

Agnieszka Piekara

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

ORCID: 0000-0002-7623-1679

Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem w przemyśle nanotechnologicznym zgodnie z celami zrównoważonego rozwoju

Streszczenie

Cel. Nanotechnologia jest dziedziną, w której bezpieczeństwo oraz zgodność z normami jakościowymi odgrywają kluczową rolę. Celem pracy było wskazanie zastosowania komór rękawicowych w systemie zarządzania jakością i bezpieczeństwem w przemyśle nanotechnologicznym.

Metody. Podstawę *case study* stanowiły materiały wewnętrzne jednego z producentów komór rękawicowych. Zastosowano także wywiad pogłębiony z doborem celowym (producent i użytkownicy urządzeń) dla obszernej analizy badanego zjawiska oraz lepszego zrozumienia zachodzących procesów.

Wyniki. Linia komór rękawicowych do ochrony operatora gwarantuje bezpieczeństwo podczas pracy z materiałami szkodliwymi. Kluczowymi cechami systemu chroniącymi użytkownika są wysoka klasa szczelności, aktywny system kontroli ciśnienia roboczego oraz efektywny system filtracji HEPA.

Wnioski. Wśród interesariuszy przemysłu nanotechnologicznego dostrzega się konieczność dążenia do realizacji celów zrównoważonego rozwoju. Jednym z jej kierunków jest produkcja nanomateriałów zgodnych z oczekiwaniami klienta, ale przy zachowaniu standardów bezpieczeństwa pracowników oraz ochronie środowiska przed emisją i niepożądaną migracją nanomateriałów i środków stosowanych w ich syntezie.

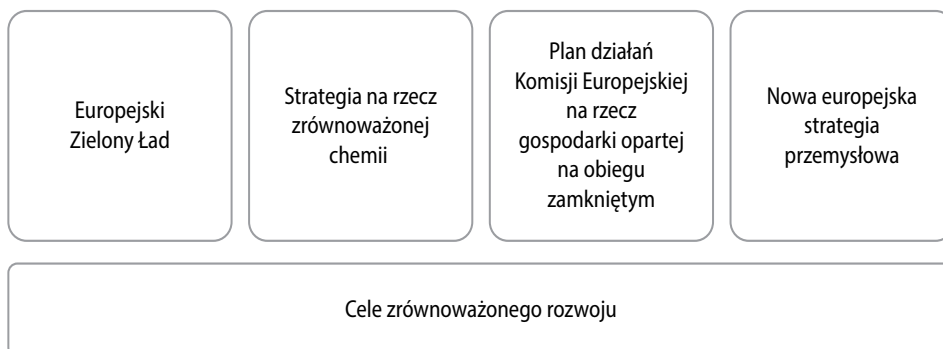
Słowa kluczowe: zarządzanie jakością, nanotechnologia, zrównoważony rozwój

Kod klasyfikacji JEL: L590

1. Wprowadzenie

W dążeniu do osiągnięcia zrównoważonej, uczciwej i inkluzywnej gospodarki Unii Europejskiej opracowano już wiele dokumentów regulacyjnych, jak np.: Europejski Zielony Ład, nowy plan działań Komisji Europejskiej na rzecz gospodarki opartej na obiegu zamkniętym, nowa europejska strategia przemysłowa czy strategia na rzecz zrównoważonej chemii, których założenia nadal ulegają modyfikacjom (np. Europejski Zielony Ład). Polityki te, w zgodzie z celami zrównoważonego rozwoju ONZ na rok 2030, nakładają wymóg, że każdy nowy materiał, w tym także nanomateriał, powinien być nie tylko efektywny i opłacalny, ale także bezpieczny i zrównoważony, aby spełnić przepisy i zyskać akceptację konsumentów [Gottardo i in., 2021] (rysunek 1).

Rysunek 1. Wybrane dokumenty opublikowane przez Komisję Europejską powiązane z celami zrównoważonego rozwoju



Źródło: opracowanie własne na podstawie Gottardo i in. [2021].

W celu stworzenia środowiska wolnego od zanieczyszczeń wskazano realizację działań w zakresie m.in. rozwijania gospodarki o obiegu zamkniętym. Natomiast w październiku 2020 roku Komisja Europejska przyjęła Strategię w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważoności na rzecz nietoksycznego środowiska [2020], która stanowi jeden z etapów w kierunku osiągnięcia zerowej emisji zanieczyszczeń i stworzenia środowiska wolnego od substancji toksycznych. Określa ona konkretne działania, które wspierają przejście na stosowanie chemikaliów i materiałów, które są jednocześnie bezpieczne i zrównoważone od fazy projektowania, przez cały cykl życia, aż do etapu utylizacji, a nawet dążenie do osiągnięcia spójnej terminologii, w szczególności definiując substancje chemiczne (np. nanomateriały). Tym samym jednym z ważniejszych obecnie dokumentów prawnych związanych z nanomateriałami jest Zalecenie Komisji z dnia 10 czerwca 2022 r. dotyczące definicji nanomateriału [2022], choć nie zostało jeszcze zaadaptowane do prawodawstwa krajowego. Ponadto Komitet Techniczny ISO ds. Nanotechnologii (ISO/TC 229 Nanotechnologies) opublikował dotychczas 107 standardów dotyczących nanotechnologii, a kolejne 26 jest w trakcie tworzenia i obejmują m.in. zarządzanie ryzykiem zawodowym stosowanym do inżynierii nanomateriałów.

Bez wątpienia nanotechnologia jest jedną z kluczowych dziedzin rozwoju w XXI wieku, wprowadzając zupełnie nowe możliwości, dlatego określana jest jako *game changer* w wielu dziedzinach przemysłu. Szerokie zastosowanie nanomateriałów można już zauważyć w medycynie, ochronie środowiska, elektronice, polimerach. Wzrost zastosowania nanomateriałów jest określany jako jeden z trendów technologicznych, które zmienią świat [Bagińska-Chyłek i in., 2023]. Dynamika rozwoju ma także swoje odzwierciedlenie w pracach nad kolejnymi standardami i regulacjami na poziomie światowym, unijnym czy krajowym.

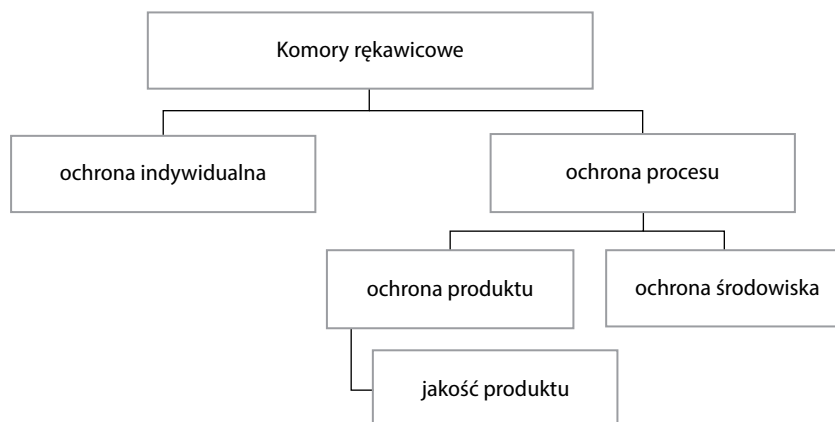
Czynnikami, które w największym stopniu powodują, że nanocząstki mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka oraz środowiska wynikają zarówno z ich bardzo małych rozmiarów (pozwalających m.in. pokonywać bariery ustrojowe), jak i stosunkowo dużej powierzchni. Z tych samych powodów nanomateriały dają ogromne możliwości w tworzeniu np. leków, jednak w tym przypadku ich podanie następuje w kontrolowanych warunkach oraz zdefiniowanych niewielkich ilościach [Subramanian i in, 2016; Chávez-Hernández, Velarde-Salcedo, Navarro-Tovar, Gonzalez, 2024]. Według Komisji Europejskiej nie należy hamować rozwoju nanotechnologii, lecz dołożyć wszelkich starań, aby projektowaniu nowych nanomateriałów lub wykorzystywaniu tych już istniejących, towarzyszyła kompleksowa ocena zagrożeń [Jarzębski, 2020].

Niemal w każdym przypadku działalności z nanomateriałami, konieczne jest zastosowanie odpowiednich systemów ochrony zbiorowej i osobistej pracowników, czego dokonuje się na podstawie oceny ryzyka. Środki ochrony indywidualnej dostarczane pracownikom powinny być dostosowane do potencjalnego (lub obecnego) zagrożenia, uwzględniać warunki pracy oraz ergonomię, brać pod uwagę stan zdrowia pracownika [Dz.U. 2002, nr 91, poz. 811]. Poza klasycznymi rozwiązaniami (np.: rękawice, okulary) warto zwrócić uwagę na komory rękawicowe (KR). Jest to jeden z systemów ochrony zarówno operatora (człowieka), jak i procesu (środowiska pracy, ale także otoczenia) – rysunek 2, czyli spełniające kryteria środka ochrony osobistej i zbiorowej.

Komory rękawicowe zostały wprowadzone do użycia ok. 1940 r. do pracy z materiałami radioaktywnymi. Od tamtej pory urządzenia te były wielokrotnie udoskonalane i zmieniane, a obecnie są w znacznym stopniu zautomatyzowane (co jest zgodne z koncepcją przemysłu 4.0). Urządzenia te charakteryzują się uniwersalnością zastosowania, powszechnie wykorzystywane są do zabezpieczania operatora pracującego z niebezpiecznymi substancjami, ale również do ochrony wrażliwych materiałów wymagających wysoce rygorystycznych warunków beztlenowej i bezwodnej atmosfery. Komory rękawicowe jako narzędzia zabezpieczające zastępują dotychczas stosowane podstawowe środki ochrony osobistej, co prowadzi do osiągnięcia najwyższego dostępnego poziomu zabezpieczenia operatora i środowiska pracy. Umożliwia efektywne „zamknięcie” szkodliwych materiałów w ograniczonej przestrzeni, a w konsekwencji także ograniczenie rozprzestrzeniania się szkodliwych substancji (co jest niemożliwe do osiągnięcia w przypadku stosowania wyłącznie klasycznych środków ochrony osobistej). Podnoszenie standardów bezpieczeństwa w branży nanotechnologicznej to droga w kierunku jakości 5.0 [Skrzypek, Skrzypek, 2023]. W przypadku wytwarzania

nanomateriałów zwraca się uwagę na konieczność zachowania zasad bezpieczeństwa ze względu na uniknięcie zanieczyszczenia produktu czy uwolnienia nanomateriałów do środowiska pracy lub do wody. Celem pracy było wskazanie zastosowania komór rękawicowych w systemie zarządzania jakością i bezpieczeństwem w przemyśle nanotechnologicznym.

Rysunek 2. Komory rękawicowe jako system ochrony operatora i procesu

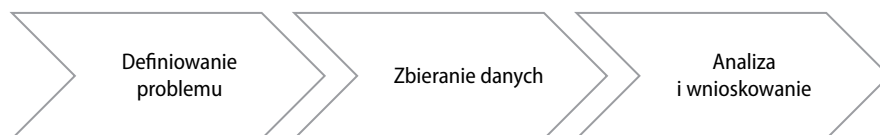


Źródło: opracowanie własne.

2. Metodologia

Przedmiotem studium przypadku (*case study*) była analiza zastosowania komór rękawicowych w przemyśle nanotechnologicznym w kontekście osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju oraz jakości 5.0. Zastosowano wywiad pogłębiony z dobozem dogodnym dla obszernej analizy badanego zjawiska oraz lepszego zrozumienia zachodzących procesów (rysunek 3, tabela 1). Analizą objęto rozwiązania firmy HOGERBOX Sp. z o.o., a wywiad pogłębiony przeprowadzono z zarządem firmy. Przedsiębiorstwo swoją działalność skupia na zagadnieniach konstrukcyjnych, inżynierii materiałowej i automatyzacji innowacyjnych procesów przemysłowych, a także konstrukcji urządzeń, które pomagają w pracy z nanomateriałami, substancjami wrażliwymi oraz niebezpiecznymi. Jednym z kluczowych produktów są komory rękawicowe autorskiej konstrukcji.

Rysunek 3. Schemat badań metodą *case study*



Źródło: na podstawie Lisiecka, Kostka-Bochenek [2009], Jakubiec [2019].

Tabela 1. Opis badań

1	Problem badawczy	Jaką rolę w systemie zarządzania jakością i bezpieczeństwem mogą spełniać komory rękawicowe?
2	Cele badawcze	Zidentyfikowanie głównych szans dla przedsiębiorstwa związanych z zastosowaniem komór rękawicowych oraz omówienie ich związków z 17 celami zrównoważonego rozwoju (CZR)
3	Pytania badawcze	Jak zastosowanie komór wpływa na jakość procesu i produktu? Które cele zrównoważonego rozwoju może spełniać przedsiębiorstwo, stosując KR? Jakie są elementy wiążące komory rękawicowe z konceptem <i>safe by design</i> oraz <i>sustainable by design</i> ?
4	Osoby uczestniczące w badaniu	Zarząd firmy
5	Termin badania	Wrzesień 2023
6	Metoda	Wywiad pogłębiony z doborem dogodnym

Źródło: opracowanie własne na podstawie Lisiecka, Kostka-Bochenek [2009], Jakubiec [2019].

3. Wyniki i dyskusja

Zastosowanie komór rękawicowych stanowi ważny aspekt w zakresie bezpieczeństwa i zarządzania jakością procesu. Komory rękawicowe to specjalistyczne urządzenia, które pozwalają na precyzyjne kontrolowanie parametrów środowiskowych wewnętrznej atmosfery (roboczej), w tym temperatury, wilgotności, ciśnienia, koncentracji tlenu, koncentracji cząstek stałych i innych parametrów. Bardzo wysoki stopień kontroli warunków procesu jest działaniem w kierunku osiągnięcia stałych parametrów wyrobu, a co za tym idzie jakości. Kontrolowane warunki to także ograniczenie czynnika ludzkiego, który najczęściej jest przyczyną błędów. Analizując proces tworzenia komór rękawicowych przez HOGERBOX i ich funkcje, można wskazać obszary spójne z celami zrównoważonego rozwoju (tabela 2).

Tabela 2. Zgodność z celami zrównoważonego rozwoju

Lp.	Cel zrównoważonego rozwoju	Uzasadnienie
1	9.5. Do 2030 roku wzmocnić badania naukowe i podnieść poziom technologiczny sektora przemysłowego we wszystkich krajach, szczególnie w rozwijających się, w tym poprzez innowacje, znaczne zwiększenie liczby pracowników sektora badawczo-rozwojowego na każdy milion osób oraz poprzez zwiększanie publicznych i prywatnych nakładów finansowych na rozwój	Realizacja procesów w sposób nieobciążający dla środowiska Maksymalizacja stopnia zabezpieczenia środowiska pracy
2	12. A. Wspierać kraje rozwijające się we wzmacnianiu ich zdolności naukowych i technologicznych dążących do utworzenia bardziej zrównoważonych wzorców konsumpcyjnych i produkcyjnych. 12.2. Do 2030 roku zapewnić zrównoważone zarządzanie i efektywne zużycie zasobów naturalnych	Dostosowanie systemu do danego procesu (maksymalizacja efektywności i jakości) poprzez udział zamawiającego w realizacji prac koncepcyjnych Minimalizacja zużycia energii, gdy urządzenie nieużywane (tryb eco-mode)

cd. tabeli 2

Lp.	Cel zrównoważonego rozwoju	Uzasadnienie
3	12.5. Do 2030 roku istotnie obniżyć poziom generowania odpadów poprzez prewencję, redukcję, recykling i ponowne użycie	Minimalizacja wycieków
		Prewencja dot. odpadów, np. w przypadku prowadzenia operacji z surowcami (np. odważanie, odmierzenie)
		Projektowanie i produkcja komór (maksymalizacja czasu życia urządzenia, stosowanie materiałów trwałych, które mogą zostać ponownie poddane recyklingowi)
		Dbłość o ergonomię pracy (urządzenia projektowane zgodnie z normami przedmiotowymi, np. PN-EN ISO 14738:2009)
4	12.4. Do 2020 roku zapewnić stabilne i ekologiczne zarządzanie chemikaliami i wszystkimi odpadami podczas ich całego cyklu życia, w zgodzie z ustaleniami międzynarodowymi. Znacząco zmniejszyć poziom tych substancji w powietrzu, wodzie i glebie, tym samym minimalizując ich negatywny wpływ na zdrowie człowieka i środowisko	Minimalizacja wycieków
5	14.1. Do 2025 roku zapobiegać i znacznie zmniejszyć poziom wszelkich rodzajów zanieczyszczeń morza, w szczególności powstałych w wyniku działalności na lądzie, w tym śmieci i odpadków żywnościowych zrzucanych do morza	Minimalizacja wycieków, migracji i zanieczyszczeń krzyżowych; produkt finalny zgodny z oczekiwaniami
6	17.16. Wzmocnić globalne partnerstwo na rzecz zrównoważonego rozwoju, uzupełnione o partnerstwa wielostronne, które mobilizują i dzielą się wiedzą, kompetencjami, technologią i środkami finansowymi, by wspierać osiągnięcie CZR we wszystkich krajach, szczególnie w tych rozwijających się	Dostosowanie systemu do danego procesu (maksymalizacja efektywności i jakości) poprzez udział zamawiającego w realizacji prac koncepcyjnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie Platforma SDG. Sustainable Development Goals, Cele Zrównoważonego Rozwoju, <https://www.un.org/pl/> (dostęp: 12.02.2024) oraz materiałów przedsiębiorstwa.

Począwszy od etapu projektowania nowego urządzenia, zauważyć można dbałość o zrównoważony rozwój, co manifestuje się poprzez maksymalizację czasu życia urządzenia, stosowanie materiałów trwałych, które mogą zostać ponownie poddane recyklingowi, a także korzystanie z rozwiązań pozwalających na redukcję zużycia energii w czasie eksploatacji (cele 12.2 i 12.5 – tabela 1). Chociaż omawiamy produkt nie jest dobrem konsumenckim, to stosowane podejście producenta KR wpisuje się w zasady określone w projekcie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającej dyrektywę 2005/29/WE w sprawie nieuczciwych praktyk handlowych i dyrektywę 2011/83/UE w sprawie praw konsumentów [2023]. Przyjęty w 2023 r. projekt dyrektywy stanowi jedną z inicjatyw programu na rzecz konsumentów (New Consumer Agenda) i planu działania dotyczącego gospodarki o obiegu zamkniętym i odnosi się m.in. do trwałości wyrobu, możliwości naprawy, możliwości ponownego użycia oraz zdolności do recyklingu.

Zastosowanie komór rękawicowych w niektórych procesach jest niezbędne, ze względu na konieczność zachowania określonych warunków (np. beztlenowych) lub zabezpieczenia przed toksycznymi materiałami. Jednakże dobrowolne zastosowanie tego rodzaju ochrony indywidualnej, które bezpośrednio wpływa też na ochronę środowiska pracy, skutkuje

ograniczeniem migracji i związków chemicznych i występowania zanieczyszczeń krzyżowych, zwiększając kontrolę nad surowcami i zapewniając jakość produktom. Zastosowanie poszczególnych mechanizmów zabezpieczających, kontrolujących i monitorujących (tabela 3) pośrednio i bezpośrednio przyczynia się do osiągnięcia jakości oraz bezpieczeństwa człowieka i procesu. Jednocześnie wpisuje się w realizację poszczególnych CZR dotyczących m.in. zapewnienia stabilnego i ekologicznego zarządzania chemikaliami i wszystkimi odpadami podczas ich całego cyklu życia oraz podniesienia poziomu technologicznego sektora przemysłowego czy zmniejszenia poziomu wszelkich rodzajów zanieczyszczeń morza (tabela 1). Zapewne jest i będzie to ważnym aspektem dla każdego użytkownika KR i może zostać uwzględnione w raportowaniu niefinansowym ESG.

Tabela 3. Mechanizmy zabezpieczające, kontrolujące, monitorujące i ich wpływ na jakość produktu, procesu i bezpieczeństwo

Lp.	Mechanizmy zabezpieczające, kontrolujące, monitorujące	Wpływ na jakość produktu, procesu i bezpieczeństwo
1	Najwyższa klasa szczelności (I klasa zgodnie z ISO 10648-2)	Minimalizacja wycieku, ochrona operatora przed ekspozycją na szkodliwe materiały i ochrona produktu przed ekspozycją na atmosferę zewnętrzną
2	Aktywny system kontroli ciśnienia roboczego utrzymujący podciśnienie w komorze w zadanym zakresie	minimalizacja ryzyka wycieku, również podczas wystąpienia zdarzeń awaryjnych (np. uszkodzona rękawica) lub błędów ludzkich (np. nieprawidłowa obsługa śluzy prowadząca do rozszczelnienia systemu)
3	Efektywny system filtracji oparty na certyfikowanych filtrach HEPA H14 o skuteczności > 99,995%	Ochrona środowiska przez uniemożliwienie przedostania się szkodliwych materiałów poza system filtracyjny
4	System interlock	Zabezpieczający drzwi śluzy przed przypadkowym otwarciem lub przed równoczesnym otwarciem drzwi wewnętrznych i zewnętrznych, a tym samym przed przypadkową ekspozycją operatora na działanie szkodliwych materiałów
5	System sterowania monitorujący parametry środowiskowe i informujący użytkownika o ewentualnych zdarzeniach awaryjnych	Ciągła rejestracja parametrów środowiskowych oraz natychmiastowe poinformowanie użytkownika o wystąpieniu zdarzenia awaryjnego
6	Automatyczna aktywacja odpowiedniej reakcji systemu sterowania w przypadku wystąpienia zdarzeń awaryjnych	Minimalizacji skutków danego zdarzenia takiego jak wyciek poprzez np. zwiększenie podciśnienia roboczego oraz zablokowanie możliwości rozszczelnienia komory systemem interlock
7	Rejestr zdarzeń	Rejestrowanie zdarzeń związanych z obsługą systemu (możliwe wychwycenie błędów proceduralnych) i zdarzeń awaryjnych (możliwa analiza wsteczna zdarzeń awaryjnych)

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstwa.

Podjęcie *safe by design* ma na celu identyfikację zagrożeń związanych z tworzeniem rozwiązań technologicznych już we wczesnych fazach ich rozwoju (prace koncepcyjne, badania B+R, projektowanie), a następnie wyeliminowanie lub przynajmniej ograniczenie tych zagrożeń. Poznanie możliwych wariantów ryzyka często skutkuje opracowaniem wielu scenariuszy,

które definiują drogę do niebezpiecznych sytuacji lub niepożądanych wyników. Prawdopodobieństwo wystąpienia tych niepożądanych scenariuszy można zmniejszyć poprzez opracowanie precyzyjnych procedur i instrukcji lub wybór rozwiązań odpornych na ludzkie błędy [van de Poel, Robaey, 2017]. Na podstawie przeprowadzonej analizy, można stwierdzić, że właśnie takim rozwiązaniem są komory rękawicowe (tabela 4). Ważnym elementem działania UE było opracowanie raportu technicznego pt. „Bezpieczne i zrównoważone projektowanie chemikaliów i materiałów” (*Safe and sustainable by design*, SSdB) [Caldeira i in., 2022]. Jest to koncepcja, która promuje projektowanie, rozwijanie, wytwarzanie i stosowanie chemikaliów oraz materiałów, które skupiają się na osiągnięciu pożądanej funkcji lub usługi, jednocześnie eliminując lub ograniczając potencjalnie szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka i środowisko. Podejście takie narzuca konieczność wzięcia pod uwagę zrównoważonego rozwoju na każdym etapie cyklu życia, minimalizację wpływu na środowisko naturalne, a ponadto koncentruje się na aspektach bezpieczeństwa, efektywnego wykorzystania surowców i funkcjonalności tych substancji i materiałów.

Tabela 4. Przykłady wpływu użytkownika na bezpieczeństwo procesu oraz wpływ na jakość procesu i produktu

Wpływ użytkownika na bezpieczeństwo procesu	Wpływ na jakość procesu i produktu (maksymalizacja kontroli nad procesem)
<ul style="list-style-type: none"> • minimalizacja wpływu czynnika ludzkiego dzięki zastosowaniu ww. mechanizmów zabezpieczających, • minimalizacja wpływu czynnika ludzkiego dzięki uproszczeniom proceduralnym: odpowiedzialność za bezpieczeństwo częściowo przejmuje system sterowania urządzenia, łatwiej o błędy proceduralne w przypadku stosowania środków ochrony osobistej (prawdopodobieństwo wystąpienia błędu ludzkiego wzrasta wraz ze złożonością wymagań proceduralnych) 	<ul style="list-style-type: none"> • stworzenie i utrzymywanie kontrolowanych warunków środowiskowych (możliwość kontroli/minimalizacji koncentracji tlenu, wilgotności, koncentracji lotnych związków organicznych, koncentracji cząstek stałych i in.), • ograniczenie wpływu czynnika ludzkiego na warunki środowiskowe (zminimalizowana kontaminacja) dzięki utrzymaniu bariery człowiek – środowisko procesu, • minimalizacja liczby zmiennych w kontekście parametrów środowiska procesu: powtarzalność kolejnych partii produktu, • znajomość dokładnych wartości parametrów środowiskowych (możliwość analizy wpływu parametrów środowiskowych na jakość produktu), • dostosowanie systemu do danego procesu (maksymalizacja efektywności i jakości) poprzez udział zamawiającego w realizacji prac koncepcyjnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstwa.

Zastosowanie systemów, takich jak komory rękawicowe, stanowi obecnie jeden z najlepszych sposobów osiągnięcia kontroli nad procesem oraz zapewnienia bezpieczeństwa. Przyjmując definicję jakości 5.0, zaproponowaną przez Deleryda i Fundina [2020], jako zorientowaną na społeczeństwo (czyli produkty i usługi zgodne z celami zrównoważonego rozwoju), można wnioskować, że przedsiębiorstwa stosujące zaawansowane systemy ochrony użytkownika i środowiska dążą w tym kierunku. Oznacza to, że poprzez wykorzystanie takich systemów, przedsiębiorstwa nie tylko dbają o efektywność procesu produkcyjnego, ale także o zdrowie ludzi i stan środowiska, co jest zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju.

Zwłaszcza, że polscy konsumenci wykazują zróżnicowany poziom wiedzy w zakresie oddziaływania nanomateriałów na zdrowie, życie i środowisko i mimo ogólnie pozytywnego nastawienia wyrażają pewne obawy dotyczące bezpieczeństwa, co oczywiście jest uzasadnione [Przybyłowski, Chomaniuk, Reszka, 2016].

Aspekt zastosowania komór rękawicowych może być identyfikowany jako element bezpieczeństwa oraz higieny pracy (BHP). Jednak zarządzanie jakością zgodnie z ISO 9001:2015 i BHP są wzajemnie powiązаныmi obszarami, które wspierają skuteczne i zrównoważone funkcjonowanie organizacji poprzez zapewnienie jakości, bezpieczeństwa i ciągłego doskonalenia. Zarówno ISO 9001, jak i BHP promują podejście oparte na ciągłym doskonaleniu. Poprzez monitorowanie wyników, identyfikowanie obszarów do poprawy oraz wdrażanie działań korygujących i zapobiegawczych, organizacje mogą nieustannie doskonalić zarówno jakość swoich produktów lub usług, jak i bezpieczeństwo i zdrowie swoich pracowników. Poprzez stosowanie komór rękawicowych, organizacja może minimalizować ryzyko kontaminacji produktów lub substancji, co jest kluczowe dla zapewnienia jakości wyrobów i zgodności z wymaganiami norm jakościowych.

4. Ograniczenia badań

Opracowanie przygotowano na podstawie przeprowadzonego wywiadu z jednym z czołowych producentów komór rękawicowych w Europie. Komory rękawicowe innych dostawców mogą posiadać inne parametry, jednak celem opracowania nie było ich porównywanie. Ponadto nieustannie następuje postęp w obszarze stosowanych rozwiązań, co ma miejsce również w przypadku przedsiębiorstwa będącego obiektem badania.

5. Podsumowanie

W badaniu omówiono zastosowanie komór rękawicowych jako kluczowego elementu zapewnienia bezpieczeństwa i kontroli procesu w przemyśle nanotechnologicznym. Analiza wykazała, że korzystanie z tych zaawansowanych systemów ochrony środowiska i użytkowników wpisuje się w koncepcję jakości 5.0, opartej na celach zrównoważonego rozwoju. Podsumowując, można stwierdzić, że:

1. Komory rękawicowe stanowią istotny element zarówno w zapewnieniu bezpieczeństwa pracowników, jak i kontroli nad procesem produkcyjnym. Dzięki nim możliwe jest utrzymanie kontrolowanych warunków środowiskowych, co przekłada się na jakość produktu.
2. W organizacjach produkcyjnych, gdzie konieczne jest zachowanie ścisłych standardów jakości, komory rękawicowe zapewniają utrzymanie czystości i nietykalności produktów przed potencjalnymi zanieczyszczeniami z otoczenia.

3. Stosowanie komór rękawicowych jest zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju, ponieważ minimalizuje wpływ procesu produkcyjnego na środowisko oraz zapewnia bezpieczne warunki pracy.
4. Podejście *safe by design* promowane przez Unię Europejską, które zakłada minimalizację potencjalnych zagrożeń już na etapie projektowania, idealnie wpisuje się w koncepcję wykorzystania komór rękawicowych w przemyśle nanotechnologicznym.
5. Badane wykazało, że korzystanie z komór rękawicowych może być istotnym aspektem raportowania niefinansowego ESG, ponieważ przyczynia się do zrównoważonego rozwoju i dbałości o środowisko.

Należy jednak pamiętać, że badanie zostało przeprowadzone na przykładzie jednego producenta komór rękawicowych, dlatego wyniki mogą nie być reprezentatywne dla innych dostawców. Ponadto, wciąż zachodzi potrzeba ciągłego rozwoju i udoskonalania stosowanych rozwiązań.

Bibliografia

Akty prawne

1. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Strategia w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważoności na rzecz nietoksycznego środowiska, (2020) (COM(2020) 667).
2. Wniosek Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniająca dyrektywy 2005/29/WE i 2011/83/UE w odniesieniu do wzmocnienia pozycji konsumentów w procesie transformacji ekologicznej poprzez lepsze informowanie i lepszą ochronę przed nieuczciwymi praktykami, 97(2022) (COM(2022) 143 final). https://doi.org/10.51980/2022_12_97.
3. Zalecenie Komisji z dnia 10 czerwca 2022 r. dotyczące definicji nanomateriału (Tekst mający znaczenie dla EOG) (2022/C 229/01), (2022/C 229/01) (2022) OJ C 229, 14.6.2022, s. 1–5.
4. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 11 czerwca 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, Dz.U. 2002, nr 91, poz. 811.
5. Komisja Europejska, Projekt dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającej dyrektywę 2005/29/WE w sprawie nieuczciwych praktyk handlowych i dyrektywę 2011/83/UE w sprawie praw konsumentów. COM/2022/143 final.
6. Platforma SDG.Sustainable Development Goals ·Cele Zrównoważonego Rozwoju, <https://www.un.org.pl/> (dostęp: 12.02.2024).

Wydawnictwa zwarte

1. Bagińska-Chyłek, D., Didyk, P., Duszyńska, J., Grudowska, J., Jarząbek, A., Kukielka, A., Jawor, E.K., Kulesza, K., Lewandowski, P., Miedzińska, M., Rosik, A., Szempliński, J., Zieliński, D. (2023). *Siedem trendów technologicznych, które zmieniają świat. Czy Polska może być w nich liderem?* Raport: Łukasiewicz – Instytutu Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ.

2. Jarzębski, M. (2020). Nanotechnologia w aspekcie zrównoważonego rozwoju. W: *Zrównoważony Rozwój – Debiut Naukowy 2011* (s. 199–208), T. Jemczura, H. Kretek (red.), Racibórz: Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Raciborzu. DOI: 10.13140/2.1.4083.9049.
3. Caldeira, C., Farcal, R., Garmendia Aguirre, I., Mancini, L., Tosches, D., Amelio, A., Rasmussen, K., Rauscher, H., Riego Sintés, J., Sala, S. (2022). Safe and sustainable by design chemicals and materials – Framework for the definition of criteria and evaluation procedure for chemicals and materials, EUR 31100 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI: 10.2760/487955, JRC128591.

Artykuły naukowe

1. Chávez-Hernández, J.A., Velarde-Salcedo, A.J., Navarro-Tovar, G., Gonzalez, C. (2024). Safe nanomaterials: from their use, application, and disposal to regulations, *Nanoscale Advances*, in press. DOI: 10.1039/d3na01097j.
2. Deleryd, M., Fundin, A. (2020). Towards societal satisfaction in a fifth generation of quality – the sustainability model, *Total Quality Management and Business Excellence*, 1–17. DOI: 10.1080/14783363.2020.1864214.
3. Gottardo, S., Mech, A., Drbohlavová, J., Małyska, A., Bøwadt, S., Riego Sintés, J., Rauscher, H. (2021). Towards safe and sustainable innovation in nanotechnology: State-of-play for smart nanomaterials, *NanoImpact*, 21 (January). DOI: 10.1016/j.impact.2021.100297.
4. Jakubiec, M. (2019). Uwarunkowania zastosowania koncepcji Lean w zarządzaniu uczelnią wyższą, *Problemy Jakości*, 2–6, <https://www.adm.nov.ru/page/37216>.
5. Lisiecka, K., Kostka-Bochenek, A. (2009). Case study research jako metoda badań naukowych, *Przegląd Organizacji*, 25–29. DOI: 10.33141/po.2009.10.07.
6. Przybyłowski, P., Chomaniuk, N., Reszka, M.M. (2016). Postrzeganie przez konsumentów jakości i bezpieczeństwa nanomateriałów, *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 93, 227–235.
7. Skrzypek, E., Skrzypek, A. (2023). Od klasyki do jakości 4.0 i 5.0 – uwarunkowania i konsekwencje, *Problemy Jakości*, 3. DOI: 10.33390/su14127519.
8. Subramanian, V., Semenzin, E., Hristozov, D., Zabeo, A., Malsch, I., McAlea, E., Murphy, F., Mullins, M., van Harmelen, T., Ligthart, T., Linkov, I., Marcomini, A. (2016). Sustainable nanotechnology decision support system: bridging risk management, sustainable innovation and risk governance, *Journal of Nanoparticle Research*, 18(4), s. 1–13. DOI: 10.1007/s11051-016-3375-4.
9. van de Poel, I., Robaey, Z. (2017). Safe-by-Design: from Safety to Responsibility. *NanoEthics*, 11(3), s. 297–306. DOI: 10.1007/s11569-017-0301-x.

Quality and safety management in the nanotechnology industry in line with sustainable development goals

Abstract

Raising safety standards in the nanotechnology industry is the path towards Quality 5.0. In the case of the production of nanomaterials, attention is drawn to the need to follow safety rules to avoid contamination or release of nanomaterials into the work environment or water. The work aims to indicate the use of glove boxes in the quality and safety management system in the nanotechnology industry. The basis for the case study was the internal materials of one of the glove box manufacturers. An in-depth interview with purposeful selection (producer and device users) was also applied to analyze the studied phenomenon extensively and understand the ongoing processes better.

The operator protection glove box line guarantees safety when working with harmful materials. The key features of the system that protect the user are a high tightness class, an active working pressure control system and an effective HEPA filtration system.

In conclusion, stakeholders of the nanotechnology industry recognize the need to strive to achieve sustainable development goals. One of its key directions is the production of nanomaterials in line with customer expectations while maintaining employee safety standards and environmental protection against the emission and undesirable migration of nanomaterials and agents used in their synthesis.

Keywords: quality management, nanotechnology, sustainable development
