

# DYNAMICZNE ZARZĄDZANIE RYZYKIEM INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH. OPTIMALIZACJA – NARZĘDZIA PRZEMYSŁU 4.0



## **MGR INŻ. TOMASZ KLINKOSZ**

Ekspert Urzędzeń Ciśnieniowych  
Dział Oceny Zgodności  
Urząd Dozoru Technicznego  
Oddział w Gdańsku

POZIOM DOJRZAŁOŚCI ZARZĄDZANIA RYZYKIEM RÓŻNI SIĘ W ZALEŻNOŚCI OD BRANŻY I FIRMY. OGÓLNIIE RZECZ BIORĄC, NAJBARDZIEJ ZAAWANSOWANE PODEJŚCIE MAJĄ BANKI, A NASTĘPNIE FIRMY Z BRANŻY, W KTÓRYCH BEZPIECZEŃSTWO JEST NAJWAŻNIEJSZE, W TYM ROPA I GAZ, ZAAWANSOWANA PRODUKCJA I FARMACEUTYKA. POMIMO TEGO PRAWIE WSZYSTKIE ORGANIZACJE MUSZĄ ODŚWIEŻYĆ I WZMOCNIĆ SWOJE PODEJŚCIE DO ZARZĄDZANIA RYZYKIEM, ABY DOSTOSOWAĆ SIĘ DO ZMIENIAJĄCEGO SIĘ OTOCZENIA [1].



Proces podejmowania decyzji na podstawie wyników analiz ryzyka i zastosowanie podejścia opartego na zarządzaniu ryzykiem są pojęciami często używanymi i podkreślanymi w podejściu procesowym. Jest on powszechnie stosowany, stosowany jest powszechnie w podejmowaniu decyzji m.in. w zakresie ochrony zdrowia, środowiska, w bezpieczeństwie żywności, bezpieczeństwie produktów, bezpieczeństwie pracy i bezpieczeństwie procesowym oraz cyberbezpieczeństwie. W każdym z tych procesów wykorzystuje się różne dane oraz różne narzędzia do analizy ryzyk, zależnie od korzyści płynących z ich wyboru w odniesieniu do danego zastosowania [2].

### DYNAMICZNE ZARZĄDZANIE RYZYKIEM

W ogólnym ujęciu dynamiczne zarządzanie ryzykiem można opisać w trzech zasadniczych obszarach:
identyfikacja potencjalnych nowych zagrożeń i słabości w procesach kontrolnych,
określanie skłonności do podejmowania ryzyka (tzw. apetyt na ryzyko),
wdrożenie właściwego podejścia do zarządzania ryzykiem.

Odnosząc powyższe ogólne podejście do dynamicznego zarządzania ryzykiem na polu bezpieczeństwa instalacji przemysłowych, nie można pominąć otoczenia geopolitycznego, które w obecnym czasie wydatnie pokazuje, że dynamika w zarządzaniu zarówno w kontekście biznesowym, jak i bezpieczeństwa procesowego staje się kluczowa. Występujące zmiany popytu w niektórych obszarach produkcji petrochemicznej, zaburzenia w łańcuchach dostaw surowców oraz części zamiennych powodują konieczność reakcji i dynamicznego podejmowania decyzji ze strony zakładów produkcyjnych [3].

Zmiany te mogą mieć również wpływ na politykę remontową zakładów produkcyjnych wynikającą z nieterminowych dostaw elementów zamiennych lub konieczność wprowadzenia zmian w harmonogramach remontowych w celu zapewnienia ciągłości działania. Wpływa to bez wątpienia na bezpieczeństwo eksploatacji infrastruktury produkcyjnej i musi być uwzględnione w prowadzonych analizach ryzyk technicznych i operacyjnych.

W takich warunkach klasyczny model zarządzania ryzykiem oparty na okresowych przeglądach ryzyk i wdrażaniu działań korekcyjnych staje się coraz mniej skutecznym narzędziem zarządzającym.

### DIGITALIZACJA PROCESÓW DAJE NOWE MOŻLIWOŚCI

Rozwój technologiczny, zwłaszcza w zakresie digitalizacji procesów, otwiera nowe możliwości w dziedzinie zarządzania ryzykiem, w szczególności pozwala na uzyskanie znacznie większej dynamiki procesów przetwarzania danych wykorzystywanych do analizy ryzyk.

Można zatem postawić pytanie: w jakim obszarze zarządzania ryzykiem instalacji przemysłowej znajdują zastosowanie nowe technologie?

Odpowiedź na to pytanie nie jest prosta, ponieważ rozwój tej branży jest na tyle dynamiczny, że wymaga przeglądu niemal stale. Niemniej jednak obszarem, w którym bez wątpienia można wykorzystać nowe technologie, jest proces gromadzenia, obróbki i analizy danych używanych do oceny ryzyka.

Zanim omówimy powyższe zastosowania, należy zdefiniować pojęcie przemysłu 4.0.

Przemysł 4.0 można zdefiniować jako unifikację świata rzeczywistego maszyn produkcyjnych ze światem wirtualnym internetu i technologii informacyjnej [4]. W tym procesie ludzie, maszyny oraz systemy IT automatycznie wymieniają informacje zarówno w toku produkcji, jak też w zakresie danych wykorzystywanych do podejmowania decyzji na podstawie ryzyka.

### GRANICE I ZASADY

Włączając tego typu technologie w proces decyzyjny, należy zadbać o stworzenie odpowiedniej przestrzeni do ich funkcjonowania, tzn. ustanowienia granic i zasad stosowania, w tym odpowiednich procedur i zasad walidacji wyników.

W odniesieniu do relacji człowiek – system adaptacji wzmocnienia wymaga system zarządzania. W aspekcie bezpieczeństwa i ciągłości działania instalacji procesowej będzie to opisane systemem zarządzania bezpieczeństwem procesowym. Jednym z powszechniej stosowanych jest model systemu zarządzania bezpieczeństwem procesowym Risk Based Process Safety wg CCPS (Center of Chemical Process Safety) (rys. 1).



Rys. 1. Model systemu zarządzania bezpieczeństwem procesowym wg CCPS [7]

### W modelu CCPS występują obszary o szczególnym znaczeniu dla dynamiki procesu zarządzania bezpieczeństwem:

- zarządzanie zmianami (MANAGEMENT OF CHANGE)
- identyfikacja zagrożeń i analiza ryzyka (HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ANALYSIS)
- integralność mechaniczna (ASSET INTEGRITY AND RELIABILITY) w odniesieniu do bezpieczeństwa związanego z eksploatacją infrastruktury produkcyjnej

Wymienione obszary wymagają adaptacji w celu zapewnienia odpowiedniej dynamiki procesu zarządczego. Są one jednym z przykładów procesów, w których następuje interakcja człowieka, maszyn i systemów IT, a zatem obszarów mieszczących się w zakresie tzw. przemysłu 4.0.

Można wyróżnić obszary procesów zarządzania ryzykiem urządzeń w instalacji procesowej, w których poprzez zastosowanie rozwiązań, takich jak automatyzacja zadań, następuje zautomatyzowane przetwarzanie danych (rys. 2).

Zastosowanie technologii wykorzystujących sztuczną inteligencję jest kluczowe dla dynamicznego zarządzania ryzykiem.

<b>Automatyzacja zadań</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatyzacja transferu danych procesowych do systemów wykorzystywanych do predykcji zużycia (np. RBI, RCM, Digital Twin)</li> <li>• Automatyzacja badań nieniszczących</li> </ul>
<b>Przetwarzanie złożonych lub dużych zbiorów danych</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dane procesowe</li> <li>• Wyniki badań nieniszczących i niszczących</li> <li>• Analiza wyników modeli predykcyjnych</li> </ul>
<b>Zgłaszanie anomalii lub interesujących wydarzeń</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza zdarzeń awaryjnych</li> <li>• Analiza wyników wskazań uzyskanych w badaniach NDT (np. UT, AE, RT)</li> </ul>
<b>Znakowanie danych i korekcja błędów</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zarządzanie danymi IOW (Integrity Operating Windows)</li> </ul>
<b>Funkcje zintegrowane</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optymalizacja doboru metod badawczych (identyfikacja typów uszkodzeń)</li> <li>• Identyfikacja obszarów narażonych na degradację (np. SCC)</li> <li>• Digital Twin</li> </ul>

Rys. 2. Potencjalne obszary wykorzystania technologii przemysłu 4.0 do zarządzania ryzykiem instalacji procesowej

## METODYKA RBI

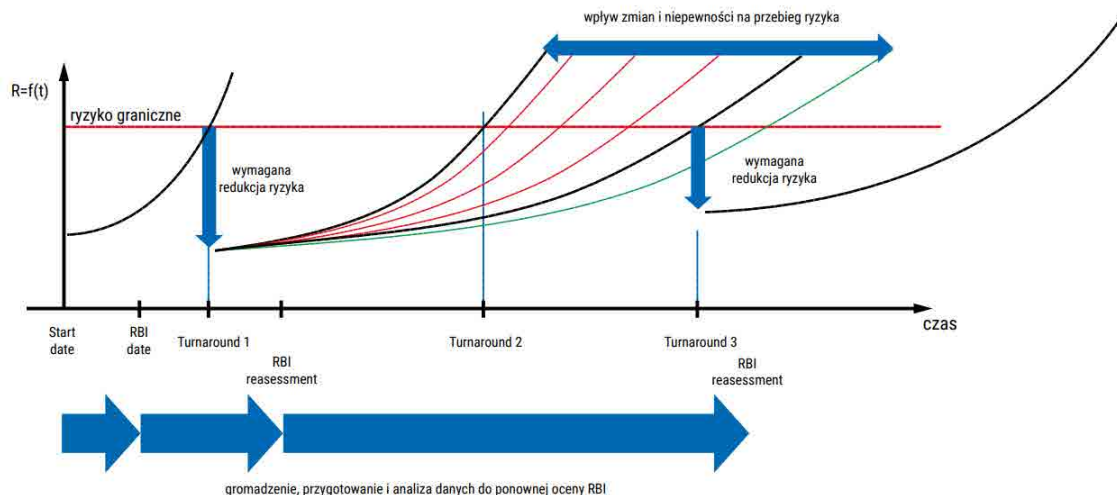
Wpływ wskazanych obszarów można przedstawić na przykładzie procesu zarządzania ryzykiem z wykorzystaniem metodologii Risk-based Inspection, który prowadzony wg standardu API RP 581 pozwala na dokonanie ilościowej analizy ryzyka dla urządzeń ciśnieniowych, szczególnie w przemyśle petrochemicznym.

Risk-based Inspection, w odróżnieniu od powszechnie stosowanych w przemyśle narzędzi do analizowania zagrożeń i ryzyka, takich jak HAZOP (Hazard and Operability Study), LOPA (Layer of Protection Analysis) czy QRA (Quantitative Risk Assessment), jest metodą predykcyjną.

**Predykcyjna metoda Risk-based Inspection (RBI) jest narzędziem do zarządzania ryzykiem. RBI zawiera model opisujący zmiany ryzyka w funkcji czasu (rys. 3). Proces zarządzania ryzykiem bazuje na cyklicznej walidacji. Między walidacjami następuje proces gromadzenia i analizy danych.**

Metodyka RBI, zawierająca model opisujący zmiany ryzyka w funkcji czasu, jest również narzędziem do zarządzania ryzykiem, a zatem jest procesem ciągłym, wymagającym stworzenia w organizacji odpowiednich procesów oraz ich implementacji do obowiązującego systemu zarządzania organizacją [5].

W procesie tym dokonywana jest predykcja zmian ryzyka w funkcji czasu, niemniej jednak zmiany ryzyka uzależnione są od wielu czynników, których modyfikacje mogą być uwzględnione w terminie ponownej oceny (walidacji) RBI. Proces zarządzania ryzykiem w tej metodologii bazuje na cyklicznej walidacji, podczas której dokonuje się ponownej oceny z uwzględnieniem zebranych danych w okresie, który upłynął od poprzedniej walidacji.



Rys. 3. Model zarządzania ryzykiem w procesie RBI

## WALIDACJA

**Dane do walidacji pochodzą zarówno z różnych systemów rejestracji parametrów procesowych, analiz laboratoryjnych, jak też z wyników badań nieniszczących, inspekcji oraz zapisów sporządzanych w toku eksploatacji instalacji.**

Dzięki coraz większej cyfryzacji procesów produkcyjnych dysponujemy ogromnymi zbiorami tych danych, jednakże z uwagi na mnogość systemów archiwizacji danych oraz różną ich formę zautomatyzowana analiza danych musi być poprzedzona ich przygotowaniem.

**Proces ten jest jednym z obszarów zastosowania metod opartych na zalgorytmizowanej obróbce danych, dzięki którym możliwe jest np. poszukiwanie anomalii i korelacji pomiędzy danymi.**

- Tworzone są i testowane rozwiązania oparte np. na technologiach sztucznych sieci neuronowych ANN (Artificial Neural Networks) lub rozwiązaniach hybrydowych wykorzystujących różne technologie do obróbki i analizy danych wykorzystywanych w analizach ryzyka [6].
- Zastosowanie takich technologii w procesie zarządzania ryzykiem może przyczynić się do skrócenia okresów pomiędzy kolejnymi walidacjami.
- Jak w każdym procesie analizy danych, należy pamiętać o zasadzie GIGO (garbage in, garbage out). Jest to szczególnie istotne w procesie analizy ryzyka instalacji procesowej, w której proces pozyskiwania danych jest bardzo złożony.
- Analiza danych pochodzących np. z zapisów zdarzeń awaryjnych, dokumentacji inspekcyjnych wymaga wiedzy eksperckiej.

## ZARZĄDZANIE ZMIANAMI

Zmiany przebiegu ryzyka w czasie (rys. 3) mogą skutkować skróceniem okresu do przekroczenia wartości akceptowalnego ryzyka, co potencjalnie prowadzi do sytuacji niebezpiecznej. Zmiany te mogą wynikać między innymi z błędnych danych wykorzystanych w modelowaniu lub założeniach.

W tym zakresie zarządzanie ryzykiem realizowane jest poprzez skuteczny system zarządzania zmianami oraz monitorowania czynników ryzyka (tzw. risk drivers), czyli czynników, które wykorzystano do zbudowania modelu predykcyjnego.

Czynnikami tymi mogą być między innymi parametry procesu technologicznego czy określone podczas analizy graniczne stężenia czynników powodujących degradację ścianki urządzenia.

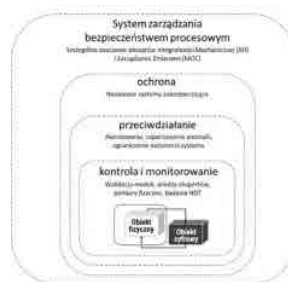
Równie istotnym elementem są założenia podejmowane w toku obliczeń ryzyka, szczególnie w obliczeniach konsekwencji potencjalnego uszkodzenia, które mogą wpłynąć na wartość ryzyka. Są to np. liczba osób potencjalnie narażonych na konsekwencje lub rodzaj i sposób działania systemów ograniczających skutki po uwolnieniu.

Jak wspomniano wcześniej, skuteczność elementów systemu zarządzania bezpieczeństwem procesowym, takich jak zarządzanie zmianami, integralność mechaniczna oraz analizowanie zagrożeń i ryzyka, w znaczący sposób może wpłynąć na wyniki ryzyka, dlatego powinny być doskonałe przede wszystkim w zakresie wiarygodności uzyskiwanych wyników oraz określenia wymagań dla wyników tych procesów.

## NOWE TECHNOLOGIE I RYZYKA

**Wdrażając nowe technologie w obszarze zarządzania bezpieczeństwem instalacji przemysłowych, oparte np. na sieciach neuronowych czy sztucznej inteligencji, nie można zapomnieć o ustanowieniu zasad bezpiecznego ich stosowania.**

Wydaje się celowe, aby do zarządzania bezpieczeństwem tych technologii wykorzystać sprawdzone w praktyce rozwiązania, np. wielowarstwowy model bezpieczeństwa, który opisano m.in. w normie PN-EN 61511. Można zobrazować przykładowy model warstw zabezpieczeń dla rozwiązań autonomicznych wykorzystywanych w procesie zarządzania ryzykiem, np. Digital Twin (rys. 4).



Rys. 4. Przykład wielowarstwowego systemu bezpieczeństwa

Każde zastosowanie technologii opartych na algorytmach, których funkcjonowanie nie jest w pełni audytowalne, w obszarze związanym z zapewnieniem bezpieczeństwa powinno być poprzedzone wnikliwą analizą ryzyka oraz ustaleniem granic i zasad ich stosowania. Dostrzega się szereg zagrożeń wynikających z ich zastosowania, a niektóre z nich to: nieprzewidywalność i stronniczość, zagrożenia cybernetyczne oraz manipulacje czy też zagrożenia wynikające z autonomii tych systemów [8].

Rewolucja cyfrowa zwiększyła dostępność danych, stopień łączności i szybkość podejmowania decyzji. Zmiany te stanowią obietnicę transformacji, ale także niosą ze sobą potencjał awarii na dużą skalę i naruszeń bezpieczeństwa wraz z szybką eskalacją potencjalnych konsekwencji [1].

## NORMY I PRZEPISY

Wdrażając nowe technologie w obszarze zarządzania bezpieczeństwem instalacji przemysłowych, oparte np. na sieciach neuronowych czy sztucznej inteligencji, nie można zapomnieć o ustanowieniu zasad bezpiecznego ich stosowania.

Ustanowienie zasad i granic stosowania technologii opartych na sztucznej inteligencji w aspekcie zapewnienia i zarządzania bezpieczeństwem stało się również przedmiotem prac normalizacyjnych i ustawodawczych. W opublikowanym w kwietniu 2021 r. projekcie rozporządzenia Komisji Europejskiej AIA (The Artificial Intelligence Act) [9] zaproponowano podejście oparte na ryzyku w celu zapewnienia bezpieczeństwa stosowania tych technologii. Ryzyka związane ze stosowaniem np. technologii opartych na sztucznej inteligencji do zarządzania instalacjami przemysłowymi powinny być z pewnością uwzględnione jako dodatkowe ryzyka i podlegać ocenie w odniesieniu do bezpieczeństwa instalacji przemysłowych.

Parlament Europejski zatwierdził 13.03.2024 r. akt w sprawie sztucznej inteligencji, który ma zapewnić bezpieczeństwo i przestrzeganie praw podstawowych, a jednocześnie wspierać innowacje [10].

## Literatura

1. By Ritesh Jain, Fritz Nauck, Thomas Poppensieker, and Olivia White, November 17, 2020 | Article McKinsey&Company, Meeting the future: Dynamic risk management for uncertain Times.
2. Yacov Y., Haimes Risk modeling assessment, and management, 4th edition.
3. Richardson J., Europe petrochemicals demand weakness may have bigger impact than any production cuts.
4. <https://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/>.
5. Klinkosz T., Predykcja zużycia urządzeń ciśnieniowych i planowanie inspekcji urządzeń ciśnieniowych z wykorzystaniem metodologii RBI Risk Based Inspection, Biuletyn UDT „Inspektor” 2021, nr 1.
6. Guzman A., Ishida S., Choi E., Aoyama A., Artificial Intelligence Improving Safety and Risk Analysis: A Comparative Analysis for Critical Infrastructure 2016; IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) Conference Paper December 2016.
7. Guidelines for Risk Based Process Safety, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers.
8. Lewis L., „AI Safety: An Action Plan for the Navy”, October 2019
9. European Commission, Joint Research Centre, Nativi, S., De Nigris, S., AI Watch, AI standardisation landscape state of play and link to the EC proposal for an AI regulatory framework, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/376602>.
10. Akt w sprawie sztucznej inteligencji – AI ACT - europarlamentarzyści uchwaliли przełomowe przepisy <https://www.si-dla-sprawiedliwosci.gov.pl/akt-w-sprawie-sztucznej-inteligencji-ai-act-europarlamentarzyści-uchwaliłi-przełomowe-przepisy/> [06.2024]