

**PRODUKCJA EXPERT**  
www.produkcja.expert



Standaryzacja analityki  
dla firm produkcyjnych

**WSKAŹNIKI  
EFEKTYWNOŚCI  
PRODUKCJI**

WYBÓR | POMIARY | ANALIZA

dr inż. Witold Salwach



## W RAPORCIE:

- RODZAJE POMIARÓW
- KLUCZOWE WSKAŹNIKI EFEKTYWNOŚCI
- SPOSOBY ANALIZY I ZASTOSOWANIE WSKAŹNIKÓW EFEKTYWNOŚCI
- STANDARDOWE WSKAŹNIKI W OBSZARZE UTRZYMANIA RUCHU
- NAJLEPSZE SPOSOBY ZBIERANIA DANYCH
- OEE KRYTYCZNYCH MASZYN
- PRZESTOJE Z POWODU AWARII
- ŚREDNI CZAS NAPRAWY (MTTR)



## JAK MIERZYĆ EFEKTYWNOŚĆ?

Środowisko produkcyjne współczesnej firmy wytwórczej staje się coraz bardziej złożone. Osoby odpowiedzialne za zarządzanie poszukują skutecznych wskaźników, które pozwolą na identyfikację obszarów wymagających poprawy, określenie kolejności działań usprawniających oraz monitorowanie efektów i trwałości wdrożonych działań.

W tej sytuacji pada szereg pytań jak wybrać najlepszy zestaw wskaźników np. dla obszaru utrzymania ruchu? Co mierzyć, a czego nie mierzyć? Jak analizować wyniki? Niestety nie ma prostej odpowiedzi na te pytania. Nie istnieje również idealny zestaw wskaźników, który powinna stosować każda firma. Można jednak określić podstawowe zasady określające, co mierzyć i jak uzyskane pomiary analizować. Istnieje również możliwość identyfikacji typowych wskaźników, które warto wdrożyć w większości zakładów.

## najlepszy zestaw wskaźników

### RODZAJE POMIARÓW

Celem każdego pomiaru jest zdobycie użytecznej wiedzy, co powinno prowadzić do uzyskania określonych korzyści. W praktyce stosuje się zasadę „im mniej tym lepiej”, co oznacza, że ilość wskaźników w organizacji powinna być możliwie jak najmniejsza. Wówczas koncentrujemy się na mierzeniu tych elementów, które są niezbędne. Ze względu na rodzaj uzyskiwanych korzyści pomiary dzielimy na 3 rodzaje:

- 1. Określenie** efektywności działalności oraz porównania wewnętrzne i zewnętrzne.
- 2. Analiza** problemu dla zidentyfikowania jego przyczyn.
- 3. Pomiar** efektywności wdrożonych działań usprawniających.

W pierwszym z wymienionych powyżej rodzajów pomiarów istnieje możliwość identyfikacji obszarów do poprawy oraz określenia jej potencjału. Co więcej, możemy określić łatwość osiągnięcia tego ulepszenia. Inny rodzaj pomiarów służy do znalezienia przyczyn problemu, dzięki czemu będzie możliwe opracowanie i wdrożenie skutecznych działań dla jego wyeliminowania. Wówczas powinniśmy uruchomić trzeci rodzaj pomiarów dla potwierdzenia skuteczności lub braku skuteczności wdrożonych działań naprawczych. W przypadku potwierdzenia skuteczności będzie możliwe zakończenie prac nad danym proble-



mem oraz rozszerzenie zakresu wdrożonych działań na inne, podobne problemy. W przypadku stwierdzenia braku skuteczności wdrożonych działań następuje powrót do etapu poszukiwania przyczyn problemu. Uzyskano jednakże wartościową wiedzę: albo działania nie usunęły wcześniej zidentyfikowanych przyczyn problemu albo rzeczywisty powód nie został jeszcze znaleziony.



## kluczowe wskaźniki efektywności

Najważniejsze pomiary przedstawione w punkcie pierwszym opisanym powyżej są często nazywane **kluczowymi wskaźnikami efektywności** (ang. KPI – *Key Performance Indicators*). Służą one do zobrazowania wybranego obszaru działalności firmy lub też oceny jej efektywności z pewnego punktu widzenia. Przykładem takiego wskaźnika jest Efektywność Wykorzystania Maszyn - OEE (ang. Overall Equipment Effectiveness). Posłuży on w dalszych rozważaniach dla zilustrowania podstawowych cech, zasad tworzenia i stosowania wskaźników efektywności. Wskaźnik OEE jest obliczany jako iloczyn dostępności, wydajności i jakości zdefiniowanych jako:

- 1. Dostępność** – procentowy czas, kiedy maszyna jest dostępna do pracy.
- 2. Wydajność** – procentowa aktualna wydajność maszyny (szybkość) w stosunku do normy.
- 3. Jakość** – ile procent produkowanych wyrobów jest dobrej jakości.



# WSKAŹNIK OEE



## DOSTĘPNOŚĆ

Procentowy czas, kiedy maszyna jest dostępna do pracy.



## WYDAJNOŚĆ

Procentowa aktualna wydajność maszyny (szybkość) w stosunku do normy



## JAKOŚĆ

Ile procent produkowanych wyrobów jest dobrej jakości.

Wskaźnik OEE pokazuje jak dużo dobrej jakości wyrobów potrafi wyprodukować maszyna po odjęciu zmarnowanego czasu (ze względu na przestoje jak i wolniejsze niż zakładane tempo pracy) i wadliwych wyrobów. Dla zasobów krytycznych (czyli takich, które powinny produkować jak najwięcej, ponieważ jest zapotrzebowanie na ich wyroby) wartość OEE powinna być jak najwyższa.

OŚWIELAMY DROGĘ DO EFEKTYWNEJ PRODUKCJI

OEE 88%

## sposoby analizy i zastosowanie wskaźników

### PORÓWNANIE DO ZAŁOŻONYCH CELÓW

Określenie celu dla jakiegokolwiek wskaźnika jest zawsze niezbędne. Tylko porównując aktualną efektywność do założonego celu możemy właściwie określić obecną sytuację. Jest to oczywiście bardzo proste: jest dobrze gdy cel jest zrealizowany, źle gdy nie zrealizowany.

### PORÓWNANIE Z NAJLEPSZYMI PRAKTYKAMI W BRANŻY

W praktyce przyjmuje się, że poziom 85% dla wskaźnika OEE jest wynikiem bardzo dobrym. Porównanie uzyskiwanych wyników do najlepszych praktyk jest jednym z zastosowań wskaźników. Jeśli nasza krytyczna maszyna pracuje z 60% OEE to dzięki takiemu porównaniu wiemy, że jest potencjał poprawy i możemy oszacować jak duży. W tym przypadku przejście z 60% do 85% OEE daje zwiększenie wielkości produkcji o 42%.

### PORÓWNANIE Z DANYMI HISTORYCZNYMI

Jest to łatwa do przeprowadzenia analiza. Pogorszenie wyników w stosunku do roku poprzedniego jest oczywiście sygnałem alarmowym. Wskazuje to również na możliwość wprowadzenia szybkich usprawnień. Mamy przecież dowód, że wyniki mogą być lepsze. Wiemy nawet kiedy były one lepsze. Jeśli powrócimy do ustawień (szeroko rozumianych) z tamtego okresu to powinniśmy uzyskać obecnie tak samo dobre wyniki.

### PORÓWNANIA WEWNĄTRZ ORGANIZACJI

W przypadku wielu wskaźników zewnętrzne porównanie może być niemożliwe. Jednakże bardzo wiele korzyści możemy uzyskać dzięki porównaniom wewnętrznym. Przede wszystkim możemy porównywać poziom OEE różnych maszyn. Jeśli jedna pracuje z wyższym OEE niż inna, daje to pole do dalszych usprawnień.

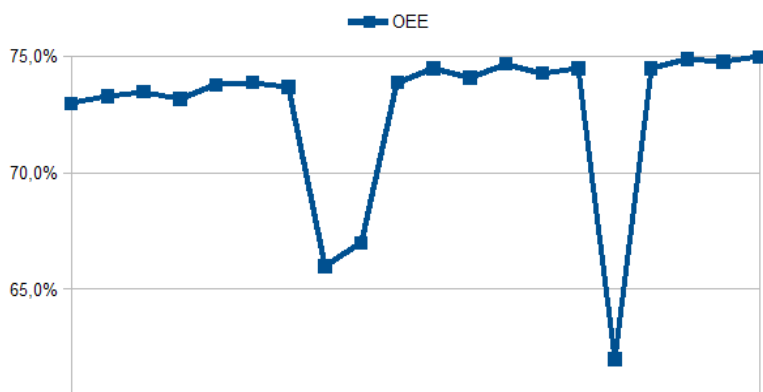
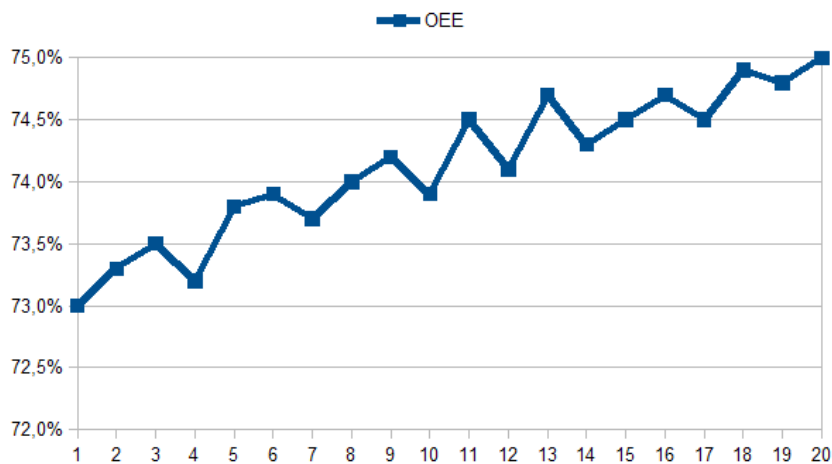
W związku z tym, że dysponujemy pełną informacją o obu maszynach, mamy szansę zidentyfikować przyczyny różnych wyników. Są to przestoje (zmniejszające Dostępność), spowolnienia (zmniejszające Wydajność) oraz nieprawidłowa praca maszyny produkującej wadliwe wyroby (zmniejszając Jakość). Zastosowanie Diagramu Pareto dla nieefektywności poszczególnych maszyn lub grup maszyn pozwala łatwo zidentyfikować największe problemy. Tymi najważniejszymi problemami należy zająć się w pierwszej kolejności. Możemy również porównywać wynik OEE dla grup maszyn, wydziałów produkcyjnych czy też zakładów. Inną wartościową analizą jest porównanie OEE tej samej maszyny obsługiwanej przez różne zespoły pracowników. W każdej firmie ludzie są najważniejszym zasobem i to od efektywności ich pracy zależy sukces firmy. Widoczny również we wskaźnikach, takich jak OEE.



## ANALIZA TRENDU

Sposób analizy oraz możliwe wnioski zobrazujemy dwoma wykresami.

Na pierwszym wykresie widzimy, że 75% jest najlepszym wynikiem w ciągu tych 20 dni. Łatwo również zaobserwować pozytywny trend od 73% na początku okresu do 75% na końcu okresu. I takie też wnioski można otrzymać po analizie tego wykresu: wynik bardzo dobry, trend stabilny i pozytywny. W kolejnych dniach



Wykres 2. Przykładowe OEE w kolejnych dniach – wyniki zmienione jedynie w trzech dniach

Drugi wykres został zmieniony w porównaniu do pierwszego wynikami tylko w 3 dniach: 8, 9 i 16 dnia uzyskane wyniki są dużo gorsze niż 75%. Wnioski z tego wykresu są zupełnie inne. Wyraźnie widoczne są dwa zdarzenia, które spowodowały pogorszenie wyników 8-9 i 16 dnia. Bez zrozumienia przyczyn tych zdarzeń i wdrożenia skutecznych działań naprawczych możemy się spodziewać powtórki takich samych problemów (i takich samych słabych wyników) w przyszłości. Warto zwrócić uwagę, że skala w obu wykresach jest różna. Pomaga to łatwiej dostrzec ważne

informacje. Odpowiednia wizualizacja wskaźników jest bardzo istotna dla odpowiedniego ich zastosowania. Często dobra wizualizacja jest lepsza niż obszerny opis zawierający mnóstwo liczb. Chodzi tu nie tylko o wybór skali ale również rodzaj wykresu.

## standardowe wskaźniki w obszarze utrzymania ruchu - wskaźniki efektywności produkcji

Powyższe rozważania wskazują jak wykorzystać wyniki pomiarów. W dalszej części przyjrzymy się bliżej typowym wskaźnikom w Utrzymaniu Ruchu. Poniżej przedstawiono zestaw typowych wskaźników dla zakładu produkcyjnego. W grupie „Utrzymanie Ruchu” zostały wymienione trzy wskaźniki, dotyczące pracy i przestojów maszyn.

Zestaw kluczowych wskaźników skierowany jest do wszystkich przedsiębiorstw produkcyjnych. Jego zastosowanie pozwala zarówno na stałe monitorowanie efektywności procesów, identyfikację obszarów do usprawnień oraz określenie kolejności działań usprawniających. Dodatkową, mało na razie popularną w Polsce, korzyścią jest możliwość porównania wartości wskaźników z innymi przedsiębiorstwami.

## Wskaźniki Efektywności Produkcji (WEP). Standaryzacja analityki dla firm produkcyjnych

BHP	Środowisko	Jakość	Produkcja	Utrzymanie Ruchu	Logistyka	Ciągłe Doskonalenie	Zasoby Ludzkie	Sprzedaż	Zarządzanie kosztami
Liczba wypadków (Rejestr wypadków w arkuszu kalkulacyjnym)	Zużycie energii elektrycznej na 1 zł wyrobu	Satysfakcja klienta	Szybkość pracy	OEE krytycznych maszyn	Realizacja zamówień klientów	Ilość rozpoczętych działań usprawniających (Rejestr działań usprawniających w arkuszu kalkulacyjnym)	liczba godzin szkoleń na pracownika	Sprzedaż	Rachunek zysków i strat
Liczba prawie wypadków (Rejestr prawie wypadków w arkuszu kalkulacyjnym)	Waga zmieszanych odpadów komunalnych na 1 pracownika (Rejestr w arkuszu kalkulacyjnym na podstawie faktur lub dokumentów przekazania odpadów) (waga odpadów), system obsługi HR (liczba pracowników)	PPM (ang. ppm – parts per million)	Efektywność pracowników	% czasu na przestoje z powodu awarii	Sredni czas realizacji zamówienia	Ilość zakończonych działań usprawniających (Rejestr działań usprawniających w arkuszu kalkulacyjnym)	Zdobyte umiejętności	koszt materiałów na wyrob	koszt materiałów na wyrob
Wskaźnik czasu straconego przez wypadki (ang. LTIFR – lost time injury frequency rate) (Rejestr wypadków w arkuszu kalkulacyjnym)	Ilość awarii środowiskowych (Rejestr awarii środowiskowych w arkuszu kalkulacyjnym)	Ilość reklamacji zewnętrznych (JAKOŚĆ /rejestr reklamacji w arkuszu kalkulacyjnym)	Procent procesów zdolnych (Rejestr pomiarów zdolności procesów w arkuszu kalkulacyjnym lub narzędzie do statystycznej obróbki danych)	Sredni czas naprawy (ang. MTTR – mean time to repair)	Ilość transportów specjalnych do klientów	Usprawnienia w technologii	Rotacja pracowników	Koszt robocizny na wyrob	Koszt robocizny na wyrob
		Ilość zatrzymań linii produkcyjnej klienta (Rejestr zatrzymań linii produkcyjnej klienta w arkuszu kalkulacyjnym)	Ilość reklamacji wewnętrznych i zewnętrznych (Rejestr reklamacji w arkuszu kalkulacyjnym)		Poziom zapasów w dniach	Usprawnienia w zużyciu materiałów	Wskaźnik absencji	Marża 1 na wyrobie	Marża 1 na wyrobie
		Koszty złej jakości	Sredni czas zmiany formy		Wiekowanie zapasów		Zadowolenie pracowników	Zysk na wyrobie	Zysk na wyrobie
		Wielkość odpadów			Ilość zatrzymań produkcji z powodu braku materiałów lub opakowań	Ilość audytów wewnętrznych (Rejestr audytów wewnętrznych w arkuszu kalkulacyjnym)			
		FTT (ang. FTT – first time through)			Odczylenia w zużyciu materiałów	Procent audytów wewnętrznych w terminie i OK (Rejestr audytów wewnętrznych w arkuszu kalkulacyjnym)			
					Wskaźnik jakości dostawców				
					Realizacja zamówień przez dostawców	Procent modyfikacji wyrobu i/lub procesu w terminie i OK (Rejestr modyfikacji w arkuszu kalkulacyjnym)			
					PPM dostawców (ang. ppm – parts per million)				
					Odczylenia w cenie materiałów				

## OŚWIETLAMY DROGĘ DO EFEKTYWNEJ PRODUKCJI

“ Wskaźniki Efektywności Produkcji pozwalają na zidentyfikowanie problemów, które mogą wystąpić w procesie produkcji. Jeżeli chociaż jeden ze wskaźników budzi zastrzeżenia to sygnał, że w całym obszarze/grupie, mogą występować nieprawidłowości. Dla lepszego zrozumienia występujących zjawisk potrzebne są jednak dedykowane rozwiązania, które precyzyjnie określą np. współczynnik OEE lub koszty złej jakości. ”

— Piotr Rojek, Dyrektor Zarządzający DSR.

### Najlepszym sposobem zbierania danych

dla tych wskaźników jest monitoring on-line maszyny z automatycznym zapisywaniem jej stanu (pracuje – stoi) i wydajności (np. czas cyklu). Następnie operator przypisuje każdemu przestojowi odpowiedni kod (np. wymiana formy, awaria, przegląd, brak materiałów, brak pracowników). Dopisywanie ręczne lub pobranie z systemu ERP ilości wyprodukowanych wyrobów dobrych i wadliwych uzupełnia dane niezbędne do analizy. Analizę można wykonać w stosunkowo prostym arkuszu kalkulacyjnym. A koszt monitoringu nie jest wysoki dzięki rozpowszechnieniu sterowników PLC i dostępu bezprzewodowego. Na rynku są obecnie dostępne gotowe systemy wyko-

nujące te zadania, często nazywane systemami sterowania lub rejestracji produkcji (ang. Shop Floor Control). Alternatywą do monitoringu on-line jest wersja papierowa: pracochłonna i podatna na błędy. Warto ją oczywiście stosować, ale raczej w formie niewielkich projektów uruchamianych (po kolei) dla najważniejszych maszyn.

### OEE krytycznych maszyn.

Sam wskaźnik został omówiony powyżej. Należy zwrócić uwagę na sformułowanie „krytyczne maszyny”. Tylko takie mogą i powinny mieć wysokie OEE. Maszyny nie krytyczne mają wiele przestojów z prozaicznego powodu braku zleceń produkcyjnych,



dlatego też ich OEE będzie niskie. Należy tutaj dodać, że sama metodologia liczenia OEE ma zastosowanie do wyszukiwania możliwych usprawnień w pracy wszystkich maszyn (także nie krytycznych). Każdy nie planowany przestój jest marnotrawstwem, którego można było uniknąć. Tak samo marnotrawstwem jest produkcja wadliwych wyrobów czy też praca w niższej wydajności.

#### **% czasu na przestoje z powodu awarii.**

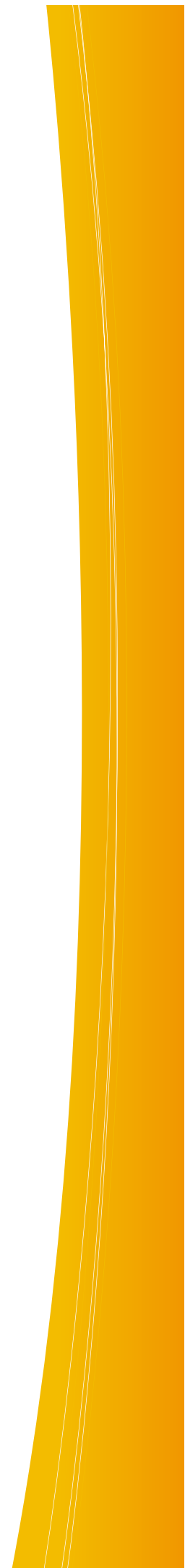
Wskaźnik jest liczony według wzoru: czas przestojów z powodu awarii / całkowity czas. Awarie są zawsze niepożądane, a koszty nieplanowanych przestojów są zawsze wyższe od planowanych (np. przegląd maszyny). Dlatego też minimalizacja czasów awarii jest zadaniem Utrzymania Ruchu. Oczywiście najlepszym sposobem są działania zapobiegawcze. Ich efekty będzie można zaobserwować właśnie poprzez ten wskaźnik.

#### **Średni czas naprawy (ang. MTTR – mean time to repair).**

Definicja wskaźnika: czas przestojów z powodu awarii / liczba awarii. Szybkie przywrócenie maszyny do pracy po awarii jest zawsze istotne. Oczywiście działania prewencyjne takie jak np. odpowiednie zao-

patrzenie w części zamienne wpływa istotnie na czas usunięcia awarii. Ale ten wskaźnik pokazuje przede wszystkim jak sprawnie Utrzymanie Ruchu jest w stanie naprawić zepsute maszyny.

**Należy dodać, że specyfika konkretnego zakładu może wymagać innego spojrzenia na awarie. Przykładowo w motoryzacji standardowym wymogiem jest 100% realizacji dostaw w terminie. Gdy dodatkowo poziom zapasu wyrobów gotowych jest ograniczony do 48 godzin (np. poprzez ograniczoną ilość opakowań dedykowanych) to krytyczny staje się maksymalny czas przywrócenia krytycznej maszyny do pracy. Wymaga to odpowiedniego zaplanowania działań w sytuacji awarii, dostępności części zamiennych czy też umów z dostawcami aby zapewnić odpowiedni czas reakcji.**



## O RAPORCIE

Raport „Standaryzacja analityki dla firm produkcyjnych – Wskaźniki Efektywności Produkcji” dotyczy kluczowego w obecnych czasach tematu skutecznego monitorowania efektywności procesów wytwórczych. W efekcie prac nad raportem powstał model standardowych wskaźników, których analiza umożliwi ocenę efektywności firmy produkcyjnej. Pozwala on również na identyfikację obszarów wymagających poprawy, określenie kolejności działań usprawniających oraz monitorowanie efektów i trwałości wdrożonych działań.

Wskaźniki tworzą grupy odpowiadające wszystkim, kluczowym obszarom zarządzania firmą produkcyjną czyli takie kwestie, jak BHP, Środowisko, Jakość, Produkcja, Utrzymanie Ruchu, Logistyka, Ciągłe Doskonalenie, Zasoby Ludzkie, Sprzedaż oraz Zarządzanie Kosztami. Każda z grup zawiera od 1 do 12 wskaźników, które zostały opatrzone komentarzem oraz wskazaniami w jakich systemach informatycznych powinny być zbierane dane do ich wyliczenia.

Twórcy modelu zamieścili także informacje dotyczące sposobu obliczania wskaźnika, źródła danych, ich agregacji, częstotliwości wykonywania analiz oraz wskazówki dotyczące najlepszych praktyk. Takie podejście daje użytkownikowi gotowy przewodnik, za pomocą którego można dokonać analizy każdego ze wskaźników. Dodatkowo może on określić, czy w procesie produkcji występują niepożądane zjawiska, wymagające usprawnienia.

Dodatkowe informacje: [www.produkcja.expert](http://www.produkcja.expert)

## O PRODUKCJA EXPERT

PRODUKCJA EXPERT to serwis poświęcony wyzwaniom polskiego sektora wytwórczego skierowany do praktyków. Koncentruje się na prezentacji rozwiązań, które wspierają efektywność kluczowych procesów biznesowych, takich jak planowanie, rejestracja, analiza i logistyka produkcji. Pomaga zrozumieć nowoczesną organizację, gdzie informacja staje się akceleratorem działania, źródłem efektywności, ale również wielu problemów. Chcemy na nie odpowiadać dając konkretne wskazówki. Zapraszamy do dialogu, wymiany najlepszych praktyk i dzielenia się pomysłami ze środowiskiem praktyków produkcji.

## O AUTORZE

**Dr inż. Witold Salwach** - doktor ekonomii w dziedzinie Nauk o Zarządzaniu, ekspert w implementacji procesów ciągłego doskonalenia oraz zaawansowanego planowania i harmonogramowania produkcji. Od kilkunastu lat wdraża usprawnienia w firmach produkcyjnych, w tym systemy IT (np. ERP, WMS, MES). W ostatnich latach zarządzał zakładami z branży motoryzacyjnej.