



Co-funded by
the European Union

Project Nr. 101104819



Dr inż. Andrzej Daniluk

Program certyfikacji w ramach projektu CoDEMO MODUŁ: „Innowacje w Organizacji 5.0”

Coordination



Cztery wymiary Organizacji 5.0

Kluczowe obszary Organizacji 5.0 można przedstawić jako cztery uzupełniające się wymiary: human-centered, resilience, green, digital. Każdy z nich generuje inne potrzeby innowacyjne, inne ryzyka wdrożenia i inne miary sukcesu.

Koncentracja na
człowieku

Human-centered

Odporność
organizacji

Resilience

Wymiar
środowiskowy

Green

Cyfryzacja

Digital

1. Organizacja 5.0 – idea w kontekście innowacji

Organizacja 5.0 łączy cele biznesowe z dobrostanem ludzi, odpornością działania, odpowiedzialnością środowiskową oraz wykorzystaniem danych.

Innowacje traktowane są jako narzędzie transformacji praktyk: sposobu pracy, podejmowania decyzji, uczenia się i utrzymania jakości.

Wartość powstaje szczególnie wtedy, gdy projekty obejmują co najmniej dwa wymiary naraz (np. digital + human-centered).

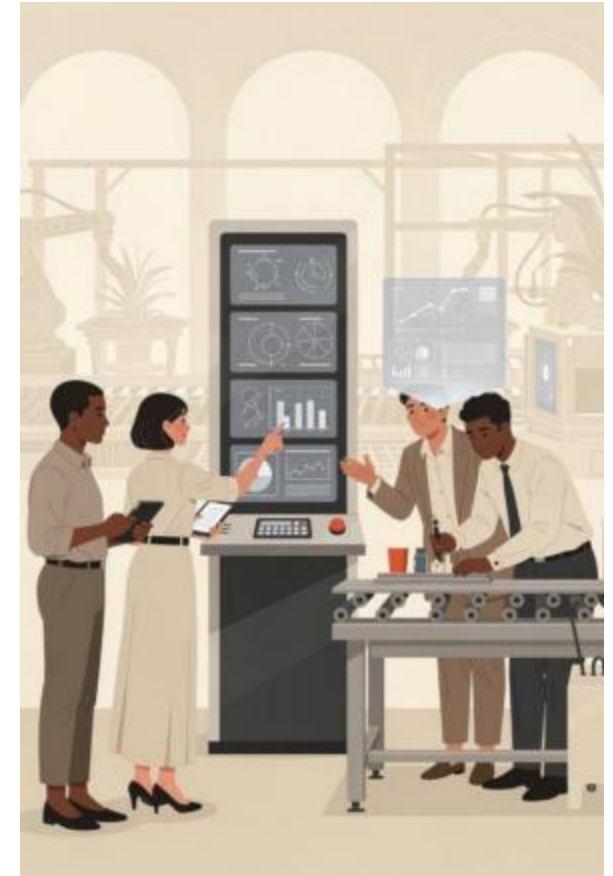
Kryterium powodzenia: trwałe działanie w procesie, akceptacja użytkowników oraz możliwość skalowania.

Wymiar human-centered

Wymiar human-centered (koncentracja na człowieku) oznacza projektowanie organizacji wokół człowieka: jego możliwości, ograniczeń, motywacji i potrzeby sensu pracy. Innowacje w tym obszarze nie ograniczają się do „miękkich” tematów.

To także innowacje procesowe i technologiczne, które poprawiają ergonomię, intuicyjność pracy, bezpieczeństwo, redukują obciążenie poznawcze i wspierają decyzje pracownika (np. systemy wspomaganie decyzji, instrukcje cyfrowe, interfejsy przyjazne użytkownikowi).

Warto podkreślić, że human-centered w Organizacji 5.0 łączy się z partycypacją: pracownicy stają się współtwórcami usprawnień, a nie tylko „odbiorcami” zmian.



Wymiar Resilience

Wymiar resilience (odporność) dotyczy zdolności organizacji do przewidywania, absorpcji i szybkiego odtwarzania sprawności po zakłóceniach (łańcuch dostaw, awarie, braki kadrowe, skoki popytu, cyberzagrożenia).

Innowacje w obszarze odporności obejmują m.in. redundancję krytycznych zasobów, elastyczne procesy, wielowariantowe planowanie, scenariusze kryzysowe, analitykę ryzyka, a także rozwój kompetencji ludzi (cross-skilling, praca w warunkach niepewności).

Ważne jest rozróżnienie odporności operacyjnej (ciągłość działań) od odporności strategicznej (zdolność do zmiany modelu biznesu).



Wymiar Green – środowisko jako część efektywności i ryzyka

Wymiar green (środowiskowy) oznacza, że innowacje muszą uwzględniać wpływ na środowisko w całym cyklu życia produktu i procesu: energię, materiały, odpady, emisje, logistykę, a także zgodność z regulacjami i oczekiwaniami interesariuszy.

To obszar, gdzie innowacje produktowe i procesowe często idą w parze: nowe materiały, eco-design, circular economy, odzysk, a równoległe zmiany w procesach (energooszczędność, optymalizacja mediów, redukcja scrapu).

„Green” nie jest dodatkiem do strategii, tylko źródłem przewagi konkurencyjnej i zarządzania ryzykiem.



Wymiar Digital – dane i integracja jako wsparcie decyzji

Wymiar digital (cyfryzacja) to warstwa umożliwiająca: dane, łączność, automatyzacja, analityka, AI, integracja systemów.

W Organizacji 5.0 cyfryzacja nie jest celem samym w sobie – jej rolą jest wspierać człowieka, odporność i cele środowiskowe.

Tu szczególnie ważne są pojęcia: jakość danych, interoperacyjność, bezpieczeństwo informacji, a także projektowanie rozwiązań „user-centered” (żeby technologia nie zwiększała chaosu informacyjnego).

Wymiar „digital” bez „human-centered” często kończy się spadkiem efektywności (więcej ekranów, więcej raportów, mniej sensu).



2. Rodzaje innowacji

Główne rodzaje innowacji w organizacji:

Ze względu na obiekt

- Innowacje produktowe
- Innowacje procesowe
- Innowacje organizacyjne
- Innowacje marketingowe
- Innowacje modelu biznesu

Ze względu na skalę zmiany

- Przyrostowe (incremental)
- Przełomowe (radical)
- Disruptive

Ze względu na źródło

- Zamknięte (wewnętrzne)
- Otwarte (open innovation)
- Współpraca z partnerami

Ze względu na wymiar Organizacji 5.0

- Human-centered
- Resilience
- Green
- Digital

Klasyfikacja innowacji według obiektu

Innowacje produktowe:

Zmiana wyrobu, parametrów, materiału lub funkcji; np. lżejsza konstrukcja przy tej samej wytrzymałości, wariantowanie detalu CNC pod klienta, elementy o wyższej trwałości dzięki obróbce cieplnej.

Innowacje procesowe:

Zmiana sposobu wytwarzania i kontroli; np. SPC dla odchyłek wymiarowych, SMED i standaryzacja przezbrojeń, reorganizacja gniazda i 5S, stabilizacja jakości półproduktu w centrum serwisowym stali.

Innowacje organizacyjne:

Zmiana ról, komunikacji i systemu jakości; np. zespół produkcja–jakość–UR–technologia, „jakość u źródła” z prawem zatrzymania procesu, system Kaizen i biblioteka standardów ustawień.

Innowacje marketingowe:

Zmiana sposobu docierania do klienta; np. konfigurator i szybka wycena detali, oferta „quality & traceability” z raportami, wejście w segmenty wymagające dzięki podniesieniu zapewnienia jakości.

Innowacje modelu biznesu:

Zmiana logiki tworzenia wartości; np. manufacturing-as-a-service z SLA jakości i terminu, rozliczanie „pay-per-part + quality assurance”, usługi kwalifikacji procesu jako element oferty.

Klasyfikacja innowacji według skali

Innowacje przyrostowe (incremental)

to małe usprawnienia w standardzie pracy i procesie, sumujące się do dużego efektu (np. usprawnienie uchwytu, instrukcji, 5S, ujednoczenie pomiarów).

Innowacje przełomowe (radical)

to skokowa zmiana procesu lub zapewnienia jakości (np. pełna cyfrowa traceability, duża przebudowa layoutu, hybrydowe wytwarzanie).

Innowacje destrukcyjne (disruptive)

zmieniają reguły gry rynkowej przez sposób dostarczenia wartości (np. platforma wycen i krótszy lead time, oferta jakości gwarantowanej w krótkim terminie).

W praktyce: przyrostowe usprawnienia budują stabilność i zaufanie, a przełomowe inicjatywy wdraża się selektywnie tam, gdzie zwrot i ryzyko są uzasadnione.

Klasyfikacja według źródła

Innowacje zamknięte

bazują na zasobach własnych: autorskie standardy ustawień, własne oprzyrządowanie, wewnętrzne „lessons learned” i CAPA (Corrective and Preventive Action).

Innowacje otwarte (open innovation)

obejmują współpracę z dostawcami technologii, klientami, uczelniami i partnerami w ekosystemie: integracje automatyzacji, testy materiałowe, kooperacje łańcucha wartości.

Otwartość przyspiesza uczenie się i zwiększa odporność dzięki alternatywom, ale wymaga jasnych zasad współpracy.

Klasyfikacja innowacji według wymiarów Organizacji 5.0

Human-centered: ergonomia, użyteczne HMI, standard pracy, partycypacja, bezpieczeństwo psychologiczne.

Resilience: scenariusze ryzyk, cross-skilling, alternatywne ścieżki procesu, odporne łańcuchy dostaw, cyberbezpieczeństwo.

Green: eco-design, redukcja scrapu, efektywność energetyczna, odzysk, optymalizacja logistyki, mierzenie śladu.

Digital: dane w czasie rzeczywistym, integracja systemów, analityka i AI wspierająca decyzje, automatyzacja wspierająca, RPA.

3. Modele wdrażania innowacji

Modele wdrażania innowacji – jako sedno zarządzania: nie „co wymyślić”, tylko „jak dowieźć”:



Model liniowy

Technology push / market pull jako punkt odniesienia i jego ograniczenia



Stage-gate

Bramki decyzyjne, ryzyko, budżet, kryteria kontynuacji



Agile/Lean Startup

Hipotezy, MVP, iteracje, feedback



Design Thinking

Empatia, definiowanie problemu, ideacja, prototyp, test

Wybór modelu wdrożenia zależy od tego, czy problem i rozwiązanie są dobrze znane, oraz jak duże jest ryzyko jakościowe i inwestycyjne.

W praktyce często stosuje się hybrydę: Design Thinking do zrozumienia problemu, Agile/Lean Startup do iteracji, stage-gate do decyzji o skalowaniu i governance.

Model liniowy: technology push / market pull

Model liniowy zakłada, że innowacja przechodzi kolejne etapy w uporządkowanej sekwencji: od pomysłu (albo odkrycia) do rozwoju, a potem do wdrożenia i komercjalizacji. W praktyce spotkasz dwie odmiany.

Technology push

„Mamy technologię, więc znajdziemy zastosowanie”.
Typowe w firmach technologicznych i R&D: powstaje rozwiązanie (np. nowa metoda obróbki, sensor, algorytm), a dopiero potem szuka się klientów i procesów, w których da wartość.

Market pull

„Mamy problem klienta/rynku, więc tworzymy rozwiązanie”. W metalach może to być np. wymaganie traceability, krótszy lead time, redukcja scrapu, stabilność jakości, nowe regulacje środowiskowe.

❏ **Główne ograniczenia:** rzeczywistość nie jest liniowa. W innowacjach prawie zawsze wracasz do wcześniejszych etapów, bo zmienia się wiedza o problemie, dane z pilota lub wymagania interesariuszy.

Kiedy ma sens jako baza: gdy innowacja jest względnie pewna technicznie i powtarzalna, gdy potrzebujesz prostego „szkieletu” do zarządzania portfelem, gdy organizacja dopiero uczy się pracy projektowej.

Stage-gate: klasyczne zarządzanie projektami

Stage-gate (etapy + bramki) to metoda, która dzieli projekt na fazy (np. koncepcja → biznes case → rozwój → testy → wdrożenie), a między fazami wprowadza bramki decyzyjne. Na bramce projekt jest oceniany: czy ma sens iść dalej, czy trzeba zmienić zakres, czy zatrzymać projekt.



Stage-gate dzieli projekt na fazy i wprowadza bramki: kontynuacja, zmiana zakresu, wstrzymanie lub zakończenie projektu.

Bramki służą do oceny ryzyka, budżetu, gotowości procesu, zgodności z jakością i bezpieczeństwem oraz realistyczności korzyści.

Finansowanie i zasoby uwalniane są stopniowo, rosnąc wraz z potwierdzeniem założeń.

Zastosowanie: projekty o wysokim koszcie, wysokim ryzyku, wymaganiach audytowalności i zgodności (np. normy, bezpieczeństwo).

Co jest kluczowe w stage-gate: jasne kryteria przejścia przez bramkę, właściciel projektu i właściciel procesu, zarządzanie ryzykiem, budżet i zasoby uwalniane stopniowo.

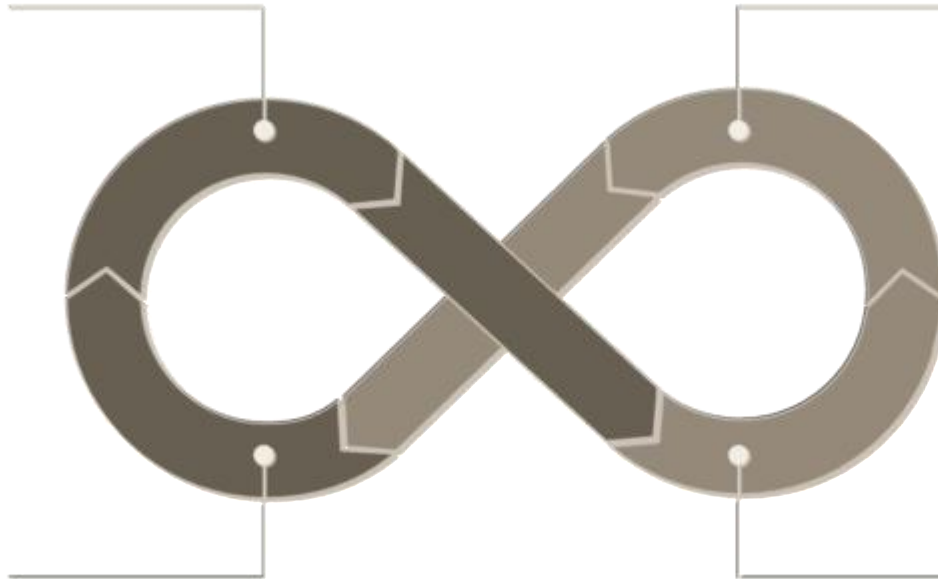
Agile / Lean Startup: niepewność i iteracje

Podejścia zwinne są stworzone do sytuacji, gdy ryzyko jest epistemiczne: nie wiemy, co zadziała, dla kogo i w jakiej konfiguracji. Zamiast planować wszystko na początku, formułujesz hipotezy, budujesz najmniejszą sensowną wersję rozwiązania (MVP), testujesz, uczysz się i iterujesz.

Zbuduj eksperyment

Zmierz efekty

W Lean Startup kluczem jest Build–Measure–Learn. W środowisku produkcyjnym „MVP” nie musi być produktem – może być makietą, dashboardem jakości, ręcznym prototypem procesu zbierania danych, pilotażem na jednym gnieździe, procedurą pracy w wersji 0.1.



Agile wnosi z kolei rytm pracy (sprinty), backlog, priorytety i regularne przeglądy. Dla innowacji w Organizacji 5.0 to działa dobrze, bo łączy się z partycypacją: użytkownicy dają feedback co iterację, a rozwiązanie staje się „ich”, a nie „narzucone”.

Pivot lub kontynuuj

Wyciągnij wnioski

Kiedy podejścia zwinne mają sens: gdy problem jest złożony i niepewny, gdy innowacja dotyczy cyfryzacji/analityki/interfejsów, gdy chcesz szybko obniżyć ryzyko przez uczenie się, gdy czas do wartości jest krytyczny.

Agile / Lean Startup: hipotezy, MVP, iteracje, feedback

Podejścia zwinne sprawdzają się przy dużej niepewności i potrzebie uczenia się poprzez testy w realnym kontekście pracy.

Lean Startup: Build–Measure–Learn, czyli budowanie minimalnego eksperymentu, pomiar efektu i uczenie się (pivot lub kontynuacja).

MVP w produkcji może oznaczać: prototyp dashboardu, prostą procedurę danych, pilotaż na jednym gnieździe, makietę instrukcji pracy.

Warunek skuteczności: mierniki i progi decyzji stop/scale, aby iteracje nie były „ruchem bez wyniku”.

Design Thinking: innowacja skoncentrowana na człowieku



Design Thinking jest szczególnie ważny w Organizacji 5.0, bo zaczyna od człowieka i kontekstu pracy.

Najważniejsze jest to, że DT wymusza zmianę perspektywy: zamiast „jak wdrożyć system”, pytasz „co utrudnia ludziom pracę i skąd biorą się błędy”.

Kiedy design thinking ma sens: gdy chcesz uniknąć technologii „dokładającej pracy”, gdy problem dotyczy procesu ale wąskim gardłem jest człowiek/komunikacja/ergonomia, gdy potrzebujesz wysokiej akceptacji zmiany.

❑ **Ograniczenie DT:** samo nie dowozi wdrożenia w skali. Design Thinking jest świetne do odkrycia problemu i zaprojektowania rozwiązania, ale potem zwykle potrzebujesz Agile (iteracje) i/lub stage-gate (governance, skalowanie).

Dyfuzja innowacji (Rogers)

Wdrożenie innowacji to nie tylko decyzja firmy, ale proces społeczny: ludzie adoptują nowość w różnym tempie. Adopcja innowacji przebiega falami: innowatorzy i wczesni naśladowcy przyjmują nowość szybciej niż wczesna większość i późna większość.

Kluczowe jest to, że wiele wdrożeń zatrzymuje się na tzw. „przepaści” między wczesnymi naśladowcami a wczesną większością.

Masz technologię, masz pilot, masz entuzjastów, ale reszta nie przyjmuje zmiany.

Pięć atrybutów innowacji decydujących o tempie adopcji:

1. **Relative advantage** – czy ludzie widzą realną przewagę
2. **Compatibility** – czy pasuje do sposobu pracy i wartości zespołu
3. **Complexity** – czy jest zrozumiała i prosta
4. **Trialability** – czy można bezpiecznie przetestować w małej skali
5. **Observability** – czy efekty są widoczne dla innych

Wniosek: wdrożenie wymaga pracy nad użytecznością i komunikacją wartości, nie tylko nad technologią.

4. Wielokryterialność wdrażania innowacji w Organizacji 5.0

Wielokryterialna ocena innowacji

Wdrażanie innowacji w Organizacji 5.0 jest z natury wielokryterialne. Kryteria sukcesu nie mogą być wyłącznie finansowe.

Logika oceny: efekty jakościowe, produktywność, bezpieczeństwo i ergonomia, wpływ środowiskowy, odporność operacyjna, satysfakcja pracowników, akceptacja zmiany.

Mierniki i governance: kto decyduje, jak wybierane są projekty, jak należy zarządzać portfelem innowacji.



Grup kryteriów
Kompleksowa ocena projektów

W Organizacji 5.0 istotne jest pytanie: co poprawia się w wielu wymiarach oraz czy nie następuje pogorszenie w innych obszarach.



Holistyczne podejście
Równowaga między wymiarami

Logika oceny innowacji: jakość i produktywność

Efekty jakościowe: spadek niezgodności, reklamacji, scrapu i reworku, poprawa powtarzalności oraz zmniejszenie zmienności.

Produktywność: czas cyklu, przezbrojeń, przepustowość, terminowość, WIP oraz redukcja strat Lean (czekanie, transport, zbędny ruch).

Rozróżnienie mierników: wynikowe (np. reklamacje) oraz wiodące (np. stabilność parametrów, czas reakcji na odchylenie).

Logika oceny: bezpieczeństwo, ergonomia, satysfakcja i adopcja

Bezpieczeństwo i ergonomia: ryzyko urazów, near-miss, obciążenia fizyczne, hałas, oświetlenie, pozycje wymuszone, liczba operacji obciążających.

Satysfakcja pracowników traktowana jest jako miara ryzyka wdrożeniowego: spadek satysfakcji zwiększa obejścia standardu i pogarsza jakość danych.

Adopcja zmiany: faktyczne użycie rozwiązania, liczba obejść, liczba zgłoszeń problemów, czas wdrażania nowych osób, zrozumienie standardu pracy.

Logika oceny: wpływ środowiskowy i odporność operacyjna

Green: scrap i odpady, zużycie energii i mediów, odzysk i recykling wiórów, optymalizacja logistyki i strat materiałowych.

Resilience: czas przestoju i odtworzenia, dostępność kompetencji na zmianie, alternatywne ścieżki procesu, gotowość reakcji na odchylenia i incydenty.

W praktyce: green i resilience bywają „niewidoczne” krótkoterminowo, ale ograniczają ryzyko biznesowe i wzmacniają przewagę.

Karta oceny projektu innowacyjnego 5.0 – przykładowa struktura

Stałe pola: jakość, produktywność, BHP/ergonomia, wpływ środowiskowy, odporność operacyjna, satysfakcja i adopcja, koszt i czas.

Dla każdego pola: 1–3 mierniki wiodące oraz 1–2 mierniki wynikowe, z jasną definicją i częstotliwością pomiaru.

Wymóg praktyczny: mierniki powinny być dostępne bez ręcznego „dopisania” oraz możliwe do monitorowania tygodniowo lub miesięcznie.

Governance: kto decyduje, jak wybierać projekty, jak prowadzić portfel

Dwupoziomowa odpowiedzialność: właściciel projektu (dowiezienie zmiany) oraz właściciel procesu (utrzymanie standardu po wdrożeniu).

Komitet portfela: produkcja, jakość, UR, BHP, finanse, HR, a w razie potrzeby IT i obszar środowiskowy, aby unikać decyzji w silosach.

Zasady wyboru: preferencja dla projektów obejmujących co najmniej dwa wymiary 5.0 oraz ocena wartości i ryzyka wdrożenia.

Limit WIP i cykliczny przegląd portfela: uruchomić, kontynuować, zmienić zakres, wstrzymać, zakończyć, skalować.

5. Bariery wdrożeń i sposoby radzenia sobie z nimi

Typowe bariery wdrożeń

- Opór wobec zmiany
- Brak danych
- Brak kompetencji
- Zbyt technologiczne podejście bez perspektywy człowieka
- Niedopasowane mierniki
- Przeciążenie projektami
- „Pilot bez skalowania”

Typowe bariery wdrożeń – przegląd

Opór wobec zmiany: obawa przed utratą kontroli, dodatkową pracą, oceną lub „rozliczaniem z danych”.

Brak danych lub niska jakość danych: brak definicji, rozbieżności, ręczne wpisy i brak zaufania do pomiarów.

Brak kompetencji: luka technologiczna, procesowa i jakościowa oraz brak czasu na uczenie się.

Zbyt technologiczne podejście bez perspektywy człowieka: narzędzie dokłada pracy i zwiększa chaos informacyjny.

Niedopasowane mierniki: optymalizacja jednej liczby kosztem innych wymiarów 5.0.

Przeciążenie projektami: zbyt wiele inicjatyw równoległych i brak priorytetów.

„Pilot bez skalowania”: brak planu rollout, brak właściciela procesu i brak mechanizmu utrzymania.

Opór wobec zmiany – mechanizmy ograniczania

Włączenie użytkowników i interesariuszy od początku: współtworzenie rozwiązań i testy w realnej pracy.

Komunikowanie przewagi w języku pracy: mniej reworku, mniej stresu, szybsza diagnostyka, mniejsza liczba pomyłek.

Bezpieczeństwo psychologiczne i kultura feedbacku: możliwość zgłaszania problemów bez szukania winnych.

Widoczność wyników: proste KPI, krótkie case'y, porównania „przed–po”, aby wzmacniać adopcję.

Brak danych i brak kompetencji – działania naprawcze

Ustalenie Minimum Viable Data: minimalny zestaw danych do decyzji, słownik definicji i odpowiedzialności za jakość danych.

Ograniczenie ręcznego przepisywania: integracja źródeł, automatyczny zapis pomiarów, proste formularze z walidacją.

Mikroszkolenia i uczenie w działaniu: krótkie moduły na realnych przypadkach oraz wsparcie na stanowisku pracy.

Właściciel danych i właściciel procesu: jasna odpowiedzialność za utrzymanie standardu zbierania i użycia danych.

„Zbyt technologicznie” i „niedopasowane mierniki” – korekta podejścia

Projektowanie digital w logice human-centered: mniej alarmów, jasne priorytety, informacje pod decyzję, a nie pod raport.

Uproszczenie workflow i ograniczenie funkcji nie wnoszących wartości dydaktycznej i operacyjnej.

Ustalenie mierników wielokryterialnych: jakość, produktywność, BHP/ergonomia, green, resilience, satysfakcja i adopcja.

Spójność KPI między działami: unikanie konfliktów „produkcja vs jakość” poprzez wspólne cele i definicje.

Przeciążenie projektami i „pilot bez skalowania” – organizacja pracy

Limit WIP: ograniczenie liczby równoległych inicjatyw na zespół oraz ustanowienie „stop doing list”.

Kryteria bramek decyzji: stop/continue/scale na podstawie faktów z mierników i feedbacku użytkowników.

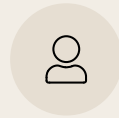
Pakiet skalowania: standard pracy, szkolenia, właściciel procesu, wsparcie IT/danych, audyty utrzymania efektu.

Plan rollout: kolejność obszarów, wymagane zasoby, harmonogram oraz mechanizm utrzymania po wdrożeniu.

6. Ścieżki wdrażania innowacji w transformacji do Organizacji 5.0

Cztery ścieżki wdrażania innowacji

Rola innowacji w transformacji do Organizacji 5.0 – z uwzględnieniem czterech „ścieżek” wdrażania



Innowacje human-centered

Ergonomia, HMI, szkolenia, redesign procesów pod człowieka, partycypacja, kultura feedbacku, bezpieczeństwo psychologiczne



Innowacje resilience resilience

Zarządzanie ryzykiem, scenariusze, elastyczne zdolności produkcyjne, odporne łańcuchy dostaw, cyberbezpieczeństwo, kompetencje wielozadaniowe



Innowacje green

Eco-design, redukcja scrapu, efektywność energetyczna, odzysk, optymalizacja logistyki, mierzenie śladu środowiskowego



Innowacje digital

Dane w czasie rzeczywistym, analityka, AI wspierająca decyzje, integracja systemów, automatyzacja wspierająca, RPA w procesach biurowych



Kluczowy przekaz: te ścieżki powinny się łączyć w jednym programie transformacji, a nie konkurować o budżet w silosach.

Ścieżka 1: Innowacje human-centered – ergonomia i redukcja błędów

Ergonomia traktowana jest jako element jakości: zmęczenie i niewygodność zwiększają liczbę pomyłek, reworku i odchyleń.

Typowe problemy w metalach: ręczne podnoszenia, nieergonomiczne ustawienia, zbędne kroki, praca w hałasie i przy niedostatecznym oświetleniu.

Przykłady innowacji: stanowiska regulowane, manipulatory, reorganizacja narzędzi (5S), redukcja transportu wewnętrznego, standaryzacja ruchów krytycznych.

Mierniki: near-miss, liczba operacji obciążających, scrap i rework, czas cyklu, stabilność wyników między zmianami.

Ścieżka 1: Innowacje human-centered – HMI i informacja pod decyzję

HMI obejmuje sposób prezentacji informacji, alarmów i kroków procesu tak, aby wspierać decyzje człowieka w czasie rzeczywistym.

Częste źródła strat: zbyt wiele alarmów, brak priorytetów, niejednoznaczne komunikaty, ręczne przepisywanie danych między systemami.

Przykłady innowacji: checklisty uruchomień i przezbrojeń, wizualizacja parametrów krytycznych, cyfrowe instrukcje pracy, automatyczny zapis pomiarów.

Mierniki: czas reakcji na odchylenie, odsetek obejść systemu, liczba błędów informacyjnych, ocena użyteczności przez użytkowników.

Ścieżka 1: Partycypacja, kultura feedbacku i bezpieczeństwo psychologiczne

Partycypacja i Kaizen zwiększają kompatybilność innowacji z praktyką pracy oraz ograniczają opór wobec zmiany.

Bezpieczeństwo psychologiczne umożliwia zgłaszanie problemów i sygnałów wczesnych bez obawy o karę, co skraca czas wykrycia odchylenia.

Przykłady innowacji: stały rytm krótkich przeglądów jakości, kanał zgłoszeń, analiza przyczyn bez szukania winnych, „jakość u źródła”.

Mierniki: liczba zgłoszeń problemów i near-miss, czas reakcji, spadek powtarzalnych odchyień, stabilność realizacji standardu.

Ścieżka 2: Innowacje resilience – zarządzanie ryzykiem i scenariusze

Odporność operacyjna zaczyna się od identyfikacji ryzyk jakościowych, procesowych, dostawczych i cybernetycznych.

Przykłady narzędzi: FMEA procesu, mapowanie zasobów krytycznych, scenariusze zakłóceń i gotowe procedury reakcji.

W metalach krytyczne bywają: wąskie gardła maszynowe, dostępność oprzyrządowania, jakość półproduktów, terminowość dostaw oraz zależności IT/OT.

Mierniki: czas wykrycia i czas reakcji, liczba powtarzalnych awarii, gotowość alternatywnych ścieżek procesu.

Ścieżka 2: Elastyczne zdolności produkcyjne i kompetencje wielozadaniowe

Elastyczne zdolności oznaczają możliwość rekonfiguracji bez utraty jakości: przeniesienie zlecenia, zmiana sekwencji, praca na alternatywnych zasobach.

Kompetencje wielozadaniowe (cross-skilling) zmniejszają ryzyko przestoju z powodu absencji i zwiększają odporność jakościową.

Przykłady innowacji: matryca kompetencji, plan rotacji, standardy uruchomień po przerwie, checklisty krytycznych kroków jakości.

Mierniki: pokrycie kompetencji na zmianach, czas rozruchu po zmianie, stabilność jakości po rekonfiguracji.

Ścieżka 2: Odporne łańcuchy dostaw i cyberbezpieczeństwo

Odporność łańcucha dostaw obejmuje kwalifikację alternatywnych dostawców i zamienników materiału bez spadku jakości.

Cyfryzacja zwiększa powierzchnię ataku, dlatego cyberbezpieczeństwo staje się elementem resilience i ciągłości działania.

Przykłady innowacji: standardy kontroli wejściowej, plany awaryjne, segmentacja OT/IT, backupy i procedury odtwarzania, szkolenia phishingowe.

Mierniki: czas odtworzenia po incydencie, liczba krytycznych zależności od pojedynczego dostawcy, stabilność realizacji dostaw.

Ścieżka 3: Innowacje green – eco-design i redukcja strat w cyklu życia

Eco-design obejmuje projektowanie wyrobu i procesu tak, aby ograniczać zużycie materiału, energii oraz umożliwiać regenerację i odzysk.

W metalach kluczowe bywają: redukcja masy, dobór materiałów pod trwałość, ograniczenie liczby operacji, tolerancje zgodne ze zdolnością procesu.

Efekt typowy: poprawa jakości i redukcja scrapu dzięki lepszemu dopasowaniu projektu do procesu wytwarzania.

Mierniki: zużycie materiału na sztukę, scrap/rework, trwałość wyrobu, udział materiału z odzysku.

Ścieżka 3: Redukcja scrapu i efektywność energetyczna – „podwójny zysk”

Scrap jest jednocześnie kosztem finansowym i środowiskowym, dlatego redukcja braków często daje najwyższy zwrot w 5.0.

Przykłady innowacji: SPC i stabilizacja procesu, standaryzacja ustawień, szybka analiza przyczyn (Ishikawa, 5Why), optymalizacja rozkrojów.

Efektywność energetyczna zależy od harmonogramowania wsadów, parametrów procesu i minimalizacji strat (np. obróbka cieplna, sprężone powietrze).

Mierniki: kg scrapu/1000 szt., kWh/partię, udział reworku, koszty energii i stabilność procesu.

Ścieżka 3: Odzysk, logistyka i mierzenie śladu środowiskowego

Odzysk obejmuje wióry i złom, opakowania, a także optymalizację obiegu materiałów i logistyki wewnętrznej oraz zewnętrznej.

Mierzenie śladu środowiskowego może zaczynać się od prostych metryk projektowych, a następnie przechodzić do bardziej zaawansowanych analiz.

Przykłady innowacji: standardy segregacji i odzysku, optymalizacja tras i partii, monitoring zużycia energii i mediów, raportowanie green KPI.

Mierniki: udział odzysku, liczba transportów, odpady trudne, energia na sztukę i emisje powiązane.

Ścieżka 4: Innowacje digital – dane w czasie rzeczywistym i integracja

Dane w czasie rzeczywistym skracają czas wykrycia odchylenia i pozwalają reagować zanim powstaną braki i reklamacje.

Integracja systemów ogranicza ręczne przepisywanie, podnosi jakość danych i redukuje błędy informacyjne.

Przykłady innowacji: traceability partii, automatyczny zapis wyników pomiarów, integracja maszyn z systemem jakości, dashboardy „pod decyzję”.

Mierniki: czas reakcji na odchylenie, jakość danych, odsetek automatycznego zbierania, liczba błędów danych ręcznych.

Ścieżka 4: Analityka i AI wspierająca decyzje (decision support)

Analityka i AI mają sens tam, gdzie występują powtarzalne wzorce odchyleń i dostępne są dane o jakości i procesie.

Wymóg Organizacji 5.0: wyjaśnialność i zaufanie – wskazanie „dlaczego” rekomendacja jest sugerowana i na jakich danych się opiera.

Ryzyko typowe: AI bez jakości danych zwiększa liczbę fałszywych alarmów i opór użytkowników, pogarszając adopcję.

Mierniki: trafność alertów, skrócenie czasu diagnostyki, redukcja fałszywych alarmów, ocena użyteczności przez operatorów i technologię.

Ścieżka 4: Automatyzacja wspierająca i RPA w procesach biurowych

Automatyzacja wspierająca odciąża ludzi z czynności rutynowych, redukuje błędy administracyjne i skraca lead time informacji.

W produkcji: automatyzacja pomiarów i zapisu, robotyzacja czynności ciężkich i monotonnych, a człowiek skupia się na jakości i decyzjach.

W biurze (RPA): generowanie raportów, przepisywanie danych między systemami, obsługa powtarzalnych workflow (zamówienia, dokumentacja jakości).

Mierniki: czas pracy administracyjnej, liczba błędów dokumentacji, lead time workflow, satysfakcja użytkowników.

Cztery ścieżki - jeden program

Kluczowy przekaz: cztery ścieżki jako jeden program, nie konkurencja silosów

Human-centered, resilience, green i digital powinny być integrowane w jednym programie transformacji, aby unikać optymalizacji fragmentów systemu.

Największe efekty osiągane są w projektach łączonych, ocenianych jedną kartą projektu 5.0 i prowadzone w spójnym governance.

Portfel innowacji powinien obejmować równowagę: szybkie usprawnienia przyrostowe oraz projekty strategiczne, z planem utrzymania i skalowania.

Wielokryterialność wdrażania innowacji

W Organizacji 5.0 wdrażanie innowacji z definicji nie może być oceniane tylko przez pryzmat pieniędzy. Koszt i zwrot są ważne, ale to jest tylko jeden wycinek. Dla innowacji „5.0” sens polega na tym, że zmiana ma jednocześnie poprawić wyniki, stabilność i jakość pracy ludzi, a przy okazji nie pogorszyć wpływu na środowisko i odporności organizacji.

Efekty jakościowe

Spadek niezgodności,
mniejsza zmienność,
lepszą powtarzalność

Produktywność

Czas cyklu,
wykorzystanie maszyn,
przepustowość

Bezpieczeństwo i ergonomia

Wypadkowość,
obciążenie fizyczne,
zmęczenie

Wpływ środowiskowy

Scrap, energia, media,
emisje, recykling

Odporność operacyjna

Czas przestoju, alternatywne ścieżki, kompetencje

Satysfakcja pracowników

Rotacja, absencja, akceptacja zmiany

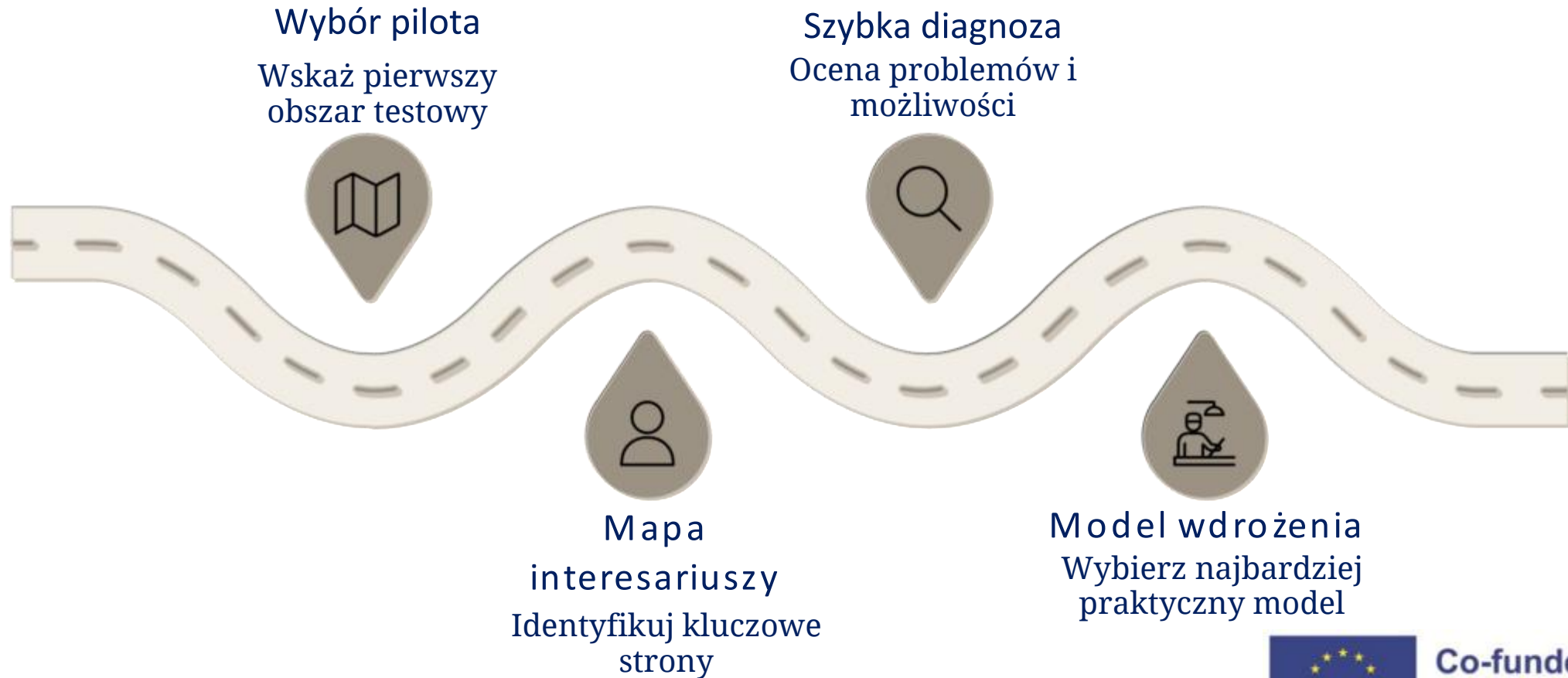
Akceptacja zmiany

Faktyczne użycie, zgłoszenia problemów, ulepszenia

Żeby to wszystko działało, potrzeba dwóch rzeczy: spójnych mierników i governance, czyli jasnych zasad decyzyjnych.

Praktyczna sekwencja wdrożenia „jak zacząć”

Ta sekwencja zapewnia systematyczne podejście do wdrażania innowacji, od wyboru obszaru pilotażowego po pełne skalowanie rozwiązania.



Sekwencja „jak zacząć” – logika wdrożenia w praktyce

Wybór obszaru pilota o wysokiej wartości i możliwego do bezpiecznego testu (jakość/scrap, ergonomia, stabilność, czas reakcji).

Mapowanie interesariuszy: użytkownicy procesu, właściciele danych, liderzy zmiany, obszary wsparcia (jakość, UR, BHP, IT, HR).

Szybka diagnoza „proces + człowiek”: źródła błędów, obciążenie pracy, punkty ręcznego przepisywania, wąskie gardła.

Dobór modelu wdrożenia: Design Thinking dla rozpoznania problemu, Agile dla iteracji, stage-gate dla decyzji o skalowaniu.

Zdefiniowanie miar sukcesu i sposobu monitorowania: mierniki wiodące i wynikowe, widoczność efektów, progi stop/scale.

Plan komunikacji i feedbacku: rytm przeglądów, kanały zgłoszeń, bezpieczeństwo psychologiczne, rola ambasadorów.

Iteracje i skalowanie: pakiet wdrożeniowy, właściciel procesu, audyty utrzymania, rozszerzenie na kolejne obszary.

Podsumowanie: Jeden program, nie silosy

Human-centered, resilience, green i digital nie powinny konkurować o budżet w silosach, bo wtedy optymalizuje się fragmenty zamiast całego systemu. Największe efekty dają projekty łączone: digital wspiera człowieka i stabilność procesu, ergonomia zmniejsza scrap, green wzmacnia odporność kosztową i ryzyka.

Wspólna karta projektu 5.0 i wspólne governance pozwalają porównywać inicjatywy i unikać konfliktów KPI między działami. Portfel innowacji powinien mieć równowagę: szybkie usprawnienia operacyjne + projekty strategiczne, ale zawsze z oceną wpływu na człowieka i środowisko.

Transformacja 5.0 to zmiana praktyk i kultury, dlatego integracja ścieżek jest warunkiem utrzymania efektu i skalowania wdrożeń.

Digital + Human-centered Traceability i dashboardy pod operatora	Green + Human-centered Ergonomia redukująca błędy i scrap
Digital + Resilience Monitoring i predykcja ryzyk	Green + Resilience Odporność kosztowa i środowiskowa

Warunek sukcesu: jeden właściciel procesu, spójne KPI oraz plan skalowania, żeby projekt nie został „pilotem jednego działu”.

Jak łączyć w portfel innowacji (logika wyboru i równowaga)

Preferowanie inicjatyw obejmujących co najmniej dwa wymiary 5.0 oraz wyraźne kryteria „nie pogarszać” innych wymiarów.

Równowaga portfela: quick wins (5S, standardy, SPC, ergonomia) oraz projekty strategiczne (traceability, integracje, decision support).

Dobór modelu wdrożenia do niepewności: iteracje dla wysokiego ryzyka poznawczego i stage-gate dla decyzji inwestycyjnych.

Ograniczenie przeciążenia: limit WIP, priorytety oraz cykliczny przegląd uruchomić/kontynuować/skalować/zatrzymać.

Mapa drogowa transformacji innowacji (0–24 miesiące)

0–3 mies.

Fundamenty i szybkie efekty

- Wybór 2–3 obszarów pilota
- Szybka diagnoza proces + człowiek
- Human-centered quick wins: 5S, wizualizacja, checklisty
- Digital minimum: Minimum Viable Data
- Governance start: karta projektu 5.0

3–12 mies.

Skalowanie i stabilizacja

- Standardy i szkolenia
- Skalowanie sprawdzonych rozwiązań
- Rozwinięcie digital: integracja, traceability
- Resilience: FMEA, scenariusze, cross-skilling
- Green: redukcja scrapu, optymalizacja energii
- Kultura jakości 5.0

12–24 mies.

Program strategiczny

- Projekty łączone większej skali
- Analityka i AI wspierająca decyzje
- Automatyzacja wspierająca i RPA
- Model biznesu i oferta
- Dojrzałe governance portfela



Najważniejsze wnioski do zapamiętania

Innowacje w Organizacji 5.0 powinny być oceniane wielokryterialnie, a nie wyłącznie finansowo.

Największa wartość powstaje w projektach łączonych, które jednocześnie wspierają co najmniej dwa wymiary 5.0.

Dobór modelu wdrożenia zależy od niepewności i ryzyka: DT, Agile/Lean Startup i stage-gate mają różne role.

Dyfuzja innowacji zależy od użyteczności, kompatybilności, prostoty, testowalności i widoczności efektów.

Skalowanie powinno być zaprojektowane od początku: standardy, szkolenia, właściciel procesu, dane i mechanizm utrzymania.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

Project coordinator:

- **Mines Saint-Etienne:** <https://www.mines-stetienne.fr/>
- **Pr. Xavier BOUCHER:** boucher@mines-stetienne.fr

Our contacts:

- **Website:** <https://www.codemo-project.eu/>
- **E-mail:** info@codemo-project.eu

Our socials:

- **Twitter:** <https://twitter.com/omilab>
- **LinkedIn:** <https://www.linkedin.com/showcase/codemo-project/>
- **Facebook:** <https://www.facebook.com/openmodelslaboratory/>

Dr inż. Andrzej Daniluk
a.daniluk@pb.edu.pl

