzialności, co ogranicza możliwość ich pełnej automatyzacji. AI wspiera inżyniera w analizie danych, symulowaniu scenariuszy i identyfikacji ryzyk, ale nie zastępuje go jako podmiotu podejmującego ostateczne decyzje. Następuje przesunięcie roli inżyniera z poziomu operacyjnego na strategiczny, w którym kluczowa staje się zdolność interpretacji wyników i ich implementacji w konkretnych warunkach¹⁸.

Architekci – między automatyzacją a wzmocnieniem warsztatu

Odmienny charakter ma wpływ AI na zawód architekta, którego istotna część działalności opiera się na generowaniu koncepcji przestrzennych i estetycznych. Rozwój narzędzi genera-

¹⁸ E. Brynjolfsson, T. Mitchell, *What Can Machine Learning Do? Workforce Implications*, Science, Vol. 358, No. 6370, 2017.

tywnych prowadzi do częściowej automatyzacji tego obszaru: umożliwia szybkie tworzenie wielu wariantów projektowych na podstawie określonych parametrów. Maleje znaczenie pracy koncepcyjnej jako źródła przewagi konkurencyjnej, rośnie presja na jej standaryzację i obniżenie kosztów. Nie oznacza to eliminacji zawodu architekta, lecz jego przekształcenie w kierunku większego udziału funkcji koordynacyjnych, interpretacyjnych i związanych z nadzorem nad procesem projektowym¹⁹.

Urbaniści – wzmocnienie i ryzyko technokratyzacji

Szczególną kategorię stanowią urbaniści i planiści przestrzenni, których działalność od początku opiera się na analizie danych i prognozowaniu skutków decyzji w długim horyzoncie czasowym. W ich przypadku AI działa jako czynnik wzmacniający – umożliwia prowadzenie analiz o niespotykanej skali i precyzji. Narzędzia oparte na uczeniu maszynowym pozwalają modelować przepływy ludności, oceniać dostępność infrastruktury, prognozować wpływ zabudowy na środowisko, identyfikować konflikty przestrzenne. Rola urbanisty przesuwana jest w stronę operatora scenariuszy rozwoju przestrzennego, zdolnego do integrowania danych z wielu obszarów i przekładania ich na decyzje planistyczne²⁰. Jednocześnie pojawia się ryzyko nadmiernej technokratyzacji procesu planowania – decyzje o charakterze publicznym mogą zostać podporządkowane logice modeli kosztem przestrzeni dla debaty społecznej.

Wykonawcy – od zarządzania zasobami do zarządzania informacją

Istotne zmiany zachodzą również w przedsiębiorstwach wykonawczych, które w modelu tradycyjnym funkcjonowały przede wszystkim jako organizacje zarządzające zasobami pracy i materiałów. W warunkach rosnącej roli AI ich działalność przekształca się w kierunku zarządzania informacją. Systemy analityczne wspierają planowanie harmonogramów, kontrolę kosztów, monitorowanie postępu prac i zarządzanie ryzykiem – zwiększają efektywność operacyjną i redukują niepewność. W dłuższej perspektywie największe podmioty wykonawcze mogą przekształcić się w organizacje o charakterze technologiczno-budowlanym, w których kompetencje cyfrowe są równie istotnym zasobem co doświadczenie wykonawcze²¹.

Pracownicy fizyczni – pośrednie wzmocnienie

W przeciwieństwie do zawodów biurowych pracownicy fizyczni pozostają grupą relatywnie najmniej narażoną na bezpośrednie skutki automatyzacji. Charakter ich pracy – wymagający obecności w zmiennym i nieustrukturyzowanym środowisku – ogranicza możliwości zastąpienia jej przez systemy AI. Jednocześnie rosnące znaczenie infrastruktury w gospodarce cyfrowej prowadzi do wzrostu popytu na pracę w sektorze budowlanym, co może skutkować poprawą warunków zatrudnienia i wzrostem wynagrodzeń. AI, choć nie oddziałuje na tę grupę bezpośrednio, pośrednio wzmocnia jej pozycję poprzez zwiększenie znaczenia całego sektora²².

19 M. Gerber, *Parametric Design and the Role of the Architect in the Age of AI*, Automation in Construction, 2020.

20 OECD, *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris 2019.

21 McKinsey Global Institute, *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*, McKinsey & Company, 2017.

22 PwC, *Global Artificial Intelligence Study: Exploiting the AI Revolution*, 2017.

Inwestorzy – przesunięcie centrum decyzyjnego

Z perspektywy systemowej szczególnie istotna jest zmiana pozycji inwestorów. Dzięki narzędziom analitycznym uzyskują oni większą kontrolę nad procesem inwestycyjnym: precyzyjniej oceniają ryzyko, prognozują koszty, analizują efektywność rozwiązań. Przekłada się to na wzrost ich zdolności negocjacyjnej wobec pozostałych uczestników systemu. Inwestorzy stają się nie tylko źródłem finansowania, lecz także aktywnym uczestnikiem procesu decyzyjnego, zdolnym kształtować jego przebieg na podstawie danych²³.

Administracja publiczna – szansa albo wąskie gardło

Znaczenie administracji publicznej w warunkach transformacji technologicznej zmienia się w sposób ambiwalentny. Z jednej strony AI stwarza możliwość usprawnienia procesów administracyjnych – automatyzacji analiz zgodności projektów z przepisami, przyspieszenia procedur. Z drugiej, brak odpowiednich kompetencji i narzędzi może prowadzić do powstania barier instytucjonalnych, które ograniczają tempo rozwoju całego sektora. Administracja publiczna staje się więc potencjalnym wąskim gardłem transformacji – jej rola zależy od zdolności adaptacyjnych państwa²⁴.

Dostawcy technologii – nowy wymiar władzy

Na szczególną uwagę zasługuje rosnące znaczenie dostawców technologii i platform analitycznych, którzy stają się nowym uczestnikiem systemu budowlanego. Ich wpływ wynika nie z formalnego udziału w procesie inwestycyjnym, lecz z kontroli nad narzędziami i danymi, które ten proces kształtują. Pojawia się nowy wymiar władzy w systemie budowlanym – oparty na kontroli nad informacją i algorytmami, a nie wyłącznie nad zasobami materialnymi²⁵.

Nowa hierarchia wartości

Z analizy poszczególnych uczestników systemu wynika, że mamy do czynienia z głęboką redefinicją ról. Nie polega ona na prostym zastępowaniu pracy ludzkiej przez technologię, lecz na przesunięciu znaczenia funkcji w stronę tych, które wymagają integracji wiedzy, interpretacji danych oraz podejmowania decyzji w warunkach niepewności. AI nie eliminuje uczestników systemu – zmienia ich pozycję w jego strukturze. Powstaje nowa hierarchia wartości, w której centralne miejsce zajmuje zdolność do efektywnego wykorzystania informacji.

Wykorzystanie narzędzi analitycznych podnosi też standard należytej staranności. Wymaga od inżynierów i innych profesjonalistów nie tylko korzystania z wyników, ale ich krytycznej oceny i weryfikacji – a także bardziej precyzyjnego dokumentowania procesu decyzyjnego, w tym sposobu wykorzystania danych i narzędzi AI. W praktyce rośnie znaczenie transparentności oraz możliwości prześledzenia procesu podejmowania decyzji w całym cyklu inwestycji. AI nie upraszcza odpowiedzialności w budownictwie – czyni ją bardziej wymagającą, świadomą i opartą na udokumentowanym procesie decyzyjnym.

23 World Economic Forum, *Shaping the Future of Construction*, 2016.

24 OECD, *Digital Government Review*, OECD Publishing, 2020.

25 D. Acemoglu, P. Restrepo, *Artificial Intelligence, Automation and Work*, NBER Working Paper No. 24196, 2018.

04. Praca, płaca i prestiż

Rynek pracy w sektorze budowlanym pod wpływem AI

Wpływ AI na sektor budowlany nie ogranicza się do poziomu technologicznego czy organizacyjnego. Prowadzi do głębokich zmian w strukturze rynku pracy, mechanizmach kształtowania wynagrodzeń oraz społecznej percepcji poszczególnych zawodów. Zmiany te mają charakter systemowy – wynikają nie tylko z bezpośredniego oddziaływania nowych technologii, lecz także z wtórnych efektów transformacji całej gospodarki w kierunku modelu opartego na danych.

Punktem wyjścia jest obserwacja, że AI w sposób selektywny oddziałuje na różne kategorie pracy. Badania ekonomiczne wskazują, że technologie oparte na uczeniu maszynowym w największym stopniu wpływają na zadania o charakterze poznawczym, rutynowym i możliwym do sformalizowania. Zadania wymagające kontekstowego rozumienia rzeczywistości, odpowiedzialności oraz działania w środowisku nieustrukturyzowanym pozostają w znacznej mierze odporne na automatyzację²⁶. Budownictwo zajmuje pozycję szczególną, bo łączy oba typy aktywności: z jednej strony obejmuje zadania analityczne i projektowe, z drugiej – pracę fizyczną realizowaną w zmiennym środowisku.

Konsekwencją tego zróżnicowania jest nierównomierny wpływ AI na poszczególne grupy zawodowe. W zawodach opartych na przetwarzaniu informacji – projektowaniu, analizie danych – AI prowadzi do częściowej automatyzacji zadań i wzrostu produktywności. Jednocześnie rośnie zapotrzebowanie na kompetencje związane z interpretacją wyników generowanych przez systemy analityczne. Struktura popytu na pracę przesuwa się w stronę kompetencji wyższego rzędu, co znajduje odzwierciedlenie w rosnącym znaczeniu specjalistów łączących wiedzę techniczną z umiejętnościami analitycznymi²⁷.

26 D. Acemoglu, P. Restrepo, *Artificial Intelligence, Automation and Work*, NBER Working Paper No. 24196, 2018.

27 E. Brynjolfsson, T. Mitchell, *What Can Machine Learning Do? Workforce Implications*, *Science*, Vol. 358, No. 6370, 2017.

Inżynierowie budownictwa – beneficjenci „premi za komplementarność”

W odniesieniu do sektora budowlanego oznacza to wyraźne wzmocnienie pozycji inżynierów budownictwa. Ich rola – tradycyjnie związana z projektowaniem i nadzorem nad realizacją inwestycji – rozszerza się o funkcje analityczne i decyzyjne. AI umożliwia przetwarzanie dużych zbiorów danych dotyczących projektów, materiałów, kosztów czy warunków środowiskowych, ale interpretacja tych danych i przełożenie ich na konkretne decyzje pozostają domeną człowieka. Kompetencje inżynierskie zyskują na znaczeniu jako kluczowy zasób systemu gospodarczego, a sam zawód nabiera charakteru bardziej strategicznego niż operacyjnego²⁸.

Proces ten ma bezpośrednie przełożenie na mechanizmy kształtowania wynagrodzeń. W literaturze ekonomicznej zjawisko to opisywane jest jako premiowanie kompetencji komplementarnych wobec technologii (skill-biased technological change): wynagrodzenia rosną przede wszystkim w grupach zawodowych, które są w stanie efektywnie współpracować z nowymi technologiami²⁹. W sektorze budowlanym dotyczy to inżynierów oraz specjalistów posiadających umiejętności analityczne i cyfrowe. Względna pozycja zawodów, których zadania mogą być częściowo zautomatyzowane, ulega osłabieniu, co prowadzi do rosnącego zróżnicowania wynagrodzeń wewnątrz sektora.

Praca fizyczna – niespodziewany beneficjent

W przeciwieństwie do wielu innych branż AI nie prowadzi w budownictwie do istotnego spadku popytu na pracę fizyczną. Charakter tej pracy – wymagający obecności w zmiennym środowisku i bezpośredniej interakcji z materiałem – ogranicza możliwości jej automatyzacji. Jednocześnie rosnące znaczenie infrastruktury w gospodarce cyfrowej oraz potrzeba modernizacji istniejących zasobów budowlanych prowadzą do wzrostu popytu na pracowników fizycznych. Może to skutkować poprawą ich pozycji negocjacyjnej i wzrostem wynagrodzeń, szczególnie w przypadku pracowników o wysokich kwalifikacjach technicznych³⁰.

Prestiż zawodu – efekt długookresowy

Z perspektywy długookresowej szczególne znaczenie ma wpływ AI na prestiż zawodów związanych z budownictwem. W gospodarce opartej na wiedzy prestiż zawodowy jest ściśle powiązany z postrzeganą wartością społeczną i ekonomiczną profesji. Zawody inżynierskie – łączące kompetencje techniczne z odpowiedzialnością za bezpieczeństwo publiczne i rozwój infrastruktury – mają potencjał do umocnienia swojej pozycji. AI, przez zwiększenie znaczenia kompetencji analitycznych i decyzyjnych, dodatkowo wzmacnia ten trend, czyniąc z inżynierów kluczowych uczestników procesu transformacji gospodarczej³¹.

Zmiany te nie są automatyczne. Ich realizacja zależy od systemu edukacji, polityki rynku pracy oraz działań instytucji publicznych i samorządów zawodowych. Brak dostosowania systemu kształcenia do nowych wymagań może doprowadzić do niedoboru kompetencji, który ograniczy zdolność sektora do wykorzystania potencjału AI. Kluczowe znaczenie ma więc budowanie systemu edukacyjnego łączącego kształcenie techniczne z kompetencjami cyfrowymi i analitycznymi³².

28 McKinsey Global Institute, *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*, McKinsey & Company, 2017.

29 D. Autor, *Skills, Education, and the Rise of Earnings Inequality Among the 'Other 99 Percent'*, Science, 2014.

30 PwC, *Global Artificial Intelligence Study: Exploiting the AI Revolution*, 2017.

31 OECD, *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris 2019.

32 World Economic Forum, *The Future of Jobs Report*, 2023.

Nie można pominąć też aspektu demograficznego. W wielu krajach europejskich, w tym w Polsce, sektor budowlany boryka się z problemem starzenia się kadr i niedoboru nowych pracowników. AI może częściowo łagodzić skutki tych procesów poprzez zwiększenie produktywności pracy, ale nie zastąpi potrzeby pozyskiwania nowych kadr. Rośnie znaczenie działań nakierowanych na zwiększenie atrakcyjności zawodów budowlanych zarówno w wymiarze ekonomicznym, jak i społecznym³³.

Wpływ AI na rynek pracy w budownictwie ma więc charakter wielowymiarowy i prowadzi do istotnych przesunięć w strukturze zatrudnienia, wynagrodzeń i prestiżu zawodów. Mechanizmem tej zmiany jest wzrost znaczenia kompetencji komplementarnych wobec technologii, które umożliwiają efektywne wykorzystanie narzędzi analitycznych w procesie podejmowania decyzji. W tym kontekście zawód inżyniera budownictwa zyskuje na znaczeniu jako jeden z kluczowych elementów systemu gospodarczego — odpowiedzialny nie tylko za realizację inwestycji, lecz także za zapewnienie ich jakości, bezpieczeństwa i efektywności. Transformacja ta nie prowadzi do marginalizacji sektora — wzmacnia jego strategiczne znaczenie.

33 European Commission, *Labour Market Developments in Europe*, 2022.

05. Państwo, infrastruktura, suwerenność

Polityka publiczna wobec AI w sektorze budowlanym

Transformacja sektora budowlanego pod wpływem AI nie jest procesem o charakterze wyłącznie rynkowym. Jej konsekwencje wykraczają poza relacje między uczestnikami procesu inwestycyjnego i sięgają fundamentów funkcjonowania państwa – zdolności do planowania, realizacji i utrzymania infrastruktury stanowiącej podstawę rozwoju gospodarczego oraz bezpieczeństwa publicznego. Analiza wpływu AI na budownictwo musi więc być osadzona w szerszym kontekście polityki publicznej i roli instytucji państwowych.

Punktem wyjścia jest obserwacja, że infrastruktura – techniczna i społeczna – to jeden z kluczowych zasobów państwa, determinujący jego konkurencyjność, odporność i zdolność reagowania na kryzysy. Drogi, mosty, sieci energetyczne, systemy wodno-kanalizacyjne czy obiekty użyteczności publicznej tworzą materialny fundament funkcjonowania gospodarki i społeczeństwa. W warunkach rosnącej złożoności systemów infrastrukturalnych oraz ich powiązań z technologiami cyfrowymi znaczenie efektywnego zarządzania tym zasobem dodatkowo rośnie³⁴.

AI w infrastrukturze – szanse i nowe zagrożenia

AI wprowadza do tego obszaru nowe możliwości, ale i nowe wyzwania. Z jednej strony umożliwia bardziej precyzyjne planowanie inwestycji, optymalizację kosztów oraz zarządzanie cyklem życia infrastruktury. Narzędzia analityczne oparte na uczeniu maszynowym pozwalają prognozować zużycie, identyfikować ryzyka i planować działania utrzymaniowe efektywniej niż metody tradycyjne. Z drugiej strony rosnąca zależność od systemów cyfrowych zwiększa podatność infrastruktury na nowe rodzaje zagrożeń: błędy algorytmiczne, cyberataki, niewłaściwe wykorzystanie danych³⁵.

³⁴ OECD, *Infrastructure Governance Review*, OECD Publishing, Paris 2020.

³⁵ World Economic Forum, *Harnessing Artificial Intelligence for the Earth*, 2018.

Kluczowym wyzwaniem dla państwa staje się więc zapewnienie równowagi pomiędzy wykorzystaniem potencjału technologicznego a utrzymaniem kontroli nad systemem infrastrukturalnym. Państwo musi zbudować zdolności instytucjonalne, które umożliwią nie tylko wdrażanie nowych technologii, lecz także ich nadzór i regulację. Musi stać się aktywnym uczestnikiem transformacji technologicznej, a nie jej biernym obserwatorem.

Istotnym elementem tej zdolności jest rozwój kompetencji cyfrowych administracji publicznej. Tradycyjne podejście do zarządzania procesami administracyjnymi okazuje się niewystarczające. Organy administracji muszą umieć nie tylko interpretować wyniki analiz generowanych przez systemy AI, lecz także oceniać ich wiarygodność i wpływ na podejmowane decyzje. Brak takich kompetencji prowadzi do asymetrii pomiędzy sektorem publicznym a prywatnym – to podmioty rynkowe dysponują wówczas większą wiedzą i zdolnością analityczną niż instytucje państwowe³⁶.

Regulacja – bez ograniczania innowacyjności

Szczególne znaczenia nabiera rola regulacji. AI w sektorze budowlanym nie może funkcjonować bez jasnych zasad odpowiedzialności, standardów jakości danych oraz procedur weryfikacji modeli analitycznych. Dotyczy to zwłaszcza obszarów związanych z bezpieczeństwem konstrukcji, gdzie błędna decyzja może prowadzić do poważnych konsekwencji społecznych i ekonomicznych. Wprowadzenie ram regulacyjnych nie powinno jednak ograniczać innowacyjności – powinno tworzyć warunki do jej bezpiecznego rozwoju³⁷.

Suwerenność technologiczna

W miarę jak rośnie znaczenie danych i algorytmów w procesie inwestycyjnym, rośnie ryzyko uzależnienia sektora budowlanego od zewnętrznych dostawców technologii – często o charakterze globalnym. Kluczowe decyzje dotyczące infrastruktury mogą być pośrednio uzależnione od narzędzi i modeli, nad którymi państwo nie sprawuje pełnej kontroli. Konieczne staje się rozwijanie krajowych kompetencji w zakresie analizy danych oraz budowy systemów informatycznych wspierających procesy inwestycyjne³⁸.

Samorząd zawodowy jako pośrednik między technologią a praktyką

Istotną rolę odgrywają samorzady zawodowe, które w sektorze budowlanym pełnią funkcję instytucji zaufania publicznego. W warunkach transformacji technologicznej ich znaczenie może istotnie wzrosnąć. AI zwiększa złożoność procesów decyzyjnych oraz ryzyko błędów wynikających z niewłaściwej interpretacji danych. Rośnie więc potrzeba istnienia instytucji zdolnych zapewnić odpowiedni poziom kompetencji zawodowych, etyki i odpowiedzialności. Samorzady zawodowe mogą pełnić rolę pośrednika pomiędzy światem technologii a praktyką inżynierską, dbając o to, by wdrażanie nowych rozwiązań odbywało się z poszanowaniem zasad bezpieczeństwa i interesu publicznego³⁹.

Nie można pominąć aspektu strategicznego, jakim jest zdolność do realizacji dużych projektów infrastrukturalnych. W warunkach rosnącej konkurencji międzynarodowej i dynamicznych zmian technologicznych państwa, które potrafią efektywnie planować i realizować inwestycje,

36 OECD, *Digital Government Review*, OECD Publishing, 2020.

37 European Commission, *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*, 2019.

38 OECD, *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris 2019.

39 D. Acemoglu, P. Restrepo, *Artificial Intelligence, Automation and Work*, NBER Working Paper No. 24196, 2018.

zyskują istotną przewagę. AI może być w tym zakresie ważnym narzędziem wspierającym, ale jej efektywne wykorzystanie wymaga koordynacji działań na poziomie centralnym oraz lokalnym. Brak takiej koordynacji prowadzi do fragmentacji systemu i ograniczenia efektów skali⁴⁰.

Wyzwaniem pozostaje integracja systemów informacyjnych wykorzystywanych przez różne instytucje publiczne. W wielu przypadkach dane dotyczące inwestycji, planowania przestrzennego czy infrastruktury są rozproszone pomiędzy różnymi podmiotami, co utrudnia ich efektywne wykorzystanie. AI może znacząco zwiększyć wartość tych danych pod warunkiem ich dostępności i interoperacyjności. Wymaga to budowy spójnych systemów zarządzania danymi na poziomie państwa⁴¹.

Wpływ AI na sektor budowlany prowadzi więc do istotnych implikacji dla funkcjonowania państwa. Dotyczą zarówno zdolności do zarządzania infrastrukturą, jak i roli instytucji publicznych oraz samorządów zawodowych. Kluczowym wyzwaniem staje się budowa systemu, który pozwoli wykorzystać potencjał technologiczny przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa, jakości i suwerenności decyzyjnej. AI nie jest tu wyłącznie narzędziem wspierającym rozwój sektora – jest czynnikiem, który wymusza redefinicję polityki publicznej w obszarze infrastruktury. Państwo, które nie dostosuje się do tych zmian, ryzykuje utratę zdolności do efektywnego zarządzania jednym z kluczowych zasobów swojej gospodarki.

40 McKinsey Global Institute, *Infrastructure Productivity: How to Save \$1 Trillion a Year*, 2013.

41 European Commission, *Data Strategy for Europe*, 2020.

06. Trzy scenariusze

Polskie budownictwo 2026–2035 w warunkach rosnącej roli AI

Analiza wpływu AI na system budowlany prowadzi do wniosku, że przyszłość sektora nie jest zdeterminowana wyłącznie przez możliwości technologiczne. W równym stopniu zależy od zdolności instytucjonalnej, poziomu kompetencji i jakości koordynacji pomiędzy uczestnikami rynku. Rozwój sektora w perspektywie najbliższej dekady należy rozpatrywać w kategoriach scenariuszowych, uwzględniając różne konfiguracje czynników technologicznych, ekonomicznych i regulacyjnych. Podejście to pozwala uchwycić nie tylko najbardziej prawdopodobne ścieżki rozwoju, lecz także identyfikować ryzyka systemowe oraz potencjalne punkty interwencji polityki publicznej.

Scenariusz I.

Adaptacja selektywna

Zakłada nierównomierne wdrożenie technologii AI, skoncentrowane w dużych przedsiębiorstwach i projektach o wysokiej wartości inwestycyjnej. Podmioty dysponujące odpowiednim kapitałem oraz kompetencjami wykorzystają narzędzia analityczne do optymalizacji procesów projektowych i wykonawczych. Mniejsze przedsiębiorstwa pozostaną przy tradycyjnych modelach działania. Sektor ulegnie dalszej polaryzacji – różnice produktywności pomiędzy jego segmentami będą się pogłębiać. Powstaje dualna struktura rynku: nowoczesne, cyfrowo zaawansowane podmioty funkcjonują równoległe z podmiotami o niskim poziomie technologicznego zaawansowania⁴².

42 Eurostat, *Use of Artificial Intelligence in Enterprises*, European Commission, 2024.

Scenariusz II.

Transformacja systemowa

Zakłada kompleksowe wdrożenie AI, obejmujące nie tylko sektor prywatny, lecz także administrację publiczną i instytucje regulacyjne. Dochodzi do integracji systemów informacyjnych, standaryzacji danych oraz upowszechnienia narzędzi analitycznych w całym cyklu życia inwestycji: od planowania przestrzennego, przez projektowanie i realizację, po eksploatację infrastruktury. Kluczową rolę odgrywa tu aktywna polityka państwa wspierająca rozwój kompetencji cyfrowych, budowę infrastruktury danych i ram regulacyjnych. Efekt: wzrost produktywności sektora, poprawa jakości infrastruktury, zwiększenie przewidywalności procesów inwestycyjnych. Scenariusz odpowiada modelowi gospodarki opartej na wiedzy, w której dane i ich analiza stają się podstawowym czynnikiem rozwoju⁴³.

Scenariusz III.

Stagnacja regulacyjna

Zakłada sytuację, w której rozwój technologiczny sektora prywatnego nie znajduje odzwierciedlenia w działaniach administracji publicznej. Brak dostosowania przepisów, niedostateczna cyfryzacja instytucji i ograniczone kompetencje analityczne prowadzą do powstania barier, które ograniczają efektywne wykorzystanie AI. Sektor funkcjonuje w warunkach rosnącej niespójności pomiędzy nowoczesnymi narzędziami stosowanymi przez przedsiębiorstwa a tradycyjnymi procedurami administracyjnymi. Efekt: spowolnienie inwestycji, wzrost kosztów transakcyjnych, utrata części potencjalnych korzyści wynikających z transformacji⁴⁴.

Wybór sceny i warunki realizacji

Z punktu widzenia gospodarki i państwa najbardziej korzystny jest scenariusz transformacji systemowej. Jego realizacja nie jest jednak procesem automatycznym i wymaga świadomej interwencji na poziomie strategicznym. Kluczowym elementem tej interwencji jest budowa zdolności do zarządzania danymi jako zasobem publicznym. Oznacza to tworzenie spójnych systemów gromadzenia, udostępniania i analizy danych dotyczących infrastruktury i procesów inwestycyjnych. Bez takiej infrastruktury informacyjnej potencjał AI pozostanie w dużej mierze niewykorzystany⁴⁵.

Konieczne jest równoległe rozwijanie kompetencji cyfrowych w całym sektorze – wśród pracowników przedsiębiorstw, przedstawicieli administracji publicznej oraz samorządów zawodowych. Kluczowe jest kształcenie specjalistów łączących wiedzę inżynierską z umiejętnościami analitycznymi. Brak takich kompetencji prowadzi do sytuacji, w której technologia jest dostępna, ale nie jest wykorzystywana w pełni⁴⁶.

43 OECD, *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris 2019.

44 OECD, *Digital Government Review*, OECD Publishing, 2020.

45 European Commission, *Data Strategy for Europe*, 2020.

46 World Economic Forum, *The Future of Jobs Report*, 2023.

Istotnym obszarem interwencji jest polityka regulacyjna. Wprowadzenie AI do procesów budowlanych wymaga dostosowania przepisów do nowych realiów technologicznych, w szczególności w zakresie odpowiedzialności za decyzje podejmowane na podstawie analiz algorytmicznych, standardów jakości danych i procedur weryfikacji modeli. Regulacje powinny zapewniać bezpieczeństwo i przejrzystość, jednocześnie nie ograniczając innowacyjności sektora⁴⁷.

Szczególne znaczenie ma rola samorządów zawodowych. Jako instytucje zaufania publicznego dysponują potencjałem do kształtowania standardów zawodowych, promowania dobrych praktyk i budowania świadomości w zakresie wykorzystania nowych technologii. W warunkach rosnącej złożoności systemu budowlanego ich rola może zostać istotnie wzmocniona, szczególnie w obszarze zapewnienia jakości i bezpieczeństwa procesów inwestycyjnych⁴⁸.

Niemniej istotne jest zapewnienie odporności sektora na ryzyka związane z transformacją: zarówno operacyjne (błędy algorytmiczne, problemy z jakością danych), jak i systemowe (uzależnienie od zewnętrznych dostawców). Kluczowe znaczenie ma rozwijanie krajowych kompetencji w zakresie analizy danych i budowy własnych rozwiązań technologicznych, które pozwolą zachować suwerenność decyzyjną⁴⁹.

Przyszłość sektora budowlanego w Polsce w warunkach rosnącej roli AI zależy od zdolności do realizacji scenariusza transformacji systemowej. Oznacza to konieczność skoordynowanych działań obejmujących rozwój infrastruktury danych, budowę kompetencji, dostosowanie regulacji oraz wzmocnienie roli instytucji publicznych i samorządowych. Brak takich działań może prowadzić do utrwalenia strukturalnych słabości sektora oraz ograniczenia jego potencjału rozwojowego. AI nie jest tylko wyzwaniem technologicznym – jest wyzwaniem strategicznym, wymagającym świadomego i długofalowego podejścia.

47 European Commission, *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*, 2019.

48 D. Acemoglu, P. Restrepo, *Artificial Intelligence, Automation and Work*, NBER Working Paper No. 24196, 2018.

49 McKinsey Global Institute, *Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier?*, 2017.

07. Konkluzje strategiczne

Dziesięć tez o przyszłości polskiego budownictwa w epoce AI

Przeprowadzona analiza prowadzi do jednoznacznego wniosku: wpływ sztucznej inteligencji na sektor budowlany w Polsce nie może być rozpatrywany w kategoriach czysto technologicznych. Mamy do czynienia z procesem o charakterze strukturalnym, obejmującym jednocześnie poziom ekonomiczny, instytucjonalny i społeczny. AI nie jest narzędziem wspierającym istniejący model funkcjonowania sektora – jest czynnikiem prowadzącym do jego głębokiej rekonfiguracji, obejmującej zarówno relacje pomiędzy uczestnikami procesu inwestycyjnego, jak i sposób podejmowania decyzji oraz alokacji zasobów.

Poniżej formułujemy dziesięć tez końcowych – osiem analitycznych oraz dwie operacyjne, odnoszące się do warunków sensownego wdrażania AI w organizacjach sektora.

Teza 1.

AI nie marginalizuje budownictwa – wzmacnia jego znaczenie

Sztuczna inteligencja nie prowadzi do marginalizacji sektora budowlanego, lecz przeciwnie – wzmacnia jego znaczenie jako jednego z kluczowych filarów gospodarki. W warunkach transformacji cyfrowej rośnie zapotrzebowanie na infrastrukturę stanowiącą materialną podstawę funkcjonowania systemów technologicznych. Rozwój AI generuje popyt na budownictwo, a nie go ogranicza. Co istotne, wzrost ten ma charakter jakościowy – dotyczy infrastruktury bardziej złożonej, wymagającej wyższych kompetencji projektowych i wykonawczych⁵⁰.

Teza 2.

Przewaga konkurencyjna przesuwana się z doświadczenia w stronę danych

W modelu tradycyjnym przewaga konkurencyjna w sektorze opierała się na doświadczeniu, kapitale organizacyjnym i dostępie do zasobów materialnych. W warunkach rosnącej roli AI

⁵⁰ McKinsey Global Institute, *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*, McKinsey & Company, 2017.

coraz większego znaczenia nabiera zdolność do efektywnego wykorzystania danych oraz narzędzi analitycznych. Przewaga przesuwana się w stronę podmiotów zdolnych do integracji informacji i podejmowania decyzji w oparciu o zaawansowane modele analityczne. Sektor budowlany staje się – w coraz większym stopniu – częścią gospodarki opartej na danych⁵¹.

Teza 3.

Zawód inżyniera budownictwa zyskuje, nie traci

AI nie eliminuje potrzeby podejmowania decyzji przez człowieka – zwiększa wagę tych decyzji, dostarczając bardziej złożonych i wielowymiarowych analiz. Rola inżyniera budownictwa przekształca się z funkcji operacyjnej w funkcję strategiczną, obejmującą integrację wiedzy, ocenę ryzyka i odpowiedzialność za efekty decyzji podejmowanych w oparciu o dane. Zawód ten zyskuje na znaczeniu zarówno ekonomicznym, jak i społecznym⁵².

Teza 4.

Wpływ AI na grupy zawodowe jest selektywny

Zawody oparte na przetwarzaniu informacji i generowaniu koncepcji podlegają częściowej automatyzacji, podczas gdy zawody wymagające działania w środowisku nieustrukturyzowanym oraz ponoszenia odpowiedzialności za bezpieczeństwo pozostają relatywnie odporne na te procesy. W budownictwie prowadzi to do wzmocnienia znaczenia pracy inżynierskiej i technicznej, przy jednoczesnej presji na standaryzację i optymalizację niektórych obszarów działalności projektowej⁵³.

Teza 5.

Dane są nowym zasobem strategicznym państwa

Kontrola nad danymi oraz umiejętność ich przetwarzania stają się czynnikami determinującymi jakość decyzji inwestycyjnych i efektywność zarządzania infrastrukturą. Konieczna jest budowa systemów zarządzania danymi na poziomie krajowym oraz zapewnienie ich interoperacyjności – przy świadomości, że strategicznie pewniejszy jest model federacyjny niż centralistyczny. Brak takiej infrastruktury prowadzi do ograniczenia potencjału AI oraz uzależnienia sektora od zewnętrznych dostawców technologii⁵⁴.

Teza 6.

Administracja publiczna musi przestać być biernym obserwatorem

Państwo nie może ograniczać się do funkcji regulacyjnej. Musi aktywnie uczestniczyć w procesie wdrażania nowych technologii – rozwijać własne kompetencje analityczne oraz zdolność do zarządzania danymi. Brak takiej zdolności prowadzi do powstania barier instytucjonalnych ograniczających tempo rozwoju sektora i jego zdolność do wykorzystania potencjału AI⁵⁵.

51 OECD, *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, OECD Publishing, Paris 2015.

52 E. Brynjolfsson, T. Mitchell, *What Can Machine Learning Do? Workforce Implications*, Science, Vol. 358, No. 6370, 2017.

53 D. Autor, *Skills, Education, and the Rise of Earnings Inequality*, Science, 2014.

54 European Commission, *Data Strategy for Europe*, 2020.

55 OECD, *Digital Government Review*, OECD Publishing, 2020.

Teza 7.

Samorządy zawodowe – instytucje stabilizujące transformację

W warunkach zwiększonej złożoności systemu budowlanego oraz rosnącej roli technologii analitycznych konieczne jest zapewnienie odpowiedniego poziomu kompetencji, etyki i odpowiedzialności zawodowej. Samorządy zawodowe mogą pełnić funkcję pośrednika pomiędzy światem technologii a praktyką inżynierską, zapewniając, że wdrażanie nowych rozwiązań odbywa się w sposób bezpieczny i zgodny z interesem publicznym⁵⁶.

Teza 8.

Konieczne jest podejście strategiczne, nie rynkowe

AI nie jest zjawiskiem, które można pozostawić wyłącznie mechanizmom rynkowym. Jej efektywne wykorzystanie wymaga skoordynowanych działań obejmujących rozwój infrastruktury danych, budowę kompetencji, dostosowanie regulacji oraz wzmocnienie instytucji publicznych. Brak takiego podejścia prowadzi do scenariusza adaptacji selektywnej lub stagnacji regulacyjnej, które ograniczają potencjalne korzyści wynikające z transformacji technologicznej⁵⁷.

Teza 9.

Sama obecność AI w organizacji nie jest jeszcze transformacją

Jeżeli proces decyzyjny jest chaotyczny, dane są słabe, odpowiedzialność rozmyta, a ludzie nie wiedzą, po co właściwie używają narzędzia, AI nie rozwiąże problemu. Najczęściej sprawi tylko, że organizacja szybciej wyprodukuje mnóstwo materiałów różnej jakości, których nikt nie będzie miał czasu czytać. Dlatego jednym z najważniejszych warunków sensownego wdrażania AI w budownictwie jest porządkowanie procesów przed automatyzacją. Najpierw trzeba wiedzieć, jakie decyzje naprawdę chcemy poprawić, kto za nie odpowiada, jakie dane są potrzebne i po czym poznamy, że wynik jest lepszy. Dopiero wtedy AI staje się narzędziem zmiany, a nie tylko przyspieszaczem starego bałaganu.

Teza 10.

Przewagę osiągną nie ci, którzy mają AI, lecz ci, którzy umieją z nią myśleć

W kolejnych latach samo korzystanie z narzędzi AI prawdopodobnie szybko przestanie być wyróżnikiem – stanie się tak samo oczywiste jak korzystanie z arkuszy, poczty czy systemów projektowych. Przewaga przesunie się gdzie indziej: do organizacji, które potrafią zadawać lepsze pytania, rozpoznawać ograniczenia modeli, łączyć dane z doświadczeniem i podejmować decyzje mimo niepełnej pewności. Prawdziwą kompetencją nie będzie obsługa AI, lecz dojrzałość decyzyjna, operacyjna i procesowa wsparta AI. Firmy, administracja i samorządy zawodowe powinny inwestować nie tylko w narzędzia, ale też ludzi, którzy potrafią ocenić, kiedy system pomaga, upraszcza za mocno lub trzeba mu po prostu nie uwierzyć.

⁵⁶ OECD, *Artificial Intelligence in Society*, OECD Publishing, Paris 2019.

⁵⁷ World Economic Forum, *The Future of Jobs Report*, 2023.

Sztuczna inteligencja nie zastąpi systemu budowlanego,
ale zdecyduje o tym, które jego elementy będą miały
znaczenie w przyszłości.

AI stanowi dla sektora budowlanego zarówno szansę, jak i wyzwanie. Jej wpływ nie jest z góry przesądzony – zależy od decyzji podejmowanych na poziomie przedsiębiorstw, instytucji i państwa. Przyszłość budownictwa nie wynika bezpośrednio z postępu technologicznego, lecz z jakości zarządzania nim. W warunkach gospodarki opartej na danych sektor budowlany staje się nie tylko wykonawcą inwestycji – staje się jednym z kluczowych mechanizmów zapewniających państwu zdolność do rozwoju, uzyskania stabilności i bezpieczeństwa. Wymaga to traktowania go nie jako kosztu, lecz jako inwestycji w strategiczne zasoby państwa.



Polska Izba Inżynierów Budownictwa
ul. Kujawska 1
00-793 Warszawa
www.piib.org.pl
tel: +48 22 828 31 89
biuro@piib.org.pl

