

# TeSaMa – komputerowy serwis utrzymania bezpieczeństwa technicznego w przemyśle mechanicznym

## Technical Safety Maintenance System (TeSaMa) in mechanical industry

MAREK DŹWIAREK\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.72>

Serwis komputerowy TeSaMa łączy kwestie zarządzania bezpieczeństwem maszyn na etapie ich projektowania i użytkowania w MŚP. Opracowane narzędzia prowadzą użytkownika przez proces oceny i redukcji ryzyka oraz dostarczają informacji w zrozumiałym sposób. Pozwoli to firmom spełnić wymogi prawne i poprawić ogólną produktywność.

**SŁOWA KLUCZOWE:** bezpieczeństwo maszyn, ocena zgodności, bezpieczeństwo techniczne

*Web-based tool TeSaMa aims to provide a holistic approach for SME, giving them the ability to conduct and obtain risk assessments that include safety measure recommendations for production phase work places and machine development processes. This will enable the companies to fulfil legal requirements and improve productivity and reliability.*

**KEYWORDS:** safety of machinery, conformity assessment, technical safety

W dużych przedsiębiorstwach – zarówno publicznych, jak i prywatnych – systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy są znacząco lepiej rozwinięte niż w małych [1]. Jest to dobrze widoczne w analizach wypadków, które wskazują, że największe ryzyko występuje w małych przedsiębiorstwach. Także liczba dni absencji wypadkowej jest znacząco większa w przedsiębiorstwach małych niż średnich i dużych [2–5].

W literaturze wskazuje się na szereg czynników, które mogą wyjaśniać te dysproporcje. W porównaniu z dużymi przedsiębiorstwami MŚP nie dysponują odpowiednimi zasobami finansowymi ani procedurami zarządczymi w zakresie zarządzania BHP. Menedżerowie często słabo się angażują w działania związane z bezpieczeństwem, a nieformalne i nieproceduralne podejście do działań profilaktycznych jest nieskuteczne [6–9].

Konsekwencje wypadku mogą być katastrofalne dla małego przedsiębiorstwa. Krótkoterminowe przerwy w prowadzeniu działalności mogą prowadzić do utraty klientów i ważnych kontraktów, a jeden poważny incydent może oznaczać zamknięcie działalności gospodarczej z powodu bezpośrednich kosztów związanych z wypadkiem lub utratą klientów.

W badaniu opisanym w [10] oceniono działania prawne przeciwko firmom, które prowadzono po wypadkach w pięciu krajach UE w ciągu ostatnich dwóch lat. Polska jest krajem o najwyższym wskaźniku takich działań, ponieważ obejmują one 16% wypadków. Innym interesują-

cym faktem jest to, że 78% firm w Niemczech, w których doszło do wypadków śmiertelnych, deklaruje chęć odnowienia analizy ryzyka w miejscach pracy, co podkreśla pilną potrzebę profesjonalnego i łatwo dostępnego wsparcia w zakresie oceny ryzyka [11].

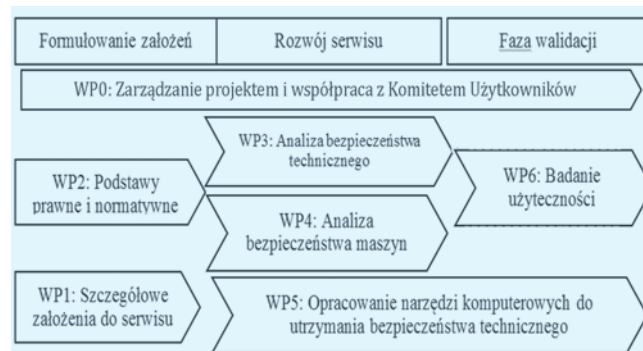
Ważnym zagadnieniem dla MŚP jest bezpieczeństwo zaprojektowanych i wyprodukowanych przez nie maszyn. Połowa wszystkich wypadków w miejscu pracy zdarza się w dwóch sektorach: budownictwie (30%) i produkcji przemysłowej (20%) [12]. Przedsiębiorstwa sektora maszynowego, odgrywające istotną rolę jako dostawcy maszyn lub komponentów maszyn do różnych sektorów produkcyjnych, są często kojarzone z wypadkami w zakładach swoich klientów. Jeśli wypadek jest spowodowany awarią urządzenia lub nawet niezamierzonym niewłaściwym jego użytkowaniem, zgodność z wymaganiami CE, a zwłaszcza poprawna i dobrze udokumentowana ocena ryzyka maszyny, może uchronić jej producenta przed wysokimi kosztami prawnymi.

Te aspekty stanowiły podstawę do opracowania serwisu komputerowego TeSaMa, łączącego w sobie kwestie zarządzania bezpieczeństwem maszyn na etapie ich projektowania i użytkowania.

### Metodyka badań

Serwis internetowy TeSaMa został opracowany przez konsorcjum, w którego skład wchodziły Fraunhofer IPT z Niemiec i CIOP-PIB z Polski oraz organizacje MŚP: IFU – Institute for Management Cybernetics e. V. z Niemiec i DROMA – Stowarzyszenie Producentów Maszyn, Urządzeń i Narzędzi do Obróbki Drewna z Polski.

Instytyty badawcze były odpowiedzialne za realizację programu badawczego, a stowarzyszenia MŚP – za nadzór. Metodyka badań została pokazana na rys. 1.



Rys. 1. Metodyka badań przy tworzeniu serwisu TeSaMa

\* Dr hab. inż. Marek Dźwiarek, prof. CIOP-PIB (madzw@ciop.pl) – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

W ramach pakietu zadaniowego WP0 zapewniono skuteczne zarządzanie projektem oraz współpracę wykonawców z Komitetem Użytkowników. Zarządzanie projektem obejmowało organizację wymiany informacji pomiędzy partnerami realizującymi projekt oraz okresowych spotkań konsorcjum i członków Komitetu Użytkowników.

Głównym celem serwisu TeSaMa jest wspomaganie producentów i użytkowników maszyn z sektora MŚP w zakresie utrzymania bezpieczeństwa technicznego. Aby możliwie najbardziej skutecznie zrealizować ten cel, prace rozpoczęto od szczegółowego sformułowania założeń funkcjonalnych i programowych w ramach pakietu zadaniowego WP1. Założenia zostały sformułowane na podstawie szczegółowej analizy istniejących, częściowych rozwiązań. Rozwój koncepcji systemu był ukierunkowany na określenie zawartości informacji w serwisie, rodzaju opracowanych narzędzi, metodyki dostępu do informacji przez użytkownika systemu oraz narzędzi do ewaluacji jego przypadku. Obejmował wymianę doświadczeń pomiędzy użytkownikami systemu, dobór platformy informatycznej oraz sformułowanie zasad zarządzania profilami użytkowników.

Kluczową kwestią w opracowaniu systemu TeSaMa było szczegółowe rozpoznanie prawnych i normatywnych wymagań, które powinny zostać spełnione przez przedsiębiorstwa sektora maszynowego. Dotyczy to zarówno regulacji ogólnoeuropejskich, jak i krajowych. Pozyskane informacje zebrano w serwisie jako bazę wiedzy. Stanowiły one także podstawę do opracowania wymaganych narzędzi.

Największa liczba wypadków, i to najpoważniejszych, w przemyśle maszynowym jest związana z wykorzystaniem maszyn i innego wyposażenia roboczego. W celu zapobiegania wypadkom lub co najmniej minimalizacji ryzyka wszystkie przedsiębiorstwa w Unii Europejskiej są zobowiązane przestrzegać zaleceń dyrektywy 2009/104/WE dotyczących minimalnych wymagań BHP.

Przede wszystkim oznacza to obowiązek przeprowadzenia kontroli (wstępnych, okresowych, specjalnych) spełnienia wymagań minimalnych, aby monitorować bieżącą sytuację w różnych aspektach bezpieczeństwa [13]. Część zidentyfikowanych przypadków może wymagać przeprowadzenia oceny ryzyka na stanowiskach pracy i w odniesieniu do użytkownika maszyn. W ramach pakietu zadań WP3 zidentyfikowano i opracowano zalecane procedury tych kontroli i przydatne metody oceny ryzyka w formie prostych, intuicyjnych narzędzi i przykładów odnoszących się do zakresu ich stosowania.

Nowo wyprodukowane maszyny powinny spełniać wymagania bezpieczeństwa przedstawione w dyrektywie maszynowej 2006/42/WE. Wiążą się one z zastosowaniem szczególnych procedur opracowywania i projektowania, obejmujących: szczegółową analizę procesu wytwarzania pod kątem problemów związanych z bezpieczeństwem, ocenę ryzyka, dobór i zastosowanie środków bezpieczeństwa, próby funkcjonalne w warunkach przemysłowych zbliżonych do rzeczywistych, realizację procesu projektowania i wykonania maszyny w ramach systemu jakości, opracowanie niezbędnych instrukcji maszyny i instrukcji bezpieczeństwa, monitorowanie zdarzeń związanych z bezpieczeństwem podczas eksploatacji maszyny i ewidencjonowanie działań podjętych w celu zapewnienia bezpieczeństwa.

Celem pakietu zadań WP4 było dostarczenie producentom maszyn:

- wiedzy o procedurach wspomagających spełnienie wymagań zasadniczych zgodnie z dyrektywą 2006/42/WE i wybranymi normami zharmonizowanymi,
- prostych narzędzi pozwalających na prowadzenie oceny ryzyka dla wyrobów sektora maszynowego i dokumentowanie wyników tej oceny,
- przykładów ilustrujących te działania.

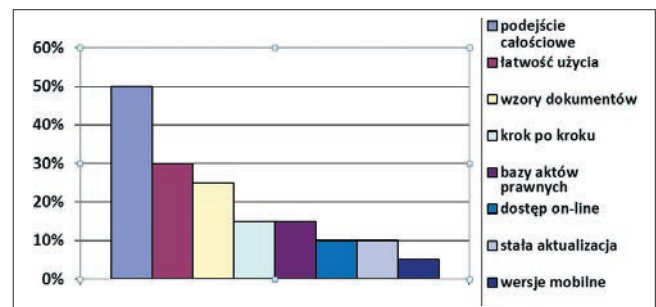
Obecnie najbardziej efektywną drogą udostępniania informatycznych narzędzi wspomagających jest Internet. Pakiet zadań WP5 był przewidziany do opracowania w pełni funkcjonalnego narzędzia informatycznego wspomagającego utrzymanie bezpieczeństwa technicznego w przemyśle maszynowym, zapewniającego niezbędny i podany w przejrzysty sposób zasób wiedzy. Ma on zawierać proste narzędzia wspomagające działania związane z bezpieczeństwem i higieną pracy podejmowane w przedsiębiorstwach, zwłaszcza związane z wypełnianiem wymagań prawnych, oraz dostarczać użytecznych przykładów rozwiązywania problemów.

Poprawność opracowanego systemu została sprawdzona poprzez badanie użyteczności dwoma metodami: inspekcji eksperckiej (EI) oraz testowania przez użytkowników (UT) [14] w ramach pakietu WP6.

## Rezultaty

■ **Opracowanie szczegółowych założeń do koncepcji systemu.** Szczegółowe założenia serwisu TeSaMa opracowano na podstawie przeglądu ponad 100 stron internetowych poświęconych problematyce utrzymania bezpieczeństwa technicznego w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Dominowały wśród nich strony zawierające publikacje, przewodniki, dyskusje i sugestie, zwłaszcza w zakresie oceny ryzyka zawodowego i utrzymania ruchu. Dość znaczna jest także liczba programów wspomagających prowadzenie oceny ryzyka. Niewielka jest natomiast oferta narzędzi on-line.

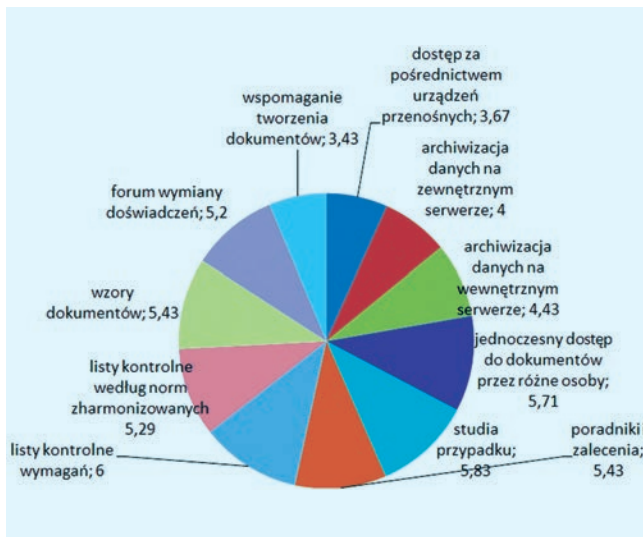
Na rys. 2 zestawiono zalety analizowanych serwisów.



Rys. 2. Zestawienie zalet analizowanych serwisów

Przeprowadzono także ankietę w ponad 100 przedsiębiorstwach zajmujących się produkcją maszyn na temat ich preferencji i potrzeb w zakresie narzędzi wspomagających utrzymanie bezpieczeństwa technicznego. Przykładowe odpowiedzi na pytanie: „Twoim zdaniem jakiego rodzaju funkcjonalności mogą być najbardziej użyteczne do wspomaganie bezpieczeństwa technicznego nowych maszyn? Oceń użyteczność w skali od 1 (najmniejsza) do 8 (największa)” pokazano na rys. 3.

Na podstawie wymagań polskiego Komitetu Użytkowników ustalono, że narzędzie powinno mieć moduły szczegółowe dotyczące maszyn do obróbki drewna. Natomiast na podstawie wymagań Komitetu Użytkowników z Niemiec wprowadzono moduły szczegółowe dotyczące maszyn, w których stosowane są lasery.



Rys. 3. Przykładowe wyniki ankiety przeprowadzonej wśród przedsiębiorstw

■ **Budowa systemu.** Równolegle przeanalizowano dostępne narzędzia informatyczne oraz opracowano założenia programowe i sprzętowe. Ustalono, że serwis powinien mieć możliwość obsługi zarówno przez komputery stacjonarne, jak i komputery przenośne oraz smartfony i tablety.

Opracowane metody i zasady zostały zaimplementowane w serwisie internetowym. Wszystkie prace programistyczne były na bieżąco konsultowane z autorami narzędzi i metodyk. Dzięki temu już na etapie tworzenia oprogramowania były identyfikowane i usuwane niespójności i niedoskonałości, zarówno w opracowanych metodykach, jak i w ich programowej implementacji.

■ **Walidacja systemu.** W ramach testowania pięciu ekspertów przeprowadziło próby zastosowania opracowanych narzędzi do oceny czterech różnych maszyn i elementu bezpieczeństwa, jakim był sterownik zatrzymywania awaryjnego. W ten sposób wszystkie moduły i narzędzia zostały drobiazgowo sprawdzone. W przypadku modułów ogólnych było to zrobione pięciokrotnie. Każdy z ekspertów zgłaszał uwagi na opracowanym w tym celu formularzu. Zebrane uwagi zostały wprowadzone jako poprawki do systemu.

Ostateczna weryfikacja systemu została przeprowadzona przez jego przyszłych użytkowników – z trzech firm polskich i dwóch niemieckich. Swoje zdanie zamieścili na formularzach ankietowych przygotowanych do oceny serwisu TeSaMa jako adaptacja kwestionariuszy TAM (Technology Acceptance Model [15]) oraz SUS (System Usability Scale). Wyniki ankiety wykazały, że system jest użyteczny, aczkolwiek wymagania formalne wynikające z przepisów są dość złożone. W większości pytań dotyczących użyteczności, przyjazności i adekwatności średnia ocen wahała się na poziomie ok. 5 pkt na 7 możliwych. Pozwala to na potwierdzenie akceptacji opracowanej technologii przez użytkowników.

## Podsumowanie

Opracowany w ramach projektu TeSaMa serwis komputerowy, wspomagający utrzymanie bezpieczeństwa technicznego w przemyśle maszynowym, ułatwi MŚP wdrażanie działań dotyczących oceny ich wyposażenia roboczego, a także oceny zgodności wytwarzanych ma-

szyn. Koszt użytkowania systemu przez MŚP, z pominięciem prac związanych z uzyskaniem informacji o normach i przepisach, będzie pomijalny.

W Polsce – według rocznika statystycznego – w 2010 r. działało ok. 1400 przedsiębiorstw wytwarzających maszyny. Wszystkie te przedsiębiorstwa stanowią docelową grupę odbiorców wyników projektu.

Równoległe z działaniami merytorycznymi prowadzone były działania upowszechniające. Dotyczyły one przede wszystkim prezentacji systemu na konferencjach, targach i seminariach. Ulotkę promocyjną projektu, wydrukowaną w nakładzie 10 tys. egzemplarzy, upowszechniano podczas targów branżowych oraz w czasopiśmie *Kurier Drzewny*.

**Publikacja opracowana na podstawie wyników projektu pt. „TeSaMa – System utrzymania bezpieczeństwa technicznego w przemyśle mechanicznym”, realizowanego w ramach Opening National and Regional Programmes for Transnational Collective Research between SME Associations and Research Organisations, CORNET 14<sup>th</sup> Call for Proposals, w latach 2013–2015, współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.**

## LITERATURA

- Sorensen O.H., Hasle P., Bach E. "Working in small enterprises – is there a special risk". *Safety Sci.* 45, 10 (2007): s. 1044–1059.
- Fabiano B., Curro F., Pastorino R. "A study of the relationship between occupational injuries and firm size and type in the Italian industry". *Safety Science.* 42, 7 (2004): s. 587–600.
- Stevens G. "Workplace injuries in small and large manufacturing workplaces – An analysis of the risks of fatal and non-fatal injuries, including figures for 1994/5–1995/6". *Features. Labour Market Trends.* 107 (1999).
- Mayhew C. "OHS in Australian «micro» small businesses – evidence from nine research studies". *Journal of Occupational Health and Safety – Australia and New Zealand.* 16, 4 (2000): s. 297–305.
- McVittie D., Banikin H., Brocklebank W. "The effect of firm size on injury frequency in construction". *Safety Science.* 27, 1 (1997): s. 19–23.
- Mayhew C. "Barriers to Implementation of Known Occupational Health and Safety Solutions in Small Businesses". Australian Government Publishing Service, Canberra, 1997.
- Rigby M., Lawlor T. "Health and safety in small firms with particular reference to Spain". *International Small Business Journal.* 19, 2 (2001): s. 31–48.
- Champoux D., Brun J.P. "Occupational health and safety management in small size enterprises – An overview of the situation and avenues for intervention and research". *Safety Science.* 41 (2003): s. 301–318.
- Lamm F., Walters D. "OHS in small organizations – Challenges and ways forward". *Regulation for a Changing World of Work.* The Australia: Federation Press, 2003.
- European Agency for Safety and Health at Work. "Occupational safety and health and economic performance in small and medium-sized enterprises – a review". Luxembourg, 2009.
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Gefährliche Produkte 2012 – Informationen zur Produktsicherheit. Dortmund/Berlin/Dresden (2012).
- Angermann A., Bauer R., Nossek G., Zimmermann N. "Injuries In The European Union – Statistics summary 2003–2005". Kuratorium für Verkehrssicherheit, Vienna, 2007.
- Dźwiarek M., Hryniewicz O. "Practical examples of determination of periodical inspection of safety related control systems of machinery". *Przegląd Elektrotechniczny.* 88, 5A (2012): s. 290–295.
- Bach C., Scapin D.L. "Comparing Inspections and User Testing for the Evaluation of Virtual Environments". *Intl. Journal of Human-Computer Interaction.* 26, 8 (2010): s. 786–824.
- Venkatesh V., Davis F. "A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies". *Management Science.* 46, 2 (lut, 2000): s. 186–204.