

# Scientific Journal of Safety and Logistics



Vol. 1 No. 1 (2023): Volume 1: Issue 1

ISSN 2995-7443

PUBLISHED: 2023-12-31

The Scientific Journal of Safety and Logistics (SJS�) is an open-access peer-reviewed, interdisciplinary academic journal focused on advancing research and discussions at the intersection of safety and logistics. The journal aims to publish original research, reviews, case studies, and commentary that contribute to the understanding and improvement of safety practices and logistics management in various industries, including but not limited to, aerospace, maritime, manufacturing, transportation, supply chain, healthcare, and construction.

 **OPEN** JOURNAL  
SYSTEMS.com

Scientific Journal of Safety and Logistics is based on Open Journal Systems Hosting and Support by: [OpenJournalSystems.com](http://OpenJournalSystems.com)

The Scientific Journal of Safety and Logistics (SJS�) is an open-access peer-reviewed, interdisciplinary academic journal focused on advancing research and discussions at the intersection of safety and logistics. The journal aims to publish original research, reviews, case studies, and commentary that contribute to the understanding and improvement of safety practices and logistics management in various industries, including but not limited to, aerospace, maritime, manufacturing, transportation, supply chain, healthcare, and construction.

**DOI:** <https://doi.org/10.5281/zenodo.10454571>

**Published:** 2023-12-31



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

**Indexed in:**



**DOI assigned and published in:** Zenodo-multi-disciplinary open repository maintained by CERN



## Editorial Team

- Jan Rajchel (Prof.)-Natural Sciences and Humanities, Siedlce, Poland.
- Liliana Miron (Prof.)-Henri Coanda Air Force Academy, Braşov, Romania.
- Laurian Gherman (Prof.)-Henri Coanda Air Force Academy, Braşov, Romania.
- Marcin Barburski (Prof.)-Lodz University of Technology, Lodz, Poland.
- Andrzej Fellner (Prof.)-Silesian University of Technology, Katowice, Poland.
- Dariusz Bogusz (Prof.)-Polish Airforce University, Dęblin, Poland.
- David Ranz (Prof.)-University of Zaragoza, Spain.
- Emilio Larrodé (Prof.)-University of Zaragoza, Spain.
- Victoria Muerza (Dr Eng.)-University of Zaragoza, Spain.
- Jan Pila (Prof.)-Pan-European University, Prague, Czechia.
- Sławomir Augustyn (Prof.)-Military University of Technology, Warsaw, Poland.
- Panagiotis Karampelas (Prof.)- Hellenic Air Force Academy , Greece.
- Malgorzata Zmigrodzka (PhD.)-Polish Airforce University, Dęblin, Poland.
- Katarzyna Kostur (Ph.D. Eng.)-Polish Airforce University, Dęblin, Poland.
- Natalia Moch (Ph.D.)-Military University of Technology, Warsaw, Poland.
- Jakub Kraus, (Ph.D. Eng.)-Czech Technical University, Prague, Czechia.
- Robert Konieczka (Ph.D. Eng.)-Silesian University of Technology, Katowice, Poland.
- Jarosław Stelmach (Ph.D. Eng.)-College of Public and Individual Security "Apeiron", Krakow, Poland.
- Pawel Lubecki (Ph.D.)-Scientific Journal of Safety and Logistics.
- Rafal Orłowski (Msc.)-Scientific Journal of Safety and Logistics.
- Ireneusz Konieczny (Msc.)-Scientific Journal of Safety and Logistics.
- Filip Konieczny (Msc.)-Scientific Journal of Safety and Logistics.
- Andrzej Skwarski (Pd.D.)-The Jacob of Paradies University, Gorzów Wielkopolski, Poland.
- Mateszu Ojciec (Ph.D.)-Job Air Technic a.s., Mořnov, Czechia.
- Tomasz Balcerzak (PhD. Eng.)- Lazarski University, Warsaw, Poland.



Scientific Journal of Safety and Logistics

ISSN assigned

Format: Online

ISSN 2995-7443

U.S. ISSN Center

Library of Congress

101 Independence Ave., S.E.

Washington, D.C. 20540-4284

Tel. 202-707-6452

Website: <https://www.loc.gov/issn>

Availability	Open access
Format	Online
Publication frequency	Twice a year
Type of publication	Journal
Publisher name	Navy Blue LTD.
City of publication	Nassau
State or territory of publication	Delaware
Country of publication	United States
Contact	Editor-in-Chief contact
Email	<a href="mailto:journal@sjsl.net">journal@sjsl.net</a>
Website	<a href="http://www.sjsl.net">www.sjsl.net</a>
Business address	16192 Coastal Highway P.O. Box #571 Nassau, DE 19969



## Contents

<i>Evolution in safety culture in civil aviation, Katarzyna Kostur, Tomasz Balcerzak (Author)</i>	<b>6</b>
<i>The Partial Factor Productivity (PFP) method used to investigate the productivity of an airport on the example of Warsaw Chopin Airport, Robert Konieczka, Remigiusz Nałęcz-Skałeczki (Author)</i>	<b>41</b>
<i>Psycho-physiological stress of operators as an indicator of efficiency of ergatic systems in aviation, Jan Rajchel, Henryk Jaferniki, Tomasz Balcerzak (Author)</i>	<b>54</b>
<i>Beyond predictability-Black Swan theory and its implications for aviation safety-proposal for data collection and evaluation process in the safety analysis in the context of applying the Black Swan theory, Katarzyna Kostur, Jan Rajchel, Tomasz Balcerzak (Author)</i>	<b>84</b>
<i>Security theater in civil aviation, Dariusz Bogusz (Author)</i>	<b>119</b>
<i>Aviation in the era of the Russian-Ukrainian war, Malgorzata Zmigrodzka (Author)</i>	<b>134</b>
<i>Analysis of the preparation of technical personnel to operate M-346 aircraft. Selected aspects of security, Marcin Sztobryn (Author)</i>	<b>144</b>

## Evolution in safety culture in civil aviation, Katarzyna Kostur, Tomasz Balcerzak (Author)

Tomasz Balcerzak<sup>1</sup>, Katarzyna Kostur<sup>2</sup>

### Abstract

The evolution of safety culture in civil aviation has traversed distinct eras, each marked by technological advancements, human factors considerations, organizational developments, and responses to economic phases. In the technical era, safety primarily relied on technological improvements, such as aircraft design enhancements and navigation systems.

The human factor era emphasized the crucial role of human behavior in aviation safety. Crew resource management and training became focal points, recognizing the impact of communication and decision-making on safety outcomes. The organizational era saw the establishment of safety management systems, fostering a proactive safety culture within aviation organizations. This era stressed the importance of reporting and analyzing safety incidents to prevent future occurrences.

The total system era broadened the scope beyond individual organizations to encompass the entire aviation system. Collaboration between industry stakeholders, regulators, and international organizations became paramount for ensuring a holistic approach to safety. Economic phases brought about cycles of regulation, deregulation, liberalization, and reregulation, influencing safety practices. Deregulation led to increased competition but also raised concerns about safety oversight, prompting subsequent reevaluation and regulation. Through these phases, civil aviation has adapted, incorporating lessons from accidents and technological advancements, ultimately enhancing safety protocols across the industry.

---

1. Tomasz Balcerzak, Ph.D., is an adjunct in the Institute of Air and Space Law, Faculty of Law and Administration, Lazarski University in Warsaw, Poland (e-mail: [tomasz.balcerzak@lazarski.pl](mailto:tomasz.balcerzak@lazarski.pl) ), ORCID: 0000-0002-3845-998X

2. Katarzyna Kostur, Ph.D., is an lecturer at Polish Airforce University, Dęblin, Poland (e-mail: [kosturkatarzyna@gmail.com](mailto:kosturkatarzyna@gmail.com) ), ORCID: 0000-0002-2552-6709

**Keywords**

Safety culture, technical era, human era, organization era, total system era, regulation, de regulation, liberalization, re-regulation, aviation safety.

**EWOLUCJA KULTURY BEZPIECZEŃSTWA W LOTNICTWIE CYWILNYM**

„Nie marnuj naszego czasu. Nie marnuj naszych pieniędzy.

Dowieź swoich pasażerów do celu. Nie szukaj powodów, dla których nie możesz tego zrobić [...]

Nigdy nie łam przepisów. Nigdy nie ryzykuj. Nigdy nie lekceważ procedur.

Bezpieczeństwo jest najważniejszym priorytetem”.

Stephan Wilkinson, *The November Oscar Incident*<sup>3</sup>

**Wstęp.**

Zdarzenia lotnicze<sup>4</sup> występowały w lotnictwie cywilnym od początku jego istnienia. 17 grudnia tego roku Orville Wright wzbił się w powietrze i wykonał przelot 37 metrów trwający 12 sekund, który został uznany jako pierwsza oficjalna udana próba wzniesienia się w powietrze człowieka przy użyciu samolotu. W kolejnych miesiącach podejmowano próby wykonywania lotów, które wiązały się z nowym rodzajem ryzyka. 17 września 1908 roku doszło do pierwszego wypadku lotniczego z udziałem braci Wright – na skutek urwania się śmigła, śmierć poniosła osoba przebywająca na ziemi<sup>5</sup>. Wraz z upływem czasu dostrzeżono problemy związane z bezpieczeństwem w lotnictwie i zaczęto szukać możliwości zwiększenia jego poziomu w tym

---

<sup>3</sup><http://picma.info/sites/default/files/Documents/Events/November%20Oscar%20article.pdf>

<sup>4</sup> Zdarzenie lotnicze dzieli się na **incydent** lub **wypadek** lotniczy. **Incydent** to zdarzenie inne niż wypadek lotniczy, związane z eksploatacją statku powietrznego, które ma wpływ lub mogłoby mieć wpływ na bezpieczeństwo lotów. Odmianą incydentu jest „poważny incydent” obejmujący okoliczności wskazujące, że wystąpiło duże prawdopodobieństwo zaistnienia wypadku, związany z eksploatacją statku powietrznego oraz który, w przypadku załogowego statku powietrznego, odbywa się od momentu wejścia na pokład statku powietrznego jakiegokolwiek osoby z zamiarem odbycia lotu aż do opuszczenia pokładu przez te osoby. **Wypadek** lotniczy to zdarzenie związane z eksploatacją statku powietrznego, które w przypadku załogowego statku powietrznego odbywa się od momentu wejścia na pokład statku powietrznego jakiegokolwiek osoby z zamiarem odbycia lotu aż do opuszczenia pokładu przez te osoby, w którym osoba znajdująca się na pokładzie statku powietrznego poniosła śmierć lub odniosła poważne obrażenia. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 996/2010 z dnia 20 października 2010 r. w sprawie badania wypadków i incydentów w lotnictwie cywilnym oraz zapobiegania im oraz uchylające dyrektywę 94/56/WE (Dz.Urz. UE L 295 z 12 listopada 2010 r., art. 2).

<sup>5</sup> T. Selfridge, T.D. Crouch, *Wright brothers, American aviators, Encyclopedia Britannica*, [dostęp: 15.12.2021].

obszarze. Doskonalono technikę i materiały lotnicze, tworzone prawo lotnicze oraz zastosowano inne rozwiązania w postaci procedur w celu poprawy bezpieczeństwa. Efekty były widoczne, ale lotnictwo potrzebowało wyższego poziomu bezpieczeństwa. Wprowadzono załącznik 19 konwencji chicagowskiej<sup>6</sup>, i od tego momentu kultura bezpieczeństwa jest nieustannie promowana w lotnictwie cywilnym.

Ze względu na dynamiczny rozwój lotnictwa zapewnienie bezpieczeństwa w cywilnym transporcie lotniczym pasażerskim i towarowym jest dla różnych organizacji lotniczych priorytetem. Lotnictwo cywilne jest najbezpieczniejszym środkiem transportu, jednak wypadki, jak i zdarzenia losowe dotyczą również tego obszaru działalności człowieka. Biorąc pod uwagę to, że w jednym samolocie pasażerskim może znajdować się nawet kilkaset osób, zdarzenia lotnicze o randze wypadku z reguły niosą za sobą duże straty materialne i społeczne.

Z biegiem lat rozwój techniki sprawił, iż samoloty zaczęły zabierać coraz większą liczbę pasażerów, w związku z tym liczba katastrof oraz liczba ofiar wzrastała. Zaczęto więc szukać możliwości poprawy tej sytuacji. Stwierdzono, że samo inwestowanie w rozwiązania techniczne jest niewystarczające. *International Civil Aviation Organization (ICAO)*<sup>7</sup> opracowała podstawy zarządzania bezpieczeństwem w lotnictwie, które jest definiowane jako działalność kierownicza polegająca na ustalaniu celów w zakresie bezpieczeństwa organizacji i powodowaniu ich realizacji w podległej zarządzającemu firmie<sup>8</sup>. W najprostszym rozumieniu zarządzanie bezpieczeństwem obejmuje identyfikację zagrożeń oraz likwidację wszelkich luk w strukturze obronnej systemu. Potrzeba wprowadzenia w działalności lotniczej pojęcia zarządzania bezpieczeństwem była poparta faktami związanymi z rozwojem branży lotniczej. Kultura bezpieczeństwa jako zjawisko niematerialne, ale oddziałujące na sferę materialną, dotyczy organizacji. Na podstawie teorii zarządzania można stwierdzić, że każda instytucja

---

<sup>6</sup> Zarządzanie bezpieczeństwem, ICAO (ang. *International Civil Aviation Organization*) – organizacja zajmująca się opracowywaniem i wdrażaniem międzynarodowych przepisów regulujących bezpieczeństwo międzynarodowej żeglugi powietrznej oraz wspieraniem rozwoju transportu lotniczego. <https://www.icao.int/Pages/default.aspx> [dostęp: 18.02.2019].

<sup>7</sup> ICAO (ang. *International Civil Aviation Organization*) – organizacja zajmująca się opracowywaniem i wdrażaniem międzynarodowych przepisów regulujących bezpieczeństwo międzynarodowej żeglugi powietrznej oraz wspieraniem rozwoju transportu lotniczego. <https://www.icao.int/Pages/default.aspx> [dostęp: 18.02.2019].

<sup>8</sup> J. Ziarko, J. Walas-Trębacz, *Podstawy zarządzania kryzysowego*, Kraków 2010, s. 19.

posiada własną kulturę organizacyjną. Według źródeł internetowych definicja kultury organizacyjnej jest przedstawiana jako norma społeczna i system wartości stymulujących pracowników, właściwy klimat organizacyjny, sposób zarządzania, symbole, schematy poznawcze, wymogi zachowania. Polega ona na niepisanych, często podświadomych zasadach, które wypełniają przestrzeń między pisanymi regułami a rzeczywistością. Można ją określić jako system wzorów myślenia i działania, które są utrwalone w środowisku społecznym organizacji i mają znaczenie dla realizacji jej formalnych celów. Kultura organizacyjna jest wzorem podstawowych założeń, które dana grupa odkryła, wymyśliła lub rozwinęła podczas konfrontacji z problemami wewnętrznymi tej grupy bądź problemami otoczenia. Założenia te sprawdziły się, uznano je za obowiązujące i są przekazywane nowym członkom grupy jako odpowiedni sposób percepcji<sup>9</sup>. Kultura bezpieczeństwa to niepisane, przestrzegane często podświadomie zasady, które wypełniają lukę między procedurą, a tym co się rzeczywiście dzieje. Kultura dotyczy wspólnych poglądów, ideologii, wartości, przekonań, oczekiwań i norm.

Kultura bezpieczeństwa i powiązane z nią inne obszary lub dziedziny, związane są z historią i spuścizną lotnictwa cywilnego w USA i Europie. Trudno byłoby dokonać wielu analiz oraz odniesień do tego, co wpływało na takie czy inne przekształcenia w postrzeganiu kultury bezpieczeństwa bez odwoływania się do przeszłości i postrzegania bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym w początkach jego rozwoju.

Przystąpienie do rozważań dotyczących ewolucji kultury bezpieczeństwa wiąże się ze zwróceniem uwagi na zjawisko występowania poszczególnych gospodarczych faz w lotnictwie cywilnym. Kultura bezpieczeństwa w linii lotniczej jest bezpośrednio powiązana z całym rynkiem lotniczym oraz wzrostem gospodarczym na świecie. Ze względu na wielowymiarowy charakter kultury bezpieczeństwa wszelkie zmiany w środowisku lotniczym bezpośrednio na nią oddziałują.

Przyjmuje się, iż kierunki rozwoju lotnictwa cywilnego zachodziły w następujących fazach<sup>10</sup>:

- regulacji;

---

<sup>9</sup> *Encyklopedia zarządzania*, [https://mfiles.pl/pl/index.php/Kultura\\_organizacyjna](https://mfiles.pl/pl/index.php/Kultura_organizacyjna) [dostęp: 14.12.2018].

<sup>10</sup> J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 26.

- liberalizacji;
- deregulacji;
- re-regulacji.

Każda z zachodzących po sobie faz cechuje się charakterystycznymi dla siebie zmianami w obszarze kultury bezpieczeństwa transportu lotniczego. Historia lotnictwa cywilnego, oprócz charakterystycznych ekonomicznych faz, została w kontekście bezpieczeństwa, podzielona na tzw. ery<sup>11</sup>. Według ICAO ewolucja pojęcia kultury bezpieczeństwa przebiegała w czterech erach<sup>12</sup>:

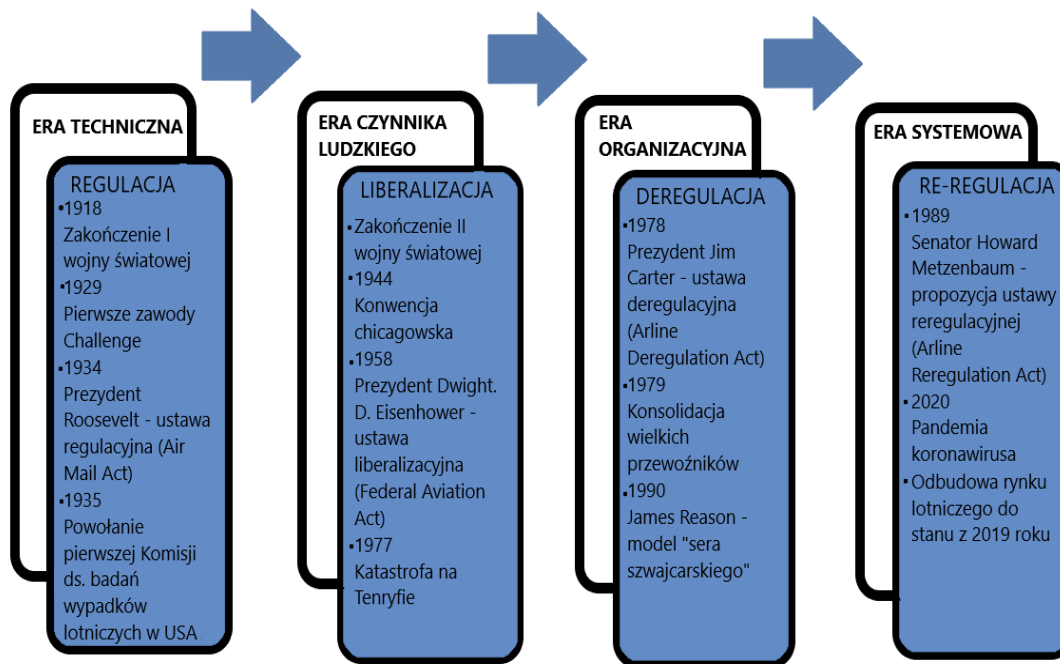
- I era techniczna;
- II era człowieka;
- III era organizacji;
- IV era systemu.

Rysunek 1 przedstawia ewolucję bezpieczeństwa, która przebiegała zarówno w charakterystycznych fazach, jak i erach. Na rysunku przedstawiono autorską propozycję zestawienia kolejno faz i er, które determinowały zmiany w kulturze bezpieczeństwa lotniczego.

---

<sup>11</sup> Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem doc. 9859, ICAO, Montreal 2018, s. 2-2.

<sup>12</sup> Tamże, s. 2-3.



Rysunek 1. Ewolucja bezpieczeństwa lotniczego

Źródło: opracowanie własne.

Celem artykułu jest przedstawienie ewolucji bezpieczeństwa w kontekście postrzegania bezpieczeństwa w organizacji lotniczej (podział ewolucji bezpieczeństwa ICAO na ery) oraz w kontekście zmian ekonomicznych (podział ewolucji lotnictwa na fazy ekonomiczne) oraz zestawienie i uporządkowanie informacji dotyczących przebiegu ewolucji bezpieczeństwa. Problematykę podziału na ery lotnicze przedstawiła ICAO. Problematykę podziału lotnictwa cywilnego na fazy, podejmowali liczni eksperci i znawcy rynku lotniczego np. Prof. Dr John G. Wensveen<sup>13</sup> prezes i dyrektor generalny Airline Visions, firmy konsultingowej z siedzibą w Waszyngtonie, specjalizującej się w opracowywaniu biznesplanów linii lotniczych. Autorka stwierdziła brak publikacji podejmujących próby zestawienia er bezpieczeństwa z fazami

<sup>13</sup> Dr Wensveen był jednym z członków założycieli i wiceprezesem ds. rozwoju międzynarodowego w MAXjet Airways. Dr Wensveen zajmował stanowiska akademickie, dziekana Szkoły Lotnictwa w Dowling College w Nowym Jorku oraz profesora zarządzania liniami lotniczymi na Uniwersytecie Lotniczym Embry-Riddle w Daytona Beach. Jest powiązany z wieloma stowarzyszeniami branżowymi i jest członkiem wydziału Międzynarodowego Zrzeszenia Przewoźników Powietrznych (IATA), a także adiunktem na Uniwersytecie Maryland University College. Dr Wensveen jest także jednym z redaktorów czasopisma Aeronautica Journal w Centrum Studiów Strategicznych Aerospace Uniwersytetu Griffith w Brisbane w Australii. Aktywnie udziela się w mediach międzynarodowych, poruszając tematy związane z lotnictwem.



ekonomicznymi oraz możliwości wyciągnięcia wniosków z takiej analizy. Jako metody badawcze autorka zastosowała metodę analizy i syntezy. Najpierw autorka przeprowadziła analizę zjawiska, czyli logiczny rozkład całości na części pierwsze. Potem przyglądając się cechom każdego z elementów zbadana, jaki mają na siebie wpływ.

### **I Era techniczna i faza regulacji**

I era została nazwana erą techniczną, ponieważ za główną przyczynę wypadków lotniczych uznawano wtedy usterki techniczne<sup>14</sup>. W erze technicznej podczas analiz wypadków lotniczych eksperci skupiali się jedynie na obrazie zniszczonej maszyny. Technologia lotnicza była na bardzo prymitywnym poziomie, dlatego katastrofy były głównie spowodowane defektem maszyn. Śledczy po ustaleniu przyczyny wypadku nie skupiali się na analizie sytuacji przed zdarzeniem, minimalizując możliwości występowania innych czynników. Era techniczna pokrywa się z ekonomiczną fazą regulacji rynku lotniczego. Charakteryzowała się ona całkowitą kontrolą rządową nad różnorodnością przepisów i procedur bezpieczeństwa związanych ze statkiem powietrznym. W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku sądzono, iż doskonałość samolotu jako maszyny zapewni dostateczne bezpieczeństwo pasażerów, a instytucje rządowe będą w stanie kontrolować wszystkie procedury.

Faza regulacji cechowała się silnymi zależnościami lotnictwa cywilnego od polityki rządowej, co miało bezpośredni wpływ na kształtowanie kultury bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym. Głównie skupiano się na rozwoju interesów regionalnych przedsiębiorstw i władz oraz kontroli ilości i jakości usług świadczonych na rynku. Było to środowisko, w którym transport lotniczy rozwijał się w sposób spójny z ekonomią kraju. Powstawały linie lotnicze oraz przedsiębiorstwa powiązane z działalnością lotniczą przy jednoczesnej kontroli państwowej. Rozwój lotnictwa cywilnego obwarowany był znaczną ilością przepisów dotyczących kwestii bezpieczeństwa.

Koncepcja bezpieczeństwa w lotnictwie narodziła się w Stanach Zjednoczonych uznanych za kolebkę lotnictwa cywilnego, o czym zdecydowało wiele czynników. Z ekonomicznego punktu

---

<sup>14</sup> Tamże.

widzenia po I wojnie światowej USA stały się dogodnym środowiskiem dla rozwoju lotnictwa cywilnego. Nastąpił okres konsekwentnego zbliżania się lotnictwa państwowego do sfery cywilnej. Już od 1916 roku departament pocztowy dokonywał kilku prób przysposobienia transportu lotniczego do przewozu poczty. Pod wpływem nacisku rząd USA przydzielił fundusze na rozwój tego rodzaju usług. Na początku niewielkie inwestycje pozwoliły na przesył poczty lotniczej w rejonach, takich jak Alaska czy New Bedford i Massachusetts, Rhode Island. Możliwości ograniczał jednak brak odpowiedniego sprzętu, samoloty były zbyt ciasne i miały za mały udźwig, aby skutecznie zastępować tradycyjne metody transportowe. W latach 1918–1938 transport cywilny rozwijał się podobnie jak cały przemysł w Europie po I wojnie światowej. Efektem infrastruktury wojennej były większe samoloty, które zamiast ciężkiego sprzętu wojskowego mogły przewozić pocztę. Ostatecznie po wielu próbach pierwszy oficjalny transport pocztowy w Stanach Zjednoczonych odbył się 15 maja 1918 roku na trasie Nowy Jork–Waszyngton. To wydarzenie zostało uznane za początek rozwoju lotnictwa cywilnego na świecie.

Codzienna trasa transportu poczty cyklicznie odbywała się w każdy dzień tygodnia, z wyjątkiem niedzieli. Przedsięwzięcie to było owocem współpracy dwóch departamentów: Departamentu do Spraw Obronności i Głównego Departamentu Pocztowego<sup>15</sup>. Część dotycząca sprzętu i załóg, jak również obsługi naziemnej i bezpieczeństwa należała do departamentu obronności. Każda modyfikacja techniczna, wymogi społeczne i rządowe oczekiwania odcisnęły swój ślad w budowaniu dzisiejszej koncepcji kultury bezpieczeństwa. Społeczeństwo początkowo w Stanach Zjednoczonych, a później w Europie, zaczęło odczuwać korzyści związane z rozwojem lotnictwa. Pracownicy Departamentu Pocztowego zajmowali się częścią związaną z segregacją poczty i jej załadunkiem. Wraz z upływem lat w 1918 roku departament ten przejął całość obsługi związanej z operacjami lotniczymi. Pod jurysdykcję poczty przeszedł personel i obsługa naziemna, co spowodowało nieograniczony rozrost poczty lotniczej. Powoli zaczęły powstawać nowe miejsca pracy. Był to w dziejach lotnictwa czas, gdy samoloty pocztowe zapoczątkowały wykonywanie lotów w trudnych warunkach pogodowych. Konstruktorzy samolotów testowali nowy sprzęt (wtedy odbyły się pierwsze nocne lądowania), rozrastały się usługi związane z

---

<sup>15</sup> J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 44–50.

transportem lotniczym, powstały pierwsze agencje handlingowe<sup>16</sup> oraz umowy handlingowe na obsługę statków powietrznych. Bezpieczeństwo w lotnictwie cywilnym było traktowane bardzo ogólnikowo. Skupiano się głównie na efektywności wykonywania zadania. Kultura bezpieczeństwa wynikała z mentalności ówczesnych pilotów, którzy przystosowani do pracy w warunkach działań wojennych, czasy pokoju oceniali jako bardzo bezpieczne. Samolot, któremu nie groziło zestrzelenie, uznawany był za względnie bezpieczny. Dopiero z biegiem czasu zaczęto zauważać bezpośrednią zależność efektywności od bezpieczeństwa.

Istotną w kontekście rozwoju kultury bezpieczeństwa konsekwencją pierwszej ery w lotnictwie stał się nieograniczony, szybki (jak na tamte czasy) przesył informacji i ładunków. Wydarzenia związane z ewolucją działu pocztowego w USA uznaje się za pierwszy krok rozkwitu transportu powietrznego na całym świecie.

Europa, mimo problemów gospodarczych, również notowała rozwój w lotnictwie cywilnym w tamtym okresie. Formowanie się polskiego lotnictwa nastąpiło 14 listopada 1918 roku, kiedy to zainicjowano działalność Sekcji Żeglugi Napowietrznej w Departamencie Technicznym Ministerstwa Spraw Wojskowych – pierwszego organu kierowniczego rodzącego się lotnictwa. W tym czasie wprowadzono szachownicę biało-czerwoną – symbol i znak rozpoznawczy Polskich Sił Powietrznych<sup>17</sup>.

W erze technicznej głównymi czynnikami, jakie decydowały o wyborze samolotów zdolnych do wykonywania pierwszych lotów cargo pocztowego, było bezpieczeństwo i udźwig. Samoloty wojskowe były przerabiane i dostosowywane do potrzeb poczty. Z czasem samoloty do przewozu cargo były już specjalnie projektowane wyłącznie do tych celów. Najtrudniejszym elementem w utrzymywaniu regularnych połączeń stała się pogoda, dlatego konstrukcje samolotów, zarówno służące połączeniom pasażerskim, jak i cargo, były nieustannie udoskonalane ze względu na warunki meteorologiczne. Konstrukcja płatów i silników miała wytrzymywać wszelkie niesprzyjające warunki atmosferyczne, takie jak wiatr, deszcz czy mróz.

---

<sup>16</sup> Agencja handlingowa – Obsługa naziemna (ang. *ground handling*) – usługi wykonywane w porcie lotniczym na rzecz przewoźników lotniczych użytkujących port lotniczy. Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz.U. z 2020 r., poz. 1970), art. 176.

<sup>17</sup> [http://www.mojeopinie.pl/narodziny\\_polskich\\_linii\\_lotniczych\\_lot,3,1244020841](http://www.mojeopinie.pl/narodziny_polskich_linii_lotniczych_lot,3,1244020841), [dostęp: 15.08.2019].

Udoskonaleniom poddawane były elementy statków powietrznych (np. opony) oraz cała infrastruktura lotniskowa.

Niepodważalnym wkładem instytucji pocztowych w rozwój kultury bezpieczeństwa lotniczego na świecie było eksperymentalne latanie w nocy oraz utrzymywanie stałych połączeń rozkładowych. Dotychczas loty nocne były wykonywane tylko w warunkach bojowych. Efektem nowatorskich lotów było otwarcie pierwszego nocnego lotu rozkładowego w 1923 roku<sup>18</sup>.

Kolejny etap ewolucji bezpieczeństwa lotniczego nastąpił trzy lata później. W 1928 roku pierwszy raz informacja pogodowa została nadana podstawowym rodzajem telegrafu. Rozwój sieci telegraficznej i wykorzystanie jej do przekazywania informacji pogodowej wpłynął na poprawę bezpieczeństwa załóg i niezawodność w zachowaniu punktualności dostaw. W kolejnych latach Graf Zeppelin wykonał lot dookoła świata, a James H. Doolittle dokonał pierwszego lądowania tzw. VFR<sup>19</sup>. W latach dwudziestych Walter Folger Brown, prawnik z Ohio, postanowił wykorzystać system regularnych połączeń, z którego korzystał urząd pocztowy do otwarcia pierwszych połączeń pasażerskich. W tym czasie powstały też pierwsze znane linie lotnicze, takie jak American Airlines (pod nazwą The Aviation Corporation), uczestniczące w zbudowaniu sieci trzech głównych połączeń pocztowych na terenie Stanów Zjednoczonych.

W 1928 roku w Polsce Wydział Lotnictwa Cywilnego w Ministerstwie Komunikacji utworzył projekt kompleksowej reorganizacji polskiego lotnictwa cywilnego, co skutkowało połączeniem prywatnych firm: Aero S.A. i Polska Linia Lotnicza Aerolot w przedsiębiorstwo państwowe samorządowe Linie Lotnicze LOT Sp. z o.o. Od 1929 roku nowo powstały LOT rozpoczął działalność<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> J.G. Wensveen. *Air Transportation*, dz. cyt., s. 50.

<sup>19</sup> Visual Flight Rules – zasady lotu z widocznością to zestaw zasad w lotnictwie, w zgodności z którymi pilot statku powietrznego może odbywać lot w warunkach pozwalających na kontrolę położenia statku za pomocą zewnętrznych punktów odniesienia. <https://pl.wikipedia.org/wiki/VFR>, [dostęp: 10.10.2019].

<sup>20</sup> Tamże.

W 1929 r odbyły się pierwsze zawody Challenge - Międzynarodowe Zawody Samolotów Turystycznych (fr. Challenge International de Tourisme) – międzynarodowa impreza organizowana przez Federację Lotniczą (FAI). Zawody te przewidziane były jako konkurs samolotów turystycznych. Stałym punktem zawodów Challenge był lot okrężny dookoła Europy. W pozostałych etapach m.in. oceniano poziom techniczny konstrukcji samolotów, przeprowadzano próby zużycia paliwa, próby szybkiego uruchomienia silnika, oceniano czas i sposób składania i rozkładania skrzydeł<sup>21</sup>. Trzecie zawody z serii Challenge International de Tourisme odbywające się w Berlinie, zakończyły się zwycięstwem polskiej załogi Franciszka Żwirki i Stanisława Wigury na samolocie polskiej konstrukcji RWD-6, stanowiąc pierwszy duży międzynarodowy sukces polskiego lotnictwa sportowego<sup>22</sup>. Zawody lotnicze zawsze miały wpływ na konstrukcję i specyfikację statków powietrznych. Piloci i inżynierowie pracowali nad zoptymalizowaniem maszyn pod kątem konkretnej dyscypliny lotniczej, co prowadziło do wdrażania innowacji technicznych i zmian w projektach samolotów.

Kluczowym dla historii LOT-u okazał się rok 1930, ponieważ spółka została przyjęta do Międzynarodowego Zrzeszenia Transportu Lotniczego IATA (*International Air Transport Association*). Był to istotny krok w kierunku podniesienia jakości bezpieczeństwa w obsłudze pasażera.

Historyczne doświadczenia tworzenia kultury bezpieczeństwa transportu powietrznego swoje początki miały w pierwszych regularnych połączeniach i lotach rozkładowych. W latach trzydziestych, kiedy lotnictwo stało się dochodowym biznesem, transport lotniczy był narażony na korupcję i próby jego zawłaszczenia. Znaczącym wydarzeniem charakteryzującym fazę regulacji lotnictwa cywilnego, wpływającym na bezpieczeństwo w lotnictwie cywilnym, stała się decyzja Prezydenta Roosevelta z 1934 roku (tzw. *Air Mail Act*) o zerwaniu wszystkich

---

<sup>21</sup> Wszystkie samoloty biorące udział w zawodach były jednosilnikowe, ze stałym podwoziem, w większości dwumiejscowe, rzadziej trzymiejscowe. Samoloty były nominalnie maszynami turystycznymi, w praktyce jednak Niemcy, Polska, Włochy i Czechosłowacja opracowały dla celów Challenge, pod kątem nowego regulaminu, specjalne nowoczesne samoloty sportowe. Duże znaczenie miała wysoka prędkość maksymalna połączona z niską prędkością minimalną, co wymagało kombinacji dobrej aerodynamiki, mocnego silnika oraz mechanizacji skrzydeł. W zawodach uczestniczyło wprawdzie 17 typów samolotów, lecz 2/3 biorących udział maszyn należało do sześciu specjalnie zaprojektowanych typów. [dostęp: 20.02.2023].

<sup>22</sup> Polska Akademia Nauk, *Żwirko i Wigura wygrywają Challenge*, <https://cbhist.pan.pl/zrodla-i-opracowania/ii-rzeczpospolita/zwirko-i-wigura-wygrywaja-challenge/> [dostęp: 20.02.2023].

dotychczasowych umów, które zawiązała poprzednia władza, dotyczących transportu poczty<sup>23</sup>. Było to wydarzenie, które prezentuje wpływ uwarunkowań polityczno-gospodarczych na obszary bezpieczeństwa. W 1930 roku, za rządów prezydenta Herberta Hoovera, Kongres uchwalił tzw. ustawę „Air Mail Act” po raz pierwszy. Korzystając z jej postanowień, poczmistrz generalny Walter Folger Brown odbył spotkanie z kierownictwem czołowych linii lotniczych, nazwane później „Konferencją łupów”, podczas którego linie lotnicze podzieliły między sobą rynek poczty lotniczej. Działając na podstawie umów, Brown podpisywał kontrakty z wybranymi liniami lotniczymi oraz uniemożliwiał udział mniejszym przewoźnikom w przetargach, co doprowadziło do wszczęcia śledztwa w Senacie. W rezultacie przeprowadzonego dochodzenia Kongres wystąpił przeciwko Williamowi P. MacCrackenowi Jr, a jego działalność nazwano „skandalem”. Dwa dni później prezydent Roosevelt anulował wszystkie istniejące umowy dotyczące poczty lotniczej z liniami lotniczymi, a zobowiązania wynikające z umów przekazał do realizacji Air Corps<sup>24</sup>. Gabinet prezydenta Roosevelta w 1934 roku<sup>25</sup> przyjął uchwałę zmieniającą „Air Mail Act”, regulując zasady zawiązywania umów dotyczących przewozu poczty. Jeden z zapisów wskazał, że umowy mogą być zawierane tylko na okres jednego roku, a w przypadku każdorazowego przedłużania umowy ma ona być analizowana pod kątem ekonomicznym.

W tym okresie kultura bezpieczeństwa była traktowana marginalnie. Transport poczty przejęło lotnictwo wojskowe. Struktury państwowe miały zajmować się dostarczaniem poczty do czasu podpisania nowych kontraktów, były jednak niedostatecznie przygotowane do wykonywania takich lotów. Od początku 19 lutego Air Corps musiała operować w warunkach surowej zimowej pogody, w warunkach nocnych, co wiązało się z licznymi wypadkami, a śmierć 13 lotników spowodowała ostrą publiczną debatę na temat administracji Roosevelta<sup>26</sup>. Decyzje Roosevelta, w kontekście kultury bezpieczeństwa, poddano krytyce ponieważ dotychczasowe podstawowe procedury związane z zarządzaniem bezpieczeństwem w lotnictwie cywilnym

---

<sup>23</sup> *America by air The Air Mail „Scandal”*, <https://airandspace.si.edu/exhibitions/america-by-air/online/innovation/innovation05.cfm> [dostęp: 20.02.2020].

<sup>24</sup> Amerykański Korpus Lotniczy, struktury państwowe USA, <https://www.military.ie/en/who-we-are/air-corps/> [dostęp: 20.02.2022].

<sup>25</sup> Tzw. Air Mail Act. J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt.

<sup>26</sup> *America by air The Air Mail „Scandal”*, <https://airandspace.si.edu/exhibitions/america-by-air/online/innovation/innovation05.cfm>, [dostęp: 20.02.2020].

przestały obowiązywać. W latach spokoju politycznego armia nie skupiała się na utrzymywaniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa, nie pracowała nad rozkładowymi lotami w trudnych warunkach pogodowych (polityka bezpieczeństwa armii zawsze różniła się od cywilnej, bez względu na region). Wojskowe lotnictwo inaczej pozycjonowało kulturę bezpieczeństwa, gdyż posiadało inne priorytety. Efektem tej decyzji była seria śmiertelnych wypadków wojskowych maszyn wykonujących usługi pocztowe, spowodowanych złymi warunkami pogodowymi i słabym wyszkoleniem pilotów oraz niewystarczającym oprzyrządowaniem samolotów. W wyniku przejęcia usług poczty lotniczej przez armię koszty transportu poczty wzrosły trzykrotnie. Na podstawie tych wydarzeń wyciągnięto jednak stosowne wnioski.

Mimo wypadków związanych z działalnością przewozów pocztowych, zaczęły powstawać linie przewożące pasażerów. Powstały nowe samoloty, np. DC-1 i Boeing 247, szybsze, bardziej wygodne i mogące przewozić większą liczbę osób. Bezpieczeństwo dotyczyło już nie tylko pilotów (jak w przypadku lotów cargo i pocztowych), ale i pasażerów. Zapotrzebowanie na bezpieczniejsze maszyny gwałtownie wzrastało. Prezes linii lotniczych United Airlines zamówił 60 Boeingów 247 za ok. 4 miliony dolarów. Zamówienie częściowo sparaliżowało prace Boeinga i uniemożliwiło budowę samolotów dla pozostałych przewoźników. Linie lotnicze TWA i American musiały zwrócić się do fabryki Donalda Douglasa w celu zakupu nowych maszyn. Wynikiem tych zdarzeń był nowy samolot DC-2 firmy Douglasa, który mógł przewieźć ok. 20 pasażerów i był szybszy od Boeinga 247. Sytuacja na rynku przewozów lotniczych doprowadziła do konkurencji pomiędzy dwiema firmami Boeing i Donald Douglas, co w kontekście ewolucji kultury bezpieczeństwa na płaszczyźnie ekonomicznej miało ogromne znaczenie.

Era techniczna oraz faza regulacji charakteryzowały się wyścigiem producentów samolotów. Maszyny były udoskonalane pod kątem wygody oraz ekonomii przewozu. Powstały nowe miejsca pracy i nowe zawody związane z lotnictwem, takie jak dyrektor linii lotniczej, który na początku zajmował się wszystkimi aspektami związanymi z działalnością przewoźnika, czyli marketingiem, sprzętem oraz bezpieczeństwem. Był to bardzo trudny czas dla rozwoju kultury bezpieczeństwa, ponieważ wciąż uważano, że bezpieczeństwo zależy od jakości maszyny. W tamtym czasie w wypadkach lotniczych śmiertelność wahała się na poziomie 1500 ofiar



rocznie, podczas gdy drogowa wynosiła jedynie 900. W 1932 roku katastrof lotniczych odnotowano aż 108, z czego 16 zakończyło się śmiercią wszystkich pasażerów<sup>27</sup>.

Kultura bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym ulegała ciągłym transformacjom w zależności od przebiegu faz. Za cechą charakterystyczną fazy regulacji uważa się wysokie ceny biletów i koszty związane z operacjami lotniczymi. Przeciętny obywatel nie zaliczał się do grona klientów linii lotniczych. Samoloty postrzegane jako towar luksusowy zarezerwowane były jedynie dla wąskiej klasy społeczeństwa. Postęp rozwoju kultury bezpieczeństwa w fazie regulacji i był zauważalny, ale zachodził bardzo powoli<sup>28</sup>. W fazie regulacji pasażerami byli bogaci ludzie, przedstawiciele rządowi i wpływowe jednostki. Te osoby stawały się pierwszymi ofiarami katastrof lotniczych. W każdym zdarzeniu lotniczym, w którym notowano ofiary, wśród pasażerów znajdował się polityk lub znany aktor albo postać ze świata nauki. Kiedy w 1935 roku w katastrofie lotniczej w Missouri zginął senator Bronson Cutting, powołano pierwszą komisję do spraw badań wypadków lotniczych oraz przeprowadzono analizę wskazującą na niski poziom bezpieczeństwa w linii lotniczej Western.

W roku 1929 podpisano konwencję warszawską<sup>29</sup>, która określała zasady, warunki i odpowiedzialność za przewóz lotniczy, ale dopiero w 1937 roku zawarto pierwsze ubezpieczenie dla linii lotniczej<sup>30</sup>. Dopiero w tym czasie szacowanie ryzyka w lotnictwie

---

<sup>27</sup> J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 46.

<sup>28</sup> Autorka przytacza w książce relacje pracowników lotu, wykonujących swoje obowiązki w czasach PRL. A. Sulińska, *Wniebowzięte. O stewardesach w PRL-u*, Wołowiec 2020, s. 36.

<sup>29</sup> International Maritime And Commercial Law. <https://iistl.blog/2019/12/27/the-new-liability-limits-of-the-montreal-convention-1999-take-effect-on-28-december-2019/> [dostęp: 20.02.2021].

<sup>30</sup> Najwcześniej proces wyodrębniania się ubezpieczeń jako samodzielnej instytucji gospodarczej i prawnej nastąpił w morskiej żegludze handlowej i w handlu morskim. Stąd panuje powszechnie pogląd, że kolebkę wszystkich ubezpieczeń stanowią ubezpieczenia morskie. Ubezpieczenie morskie powstało w Italii i rozprzestrzeniło się następnie na inne kraje wraz z rozpowszechnieniem się handlu i tworzeniem się kapitału handlowo-finansowego. Dokumenty otrzymały nazwę polis od włoskiego słowa „polizza”, pierwotnie znaczącego „pokwitowanie”. Najstarsze zachowane umowy ubezpieczenia morskiego pochodzą z 1347 r. z Genui. W lotnictwie cywilnym w czasach ery technicznej ryzyko katastrofy było tak duże, że towarzystwa ubezpieczeniowe niechętnie podejmowały się takiego ryzyka. *Historia ubezpieczenia w Polsce i na świecie*, [https://piu.org.pl/public/upload/ibrowser/historia\\_ubezpieczen\\_-\\_na\\_swiecie\\_i\\_w\\_polsce.pdf](https://piu.org.pl/public/upload/ibrowser/historia_ubezpieczen_-_na_swiecie_i_w_polsce.pdf), [dostęp: 20.01.2020].

cywilnym przybrało profesjonalną formę. Air Mail Act uznany został za dokument stanowiący prawo lotnicze i był przestrzegany przez pionierów w branży całego transportu lotniczego. Charakterystyczną cechą fazy regulacji był fakt, iż w ciągu kilku miesięcy instytucje rządowe objęły pieczę nad kontrolą lotów, wspierając i modernizując metody nawigacji statków powietrznych. W tym czasie świadomie zaczęto po raz pierwszy rozwijać metody zarządzania ryzykiem w branży lotniczej, chociaż jeszcze wciąż brakowało definicji zjawiska kultury bezpieczeństwa.

Jeszcze przed II wojną światową doszło do kilku wydarzeń, które na zawsze zmieniły historyczne doświadczenia tworzenia kultury bezpieczeństwa w lotnictwie. W 1935 roku na lotnisku Newark w New Jersey powstało pierwsze centrum kontroli lotów, które przez radio informowało pilotów o warunkach i wspomagało lądowania przy słabej widoczności. Inicjatywa pomocy pilotom w takiej sytuacji powstała spontanicznie i wkrótce przerodziła się w procedurę stosowaną na lotniskach. Był to przykład dobrej praktyki, która została zaimplementowana i stała się jednym z elementów kultury bezpieczeństwa.

Wzmoczona działalność linii lotniczych i produkcja nowych samolotów pociągnęły za sobą rozwój w pozostałych dziedzinach gospodarki. W 1936 roku spółka naftowa Scony-Vacuum metodą tzw. krakingu wyprodukowała wysokiej jakości 100-oktanowe paliwo lotnicze. Paliwo mogło być dostarczane w dużych ilościach, co było odpowiedzią na zapotrzebowanie rynku. Wynaleziono system samodzielnego lądowania, który przetestowano pomyślnie w Ohio<sup>31</sup>.

W okresie ery technicznej, przed II wojną światową, stan przepisów bezpieczeństwa dotyczących komercyjnego wykorzystania samolotów był w kompletnym chaosie. W Stanach Zjednoczonych trzy agencje pełniły kontrolę nad bezpieczeństwem w transporcie lotniczym, były to:

- Department Poczty;
- Departament Komercji;
- Międzystanowa Komisja do spraw Komercji.

---

<sup>31</sup> J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 45.

W tym czasie zostały powołane instytucje, których zadaniem była bezpieczna implementacja statków powietrznych do gałęzi transportu lotniczego. W 1938 roku podpisano *Civil Aeronautic Act*, na którego podstawie powołano *Civil Aeronautics Authority*. W tym samym czasie powstała *Air Transport Association* (ATA, prekursor dzisiejszej IATA – *International Air Transport Association*). W przeddzień ataku na Pearl Harbor prezydent Roosevelt był skłonny podpisać dokument nacjonalizujący nowo powstających przewoźników lotniczych, aby każde z przedsiębiorstw działało pod kontrolą rządu Stanów Zjednoczonych. Ówczesny prezes ATA dokonał jednak przewrotu i odwiódł prezydenta Roosevelta od podpisania dokumentu. Prośbę swą motywował dobrem rozwoju bezpieczeństwa w transporcie lotniczym w USA i na całym świecie.

Unowocześnianie samolotów i systemów nawigacyjnych na przestrzeni lat poprawiło bezpieczeństwo w transporcie lotniczym i uczyniło go jeszcze bardziej przyjaznym dla społeczeństwa. Lotnictwo stawało się coraz bezpieczniejsze i bardziej przewidywalne, kultura bezpieczeństwa, mimo iż jeszcze niezdefiniowana, funkcjonowała w organizacjach lotniczych jako dobra praktyka. W fazie regulacji rozwój transportu lotniczego na świecie był kontrolowany tylko i wyłącznie przez polityków i przepisy związane z bezpieczeństwem. To urzędnicy decydowali, który z systemów projektowanych w samolotach był niezbędny do uzyskania wysokiego poziomu bezpieczeństwa na pokładzie. Możliwości technologiczne znacznie wyprzedzały gotowość mentalną społeczeństwa do przyjęcia pewnych rozwiązań. W fazie regulacji czynniki społeczne zahamowały rozwój transportu, a wybuch II wojny światowej po raz kolejny zmienił kierunek ewolucji kultury bezpieczeństwa lotniczego.

II wojna światowa spowodowała zmianę kierunku rozwoju transportu lotniczego, wszystkie latające maszyny trafiły do armii i zostały zmilitaryzowane. Profil produkcji samolotów gwałtownie się zmienił (Samoloty DC-3 stały się wojskowymi C-47 i dzięki swoim osiągnięciom na polu bitwy, stały się sławne w tej wersji). Dopiero potrzeba dokonywania dużych transportów sprzętu wojskowego skupiła uwagę na produkcji samolotów do przewozu cargo.

Wojna przerwała rozwój PLL LOT w jego szczytowym momencie. Do końca sierpnia 1939 roku firma przewiozła łącznie 65 tysięcy pasażerów, między 25 miastami, korzystając z 26

najnowocześniejszych maszyn pasażerskich. Mimo szczegółowych planów ewakuacji na wypadek wojny LOT poniósł w jej wyniku dotkliwe straty. Majątek, sprzęt i samoloty zostały zniszczone lub internowane wraz z personelem, a LOT jako organizacja został rozwiązany<sup>32</sup>.

Przemiany w rozwoju bezpieczeństwa dążyły do kolejnej fazy w różnym czasie w różnych częściach świata. Niemniej jednak przejście z jednej fazy w kolejną przebiegało podobnie w każdym zakątku świata. Nowoczesne technologie nadal wyprzedzały dotychczasowe metody przewozu pasażerów. Nowe samoloty pojawiały się w nowych liniach, a starzy przewoźnicy pozostawali w tyle, zarówno pod względem technologicznym, jak i bezpieczeństwa. Aby w sposób kontrolowany wprowadzać nowatorskie pomysły i rozwiązania dla bezpieczeństwa lotniczego, *Civil Aeronautic Authority* zaczęło wprowadzać certyfikację personelu latającego, radiooperatorów, nawigatorów i inżynierów. Na tym etapie powstały pierwsze profesjonalne terminale pasażerskie oraz nowoczesne oprzyrządowanie samolotów i lotnisk. W tym czasie wynaleziono tranzystor i fale VHF (*very high frequency*). Firma Pratt & Whitney zaczęła produkcję nowoczesnych silników, które zostały wykorzystane do produkcji np. Boeinga 707<sup>33</sup>.

## II Era czynnika ludzkiego i faza liberalizacji

Liberalizację<sup>34</sup> określa się jako fazę, w której środowisko lotnicze podlegało rządowej kontroli w znacznie mniejszym stopniu niż w fazie regulacji. Powstawało wielu nowych przewoźników, a zachęceni potencjalnym zyskiem przedsiębiorcy często bagatelizowali kwestie bezpieczeństwa. Częstotliwość zdarzeń lotniczych zwiększała się, co zmuszało rząd do utrzymania wzmożonej kontroli nad środowiskiem lotniczym.

W 1944 roku podczas konwencji chicagowskiej została powołana Międzynarodowa Organizacja Lotnictwa Cywilnego ICAO<sup>35</sup>, która jako jedna z wielu organizacji wnosi znaczący wkład w

---

<sup>32</sup> [http://www.mojeopinie.pl/narodziny\\_polskich\\_linii\\_lotniczych\\_lot,3,1244020841](http://www.mojeopinie.pl/narodziny_polskich_linii_lotniczych_lot,3,1244020841) [dostęp: 15.08.2019].

<sup>33</sup> Boeing 707 – samolot pasażerski, wąskokadłubowy, dalekiego zasięgu, produkowany przez firmę Boeing, w służbie od 1958 roku. Dzięki dużej prędkości, zasięgowi i liczbie miejsc odznaczał się dużą ekonomicznością w eksploatacji. Był pierwszym pasażerskim odrzutowcem, który odniósł sukces komercyjny. Ponadto rodzina samolotów typu 707 położyła solidne podstawy pod długoletnią dominację Boeinga na rynku producentów samolotów pasażerskich. Został wyparty przez model 747. J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 40–59.

<sup>34</sup> Tamże, s. 45.

<sup>35</sup> ICAO (ang. *International Civil Aviation Organization*) – organizacja odpowiedzialna za opracowywanie i wdrażanie międzynarodowych przepisów regulujących bezpieczeństwo ruchu lotniczego i ekonomię transportu

kształtowanie kultury bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym. Powstanie w okresie powojennym innych organizacji, takich jak IATA<sup>36</sup>, jak również lokalnych, w przypadku Polski<sup>37</sup> oraz różnego rodzaju klastrów lotniczych, umożliwiło bezpieczną dywersyfikację oraz ekspansję lotnictwa pomiędzy krajami z zachowaniem zasad bezpieczeństwa.

Za początek ery II, tzw. czynnika ludzkiego, w lotnictwie cywilnym, uznaje się zakończenie II wojny światowej. Wojna spowodowała skok rozwoju nowych technologii w lotnictwie, samoloty ulegały przeobrażeniom, stawały się coraz doskonalsze, natomiast liczba wypadków lotniczych nie ulegała znaczącemu zmniejszeniu. Zmusiło to badaczy do bardziej wnikliwej analizy okoliczności katastrof. Wyniki badań dotyczące bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym jednoznacznie wskazały czynnik ludzki jako główny powód zdarzeń lotniczych<sup>38</sup>.

Polityczne następstwa II wojny światowej spowodowały stagnację. Po wojnie znajomość specyfiki rynku transportowego, orientacja w przepisach i wcześniej zdobyte doświadczenie umożliwiły przedsiębiorcom powolną reaktywację rynku lotniczego. W USA administracja prezydenta Trumana funkcjonowała w atmosferze rywalizacji i walki pomiędzy liniami lotniczymi. Urzędnicy zapewniali, iż miejsca na rozwój było wystarczająco dużo dla wszystkich linii lotniczych, zaczęły powstawać mniejsze linie operujące poza lotami rozkładowymi.

W tym czasie w Polsce władzę w kraju sprawowała władza socjalistyczna. Wskrzeszono przedwojenne instytucje z nowym, socjalistycznym kierownictwem. Również, w marcu 1945 roku,

---

lotniczego.

[http://www.ulc.gov.pl/\\_download/prawo/prawo\\_miedzynarodowe/konwencje/konwencja\\_1010.pdf](http://www.ulc.gov.pl/_download/prawo/prawo_miedzynarodowe/konwencje/konwencja_1010.pdf) [dostęp: 10.10.2017].

<sup>36</sup> IATA (ang. *International Air Transport Association*) – światowa organizacja handlowa z siedzibą w Montrealu i Genewie (Szwajcaria). Głównym zadaniem organizacji jest wsparcie dla przemysłu lotniczego w sprawach uczciwej konkurencji oraz jednorodności cen biletów. <http://www.iata.org/about/pages/mission.aspx> [dostęp: 10.10.2017].

<sup>37</sup> W połowie 1948 r. został przyjęty nowy statut organizacyjny Ministerstwa Komunikacji określający nową strukturę i zadania Departamentu Lotnictwa Cywilnego. Składał się on z trzech wydziałów (Ogólnego, Technicznego i Lotnisk) oraz samodzielnego Referatu Wyszkożenia i Sportu Lotniczego. *100 lat lotnictwa w Polsce*, „Biuletyn ULC” 2018, nr 5(6), s. 5.

<sup>38</sup> Raport FAA, *Human Error and Commercial Aviation Accidents: A Comprehensive, Fine-Grained Analysis Using HFACS*. [https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/oamtechreports/](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/) [dostęp: 20.02.2020].

reaktywowano PLL LOT. Z przedwojennej firmy pozostało logo – Żuraw. Zarząd firmy o charakterze wojskowo-państwowym wpływał na kulturę bezpieczeństwa<sup>39</sup>.

Na rynku amerykańskim, wolnym od technologii sowieckiej, następował dynamiczny rozwój lotnictwa, co wpływało na kulturę bezpieczeństwa. Branża lotnicza nie była wolna od problemów związanych z niewystarczającym poziomem bezpieczeństwa. Kolidacja samolotu TWA z United DC-7 w roku 1956 nad Wielkim Kanionem uświadomiła władzom, że niebo staje się zatłoczone. Efektem stała się potrzeba ścisłego kontrolowania przestrzeni powietrznej. Śmierć 128 pasażerów nie mogła pozostać bez wprowadzenia konkretnych działań. Ofiary, które towarzyszyły przemianom transportu lotniczego na świecie, pozostawiły głębokie społeczne konsekwencje. Stały rozwój i praca nad wzrostem bezpieczeństwa pasażerów, ciągłe analizy i powstanie wielu instytucji stały się społeczną konsekwencją istnienia lotnictwa. Urzędnicy i pracownicy przedsiębiorstw lotniczych zaczęli zastanawiać się nad tym, czego można się spodziewać, jeżeli ilość samolotów w powietrzu zwiększy się i będą one osiągały dwa razy większe prędkości. Stworzenie uporządkowanego systemu międzynarodowej kontroli lotów okazało się pilną potrzebą.

Wczesne doświadczenia w tworzeniu kultury bezpieczeństwa charakteryzowały się walką pomiędzy kilkoma głównymi firmami, co owocowało fluktuacjami cenowymi oraz niepewnością w jakości usług. W pewnym momencie przeładowany małymi przewoźnikami pocztowymi rynek transportu lotniczego stał się niebezpiecznym polem bitwy, a linie lotnicze operowały na skraju bankructwa. Obniżały ceny do nienaturalnie niskich tylko po to, aby przetrwać wojnę cenową. Ta atmosfera doprowadziła do zahamowania rozwoju bezpieczeństwa w transporcie lotniczym, inwestorzy nie byli zainteresowani dofinansowywaniem niepewnych biznesów i liniom lotniczym nie wystarczało pieniędzy na rozwój i zakup nowszego sprzętu. Z czasem linie lotnicze same zaczęły domagać się regulacji, zdając sobie sprawę, że brak zasad doprowadza do obniżenia standardu obsługi i bezpieczeństwa. W tym czasie wiele przedsiębiorstw upadło i wszystkim zaczęło zależeć na tym, aby kwestie bezpieczeństwa były obwarowane przepisami.

---

<sup>39</sup> Tamże.

*The Federal Aviation Act* z 1958 roku<sup>40</sup>, dokument znany jako ustawa liberalizacyjna, poprzedzał inne akty związane z działalnością departamentu pocztowego na terenie USA. Jednak regulacje wprowadzone w tym akcie otworzyły ścieżkę dla innych dokumentów tego rodzaju. Zapis stał się historycznie pierwszą próbą wpływania na rozwiązania światowe w kwestii skutecznego regulowania bezpieczeństwa w transporcie lotniczym. Akt został wprowadzony przez prezydenta Eisenhowera i miał w głównej mierze przyczynić się do podniesienia jakości bezpieczeństwa w transporcie lotniczym. Duża część aktu zawierała zapisy dotyczące organizacji i zarządzania przestrzenią żeglugi powietrznej, czego konsekwencją było powstanie FAA<sup>41</sup>.

Agencja w porozumieniu z istniejącymi już organizacjami zaczęła pracę nad kontrolowaniem przestrzeni powietrznej cywilnej i wojskowej. FAA stała się nie tylko odpowiedzialna za organizację ruchu lotniczego, ale również ustanawiała nowe zasady korzystania z przestrzeni powietrznej, prowadziła niezbędne badania w kierunku modernizowania systemów nawigacyjnych. Ustawa liberalizacyjna wprowadzała zasady wspólnego korzystania z przestrzeni powietrznej zarówno cywilnym, jak i wojskowym strukturom, jednocześnie wyznaczała obszary zarezerwowane tylko dla celów wojskowych oraz wprowadziła identyfikację statków powietrznych. *Federal Aviation Act* do tej pory pozostał bez zmian w zakresie podstawowych przepisów. Przez lata był jedynie uzupełniany i rozszerzany o nowe zapisy głównie w kwestii bezpieczeństwa. Z czasem FAA zostało przekształcone w *Federal Aviation Authority* i pod tą nazwą funkcjonuje do dziś.

Historyczne doświadczenia tworzenia kultury bezpieczeństwa w polskim transporcie lotniczym były podobne. Kultura bezpieczeństwa również początkowo występowała w sposób nieformalny, ale widoczny. W 1962 roku PLL LOT podpisało porozumienia na uruchomienie połączeń rejsowych do Rzymu, Amsterdamu oraz Kairu. Zakupiono trzy maszyny Vickers Viscount Typ 804, od brytyjskiej linii BUA (British United Airlines). Samoloty miały około 5 lat. Latały na wewnętrznych liniach wysp brytyjskich. Nowe samoloty wymagały szkolenia za

---

<sup>40</sup> T.M. Ravich, *Re-Regulation and Airline Passengers' Rights*, „Journal of Air Law and Commerce”, s. 961.

<sup>41</sup> Federal Aviation Agency została powołana w celu kontrolowania przestrzeni powietrznej. J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 47.



granicą. Grupa 15 doświadczonych polskich pilotów, która została wysłana do UK, celując zaliczyła teorię. Loty okazały się dla Polaków nowością. Anglicy standardowo korzystali już z systemu ILS<sup>42</sup> i nie mogli wyjść z podziwu, jak polscy piloci płynnie lądują, stosując system NDB<sup>43</sup>, który tam wyszedł z użytku. Po ośmiu tygodniach kierownictwo PLL LOT stwierdziło, że załogi są dobrze wyszkolone i mogą wracać. Jednak Anglicy stwierdzili, że szkolenie nie zostało ukończone i nie wydali licencji. Nie mogli jednak zatrzymać przekazania samolotów. Anglicy proponowali jeszcze, że odelegują instruktorów do Polski, na co kierownictwo PLL LOT się nie zgodziło w obawie o utratę pracowników. Aby poprawić komfort psychiczny pilotów, kierownictwo LOT zdecydowało, że załogi będą chwilowo trzyosobowe, choć samolot standardowo pilotowała załoga dwuosobowa. Był to czas, w którym kulturę bezpieczeństwa poważnie zaniedbano, co doprowadziło do katastrofy polskiego samolotu<sup>44</sup>. Pokłosiem tragedii było sprowadzenie angielskiego instruktora i zamontowanie systemu ILS.

W okresie ery liberalizacji „bezpieczeństwo było pisane krwią pasażerów”, co oznaczało praktykę, iż dopiero po katastrofie stosowano środki zaradcze, które miały zmniejszyć poziom ryzyka w kolejnych operacjach.

Kolejna katastrofa, która zapisała się w dziejach lotnictwa, miała miejsce na Teneryfie w 1977 roku i pochłonęła 583 ofiary. Było to zderzenie dwóch B747 tzw. jumbo jetów linii lotniczych KLM i PAN-AM. Katastrofa zapoczątkowała przemiany w postrzeganiu kultury bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym. Ujawniła wszystkie problemy, które narastały w lotnictwie od początku

---

<sup>42</sup> ILS (ang. *instrument landing system*) – radiowy system nawigacyjny, wspomagający lądowanie samolotu w warunkach ograniczonej widzialności (ILS kategorii 3c) pozwala na automatyczne lądowania. Załącznik 6 – Eksploatacja statków powietrznych ICAO.

<sup>43</sup> System lądowania na dwie radiolatarnie NDB – forma systemu lądowania IFR z wykorzystaniem wskazań namiarów własnych za pomocą dwóch pokładowych automatycznych radiokompasów, wskazujących namiary na dwie naziemne radiolatarnie bezkierunkowe (NDB). S.S. Fiedyczyn, *Nawigacja lotnicza*, WKiŁ, 1974.

<sup>44</sup> W 1962 r. Maszyna Vickers Viscount Typ 804 SP-LVB wykonywała rejs Bruksela-Warszawa, z międzylądowaniem w Berlinie. Na pokładzie było 28 pasażerów i 5 członków załogi w sumie 33 osoby. Cały lot przebiegał bezproblemowo. Samolot wystartował z Berlina planowo, jednak nad Warszawą warunki pogodowe były bardzo złe. Widzialność pozioma wynosiła około 1000 m, podstawa chmur tylko 80 metrów. Samolot podchodził do lądowania na pasie 33. Załoga korzystała z sygnałów dwóch radiolatarni NDB i radiokompasu ADF i otrzymała zezwolenie na lądowanie. Pierwsze podejście było nieudane, samolot leciał za wysoko i załoga skierowała maszynę na drugi krąg. Samolot po 4 zakręcie, będąc już na prostej, niespodziewanie utracił wysokość i spadł z wysokości 60–70 m. Nikt nie przeżył katastrofy. Samolot w PLL LOT wylatał zaledwie 84 godziny. *Po fakcie*, <https://sjp.pwn.pl/sjp/post-factum;2572180.html>, [dostęp: 12.02.2021].

fazy liberalizacji. Przyczyn katastrofy było wiele, ale jedną z najbardziej znaczących był czynnik ludzki. Zdarzenie to stało się przełomem w postrzeganiu kultury bezpieczeństwa w lotnictwie. Lata siedemdziesiąte ukazują erę człowieka w ewolucji bezpieczeństwa, ale katastrofa na Teneryfie ujawnia również błędy na innych płaszczyznach. Dlatego uznaje się ją za początek wejścia w erę organizacyjną (przyczyną katastrofy są czynniki organizacyjne, a czynnik ludzki jest tylko jednym z elementów organizacji).

Po katastrofie na Teneryfie ICAO wprowadziło wiele zmian, a najważniejsze z nich to:

- standaryzacja frazeologii lotniczej, obowiązujący stał się język angielski<sup>45</sup>, tak aby treść komunikatów była w możliwie największym stopniu zrozumiała i jednoznaczna nawet w przypadku zakłóceń w transmisji;
- wprowadzenie nakazu powtarzania poleceń kontrolera;
- zarezerwowanie określenia „Take off” tylko do sytuacji, kiedy jest udzielana bezpośrednia zgoda na start. W innych przypadkach należy stosować słowo „Departure”<sup>46</sup>.

Era czynnika ludzkiego w ewolucji kultury bezpieczeństwa charakteryzowała się dużą ilością zdarzeń lotniczych<sup>47</sup>. Eksperci badający przyczyny katastrof wykazywali się podejściem „*post factum*”<sup>48</sup>. Analizowali wypadki, poszukiwali przyczyn, a następnie sugerowali poprawę zawodnego elementu. Kolejne ery przyniosły rzeczywisty skok w ewolucji kultury bezpieczeństwa.

### III Era organizacyjna i faza deregulacji

Era III, organizacyjna, w ewolucji bezpieczeństwa lotniczego przypada na lata osiemdziesiąte i dziewięćdziesiąte XX wieku. Jest to również okres zwany deregulacją w lotnictwie cywilnym. Teoria ewolucji bezpieczeństwa według ICAO<sup>49</sup> zakłada, iż w erze organizacyjnej bezpieczeństwo w lotnictwie zależy od całej organizacji. Organizacja składa się z wielu elementów i każdy z nich powinien spełniać odpowiednie kryteria bezpieczeństwa. Teorie

---

<sup>45</sup> ICAO Aneks 10 . I, 5.2.1.1.2.

<sup>46</sup> *Aviation Safety Network*, <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=19770327-0> [dostęp: 20.02.2020].

<sup>47</sup> *FAA raport*, [https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/oamtechreports/](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/) [dostęp: 20.02.2020].

<sup>48</sup> *Po fakcie*, <https://sjp.pwn.pl/sjp/post-factum;2572180.html>, [dostęp: 12.02.2021].

<sup>49</sup> *Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem*, doc. 9859 ICAO, Montreal 2018, s. 2-3.

opisujące system bezpieczeństwa w lotnictwie zapoczątkowały erę świadomego zarządzania ryzykiem, a w konsekwencji – bezpieczeństwem<sup>50</sup>.

Za oficjalny początek fazy deregulacji w lotnictwie cywilnym uznaje się podpisanie przez prezydenta USA Jimmego Cartera w 1978 roku ustawy o deregulacji (*Airline Deregulation Act*)<sup>51</sup>. Ustawa ta, zmieniając zapisy poprzedniej ustawy liberalizacyjnej z 1958 roku, uwolniła linie lotnicze od federalnych regulacji. Dokument ten umożliwił rozwój komercyjnego lotnictwa cywilnego i spowodował, iż rozwój linii lotniczych kontrolowany był tylko przez rynek lotniczy. Bezpośrednim rezultatem był jeszcze szybszy rozwój rynku lotniczego oraz stale poszerzająca się baza danych związana z bezpieczeństwem lotniczym. Podróżujący samolotami korzystali z licznych przywilejów, jakie zapewniał transport powietrzny. Latanie dla wszystkich stało się możliwe dzięki stworzeniu wielu przewoźników lotniczych, którzy działali w konkurencyjnym środowisku. Podróżowanie samolotem stało się powszechne kulturowo i socjologicznie. Przemieszczanie się za pomocą samolotów stało się na tyle standardowe, że podziw ludzi związany z samym lotem został zastąpiony oczekiwaniem dotarcia do celu tanio, szybko i bezpiecznie. Wzrost liczby pasażerów linii lotniczych doprowadził do obecnego stanu, czyli nastawienia propasażerskiego<sup>52</sup>. Oznaczało to, iż oprócz zapewniania bezpieczeństwa linie lotnicze zapewniały komfort podróży, a pasażerowie zyskali prawa związane z opóźnieniem lub utratą bagażu.

Obowiązki związane z zapewnianiem bezpieczeństwa, do tej pory sprawowane przez organy rządowe w instytucjach im podlegających, przeszły na stronę linii lotniczych. Funkcje rządowe zaczęła przejmować kadra zarządzająca przewoźnikami. Nowo powstałe linie lotnicze z niewielkim doświadczeniem potrzebowały jasnych wytycznych i procedur, które zapewniałyby im prawidłowe funkcjonowanie. Organy odpowiadające za bezpieczeństwo w lotnictwie cywilnym na świecie rozpoczęły intensywne prace nad systemem, który byłby przyjazny i łatwy

---

<sup>50</sup> Teoria sera szwajcarskiego Jamesa Reasona, model SHELL, 5M, parszywa 12 – są to modele związane z czynnikiem ludzkim w relacji z innymi czynnikami w kontekście zarządzania bezpieczeństwem w lotnictwie. Aviation MX Human Factor, W.B. Johnson FAA, [https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance\\_hf/fatigue/publications/media/June\\_2016\\_newsletter-s508.pdf](https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/fatigue/publications/media/June_2016_newsletter-s508.pdf), [dostęp: 20.02.2021].

<sup>51</sup> T.M. Ravich, *Re-Regulation and Airline Passengers' Rights*, dz. cyt., s. 961.

<sup>52</sup> Tamże.

do wdrożenia dla każdego lotniczego operatora. Szybko zorientowano się, iż każda sytuacja niebezpieczna w jednej linii lotniczej afektuje na istnienie innych. Zdarzenia lotnicze stanowią zagrożenie dla całej infrastruktury lotnisk, przerywając ciągłość ich pracy. Ponadto, katastrofy bez względu na to, której linii lotniczej dotyczą, mają swój wydzźwięk społeczny na całym globie. Dlatego w interesie wszystkich organizacji i firm związanych z branżą lotniczą było wspólne dbanie o bezpieczeństwo.

James Reason profesor psychologii z Manchesteru w 1990 roku opublikował tzw. model „sera szwajcarskiego”<sup>53</sup>. Model odpowiada założeniom ICAO w kontekście roli czynnika organizacyjnego w bezpieczeństwie lotniczym. W okresie deregulacji na rynku lotniczym teoria ma wyjątkowe znaczenie, uświadamia bowiem, że wszystkie elementy organizacji muszą być jednakowo zaangażowane w kreowanie kultury bezpieczeństwa. Teoria Reasona przyczynia się również do edukowania kadry zarządzającej oraz podmiotów zajmujących się branżą lotniczą nieposiadających lotniczego doświadczenia. W okresie deregulacji takich podmiotów na rynku pojawiało się coraz więcej.

W okresie deregulacji analiza bezpieczeństwa w organizacji lotniczej oraz definiowanie takich zjawisk jak kultura bezpieczeństwa stanowiły podstawę w podejściu do bezpieczeństwa w lotnictwie na całym świecie. Historyczne doświadczenia w tworzeniu kultury bezpieczeństwa dotyczyły kwestii związanych z badaniem przyczyn katastrof lotniczych. Analiza przypadków po fakcie zastąpiona została proaktywnym działaniem polegającym na badaniu potencjalnego ryzyka przed możliwą katastrofą.

---

<sup>53</sup> Model przyczynowości wypadku – stosowany w analizie ryzyka i zarządzania ryzykiem, w tym bezpieczeństwa lotnictwa, inżynierii, opieki zdrowotnej, organizacji służb ratunkowych, prezentuje zasady warstwowego bezpieczeństwa. Porównuje systemy do wielu plasterów szwajcarskiego sera ułożonych obok siebie, w których ryzyko urzeczywistnienia się zagrożenia jest zmniejszane przez różne warstwy i typy zabezpieczeń, które są ułożone warstwowo. Błędy i słabości jednej bariery nie pozwalają na zmaterializowanie się ryzyka, ponieważ istnieją również inne mechanizmy bariery obronne, zapobiegające awarii. Model został pierwotnie formalnie przedstawiony przez Dantego Orlandelle’a i Jamesa T. Reasona z University of Manchester i od tego czasu zyskał powszechną akceptację. FAA raport, [https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/200618.pdf](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/200618.pdf), [dostęp: 20.01.2021].

Faza deregulacji cechowała się środowiskiem pozbawionym jakichkolwiek ograniczeń. Rząd kontrolował politykę cenową, jednocześnie dając szansę wszystkim przedsiębiorcom, co wpływało na poprawę jakości usług i zdecydowany wzrost konkurencyjności. Początkowo pasażerowie zwracali uwagę tylko na niskie ceny biletów, ale sytuacja szybko się zmieniła. Konkurencja na rynku tanich przewoźników wzrastała, co doprowadziło do sytuacji, w której pasażerowie kierowali się różnymi wyborami linii lotniczej. Kwestie bezpieczeństwa zyskiwały na wartości, a każda linia lotnicza samodzielnie musiała zadbać o jakość wykonywanych operacji.

W wyniku takiego rozwoju sytuacji kultura bezpieczeństwa musiała ewoluować intensywnie zarówno w obszarze operacji lotniczej, jak i całej infrastruktury. Kultura bezpieczeństwa stała się częścią systemu bezpieczeństwa. Czas deregulacji na rynku transportu lotniczego nastąpił pod wpływem krytyki ekonomistów, którzy zarzucali rządowi USA zbyt dużą ilość przepisów regulujących rynek lotniczy. Niezadowolenie szczególnie młodszego pokolenia spowodowało zmianę polityki transportowej w Stanach Zjednoczonych oraz na świecie i wejście w fazę deregulacji. Główną przyczyną ataku na FAA i system regulacji był brak wolnego rynku i ograniczone możliwości konkurencji, podczas kiedy rząd chciał utrzymać kontrolę nad jednym z nowocześniejszych i najszybciej rozwijających się gałęzi przemysłu. Kontrola dotyczyła cen, możliwości wejścia i działalności na rynku lotniczym. Głosy krytykujące regulacje na rynku transportu lotniczego pojawiały się już wcześniej i zapowiadane były różnymi publikacjami<sup>54</sup>. Senator Edward Kennedy przyczynił się do opublikowania raportu, który w szczególności informował o realnych korzyściach dla społeczeństwa oraz dla gospodarki, bez wpływu na obniżenie jakości bezpieczeństwa, które byłyby możliwe do osiągnięcia w przypadku złagodzenia przepisów. Raport obiecywał rozwój przemysłu, ulepszenia technologiczne i możliwości utrzymania niskich cen, tak aby każdy obywatel mógł korzystać z transportu lotniczego. Podczas gdy przepisy zaczęły być stopniowo mniej rygorystyczne, wiodący przewoźnicy, zależni dotychczas od rządu sprzeciwiali się odejściu od regulacji. Swój sprzeciw

---

<sup>54</sup> W latach pięćdziesiątych Lucille Keyes kwestionowała teoretyczne i empiryczne podstawy systemu regulacji 1951 r. *Federal Control of Entry into Air Transportation*. A Richard E. Caves konkludował, iż przemysł transportu lotniczego rządzi się zwykłymi prawami rynkowymi i pozostawiony bez regulacji i pozbawiony ingerencji rządów, rozwinie się w pełni swobodnie i z korzyścią dla gospodarki. *Transport and its Regulators*. 1962 r.

podpierali przede wszystkim argumentem pogorszenia się stanu bezpieczeństwa na skutek wyścigu cenowego.

Powyższe argumenty nie zatrzymały jednak procesu deregulacji mającej miejsce zarówno w Stanach Zjednoczonych Ameryki, jak i Europie. Jakakolwiek linia posiadająca certyfikat i działająca zgodnie z prawem mogła bez problemu zrezygnować z dotychczas wyznaczonych tras i aplikować o dostęp do innych połączeń.

Kolejny przepis deregulujący istniejące prawo odnosił się wprost do linii czarterowych. *Airline Deregulation Akt* z 1978 roku zezwalał na obsługę istniejących już połączeń, także cargo, jeśli tylko linia lotnicza miała certyfikat i była zatwierdzona przez FAA oraz „poradziła sobie” z problemem wejścia na linię, miała pełne prawo do przewozu pasażerów.

Istotną cechą wpływającą na bezpieczeństwo w lotnictwie cywilnym w okresie deregulacji była konsolidacja przewoźników. Ruch konsolidacyjny został zauważony po raz pierwszy w USA w 1979 roku i cechował się głębokim wpływem na przemysł lotniczy. Linie lotnicze dzięki konsolidacji unikały bankructwa.

Poprzez konsolidację rozumie się aliance<sup>55</sup> i różnego rodzaju sojusze lotnicze oraz porozumienia handlowe. Konsolidację przewoźników, zarówno w Stanach Zjednoczonych, jak i w Europie, a także w Azji, cechowało nasilenie globalnych zachowań wśród przewoźników lotniczych, którzy w obawie przed zaostrażającą się konkurencją budowali aliance za pomocą różnych instrumentów ekonomicznych. Walki oparte na tworzeniu silnych aliansów, tworzeniu dużych firm mogły osłabiać kulturę bezpieczeństwa funkcjonującą w mniejszych przedsiębiorstwach. Mimo zagrożeń, działania przewoźników skupiały się na środkach dających szansę przetrwania na zglobalizowanym rynku. Przedsiębiorstwa lotnicze, chcąc kontynuować swoją działalność, korzystały z narzędzi, takich jak komputerowe systemy rezerwacji czy, też umowy typu *code-share*. W fazie deregulacji zachodziła konieczność

---

<sup>55</sup> Megagrupy obejmujące zasięgiem swego działania wszystkie kontynenty. I. Szymajda, *Konkurencja w transporcie lotniczym*, wyd. Liber, Warszawa 2002, s. 22–79.

porozumienia pomiędzy podmiotami lotniczymi. Taka sytuacja rynkowa stała się udogodnieniem dla pasażerów, ale stwarzała również wiele zagrożeń zwłaszcza na płaszczyźnie miękkich i wrażliwych elementów jak kultura bezpieczeństwa. Podmioty lotnicze skupiały się głównie na elementach finansowych oraz systemach obsługi pasażerów. Kultura bezpieczeństwa jednej organizacji przenikała się z drugą i wpływała na jej istotę (w samolocie mogą spotkać się 2 załogi i podczas wspólnej pracy mogą przejmować od siebie złe nawyki związane z bezpieczeństwem).

Przełomem w pięćdziesięcioletniej historii lotnictwa pasażerskiego był upadek Eastern Airlines w 1991 roku. Linie lotnicze zawiesiły połączenia, najpierw długodystansowe, a następnie regionalne. Połączenia po Eastern, stopniowo, przejęły American Airlines. Najbardziej znaczącym wydarzeniem dla Eastern Airlines była wojna nad zatoką Perską, która wymusiła wzrost cen paliw. Wojna przyczyniła się do bankructw innych przedsiębiorstw lotniczych i upadek TWA w 1991 roku. Skutkiem tych wydarzeń było powstanie linii American West, które na ten czas stały się głównym przewoźnikiem i operując na trasach krajowych przejęły połączenia międzynarodowe.

W późnych latach dziewięćdziesiątych, na skutek obniżania kosztów operacyjnych linii lotniczych, współzawodnictwa oraz trudności i fluktuacji na rynku lotniczym, doszło do pojawienia się nowych typów przewoźników. W czasie deregulacji rynku lotniczego wyłoniły się cztery typy linii lotniczych:

- start upy<sup>56</sup>;
- regionalne linie;
- megaprzewoźnicy;
- wirtualni przewoźnicy.

Linie lotnicze w obrębie jednego aliansu mogły ubezpieczać swoje samoloty, co obniżało ogólne koszty. Linie miały również możliwość negocjowania lepszych cen paliwa w ramach jednej dużej organizacji. Z powodu wysokich nakładów finansowych, jakie pochłaniało założenie nowej linii lotniczej, powstało bardzo wielu wirtualnych przewoźników linii, które korzystają z serwisu

---

<sup>56</sup> Najczęściej linie *lowcostowe*.

istniejących już linii lotniczych. Takie linie prowadziły często jedynie internetową formę sprzedaży biletów, natomiast samoloty, załogi i obsługę techniczną wynajmowały od innych przewoźników. W ten sposób starały się zmniejszać tzw. ryzyko inwestycyjne.

W erze organizacyjnej odpowiedzialność za wysoki poziom kultury bezpieczeństwa spoczywała na linii lotniczej. W liniach bezpośrednio odpowiedzialnym był dyrektor operacji lotniczych zatwierdzony w Polsce przez organy władzy lotniczej. Dodatkowo każdy przewoźnik musiał posiadać tzw. AOC<sup>57</sup> – certyfikat przewoźnika uprawniający do wykonywania połączeń. Wirtualna linia lotnicza musiała zatem podjąć AOC od istniejącej linii lotniczej. Jest to przykład sytuacji, w której kultura bezpieczeństwa ulegała niebezpiecznemu „rozmyciu”. Odpowiedzialność formalnie należała do przewoźnika z AOC, natomiast praktycznie loty organizował inny przewoźnik.

Dalsze konsekwencje deregulacji w lotnictwie cywilnym wpływały na historyczne doświadczenia w tworzeniu kultury bezpieczeństwa w całej branży lotniczej. Zachęcane deregulacją linie regionalne, a w niektórych przypadkach *low-costowe*, rozpoczęły ekspansję na trasach krótszych, dowożąc pasażerów do dużych punktów przesiadkowych. Zmobilizowało to znaczących na rynku przewoźników do skupienia się na trasach dalekiego zasięgu. Regionalni przewoźnicy inwestowali w mniejsze samoloty, a duże linie lotnicze dążyły do zakupów wielkich maszyn. Rynek powoli eliminował słabych graczy, dla pasażerów pozostawały do wyboru coraz silniejsze linie lotnicze. Ilość linii lotniczych powoli ulegała zmniejszeniu na pewnych trasach, przy jednoczesnym zwiększeniu ruchu pasażerskiego. Ten wynik dowodził, że linie lotnicze pochłaniają się wzajemnie, przejmując pasażerów. Na krótkich trasach pasażerowie nie byli zmuszeni do podróżowania małymi starszymi modelami samolotów. Samoloty starej daty były zastępowane nowymi, ale zabierającymi mniejszą ilość pasażerów samolotami, np.: w LOT Embraer zastąpiły starsze ATRy. W procesie przejścia jednej

---

<sup>57</sup> Koncesja na wykonywanie przewozu lotniczego (ang. *Air Operator's Certificate* – AOC) – pozwolenie wydawane przez krajową organizację lotniczą przewoźnikowi lotniczemu w celu umożliwienia używania statku powietrznego w celach komercyjnych. Nakłada na przewoźnika obowiązek posiadania personelu, środków i systemu zapewnienia bezpieczeństwa pracowników i osób. Certyfikat zawiera listę typów statków powietrznych wraz z ich numerami rejestracyjnymi, celem i rejonem używania ograniczonym do określonych portów lotniczych lub rejonu geograficznego. Urząd Lotnictwa Cywilnego, [dostęp: 10.10.2019].



linii lotniczej przez drugą kulturę bezpieczeństwa przechodziła niekontrolowane przeobrażenia.

Kierunki ewolucji kultury bezpieczeństwa w transporcie powietrznym wskazują, iż w regionie całej Unii Europejskiej wykreowało się całkowicie zliberalizowane środowisko. Linie lotnicze uległy reprivatyzacji, a regiony mogły poczuć powstanie tanich przewoźników i wzrost aliansów, które dotyczyły zarówno linii lotniczych, jak i portów. UE w kontekście rozwoju gospodarki zaczęła lobbować za wprowadzeniem regulacji na rynek lotnictwa cywilnego. Rynek transportu lotniczego rozwijał się tak szybko, że system legislacyjny nie nadążał z generowaniem nowoczesnych przepisów ułatwiających rozwój, wprowadzających nową jakość w bezpieczeństwie i obsłudze pasażera.

Dla lotnictwa cywilnego w Polsce początek fazy deregulacji transportu lotniczego charakteryzował się dynamicznym wzrostem połączeń oraz rozbudową portów lotniczych. W roku 2002 liczba pasażerów przewiezionych w Polsce była o 4 miliony większa niż w roku 1993. Analiza polskiego ruchu pasażerskiego w latach 2000–2008 pokazuje również stopniową utratę udziału rynkowego polskiego narodowego przewoźnika; PLL LOT utracił monopol na polskim rynku lotniczym.

Kultura bezpieczeństwa szybko ewoluowała, przystosowując się do nowych realiów związanych z deregulacją<sup>58</sup>. W tematykę dotyczącą bezpieczeństwa włączały się linie lotnicze narodowego przewoźnika, *low-costy*, firmy handlingowe, cateringowe, dostawcy paliwa itd. Szczególną uwagę w kontekście kultury bezpieczeństwa zwracały tzw. *low-costy*, wzbudzające najwięcej kontrowersji na rynku transportowym. Tego rodzaju linie wprowadziły pojęcie taniego latania. Samo stwierdzenie „tanie latanie” było dwuznaczne, kojarzone z taniością, złym wykonaniem lub marnym serwisem. W nomenklaturze branży lotniczej słowo „tanie” w tym przypadku było fałszywie interpretowane. Pojęcie *low-cost* oznacza typ przedsiębiorstwa, nazwa wynika z okazjonalnie niższych cen biletów<sup>59</sup>. Restrykcyjne przepisy prawa lotniczego oraz silna konkurencja sprawiały, że *low-costy* były bezpiecznymi przewoźnikami.

---

<sup>58</sup> T. Compa, *Bezpieczeństwo transportu lotniczego w systemie bezpieczeństwa narodowego*, Dęblin 2014, s. 5.

<sup>59</sup> J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 37.

Pojawienie się tanich przewoźników w historycznych doświadczeniach w tworzeniu kultury bezpieczeństwa nie stanowiło problemu. Młode kadry chętniej podejmowały współpracę między sobą i współtworzyły różne rodzaje subkultur w organizacji, w tym nadrzędną – kulturę bezpieczeństwa. Tanie firmy ograniczały rozrost kadry biurowej i często redukowały liczbę pracowników do minimum, co sprawiało, że pracownicy mocniej skupiali się na zadaniach. Małą grupę łatwiej było badać i obserwować zachodzące w niej zjawiska związane z kulturą bezpieczeństwa.

#### **IV Era systemowa i faza re-regulacji**

IV era systemowa stanowi rozszerzenie koncepcji ery organizacyjnej w ewolucji bezpieczeństwa. Założenia ery systemowej polegają na powiększeniu obszaru współodpowiedzialności za kreowanie kultury bezpieczeństwa z organizacji do całego systemu<sup>60</sup>, w lotnictwie cywilnym. Środowisko działalności sektora lotniczego stanowi jeden wielki system, który składa się z wielu podsystemów, takie postrzeganie lotnictwa jest kluczowe w zrozumieniu problematyki kultury bezpieczeństwa. W IV erze bezpieczeństwo traktuje się jako stan podatny na zmiany, żywo reagujący na czynniki zewnętrzne i wewnętrzne.

Kultura bezpieczeństwa nadal ewoluuje, konfrontując się z fazą re-regulacji rynku lotniczego. Specjaliści i osoby zaangażowane w rynek lotnictwa cywilnego<sup>61</sup> są podzieleni na dwa wyraźne obozy. Pierwsza grupa reprezentuje zwolenników pozostawienia lotnictwa w fazie deregulacji, a druga domaga się ponownego regulowania rynku lotniczego. Zwolennicy re-regulacji powołują się między innymi na niewłaściwy kierunek kształtowania się kultury bezpieczeństwa wywołany brakiem dostatecznej kontroli<sup>62</sup>. Osoby broniące wolności w przepisach używają argumentu, iż bezpieczeństwo zawsze będzie najważniejszym dobrem pasażera i rynek zdecyduje o tym, kto przetrwa, a kto zbankrutuje, uprawiając swoją politykę.

---

<sup>60</sup> Układ elementów mający określoną strukturę i stanowiący logicznie uporządkowaną całość. <https://sjp.pwn.pl/sjp/system;2576909> [dostęp: 06.12.2021].

<sup>61</sup> *View from the wing*, <https://viewfromthewing.com/former-american-airlines-ceo-bob-crandall-says-airline-deregulation-and-mergers-were-wrong/> [dostęp: 23.02.2021].

<sup>62</sup> Tamże.

Wejście w fazę re-regulacji nie zostało jeszcze oficjalnie potwierdzone, przepisy mające re-regulować rynek lotniczy nie zostały ostatecznie konstataowane. Pierwsze próby re-regulacji rynku lotniczego zostały podjęte w USA w 1989 roku przez senatora Howarda Metzenbauma z Ohio, który zaproponował wprowadzenie ustawy o re-regulacji linii lotniczych „Airline Reregulation Act.”<sup>63</sup>. Ustawa o ponownej regulacji zakłada ustanowienie niezależnej federalnej agencji wykonawczej, która byłaby uprawniona do ochrony interesu publicznego oraz regulacji cen biletów oraz tras lotniczych. Wszystkie zapisy miałyby być stworzone w odniesieniu do praw konsumentów. Ustawa o re-regulacji miałyby również wpływać na pracę Departamentu Transportu w tworzeniu wymogów dla amerykańskich linii lotniczych. Ochrona dla pasażerów polegałaby na zobowiązaniu linii lotniczej do umieszczania na swoich stronach internetowych aktualnych wyników finansowych przewoźnika oraz ustanowienia całodobowej bezpłatnej infolinii dla konsumentów. Ustawa nakazywałaby utworzenie przepisów zabraniających przewoźnikom lotniczym odwoływania lotów ze względów ekonomicznych (chyba że przewoźnik dostarczy odpowiednie powiadomienie o anulowaniu rejsu i zorganizuje usługi alternatywne). Re-regulacja miałyby poprawić siłę przetargową pasażerów w walce z liniami lotniczymi. Inne propozycje ustawy również wynikały z potrzeby zmniejszenia niesprawiedliwości powstałych na skutek walki pomiędzy przewoźnikami na zderegulowanym rynku. Zwolennicy re-regulacji zauważają „niezwykły, przyspieszony i niepokojący trend”<sup>64</sup> niestabilności rynku lotniczego wywołany przez konsolidację przewoźników lub ich bankructwo. Prawo lotnicze powinno chronić pasażera w taki sposób, aby zakupiony bilet gwarantował przelot. W razie problemów przewoźnika, inny przewoźnik lotniczy byłby odpowiedzialny za przewóz pasażera. W ten sposób pasażerowie nie odczuwaliby problemów biznesowych przewoźnika i nie ponosiliby strat w związku z jego upadłością. Do tej pory linie lotnicze nie wprowadziły polityki służącej zwykłym pasażerom (nie dotyczy osób niepełnosprawnych). Ustawa deregulacyjna zlikwidowała kontrolę rządu federalnego nad taryfami lotniczymi i trasami oraz pozbawiła autoryzacji państwa do nadzorowania i egzekwowania prawa konsumenta w podróży lotniczej<sup>65</sup>.

---

<sup>63</sup> H. Metzenbaum, *Airline Reregulation Act of 1989*, 1854, 101st Cong., 1989.

<sup>64</sup> *View from the wing*, <https://viewfromthewing.com/former-american-airlines-ceo-bob-crandall-says-airline-deregulation-and-mergers-were-wrong/> [dostęp: 23.02.2021].

<sup>65</sup> T.M. Ravich, *Re-Regulation and Airline Passengers' Rights*, dz. cyt., s. 946.

Era systemowa i faza re-regulacji to środowisko, w którym przedstawiciele branży lotniczej dążą do ujednolicenia i wejścia pod nadzór rządowy. Można jedynie przypuszczać, jak wpłynie to na rozwój kultury bezpieczeństwa w liniach lotniczych. Trwające dyskusje pomiędzy rządem a prezesami wiodących linii lotniczych na temat przywrócenia niektórych rozwiązań z fazy I poróżniają zwolenników i przeciwników re-regulacji. Faza re-regulacji powinna rozwiązać problemy powstawania zbyt wielu linii lotniczych, co przyczynia się do chaosu i pozbawia miejsca do rozwoju narodowych przewoźników<sup>66</sup>.

Przeciwnicy re-regulacji uważają, że przyniesie ona przywrócenie monopolu na rynku i ograniczenie innowacyjności, jednocześnie argumentując, iż w okresie regulacji duży przewoźnik lotniczy (TWA) zbankrutował, co przyniosło straty skarbowi państwa, a zależność od państwa nie uchroniła go od zapaści.

Duże linie lotnicze zarzucają tanim przewoźnikom poważne uchybienia w kwestiach bezpieczeństwa na ich pokładach. Powodem powrotu do starych zasad ma być ograniczenie małych linii lotniczych na rzecz rozwoju większych przewoźników, a tym samym poprawy bezpieczeństwa. Konkretnymi rozmowami zainteresowani są głównie gracze amerykańskiego rynku transportu lotniczego – amerykańscy przewoźnicy<sup>67</sup>, tacy jak: American Airlines, Northwest Airlines, United Airlines oraz Continental Airlines<sup>68</sup>.

Przedstawiciele zarządów powyższych przewoźników wypracowali wspólne założenia na tej płaszczyźnie z byłym prezydentem Stanów Zjednoczonych Donaldem Trumpem<sup>69</sup>. Obecny prezydent USA Joe Biden nie podjął jeszcze w tej kwestii decyzji. Po restrukturyzacji większych przewoźników powstałoby środowisko konsolidacji i rozwoju oraz zwiększonej ich ekspansji. Przewoźnicy dążą do sytuacji rozrostu i ugruntowania się na rynku tylko najsilniejszych<sup>70</sup>. Miałoby to przyczynić się do zwiększenia stabilizacji rynku transportu lotniczego, a przez to do

---

<sup>66</sup> J.G. Wensveen, *Air Transportation*, dz. cyt., s. 50.

<sup>67</sup> Tamże, s. 51.

<sup>68</sup> Tamże, s. 55–68.

<sup>69</sup> Z. Alkhalisi, J. Ostrower, *CNN Money*, <http://money.cnn.com/2017/02/07/investing/airlines-american-gulf-carriers-trump/index.html>. [dostęp:10.09.2017].

<sup>70</sup> Tamże.

dążenia w kierunku poprawy jakości usług i bezpieczeństwa w transporcie lotniczym. Zwolennicy nowej ery twierdzą, iż wprowadzenie re-regulacji dotyczących finansowania linii lotniczych również przełożyłoby się na zapewnienie większego bezpieczeństwa na pokładach samolotów. Stabilizacja na rynku i możliwość swobodnego rozwoju silniejszych firm kosztem małych przedsiębiorstw powodowałaby rozwój linii lotniczych w bardziej przewidywalny sposób. Linia lotnicza, aby bezpiecznie funkcjonować, musi zabezpieczać środki na szkolenia personelu, opłaty lotniskowe, niezawodny sprzęt i obsługę techniczną. Ekonomia jest ściśle powiązana z kulturą bezpieczeństwa. Uregulowany rynek poprzez restrykcje urzędnicze i utworzenie najsilniejszym graczom na rynku warunków swobodnego rozwoju mógłby umożliwiać jednocześnie rządowe dofinansowywania dla firm<sup>71</sup>.

Ostatnim argumentem przemawiającym za re-regulacją rynku lotniczego jest fakt, iż linie lotnicze bez względu na to, z jakiego stanu (w USA) czy z jakiego kraju się wywodzą, współpracują w jednej przestrzeni powietrznej. Regulacje są niezbędne w celu zapewnienia bezpieczeństwa wszystkim uczestnikom jej uczestnikom. Jednym z najpilniejszych zadań w obrębie kultury bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym jest dążenie do zrównania się krajów całego świata pod względem stopnia rozwoju świadomej implementacji kultury bezpieczeństwa do życia publicznego. Wymaga to jednak stworzenia silnych strukturalnych podstaw wzrostu świadomości bezpieczeństwa. Z punktu widzenia celów rozwojowych kultury bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym jest więc istotne, by procedury bezpieczeństwa nie były barierą hamującą rozwój lotnictwa w kraju, lecz by poprzez stworzenie właściwej infrastruktury i zapewnienie wysokiej jakości usług stały się elementem w istotny sposób rozwój ten współtworzącym.

Pandemia koronawirusa sprawiła, że kultura bezpieczeństwa została poważnie zagrożona<sup>72</sup>. Pracodawcy i pracownicy znajdujący się pod zbyt silną presją ekonomiczną mogą dopuszczać się zaniedbań w obszarze bezpieczeństwa. Sytuacja pandemiczna i załamanie rynku turystycznego

---

<sup>71</sup> T. Henstrand, *To regulate or not to regulate*, <https://www.yipinstitute.com/articles/to-regulate-or-not-to-regulate> [dostęp: 17.05.2022].

<sup>72</sup> National Library of Medicine, *What Has Been the Impact of Covid-19 on Safety Culture? A Case Study from a Large Metropolitan Healthcare Trust*, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32993013/>, [dostęp: 3.03.2021].

sprawy, że aspekty finansowe stały się priorytetem. Przykładem jest sytuacja, w której członek załogi będzie bardziej skłonny do podjęcia ryzyka w obliczu groźby utraty pracy. Pracownik będzie miał świadomość, że nie znajdzie zatrudnienia u innego przewoźnika, a często sam jest obciążony zobowiązaniami zaciągniętymi na rzecz drogiego szkolenia lotniczego.

Organizacje lotnicze dokładają starań, aby zapobiec sytuacjom wywołanym pandemią i poprawić warunki działania linii lotniczych. Jednym z przykładów jest wprowadzenie dezynfekcji samolotów, która ma przekonać pasażerów do bezpiecznej podróży. Linie lotnicze Air Canada w swoim spocie reklamowym podkreślają, że procedura dezynfekcji stała się codziennością porównywalną z odladaniem samolotu<sup>73</sup>. Innym przykładem jest inicjatywa wprowadzenia międzynarodowego paszportu medycznego<sup>74</sup>. Wielkość środków przeznaczonych na odbudowę sprawia, że nadrobienie zasadniczych zaległości powstałych w dziedzinie transportu poprzez pandemię możliwe jest już w perspektywie 2024 roku<sup>75</sup>. Zasadniczym zadaniem każdego rządu jest zapewnienie bezpieczeństwa w transporcie. Dla osiągnięcia tego celu istotne jest nie tylko wyasygnowanie przez państwo odpowiednich środków finansowych, ale i zapewnienie sprawnej koordynacji wszystkich podmiotów zaangażowanych w działania na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu powietrznego.

Historyczne doświadczenia w tworzeniu idei kultury bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym są spełnieniem racjonalnych oczekiwań społeczeństwa wywołanych wzrostem mobilności. Również w środowisku po pandemicznym przewiduje się dalszy wzrost zapotrzebowania na transport<sup>76</sup>, jednak uwzględnić należy przekształcenia przestrzenne oraz zmiany stylu życia,

---

<sup>73</sup> Zastosowanie procedury CleanCare, <https://www.securitymagazine.com/articles/92442-aircanada-introduces-cleancare-program>, [dostęp: 25.02.2021].

<sup>74</sup> Aby ponownie otworzyć granice bez kwarantanny i odbudować lotnictwo, rządy muszą mieć pewność, że skutecznie zmniejszają ryzyko importu COVID-19. Dzięki paszportom medycznym możliwe będzie posiadanie dokładnych informacji o stanie zdrowia pasażerów COVID-19. <https://www.iata.org/en/programs/passenger/travel-pass/>, [dostęp: 25.02.2021].

<sup>75</sup> Eurocontrol, Prognozy zagęszczenia przestrzeni powietrznej do 2024 r., <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-five-year-forecast-2020-2024>, [dostęp: 25.02.2021].

<sup>76</sup> A. de Juniac, *Aviation's recovery from the COVID-19 crisis will be a long-haul flight*, <https://www.eurocontrol.int/article/aviations-recovery-covid-19-crisis-will-be-long-haul-flight>, [dostęp: 25.02.2021].

które będą powodowały wydłużanie podróży, pojawia się także konieczność zmniejszania negatywnego oddziaływania transportu na środowisko przyrodnicze i warunki życia<sup>77</sup>.

### Podsumowanie

Cel artykułu został osiągnięty. Autorka przedstawiła wzajemny wpływ ewolucji kultury bezpieczeństwa oraz faz ekonomicznych rynku lotniczego. Autorka przedstawiła jak wymienione, obszary pozostają ze sobą w relacjach.

W literaturze obcojęzycznej kulturę bezpieczeństwa określa się jako „*safety culture*”. Jest to sposób, w jaki bezpieczeństwo jest postrzegane i traktowane w organizacji, odzwierciedla nastawienie pracowników do bezpieczeństwa na wszystkich jej poziomach<sup>78</sup>. Kultura bezpieczeństwa kreuje zachowania pracowników w organizacji, a pracownicy kreują kulturę. Kultura bezpieczeństwa w organizacji lotniczej wydaje się zatem niezbędna. Bez zachowania kultury bezpieczeństwa w organizacji lotniczej współczesne bezpieczeństwo w lotnictwie cywilnym nie istnieje.

Ewolucja kultury bezpieczeństwa w transporcie lotniczym pasażerskim i towarowym odzwierciedla nieustające zaangażowanie branży w doskonalenie systemów monitorowania, szkoleń personelu i technologii bezpieczeństwa. Kultura bezpieczeństwa w lotnictwie nieustannie rozwija się również poprzez wymianę informacji i doświadczeń między różnymi uczestnikami branży, co umożliwi skuteczniejsze reagowanie na zmieniające się warunki i wyzwania.

---

<sup>77</sup> J. Bouwer, V. Krishnan, S. Saxon, *Will airline HUBs recover after COVID-19?*, <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/will-airline-hubs-recover-from-covid19#21> [dostęp: 25.02.2020].

<sup>78</sup> J. Reason, *Managing the risks of organizational accidents*, Ashgate 1997, s. 191.

dr inż. Robert Konieczka, inż. Remigiusz Nałęcz-Skałeczki

Katedra Transportu Lotniczego, Wydziału Transportu i Inżynierii Lotniczej, Politechniki Śląskiej

## **The Partial Factor Productivity (PFP) method used to investigate the productivity of an airport on the example of Warsaw Chopin Airport, Robert Konieczka, Remigiusz Nałęcz-Skałeczki (Author)**

**Wykorzystanie metody analizy wskaźnikowej Partial Factor Productivity do określania efektywności portów lotniczych na przykładzie portu lotniczego Warszawa Chopina**

**Streszczenie:** Metoda analizy wskaźnikowej Partial Factor Productivity PFP wykorzystywana jest jako badanie produktywności danego portu lotniczego. Efekty badań przeprowadzonych na poczet projektu „Efektywność portu lotniczego Warszawa Chopina przy użyciu metody Partial Factor Productivity” potwierdziły tezę, iż przy użyciu tej metody można zbadać efektywności określonego lotniska lub porównać ze sobą kilka lotnisk w kontekście ich efektywności. Metodą PFP oblicza się współczynnik pomiędzy nakładem lub zasobem takim jak wielkość portu lotniczego, a otrzymanymi efektami. Wskaźniki te odnoszą się do zmiennych finansowych, technicznych lub też pozwalają kojarzyć obie te zmienne.

Przedmiotem analizy był okres 2015 - 2018 i dotyczył lotnisk takich jak: Warszawa - Chopin, Nowy Jork J. F. Kennedy oraz Katowice - Pyrzowice. Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, iż największą efektywnością z porównywanych lotnisk należy przypisać do Portu Lotniczego Nowy Jork – John F. Kennedy. Charakteryzuje się on największą jednostką przepustowości oraz największą efektywnością wykorzystania pasów startowych i bramki przypadającej na jednego pasażera. Wynika to z wielkości lotniska, jego infrastruktury oraz miejsca położenia. Lotnisko to jest przystosowane do obsługi dużej ilości operacji lotniczych, a jego położenie sprawia, że pasażerowie często wybierają je jako początek lub koniec swojej podróży. Na podstawie zebranych wyników stwierdzono, że metoda PFP i związana z tym



efektywność portu lotniczego uzależniona jest ściśle od wielkości miasta przy którym jest zlokalizowane oraz całości infrastruktury portu.

**Słowa kluczowe:** analiza efektywności, analiza wskaźnikowa PFP (ang. Partial Factor Productivity), port lotniczy, jednostki przepustowości ATU

**Abstract:** The Partial Factor Productivity (PFP) method is used to investigate the productivity of an airport. The results of research carried out for the project "Efficiency of Warsaw Chopin Airport using the Partial Factor Productivity method" confirmed the thesis that using this method one can examine the efficiency of a particular airport or compare several airports in the context of their efficiency. PFP method calculates the ratio between the input or resource such as the size of the airport, and the results obtained. These ratios relate to financial variables, technical variables or theses allow to associate both variables.

The subject of analysis was the period 2015 - 2018 and concerned airports such as Warsaw - Chopin, New York J. F. Kennedy and Katowice - Pyrzowice. Based on the analysis, it was concluded that the highest efficiency of the compared airports should be attributed to the New York - John F. Kennedy Airport. It is characterized by the largest capacity unit and the highest efficiency in the use of runways and gates per passenger. This is due to the airport's size, infrastructure and location. This airport is designed to handle a large number of flight operations, and its location means that passengers often choose it as the beginning or end of their trip. Based on the collected results, it was concluded that the PFP method and the associated efficiency of the airport depends strictly on the size of the city at which it is located and the overall infrastructure of the airport.

**Keywords:** efficiency analysis, partial factor productivity (PFP) analysis, airport, ATU capacity units.

## **1. Wstęp**

Porty lotnicze są podstawowym i kluczowym elementem infrastruktury odnoszącej się do transportu lotniczego. Na efektywność każdego lotniska wpływa z całą pewnością ilość

obsługiwanych lotów zarówno rejsowych, czarterowych jak i lotów cargo, które widnieją w siatce połączeń. Czynnikiem wpływającym na ilość połączeń na danym lotnisku jest jego umiejscowienie na terenie kraju oraz bliskość większego miasta, które może być z tego względu bardziej atrakcyjnym miejscem wizyty. Jak podają eksperci, w 2015 r. polskie porty lotnicze zarobiły łącznie 138,5 mln zł<sup>79</sup>, a najbardziej dominującym portem lotniczym pod względem efektywności w Polsce jest lotnisko Chopina w Warszawie. Głównie aeroporty zarabiają na opłatach za starty i lądowania, ale również na usługach handlowych, które stanowią nawet od 40% do 60% przychodów. Należą do nich w szczególności zyski z działalności sklepów, restauracji czy parkingów i innych punktów usługowych. Polityka portów lotniczych nastawiona jest na jak największy zysk, niemniej jednak nie może odbywać się on z naruszeniem zasad bezpieczeństwa przewozów lotniczych. Lotnisko w zależności od przepustowości musi uwzględnić ilość wykonywanych operacji lotniczych, na którą składają się obsługiwani pasażerowie oraz przewożone ładunki cargo. Mając to na uwadze, ważna z punktu widzenia polityki przedsiębiorstwa jest tak zwana efektywność portu lotniczego, która w zależności od jego wielkości jest różna.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wyników badania efektywności funkcjonowania portu lotniczego Warszawa – Chopina z uwzględnieniem parametru przepustowości. Dokonano tego w konfrontacji z dwoma innymi portami lotniczymi: Portem Lotniczym Nowy Jork – John F. Kennedy oraz Międzynarodowym Portem Lotniczym Katowice w Pyrzowicach.

Jednocześnie zweryfikowano metodę analizy wskaźnikowej Partial Factor Productivity PFP jako narzędzia do oceny efektywności portu lotniczego.

Przeprowadzone badania opierały się ponadto na analizie w jaki sposób można podnieść efektywność lotniska z uwzględnieniem następujących czynników:

- ilość obsłużonych pasażerów,
- ilość wykonanych operacji,

---

<sup>79</sup> <https://www.pasazer.com/news/32879/raport,tylko,piet,rentownych,lotnisk,w,polsce.html>

- ruch cargo wyrażany w tonach.

## 2. Wykorzystanie metody PFP

Do najczęściej wymienianych w literaturze metod analizy efektywności portów lotniczych zaliczyć można<sup>80</sup>:

- analizę wskaźnikową Partial Factor Productivity (PFP),
- analizę wieloczynnikową Total Factor Productivity (TFP),
- analizę parametryczną Stochastic Frontier Analysis (SFA),
- analizę nieparametryczną Data Envelopment Analysis (DEA).

Metoda Partial Factor Productivity PFP zalicza się do metod analizy wskaźnikowej. Polega ona na obliczaniu współczynnika pomiędzy nakładem bądź zasobem takim jak wielkość portu lotniczego, a otrzymanymi efektami. PFP czyli miernik częściowej produktywności jest przedstawiony poprzez dzielenie dwóch współczynników:

- efektu, np. ilość podróży,
- nakładu, np. poniesionych kosztów pracy.

Miernik produktywności częściowej wyrażony jest ilorazem zmiennej efektu do zmiennej nakładu. Analizowane wskaźniki odnoszą się wyłącznie do zmiennych finansowych, technicznych lub pozwalają kojarzyć obydwie zmienne. Efektem metody PFP jest zbiór od kilku do nawet kilkudziesięciu współczynników, które obrazują wycinek działalności całego przedsiębiorstwa. Do zalet tej metody z całą pewnością można zaliczyć fakt, że istnieje tutaj łatwość w zastosowaniu tej metody, w przypadku dostępu do całokształtu dokumentacji, w tym raportów finansowych. Pozwala ona ponadto przeprowadzić analizę produktywności wybranych obszarów danego przedsiębiorstwa oraz daje dużą wiarygodność otrzymanych wyników.

Do jej wad zalicza się jednak wrażliwość na występujące różnice w regulacjach podatkowych i księgowych oraz fakt, że analizuje ona tylko podzbiory przypisane do aktywności danego przedsiębiorstwa. Powszechnie uznaje się metodę PFP jako metodę pozwalającą na analizę produktywności danego portu lotniczego. Jednak jak wykazało to przeprowadzone badanie,

---

<sup>80</sup> [https://www.wbc.poznan.pl/Content/233243/PDF/Augustyniak\\_Wojciech\\_Efektywnosc.pdf](https://www.wbc.poznan.pl/Content/233243/PDF/Augustyniak_Wojciech_Efektywnosc.pdf)

metodę tę z powodzeniem można zaimplementować do obliczenia efektywności technicznej analizowanego lotniska bądź większej ilości lotnisk.

### 3. Ocena efektywności portów lotniczych

Dane odnoszące się do lotniska w Warszawie przedstawiają zauważalny wzrost liczby operacji lotniczych, co wiąże się bezpośrednio z większą ilością obsługiwanych pasażerów. Tendencja wzrostowa jest uwarunkowana wysoką popularnością transportu lotniczego, który z powodzeniem odznacza się najwyższym współczynnikiem bezpieczeństwa w transporcie lotniczym. Jest to niepodważalny argument również dla wielu pasażerów, którzy nawet na małych odległościach wybierają transport lotniczy, zamiast transportu kolejowego czy też samochodowego. Należy również zwrócić uwagę na niejednokrotnie niższy czas podróży, który należy uwzględnić podczas przemieszczania się pomiędzy danymi destynacjami.

Do obliczeń liczby jednostek przepustowości ATU (airport throughput unit) wykorzystano wzór opracowany w 2007 roku przez Grupę Jacobs Consultancy:

$$ATU = PAX + 10 \times F + 100 \times ATM$$

gdzie:

PAX (passengers) – liczba pasażerów;

F- liczba ton cargo.

ATM – liczba operacji lotniczych (ilość obsługiwanych pasażerów i przewożonego ładunku cargo)

Przykładowe obliczenia dla lotniska Warszawa Chopina w latach 2015- 2018:

rok 2015

$$ATU = 11186688 + 10 \times 58284,0 + 100 \times 129436 = 24,713,128$$

rok 2016

$$ATU = 12795356 + 10 \times 72186,4 + 100 \times 143462 = 27,863,420$$

rok 2017

$$ATU = 15730330 + 10 \times 84389,4 + 100 \times 160918 = 32,666,024$$

roku 2018

$$ATU = 17737231 + 10 \times 92377,1 + 100 \times 176524 = 36,313,402$$

Analogicznie wykonano obliczenia dla portu lotniczego w Nowym Jorku

rok 2015

$$\text{ATU} = 56827154 + 10 \times 1332091 + 100 \times 427384 = 112,886,464$$

rok 2016

$$\text{ATU} = 59105513 + 10 \times 1315393 + 100 \times 440031 = 116,262,543$$

rok 2017

$$\text{ATU} = 59479344 + 10 \times 1394509 + 100 \times 435270 = 116,951,434$$

rok 2018

$$\text{ATU} = 61623756 + 10 \times 1431090 + 100 \times 442665 = 120,201,156$$

Obliczenia dla Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach

rok 2015

$$\text{ATU} = 3044017 + 10 \times 14523,9 + 100 \times 25991 = 5,788,357$$

rok 2016

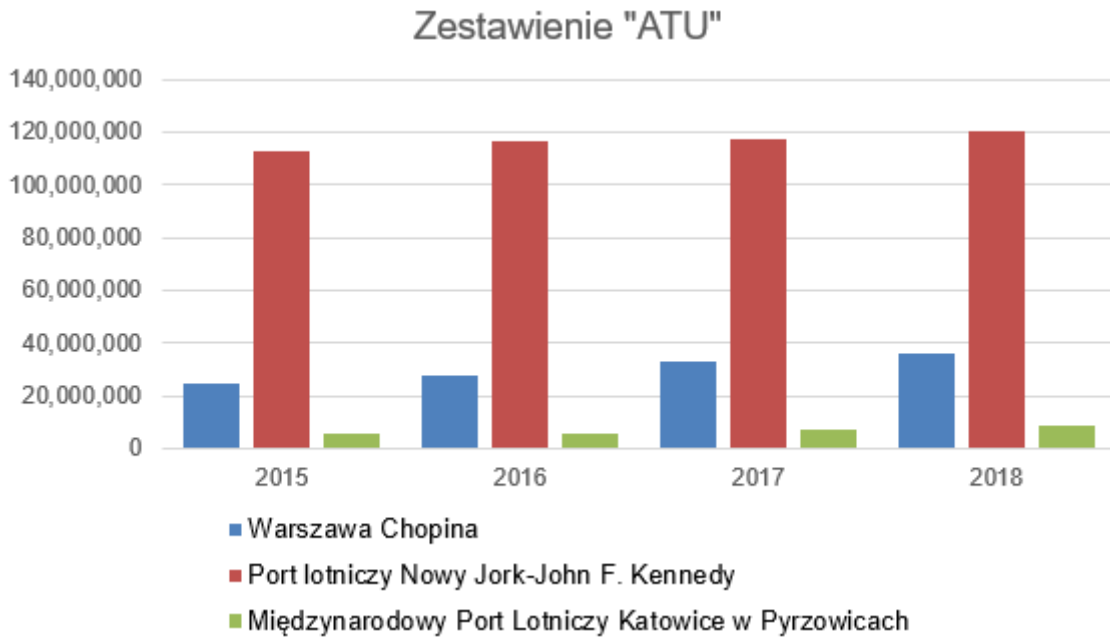
$$\text{ATU} = 3201654 + 10 \times 15586,3 + 100 \times 26508 = 6,008,317$$

rok 2017

$$\text{ATU} = 3877235 + 10 \times 15233,9 + 100 \times 29968 = 7,026,37$$

rok 2018

$$\text{ATU} = 4825845 + 10 \times 15800,5 + 100 \times 35529 = 8,536,750$$



Rys. 1. Zestawienie jednostek przepustowości ATU w okresie 2015-2018, dla porównywanych lotnisk<sup>81</sup>.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń zestawiono na rys. 1. Wynika z nich ewidentnie, że największą wartość jednostek przepustowości ATU należy przypisać dla Portu Lotniczego Nowy Jork – John F. Kennedy. Najmniejszą natomiast charakteryzuje się Międzynarodowy Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach.

Wartości jednostek przepustowości ATU Portu Lotniczego Nowy Jork – John F. Kennedy są trzykrotnie większe od wartości uzyskanych dla Lotniska Warszawa – Chopin i w skrajnych przypadkach (lata 2015-2016) prawie dwudziestokrotnie większe od wartości otrzymanych dla Międzynarodowego Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach. Najgorzej w zestawieniu wypada port lotniczy w Pyrzowicach. Zauważyć należy jednak, że jest to najmniejszy z analizowanych portów. Zlokalizowany jest w sąsiedztwie najmniejszego miasta, co w kluczowy sposób ma wpływ na jego parametry przepustowości.

<sup>81</sup> Nałęcz-Skałeczki R.: Efektywność portu lotniczego Warszawa Chopina przy użyciu metody Partial Factor Productivity. Projekt inżynierski. Kierujący projektem R. Konieczka. Politechnika Śląska 2021.

#### 4. Ocena stopnia wykorzystania pasów i ilości pasażerów na jedną bramkę

Kolejnym ważnym wskaźnikiem jest stopień wykorzystania pasów startowych rozumiany jako iloraz ilości operacji lotniczych ATM na ilość pasów. Podobnego zabiegu można dokonać bazując na ilości obsłużonych pasażerów. Wykorzystując dane między innymi z tabeli 1 dokonano obliczeń stopnia wykorzystania pasów przyjmując odpowiednio ilość pasów: Port Lotniczy Nowy Jork – John F. Kennedy - 4, Port Lotniczy Warszawa – Chopin -2, Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach -1.

Tabela 1. Ilość operacji cargo w okresie 2015-2019 dla portu lotniczego w Katowicach i Warszawie<sup>82</sup>

Port lotniczy	2015	2016	2017	2018	2019
Międzynarodowy Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach	2 600	3 140	2 673	2 653	2 965
Port Lotniczy im. F. Chopina w Warszawie	4 745	4 533	3 874	4 004	3 688

Wyniki obliczeń zestawiono na rys. 2. Potwierdzają one przypuszczenie, iż największym stopniem wykorzystania pasów startowych charakteryzuje się Port Lotniczy Nowy Jork – John F. Kennedy. Najmniejszy stopień wykorzystania pasów startowych należy przypisać do Międzynarodowego Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach. Wartości dla Portu Lotniczego Warszawa – Chopin są wartościami niższymi od tych dla Portu Lotniczego NY. Wartości te nie odbiegają jednak tak rażąco jak w przypadku jednostek przepustowości ATU. Najmniejszą różnicę w wykorzystaniu pasów startowych Portu Lotniczego Nowy Jork – John F. Kennedy i Portu Lotniczego Warszawa – Chopin zauważono w 2018 roku.

Podobnego zabiegu jak w odniesieniu do stopnia wykorzystania pasów dokonano w odniesieniu do ilości pasażerów przypadających na jedną bramkę. Wykorzystując dane o ilości

<sup>82</sup> Dane udostępnione przez Panią Podreferendarz ds. Statystyk i Analiz w Urzędzie Lotnictwa Cywilnego z dnia 04.01.2021r

odprawionych pasażerów (tab. 2) podzielono je przez ilość bramek w poszczególnych portach odpowiednio: Port Lotniczy Warszawa – Chopin - 116 bramek, Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach - 21 bramek, Port Lotniczy Nowy Jork – John F. Kennedy 131 bramek.

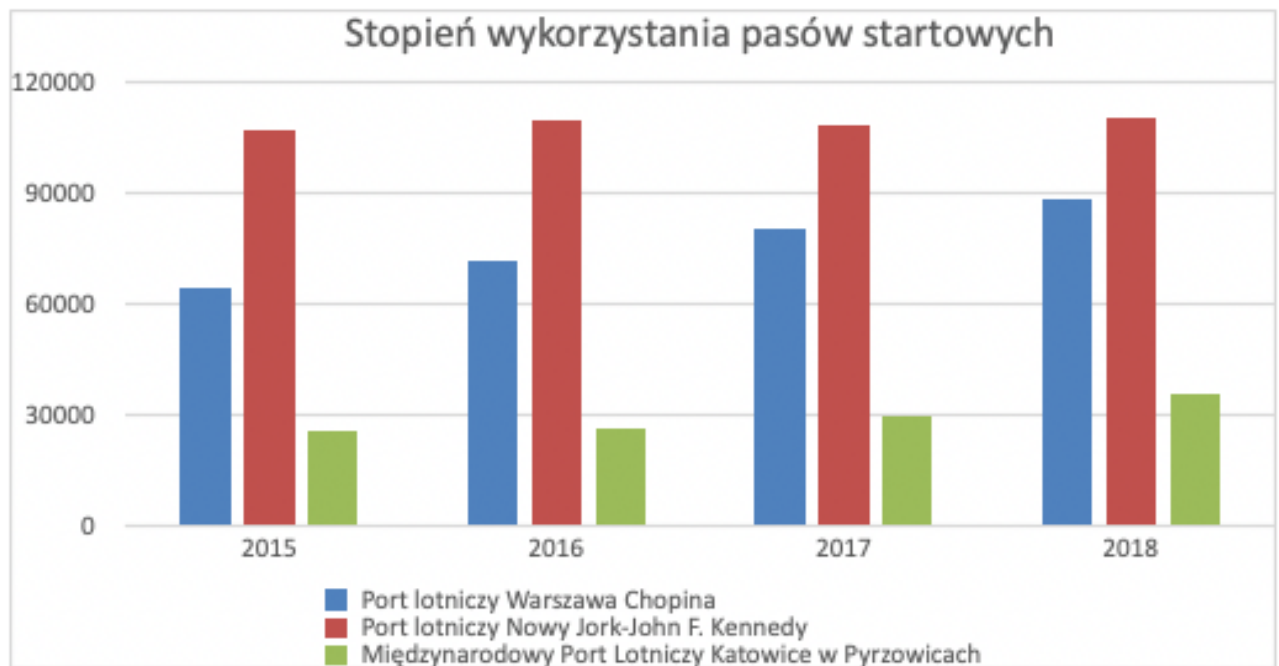
Jak wynika z wyników obliczeń przedstawionych na rys. 3 największą ilość pasażerów przypadających na jedną bramkę odnotowano w Porcie Lotniczym Nowy Jork – John F. Kennedy. Najmniejszą natomiast w Porcie Lotniczym Warszawa – Chopin. Różnice pomiędzy Międzynarodowym Portem Lotniczym Katowice w Pyrzowicach a Porcie Lotniczym Warszawa – Chopin nie są tak duże jak pomiędzy wyżej wymienionymi a Portem Lotniczym Nowy Jork – John F. Kennedy.

*Tabela 1. Ilość operacji lotniczych i obsłużonych pasażerów na lotnisku Warszawa – Chopin<sup>83</sup>*

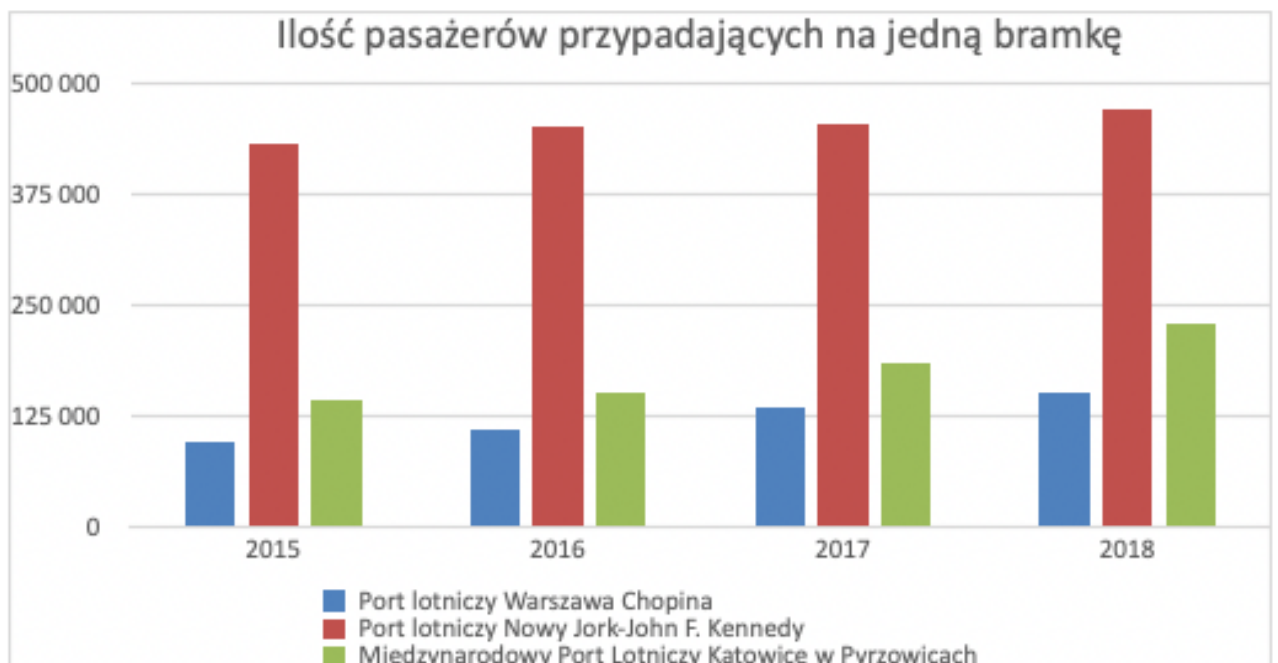
Rok	2015	2016	2017	2018	2019
Liczba Pasażerów	11 186 688	12 795 356	15 730 330	17 737 231	18 844 591
Liczba Operacji	124 691	138 909	157 044	172 520	180 562

<sup>83</sup> Nałęcz-Skałeczki R.: Efektywność portu lotniczego Warszawa Chopina przy użyciu metody Partial Factor Productivity. Projekt inżynierski. Kierujący projektem R. Konieczka. Politechnika Śląska 2021





Rys. 3. Zestawienie ilości pasażerów przypadających na jedną bramkę w okresie 2015-2018, dla porównywanych lotnisk.



**Podsumowanie**

Efektywność portów lotniczych była obliczona na podstawie wskaźnika ATU, wykorzystania bramek oraz pasów startowych przypadających na jednego pasażera. Można wywnioskować, że efektywność rośnie w wysokim tempie i same lotniska funkcjonują z roku na rok coraz lepiej. Dysproporcje we wskaźniku ATU pomiędzy analizowanymi portami lotniczymi były gigantyczne, natomiast w wypadku wykorzystania pasów startowych czy liczbie pasażerów przypadających na jedną bramkę nie były już tak rażące. Trzeba jednak zauważyć, że wskaźnik ATU odnosi się do całkowitej liczby pasażerów oraz liczby ton cargo, a więc ma charakter bardziej przekrojowy.

Port lotniczy Nowy Jork – John F. Kennedy ze względu na swoją wielkość, infrastrukturę oraz miejsce położenia jest w stanie obsłużyć większą ilość pasażerów oraz przewieźć większą ilość ton cargo w porównaniu do portów polskich - Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach oraz Portu Lotniczego Warszawa – Chopina.

W zakresie dotyczącym wskaźników wykorzystania pasów startowych oraz liczby pasażerów przypadających na jedną bramkę, są one proporcjonalne do wielkości lotniska – liczby obsługiwanych pasażerów, ilości pasów oraz bramek. Lotniska mniejsze o mniejszej infrastrukturze towarzyszącej są w stanie obsłużyć mniejszą liczbę osób, co nie oznacza, że analizowany wskaźnik będzie o wiele gorszy od lotniska większego ze znacznie większą przepustowością.

W opracowaniu potwierdzono, że wykorzystana metoda PFP Partial Factor Productivity nadaje się do obliczenia efektywności portów lotniczych i jest wiarygodnym narzędziem pomiarowym. Należy jednak rozważnie dobierać lotniska, tak aby zestawienie porównanych aspektów było miarodajne. W wyborze warto kierować się określonymi kryteriami, takimi jak: zbliżona wielkość portu lotniczego, liczba bramek czy pasów startowych. Warto również zwrócić uwagę na lokalizację portu lotniczego, co może znacząco wpłynąć na ilość pasażerów. To cecha subiektywna, która nie ma swojego bezpośredniego odzwierciedlenia w przeprowadzonych analizach.

Każde z porównywanych lotnisk działa w tzw. obszarze skali rosnącej - zwiększa się efektywność wraz z upływem czasu. Oznacza to, że można spodziewać się wzrostu popularności oraz rozwoju lotnictwa, a co za tym idzie ciągłego wzrostu efektywności portów lotniczych z upływem lat. Z czasem wzrost ten nie będzie tak dynamiczny i może dążyć do stabilizacji i ciągłości.

Samo podróżowanie liniami lotniczymi wiąże się również z wyższym komfortem przy odpowiednio droższej opcji czego transport kolejowy bądź drogowy nie jest w stanie zapewnić na takim poziomie.

### Literatura

1. Augustyniak W.: Procesy prywatyzacji oraz komercjalizacji portów lotniczych. Regionalne porty lotnicze w Polsce – charakterystyka i tendencje rozwojowe, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, 2011.
2. Dudek E., Kozłowski M.: Zagadnienie bezpieczeństwa zintegrowanych informacji operacyjnych w porcie lotniczym. Wydział Transportu Politechnika Warszawska. Logistyka 4/2015.
3. Fellner A., Paszyn J.: Program PBN ICAO w aspekcie efektywności portów lotniczych. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Wydział Transportu z.122. Warszawa 2018.
4. Linhares Bezerra G. C., Gomes C. F.: Performance Measurement in Airport Settings. A Systematic Literature Review, Benchmarking an International Journal, 2016.
5. Nałęcz-Skałdecki R.: Efektywność portu lotniczego Warszawa Chopina przy użyciu metody Partial Factor Productivity. Projekt inżynierski. Kierujący projektem R. Konieczka. Politechnika Śląska 2021.
6. Projektowanie i eksploatacja lotnisk. Międzynarodowe normy i zalecenia metod postępowania. Załącznik 14 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym. Tom I. ICAO, wydanie 7. 2016.
7. Graham A.: Managing Airports an International Perspective, 2008
8. <https://www.ulc.gov.pl/pl/publikacje/statystyki-i-analazy>.
9. <https://www.katowice-airport.com/pl/dla-pasazera/plan-terminali>
10. <https://www.lotnisko-chopina.pl/pl/terminal-a.html#tab39>

11. <https://www.pasazer.com/news/32879/raport,tylko,piec,rentownych,lotnisk,w,polsce.html>
12. <https://old.panynj.gov/airports/pdf-traffic/ATR2018.pdf>
13. [https://www.wbc.poznan.pl/Content/233243/PDF/Augustyniak\\_Wojciech\\_Efektywnosc.pdf](https://www.wbc.poznan.pl/Content/233243/PDF/Augustyniak_Wojciech_Efektywnosc.pdf).

## Psycho-physiological stress of operators as an indicator of efficiency of ergatic systems in aviation, Jan Rajchel, Henryk Jafern timer, Tomasz Balcerzak (Author)

### NAPIĘCIE PSYCHOFIZJOLOGICZNE OPERATORÓW JAKO WSKAŹNIK EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW ERGATYCZNYCH W LOTNICTWIE

Henryk Jafern timer\*

Jan Rajchel\*\*

Tomasz Balcerzak\*\*\*<sup>84</sup>

#### Abstract

The aim of the article is to present the results of the work and to implement a system for assessing the psychophysiological stress of pilot operators in order to improve safety.

The work of pilots is one of the most complicated types of operator's work and is associated with the impact of a number of extreme environmental factors resulting from flight conditions on the body. The analysis of these factors clearly indicates that the intensive and responsible work of air operators (pilots) takes place against the background of their increased psychophysiological stress (NPF). This article is devoted to the study of this NPF.

The subject of the research is the operator himself, and the aim of the research is to diagnose, consolidate, deepen and expand knowledge about the psychophysiological tension of air operators (pilots). In addition, an attempt was made to develop methods for detecting NPF in the pre-flight medical examination of air operators, as well as to develop a device for assessing psychophysiological stress.

**Keywords:** aviation, efficiency, ergatic system, psychophysiological tension.

---

<sup>84</sup> \*Assist. Prof.Ph.D. Henryk Jafern timer,PANS In Chelm, Poland

\*\* Prof. Jan Rajchel Professor at University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce, Poland

\*\*\*Assist. Prof. PhD. Tomasz Balcerzak-Lazarski Uniweristy, Poland

## Streszczenie

Celem artykułu jest przedstawienie wyniku prac oraz wdrożenie systemu oceny stanu napięcia psychofizjologicznego operatorów-pilotów w celu poprawy bezpieczeństwa.

Praca pilotów jest jednym z najbardziej skomplikowanych rodzajów pracy operatora i wiąże się z oddziaływaniem na organizm szeregu ekstremalnych czynników środowiskowych wynikających z warunków lotu. Analiza tych czynników wskazuje jednoznacznie na to, że intensywna i odpowiedzialna praca operatorów lotniczych (pilotów) odbywa się na tle ich zwiększonego napięcia psychofizjologicznego (NPF). Badaniu właśnie tego NPF jest poświęcony artykuł.

Przedmiotem badań jest sam operator, a celem badań jest zdiagnozowanie, utrwalenie, pogłębienie i poszerzenie wiedzy o napięciu psychofizjologicznym operatorów lotniczych (pilotów). Ponadto podjęto próbę opracowania metod wykrywania NPF w przedlotowym badaniu lekarskim operatorów lotniczych, a także opracowania urządzenia do oceny napięcia psychofizjologicznego.

**Słowa kluczowe:** lotnictwo, efektywność, system ergatyczny, napięcie psychofizjologiczne.

## Wstęp

Praca pilotów jest jednym z najbardziej skomplikowanych rodzajów pracy operatora i wiąże się z oddziaływaniem na organizm szeregu ekstremalnych czynników mających wpływ na charakterystykę wydajności w pracy. Do czynników tych można zaliczyć:

- Ograniczenia natury fizjologicznej (wzrok, słuch, zmęczenie) takie jak:
- Zmiany psychologiczne (pamięć, koncentracja, presja środowiska, motywacja, odporność na stres, możliwość logicznego myślenia, nawyki)
- Środowisko (organizacja pracy, automatyzacja, ergonomia).
- Komunikacja (liczne zakłócenia, natłok informacji, niestandardowa frazeologia,)
- Obciążenie pracą (intensywność, złożoność, mentalność, czas pracy i przerw, zmęczenie)

- Czynniki organizacyjne (optymalizacja, kompetencje, jakość zarządzania, relacje z kierownictwem, skuteczna kontrola codziennych czynności).

Analiza wyżej wymienionych czynników wskazuje jednoznacznie na to, że intensywne i odpowiedzialna praca operatorów lotniczych (pilotów) odbywa się na tle ich zwiększonego napięcia psychofizjologicznego (NPF), któremu to poświęcono ten artykuł.

Przedmiotem badań jest operator, zdiagnozowanie i poszerzenie wiedzy o napięciu psychofizjologicznym operatorów lotniczych (pilotów), opracowanie metod wykrywania NPF w przedlotowym badaniu lekarskim operatorów lotniczych, a także opracowania urządzenia do oceny napięcia psychofizjologicznego.

### **Napięcie psychofizjologiczne operatorów jako kryterium oceny systemów ergatycznych**

W procesie analizy systemu operator - maszyna – środowisko (wraz ze wskaźnikami niezawodności) posługujemy się głównie wskaźnikami efektywności.

Pod pojęciem efektywności systemu rozumiemy przejaw jego wydajności w rozwiązywaniu określonych problemów, innymi słowy - zdolność systemu do precyzyjnego rozwiązywania swoich zadań w zadanym czasie przy minimalnej utracie siły, energii, materiałów i innych parametrów.

Wskaźniki efektywności charakteryzują kompleksowo jakość systemu ze względu na możliwość wykonania zadania jako całości, biorąc pod uwagę niezawodność, odporność na zakłócenia i inne właściwości systemu, które wpływają na jego wydajność.

Typowe wskaźniki efektywności to: prawdopodobieństwo wykonania zadania przez system, wydajność systemu, przepustowość systemu.

Efektywność systemu jest więc cechą złożoną. Na efektywność lotniczych systemów ergatycznych wpływa około 500 czynników, opisujących system operator- maszyna- środowisko. Z grupy tych czynników 200 opisuje maszynę (tj. samolotu i jego systemy pokładowe), ponad 250 opisuje operatora (w tym 100 – załogę a około 150 inne służby, w tym służby inżynierii lotniczej), pozostałe czynniki opisują środowisko. Prawie 90% czynników posiada cechy i charakterystyki systemów ergatycznych. Dlatego nie jest przypadkiem, że

mówimy, iż sprawność systemów ergatycznych, operator- maszyna- środowisko (SOMS), w dużej mierze zależy od ergonomicznych właściwości maszyny, ergonomicznych właściwości operatora, ergonomicznych parametrów środowiska oraz ergonomicznych wskaźników SOMS. O efektywności SOMS w dużej mierze decyduje stopień zgodności cech maszyny z możliwościami psychofizjologicznymi operatora i odwrotnie, który to w lotnictwie determinuje tzw. „czynnik ludzki”.

Lataniu jakimkolwiek statkiem powietrznym obiektywnie towarzyszy zagrożenie, które może nie objawiać się zewnętrznie, ale potencjalnie istnieć [1]. Zmniejszenie stopnia zagrożenia osiąga się poprzez doskonalenie sprzętu lotniczego, właściwości psychofizjologicznych pilota, doskonalenie organizacji i metod szkolenia lotniczego. Doskonalenie statku powietrznego na obecnym etapie rozwoju techniki lotniczej to głównie doskonalenie wyposażenia, zwiększenia liczby urządzeń pokładowych, a co za tym idzie do poszerzenie źródeł informacji przytłaczających operatora. W efekcie prowadzi to do zmniejszenia czasu na podejmowanie decyzji. Niesie to za sobą zwiększenie stresu wśród personelu obsługującego statek powietrzny. Często w wyniku analizy przyczyn wypadków lotniczych okazywało się, że cechy fizjologiczne i psychofizjologiczne stanowiły znaczący procent zdarzeń lotniczych

Statystyki międzynarodowe pokazują, że cechy fizjologiczne i psychologiczne załóg lotniczych w ostatnich latach były przyczyną 47% wszystkich wypadków lotniczych i incydentów lotniczych (WL i IL). Dzieje się to przede wszystkim na skutek niezwykle złożonych interakcji współczesny samolot – operator w warunkach znacznego deficytu czasu. Wymaga to w wielu przypadkach pełnej mobilizacji wszystkich zdolności fizjologicznych i psychologicznych załogi innymi słowy - znacznego wzrostu ich napięcia psychofizjologicznego.

Na niektórych etapach lotu pilot pracuje na granicy ludzkich możliwości, liczba elementów kontroli i sterowania w nowoczesnych samolotach osiąga wartości krytyczne – 1200 i więcej jednostek. Na to nakładają się ekstremalne warunki aktywności zawodowej (możliwe niedotlenienie, przeciążenia i przyspieszenia, bodźce przedśmionkowe, turbulencje na niskich i ekstremalnie niskich wysokościach, trudności orientacji przestrzennej, hipodynamiczny tryb aktywności itp.) które zmuszają pilota do pracy w trybie ekstremalnej mobilizacji zasobów



adaptacyjnych. W tej sytuacji nawet niewielki spadek odporności organizmu ma niekorzystny wpływ na jakość funkcji zawodowych. Następuje zahamowanie reakcji, obniżenie koncentracji, spowolnienie procesów myślenia, upośledzenie zdolności przewidywania sytuacji, zmiana struktury czynności ruchowych. Generalnie następuje obniżenie umiejętności zawodowych członków załogi.

Emanentną cechą aktywności zawodowej pilota jest wysokie napięcie psychofizjologiczne (mobilizacja wszystkich zdolności fizjologicznych i psychologicznych) a zwłaszcza jego komponentu emocjonalnego. Pilot nowoczesnego statku powietrznego (SP) musi dokładnie znać sprzęt, musi być przygotowany na wystąpienie ewentualnych awarii, musi umieć je zdiagnozować, posiadać wiedzę i umiejętności pozwalające na przeciwdziałania tym zdarzeniom do poziomu około 50 i więcej awarii przyrządów i systemów lotniczych SP. Na tle dużego napięcia psychofizjologicznego spowodowanego awariami sprzętu, pilot musi w porę zidentyfikować usterkę, ocenić sytuację, podjąć jedynie słuszną decyzję i wdrożyć ją w odpowiednim czasie do działania według określonego algorytmu. Wszystko to zachodzi w niezwykle krótkich przedziałach czasu.

Według francuskich ekspertów, 25% wypadków lotniczych jest przyczyną niestabilności psychofizjologicznej pilotów. Wśród czynników psychofizjologicznych leżących u podstaw wypadków lotniczych najważniejsze to: dezorientacja, zaburzenia przedsionkowe, obniżona wydajność zawodowa, zaburzenia emocjonalne.

W sytuacjach krytycznych i ekstremalnych związanych ze zwiększonym stresem psychofizjologicznym 20% załogi lotniczej nie potrafi ocenić sytuacji, a co za tym idzie nie podejmuje decyzji, 10% - podejmuje błędne decyzje, 22% - wpada w osłupienie i nic nie robi, 34% - wykonują niepotrzebne operacje i komplikują sytuację, 14% - nie potrafi znaleźć odpowiednich dźwigni, przełączników itp. [1].

Określenie napięcia psychofizjologicznego pilotów (a także innych operatorów lotniczych) jest niezbędne do oceny jakości funkcjonowania systemów ergatycznych i może być wykorzystane jako niezależne kryterium oceny takich systemów. Z kilku porównywanych SOMS mających ten

sam cel (z tymi samymi współrzędnymi wyjściowymi systemu) najlepszy będzie ten, w którym stres psychofizjologiczny operatora będzie najniższy. W literaturze przedmiotu wyróżnia się trzy stopnie napięcia operatora: umiarkowane, wysokie i stan stresu [1].

Umiarkowane napięcie to normalny stan operatora, który charakteryzuje się mobilizującym wpływem pracy na psychikę. Stanowi temu towarzyszy umiarkowana zmiana fizjologicznych reakcji organizmu, dobrego samopoczucia. Wśród pilotów w normalnych warunkach lotu obserwuje się stan umiarkowanego napięcia, który charakteryzuje się stabilnymi i pewnymi działaniami. Im bardziej złożony lot lub jego poszczególne elementy, tym wyższy poziom reakcji psychofizjologicznych. Wykonywanie szczególnie trudnych lotów wywołuje zwiększone napięcie emocjonalne u pilota. Może to prowadzić do obniżenia wydajności i pogorszenia jakości wykonywanego zadania. Wystąpienie stanu podwyższonego napięcia występuje najczęściej pod wpływem nagromadzenia się szeregu niesprzyjających okoliczności. Zwiększone napięcie może wystąpić w przypadku awarii sprzętu, szczególnie na etapach lotu, które realizowane są na małych wysokościach lub przy ograniczonej widzialności.

Aby to potwierdzić, przeanalizujemy napięcie psychofizjologiczne operatora SP na etapie zniżania do lądowania i lądowania samolotu turystycznego typu Piper PA-34-200T Seneca II. Do przeprowadzenia analizy obciążenia operatora statku powietrznego wykorzystamy następującą zależność:

$$OPF = \frac{t_{potrz.}}{t_{dost.}}, \quad (1.1)$$

gdzie  $t_{potrz.}$  - potrzebny czas do wykonania danej czynności;

$t_{dost.}$  - dostępny czas na wykonanie danej czynności.

Z powyższej zależności wynika, że wraz ze zmniejszaniem dostępnego czasu na wykonanie danej czynności zwiększa się obciążenie operatora. Zgodnie z koncepcją profesora Pawłowa poziom napięcia psychofizjologicznego operatora można oszacować za pomocą zależności:

$$H(t) = \frac{1}{M(t_{dost.})}, \quad (1.2)$$

gdzie  $M(t_{dost.})$  - matematyczne oczekiwanie dostępnego czasu.

Analizując zależności (1.1) i (1.2) można stwierdzić, że wraz ze wzrostem obciążenia operatora wzrasta jego napięcie psychofizjologiczne i odwrotnie, wraz ze spadkiem obciążenia poziom napięcia psychofizjologicznego będzie się zmniejszał.

Ta zależność jest wykorzystywana w lotnictwie cywilnym (LC) do analizy jakości pracy członków załogi lotniczej na podstawie oceny poziomu ich obciążenia i napięcia psychofizjologicznego. Analiza pracy dowódcy statku powietrznego (PIC) samolotu tłokowego dwusilnikowego w końcowej fazie lotu z podejściem do lądowania według ILS, związana jest ze zmianą poziomu obciążenia operacyjnego podczas pilotowania tego samolotu. Pozwoli to określić poziom napięcia psychofizjologicznego pilotów.

Zajmijmy się fazę zniżania i podejścia do lądowania, zgodnie z SOP dla samolotu przyjętego do analizy. W tej fazie lotu możemy wyróżnić 4 główne etapy:

1 etap - przygotowanie do lądowania. Na tym etapie PIC odbiera zezwolenie od odpowiedniego organu ATC na wykonanie procedury zniżania według określonego STAR. Jeśli służba ATIS jest zapewniona, dowódca SP odbiera i potwierdza informacje ATIS. Obliczane są parametry lotu dla odcinków zniżania, uwzględniając rzeczywistą pogodę w strefie podejścia i na lotnisku lądowania. Przeprowadzone jest przygotowanie systemów funkcjonalnych samolotu do zniżania. Przeprowadzany jest bryfing procedury STAR i jej ustawienie w systemie instrumentów pokładowych. Przeprowadza się bryfing «przed lądowaniem».

Następnym krokiem jest kontrola gotowości do zniżania według karty kontrolnej «zniżanie»:

2 etap - na tym etapie samolot płynnie przechodzi do zniżania z obliczoną prędkością pionową i poziomą z odpowiedniego FL do IAF. koregowane są prędkości zniżania i redukowana jest prędkość postępową do osiągnięcia IAF. PIC sprawdza ustawienia radio, wysokościomierza, ustawienia nawigacyjne, monitoruje możliwe wystąpienie oblodzenia przy zniżaniu; odbiera zezwolenie na wykonanie podejścia ILS i wykonuje ustawienia podejścia w systemie instrumentów pokładowych [3].

3 etap – Przechwycenie ILS GS. Przeprowadzona jest redukcja prędkości zgodnie z instrukcją użytkownika w locie i korygowanie prędkości opadania.

W połowie skali wskaźnika HSI powyżej ILS GP przeprowadzona jest pierwsza konfiguracja według karty kontrolnej «podejście»:

Odbywa się przechwycenie ścieżki zniżania ILS i wprowadzenie poprawek kursu i parametrów zniżania.

4 etap – etap podejścia do lądowania po ścieżce ILS i lądowania. W punkcie IAF PIC sprawdza odległość DMI i wysokość. Rozpoczyna się zniżanie do DA. Dowódca SP zgłasza stabilizację na ścieżce do odpowiedniego organu ATC, odbiera i potwierdza zezwolenie na lądowanie.

Podczas ruchu po ścieżce schodzenia, kurs, pionowa i pozioma prędkości samolotu są stale dostosowywane w zależności od kierunku i prędkości wiatru. Na tym etapie najważniejszym jest utrzymywanie kryteriów stabilizacji podejścia według międzynarodowych standardów IR: W odległości około 4NM od progu pasa PIC rozpoczyna końcową konfigurację samolotu zgodnie z kartą kontrolną «lądowanie»:

Po wykonaniu karty kontrolnej «lądowanie» PIC sprawdza najważniejsze parametry konfiguracji samolotu (klapy, ster. Śmigłem, podwozie, reflektor lądowania, zastłonki silnika, skład mieszanki) w celu wykrycia możliwych błędów.

Kolejnym krokiem jest kontrola kryteriów stabilizacji na całej ścieżce i ich potwierdzeniem na ustalonych wysokościach a po osiągnięciu DA(H) PIC sprawdza widoczność niezbędnych punkty wizualnych i potwierdza możliwość wykonania lądowania wywalaniem «Runway in sight. Continue».

Na wysokości około 10' nad progiem pasa PIC zaczyna wyrównanie, wytrzymanie i lądowanie [3].

Całkowity czas lotu na wybranych etapach lotu wynosi 25 minut 30 sekund, wliczając w to następujące sekcje:

1 - 9 minut; 2 - 9 minuty; 3 – 3 minuty; 4 - 4,5 minuty

Etap podejścia do lądowania po ścieżce ILS i lądowania jest najbardziej odpowiedzialnym etapem lotu, a ze względu na duże napięcie psychofizjologiczne i obciążenie członków załogi – najtrudniejszy etap podczas lotu. Dlatego do analizy obciążenia roboczego wybieramy ten etap.

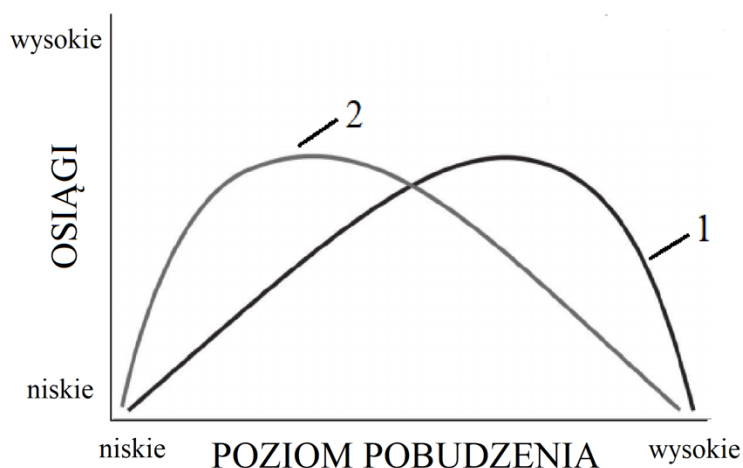
Na etapie 4 PIC wykonuje 24 operacje w 4 minuty. Ze wzoru (1.1) NPF dowódcy SP będzie równe:

$$OPF_4 = \frac{4}{4,5} = 0,89$$

Prowadzone badania inżyniersko – psychologiczne zarówno w lotnictwie wojskowym, jak i cywilnym wykazały, że optymalne obciążenie operacyjne operatora przy wykonywaniu określonego zadania lotniczego powinno zawierać się w granicach:  $OPF = 0,65 \div 0,7$ .

Analiza wykazała zatem, że obciążenie operacyjne pilotów podczas podejścia i lądowania znacznie przewyższa obciążenie optymalne, w związku z czym piloci mają mało czasu na wykonywanie innych operacji sensorycznych, intelektualnych i sensomotorycznych. W efekcie, jak widać ze wspomnianej wcześniej zależności  $H(t) = f(t)$ , prowadzi to do znacznego wzrostu napięcia psychofizjologicznego pilotów. Może wystąpić nawet najwyższy stopień NPF nazywa się stresem. Definiuje się go jako stan wysokiego napięcia emocjonalnego, który występuje w skrajnie niesprzyjających warunkach. Stres prowadzi do dezorganizacji aktywności: odmowa działania, rażące błędne działania, upośledzenie zdolności motorycznych i umysłowych, ostre zwężenie uwagi. Znacznie zmieniają się fizjologiczne reakcje organizmu, zwiększa się tętno i oddychanie, zwiększa się ciśnienie krwi itp.

Zwykle stopień napięcia psychofizjologicznego związany jest ze stanem pobudzenia. Na rys. 1. przedstawiono prawo Yerkesa i Dodsona. Określa ono związek między cechami ludzkiej wydajności a pobudzeniem.



Ryc. 1. Prawo Yerkesa i Dodsona

Prawo to pokazuje, jak zmienia się poziom wydolności człowieka w zależności od stopnia pobudzenia i przychodzi taki moment, kiedy jakkolwiek wzrost poziomu pobudzenia (a co za tym idzie napięcia psychofizjologicznego operatora) negatywnie wpływa na zadanie.

Ogólny kształt krzywych jest taki sam dla wszystkich zadań, ale położenie krzywych i ich dokładne kształty zależą od złożoności zadania (krzywa 1 - zadanie prostsze; krzywa 2 - zadanie bardziej złożone).

Właściwa analiza oznak jawnych i ukrytych pozwala ocenić stopień napięcia psychofizjologicznego operatora podczas wykonywania czynności zawodowych. Napięcie psychofizjologiczne operatora może służyć jako kryterium oceny SOMS, poziomu jego automatyzacji, poziomu wyszkolenia operatora, jakości pracy i odpoczynku, a także jako kryterium porównania oceny różnych systemów ergatycznych w tym samym celu.

### **Jakość funkcjonowania systemów ergatycznych**

Obecnie metody badania osobno cech zarówno operatora, jak i maszyny zostały dostatecznie opracowane. Najbardziej obiektywnie ergatyczny system można ocenić poprzez określenie jakości jego funkcjonowania, czyli wskazania stopnia zgodności przyjętych rozwiązań postawionych przed systemem a pewną niezawodnością środków technicznych. Do oceny porównawczej systemów ergatycznych wprowadzono wskaźnik jakości funkcjonowania układu ergatycznego  $R(t)$ , który zależy zarówno od wartości początkowych parametrów technicznych systemu, jak i od charakterystyki psychofizjologicznej operatora.

Wskaźnik jakości funkcjonowania systemu jest funkcją kilku kryteriów:

$$R(t) = b_1 \frac{1}{I_1(t)} + b_2 \frac{1}{I_2(t)} + b_3 \frac{1}{I_3(t)}, \quad (1.3)$$

Gdzie  $b_1, b_2, b_3$  - wartości współczynników ważenia;

$I_1(t)$  - Parametr charakteryzujący jakość wykonania pewnego zadania (charakteryzuje jakość pilotowania SP przez dowódcę statku powietrznego na danej trajektorii.;

$I_2(t)$  - jest parametrem, który charakteryzuje intensywność używania przez operatora elementów sterowych.

$I_3(t)$  jest parametrem charakteryzującym napięcie psychofizjologiczne operatora.

Spośród kilku porównawczych systemów ergatycznych, najlepszy będzie ten o najwyższym wskaźniku jakości funkcjonowania.

Rozważmy system ergatyczny pilot – samolot – otoczenie. Sterowanie lotem powinno sprowadzać się do kontrolowania parametrów trybu lotu: współrzędnych kątowych i liniowych, prędkości i przyspieszeń charakteryzujących ruch statku powietrznego w stosunku do celu (np. do pasa startowego). Pilotując statek powietrzny, pilot musi zapewnić: określoną jakość procesu pilotowania SP, dokładność wykonania zadań, uwzględniając zakłócenia atmosferyczne itp.

Podstawą parametru kryterialnego jakości pilotowania SP jest próba uzyskania takiego układu pilot-samolot, w którym proces przejścia przebiega w jak najkrótszym czasie przy jak najmniejszych wahaniami i przeregulowaniu [5]. Dlatego też do opisu tego parametru wskazane jest oszacowanie całki kwadratowej, która nie będzie zależeć od znaków odchylenia i będzie odpowiednia zarówno dla procesów aperiodycznych, jak i oscylacyjnych w postaci:

$$I_1(t) = \int_0^t E_{gs}^2(t)dt + \int_0^t E_{loc}^2(t)dt, \quad (1.4)$$

Wzór (1.4) przedstawia parametr pilotowania SP na etapie podejścia samolotu na ścieżce schodzenia ILS. Tutaj  $E_{gs}(t)$  i  $E_{loc}(t)$  - to odpowiednio odchylenie samolotu od równosygnalowej strefy ILS w płaszczyźnie pionowej (glide slope) i poziomej (localizer).

Jako parametr kryterialny, który charakteryzuje intensywność używania przez pilota elementów sterujących, przyjmuje się zintegrowaną kwadratową ocenę w postaci:

$$I_2(t) = \int_0^t x_w^2(t)dt + \int_0^t x_l^2(t)dt + \int_0^t x_k^2(t)dt, \quad (1.5)$$

Gdzie  $x_w(t)$ ,  $x_l(t)$ ,  $x_k(t)$  – używanie elementów sterujących (w, l, i- elementy sterowania odpowiednio sterem wysokości, lotkami i sterem kierunku).

Istotne znaczenie ma ocena intensywności wykorzystania elementów sterowych do pracy wykonywanej przez pilota podczas pilotowania SP na ścieżce zniżania:

$$I_2(t) = \int_0^t P_w(t)x_w(t)dt + \int_0^t P_l(t)x_l(t)dt + \int_0^t P_k(t)x_k(t)dt, \quad (1.6)$$

Gdzie  $P_w(t)$ ,  $P_l(t)$ ,  $P_k(t)$  – wysiłek, jaki pilot przykładają do odpowiednich elementów sterowych.

NPF pilota ma znaczący wpływ na jakość układu ergatycznego. Zmiana poziomu tego napięcia w dowolnym kierunku od wartości optymalnej obniża wynik wykonywania pewnych czynności. We współczesnych warunkach najpowszechniejszymi metodami określania NPF operatora jest metoda oparta na analizie wyników uzyskanych w laboratorium oraz metoda, której zastosowanie opiera się na wykorzystaniu metod elektrofizjologicznych.

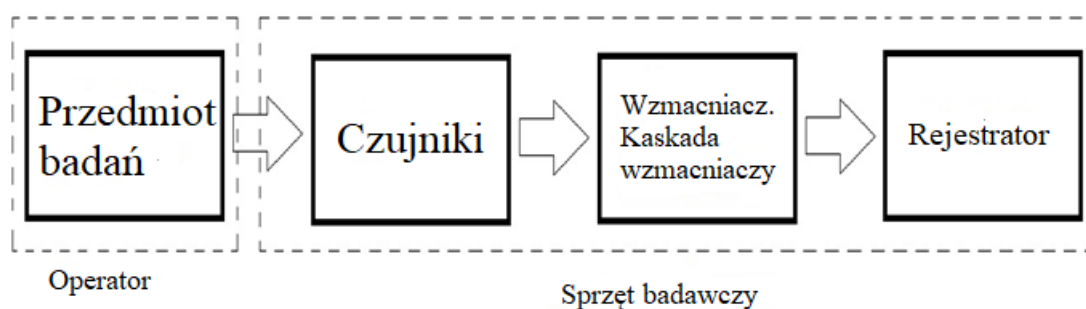
Pierwsza metoda polega na wykorzystaniu testów psychofizjologicznych i określeniu zmian biochemicznych, jakie zachodzą w organach wewnętrznych i układach ciała operatora podczas wzrostu napięcia psychofizjologicznego.

Metoda szacowania napięcia psychofizjologicznego operatora, oparta jest na wykorzystaniu testów psychologicznych w laboratorium. Jest ona jedną z głównych w badaniach inżyniersko – psychologicznych [2].

### **Ocena stopnia NPF operatora na podstawie zmian biochemicznych w ciele operatora podczas wykonywania pewnych czynności.**

Należy zauważyć, że zmiany biochemiczne nie pojawiają się od razu, ale z biegiem czasu. Ich wykrycie wiąże się ze skomplikowanymi operacjami, a wyniki są dostępne tylko po zakończeniu pracy, czyli w warunkach laboratoryjnych. Ta ostatnia okoliczność nie pozwala na ujawnienie konkretnych odcinków funkcjonowania układu człowiek-maszyna przy dość dużych NPF operatora.

Aktualnie szeroko stosowane są również metody oparte na wykorzystaniu metod elektrofizjologicznych. Schemat strukturalny rejestracji procesu elektrofizjologicznego jest przedstawiony na rys. 2.





Rys. 2. Schemat strukturalny rejestracji procesu elektrofizjologicznego, źródło: własne

Jako procesy elektrofizjologiczne wykorzystują się:

- elektroencefalogram (EEG) - rejestracja aktywności elektrycznej mózgu;
- elektrokardiogram (EKG) - rejestrujący aktywność elektryczną serca;
- elektromiogram (EMG) rejestracja aktywności elektrycznej mięśni;
- elektrookulogram (EOG) - rejestracja aktywności elektrycznej mięśni okoruchowych; skóra - reakcja galwaniczna (GHR) - rejestrująca aktywność elektryczną oporności skóry;
- pneumogram (PCG) - zapis charakteru oddechów.

Powyższe narzędzia pomiarowe posiadają szereg zalet. Tym nie mniej wraz z zaletami elektrofizjologicznych metod oceny stresu psychofizjologicznego operatorów podczas rejestracji procesów elektrofizjologicznych istnieje szereg istotnych przeszkód. Czasami wydobywanie z nagrania użytecznego sygnału jest trudne lub niemożliwe. Obecnie nie ma jednego systemu normowania i określania ilościowych i jakościowych wskaźników parametrów czujnika. Poszczególni badacze często opracowują je na własne potrzeby. Podobne niedociągnięcia są i w tworzeniu sprzętu rejestrującego.

Odczyt biopotencjałów z powierzchni ciała za pomocą specjalnych czujników jest związany z pewną komplikacją ruchów kontrolnych mających na celu zmianę stanu obiektu kontrolnego. Kontakt operatora z czujnikiem to również efekt psychologiczny, który negatywnie wpływa na system komunikacji między operatorem a maszyną.

Rejestracja biopotencjałów z eksperymentu do eksperymentu jest prawie niemożliwa do wykonania z tych samych obszarów powierzchni ciała, co prowadzi do nieporównywalnych wyników, co także jest istotną wadą metod elektrofizjologicznych.

Więc zastosowanie elektrofizjologicznych metod rejestracji informacji o stopniu NPF w układzie ergatycznym obecnie jest skomplikowane i ograniczone (w pewnym stopniu).

Moim zdaniem dalszy rozwój badań nad NPF operatora powinien przebiegać w trzech głównych obszarach.

Pierwszym kierunkiem jest dalszy rozwój i doskonalenie elektrofizjologicznych metod oceny NPF operatora. Problem polega na znalezieniu najbardziej czułych parametrów procesów elektrofizjologicznych.

Drugim kierunkiem badania napięcia operatora powinno być zastosowanie metod inżynierskich mających na celu polepszenie kompleksu sprzętowego. W szczególności konieczna jest praca nad doskonaleniem, standaryzacją i unifikacją czujników i urządzeń rejestrujących. Przy przetwarzaniu informacji elektrofizjologicznej konieczne jest szerokie zastosowanie obliczeń komputerowych, które zapewnią wysoką dokładność, szybkość i automatyzację wskazywania wyników w formie najbardziej akceptowalnej dla eksperymentatora.

Trzecim kierunkiem badania napięcia psychofizjologicznego operatora w układzie ergatycznym jest znalezienie takich metod i kryteriów, które nie miałyby wad właściwych metodom laboratoryjnym i elektrofizjologicznym.

Doświadczenia w badaniach systemów ergatycznych pokazują, że jako obiektywne metody ergonomiczne w porównawczej ocenie napięcia operatora można uzyskać poprzez pomiar i opis:

- siły ściskania uchwytu wolanta (drażka);
- reakcji werbalnych operatora;
- charakteru dystrybucji i przełączania uwagi operatora, charakteru i liczba ruchów sterami.

Rozpatrzmy metody szacowania NPF operatorów dla dwóch klas systemów ergatycznych, różniących się lokalizacją i funkcjami używanymi przez operatora.

W przypadku systemów ergatycznych, w których osoba pełni funkcje operatora (na przykład pilot podczas pilotowania samolotu), głównym wysiłkiem jest sterowanie wolantem (drażkiem). Wiadomo, że wraz ze wzrostem poziomu NPF operatora wzrasta siła ściskania uchwytu wolantu (drażka). Popularnie przyjęło się określać, że lotnik spięty ścisnął drążek tak

mocno że aż z niego” sok sphywał”. NPF pilota można określić na podstawie średniej siły ściskania uchwytu wolanta (drążka):

$$P_{\dot{s}r}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T P_{\dot{s}cis}(t), \quad (1.7)$$

Gdzie:  $P_{\dot{s}cis}(t)$  – wartość siły ściskania uchwytu wolanta (drążka) w pewnym momencie;

T - czas lotu.

## **2. Opracowanie strukturalnych, elektrokinematycznych schematów elektrycznych stanowiska do oceny stanu funkcjonalnego operatorów**

Jednym z najważniejszych zagadnień związanych z optymalizacją nowoczesnych lotniczych systemów ergatycznych „załoga – SP” jest badanie pomiarów stanu funkcjonalnego operatora w toku jego pracy. Przez pojęcie funkcjonalny stan operatora rozumie się cechy tych jego funkcji i właściwości, które bezpośrednio lub pośrednio determinują wykonywanie operacji tj. na otrzymywaniu, przetwarzaniu informacji, podejmowaniu na ich podstawie decyzji i wykonywaniu czynności na urządzeniach sterujących w procesie rozwiązywania zadań pilotażowo-nawigacyjnych na pokładzie samolotu [2].

W zależności od wielu warunków w procesie pracy, cechy te zmieniają się i mogą znajdować się zarówno powyżej, jak i poniżej wartości, które istnieją w stanie tzw. oczekiwania operacyjnego. Taka sytuacja występuje, kiedy dana osoba nie wykonywała jeszcze żadnych operacji, ale jest gotowa je wykonać. Oczekiwanie operacyjne jest punktem wyjścia do oceny stanu funkcjonalnego operatora.

Aby ocenić napięcie psychofizjologiczne operatora, można je przedstawić jako sumę komponentów operacyjnych i emocjonalnych:

$$H(t) = H_{op}(t) + H_{em}(t). \quad (2.1)$$

Oczywiście napięcie operacyjne operatora  $H_{op}(t)$  jest bezpośrednio związane z realizacją systemu zadań funkcjonalnych, charakterystyką obiektu i jego sterowaniem. Emocjonalny

składnik napięcia psychofizjologicznego Hem (t) jest zdeterminowany przez emocjonalną sferę operatora.

Jako kryterium określające funkcję napięcia psychofizjologicznego operatora w układzie ergatycznym można przyjąć średnią siłę nacisku na drążku (steru) obiektu

$P_{sr}(t)$

$$H(t) = f[P_{sr}(t)]. \quad (2.2)$$

Biorąc pod uwagę te warunki, równanie (1.7) można przedstawić jako

$$P_{sr}(t) = P_{op}(t) + P_{em}(t), \quad (2.3)$$

Gdzie  $P_{op}(t)$  i  $P_{em}(t)$  - siła ściskania uchwytu wolanta (drążka), która jest określona odpowiednio przez zadanie funkcjonalne i emocjonalny jako komponent napięcia psychofizjologicznego operatora.

W odniesieniu do systemu ergatycznego operator – SP można zapisać:

$$P_{op}(t) = P_0 + P_l[x_l(t)] + P_w[x_w(t)], \quad (2.4)$$

Gdzie  $P_0$  - początkowa siła ściskania uchwytu wolanta (drążka) (dla każdego operatora indywidualna);

$P_l[x_l(t)] + P_w[x_w(t)]$  - siła ściskania uchwytu wolanta (drążka) przy wykonaniu funkcji odpowiednio sterowania po osi x i y.

Wtedy napięcie operacyjne pilota zostanie określone jako

$$H_{op}(t) = f[P_{op}(t)] = f\{P_0 + P_l[x_l(t)] + P_w[x_w(t)]\}. \quad (2.5)$$

Całkowite NPF pilota z uwzględnieniem (1.9), (1.10) i (1.11) opisuje równanie

$$H(t) = f\{P_0 + P_l[x_l(t)] + P_w[x_w(t)] + P_{em}(t)\}. \quad (2.6)$$

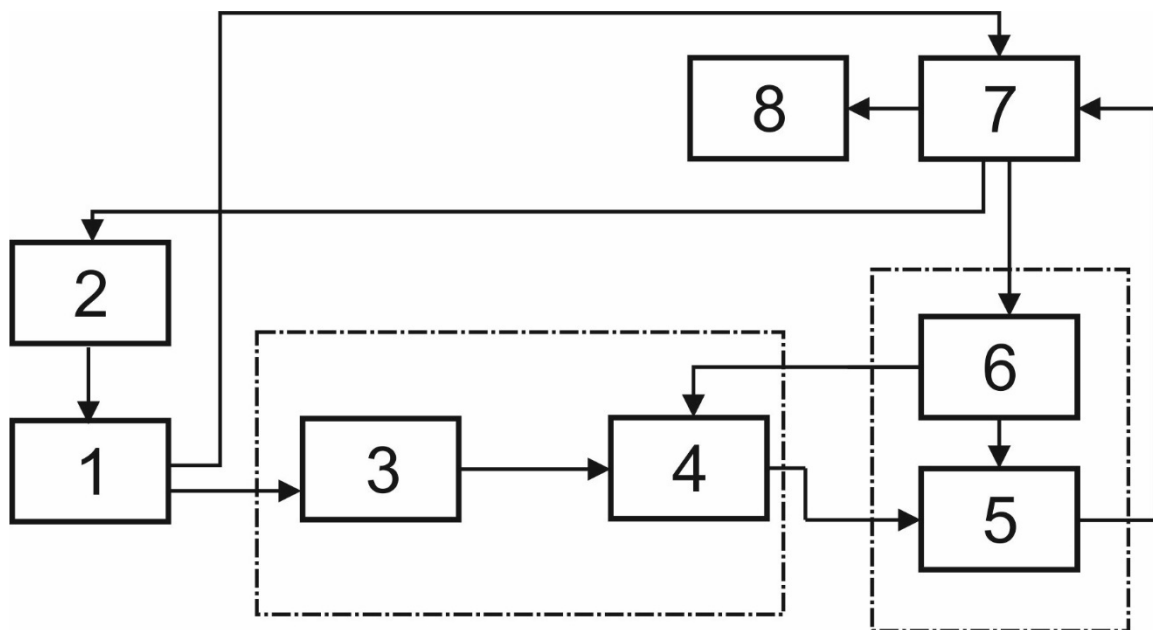
Więc na podstawie dwóch ostatnich równań emocjonalną składową NPF operatora możemy wyznaczyć jako:

$$H_{em}(t) = f\{P_{sr}(t) - P_0 - P_l[x_l(t)] - P_w[x_w(t)]\}. \quad (2.7)$$

Ta metoda oceny NPF operatora może być używana dla szerokiej klasy układów ergatycznych, w których człowiek- operator pełni funkcje sterujące.

### Schemat strukturalny urządzenia do oceny napięcia psychofizjologicznego operatora

Jako współrzędne samolotu, którymi powinien sterować pilot i które powinny być zaimplementowane na opracowanym stanowisku, przyjmujemy kąty przechyłu i pochylenia. Wtedy schemat blokowy stanowiska do oceny poziomu stresu psychofizjologicznego operatora będzie miał postać pokazaną na rys. 3.



Rys.3. Schemat strukturalny stanowiska do oceny napięcia psychofizjologicznego operatora

Rozpatrzmy skład i główne przeznaczenie jednostek konstrukcyjnych stanowiska:

1 - człowiek-operator;

2 - blok do symulacji zewnętrznych czynników pobudzających. Składa się z głośnika i wyświetlacza podłączonych do komputera (7). Głośnik służy do generowania impulsów dźwiękowych, a wyświetlacz do tworzenia efektów świetlnych w postaci włączenia lampek na tablicy usterek. Człowiek-operator ma możliwość sterowania blokiem symulacji zewnętrznych czynników pobudzających przez komputer (7) lub w zależności od zadania, sterowanie to może być wykonane przez osobę nadzorującą (instruktora).

3, 4 - Bloki 3, 4 tworzą jedno urządzenie: imitator drążka sterującego i stanowią odpowiednio mechaniczną i elektroniczną część joysticka. Blok 4 składa się z zespołu potencjometrów i zapewnia przekazanie informacji o odchyleniu i przechyleniu w symulowanym locie oraz o sile ściskania drążka przez operatora. Dane te są mierzone przez zmianę napięcia w obwodach przy odpowiednich impulsach sterujących.

5, 6 – Bloki 5 i 6 tworzą płytkę Arduino UNO R3. Blok 5= mikrokontroler ATmega328P w obudowie DIP-28 z zestawem uniwersalnych wyprowadzeń wejść/wyjść i interfejsów komunikacyjnych. Mikrokontroler przetwarza sygnały analogowe z bloku 4 w postać cyfrową i przesyła ich do komputera (7). 6- Zasilacz USB typu B – napięcie 5V. Zasilacz otrzymuje energię od komputera (7) i zasila mikrokontroler (5) i zabezpiecza napięcie na potencjometrach (4).

7 – Komputer. Służy do zczytywania i przetwarzania danych z procesora. Po przetwarzeniu dane z komputera są wysyłane do wyświetlacza (8).

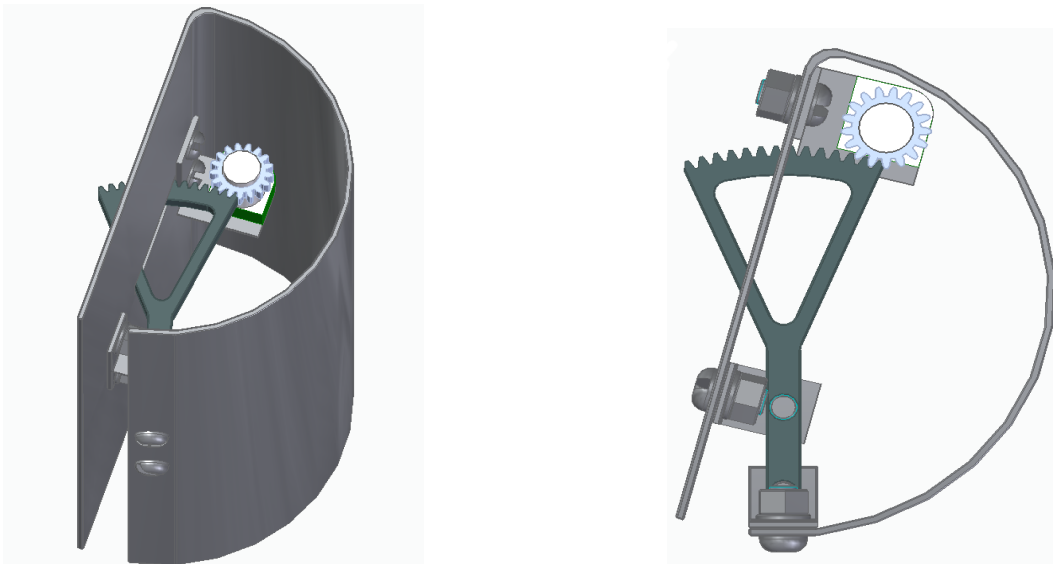
8 – Wyświetlacz. Pozwala na odczyt i interpretację danych.

### **Parametry konstrukcyjne i charakterystyka urządzenia do wyodrębnienia emocjonalnego komponentu NPF operatora**

Bazując na schemacie strukturalnym opracowano modelowe rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia do oceny NPF operatora. Jest to swego rodzaju tensometr, który ma możliwość zamontowania na już istniejącym manipulatorze drążkowym (dżojstiku) w symulatorze lub FTD z komputerowym sterowaniem.

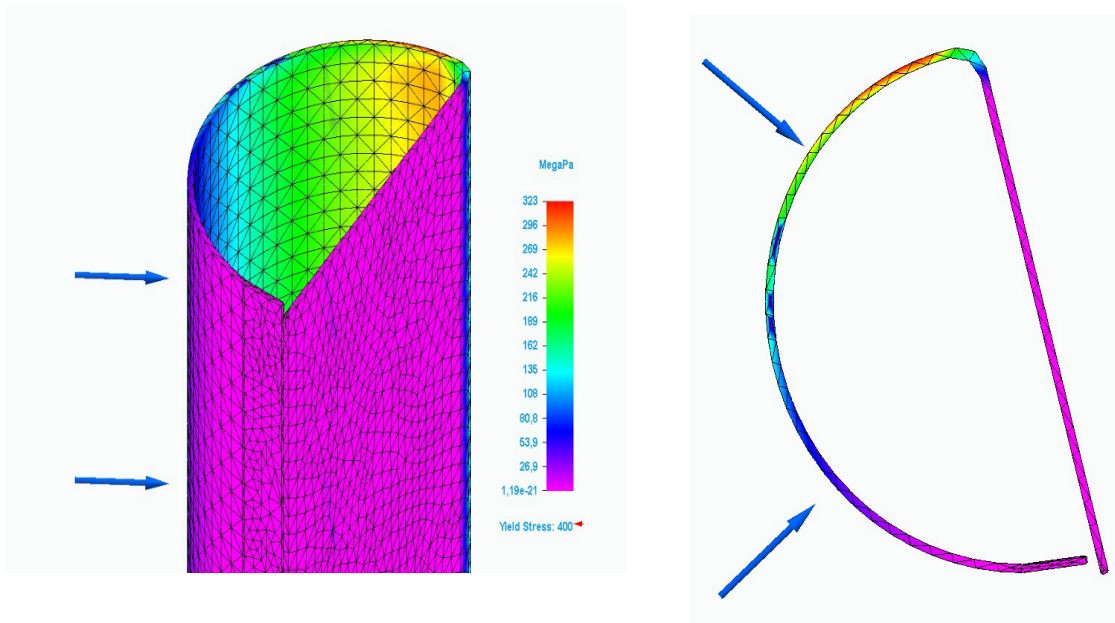
Na danym etapie badań rozwiązanie konstrukcyjne nie jest dostosowane do konkretnego modelu symulatora, natomiast pozwala na przeprowadzenie wstępnych badań modelowych. W następnym etapie badań może ono być w łatwy sposób zaimplementowane do praktycznego użycia.

Konstrukcja tensometru została opracowana w taki sposób, by umożliwić łatwy montaż, demontaż i minimalizować niezbędne zmiany konstrukcyjne manipulatora drążkowego. Przy czym szczególne znaczenia dla nas miało zachowanie ergonomii i geometrycznych wymiarów standardowego uchwytu drążka. Operator nie powinien odczuwać żadnych istotnych ergonomicznych zmian przy używaniu tego urządzenia w porównaniu do używania niemodyfikowanego drążka. Jest to ważny kryterium dla otrzymania poprawnych wyników badań. Mechaniczna część urządzenia do pomiaru NPF operatora jest przedstawiona na Rys.4. Jest ona zbudowana z następujących elementów: sprężyny, kątowników typu T i L o wymiarach 20x5 o grubości 0,6 mm, śrub z nakrętkami, dźwigni zębatych o średnicy podziałowej  $d_1=20,78$  mm i  $d_2=2,72$  mm oraz potencjometru 10k $\Omega$  RK097N B10K



Rys.4. . Konstrukcja urządzenia do oceny NPF operatora.

Zakres i dokładność badań jest uzależniona od parametrów konstrukcyjnych sprężyny, parametrom której poświęcono szczególną uwagę, poddając ją badaniom wytrzymałościowym Rys.5.



Rys.5. Badanie wytrzymałościowe sprężyny

Sprężyna jest wykonana wyginaniem blachy o grubości 0,6 mm w formie półkola o średnicy 39,8 mm i wysokości 120 mm. Użyliśmy tutaj stali nierdzewnej X6CrNiMoTi17-12-2. Użycie stali pozwoli otrzymać zbliżoną do liniowej zależność siły ściskania od deformacji. W środkowej części sprężyny rozmieszczone są 6 otworów dla mocowania dźwigni zębatej, koła zębatego, potencjometru i otwór umożliwiający ruch koła zębatego.

Grubość i materiał były dobrane w taki sposób, aby zapewnić zakres pomiarowy: 0- 170 N. Jak widać z załącznika 2, największe naprężenie w sprężynie (przy przyłożeniu siły 170 N) jest równe 323 000 MPa. Moduł Younga stali X6CrNiMoTi17-12-2 wynosi 400 000 MPa, więc konstrukcja ma wystarczający zapas sprężystości.

Sprężyste odkształcenie sprężyny jest przekazywane przez dźwignię zębatą do koła zębatego. Ramiona koła zębatego wynoszą 7 mm i 20,78 mm odpowiednio. Więc amplituda ruchu jest zwiększona w 2,69 razy. Dźwignia zębata obraca się na 14 zębów i przekazuje ruch na koło zębate z liczbą zębów 17. Wartości te dobrane w taki sposób, żeby zapewnić obrót pokrętła potencjometru (który jest zamocowany na sztywno z kołem zębatym) na jego zakres roboczy - 0,82 obrotu.

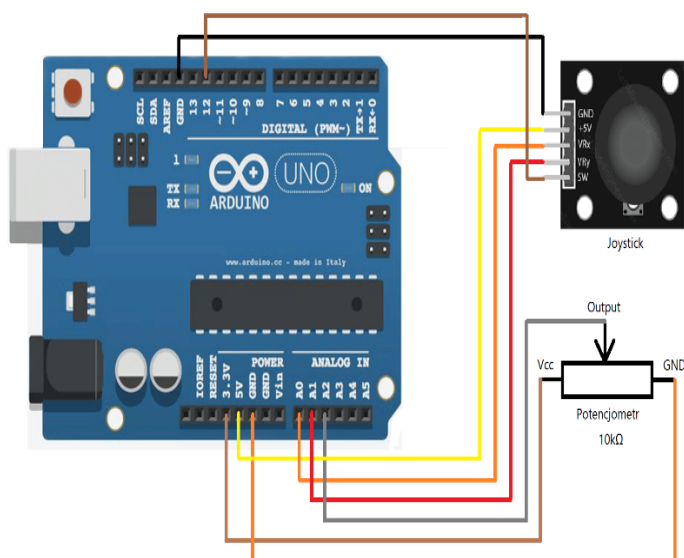


Elektroniczna część urządzenia do pomiaru NPF zapewnia wyznaczenie położenia dżojstika i szczytywanie analogowego sygnału odpowiadającego za pomiar siły ściskania, a także cyfrowego sygnału PTT. Ciągły monitoring położenia manipulatora drążkowego jest niezbędny do wyeliminowania operacyjnego komponentu NPF oraz badaniu zależności NPF od poszczególnych impulsów sterowych.

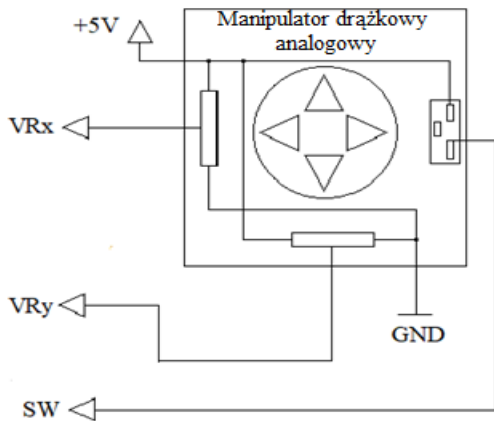
Do zrealizowania wyżej opisanych celów wybrano płytkę Arduino Uno. Płytkę zawiera mikrokontroler ATmega328, wyposażony w 6 analogowych wejść/wyjść (kanały przetwornika A/C o rozdzielczości 10 bitów) i 13 cyfrowych. Układ taktowany jest sygnałem o częstotliwości 16 MHz. ATmega328 posiada 32 kB pamięci Flash oraz 2 kB pamięci SRAM. Płytkę jest zasilana napięciem od komputera za pomocą kabla USB A/ DC 5,5 x 2,1. Wymiary płytki: 68,6 x 53,4 mm .

Schemat podłączenia urządzeń do płytki Arduino przedstawiony na Rys.6.

Płytkę jest zasilana od komputera poprzez przewód USB. Arduino Uno posiada własny blok zasilania, który przetwarza napięcie z portu USB do wartości operacyjnej – 9 V. Ponadto blok zasilania chroni gniazdo przed zwarcieniem oraz przepływem zbyt wysokiego prądu.



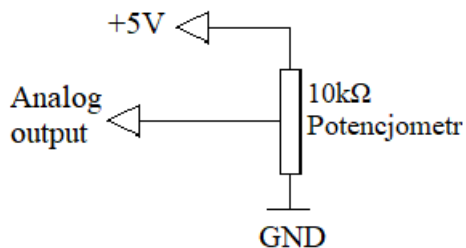
Rys.6. Schemat podłączenia urządzeń do płytki Arduino  
Wyznaczenie położenia joystick jest możliwe dzięki dwóm potencjometrom (po 10 kΩ każdy) odpowiadającym za oś X i Y. Wyjścia tych potencjometrów (VRx i VRy) są podłączone do analogowych wejść A0 i A1.



Rys. 7. Schemat elektryczny joysticka.

Przy zmianie położenia joystick zmieniamy napięcie (potencjał) na wyjściach VRx i VRy. Napięcie to jest później przetwarzane do postaci cyfrowej za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC).

Analogicznie podłączamy potencjometr odpowiadający za pomiar siły ściskania.



Rys. 8. Schemat elektryczny wyjść potencjometru RK097N B10K.

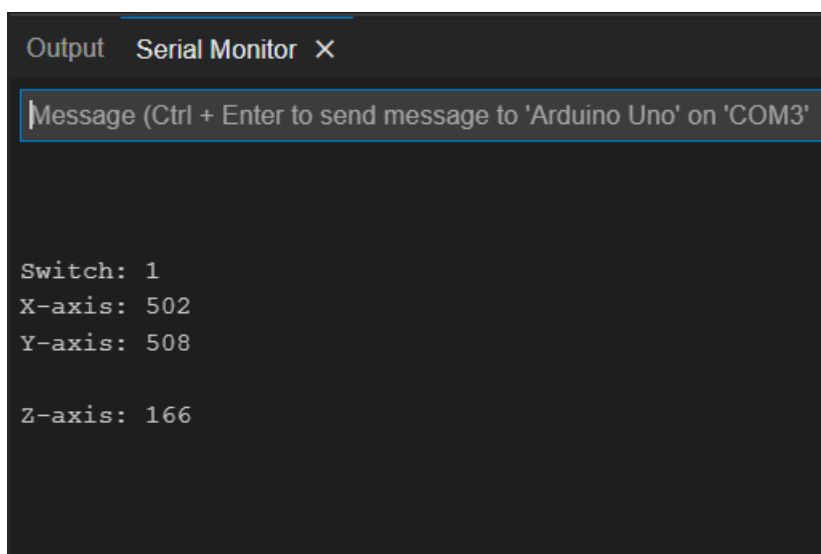
Szczególną zaletą płytek Arduino, jest dedykowane środowisko softwareowe, które wykorzystuje język Arduino bazujący na składni języka C. Oprogramowanie Arduino IDE o otwartym kodzie źródłowym posiada narzędzia podstawowe, które obejmują m.in. kompilator, konsolę błędów, monitor portu szeregowego i inne. Program rozruchowy – bootloader jest wgrany do pamięci FLASH mikrokontrolera. Dzięki temu, w celu rozpoczęcia komunikacji z komputerem wystarczy przewód USB, bez konieczności podłączania zewnętrznego programatora. Napisanie kodu i przesyłanie go na płytę Arduino zostało wykonane za pomocą programu Arduino IDE 1.8.19.

Analogowy joystick jest oparty na zasadzie działania potencjometrów, więc odczytywany sygnał jest analogowym. Aby odczytać fizyczne położenie joysticka, musimy zmierzyć zmianę

rezystancji potencjometru. Tę zmianę można odczytać za pomocą analogowego pinu Arduino za pomocą ADC.

Płytkę Arduino ma rozdzielczość ADC 10 bitów. Największe napięcie operacyjne na wyjściach analogowych wynosi 5 V (tyle samo ile zasilanie dżojstika), więc zakres wartości wynosi od 0 do 1024. Gdy joystick znajduje się w pozycji spoczynkowej (środkowej), powinien zwrócić wartość około 512.

Pomiar odczytamy z dwóch wejść analogowych i jednego wejścia cyfrowego. Następnie wyświetlimy wynik na monitorze szeregowym.



```
Output  Serial Monitor X
Message (Ctrl + Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')

Switch: 1
X-axis: 502
Y-axis: 508

Z-axis: 166
```

Rys.9. Przykład wyświetlania danych na komputerze przy użyciu monitora portu szeregowego.

Wyjaśnienie kodu:

Szkic rozpoczynamy od zainicjowania połączeń modułu joysticku na Arduino.

Pin SW symuluje PTT przycisk na drążku sterowym i jest podłączony do pinu nr 12 Arduino, podczas gdy piny VRx i VRy są podłączone do pinów analogowych nr 0 i nr 1. Pin wyjścia sygnału potencjometru jest podłączony do pinu analogowego nr 2.

// Wskazywanie używanych numerów pin

```
const int SW_pin = 12; // cyfrowy pin #12 podłączony do wyjścia przełącznika
```

```
const int X_pin = 0; // analogowy pin podłączony do wyjścia X
```

```
const int Y_pin = 1; // analogowy pin podłączony do wyjścia Y
```

```
const int Z_pin = 2; // analogowy pin podłączony do wyjścia potencjometra
```

W funkcji setup(): Inicjujemy pin SW jako wejście i utrzymujemy go na wysokim poziomie. Dzieje się tak, ponieważ dopóki pin SW jest na poziomie HIGH, wiemy, że przycisk nie jest wciśnięty. Na monitorze portu szeregowego wyświetla się wtedy cyfra 1. Uruchamiamy również komunikację szeregową. Ustawiamy szybkość transmisji danych na 115200 bps.

```
void setup() {  
pinMode(SW_pin, INPUT);  
digitalWrite(SW_pin, HIGH);  
Serial.begin(115200);
```

W funkcji loop(): Po prostu odczytujemy wartość pinu SW za pomocą funkcji digitalRead(), pinu VRx za pomocą analogRead() i wyświetlamy na monitorze szeregowym.

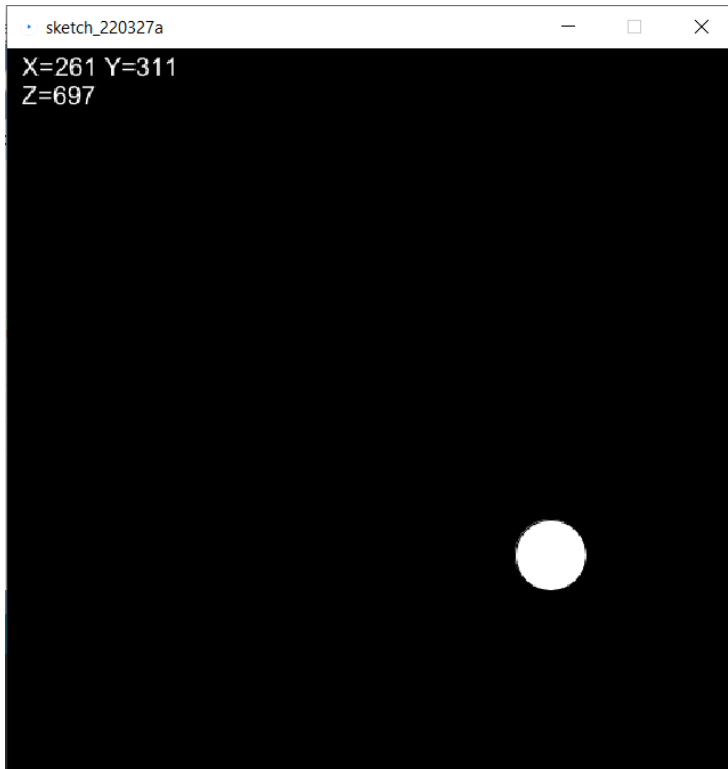
```
void loop() {  
Serial.print("Switch: ");  
Serial.print(digitalRead(SW_pin));  
Serial.print("\n");  
Serial.print("X-axis: ");  
Serial.print(analogRead(X_pin));  
Serial.print("\n");
```

W analogiczny sposób odczytujemy wartości po osi Y i osi Z która odpowiada za ściskanie. Funkcja "\n" przenosi wyświetlane dane do nowego wiersza. Funkcja delay wstrzymuje przesłanie kolejnego bloku informacji na czas (w milisekundach). W komunikacji szeregowej wartość ta dobierana jest w zależności od ilości przesyłanej informacji. Zbyt mała wartość oczekiwania nie pozwoli na prawidłowe działania programu, zbyt duża obniży dokładność pomiarów i nie pozwoli na odczytywanie danych w realnym czasie.

```
Serial.print("Y-axis: ");  
Serial.println(analogRead(Y_pin));  
Serial.print("\n");  
Serial.print("Z-axis: ");  
Serial.println(analogRead(Z_pin));  
Serial.print("\n\n\n");  
delay(10).
```

### Wytwarzanie przykładowego programu do wyświetlania danych w postaci graficznej

Stwórzmy projekt Arduino, aby zademonstrować, jak za pomocą animacji w Processing IDE możemy wyświetlać dane w bardziej intuicyjnej, graficznej postaci. Najpierw zaprogramujemy nasze Arduino, aby wyświetlało wartości osi X, Y, Z i stanu przycisku na porcie szeregowym. Przesyłamy te wartości z portu szeregowego w Processing IDE. Wartości te można następnie wykorzystać do animowania pozycji joysticka.



Rys.10. Przykład wyświetlania danych w postaci graficznej za pomocą Processing IDE.

Na początek musimy zaprogramować nasze Arduino, aby wyświetlało wartości osi X, Y, analogowego wyjścia Z i stanu przycisku na porcie szeregowym. Program jest taki sam jak powyżej, z tym wyjątkiem, że wartości, które wypisujemy na monitorze szeregowym, są oddzielone przecinkami. Dlaczego oddzielone przecinkami? Ponieważ jest to popularny format przesyłania danych z jednej aplikacji do drugiej. W Processing IDE możemy podzielić przychodzące wartości według znaku „przecinka” i odzyskać nasze dane.

```
int xValue = 0 ; // wyświetla wartość po osi X
```

```
int yValue = 0 ; // wyświetla wartość po osi Y
```

```
int zValue = 0 ; // wyświetla wartość po osi Z
```

```
int bValue = 0 ; // wartość przełącznika
void setup()
{
  Serial.begin(9600) ; // Rozpoczynamy komunikację szeregową
  pinMode(12,INPUT) ; // Ustawiamy pin 12 jako wejście
  digitalWrite(12,HIGH);
}
void loop()
{
  // Odczytujemy wartości portów analogowych A0, A1 i A2
  xValue = analogRead(A0);
  yValue = analogRead(A1);
  zValue = analogRead(A2);
  // Odczytujemy wartość cyfrową na pinie 2
  bValue = digitalRead(12);
  // Wyświetlamy nasze dane oddzielone przecinkiem
  Serial.print(xValue,DEC);
  Serial.print(",");
  Serial.print(yValue,DEC);
  Serial.print(",");
  Serial.print(bValue);
  Serial.print(",");
  Serial.print(zValue,DEC);
  // Kończymy znakiem nowej linii, aby ułatwić późniejszą analizę
  Serial.print("\n");
  // Małe opóźnienie przed kolejnym pomiarem
  delay(100);
}
```

Po wgraniu programu do Arduino możemy rozpocząć animację pozycji joysticka w Processing IDE.

Najpierw musimy zaimportować bibliotekę szeregową do odczytu wartości przychodzących na port szeregowy. Zostawiamy Arduino podłączony i uruchamiamy następujący kod:

```
import processing.serial.*; //importujemy bibliotekę szeregową
```

```
Serial myPort;
```

Następnie deklarowane są zmienne do przechowywania wartości stanu osi X, Y, analogowego wyjścia Z i przycisku.

```
int x; // zmienna posiadająca wartość od A0
```

```
int y; // zmienna posiadająca wartość od A1
```

```
int b; // zmienna posiadająca wartość z cyfrowego pinu 2
```

```
int z; // zmienna posiadająca wartość od A2
```

```
PFont f; // definiujemy czcionkę
```

```
String portName;
```

```
String val;
```

W funkcji Setup stworzymy okno o rozmiarze 512×512, aby pokazać naszą animację. Następnie otwieramy dostępny port szeregowy, przekazując parametr Serial.list()[0]. Musimy również stworzyć czcionkę do pokazywania naszych wartości w oknie wraz z animacją.

```
void setup()
```

```
{
```

```
  size ( 512 , 512 ) ; // rozmiar okna
```

```
  // otwieramy port
```

```
  myPort = new Serial(this, Serial.list()[0], 9600);
```

```
  myPort.bufferUntil('\n');
```

```
  // wybieramy czcionkę i rozmiar
```

```
  f = createFont("Arial", 18, true); // Arial, 18px, wygładzanie krawędzi
```

```
  textFont ( f, 18 ) ; // rozmiar 18px
```

```
}
```

W funkcji draw najpierw wypełniamy tło okna czarnym kolorem. Następnie wybieramy biały kolor, aby narysować małe kółko, które reprezentuje pozycję joysticka. Teraz, w zależności od stanu przycisku, rysujemy małe lub duże kółko za pomocą funkcji if.

```
// funkcja rysowania
```

```
void draw()
```

```
{  
  fill(0) ; // ustawiamu kolor wypełnienia na czarny  
  clear() ; // wyczyścimy ekran  
  fill(255) ; // ustawiamy kolor wypełnienia na biały  
  if (b == 1) // sprawdzamy czy przycisk jest wciśnięty  
  {  
    // rysujemy większy okrąg o określonych współrzędnych  
    ellipse(x/2,y/2, 50, 50);  
  }  
  else  
  {  
    // rysujemy okrąg o określonych współrzędnych  
    ellipse(x/2,y/2, 25, 25);  
  }  
}
```

Następnie wypisujemy wartości osi X, Y i analogowego wyjścia Z w lewym górnym rogu okna. Wartości 10,20 (40) określają odstęp od lewej strony i od góry odpowiednio. Jak można zauważyć z załącznika 3, największe dostępne napięcie na analogowym wejściu A2 wynosi 3,3 V. Więc otrzymujemy tutaj zakres wartości tylko do 748.

```
// wyświetlamy dane  
text("X="+1023-x)+" Y="+1023-y,10,20);  
text("Z="+748-z,10,40);  
}
```

SerialEvent(Serial myPort) to funkcja niestandardowa, która odczytuje ciąg na porcie szeregowym, dopóki nie pojawi się znak nowego wiersza. Łańcuch jest następnie dzielony przez znak „przecinek” i przypisywany do odpowiednich zmiennych.

```
// obsługa danych z portu szeregowego  
void serialEvent( Serial myPort)  
{  
  // odczytujemy dane, aż pojawi się znak nowego wiersza n  
  val = myPort.readStringUntil('\n');  
  if (val != null)
```



```
{  
    val = trim(val);  
    // rozdzielamy odczyt przecinkami i nowymi wierszami  
    int[] vals = int(splitTokens(val, ","));  
    // przypisujemy zmienne  
    x = vals[0];  
    y = vals[1];  
    b = vals[2];  
    z = vals[3];  
}
```

### **Wnioski**

Na podstawie badań możemy stwierdzić, że badanie napięcia psychofizjologiczne jest koniecznością i wymaga dalszych szczegółowych badań. Dlatego też poszukuje się nowych metod i środków jego oceny, które umożliwiłyby ograniczania napięcia psychofizjologicznego. Cel pracy został w pełni zrealizowany. Zostały opracowane i usystematyzowane teoretyczne podstawy napięcia psychofizjologicznego operatorów lotniczych, poznano metody jego wykrywania w przedlotowym badaniu lekarskim.

Zbudowanie pracującego urządzenia, które, chociaż nie może być użyte w rzeczywistych badaniach przedlotowych na danym etapie badań, tym nie mniej w pełni demonstruje zdolność do pracy po pracach wdrożeniowych. Z otrzymanych wyników możemy wywnioskować, że zaproponowane urządzenie spełnia współczesne wymagania i po pewnej modernizacji i certyfikacji może być używane nie tylko na symulatorach FTD, ale również podczas badań operatorów statków powietrznych.

Naszym zdaniem, kolejnym etapem w rozwoju urządzenia może być zmiana procesora, który zapewni równoległą transmisję danych, co wyeliminuje opóźnienie w pracy urządzenia i zwiększy dokładność pomiaru przy jednoczesnym zmniejszeniu błędów związanych z ADC.

Również ważnym krokiem byłoby dopracowanie programu w kierunku integracji z oprogramowaniem konkretnego symulatora lub FTD, ułatwiającej interpretację danych i ich nagrywanie.

Można zatem stwierdzić, że problem stresu psychofizjologicznego jest istotny dla lotnictwa, ponieważ stan stresu psychofizjologicznego operatora występuje w trakcie jego działalności i ma silny wpływ na jego efektywność, czyli bezpośrednio na bezpieczeństwo lotów. Dlatego jego wyznaczenie podczas badania lekarskiego przed lotem jest bardzo ważne.

### **Literatura**

Barański S. Medycyna lotnicza i kosmiczna. Warszawa, 1977.

Vasa Babic, Lance Plews. JAA Instrument Rating Training Manual. — December 2010 v1.53

<https://www.arduino.cc/>

Трофімов Ю. Л. Інженерна психологія: підручник. — К.: Либідь, 2002. — 264 с.

## Beyond predictability-Black Swan theory and its implications for aviation safety-proposal for data collection and evaluation process in the safety analysis in the context of applying the Black Swan theory, Katarzyna Kostur, Jan Rajchel, Tomasz Balcerzak (Author)

*"The things that have never happened before, happen all the time."*

Scott D. Sagan, *The Limits of Safety: Organizations, Accidents, And Nuclear Weapons*, 1993

Tomasz Balcerzak<sup>85</sup>, Katarzyna Kostur<sup>86</sup>, Jan Rajchel<sup>87</sup>

Keywords: Black Swan Theory, aviation safety, Taleb's theory

### Abstract

The realm of aviation safety has long been governed by predictive risk management strategies based on historical data. However, the inherent unpredictability of the aviation environment, characterized by its susceptibility to rare yet catastrophic events, necessitates a paradigm shift. This paper explores the application of Nassim Nicholas Taleb's Black Swan theory in the context of aviation safety, providing a novel perspective on managing unforeseen risks. We begin by elucidating the concept of Black Swan events - unpredictable and highly impactful occurrences - and their relevance in the aviation sector. Our discussion delves into the limitations of traditional safety management systems in anticipating such events, highlighting the need for more resilient and adaptable approaches. We propose a framework that integrates Black Swan principles into aviation safety practices, emphasizing the significance of preparing for the improbable through enhanced situational awareness, adaptive technologies, and robust crisis

---

85. Tomasz Balcerzak, Ph.D., is an adjunct in the Institute of Air and Space Law, Faculty of Law and Administration, Lazarski University in Warsaw, Poland (e-mail: [tomasz.balcerzak@lazarski.pl](mailto:tomasz.balcerzak@lazarski.pl) ), ORCID: 0000-0002-3845-998X

86. Katarzyna Kostur, PhD., is an lecturer at Polish Airforce University, Dęblin, Poland (e-mail: [kosturkatarzyna@gmail.com](mailto:kosturkatarzyna@gmail.com) ), ORCID: 0000-0002-2552-6709

87 Jan Rajchel is a Professor of Natural Sciences and Humanities, Siedlce, [jan.rajchel@uph.edu.pl](mailto:jan.rajchel@uph.edu.pl), ORCID: 0000-0001-7248-3863.

response strategies. The article juxtaposes case studies of past aviation incidents that qualify as Black Swan events, analyzing their impacts and the subsequent changes in safety protocols. We argue that incorporating the Black Swan theory into aviation safety paradigms not only enhances the ability to cope with unexpected crises but also fosters a more proactive and comprehensive safety culture. The paper concludes by discussing the theoretical and practical implications of this approach and suggesting directions for future research in aviation safety management<sup>88</sup>. Through this exploration, we underscore the critical need for the aviation industry to transcend conventional risk assessment methods and embrace strategies that account for the unpredictable nature of Black Swan events.

### **Introduction**

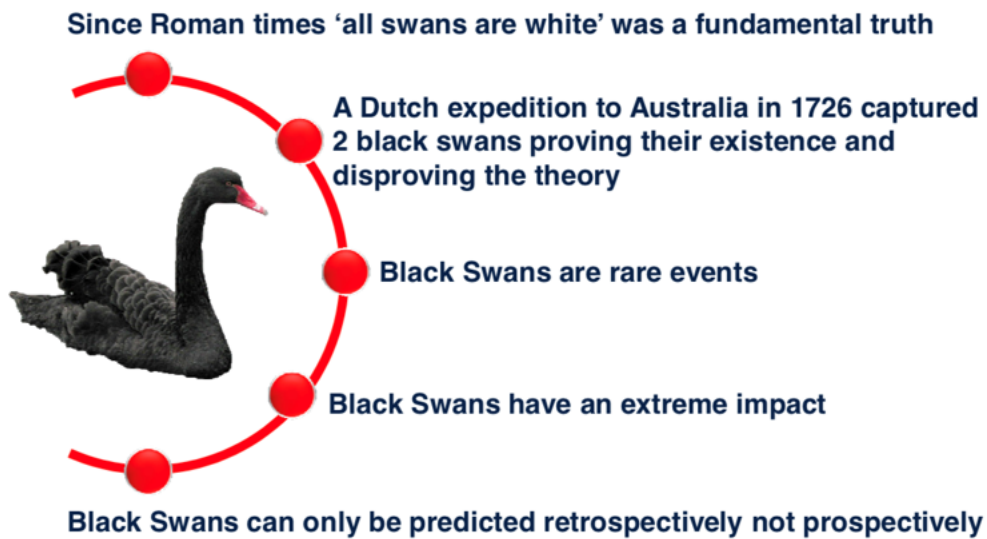
The concept of the "Black Swan" theory originates from the once prevalent but incorrect belief that all swans are white, a notion debunked by the existence of black swans in Australia.

---

<sup>88</sup> Full paper available at <https://aisel.aisnet.org/icis2011/proceedings/projmanagement/4>, Oshri, Ilan and Julia and Gerbasi, Alexandra, Can Client Firms Achieve Radical Innovation in it Outsourcing? (2011). ICIS 2011 Proceedings, 4, <https://aisel.aisnet.org/icis2011/proceedings/projmanagement/4>., The University of Auckland Business School Research Paper Series, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3929711> Ilan Oshri (Contact Author) University of Auckland Business School

# The Black Swan Theory

---



© Bent Flyvbjerg and Alexander Budzier 2009-2015

Fig. 1. Black Swans Make Better Policy, source: <https://www.powertopersuade.org.au/blog/black-swans-make-better-policy/30/10/2019>, Slide courtesy Aurora Milroy, 2019, (Accessed 11.12.2023) [14].

Nassim Nicholas Taleb, in 2007, described a “Black Swan” event as an extreme outlier, one that falls beyond the scope of normal expectations. According to his definition, such events are typically unexpected and rare, arising from various factors including natural environmental changes, geopolitical shifts, economic upheavals, or other unforeseen circumstances.

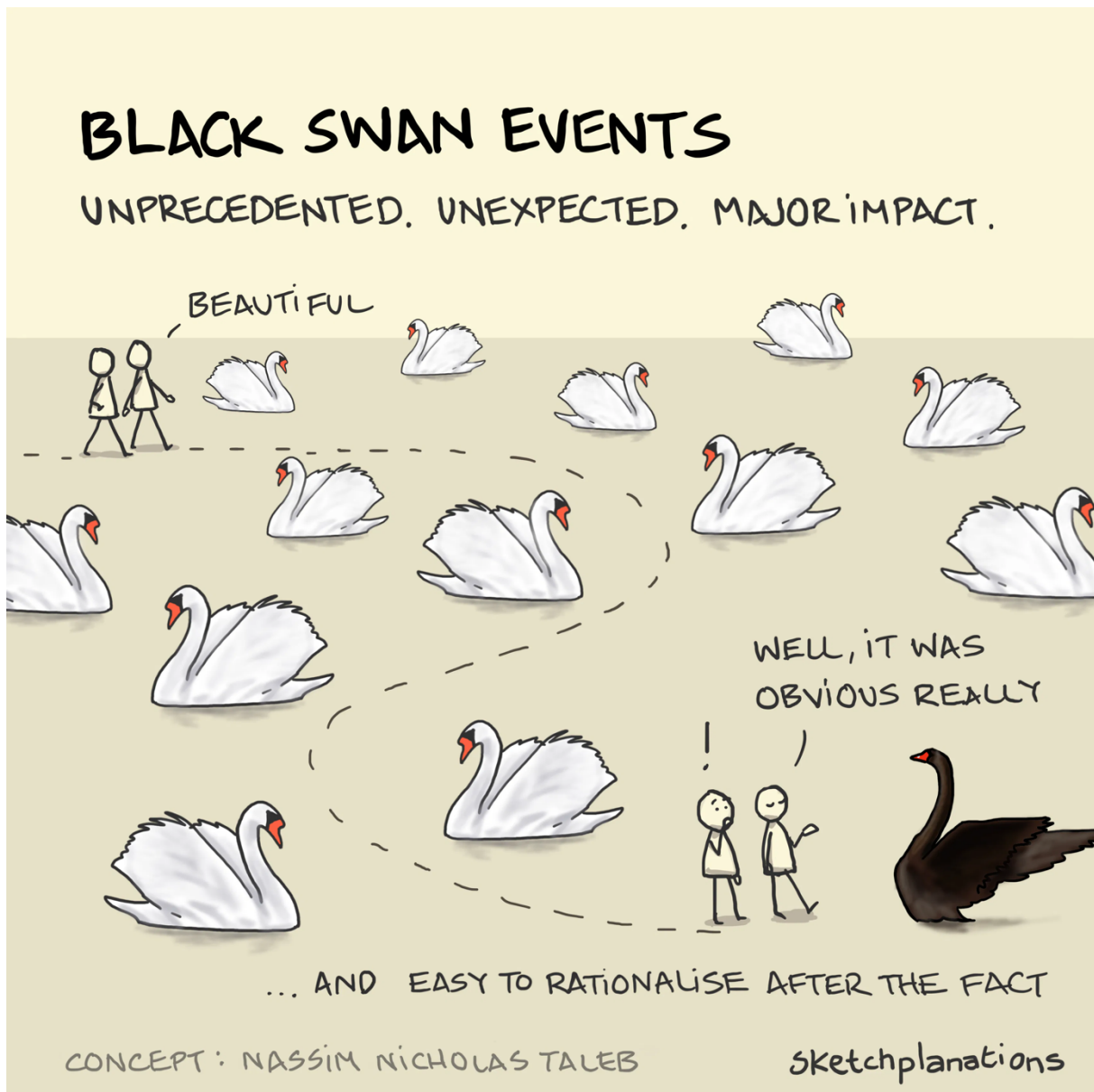


Fig. 2. Black swan events, source: <https://sketchplanations.com/black-swan>, (Accessed 11.12.2023) [12].

These "Black Swan" occurrences present significant challenges to traditional risk management approaches, particularly in the context of our rapidly evolving technological world. However, the same technological advancements also enhance our capabilities for analytical prediction and risk mitigation, offering new ways to address and prepare for these unpredictable events [8].

Nassim Nicholas Taleb, a Lebanese-American scholar, statistician, former trader, and risk analyst, is the originator of the Black Swan theory. He first unveiled this concept in his 2007 book, "The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable" [10]. Since its introduction, the theory has gained widespread acknowledgment and application in various sectors such as finance, economics, and risk management<sup>89</sup>.

At its heart, the Black Swan theory is about highly improbable events, characterized by three main features. First is their unpredictability - these events cannot be foreseen based on past information or experiences. Taleb argues that our standard historical models and forecasting methods fall short of predicting these rare occurrences due to their extreme scarcity and the inherent limits of our understanding [11].

Black Swan events, when they do happen, bring about profound and extensive consequences. The impact of these events is often severe, with the potential to alter the course of industries, economies, and even our collective history. These significant effects are what typically thrust such events into public awareness and discourse.

The characteristic of such an event is retroactive predictability. Despite their inherently unpredictable nature, there's a common inclination to post-rationalize these events, framing them as explainable and predictable after the fact. This hindsight bias can lead to a misguided perception of understanding and underestimation of the probability of similar future events.

Taleb's work underscores the limitations in our comprehension of the world and warns against over-reliance on conventional models that fail to accommodate the unknown and highly improbable. He advocates for the development of strategies and systems robust and flexible enough to withstand these unforeseen events.

The implications of the Black Swan theory are far-reaching, prompting a reevaluation of how risks are managed and decisions are made across various fields. For instance, in finance, it has

---

<sup>89</sup> themindcollection.com. <https://themindcollection.com/black-swan-theory> (accessed December 3, 2023).

reshaped the way investors deal with market uncertainties. In realms like engineering and aviation safety, it encourages more thorough preparation for events that can't be foreseen. Through his insights, Taleb challenges traditional thinking and underscores the critical need to be prepared for the unexpected.<sup>90</sup>

### **Relevance to aviation**

The relevance of the Black Swan theory to aviation safety is underscored by several critical factors. The nature of aviation risks is inherently complex, involving high-stakes operations and the potential for severe consequences. The aviation industry functions in an environment where unpredictable and rare events, although not frequent, can lead to catastrophic outcomes. Black Swan events in this context, such as unexpected technological failures, acts of terrorism, or extraordinary natural disasters, carry the potential for devastating impacts on life, property, and the environment [2].

There are limitations in the predictive models used in traditional aviation safety management. These models typically rely on historical data to anticipate and mitigate risks. However, the Black Swan theory highlights the shortcomings of these models in predicting extremely rare or unprecedented events. It argues that while historical data is vital, it alone is insufficient for preparing for the unknown or the highly improbable.

The Black Swan theory stresses the need for robust and flexible systems in aviation safety. This means developing safety procedures, technologies, and protocols that are capable of effectively responding to situations that are outside the scope of regular expectations and past experiences.

Moreover, the theory calls for a cultural shift in safety management from being reactive to proactive. It encourages a culture of continuous vigilance and urges the aviation industry to

---

<sup>90</sup> web.archive.org. <http://web.archive.org/web/20230326000536/https://carb-x.org/carb-x-news/carb-x-ends-2019-2020-fiscal-year-with-a-record-number-of-awards-and-firsts-in-the-race-against-drug-resistant-bacteria> (accessed December 3, 2023).



consider potential threats that have not been encountered before, fostering a more comprehensive approach to safety.

Enhanced crisis management and recovery planning are also crucial aspects underscored by the theory. Given the unpredictability and severity of Black Swan events, aviation authorities and airlines must have contingency plans that are adaptable and robust enough to manage a range of unforeseen circumstances [3].

The Black Swan theory emphasizes the importance of learning from minor incidents and near-misses. It recognizes that even small issues, if ignored, can lead to major problems and that there is significant value in analyzing these incidents to improve overall safety.

In 2004, a devastating tsunami in the Indian Ocean resulted in the tragic loss of 230,000 lives. In 2010, the eruption of a volcano in Iceland led to the closure of European airspace for nearly a week, stranding millions of passengers and incurring daily losses exceeding \$200 million.

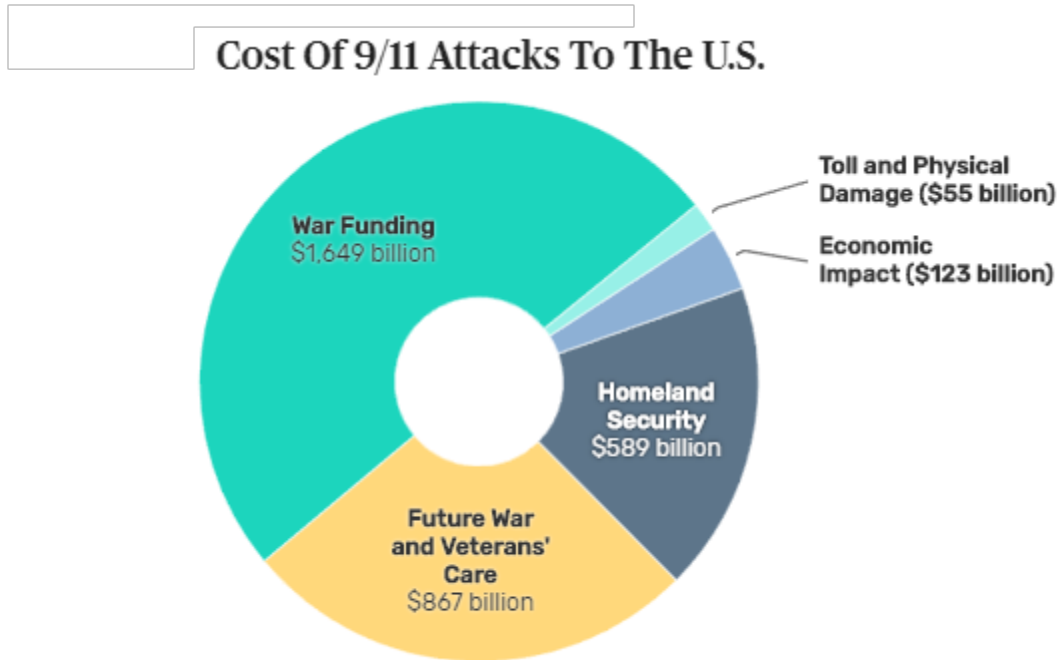


Chart: The Balance - Source: The New York Times

Fig. 3. 9 Black Swan Events that changed the Financial World | DataDrivenInvestor, source: <https://www.datadriveninvestor.com/2019/01/18/9-black-swan-events-that-changed-the-financial-world/>, (Accessed 11.12.2023) [13].

The September 11 attacks in 2001 saw commercial airliners being hijacked and used as missiles, causing massive destruction and loss of life in the United States.

A significant portion of aviation incidents are attributed to human errors, with current estimates suggesting that up to 80% of aviation safety-related events are linked to human factors. This has altered the focus of aviation accident investigations over time, emphasizing human factors as a primary cause. Traditional safety strategies have largely centered around managing errors, but newer types of incidents, such as intentional acts of sabotage, pose different challenges. For instance, the Germanwings crash, where the pilot deliberately crashed the aircraft, killing everyone on board, stunned the public and called for stringent safety measures. Preventing such deliberately caused accidents raises complex questions about recognizing and mitigating these risks [1].

Post-accident investigations in aviation use diverse techniques and models to deduce the causes and develop preventive strategies. Interpretations of these accidents often vary based on the investigative paradigm applied. The deliberate crash by the Germanwings pilot challenges traditional safety paradigms and raises questions about whether such incidents are unforeseeable “Black Swan” events or part of a larger trend in aviation safety.

Safety efforts in aviation now have a dual meaning: thwarting terrorist attacks and preventing accidents, particularly those stemming from human error, safety measures like reinforced cockpit doors, introduced post-9/11 for security reasons, have sometimes contributed to incidents. For example, between 2013 and 2015, there were several alarming instances where pilots intentionally crashed planes. In these cases, the reinforced cockpit doors, designed to keep intruders out, also prevented intervention from other crew members.

Notable examples include a 2013 incident involving a LAM flight in Namibia, where the captain locked himself in the cockpit and crashed the plane, and a 2014 Ethiopian Airlines incident, where the co-pilot locked out the captain and diverted the plane to Geneva, seeking asylum. The mystery of Malaysian Airlines Flight MH370 in 2014, which vanished without trace, adds to the complexity of addressing such deliberate actions. The final report on the Germanwings flight included a compilation of incidents caused by pilot actions, with MH370 also being discussed cautiously, given the lack of conclusive evidence about its disappearance. These events highlight a disturbing trend of pilot-involved incidents and the challenges in ensuring aviation safety in such scenarios.

The string of alarming aviation incidents preceding March 2015, particularly the Germanwings tragedy, should have been a wake-up call for the global aviation sector. These incidents, occurring primarily outside Europe (except the Ethiopian Airlines case in Europe), highlighted a worrying trend. The Germanwings disaster, in particular, brought this issue to the forefront in Europe and captured worldwide attention. This was not an isolated incident; four such events in a relatively short span signified a troubling pattern that extended beyond being random or exceptional occurrences.

The Germanwings crash represents more than just an isolated case; it symbolizes a broader issue posing a significant threat to aviation safety. The BEA's (Bureau d'Enquete Aeronautique)<sup>91</sup> final report on this incident included several instances where pilots' compromised mental health led to, or could have led to criminal actions.

This situation could mark a critical juncture in aviation safety analysis. It raises questions about whether we are dealing with a "Black Swan" event as described by Nicolas Taleb and if a new paradigm is required to address such phenomena. The challenge is figuring out how to prevent such intentional, destructive behaviors. Traditionally, aviation training focuses on error

---

<sup>91</sup> The Bureau of Enquiry and Analysis for Civil Aviation Safety (BEA, French: Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile) is an agency of the French government, responsible for investigating aviation accidents and incidents and making safety recommendations based on what is learned from those investigations. Its headquarters are at Paris–Le Bourget Airport in Le Bourget, near Paris.

avoidance, detection, and mitigation. However, intentional acts aimed at harming aircraft and passengers have largely been overlooked in security studies. The first step might be to delve into the pilot community's situation, examining organizational factors, lifestyle impacts, and their influence on personal mental resilience, especially over extended careers.

Pilots are selected not only for their professional qualifications but also for certain personality traits like self-confidence, mental stability, physical endurance, and sound judgment. Yet, pilots are human and susceptible to life's adversities, such as illness, financial troubles, or personal losses. Maintaining mental health in such circumstances is challenging, and pilots should be encouraged to seek help when needed. Some airlines already offer support programs for crew members struggling with mental health issues.

Pilots often possess leader-like qualities, with a disposition towards commanding and guiding others, typically not inclined to openly discuss their problems. It's uncommon for such individuals to share issues with specialists or psychologists. A more effective support method might involve establishing peer support networks with colleagues who have faced similar experiences. These peers, rather than acting as evaluators, can serve as understanding partners, offering support grounded in shared experiences and challenges.

### **Purpose of the article**

The primary objectives of this article include a thorough exploration of Nassim Nicholas Taleb's Black Swan theory, focusing on its fundamental principles and their application in aviation safety. The article seeks to clarify the critical elements of the theory, notably its focus on unpredictability, significant impact, and the phenomenon of retrospective predictability. Additionally, it will review the current state of aviation safety management, examining how traditional risk assessment and mitigation approaches might fall short when dealing with the unique challenges posed by Black Swan events. This review will involve a critical look at the reliance on historical data and the possible oversight in existing safety models.

Another key objective is to investigate how the Black Swan theory can be woven into the fabric of aviation safety practices. The goal is to develop a framework or a set of guidelines to assist

aviation authorities and airlines in preparing for and managing unexpected, high-impact events, such as the pandemic Covid-19 [4]. The article also aims to present and dissect several case studies of past aviation incidents that qualify as Black Swan events, to glean insights on how these were managed, the lessons learned, and how such learning can shape future safety strategies.

Furthermore, the article intends to delve into the theoretical and practical implications of applying the Black Swan theory in the context of aviation safety. It will provide recommendations for aviation stakeholders, aimed at boosting resilience and adaptability within safety protocols. Additionally, the article will identify existing gaps in the understanding and application of the Black Swan theory in aviation safety, suggesting directions for future research. This might include empirical studies to evaluate the effectiveness of proposed frameworks or further theoretical refinement to enhance the theory's applicability.

In summary, this article aspires to be an exhaustive theoretical examination and review, integrating the Black Swan theory within the realm of aviation safety practices, and enriched with analyses of relevant case studies. It endeavors to offer insightful and practical recommendations for elevating aviation safety amidst the unpredictability and potential severity of Black Swan events.

### **Literature review**

Historically, the approach to aviation safety and the management of unexpected events has undergone significant evolution, influenced by research, technological progress, and analyses of past incidents. Initially, aviation safety management was primarily reactive, with early research and practices centered on learning from accidents and incidents post-occurrence. This involved detailed investigations to determine causes and implement corrective measures to prevent future occurrences<sup>92</sup>.

---

<sup>92</sup> linkedin.com. <https://www.linkedin.com/pulse/what-do-case-overhead-crane-emergency-crane-1-services-inc> (accessed December 3, 2023).

As time progressed, the industry began to adopt more predictive safety models, heavily based on historical data. This phase of research aimed at developing methods to foresee and mitigate risks before they resulted in accidents. A considerable amount of aviation safety research has also been devoted to human factors, recognizing the pivotal role of human error in many aviation incidents. This research has explored areas such as pilot decision-making, crew resource management, fatigue, and the influence of organizational culture on safety.

Further, with technological advancements, research expanded to encompass system safety. This included examining the design, engineering, and integration of complex systems within aircraft and control mechanisms to avert failures, with a focus on creating systems resilient to human and technical errors.

The development and implementation of Safety Management Systems (SMS) have been a key focus in recent years. SMS represents a proactive and systematic approach to safety management, integrating risk management, safety assurance, policy, and promotion into all aspects of airline operations<sup>93</sup>.

Additionally, research has ventured into sophisticated risk assessment tools and mitigation strategies. This encompasses analyzing potential threats, assessing their likelihood and impact, and formulating strategies to minimize risks. Considerable research has also been dedicated to improving crisis management and emergency response, not only in immediate accident responses but also in post-incident analysis and learning.

More recently, the concept of resilience engineering has emerged in aviation safety research. This approach aims to enhance the ability of organizations and systems to adapt to changes and recover from disruptions. Moreover, there's an increasing emphasis on learning from near-misses and minor incidents, recognizing the valuable insights they provide into potential major safety threats.

---

<sup>93</sup> futronavigation.com. <https://www.futronavigation.com/safety-management-systems> (accessed December 3, 2023).

In the realm of literature that analyzes the complexities of financial markets, human behavior, and the unpredictability of events, several works stand out as complementary to Nassim Nicholas Taleb's "The Black Swan". Benoit Mandelbrot and Richard L. Hudson's "The (Mis)behavior of Markets"<sup>94</sup>[7] delves into the complex nature of financial markets through the lens of fractal mathematics, providing a perspective that echoes Taleb's views on unpredictability and risk. Daniel Kahneman's "Thinking, Fast and Slow"<sup>95</sup>[6] offers a deep dive into cognitive biases and decision-making processes, enriching the understanding of human reactions to unforeseen events, a theme prevalent in Taleb's work<sup>96</sup>.

Didier Sornette's "Why Stock Markets Crash"<sup>97</sup>[9] explores the dynamics of financial crashes in complex financial systems, aligning with Taleb's insights on how complex systems can culminate in unpredictable and catastrophic events. Malcolm Gladwell's "The Tipping Point"<sup>98</sup>[5] discusses the significant effects of small changes, resonating with Taleb's exploration of the sudden and dramatic impacts of the Black Swan events. Richard H. Thaler's "Misbehaving: The Making of Behavioral Economics"<sup>99</sup> sheds light on behavioral economics, challenging traditional assumptions of rational decision-making and thereby providing a backdrop to the unpredictability in markets, similar to what Taleb discusses.

Michael Lewis's "The Big Short"<sup>100</sup> offers an insightful analysis of the housing and credit bubble leading to the financial crisis, echoing Taleb's ideas about the impacts of highly improbable events. Dan Ariely's "Predictably Irrational"<sup>101</sup> explores the irrationality in human behavior, challenging the notion of human rationality in economic decision-making, paralleling Taleb's

---

<sup>94</sup> The (Mis)behavior of Markets: A Fractal View of Risk, Ruin, and Reward, xxvi + 329pp., (M & Richard L. Hudson). New York: Basic Books, 2004

<sup>95</sup> Thinking, Fast and Slow Paperback – April 2, 2013, by Daniel Kahneman (Author)

<sup>96</sup> benjaminrosshoffman.com. <http://benjaminrosshoffman.com/some-casual-thoughts-on-forming-an-educational-library> (accessed December 3, 2023).

<sup>97</sup> Sornette, D. (2017) Why Stock Markets Crash. [edition unavailable]. Princeton University Press. Available at: <https://www.perlego.com/book/739750/why-stock-markets-crash-critical-events-in-complex-financial-systems-pdf> (Accessed: 14 October 2022).

<sup>98</sup> BusinessNews (2017) Summary: The Tipping Point. [edition unavailable]. Political Book Summaries. Available at: <https://www.perlego.com/book/3578264/summary-the-tipping-point-review-and-analysis-of-malcolm-gladwells-book-pdf> (Accessed: 15 October 2022).

<sup>99</sup> Misbehaving: The Making of Behavioral Economics, Richard H. Thaler, (2015), W W Norton & Co

<sup>100</sup> The Big Short, Michael Lewis, Penguin Books Ltd, 2015.

<sup>101</sup> Predictably Irrational: The Hidden Forces That Shape Our Decisions, Dan Ariely, 2010.

skepticism of prediction and risk assessment. Lastly, Cass R. Sunstein's "Worst-Case Scenarios"<sup>102</sup> investigates how societies respond to low-probability, high-impact events, delving into the complexities of predicting and preparing for such events, which is a key theme in Taleb's book.

Together, these works provide a comprehensive understanding of unpredictability, risk, decision-making, and the impact of rare events, making them insightful companions to "The Black Swan" and valuable resources for anyone interested in these intricate and interconnected topics.

### **Gap in research**

The Black Swan theory offers a unique viewpoint on aviation safety practices, addressing gaps often overlooked by traditional methods. It places a significant emphasis on unpredictability, highlighting the importance of considering not only foreseeable risks based on historical data but also the improbable and unforeseen. This approach recognizes that even extensive historical data cannot fully anticipate all future scenarios, especially those that have never happened before.

The theory also advocates for the preparation of extreme and rare events that could lead to catastrophic consequences. Unlike standard safety practices that focus primarily on managing known risks and mitigating common failures, the Black Swan theory prompts a shift towards preparing for both likely and highly impactful yet unlikely events.

Challenging the illusion of control is another critical aspect of this theory. Traditional aviation safety often assumes that risks can be controlled or mitigated with sufficient data and appropriate procedures. However, the Black Swan theory exposes the inherent limitations and uncertainties present in complex systems like aviation, suggesting that not all risks can be foreseen or managed.

---

<sup>102</sup> Worst-Case Scenarios, Cass R. Sunstein, 2009.



Furthermore, the theory underscores the need for adaptability and resilience in safety systems. It argues for the development of systems robust against known threats and adaptable to new, unforeseen challenges. This requires a dynamic approach to safety, capable of quickly adjusting and responding to novel situations.

Learning from what didn't happen is also a key concept of the Black Swan theory. While traditional aviation safety practices focus on learning from past incidents and accidents, the theory values considering scenarios that have yet to occur, thus encouraging a broader exploration of potential risks.

This leads to a call for rethinking risk assessment and management methodologies. The Black Swan theory suggests that these processes should not solely depend on statistical probabilities derived from past events but also factor in the impact of rare, high-consequence events.

The theory further promotes fostering a culture of continuous vigilance within the aviation industry. It encourages an always-alert safety culture, wary of the possibility of unforeseen events and skeptical of complacency<sup>103</sup>.

Lastly, the Black Swan theory recommends incorporating diverse perspectives and interdisciplinary approaches in aviation safety planning. It acknowledges the limitations of conventional wisdom and expertise and encourages the inclusion of varied viewpoints.

Black Swan theory addresses crucial gaps in traditional aviation safety practices by drawing attention to extreme, unforeseen, and impactful events. It encourages the industry to expand its safety perspective beyond past experiences and existing data, advocating for a more resilient, adaptable, and forward-thinking approach to managing safety in aviation's complex and unpredictable environment.

---

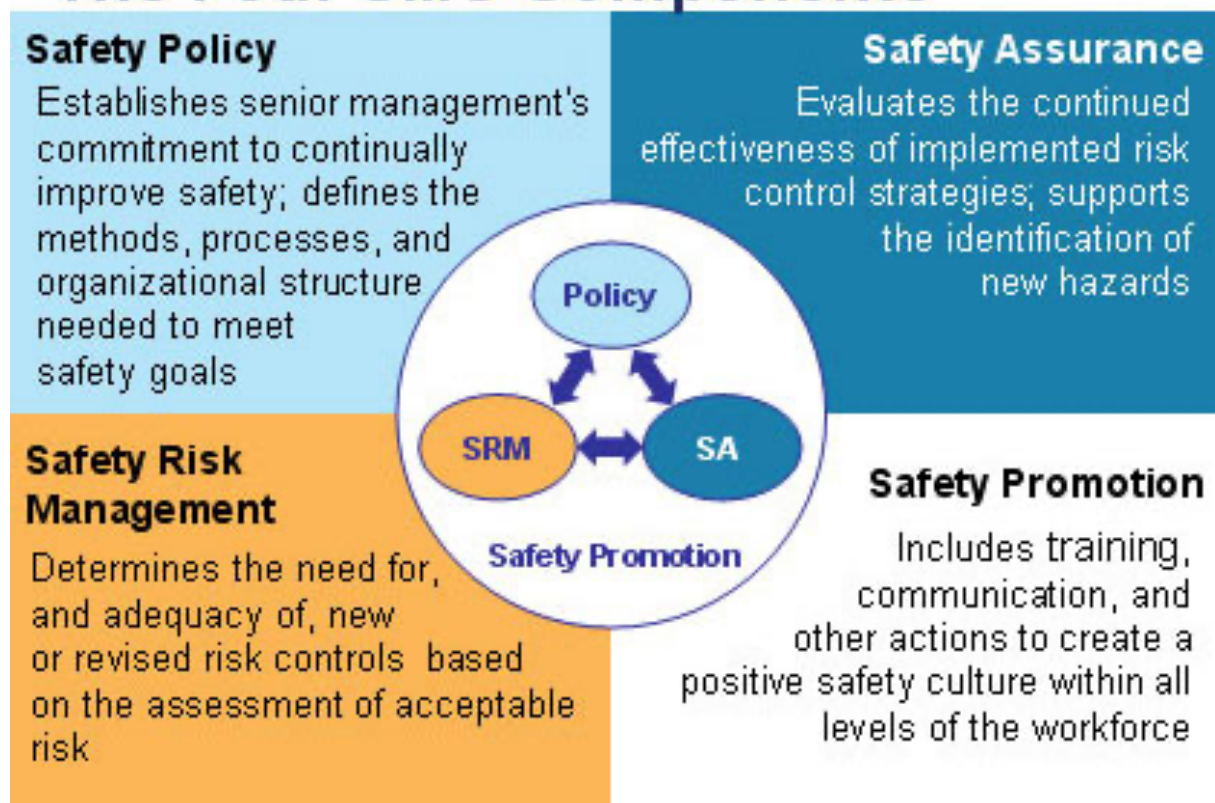
<sup>103</sup> mro.aerospacedefensereview.com. <https://mro.aerospacedefensereview.com/cxoinsight/safeguarding-aviation-mitigating-human-error-in-aircraft-maintenance-repair-and-operations-nwid-1407.html> (accessed December 3, 2023).

### Proposal for methodology of research on applying the Black Swan theory to aviation safety

The research on applying the Black Swan theory to aviation safety should be multifaceted, combining theoretical analysis, case studies, and a review of existing empirical research. This comprehensive approach should be designed to thoroughly understand the theory and its practical implications within the aviation industry<sup>104</sup>.

The research should begin with a theoretical analysis, which should establish a robust conceptual framework based on Nassim Nicholas Taleb's original works and further scholarly interpretations. It should examine how the Black Swan theory's principles can be applied to aviation safety, identifying where current safety practices may have gaps that this theory can address. Part of this analysis should involve seeing how the Black Swan theory either complements or poses challenges to existing safety models in aviation, such as Safety Management Systems (SMS) and various risk assessment methodologies.

## The Four SMS Components



<sup>104</sup> alljobassam.com. <https://alljobassam.com/assam-direct-recruitment-exam-question-paper> (accessed December 3, 2023).

Fig. 4. The Four SMS Functional Components, source: <https://www.faa.gov/about/initiatives/sms/explained/components>, (Accessed 11.12.2023) [15].

The case studies phase should select aviation incidents that qualify as Black Swan events based on criteria such as unpredictability, severity, and retrospective predictability. Each case should undergo a detailed analysis focusing on the factors leading to the event, the response, the aftermath, and lessons learned. These cases should then be compared and contrasted to identify common themes, differences, and insights into how aviation safety can adapt to such events.

There should be also a literature survey to compile existing empirical research related to the Black Swan theory in the context of aviation safety. This data should then be synthesized to understand the extent to which the Black Swan theory has been empirically examined in aviation safety and the results of these studies. A gap analysis will help identify areas for future research<sup>105</sup>.

The integration and synthesis stage should involve collating findings from theoretical analysis, case studies, and empirical research reviews to form a cohesive understanding. Drawing practical implications from these should combine findings, focusing on how aviation safety protocols, training, and policy can evolve to incorporate the insights provided by the Black Swan theory. Based on this synthesis, it should be formulated recommendations for aviation safety practices and will identify directions for future research, especially in areas where gaps have been found.

Overall, this approach should be aimed at providing a comprehensive understanding of the application of the Black Swan theory in aviation safety. It should merge theoretical exploration with practical case analysis and empirical research review, intending to offer actionable insights and recommendations for the aviation industry.

---

<sup>105</sup> linkedin.com. [https://www.linkedin.com/posts/aliyu-danjuma-magaji-8712ba43\\_strategy-sales-growth-activity-6817871531994034176-S5iv](https://www.linkedin.com/posts/aliyu-danjuma-magaji-8712ba43_strategy-sales-growth-activity-6817871531994034176-S5iv) (accessed December 3, 2023).

## **Proposal of data collection process in the safety analysis in the context of applying the Black Swan theory**

The process of collecting data for analyzing specific aviation incidents, particularly in the context of applying the Black Swan theory, involves a detailed multi-step approach that utilizes both qualitative and quantitative methods. This thorough method is aimed at gaining a comprehensive and accurate understanding of each incident<sup>106</sup>. The first step in this process is the identification of incidents, which involves establishing selection criteria. These criteria are centered around unpredictability, significant impact, and post-event rationalization. To identify incidents that potentially qualify as Black Swan events, aviation safety databases such as the Aviation Safety Network<sup>107</sup>, the National Transportation Safety Board (NTSB)<sup>108</sup> database, and reports from the International Civil Aviation Organization (ICAO)<sup>109</sup> are utilized.

The next step is the collection of official reports and documents. This includes gathering official accident and incident reports from regulatory bodies and investigation authorities, as well as collecting flight data recordings, cockpit voice recordings, and air traffic control

---

<sup>106</sup> findmyreport.com. <https://findmyreport.com/accident-reports-for-bronxville-vilalge-police-department-bronxville-new-york> (accessed December 3, 2023).

<sup>107</sup> The Flight Safety Foundation's Aviation Safety Network (ASN) provides up-to-date, complete and reliable authoritative information on airliner accidents and safety issues.

ASN consists of three accident/incident databases:

The ASN accident database is updated daily and contains descriptions of over 23,000 airliner (aircraft originally certified to carry 12 or more passengers), military transport category aircraft, and corporate jet aircraft accidents dating back to 1919. The information is primarily derived from official governmental agencies, such as air accident investigation boards and civil aviation authorities.

The ASN Wikibase is updated regularly by a large user community and contains descriptions of more than 258,000 accidents involving light aircraft, military aircraft, helicopters, gyroplanes, gliders, hot air balloons and UAVs, as well as the accidents contained in the ASN accident database.

The ASN Drone database is updated at least four times a year and contains reports of over 15,000 unmanned aircraft or drone sightings from pilots and reported airprox occurrences. The information is primarily derived from official governmental agencies, such as air accident investigation boards and civil aviation authorities.

<sup>108</sup> The National Transportation Safety Board investigates every civil aviation accident in the U.S. and significant accidents in other modes of transportation. Based on their investigative findings and special studies, the board makes recommendations aimed at preventing future accidents, website: <https://www.ntsbt.gov/Pages/home.aspx>

<sup>109</sup> International Civil Aviation Organization (ICAO), intergovernmental specialized agency associated with the United Nations (UN). Established in 1947 by the Convention on International Civil Aviation (1944), which had been signed by 52 states three years earlier in Chicago, the ICAO is dedicated to developing safe and efficient international air transport for peaceful purposes and ensuring a reasonable opportunity for every state to operate international airlines. The organization's permanent headquarters are in Montreal.

communications when available. In addition to these primary sources, secondary sources are also reviewed<sup>110</sup>. These include academic and industry research papers, journals, and publications that have analyzed or referenced the incidents, as well as media reports from reputable news organizations and industry publications for additional perspectives and information.

Another crucial aspect of data collection is conducting expert interviews. Interviews with aviation professionals such as pilots, air traffic controllers, safety officers, and investigators provide valuable insights and firsthand accounts. Participation in or review of panel discussions and conferences where these incidents were discussed further enriches the data.

Data analysis is performed next, where quantitative analysis is applied where applicable. This could involve statistical analysis of flight data, weather conditions, mechanical systems performance, and more. Alongside quantitative analysis, qualitative analysis of the narratives in the reports, expert opinions, and other textual data is conducted to understand the context and contributing factors of the incidents.

Cross-verification of information across multiple sources is carried out to ensure accuracy and consistency<sup>111</sup>. This includes checking for any updates or follow-up reports that provide additional insights or conclusions about the incidents. Finally, legal and ethical considerations are taken into account. This involves ensuring compliance with regulations, particularly regarding sensitive information like cockpit voice recordings, and maintaining confidentiality and anonymity where required, especially in interviews and personal communications.

Overall, this comprehensive approach to data collection ensures that the analysis of aviation incidents is thorough, balanced, and grounded in factual evidence, allowing for an accurate application of the Black Swan theory to each case.

---

<sup>110</sup> rsc.byu.edu. <https://rsc.byu.edu/latter-day-saint-nurses-war/introduction> (accessed December 3, 2023).

<sup>111</sup> mdpi.com. <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/5/1733> (accessed December 3, 2023).

**Methods used to analyze aviation incidents within the framework of the Black Swan theory**

The methods used to analyze aviation incidents within the framework of the Black Swan theory are diverse, blending both qualitative and quantitative approaches. This thorough method ensures a deep understanding of the unique circumstances and factors of each incident. The first part of the analysis, qualitative analysis, involves a detailed review and analysis of the content of official accident reports, expert interviews, media reports, and academic papers. This step includes identifying themes, patterns, and discrepancies in the narratives. Thematic coding is applied to the data, organizing information into relevant themes such as human factors, technological failures, organizational issues, and environmental conditions. In-depth case study analyses of selected incidents are conducted, involving the construction of detailed narratives of each event, examining the sequence of events, decision-making processes, and factors contributing to the unpredictability and severity of the outcome. A comparative analysis is also performed to identify commonalities and differences in factors contributing to their classification as Black Swan events.

In the quantitative analysis phase, statistical analysis is performed on quantitative data such as flight data, weather conditions, and mechanical systems performance, using techniques like regression analysis, probability assessments, and variance analysis. Trend analysis is also conducted, examining trends over time, especially the frequency, nature, and consequences of incidents categorized as Black Swan events in aviation.

Cross-reference and validation are crucial components of the analysis. Findings from different data sources are cross-referenced for consistency and validation, ensuring the reliability of the conclusions. Preliminary findings are presented to aviation safety experts for validation and additional insights, refining the analysis and ensuring alignment with industry knowledge and experience.

<b>Risk Rating</b>						
<b>Standard Risk Matrix for any Business</b>						
<b>Impact</b>	<b>5</b>	Medium / High	Medium / High	High	High	High
	<b>4</b>	Low / Medium	Medium / High	Medium / High	High	High
	<b>3</b>	Low / Medium	Low / Medium	Medium / High	Medium / High	High
	<b>2</b>	Low	Low	Low / Medium	Low / Medium	Medium / High
	<b>1</b>	Low	Low	Low	Low / Medium	Low / Medium
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Likelihood</b>						



Fig. 5. Risk rating, source: <https://www.wallstreetmojo.com/risk-rating/>, (Accessed 11.12.2023)<sup>112</sup>[16].

<sup>112</sup> The risk rating matrix refers to the classification of risks and their impacts on the business regarding reputational or economic damage to an organization or a sector. Through this method the organization evaluates the level of risk and identifies it with a particular part of the organization or an investment project or an individual. In the process, various factors that may influence the risk levels are determined to assess the impact and the likelihood of the risks. Organizations should consider conducting at least a yearly risk rating review due to the fast-paced business environment. Any risk rating formula enables a business to be well informed about all the potential risks that can cause an impact on the business, along with the likelihood of the event’s occurrence. However, the criteria for rating the risks of the entity and the various methods to do so vary from company to company or from industry to industry.

There are some important factors that needs to be considered while rating the risks of a business. They are as mentioned below:

- Rules and regulations – The management needs to understand and evaluate whether the rules and bylaws set for the smooth running of the business are properly followed or not.
- Historical data – The past history can give some insight into whether the organization has already faces, some risks, threats and failures in the past, which hints that it is necessary to avoid situations that may trigger such threats again.
- Vulnerability – It is important to understand the extent of vulnerability of the business to various risk factors, which might be both internal and external.
- Impact – The management should be competent enough to judge how severely the risk may affect the business and its impact on the day-to-day operations.
- Financial stability – It is important for the organization to be financially stable and have the capacity to absorb a certain amount of risk. For that, it should have good profitability levels, high cash flow, and a good brand image in the market.

The principles of the Black Swan theory are then applied to the data, assessing how each incident aligns with the theory's criteria of unpredictability, significant impact, and post-event rationalization. The findings are assessed in the context of existing aviation safety models to identify potential gaps filled by the Black Swan theory.

The findings from both qualitative and quantitative analyses are synthesized and interpreted in the context of aviation safety. This step focuses on how the application of the Black Swan theory can provide new insights and enhance current safety practices. The analysis is presented in a structured format, clearly outlining the methodology, findings, interpretations, and conclusions. Recommendations are formulated based on the analysis of aviation safety practices and future research directions.

Overall, this methodological approach is designed to provide a detailed and nuanced understanding of Black Swan events in aviation, offering valuable insights into how the industry can better prepare for and respond to such unpredictable and impactful incidents.

---

The company can have a risk rating assessment after taking into consideration the above factors that influence the risk levels. This risk rating matrix helps the decision makers identify and control the risk by using effective strategies and channelize the business in proper direction.

Risk is rated on the impact on the business, which can be economical or reputational, and its likelihood of occurring shortly. This is the common pattern of risk across businesses.

Impact of Risk Rating:

- Low: A low-rated event is one with little / no impact on the business activities and the reputation of the firm.
- Low/Medium: Risk events that can impact on a small scale are rated as low/medium risk.
- Medium: An event resulting in risks that can cause an impact but not a serious one is rated as medium.
- Medium/High: Severe events can cause a loss of business, but the effects are below a risk rated as high.
- High: A major event that can cause reputational and economic damage, resulting in huge business and client base losses.

Likelihood Rating

This risk rating formula the risk based on its recurrence, which can change depending on the type of business that is being considered. For example, for a fast-food company, a frequent likelihood rating will be something that can happen every day, whereas, for an investment bank, it would be something that happens in a month or so. (Frequent: Likely, Possible, Unlikely, Rare).



**Discussion**

The analysis of aviation incidents, particularly those considered as Black Swan events, yields significant insights into unpredictability and resilience in aviation safety. The findings from these analyses have several implications:

The limitations of predictive models in aviation safety are evident. The cases studied underscore the existence of unforeseeable risks, challenging the industry to extend its approach to safety beyond historical data and probability calculations. This emphasizes the necessity for a broadened scope in risk management, one that not only addresses known risks but also prepares for unknown and unexpected scenarios.

The importance of systemic resilience is highlighted. The incidents demonstrate the critical need for developing systems that are robust against known threats and adaptable to unforeseen circumstances. This includes the design of aircraft and control systems capable of withstanding a variety of unforeseen conditions. The findings also stress the importance of comprehensive training for crew and ground personnel, preparing them for a range of emergency scenarios, including highly unlikely ones.

Enhanced safety culture is another significant implication. The case studies reveal the need for a safety culture where vigilance is paramount, and even minor anomalies are reported and analyzed. This approach could aid in the early detection of potential Black Swan events. Additionally, learning from near-misses and minor incidents is emphasized as these can provide early indicators of larger systemic issues, an aspect often overlooked in traditional safety models.

Effective crisis management and emergency response plans are also essential, as these incidents underscore the need for robust plans that are flexible enough to adapt to unexpected situations. The findings also point to the importance of global collaboration and information sharing in managing unforeseen crises, given the often wide-reaching impacts of these events.

The case studies further indicate the necessity for continuous investment in advanced technology to detect or mitigate unforeseen risks and ongoing research and development to understand emerging risks and develop new safety protocols and technologies.

From a policy and regulatory perspective, the findings suggest that aviation regulations and policies should be dynamic and evolve with new insights and understanding of risks, particularly those related to Black Swan events.

The interpretation of findings from Black Swan events in aviation underscores a complex interplay between predictability and unpredictability in safety management. It advocates for a holistic and adaptive approach that continually evolves to meet new challenges. Emphasizing resilience, a culture of vigilance, and global collaboration, these insights are crucial for the aviation industry in its continuous pursuit to enhance safety and effectively manage a spectrum of risks, from the routine to the extraordinarily rare.

### **Theoretical and practical implications**

Applying the Black Swan theory to real-world aviation scenarios brings about significant theoretical and practical implications that reshape the industry's approach to risk perception and management. Theoretically, the theory challenges traditional risk management models that heavily rely on historical data, introducing the idea that some events cannot be predicted based on past experiences. This encourages a reevaluation of risk management theories in aviation, expanding the scope of safety analysis beyond known risks to include unknown and seemingly improbable ones. It broadens the theoretical framework within which aviation safety is understood and managed. The theory also emphasizes the complexity and interconnectedness of modern aviation systems, highlighting the potential for seemingly unrelated factors to converge and create unforeseen events.

From a practical standpoint, the theory encourages enhanced preparedness for unpredictable events. Aviation authorities and airlines are advised to develop strategies and protocols that prepare for unforeseen events, possibly involving more flexible and adaptable emergency response plans and crisis management training. There is a push towards designing aircraft, air

traffic control systems, and other safety-critical systems to be more robust and resilient, incorporating redundancies and fail-safes to handle unexpected failures or conditions. The application of the theory also fosters a shift towards a more proactive safety culture, encouraging the reporting of even minor irregularities, fostering continuous learning, and adapting safety practices based on new insights. Increased investment in technology that can detect or mitigate previously unencountered risks is implied, along with ongoing research into new and emerging risks in aviation.

Enhanced global collaboration and information sharing among aviation stakeholders are vital for understanding and preparing for events with global impacts. Regulatory frameworks may need revisiting and updating to include provisions that account for the management of unpredictable risks, ensuring that policies remain relevant and effective against new challenges. Practically, balancing resources between preparing for regular, predictable risks and potentially rare, Black Swan events poses a challenge, requiring decision-makers in the aviation industry to navigate this balance effectively.

Applying the Black Swan theory in aviation leads to a significant shift in understanding and managing risks, calling for a more dynamic, resilient approach to safety. This encompasses developing robust systems, fostering a proactive safety culture, enhancing global collaboration, and continuously evolving regulatory frameworks, all aimed at better preparing for and responding to unpredictable, high-impact events in aviation.

### **Challenges and limitations in applying Black Swan theory to aviation safety**

Applying the Black Swan theory to aviation safety offers valuable insights but also presents several challenges and limitations. One significant challenge is balancing resources between preparing for probable, routine risks and rare, unpredictable Black Swan events. Allocating too many resources to unlikely events might detract from managing more common risks effectively. Additionally, the deep-rooted reliance on predictive models based on historical data in aviation safety means that shifting focus to include preparation for unforeseeable events necessitates a fundamental change in approach, which could meet resistance.

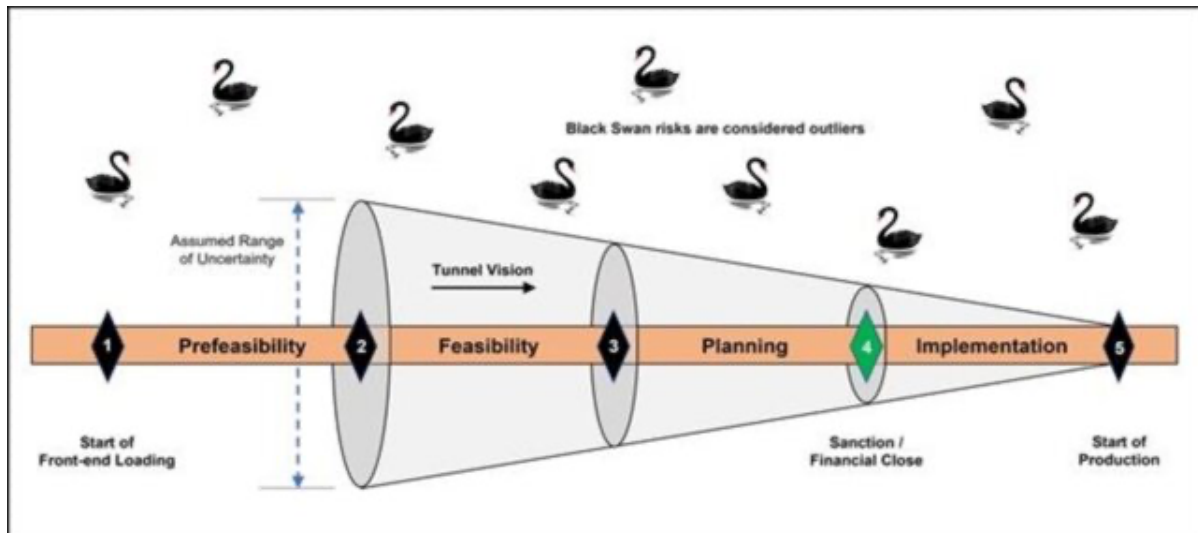


Fig. 6. Tunnel vision and Black Swan risks, Black Swan Risk Management for Projects, Jurie Steyn, source: <https://www.researchgate.net/publication/358802360> Black Swan Risk Management for Projects, (Accessed: 11.12.2023) [17].

Defining and identifying Black Swan events in aviation can be subjective, and the retrospective nature of this classification often makes it easier to identify such events after they have occurred, which does little to aid in prevention. There's also a risk of over-identifying events as potential Black Swans, leading to unnecessary alarm or resource expenditure.

An overemphasis on unpredictability could lead to complacency in regular operations and safety practices, undermining the effectiveness of existing safety protocols. Maintaining a balance between preparing for the unknown and not becoming complacent about the known is challenging.

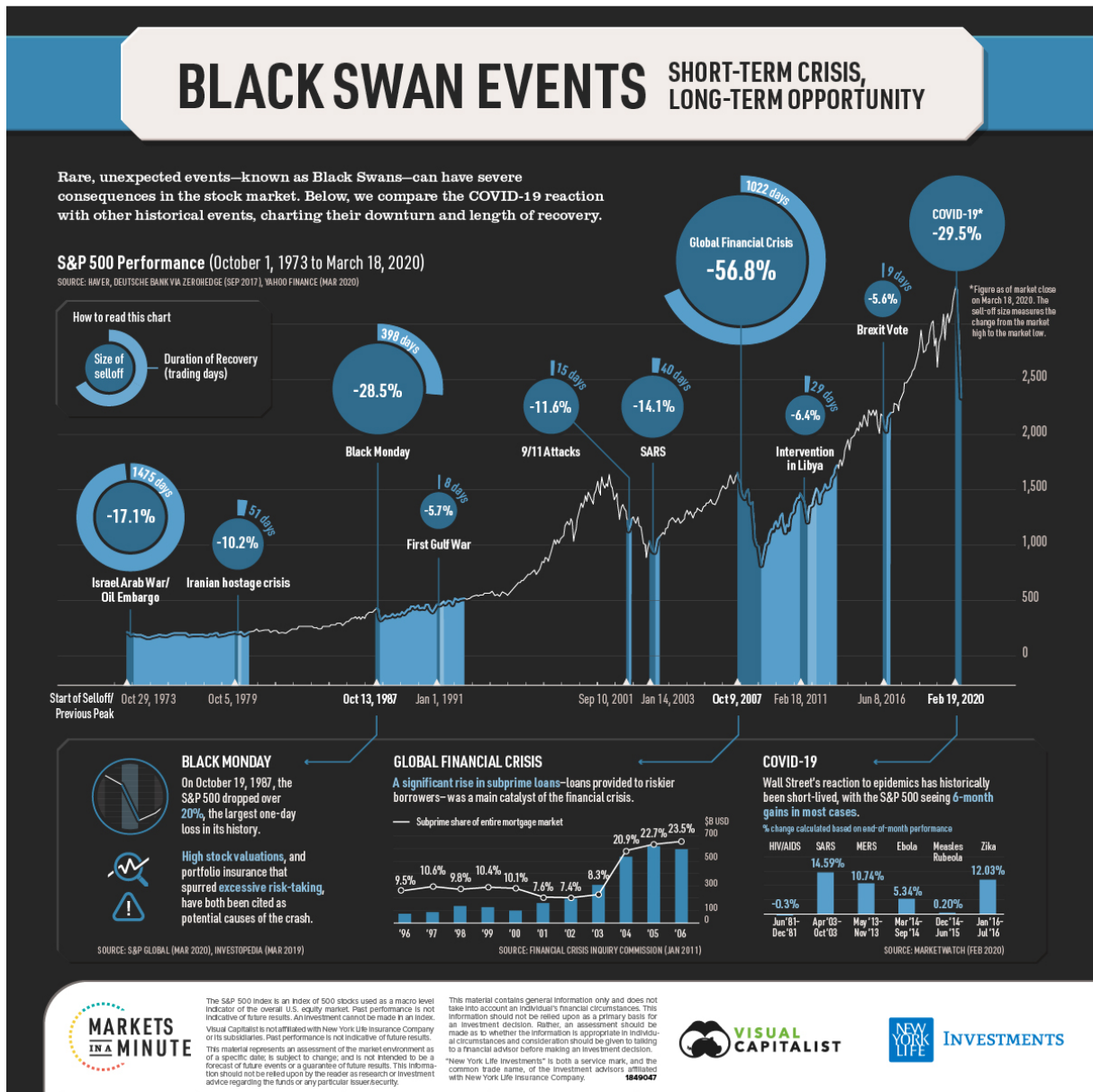


Fig. 7. Black Swan Events: Short-term Crisis, Long-term Opportunity, Jenna Ross, source: <https://www.visualcapitalist.com/black-swan-events-short-term-crisis-long-term-opportunity/>, (Accessed: 11.12.2023) [18].

The practical implementation of strategies to deal with Black Swan events in aviation is complex. It involves preparing for scenarios that are difficult to envision or quantify and face limitations in terms of available technology and human resources to monitor, analyze, and respond to potential Black Swan events.

Culturally and organizationally, adapting to a mindset that acknowledges and prepares for Black Swan events requires a shift within organizations, which can be difficult to achieve. Achieving global consensus and collaboration in aviation safety practices, especially regarding unforeseen events, is challenging due to differing regulatory environments and operational practices.

Financially, preparing for rare, unpredictable events can be expensive, and determining the cost-effectiveness of such preparations is challenging, especially when the probability of occurrence is extremely low. Ethical and legal considerations also arise in the aftermath of a Black Swan event, particularly regarding liability and accountability, especially if the event was deemed unpredictable.

While the application of the Black Swan theory in aviation safety enhances preparedness and resilience, it is fraught with challenges related to predictability, resource allocation, practical implementation, and cultural shifts. Addressing these challenges requires a balanced approach, continuous evaluation, and a collaborative effort within the global aviation community.

### **Future directions**

Considering the insights gained from the Black Swan theory in aviation safety, several areas for future research and potential evolution in safety practices have been identified. Research on the development of advanced predictive models is key, with a focus on creating hybrid predictive models that incorporate elements of the Black Swan theory, such as accounting for rare and unpredictable events alongside traditional risk factors. The integration of big data analytics and artificial intelligence to detect subtle patterns or anomalies indicating potential Black Swan events is also crucial.

Resilience engineering is another significant area of research. This includes system design and engineering to create more resilient aviation systems capable of withstanding and adapting to unforeseen events, using new materials, technologies, and engineering practices. Human

factors research, particularly focusing on decision-making, communication, and behavior in response to unforeseen and stressful situations, is equally important.

Global collaboration and standardization are vital, with an emphasis on cross-border information sharing and the development of standardized, flexible response protocols for handling unforeseen crises in aviation at a global level. Research on advanced simulation techniques and training programs that prepare aviation personnel for potential Black Swan scenarios, along with effective crisis communication strategies, is essential for crisis management and emergency preparedness.

Policy and regulatory frameworks also require attention, with regulatory impact studies investigating the current regulations' effectiveness in managing Black Swan events and guiding policy development to support more adaptive approaches to aviation safety. This includes examining the legal and ethical considerations in aviation safety management in the context of unforeseeable events.

Financial models and resource allocation are important areas of research as well, including economic analysis to understand the financial implications of preparing for Black Swan events and the development of resource optimization models. Finally, studying organizational behavior and psychological resilience is crucial, focusing on how organizational structures and cultures in aviation can adapt to recognize and respond to Black Swan events and exploring the psychological aspects of resilience in aviation personnel.

Future research in aviation safety, considering the Black Swan theory, should focus on enhancing predictive capabilities, building resilience, fostering global collaboration, improving crisis management, evolving policy frameworks, and understanding the economic, psychological, and organizational dimensions of dealing with rare and unforeseeable events. This comprehensive approach will contribute to a more robust, adaptable, and forward-thinking aviation safety paradigm.

**Conclusion**

The exploration of the Black Swan theory in aviation safety brings to light several key findings and arguments. The theory challenges the traditional reliance on historical data for risk assessment in aviation, highlighting the limitations of predictive models in anticipating rare, catastrophic events, and urging a reevaluation of risk management practices to account for the unpredictable and improbable. There is an emphasized need for aviation systems and protocols to be not only robust against known risks but also adaptable to unforeseen and extreme scenarios, which includes enhancing the resilience of technological systems and the flexibility of emergency response plans.

The theory advocates for a shift towards a more proactive safety culture in aviation. This shift involves encouraging vigilance and the reporting of minor anomalies, fostering continuous learning, and adapting safety practices based on new insights. The importance of effective crisis management and emergency planning is stressed, alongside enhanced global collaboration and information sharing in managing unforeseeable crises.

However, implementing the Black Swan theory in aviation safety presents several challenges. These include balancing resources between predictable and unpredictable risks, the subjective nature of identifying Black Swan events, and the complexity of the practical application. The theory also implies a need for ongoing investment in technology and research to better detect and mitigate unforeseen risks, as well as continuous improvement in safety protocols.

There are significant implications for aviation regulations and policies as well, which may need to evolve to effectively account for the management of unpredictable risks. In summary, the Black Swan theory provides a critical perspective on managing unpredictability in aviation safety. It calls for a holistic approach that encompasses robust system design, a proactive safety culture, effective crisis management, and global collaboration. While its implementation poses challenges, its integration into aviation safety practices can significantly enhance the industry's preparedness and resilience against unforeseen, high-impact events.



The "Black Swan" theory, a concept developed by Nassim Nicholas Taleb, refers to highly improbable, unpredictable events with extreme consequences. In aviation safety, this theory holds significant importance due to the nature of the industry, where the stakes are incredibly high and the potential for unforeseen, catastrophic events is ever-present.

The essence of the Black Swan theory in aviation is the acknowledgment of the limitations of predictability and the need for systems to be robust against unknown risks. Traditional safety management in aviation heavily relies on analyzing past incidents to predict and prevent future accidents. However, the Black Swan theory posits that it is the unexpected, unanticipated events that are most dangerous and impactful.

In aviation, Black Swan events are those rare, unforeseen incidents that fall outside the realm of regular expectations and are beyond what is normally anticipated in risk assessments. These events are typically characterized by their severe impact and the retrospective insight that they could have been anticipated or mitigated. Examples include unforeseen technological failures, acts of terrorism, or catastrophic weather events.

The theory has influenced aviation safety practices by emphasizing the need for resilience and adaptability in safety systems<sup>113</sup>. It advocates for flexible, dynamic approaches that can respond to unforeseen challenges, rather than solely relying on standard procedures based on historical data. This includes fostering a culture of continuous vigilance, encouraging reporting of even minor irregularities, and investing in advanced technologies that can detect and mitigate unexpected hazards.

Moreover, the Black Swan theory in aviation underscores the importance of crisis management and recovery planning. Since these events are characterized by their unpredictability, airlines, and aviation authorities must be prepared to respond effectively to crises that were previously considered unlikely or impossible.

---

<sup>113</sup> openpr.com. <https://www.openpr.com/news/3306442/global-fresh-green-chilli-market-is-projected-to-reach-the-value> (accessed December 3, 2023).

As was mentioned, the term "Black Swan" is used to describe a rare, unexpected, or even unimaginable catastrophic event that typically catches everyone off guard, representing occurrences that are outside the realm of normal expectations and knowledge. These events are characterized by their unpredictability or extreme difficulty to foresee. As such, it is vital to evaluate one's vulnerability to these types of incidents and devise strategies to mitigate their impact.

The likelihood and frequency of Black Swan events occurring should be carefully evaluated, with a focus on minimizing their probability through continuous training, updating, and expanding the list of potential negative occurrences. Conducting drills and practical exercises based on specific threat scenarios is a critical component of effective response and risk mitigation.

Table 1.: Black Swan crisis duration recovery, based on Black Swans: Short-term Crisis, Long-term Opportunity, source: <https://www.visualcapitalist.com/black-swan-events-short-term-crisis-long-term-opportunity/>, (Accessed: 11.12.2023).

Event	Start of Sell-off/Previous Peak	Size of Sell-off	Duration of Sell-off (Trading Days)	Duration of Recovery (Trading Days)
Israel Arab War/Oil Embargo	October 29, 1973	-17.1%	27	1475
Iranian Hostage Crisis	October 5, 1979	-10.2%	24	51
Black Monday	October 13, 1987	-28.5%	5	398
First Gulf War	January 1, 1991	-5.7%	6	8
9/11 Attacks	September 10, 2001	-11.6%	6	15

<b>Event</b>	<b>Start of Sell-off/Previous Peak</b>	<b>Size of Sell-off</b>	<b>Duration of Sell-off (Trading Days)</b>	<b>Duration of Recovery (Trading Days)</b>
SARS	January 14, 2003	-14.1%	39	40
Global Financial Crisis	October 9, 2007	-56.8%	356	1022
Intervention in Libya	February 18, 2011	-6.4%	18	29
Brexit Vote	June 8, 2016	-5.6%	14	9
COVID-19*	February 19, 2020	-29.5%	19	N/A (ongoing)

An important aspect is to assess and lessen the impact of such events. This can be achieved by implementing additional protective measures within the organization, such as "firewalls," which can either reduce the effects or prevent the occurrence of these events. Proactive measures, including anticipating negative events and developing and executing appropriate strategies, are key to diminishing the repercussions of Black Swan events. These approaches are essential in creating a resilient and prepared response to unforeseen, high-impact occurrences.

The Black Swan theory in aviation safety is a critical concept that underscores the importance of preparing for the unpredictable and unexpected. It challenges the traditional reliance on historical data for risk assessment and promotes a more dynamic, resilient approach to managing aviation safety, emphasizing the need for constant vigilance, adaptability, and effective crisis management.

## References

1. Akerlof, G. A., & Shiller, R. J. (2009). *Animal spirits: How human psychology drives the economy, and why it matters for global capitalism*. Princeton University Press.
2. Balcerzak T., (2019). Global aerospace industry risks, *Scientific Journal of the Silesian University of Technology*, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2019.102.1>.
3. Balcerzak T., Kostur K., (2019). A new generation of disruptors is planning to redefine air travel – so what does this mean for airlines and airports? *Revista europea de derecho de la navegación marítima y aeronáutica*, ISSN: 2386-8902.
4. Balcerzak T., Kostur K., Zmigrodzka M., (2021). The impact of the new Coronavirus (COVID-19) on global civil aviation, *Revista Europea de Derecho de la Navegación Marítima y Aeronáutica*, ISSN: 2386-8902.
5. Gladwell, M. (2000). *The tipping point: How little things can make a big difference*. Little, Brown and Company.
6. Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus, and Giroux.
7. Mandelbrot, B., & Hudson, R. L. (2004). *The (mis)behavior of markets: A fractal view of risk, ruin, and reward*. Basic Books.
8. Silver, N. (2012). *The signal and the noise: Why so many predictions fail – but some don't*. Penguin Press.
9. Sornette, D. (2003). *Why stock markets crash: Critical events in complex financial systems*. Princeton University Press.
10. Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan: The impact of the highly improbable*. Random House.
11. Taleb, N. N. (2010). *Fooled by randomness: The hidden role of chance in life and the markets*. Random House.
12. Black swan events, source: <https://sketchplanations.com/black-swan>, (Accessed 11.12.2023)
13. Black Swan Events that changed the Financial World | DataDrivenInvestor, <https://www.datadriveninvestor.com/2019/01/18/9-black-swan-events-that-changed-the-financial-world/>, (Accessed 11.12.2023)

14. Black Swans Make Better Policy, <https://www.powertopersuade.org.au/blog/black-swans-make-better-policy/30/10/2019>, Slide courtesy Aurora Milroy, 2019, (Accessed 11.12.2023).
15. The Four SMS Functional Components, source: <https://www.faa.gov/about/initiatives/sms/explained/components>, (Accessed 11.12.2023).
16. Risk rating, source: <https://www.wallstreetmojo.com/risk-rating/>, (Accessed 11.12.2023).
17. Tunnel vision and Black Swan risks, Black Swan Risk Management for Projects, Jurie Steyn, source: [https://www.researchgate.net/publication/358802360\\_Black\\_Swan\\_Risk\\_Management\\_for\\_Projects](https://www.researchgate.net/publication/358802360_Black_Swan_Risk_Management_for_Projects), (Accessed: 11.12.2023).
18. Black Swan Events: Short-term Crisis, Long-term Opportunity, Jenna Ross, source: <https://www.visualcapitalist.com/black-swan-events-short-term-crisis-long-term-opportunity/>, (Accessed: 11.12.2023).

**płk dr hab. Dariusz Bogusz**

Wydział Bezpieczeństwa Lotniczego, Lotnicza Akademia Wojskowa

ORCID: 0000-0001-7755-0949

## **Security theater in civil aviation, Dariusz Bogusz (Author)**

### **Abstract**

Airports now serve millions of people who use air transport every year - they are symbols of mobility. Terminals are carefully constructed to enable the efficient movement of passengers, baggage and cargo to their destinations. To ensure the safety of these flows, while protecting the airplanes, airports are equipped with security control measures. Airport terminals are spaces under constant surveillance.

The author draws attention to the problem of security theater in civil aviation, which means the use of excessive safety control measures in relation to the achieved effects. Moreover, there is a fine line between the use and abuse of security measures, as in the case of privacy breaches (body scanners) and citizen surveillance. In addition, there is the problem of treating ordinary citizens as terrorists.

The aim of the article is to draw attention to the problem of extensive security procedures intended to ensure passenger safety, which do not necessarily correspond to the changing reality. The research problem of the article was expressed in the question: what technologies should be used in airports to achieve a compromise between excessive technical measures and travel comfort and passengers' sense of security?

The article uses theoretical research methods such as analysis and synthesis.

**Keywords:** security theater, security measures, security control, civil aviation

**Teatr bezpieczeństwa w ochronie lotnictwa cywilnego****Streszczenie**

Porty lotnicze i lotniska obsługują obecnie miliony ludzi, którzy każdego roku korzystają z transportu lotniczego - są symbolami mobilności. Konstrukcje terminali o długości kilometrów są starannie budowane, aby umożliwić sprawne przemieszczanie pasażerów, bagażu i ładunku do miejsca przeznaczenia. Aby zapewnić bezpieczeństwo, tych przepływów, a jednocześnie chronić sam środek przemieszczania się, porty lotnicze są wyposażone w środki kontroli bezpieczeństwa. Terminale lotnicze są przestrzenią znajdującą się pod ciągłą obserwacją.

Autor zwraca uwagę na problem teatru bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym oznaczający użycie nadmiernych środków kontroli bezpieczeństwa w stosunku do osiągniętych efektów. Ponadto użytkowanie i nadużywanie środków bezpieczeństwa dzieli cienka granica, jak w przypadku naruszenia prywatności (skanerów ciała) oraz inwigilacji obywateli. Do tego dochodzi problem traktowania zwykłych obywateli jak terrorystów.

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na problem rozbudowanych procedur bezpieczeństwa mających zapewnić bezpieczeństwo pasażerów, które niekoniecznie przystają do zmieniającej się rzeczywistości. Problem badawczy artykułu został wyrażony pytaniem jakie technologie zastosować w portach lotniczych, aby można osiągnąć kompromis pomiędzy nadmiernymi środkami technicznymi a komfortem podróży i poczuciem bezpieczeństwa pasażerów?

W artykule zastosowano teoretyczne metody badań jak analiza i synteza.

**Słowa kluczowe:** teatr bezpieczeństwa, środki bezpieczeństwa, kontrola bezpieczeństwa

**Wstęp**

W historii działalności lotnictwa cywilnego nie brakuje zagrożeń dla jego ochrony, a nowe zagrożenia powodują zwiększone nakłady na zapewnienie bezpieczeństwa pasażerom i wszystkim pracownikom sektora transportu powietrznego. Niektóre tragiczne wydarzenia zmieniały postrzeganie wartości naszego świata, ale także wpływały na codzienną aktywność ludzi na całym globie. Tak było w przypadku ataku terrorystycznego 11 września 2001 r na

Stany Zjednoczone. Stany Zjednoczone wypowiedziały wojnę terroryzmowi- czego najbardziej widocznym następstwem była wojna w Afganistanie, ale wydarzenia te wpłynęły także szeroko pojęty na sektor lotnictwa cywilnego, budząc strach przed lataniem wielu potencjalnych pasażerów.

Te wydarzenia i inne niebezpieczne sytuacje doprowadziły do działań zapobiegawczych, nazywanych także „teatrem bezpieczeństwa” w lotnictwie cywilnym, szczególnie w obszarze *security*, co bezpośrednio wpłynęło na wydłużający się czas odpraw i niezadowolenia pasażerów. Zniszczenie dwóch wież World Trade Center były symbolem porażki USA, ale i olbrzymich strat materialnych. Wyjątkowo duże straty poniosły linie lotnicze oraz producenci samolotów, a także związana z nimi branża turystyczna. Reperkusje tych wydarzeń odczuwalne są dziś i wzmacniane przez kolejne kryzysy ogólnoświatowe spowodowane przez pandemię Covid-19, wojnę na Ukrainie oraz ciągłym konfliktem Izraela z Palestyną.

W Polsce pojęcie to nie jest powszechnie znane i używane, natomiast w krajach zachodnich potocznie odnosi się do drogich i nieskutecznych urządzeń, utrudniających podróżowanie i mających zwalczyć zagrożenia w lotnictwie cywilnym, które występują jedynie w umysłach osób chcących lepiej kontrolować całe społeczeństwa.

Etymologia terminu teatr bezpieczeństwa pochodzi z USA. Pojęcie zostało ukute przez specjalistę ds. bezpieczeństwa komputerowego i pisarza Bruce'a Schneiera na potrzeby jego książki *Beyond Fear*, ale zyskał popularność w kręgach nauk o bezpieczeństwie, szczególnie w odniesieniu do opisu środków bezpieczeństwa na lotniskach. Według Schneiera zaradcze środki bezpieczeństwa zamiast zapobiegać zagrożeniom, dają tylko poczucie bezpieczeństwa. Ważne jest aby zrozumieć teatr bezpieczeństwa i nie minimalizować jego roli.<sup>114</sup> Teatr bezpieczeństwa to praktyka wdrażania środków bezpieczeństwa, które mają zapewniać poczucie zwiększonego bezpieczeństwa

---

<sup>114</sup> B. Schneier, *Beyond Fear. Thinking sensibly about security in an uncertain world*, Copernicus Books, New York 2003. s. 38-39.



Według autora pojęcie „teatr bezpieczeństwa” w lotnictwie cywilnym odnosi się do stosowania środków technicznych i procedur kontroli bezpieczeństwa, które sprawiają, że podróżujący ludzie czują się bezpieczniej korzystając z transportu lotniczego, które faktycznie tego bezpieczeństwa nie poprawiają. Jest wiele przykładów jak np. zdejmowanie butów lub pasków od spodni podczas kontroli, które nic nie wnoszą do poprawy bezpieczeństwa podróżnych. Podobnie jest z zastosowaniem nowoczesnych, a zarazem bardzo drogich, środków technicznych kontrolujących (prześwietlających) pasażerów i bagaż. Kontrole te być może działają na świadomość pasażerów, a na pewno powodują zdenerwowanie wydłużającymi się kontrolami i czasem podróży. Sensem teatru bezpieczeństwa w lotnictwie jest zapewnienie kontroli większej niż konieczna, a który ma przywrócić zaufanie pasażerów do podróży lotniczych i zapobieżeniu stratom rynku lotniczego po tragicznych wydarzeniach godzących w życie i zdrowie podróżujących. Problem jest taki, że podobne wydarzenia się nie powtórzą, terrorizm będzie zawsze występował, a zapobieganie powinno odbywać się dużo wcześniej. Jeżeli potencjalny terrorysta znajdzie się na terenie portu lotniczego, to już jest za późno na zażegnanie bezpieczeństwa (atak w Zaventem w 2016 r.).

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na problem rozbudowanych procedur bezpieczeństwa mających zapewnić bezpieczeństwo pasażerów, które niekoniecznie przystają do zmieniającej się rzeczywistości. Zastosowanie zaawansowanych technologicznie urządzeń technicznych nie zawsze spełnia funkcje ochronne, a porty lotnicze muszą ponosić wielkie nakłady finansowe, aby spełnić wymagania regulatorów, rekomendacje urzędów lotniczych i inne normy zawarte w konwencjach i standardach lotniczych.

Problem badawczy artykułu to pytanie jakie technologie zastosować w portach lotniczych, aby można osiągnąć kompromis pomiędzy nadmiernymi środkami technicznymi a komfortem podróży i poczuciem bezpieczeństwa pasażerów? Na zwiększonych wymaganiach bezpieczeństwa korzystają producenci środków mających zapobiec wniesieniu niebezpiecznych materiałów i narzędzi na pokład samolotu. Zdaniem autora szukanie przysłowiowej bomby u zwykłych pasażerów to szokujący paradoks ochrony lotnisk. Kolejnym zobrazowaniem teatru bezpieczeństwa jest zakaz wnoszenia butelek z płynami powyżej pojemności 200 ml. Przepisy lotniskowe zabraniają wnoszenia na pokład samolotu własnej

wody czy soku, chyba że zostanie zakupiona w strefie bezcłowej, co oburza wielu pasażerów, którzy za ten sam towar muszą zapłacić o wiele więcej.

Kiedy ludzie się boją, trzeba zrobić coś, co sprawi, że poczują się bezpiecznie, nawet jeśli tak naprawdę nie zapewni to zmniejszenia wystąpienia zagrożeń. Przykładem są kontrole tożsamości ze zdjęciem, które pojawiły się w budynkach biurowych. Nikt nigdy nie wyjaśnił, dlaczego sprawdzenie, czy ktoś posiada dokument tożsamości ze zdjęciem, zapewnia jakiegokolwiek rzeczywiste bezpieczeństwo, ale wygląda na to, że umundurowany ochroniarz sprawdzający dowody osobiste podnosi poczucie bezpieczeństwa.

Bezpieczeństwo jest bytem świadomościowym, w tej samej sytuacji jedni będą czuli się bezpiecznie a drudzy zagrożeni. Generalnie skłonność do teatru bezpieczeństwa wynika z interakcji pomiędzy społeczeństwem a jego przywódcami, w przypadku lotnictwa cywilnego pasażerami a zarządzającymi portami lotniczymi i szeroko pojętym sektorem lotniczym. Jest to podyktowane chęcią odpowiedzi na kryzys, nawet jeśli nie ma to żadnego sensu.

### **Zabezpieczenie stref chronionych**

W tym czasie, kiedy pasażerowie poddawani są czasochłonnym kontrolom, do zastrzeżonych stref polskich lotnisk mogą dostać się osoby i pojazdy bez wymaganych przepustek, nie poddane wcześniejszej kontroli bezpieczeństwa. Nieuprawnione osoby mogą też wejść do samolotów na płytach postojowych, bo służby ochrony strzegą ich z naruszeniem procedur. Wokół lotnisk wciąż występują problemy z usuwaniem, przeszkód lotniczych. Najwyższa Izba Kontroli negatywnie oceniła ochronę cywilnego ruchu lotniczego w Polsce<sup>115</sup>.

Kontrola wykazała, że działania zarządzających lotniskami w 5 miastach w Polsce nie gwarantowały pełnej ochrony wyznaczonych stref zastrzeżonych. Świadczą o tym ujawnione przypadki przebywania w strefach zastrzeżonych tych lotnisk osób nieuprawnionych i sprzętu – niepoddanych kontroli bezpieczeństwa, wymaganej przepisami KPOLC<sup>116</sup>.

---

<sup>115</sup> <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/nik-o-bezpieczenstwie-polskich-lotnisk.html> [dostęp: 04.12.2023 r.]

<sup>116</sup> *Informacja o wynikach kontroli, Ochrona cywilnego ruchu lotniczego w Polsce jako element bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego*, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 2012, s. 31-32.

Kontrolerzy NIK stwierdzili, wiele naruszeń m. in.:

- że w dniu 5 lipca 2011 r. do strefy zastrzeżonej lotniska w Poznaniu przez bramę tymczasową prowadzącą na plac budowy, znajdujący się w tej strefie, wjechały dwa samochody nie poddane kontroli bezpieczeństwa. Kontroli tej nie poddano również kierowców tych pojazdów. Pojazdy oraz osoby nimi kierujące nie miały wymaganych przepustek, uprawniających do przebywania w strefie zastrzeżonej. Stanowiło to naruszenie § 12 ust. 1 oraz § 13 ust. 1 lit. b i d KPOLC. Ponadto, na placu budowy przebywały dwie osoby nie posiadające przy sobie wymaganych przepustek, co stanowiło naruszenie § 9 ust. 2 lit. a KPOLC, jak również dowodów osobistych umożliwiających ustalenie ich tożsamości.
- w dniu 12 października 2011 r. kontrolerzy NIK podczas oględzin strefy zastrzeżonej lotniska w Szczecinie stwierdzili obecność jednej nieuprawnionej osoby w sortowni bagażu. Osoba ta była zatrudniona w firmie prowadzącej lotniczą działalność gospodarczą, związaną ze sprzątnięciem samolotów. Obecność tej osoby wynikała z faktu, iż w sortowni bagażu przechowywano sprzęt do sprzątnięcia statków powietrznych;
- na terenie lotniska we Wrocławiu, przez przejście służbowe w terminalu B, w dniach 17-23 sierpnia 2011 r. przeszły bez kontroli bezpieczeństwa dwie osoby. Byli to szef Służby Ochrony Lotniska i jego zastępca;
- na terenie lotniska w Bydgoszczy, w okresie objętym kontrolą, trzech z pięciu pracowników (w tym dwóch z obsługi naziemnej i jeden funkcjonariusz SOL), miało dostęp do strefy zastrzeżonej (sortowni bagażu) na podstawie posiadanych przepustek, lecz bez odbycia szkolenia ze świadomości ochrony lotnictwa cywilnego, warunkującej ich wydanie. Stanowiło to naruszenie § 18 ust. 1 KPOLC. Jedna z tych osób posiadała nieuprawniony dostęp do strefy zastrzeżonej przez okres 3,5 lat, zaś pozostałe dwie osoby przez okres 20 miesięcy;
- w dokumentacji lotniska im. F. Chopina w Warszawie odnotowano dwa przypadki przebywania osób nieuprawnionych w strefie zastrzeżonej, w tym: w kwietniu 2009 r. operator kontroli bezpieczeństwa nie zauważył wskazania urządzenia rejestrującego bagaż rejestrowy, według którego na przenośniku przebywało 2,5-letnie dziecko, zaś w lipcu 2010 r. odnotowany został przypadek wejścia osoby z hulajnogą na teren strefy

zastrzeżonej obok funkcjonariusza SOL, przeprowadzającego w tym czasie kontrolę bezpieczeństwa pojazdu.<sup>117</sup>

To tylko kilka przypadków niedociągnięć ochrony wyznaczonych stref zastrzeżonych ujawnionych w trakcie kontroli, ponadto kontrole NIK wykazały wiele innych uchybień w kwestii ochrony m. in. nie zapewnienie ogrodzenia lotnisk i utrzymania stref przyległych do tych ogrodzeń zgodnego z § 17 ust. 2 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie klasyfikacji lotnisk i rejestru lotnisk cywilnych<sup>118</sup>.

Często pomimo posiadania zaawansowanych technologii kontrolnych zarządzających lotniskami nie zapewniają prawidłowego wykonywania czynności kontroli bezpieczeństwa osób, bagażu kabinowego i rejestrowego. Zarządzający lotniskami nie sprawowali właściwego nadzoru nad realizacją kontroli bezpieczeństwa w tym zakresie poprzez nieprawidłową obsadę stanowisk kontroli bezpieczeństwa osób i bagażu, wyposażonych w urządzenia rentgenowskie, oraz przekraczaniu czasu pracy osób obsługujących urządzenia rentgenowskie, w odniesieniu do norm określonych w KPOLC.<sup>119</sup>

Stwierdzono również niewykorzystywanie technicznych możliwości kontroli czasu pracy osób obsługujących urządzenia rentgenowskie, oferowanych przez systemy informatyczne zainstalowane w tych urządzeniach lub pracę konkretnego operatora kontroli bezpieczeństwa na dwóch urządzeniach kontrolnych jednocześnie.

### **Środki teatru bezpieczeństwa**

Po zamachach terrorystycznych w lotnictwie najczęściej zadawane są dwa pytania:

- W jaki sposób materiały wybuchowe przedostały się przez kontrolę bezpieczeństwa?
- Jakie kroki można podjąć, aby zapobiec podobnym atakom?

---

<sup>117</sup> Informacja o wynikach kontroli, Ochrona cywilnego ruchu lotniczego w Polsce jako element bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 2012, s. 31-32.

<sup>118</sup> Dz. U. Nr 122, poz. 1273 ze zm.

<sup>119</sup> Informacja o wynikach kontroli, Ochrona cywilnego ruchu lotniczego w Polsce jako element bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 2012, s. 32-33.

Próbując znaleźć odpowiedź na powyższe pytania, zazwyczaj władze lotnicze i urzędnicy rządowi pośpiesznie wprowadzają nowe środki bezpieczeństwa, aby zapobiec kolejnym aktom bezprawnej ingerencji. Współczesna reakcja na terroryzm lotniczy opiera się na działaniu reaktywnym i założeniu, że można zapewnić bezpieczeństwo transportu lotniczego, chroniąc się przed tym, co zrobili terroryści ostatnim razem<sup>120</sup>.

Jak już podkreślałem, w swoich publikacjach, zasada 100 ml została wprowadzona w nie w następstwie największego ataku terrorystyczny Al-Kaidy z 11 września 2001 r. ale w wyniku udaremnionego spisku transatlantyckiego terrorystów islamskich w 2006 r., co wówczas uważano za środek tymczasowy, a obowiązuje już wiele lat. Służby specjalne wykryły, że terroryści planowali zdetonować bomby na pokładach siedmiu samolotów startujących z Heathrow, używając płynnych materiałów wybuchowych, których składniki zostały umieszczone w zwykłych butelkach w bagażu podręcznym. Siła wybuchu miała mieć siłę rażenia kilku kilogramów trotylu. Byłby to kolejny wstrząs dla sektora lotniczego.<sup>121</sup> Ten przykład udowadnia, że skuteczne środki bezpieczeństwa są w dużej mierze niewidoczne.

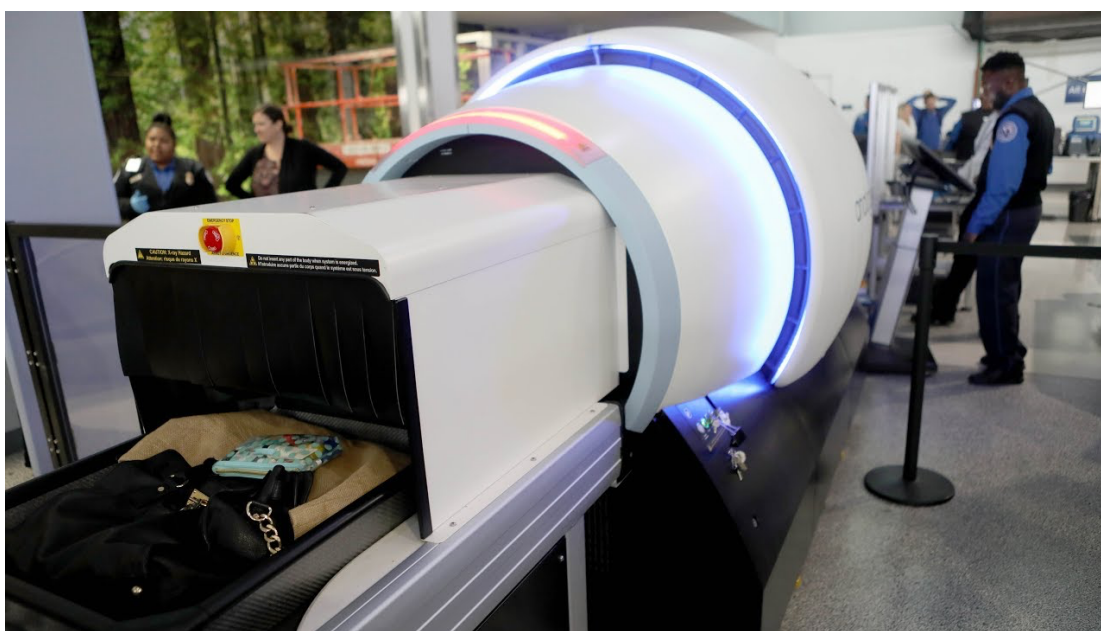
**Pomimo zakazu wnoszenia cieczy w butelkach o pojemności większej niż 100 ml, co ma uniemożliwić przemycenie na pokład wystarczającej ilości potencjalnie wybuchowej cieczy, to po kontroli bezpieczeństwa już w sklepach strefy bezcłowej można takie płyny kupić. Wtedy rozmiar takiego opakowania nie budzi zastrzeżeń. Jest wielu zdenerwowanych pasażerów, którzy nie rozumieją tych przepisów, co więcej czują się jak potencjalni terroryści.** Problem ten powinien być zauważalny przez władze lotnicze, odpowiedzialne m. in. za bezpieczeństwo na lotniskach. Od czasu zamachów w Stanach Zjednoczonych nie było poważnych wypadków związanych z błędami kontroli pasażerów i bagażu w porcie lotniczym. Stąd pojawiający się termin teatru bezpieczeństwa, który ma wpłynąć na świadomość pasażerów i ich poczucie bezpieczeństwa.

---

<sup>120</sup> <https://edition.cnn.com/2009/OPINION/12/29/schneier.air.travel.security.theater/>

<sup>121</sup> Zob. D. Bogusz, *Najnowsze rozwiązania kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym* [w:] D. Bogusz, Porty lotnicze i morskie, Wydawnictwo LAW, Dęblin 2023, s. 146.

Jest to przykład teatru bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym. Aresztowanie „zamachowców z płynami” w Londynie odbyło się dzięki zastosowaniu metod wywiadowczych i pracy policji. Wybór celu (samoloty) i taktyki (płynne materiały wybuchowe) nie miał znaczenia; ataku nie udaremniły procedury i środki techniczne ochrony portów lotniczych, a staromodne sposoby działania służb wywiadowczych i policji. Należy podkreślić, że skanery 3D przyczyniły się do zniesienia limitu (na razie na niektórych lotniskach) wnoszenia płynów na pokład samolotów, wyjmowania laptopów i innej elektroniki z bagażu podręcznego. Zastosowanie skanerów z technologią tomografii komputerowej (computed tomography, CT), jest słuszne, umożliwiają one szybką i precyzyjną kontrolę bagażu. Nowoczesne skanery 3D (fot. 1) potrafią wykonać pełny obraz bagażu i jego zawartości bez konieczności wyciągania płynów czy elektroniki (laptopy, tablety, powerbanki), mierzą jest m.in. masę i gęstość rzeczy w podręcznej walizce<sup>122</sup>. Zaawansowany skaner tomografii komputerowej (CT) tworzy trójwymiarowy obraz tego, co znajduje się wewnątrz bagażu podręcznego, którą można obracać i oglądać z każdej strony. Nowe skanery kosztują ponad milion dolarów<sup>123</sup>.



**Fot. 1. Skaner CT podczas kontroli bagażu**

---

<sup>122</sup> Technologia zapewnia lepsze wykrywanie przedmiotów stanowiących zagrożenie. Tworzony jest wyraźny obraz zawartości torby, a komputery mogą wykryć materiały wybuchowe, w tym te w płynie

<sup>123</sup> <https://www.tampabay.com/business/tampa-airport-gets-its-first-ct-scanner-for-carry-on-bags-20190520/> [dostęp: 04.12.2023 r.]

Źródło: <https://geekweek.interia.pl/lotnictwo/news-limit-100-ml-dlaczego-w-bagazu-podrecznym-nie-moze-byc-duzej,nld,6226286> [dostęp: 04.12.2023 r.]

Rozwiązaniem mającym usprawnić funkcjonowanie portów lotniczych, budzącym duże kontrowersje, jest wykorzystywanie skanerów ciała podczas kontroli bezpieczeństwa pasażerów. Jest kolejnym urządzeniem mającym usprawnić poszukiwanie zakazanych materiałów i narzędzi wnoszonych przez pasażerów na pokład samolotu, stopniowo wdrażane w większości portów lotniczych. Wśród opinii niektórych członków społeczeństwa skanery całego ciała (z j. ang. full body scanners) to kolejny element teatru bezpieczeństwa zwanego także „szopką bezpieczeństwa” (security teather)<sup>124</sup>.

Skanery ciała zostały wprowadzone decyzją Administracji ds. Bezpieczeństwa Transportu (Transportation Security Administration, TSA), która wdrożyła zaawansowane technologie obrazowania (Advanced Imaging Technologies, AIT) do użytku operacyjnego w celu wykrywania niebezpiecznych obiektów przewożonych przez osoby wkraczające do stref zastrzeżonych lotniska. Skanery ciała jako narzędzie AIT identyfikuje potencjalne obiekty stanowiące zagrożenie ukryte na ciele za ubraniami przy pomocy oprogramowania do automatycznego rozpoznawania celu (Automatic Target Recognition, ATR). Pasażerowie mogą odmówić kontroli skanerem ciała na rzecz kontroli fizycznej, jednak przepisy TSA umożliwiają przymusowe kontrole AIT niektórym (wskazanym) pasażerom. Po wielu aferach związanych z wyciekami zdjęć kontrolowanych pasażerów tą metodą TSA zastrzega, że nie przechowuje żadnych danych osobowych pochodzących z kontroli AIT<sup>125</sup>. Ponadto, skaner ciała w celu wyświetlenia lokalizacji obiektu zakazanego generuje obraz na ogólnej figurze, zamiast wyświetlania obrazu danej osoby z intymnymi szczegółami. Nowe skanery kosztują ponad milion dolarów<sup>126</sup>.

---

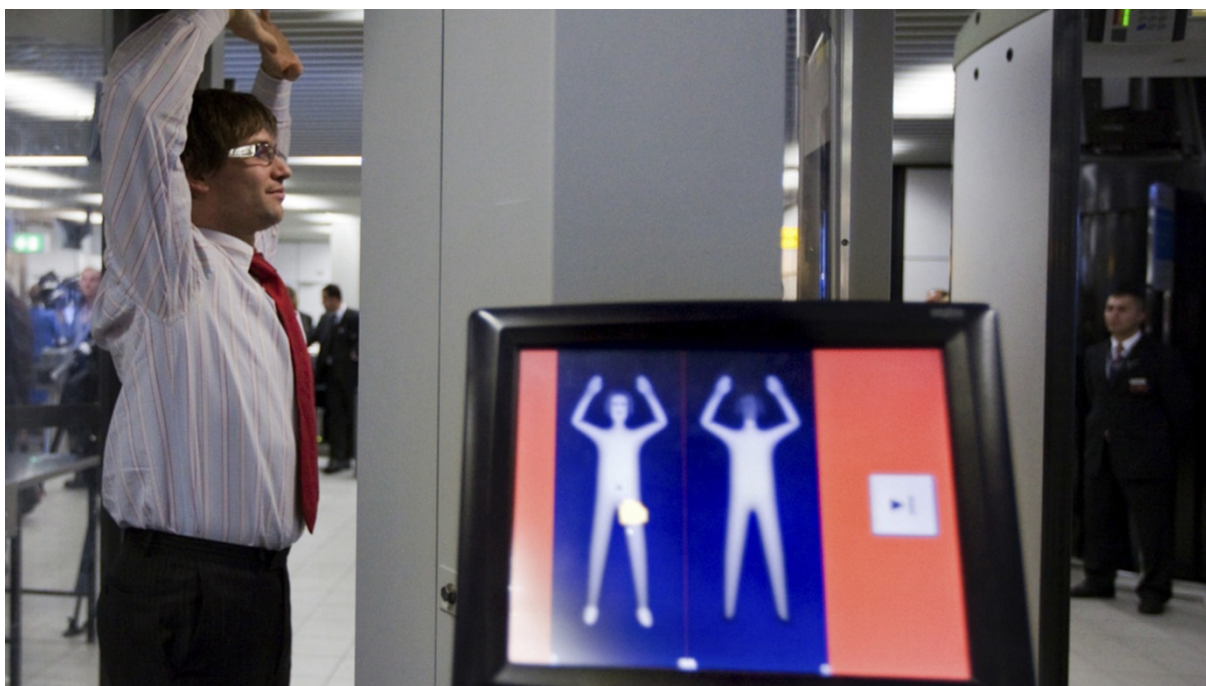
<sup>124</sup> Zob. D. Bogusz, *Najnowsze rozwiązania kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym* [w:] D. Bogusz, *Porty lotnicze i morskie*, Wydawnictwo LAW, Dęblin 2023, s. 146.

<sup>125</sup> Allen, Ginger. 2012. "Female Passengers Say They're Targeted By TSA « CBS Dallas / Fort Worth". Dfw.cbslocal.com. Za: <https://www.cbsnews.com/dfw/news/female-passengers-say-theyre-targeted-by-tsa/> [dostęp: 04.12.2023 r.]

<sup>126</sup> <https://www.tampabay.com/business/tampa-airport-gets-its-first-ct-scanner-for-carry-on-bags-20190520/> [dostęp: 04.12.2023 r.]

Skanery ciała prześwietlające odzież działają w portach lotniczych od kilku lat, ale w niektórych krajach ich wprowadzenie zostało spowolnione ze względu na obawy dotyczące prywatności. Na przykład Amerykańska Unia Wolności Obywatelskich potępiła te maszyny jako „wirtualne rozbierane”, ponieważ z dużą wyrazistością wyświetlają kontury ciała na ekranie komputera<sup>127</sup>. Zgłaszano wiele skarg do TSA na funkcjonariuszy płci męskiej, którzy w nieproporcjonalnym stopniu wybierali kobiety, do wielokrotnych kontroli bezpieczeństwa dla własnej rozrywki noszących także znamiona molestowania seksualnego.<sup>128</sup>

Po tych zarzutach oprogramowanie zostało dopracowane i chroni prywatność podróżnych, tworząc stylizowany obraz ciała zamiast bardzo szczegółowego obrazu z widocznymi częściami intymnymi.



**Fot. 1. Skaner ciała podczas kontroli pasażera**

Źródło: <https://www.swissinfo.ch/eng/airport-body-scanners-divide-swiss/8005214> [dostęp: 04.12.2023 r.]

<sup>127</sup> <https://www.swissinfo.ch/eng/airport-body-scanners-divide-swiss/8005214> [dostęp: 04.12.2023 r.]

<sup>128</sup> <https://www.cbsnews.com/texas/news/female-passengers-say-theyre-targeted-by-tsa/> [dostęp: 04.12.2023 r.]



Innym przykładem jest program TSA dotyczący kontroli pasażerów za pomocą technik obserwacyjnych (Screening Passengers by Observation Techniques, SPOT), wprowadzony w 2007 roku program wykrywania zachowań nietypowych, którego celem było wykrycie terrorystów. Kosztował on 900 milionów dolarów, ale okazało się, że nie ujawnił żadnych terrorystów<sup>129</sup>.

Środki bezpieczeństwa w teatrze działań są często specyficzne i reagują na konkretne zdarzenia, takie jak wymóg zdejmowania butów po próbie „zamachu bombowego w butach” w 2001 r.<sup>130</sup> czy wykorzystanie skanerów całego ciała po próbie „zamachowca w bieliźnie” w 2009 r.<sup>131</sup> Z tego powodu zwolennicy prywatności i bezpieczeństwa argumentują, że środki takie jak zdjęcie butów, sprzętu elektronicznego i płynów w celu osobnego skanowania można nie przynieść rezultatów, ponieważ napastnicy po prostu odwracają się od starych strategii<sup>132</sup>.

W teatrze bezpieczeństwa kluczową rolę odegrała utworzona dwa miesiące po atakach 11 września Agencja Bezpieczeństwa Transportu. Powołana przez administrację Busha, otrzymała nakaz zatrudnienia i przeszkolenia wystarczającej liczby funkcjonariuszy ds. bezpieczeństwa, aby w ciągu roku obsadzić 450 lotnisk w USA. Sześć miesięcy później znacznie rozszerzono federalny program podniebnych marszałków, wysyłając tysiące uzbrojonych funkcjonariuszy, mających zapobiegać zamachom podobnych do tych zorganizowanych przez Al-Qaidę. W międzyczasie TSA stopniowo intensyfikowała istniejące programy kontroli bagażu, zakazując umieszczania w torbach podręcznych zapalniczek, a następnie wszelkich płynów (nawet przez krótki czas mleka dla niemowląt). Na lotniskach ustawiono znaki ostrzegające pasażerów o szczególnie zabronionych przedmiotach: kulach śnieżnych, wkładkach do drukarek. Opracowano system ostrzegania oznaczony kolorami; naród został

---

<sup>129</sup> <https://airtraveldesign.guide/Security-Theater> [dostęp: 02.12.2023 r.]

<sup>130</sup> w grudniu 2001 r. schwytano terrorystę Richarda Reid'a przy próbie zdetonowania ładunku wybuchowego C-4 ukrytego w podeszwie buta. Reid chciał wysadzić w powietrze samolot z Paryża do Miami na Florydzie, którym leciał. Za: [https://www.rmf24.pl/ekonomia/news-shoe-bomber-stanie-dzis-przed-sadem,nld,217858#crp\\_state=1](https://www.rmf24.pl/ekonomia/news-shoe-bomber-stanie-dzis-przed-sadem,nld,217858#crp_state=1) [dostęp: 04.12.2023 r.]

<sup>131</sup> Jest to następstwo próby wysadzenia samolotu nad Detroit w Boże Narodzenie. Nigeryjski terrorysta Umar Farouk Abdulmutallab wszedł na pokład samolotu Northwest Airlines w Amsterdamie, mając pod ubraniem (w bieliźnie) materiały wybuchowe, ale urządzenie zamiast zdetonować, stanęło w płomieniach. Za: <https://www.swissinfo.ch/eng/airport-body-scanners-divide-swiss/8005214> [dostęp: 04.12.2023 r.]

<sup>132</sup> Tamże.

postawiony w „pomarańczowym alarmie<sup>133</sup>” na pięć lat z rzędu. W 2010 roku Departament Bezpieczeństwa Wewnętrznego, któremu od 2003 r. podlega TSA, zaczął wdrażać skanery całego ciała, które zaglądają przez ubranie i tworzą niemal nagie zdjęcia pasażerów linii lotniczych<sup>134</sup>.

Od 11 września Stany Zjednoczone i inne kraje wydały biliony dolarów na bezpieczeństwo podróży. Dla dużej liczby analityków bezpieczeństwa wydatki te nie mają sensu. Ogromne koszty nie są warte małych korzyści. Twierdzą, że nie tylko rzeczywiste zagrożenie ze strony terroryzmu zostało wyolbrzymione, ale też zdecydowana większość środków mających na celu jego powstrzymanie po 11 września to niewiele więcej niż to, co określamy za „teatrem bezpieczeństwa”<sup>135</sup>

Podczas pandemii Covid-19 niektóre środki, takie jak higiena powierzchni i kontrola temperatury na lotniskach, były krytykowane jako teatr bezpieczeństwa lub „teatr higieny”. W portach lotniczych (ale także w innych miejscach nie związanych z lotnictwem) teatr higieny, charakteryzował się praktyką stosowania środków higieny, które dawały iluzję większego bezpieczeństwa pasażerom, niewiele wnosząc, aby faktycznie minimalizować ryzyko zakażenia. Pandemia COVID-19.<sup>136</sup>

Istnieje także druga strona nadmiernego teatru bezpieczeństwa. Zastosowanie zbyt skomplikowanych procedur i środków może powodować odwrotny efekt do zamierzonego. Profesor Radomyski zwraca uwagę na interesujące badania związków i korelacji standardowych i podwyższonych środków bezpieczeństwa stosowanych w portach lotniczych

---

<sup>133</sup> Alert lotniczy koloru pomarańczowego to przedostatni stopień alarmu dla transportu powietrznego w czterostopniowej skali oznaczający m. in. możliwość zamachu terrorystycznego. Pomarańczowy alarm w USA to głównie sygnał dla lokalnych władz i policji, które same mają ocenić, jakie dodatkowe środki bezpieczeństwa i w jakich miejscach podjąć, by jak najbardziej ograniczyć zagrożenie. Oznaczać może zwiększenie kontroli na lotniskach, przejściach granicznych, ograniczenia w korzystaniu z niektórych tras lotniczych. Dokładniej mają być sprawdzane ładunki przewożone drogą lotniczą, kontrola pasażerów i ich bagażu. Za: <https://www.tvp.info/24554977/kolory-i-terminologia-nato-oznaczenia-zagrozenia-terrostopycznego> [dostęp: 02.12.2023 r.]

<sup>134</sup> <https://www.vanityfair.com/culture/2011/12/tsa-insanity-201112> [dostęp: 02.12.2023 r.]

<sup>135</sup> Tamże.

<sup>136</sup> <https://www.theatlantic.com/ideas/archive/2020/07/scourge-hygiene-theater/614599/> [dostęp: 04.12.2023 r.]

z intencjami pasażerów. Wyniki z przeprowadzonych badań wskazują, że podwyższone środki bezpieczeństwa wywołują dodatkowe obawy i niepokoje wśród pasażerów przed naruszeniami ich prywatności, zachowania godności osobistej i obawą przed upokorzeniem<sup>137</sup>.

## Wnioski

Teatr bezpieczeństwa odnosi się do środków bezpieczeństwa, które sprawiają, że ludzie mają poczucie się bezpieczniej, a naprawdę nie wpływają na poprawę bezpieczeństwa. Z definicji teatr bezpieczeństwa nie zapewnia żadnych korzyści w zakresie bezpieczeństwa ewentualnie korzyści są tak minimalne, że nie są warte poniesionych nakładów finansowych. Teatr bezpieczeństwa zazwyczaj obejmuje ograniczanie lub modyfikowanie aspektów zachowania ludzi lub otoczenia w bardzo widoczny i bardzo specyficzny sposób, co może obejmować potencjalne ograniczenia wolności osobistej i prywatności, od nieistotnych (konfiskata butelek z wodą tam, gdzie woda butelkowana może później zostać zakupiona) do znaczących, jak długotrwała kontrola osób aż do momentu, w którym doszło do nękania lub naruszenia intymności.

Zaawansowane technologicznie środki kontroli bezpieczeństwa w portach lotniczych, mają skrócić czas sprawdzania pasażerów, poprawić komfort podróży i poczucie bezpieczeństwa pasażerów. Rynek lotniczych przewozów zaczyna się zmieniać, na skutek niezadowolenia pasażerów i niektórych publicystów, domagających się skrócenia przedłużających się kontroli bezpieczeństwa. Znoszone są bezsensowne zakazy (np. tzw. zakaz 100 ml), jednak nadal odbywa się to kosztem portów lotniczych, które prowadzą do podnoszenia opłat lotniskowych w związku z dodatkowymi wydatkami na nowoczesne środki bezpieczeństwa.

Po pierwszych zastosowaniach nowych rozwiązań, przeprowadzono dalsze modyfikacje mające zapewnić przestrzeganie praw obywatelskich, w szczególności prywatności. Do pełnego rozwiązania konfliktu pomiędzy zapewnieniem realnego bezpieczeństwa a komfortem podróży ciągle długa droga,znaczona decyzjami polityków, regulatorów rynku, zarządzającymi portami lotniczymi oraz pracodawców.

---

<sup>137</sup> A. Radomyski, *Kształtowanie bezpieczeństwa w portach lotniczych z perspektywy pasażera* [w:] D. Bogusz, Porty lotnicze i morskie, Wydawnictwo LAW, Dęblin 2023, s. 16.

Pomimo wielu niedogodności podczas kontroli bezpieczeństwa, takich jak zdejmowanie butów, pasków, zabierania kosmetyków (czasami bardzo drogich) czy zakaz przewozu płynów w bagażu podręcznym, ludzie nie zaprzestają podróży lotniczych.

#### Literatura:

1. Bogusz D., *Najnowsze rozwiązania kontroli bezpieczeństwa w porcie lotniczym* [w:] D. Bogusz, Porty lotnicze i morskie, Wydawnictwo LAW, Dęblin 2023.
2. Ginger A. 2012. "Female Passengers Say They're Targeted By TSA « CBS Dallas / Fort Worth". Dfw.cbslocal.com. Za: <https://www.cbsnews.com/dfw/news/female-passengers-say-theyre-targeted-by-tsa/> [dostęp: 04.12.2023 r.]
3. *Informacja o wynikach kontroli, Ochrona cywilnego ruchu lotniczego w Polsce jako element bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego*, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 2012.
4. Radomyski A., *Kształtowanie bezpieczeństwa w portach lotniczych z perspektywy pasażera* [w:] D. Bogusz, Porty lotnicze i morskie, Wydawnictwo LAW, Dęblin 2023.
5. Schneier B., *Beyond Fear. Thinking sensibly about security in an uncertain world*, Copernicus Books, New York 2003.
6. [www.airtraveldesign.guide](http://www.airtraveldesign.guide)
7. [www.cbsnews.com](http://www.cbsnews.com)
8. [www.edition.cnn.com](http://www.edition.cnn.com)
9. [www.geekweek.interia.pl](http://www.geekweek.interia.pl)
10. [www.nik.gov.pl](http://www.nik.gov.pl)
11. [www.rmf24.pl](http://www.rmf24.pl)
12. [www.swissinfo.ch](http://www.swissinfo.ch)
13. [www.swissinfo.ch](http://www.swissinfo.ch)
14. [www.tampabay.com](http://www.tampabay.com)
15. [www.tampabay.com](http://www.tampabay.com)
16. [www.theatlantic.com](http://www.theatlantic.com)
17. [www.tvp.info](http://www.tvp.info)
18. [www.vanityfair.com](http://www.vanityfair.com)

**Dr Małgorzata Żmigrodzka**

**Lotnicza Akademia Wojskowa/Federacja Akademii Wojskowych**

**Orcid:** 0000-0003-3896-0819

## **Aviation in the era of the Russian-Ukrainian war, Małgorzata Żmigrodzka (Author)**

**Abstract:**

The purpose of this article is to examine what the situation of the civil aviation sector is like during the war crisis. The research method used in this article focused on a conceptual and comparative approach. The results of the research analysis mapped the current effects of the war on the international aviation sector, such as the change in passenger traffic, cargo traffic, aviation fuel prices and airfares, which directly affects the development of the global economy.

**Keywords:** war, conflict, Russia, Ukraine, aviation, crisis.

**Lotnictwo w dobie wojny rosyjsko - ukraińskiej.**

**Streszczenie:**

Celem artykułu jest zbadanie jak wygląda sytuacja sektora lotnictwa cywilnego w dobie kryzysu wojennego. Metoda badawcza zastosowana w tym artykule skupiała się na podejściu konceptualnym i porównawczym. Wyniki przeprowadzonej analizy badawczej odwzorują aktualne skutki wojny w międzynarodowym sektorze lotniczym, takie jak zmiana ruchu pasażerskiego, ruchu towarowego, cen paliwa lotniczego i opłat lotniczych, co bezpośrednio przekłada się na rozwój światowej gospodarki.

**Słowa kluczowe:** wojna, konflikt, Rosja, Ukraina, lotnictwo, kryzys

## Wstęp

W lutym 2022 r. Rosją zaatakowała Ukrainę, wskutek czego zamknięto przestrzeń powietrzną Ukrainy, Rosji, Białorusi i Mołdawii oraz zostały uziemione wszystkie przewozy pasażerskie zaplanowane do Ukrainy. W następnych miesiącach pojawiły się nowe sankcje i ograniczenie ruchu lotniczego pomiędzy Zachodem i Rosją. Działania te wywarły bardzo negatywne skutki na funkcjonowanie sektora lotniczego szczególnie w Europie Środkowej i Wschodniej. Głównie ucierpiały linie lotnicze, które realizowały połączenia lotnicze w przestrzeni nad Syberią, a która została zamknięta. Rynek rosyjski, białoruski, ukraiński i mołdawski razem stanowiły jedynie 2,3% całego ruchu lotniczego w roku 2021, a ok. 7% światowego ruchu lotniczego odbywało się nad Syberią. Pośrednio najpoważniejszym skutkiem wojny był wzrost cen paliwa lotniczego co w istotny sposób ma wpływ na poziom kosztów linii lotniczych<sup>138</sup>.

Wojna w Ukrainie jest jednym z czynników, które ograniczają działalność przewoźników europejskich. Niemal 40 państw, w tym kraje UE, Wielka Brytania i USA, zamknęło swoją przestrzeń powietrzną dla rosyjskich linii lotniczych. Rosja z kolei zakazała liniom lotniczym z większości tych krajów wstępu lub przelotów nad Rosją. Najbardziej dotknięte są rynki Europa-Azja oraz Azja - Ameryka Północna. Dotyczy to lotów między USA i północno-wschodnią Azją, a także między Europą Północną i większością Azji<sup>139</sup>. Brak możliwości oferowania połączeń na rynkach objętych wojną, a także loty długodystansowe które odbywały się nad Syberią musiały ulec zmianą. Ogólna sytuacja i nastroje w Europie doprowadziły do trudności z realizacją obsługi ruchu lotniczego w niektórych hubach<sup>140</sup>. W skali makroekonomicznej, rynek transportu lotniczego należy do największych sektorów gospodarki globalnej. Jako kluczowe elementy tego potężnego rynku należy wskazać porty lotnicze oraz przewoźników lotniczych. W ostatnich dekadach sektor został bardzo zliberalizowany w Europie i Stanach Zjednoczonych, ale wiele rynków ciągle jest zamkniętych. Lotnictwo nie jest oderwane od świata, w którym funkcjonuje, jego kształt jest konsekwencją decyzji politycznych podejmowanych przez różne

---

<sup>138</sup> Hoffmann, M., Neuenkirch, M. (2017). The Pro-Russian Conflict and its Impact on Stock Returns in Russia and the Ukraine. *International Economics and Economic Policy*, 14(1), 61–73. DOI: 10.1007/s10368-015-0321-

<sup>139</sup> Report: Global Outlook for Air Transport Times of Turbulence, IATA, June, 2022 r.

<sup>140</sup> <https://www.rynek-lotniczy.pl/wiadomosci/sebastian-mikosz-odchodzi-z-iata-16205.html>

rzędy. Globalizacja świata wynikająca przede wszystkim z rozwoju transportu, a w konsekwencji gospodarki światowej, powoduje, że przemieszczanie się osób i towarów stało się coraz łatwiejsze i co ważniejsze szybsze. Zjawisko, to zawsze odbierane było jako pozytywny aspekt rozwoju transportu, a rozwój technologiczny kierowany był m.in. na nieustanne zwiększenie parametrów podróżowania, z uwzględnieniem dodatkowo komfortu podróży<sup>141</sup>.

Kolejnym problemem jest zaopatrzenie w surowce i części samolotowe. Przykładem jest tytan - metal używanym w produkcji samolotów. Ukraina i Rosja są jednymi z głównych producentów tytanu, a rosyjska firma VSMPO-Avista była dostawcą tytanu dla Boeinga i Airbusa od 1991 roku<sup>142</sup>. Boeing dużo zainwestował w Rosji i niepodległej Ukrainie, otwierając biura dla inżynierów i pracowników obsługi klienta w obu krajach. Dwaj czołowi producenci samolotów zgodnie z narastającą sytuacją konfliktową wypowiedziało współpracę z rosyjskim dostawcą tytanu, mimo że import tytanu z Rosji nie jest objęty sankcjami nałożonymi na Moskwę po jej agresji na Ukrainę<sup>143</sup>.

### **Stanowisko Unii Europejskiej wobec konfliktu Rosja – Ukraina**

Polityka Unii Europejskiej mocno potępia wojnę od samego jej początku, co skutkuje pojawieniem się całej serii obostrzeń w handlu i embarg, oznaczających ograniczenie – przynajmniej formalne – dostaw rosyjskich i białoruskich produktów i surowców na obszarze Wspólnoty. Rada UE zdecydowała o wprowadzeniu od 1 stycznia 2024 roku 12. pakiet sankcji gospodarczych i indywidualnych w związku z nadal trwającą rosyjską wojną napastniczą przeciwko Ukrainie. Wprowadzone środki dodatkowo osłabiają zdolności do prowadzenia wojny przez Rosję, gdyż są wymierzone w wysokowartościowe sektory rosyjskiej gospodarki i utrudniają obchodzenie sankcji UE. Natomiast UE cały czas wspomaga Ukrainę i ich obywateli, a także tych, którzy są uchodźcami wojennymi.

---

<sup>141</sup> Dube K., Nhamo G., Chikodzi D. (2021), COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry, *Journal of Air Transport Management*. DOI:10.1016/j.jairtraman.2021.102022.

<sup>142</sup> W. Wasyleńko (2017), Przyczyna, charakter i cel zbrojnej agresji Rosji przeciwko Ukrainie, *Polonistyczno-Ukrainoznawcze Studia Naukowe*. doi.org/10.15804/PPUSN.2017.03.02.

<sup>143</sup> <https://biznes.interia.pl/gospodarka/news-airbus-rezygnuje-z-rosyjskiego-tytanu-zajmie-to-miesiace-ale,nld,6448997>, data dostępu: 16.12.2022 r.

Wojna powstrzymała także wielu turystów przed podróżowaniem. Według Światowej Organizacji Turystyki (UNWTO), europejskie destynacje są obecnie dotknięte tym problemem, ponieważ wielu turystów będzie trzymało się z dala od pochłoniętego wojną kontynentu<sup>144</sup>.

Z drugiej też strony wprowadzone ograniczenia dla strony rosyjskiej znacznie osłabiły także rynek turystyki rosyjskiej<sup>145</sup>, którą wypełniali do roku 2020 zapewniając ok 14 miliardów dolarów przychodów na całym świecie<sup>146</sup>. Rosjanie chętnie odwiedzali takie kraje jak Kuba, Indonezja, Tajlandia, Turcja, Malediwy, Seszele, Sri Lanka, Cypr, Niemcy i Grecję. W wyniku obostrzeń UE, samoloty zarejestrowane w Rosji lub gdzie indziej, ale dzierżawione lub wynajmowane przez rosyjskiego obywatela lub rosyjski podmiot nie mogą lądować na żadnym unijnym lotnisku ani przelatywać nad krajami UE. Zakaz dotyczy także samolotów prywatnych, np. odrzutowców biznesowych.

UE zakazała też eksportu do Rosji towarów i technologii stosowanych w przemyśle lotniczym i kosmicznym. W obecnej sytuacji, część Rosjan nadal wyjeżdża, ale ich kierunki i możliwości uległy znacznym zmianom.

### **Pasażerskie i towarowe przewozy lotnicze**

W 2021 r. ruch międzynarodowy między Rosją a resztą świata stanowił 5,2% światowego ruchu międzynarodowego, ale tylko 1,3% całkowitego ruchu światowego. Natomiast międzynarodowy ruch lotniczy do i z Rosji stanowił 5,7% całkowitego ruchu europejskiego w 2021 r. Od 25 marca 2022 r. 36 krajów, w tym kraje UE, Wielka Brytania i USA, zamknęło swoją przestrzeń powietrzną dla rosyjskich linii lotniczych. Rosja z kolei zakazała liniom lotniczym w większości tych krajów wjazdu lub przelotów nad Rosją. Kilka linii lotniczych z krajów, na które sankcje nie mają bezpośredniego wpływu, również tymczasowo ograniczyło loty do/z Rosji, na przykład w Japonii i Korei Południowej<sup>147</sup>.

---

<sup>144</sup> Nataliia V. Stukalo, Anastasiia Simakhova (2018), Social and economic effects of the war conflict in Ukraine for Europe, Geopolitics under Globalization, DOI: 10.21511/gg.02(1).2018.02.

<sup>145</sup> Mardones C. Economic effects of isolating Russia from international trade due to its 'special military operation' in Ukraine. Eur Plann Stud. 2022; 1–16.

<sup>146</sup> <https://www.dw.com/pl/bran%C5%BCa-turystyczna-odczuwalne-skutki-wojny/a-61516225>; as of May 15, 2022, r.

<sup>147</sup> IATA Factsheet, 2022.



Międzynarodowa sprzedaż biletów na rynkach globalnych raczej nie odczuła większych zmian. Może na początku konfliktu i było znaczne wycofanie się pasażerów a także zmian w grafiku lotów linii lotniczych spowodowanych obostrzeniami dotyczącymi korzystanie z przestrzeni powietrznej w obszarze konfliktu Ukraina – Rosja, a tym samym przydziałem slotów, czyli czasu na start i lądowanie w kluczowych portach lotniczych na całym świecie.

Sprzedaż biletów na wycieczki z USA do Europy na początku wybuchu konfliktu wyniosła 73% poziomu z 2019 r. i spadła do 65% wartości z 2019 r. W kolejnych miesiącach nastąpiło szybkie odbicie do około 74%, co pokazało, że spadek zaufania podróżnych był ograniczony. Ogólnie rzecz biorąc, w przypadku podróży do Europy Wschodniej pogorszenie było większe, a późniejsza poprawa słabsza

Początki konfliktu Ukraina – Rosja odczuły jako pierwsze linie lotnicze nie tylko ukraińskie, ale takie jak: Wizz Air, Turkish Airlines, Ryanair i LOT, bowiem to te linie lotnicze w 2019 r. realizowały najwięcej lotów międzynarodowych z Polski do Ukrainy. Wizz Air otworzył nawet bazę w Kijowie i Lwowie, jeszcze przed konfliktem, gdzie niestety zostały cztery samoloty z floty tego przewoźnika. PLL LOT swoją siatkę połączeń też znacznie miał powiązaną z trasami na Ukrainę, a także skrótem przez Syberię, który był bardzo ważny strategicznie dla rentownej obsługi lotów między Europą a Azją Północno-Wschodnią.

Niestety w wyniku konfliktu ukraińsko – rosyjskiego wszelkie zmiany w połączeniach znacznie wydłużyły trasy, co ostatecznie wpłynęło na zmianę polityki transportowej i ekonomicznej narodowego przewoźnika a tym samym obciążenia niektórych połączeń dalekodystansowych<sup>148</sup>.

Dobrze poradziły sobie linie niskokosztowe, których model biznesowy jest bardzo elastyczny i szybko dostosowuje się do danej sytuacji. W pierwszym półroczu 2022 roku względem roku 2021 przewoźnicy sieciowi odnotowali wzrost w liczbie przewożonych pasażerów o 219,5%, przewoźnicy niskokosztowi o 588,5%, a przewoźnicy czarterowi odnotowali wzrost o 118,4%. W związku z tym wzrósł udział w rynku przewoźników niskokosztowych (o 21,2 p. p.), natomiast

---

<sup>148</sup> Ibidem, s. 8.

spadł udział przewoźników sieciowych (o 11,7 p. p.) i przewoźników czarterowych (o 9,4 p. p.). Największy, tj. 35,2% udział w rynku miał Ryanair. Drugim przewoźnikiem pod względem udziału w rynku był PLL LOT, a trzecim Wizz Air. Największe wzrosty w całym półroczu względem pierwszej połowy roku 2021 odnotowali przewoźnicy: Ryanair (+5,1 mln pasażerów), Wizz Air (+2,5 mln pasażerów) i PLL LOT (+2,5 mln pasażerów).

W ramach przewozów regularnych w pierwszym półroczu 2022 roku najwięcej pasażerów podróżowało na trasach z/do Wielkiej Brytanii, a następnie Włoch i Niemiec. Trasy do Włoch zyskały większą popularność niż w pierwszej połowie roku 2019 (+100,1 tys. pasażerów). Podobnie więcej pasażerów niż w roku 2019 obsłużono na trasach do Turcji (+87,6 tys. pasażerów), na Cypr (+59,5 tys.) i do Gruzji (+31,3 tys.). Na pozostałych trasach nadal odnotowano jeszcze spadki względem roku 2019. Znakomita część tras zyskała jednak pasażerów względem roku 2021, przy czym największe wzrosty odnotowano w przypadku Wielkiej Brytanii, Włoch i Niemiec.

W przypadku kierunków czarterowych w pierwszej połowie 2022 roku najwięcej pasażerów poleciało do/z Turcji, Grecji i Egiptu. Względem roku 2019 więcej pasażerów poleciało na trasach do/z Egiptu (+65,9 tys. pasażerów), Dominikany (+34,5 tys.) i Meksyku (+21,7 tys.). Względem roku 2021 największe wzrosty odnotowały Turcja, Grecja i Egipt<sup>149</sup>.

Bardzo ważnym obszarem bez względu na okoliczności jest bezpieczeństwo lotnicze, gdzie IATA od dawna prowadzi politykę sprzeciwu wobec sankcji, które mogłyby spowodować pogorszenie bezpieczeństwa lotniczego. Zakaz eksportu części zamiennych do samolotów mógłby wpłynąć na bezpieczeństwo lotnicze wszystkich samolotów operujących w rosyjskiej przestrzeni powietrznej lub przelatujących nad nią lub w jej pobliżu. Dotyczy to na przykład samolotów, które w sytuacji awaryjnej mogą być zmuszone do zmiany kursu na rosyjskie lotniska.

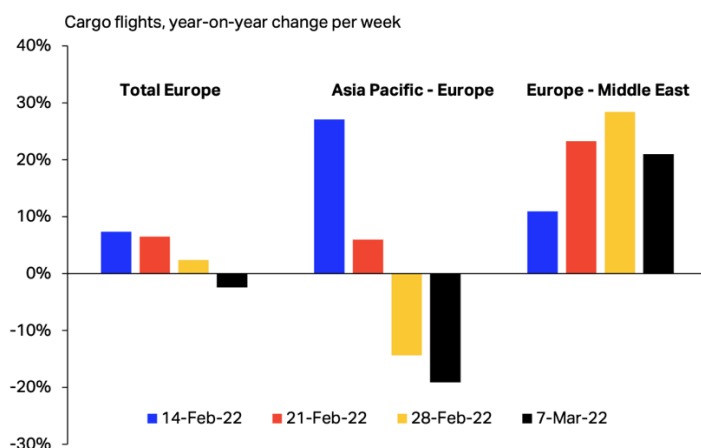
---

<sup>149</sup> Analiza przewozów w polskich portach lotniczych w pierwszej połowie roku 2022, Departament Rynku Transportu Lotniczego Warszawa, grudzień 2022 r.

Mimo odnotowanych strat przez przewoźników europejskich na poziomie 3,1 mld dolarów jeszcze w 2022 roku, najnowsze analizy przeprowadzone przez IATA zakładają, że w 2023 roku przewoźnicy wygenerują zysk na poziomie 621 mln dolarów. Popyt na usługi pasażerskie wzrośnie o 8,9 proc. To będzie 89,1 proc. poziomu sprzed pandemii.

Natomiast zakłócenia w sektorze towarowym spowodowane konfliktem między Rosją a Ukrainą miały ogromny wpływ, ponieważ oba kraje realizowały około 0,9% całkowitego światowego ruchu towarowego, na Rosję przypadało ok. 2,5%. W związku z aktualną sytuacją sektor międzynarodowych przewozów towarowych był i jest bardzo trudny do zastąpienia, ze względu na osiągnięcia w handlu międzynarodowym realizowanym przez te dwa kraje. Analiza globalnego popytu na ładunki lotnicze, mierzonego w tonokilometrach ładunku (CTK), wskazała o 3,5% miesięczny wzrost realizacji usług<sup>150</sup>.

Według danych IATA popyt na ładunki lotnicze wyrównuje się sezonowo i mimo wyższych cen i utrudnień z doborem tras przelotu dla spedycytorów, rynek cargo cały czas się rozwija i mierzy z wyzwaniami<sup>151</sup>(Rys. 1).



Rys. 1. Ewolucja lotów cargo na trasach dotkniętych konfliktem

Źródło: IATA, Factsheet, 2022

<sup>150</sup> War in Ukraine and Omicron Weighs on Air Cargo , link: <https://www.iata.org/en/pressroom/2022-releases/2022-05-03-01/>, data dostępu 10.12.2022 r.

<sup>151</sup> IATA. Global outlook for air transport times of turbulence. Montreal: IATA Publisher; 2022

Według analiz przeprowadzonych przez Urząd Lotnictwa Cywilnego w pierwszej połowie 2022 roku przewieziono prawie 88,9 tys. ton cargo „on board”, co stanowi wzrost o 52,1% w porównaniu do analogicznego okresu 2021 roku i o 55,2% względem pierwszej połowy 2019 roku. W drugim kwartale wzrost ten wyniósł 57,7% względem drugiego kwartału 2021 roku i 63,9% względem drugiego kwartału 2019 roku, a przewieziona została w tym okresie 49,1 tys. ton cargo<sup>152</sup>.

Największe wzrosty ilościowe w stosunku do pierwszej połowy 2021 roku odnotowano w przypadku USA (+10 tys. ton), Niemiec (+5,3 tys. ton) oraz Francji (+3,8 tys. ton). W stosunku do drugiego kwartału roku 2021 największe wzrosty również odnotowano w przypadku USA (+7,4 tys. ton), Niemiec (+3,9 tys. ton) i Francji (+2,8 tys. ton). W pierwszej połowie 2022 roku, a także w drugim kwartale, najwięcej cargo przewiózł PLL LOT – 23,3 tys. ton w półroczu i 12,4 tys. ton w kwartale. Na kolejnych miejscach w półroczu znajdowali się DHL i UPS, a w kwartale – DHL i Kalitta Air. Największym ilościowym wzrostem w stosunku do pierwszej połowy 2021 roku mógł pochwalić się PLL LOT (+4,4 tys. ton), a następnie Kalitta Air (+4,2 tys. ton) oraz Bluebird Nordic (+2,9 tys. ton). W drugim kwartale największy ilościowy wzrost względem analogicznego okresu 2021 roku odnotowali Kalitta Air (+3,9 tys. ton), Bluebird Nordic (+1,6 tys. ton) i PLL LOT (+1,3 tys. ton).

Analizując przewozy cargo pod względem lotnisk, największy tonaż w pierwszej połowie 2022 roku przewieziono ponownie z i na lotnisko Chopina w Warszawie – 50 tys. ton, co stanowi 56,5% całego cargo przewiezionego na pokładach samolotów w polskich portach lotniczych w tym okresie. W drugim kwartale z/do portu przewieziono 25,5 tys. ton cargo lotniczego. Największe wzrosty ilościowo w stosunku do analogicznych okresów roku 2021 osiągnął port lotniczy Rzeszów-Jasionka (15,4 tys. ton w półroczu i 11,2 tys. ton w drugim kwartale), a następnie lotnisko Katowice-Pyrzowice (6,7 tys. ton w półroczu i 3,5 w kwartale) oraz Chopina w Warszawie (6,3 tys. ton w półroczu i 1,9 tys. ton w kwartale). Biorąc pod uwagę przedstawione dane należy zaznaczyć, że część przewozów, szczególnie w porcie lotniczym

---

<sup>152</sup> Ibidem

Rzeszów-Jasionka, dotyczy transportów z towarami dla Ukrainy, której porty lotnicze pozostają zamknięte od momentu rozpoczęcia zbrojnej agresji Rosji.

### **Podsumowanie**

Konflikt zbrojny między Rosją a Ukrainą doprowadził do serii precedensowych sankcji nałożonych na Rosję i Białoruś przez UE, USA oraz inne kraje.

Szereg wpływów w sektorach lotnictwa międzynarodowego, takich jak: ruch pasażerski, ruch towarowy, ceny paliwa i ceny biletów lotniczych, ma również wpływ na rozwój szerszej gospodarki. Przedstawiciele zrzeszonych Państw w organizacjach lotniczych a także odpowiedzialnych za bezpieczeństwo pracują nad nowymi rozwiązaniami na wypadek pogłębiającego się wojny między Rosją a Ukrainą. Główne działania zmierzają w kierunku przyspieszenia porozumienia pokojowego szczególnie dotyczącego prawa międzynarodowego w zakresie ochrony i bezpieczeństwa międzynarodowego lotnictwa cywilnego. Problematyczne stały się dla lotnictwa dłuższe trasy spowodowane koniecznością unikania rosyjskiej przestrzeni powietrznej i strefy konfliktu, które mogą prowadzić do zmęczenia załogi, zarówno pilotów, jak i personelu pokładowego. Ryzyko zmęczenia związane z wydłużonym czasem pracy powinno zostać zidentyfikowane i uwzględnione w systemach zarządzania organizacjami lotniczymi. Dla lotnictwa ważne jest przywrócenie jak najszybciej bezpiecznego i rentownego ruchu lotniczego oraz wzmocnienie przemysłu lotniczego, aby mógł on przetrwać czasy kryzysu. Niestety mimo precyzyjnych zapisów i analiz w strategiach bezpieczeństwa państw, cały czas ruch lotniczy może spotkać się z nieprzewidywalną sytuacją w związku z konfliktem na wschodzie.

### **Bibliografia:**

1. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 marca 2020 r. w sprawie zakazów w ruchu lotniczym.
2. Report: Global Outlook for Air Transport Times of Turbulence, IATA, June, 2022 r., <https://www.globaldata.com/data-insights/transportation--infrastructure-and-logistics--travel-and-tourism/impact-of-russia-ukraine-conflict-on-the-airlines-industry/>, data dostępu: 12.12.2023 r.

3. Analiza przewozów w polskich portach lotniczych w pierwszej połowie roku 2022, Departament Rynku Transportu Lotniczego Warszawa, grudzień 2022 r.
4. Dube K., Nhamo G., Chikodzi D. (2021), COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry, *Journal of Air Transport Management*. DOI:10.1016/j.jairtraman.2021.102022.
5. Hoffmann, M., Neuenkirch, M. (2017). The Pro-Russian Conflict and its Impact on Stock Returns in Russia and the Ukraine. *International Economics and Economic Policy*, 14(1), 61–73. DOI: 10.1007/s10368-015-0321-3.
6. Mardones C. Economic effects of isolating Russia from international trade due to its ‘special military operation’ in Ukraine. *Eur Plann Stud*. 2022; 1–16.
7. Nataliia V. Stukalo, Anastasiia Simakhova (2018), Social and economic effects of the war conflict in Ukraine for Europe, *Geopolitics under Globalization*, DOI: 10.21511/gg.02(1).2018.02.
8. Wasylenko W.(2017), Przyczyna, charakter i cel zbrojnej agresji Rosji przeciwko Ukrainie, *Polonistyczno-Ukrainoznawcze Studia Naukowe*. doi.org/10.15804/PPUSN.2017.03.02.
9. War in Ukraine and Omicron Weighs on Air Cargo , link: <https://www.iata.org/en/pressroom/2022-releases/2022-05-03-01/>, data dostępu 10.12.2023 r
10. <https://biznes.interia.pl/gospodarka/news-airbus-rezygnuje-z-rosyjskiego-tytanu-zajmie-to-miesiace-ale,nId,6448997>, data dostępu: 11.12.2023 r.
11. <https://www.dw.com/pl/bran%C5%BCa-turystyczna-odczuwalne-skutki-wojny/a-61516225>; as of May 15, 2023 r.
12. <https://airlines.iata.org/analysis/war-in-ukraine-and-air-transport>, dostęp: 18.11.2023 r. Ibidem, s. 8.

**Lista rysunków:**

Rys. 1. Ewolucja lotów cargo na trasach dotkniętych konfliktem

**ppłk dr Marcin Sztobryn**

10.11.2023 r.

LAW Dęblin

ORCID: 0009-0004-4981-7713

m.sztobryn@law.mil.pl

## **Analysis of the preparation of technical personnel to operate M-346 aircraft. Selected aspects of security, Marcin Sztobryn (Author)**

**Analiza przygotowania personelu SIL do obsługi samolotów M-346. Wybrane aspekty bezpieczeństwa**

### **Abstract**

The technical progress of the M-346 aircraft in use entails the need to permanently use proven instruments that reduce the level of risk in the process of their operation. At the same time, it is crucial to search for optimal preventive tools and to determine the actual safety levels of the operation process.

Human activity, as well as the new systems created, will in no way ensure error-free operation and the elimination of all lurking threats. It can be concluded that the presented number of potential errors of aircraft operating personnel indicates the complexity of the maintenance (service) process. In the past, circumstances occurred many times, even during the standard performance of duties, in which an error or violation of applicable regulations and/or procedures occurred.

Reducing potential errors related to the maintenance process of M-346 aircraft required the involvement of appropriately trained technical personnel. Therefore, the purpose of the material is to evaluate the preparation of engineering and aviation service personnel to operate M-346 Bielik aircraft.

**Keywords:** evaluation, preparation, technical staff, M-346 aircraft, flight safety.

**Streszczenie**

Postęp techniczny użytkowanych samolotów M-346 niesie ze sobą konieczność permanentnego wykorzystywania sprawdzonych instrumentów, ograniczających poziom ryzyka w procesie ich eksploatacji. Jednocześnie kluczowe staje się poszukiwanie optymalnych narzędzi działających prewencyjnie oraz określanie rzeczywistych poziomów bezpieczeństwa procesu eksploatacji.

Aktywność człowieka, jak również powstałe nowe systemy w żadnym wypadku nie zapewnią bezbłędnego działania oraz wyeliminowania wszelkich czyhających zagrożeń. Można stwierdzić, że przedstawiona liczba potencjalnych błędów personelu eksploatującego samoloty świadczy o złożoności procesu utrzymania (obsługi). W przeszłości wielokrotnie, w trakcie nawet standardowego wykonywania obowiązków, pojawiały się okoliczności, w których dochodziło do powstania błędu czy też naruszenia obowiązujących przepisów i/lub procedur.

Ograniczenie potencjalnych błędów związanych z procesem utrzymania samolotów M-346 wymagało zaangażowania odpowiednio przeszkolonego personelu. SIL. Stąd też celem materiału jest ewaluacja przygotowania personelu służby inżynieryjno-lotniczej do obsługi samolotów M-346 Bielik.

**Słowa kluczowe:** ewaluacja, przygotowanie, personel SIL, samolot M-346, bezpieczeństwo lotów

**Wstęp**

Samoloty szkolno-treningowe M-346 „Bielik” już stanowią o postępie technologicznym i szkoleniowym Polskich Sił Powietrznych. Przed zakupem dominowały różne opinie – od negatywnych aż po te jak najbardziej pozytywne<sup>153</sup>.

W bazie lotnictwa szkolnego dostępne są odpowiednie środki finansowe na zakup wszystkich niezbędnych urządzeń, materiałów i części zapasowych. Jednak to wyłącznie odpowiednio

---

<sup>153</sup> Zob. M. Sztobryn, *Wybrane procedury bezpieczeństwa eksploatacji samolotu M-346 „Bielik”, „Studia Społeczne”* 2023, nr 1(40), s. 78.



przeszkolony personel jest w stanie efektywnie korzystać z tych zasobów. Ten fakt wynika z roli, jaką personel SIL pełni w obszarach obsługi oraz naprawy samolotów M-346.

Kwestia optymalnego przygotowania personelu służby inżynieryjno-lotniczej zajmuje badaczy już od wielu dekad<sup>154</sup>. Proces utrzymania samolotów M-346 stawia przed personelem niezwykle wysokie wymagania w sferze specjalistycznej wiedzy i umiejętności. Możliwość w pełni efektywnej eksploatacji zależy od właściwie wykształconej i przeszkolonej kadry systemu utrzymania samolotów M-346.

Stąd też celem materiału jest ewaluacja wybranych aspektów przygotowania personelu służby inżynieryjno-lotniczej do obsługi samolotów M-346 Bielik. Aby zrealizować ten cel, skupiono się na kilku elementach metodologicznych. Przedmiotem badań jest personel służby inżynieryjno-lotniczej samolotów M-346 oraz jego przygotowanie do realizacji specyficznych zadań obsługowych. Problem badawczy, jaki zasygnalizowano, został wyrażony pytaniem: Czy aktualne przygotowanie personelu SIL spełnia wymogi konieczne do realizacji zadań związanych z obsługą nowoczesnych samolotów szkolno-treningowych M-346?

Do głównych metod badawczych tego materiału zaliczamy analizę i syntezę, kwerendę literatury przedmiotu oraz wnioskowanie. Skorzystano również z metody ankiety przeprowadzonej wśród personelu SIL oraz pilotów samolotów M-346.

Do prowadzonych badań wykorzystano różnorodne źródła literaturowe, włączając w to książki, artykuły, akty prawne. Materiał składa się z trzech części, które stanowią wyniki prowadzonych badań. Pierwsza zwraca uwagę na personel służby inżynieryjno-lotniczej. Druga wskazuje na subiektywne oceny przygotowania personelu SIL do obsługi nowoczesnych samolotów szkolno-treningowych, które wyrazili sami zainteresowani. Trzecia część ujmuje oceny wyrażone przez pilotów samolotów M-346. Całość została podsumowana w zakończeniu, gdzie występują stosowne wnioski i spostrzeżenia. Mając na względzie lepszą percepcję prowadzonych wywodów, przywołałem materiały w postaci wykresów oraz tabel.

---

<sup>154</sup> D. Bogusz, *Szkolenie selekcyjne kandydatów na pilotów wojskowych w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*, LAW, Dęblin 2020, s. 7.

Adresatem tej pracy mogą być Ci wszyscy, dla których zagadnienia lotnictwa nie są obce. Ze względu na wielość wątków możliwych do poruszenia w tym temacie, materiał należy traktować jako przyczynek do szerszych studiów.

### **1. Personel służby inżynieryjno-lotniczej M-346**

Analiza literatury fachowej związanej z procesem eksploatacji samolotów w SZRP pozwoliła na rozłożenie procesu eksploatacji samolotów M-346 na części składowe. Proces utrzymania statków powietrznych odbywa się w konkretnych konfiguracjach eksploatacyjnych, nazywanych systemem eksploatacyjnym. W przypadku M-346 Bielik jest on realizowany w tzw. systemie utrzymania samolotów M-346 (SUtS M-346).

Bezpieczeństwo użytkowania samolotów M-346 zależy od profesjonalnie (bezbłędnie) wykonanej obsługi technicznej. Personel SIL wykazujący duże kompetencje posiada zdolność do samodzielnego identyfikowania i rozwiązywania występujących problemów, co pozwala im wykrywać wszelkie nieprawidłowości w systemach. Warto również dodać, że tacy pracownicy posiadają zdolności, aby skutecznie rozwiązywać nietypowe problemy<sup>155</sup>, a najbardziej doświadczeni są w stanie wykonywać nawet skomplikowane zadania, pomimo posiadania ograniczonych informacji<sup>156</sup>.

Utrzymanie zdolności technicznej samolotów M-346 polega na przeprowadzaniu regularnych przeglądów (przedlotowych, polotowych, okresowych), przeprowadzaniu działań profilaktycznych oraz kontrolowaniu stanu przy użyciu specjalistycznych metod diagnostycznych.

Samo przygotowanie samolotu do lotu wymaga zrealizowania licznych działań koniecznych do utrzymania jego sprawności technicznej. Odpowiedzialność za ich wykonanie ponoszą ludzie, czyli mechanicy, technicy i inżynierowie z pionu technicznego. Niewątpliwie powinni posiadać właściwy zakres wiedzy, doświadczenie, wyobraźnię, a także niezwykle ważne cechy

---

<sup>155</sup> M. Juchnowicz, *Elastyczne zarządzanie kapitałem ludzkim w organizacji wiedzy*, Difin, Warszawa 2007, s. 53.

<sup>156</sup> L. Dulina, M. Gaso, M. Kramarova, D. Plinta, *Wydajność pracowników i ergonomiczny program prewencyjny*, „Zarządzanie Przedsiębiorstwem”, 3/2017, s. 3.

osobowościowe: systematyczność, zdyscyplinowanie i poczucie odpowiedzialności za realizowane obowiązki<sup>157</sup>.

Rozpatrując wpływ czynnika ludzkiego na realizację czynności obsługowych należy podkreślić konieczność optymalnego wykorzystanie najkorzystniejszych atrybutów i umiejętności człowieka przez co istnieje możliwość zmaksymalizowania pozytywnych aspektów ludzkiej wydajności. Stanowią one fundament niezakłóconej realizacji zadań i minimalizacji popełnianych błędów<sup>158</sup>. Ma to na celu zagwarantowanie właściwego poziomu niezawodności samolotów, przy akceptowalnym poziomie bezpieczeństwa podczas procesu szkolenia lotniczego, ze spełnieniem wymogu utrzymania wysokiego wskaźnika sprawności i gotowości samolotów

Proces szkolenia personelu SIL jest długi, z uwagi na bardzo szerokie spektrum przedmiotowe. Organizowany jest w oparciu o zatwierdzone programy szkolenia w kilku następujących etapach: szkolenie wdrażające, podstawowe szkolenie inżynieryjno-lotnicze, szkolenie na typ sprzętu lotniczego, praktyka bezpośredniego obsługiwanie sprzętu lotniczego, uzyskiwanie dodatkowych uprawnień, doskonalenie zawodowe.

Jednym z podstawowych wymogów stawianych kandydatom na specjalistów obsługi M-346 była znajomość języka angielskiego na poziomie biegłości STANAG 6001 oraz SET (kurs terminologii fachowej).

Odnosząc się do kwestii wykształcenia personelu SIL samolotów M-346, stwierdzono, że większość z nich ukończyła Szkołę Podoficerską Sił Powietrznych SPSP, blisko jedna piąta personelu SIL jest po uczelni cywilnej, średnio co dziesiąty specjalista po WAT, LAW lub SCH.

Wśród badanego personelu SIL samolotów M-346, jak przedstawiono to w tabeli 1, zdecydowaną większość stanowili podoficerowie zawodowi z 11–20-letnim doświadczeniem.

---

<sup>157</sup> W. Sarnowski, *Realizacja procesów obsługowych samolotów F-16w bazach lotniczych rozmieszczonych na terytorium Polski*, AON, Warszawa 2012, s. 42.

<sup>158</sup> L. Dulina, M. Gaso, M. Kramarova, D. Plinta, *Wydajność...*, dz. cyt., s. 3.

Ogólną próbę w ponad 80% stanowili sami podoficerowie, 13,7% oficerowie, natomiast pozostały odsetek badanych to szeregowi i pracownicy resortu obrony narodowej. Najwięcej badanych pracowników technicznych pracowało w średnim przedziale czasowym stażu pracy, czyli między 5 a 20 lat (65,6%), najmniej było natomiast pracowników o dłuższym stażu zawodowym, wynoszącym ponad 20 lat (10,7%).

**Tabela 1. Rozkład danych z uwagi na przydział respondentów do korpusu i staż pracy**

Korpus	Staż pracy				Razem
	Poniżej 5 lat	5-10 lat	11-20 lat	Powyżej 20 lat	
<b>Oficer</b>	2,3%	3,8%	6,9%	0,8%	13,7%
<b>Podoficer zawodowy</b>	17,6%	13,7%	39,7%	9,2%	80,2%
<b>Szeregowy zawodowy</b>	3,8%	0,8%	0,0%	0,0%	4,6%
<b>Pracownik resortu obrony narodowej</b>	0,0%	0,8%	0,0%	0,8%	1,5%

**Źródło:** opracowanie własne.

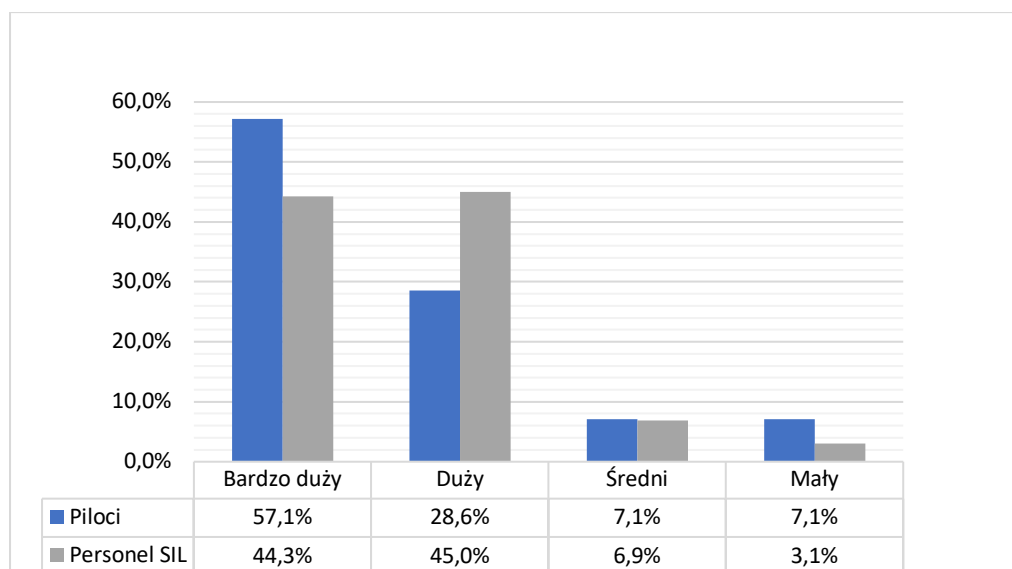
Efektem zrealizowanych badań są charakterystyki liczbowe odnoszące się do badanej domeny oraz wnioski w zakresie korelacji występujących zjawisk, które przedstawiono w następnej części. Opinie wyrażone przez poszczególnych członków personelu SIL pozwoliły poznać poglądy na istniejące oraz potencjalne problemy związane z procesem szkolenia personelu SIL i jego wpływem na jakość obsługi samolotów. Respondenci dokonali również samooceny swojego udziału w procesach, które mają zapewnić optymalne realizowanie zadań w bazie lotnictwa szkolnego (w tym szkoleniowych).

## 2. Ocena przygotowania personelu SIL do wykonywania zadań w procesie utrzymania samolotów.

Aby zapewnić efektywną eksploatację samolotów M-346, niezwykle istotne jest właściwe przygotowanie personelu. W związku z tym w gronie respondentów znajdowali się praktycznie wszyscy członkowie realizujący zadania w eskadrach obsługujących i zabezpieczających eksploatację samolotów M-346 (grup osobowych, z różnorodnym stażem pracy).

Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród personelu eksploatującego samoloty M-346 wyraźnie potwierdziły istotność optymalnego przygotowania personelu SIL. Zdecydowana większość badanych, zarówno piloci, jak i personel SIL, wskazała, że ma to bardzo duży wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji samolotów M-346 (patrz na wykres 1). Ponadto, podkreślili, że ma to istotne znaczenie dla efektywności i sprawności wykorzystania tych samolotów w działaniach operacyjnych. Badani zaznaczyli, że wysoki poziom przygotowania personelu jest wręcz niezbędny ze względu na ciężącą na nich odpowiedzialność za właściwe obsługiwanie samolotów.

**Wykres 1. Ocena wpływu przygotowania personelu SIL na bezpieczeństwo eksploatacji samolotów M-346**



**Źródło:** opracowanie własne.

Aktualnie personel obsługi technicznej napotyka na typowe wyzwania dla początkowego etapu wprowadzenia samolotów M-346 do eksploatacji. Ten okres charakteryzuje się wieloma nowymi i specyficznymi procedurami, które muszą być ściśle przestrzegane zgodnie z ustanowionymi standardami obsługi technicznej. Warto zaznaczyć, że personel ma obecnie ograniczone doświadczenie oraz kompetencje w tym zakresie. Jednak wyniki przedstawione na wykresie 2. świadczą, że personel SIL bez odpowiednich umiejętności nie zostanie wyznaczony do wykonywania czynności obsługowych na samolocie M-346. Zdecydowana większość personelu wskazała, że taka okoliczność nie występuje.

**Wykres 2. Procentowy odsetek dopuszczania personelu bez kompetencji do eksploatacji samolotów M-346**

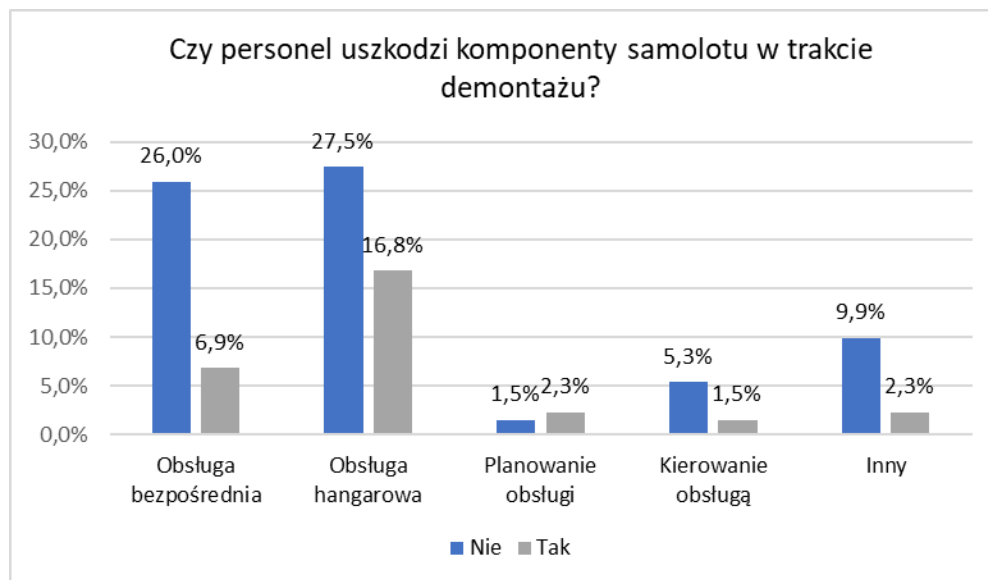


**Źródło:** opracowanie własne.

Na wykresie 3. przedstawiono odsetek występowania niewłaściwych zachowań lub działań personelu SIL, według opinii pracowników o różnym charakterze pracy. Zauważono, że w procesie obsługi samolotów M-346, pojawiają się nieliczne trudności związane z niewłaściwie wykwalifikowanym personelem odpowiedzialnym za czynności eksploatacyjne. Na podstawie opinii stwierdzono, że odsetek personelu odpowiedzialnego za obsługę samolotów M-346 napotyka na trudności związane z demontażem elementów samolotu. Jednak zdecydowana większość personelu SIL nie identyfikuje takowego problemu. Niemniej istnieje

prawdopodobieństwo, że zidentyfikowano problemy wynikające z braków w przygotowaniu personelu SIL.

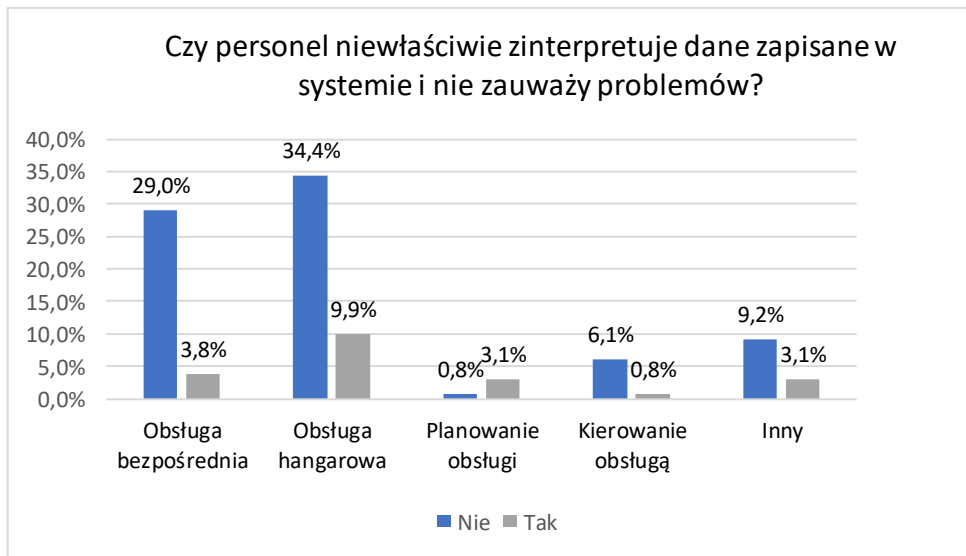
### Wykres 3. Procentowy odsetek uszkodzenia komponentów samolotów M-346 w trakcie demontażu



**Źródło:** opracowanie własne.

Na wykresie 4 przedstawiono wyniki odnośnie potencjalnych błędów w odczycie danych zapisanych w systemie. Zdecydowana większość personelu SIL nie zauważa problemu. Odsetek personelu obsługi hangarowej zwraca uwagę na takie prawdopodobieństwo. Również nieliczni podoficerowie odpowiedzialni za bezpośrednią obsługę samolotów kierują uwagę na problem z odczytaniem danych eksploatacyjnych. Warto podkreślić, że w wielu przypadkach procedury diagnostyczne oparte na wizualnym sprawdzeniu czy demontażu danych podzespołów doczekały się zastąpienia przez elektroniczne systemy diagnostyczne, które są całkowicie bezinwazyjne. Charakteryzują się mnogością połączonych w sieć nowoczesnych sensorów, służących do monitorowania elementów samolotu M-346.

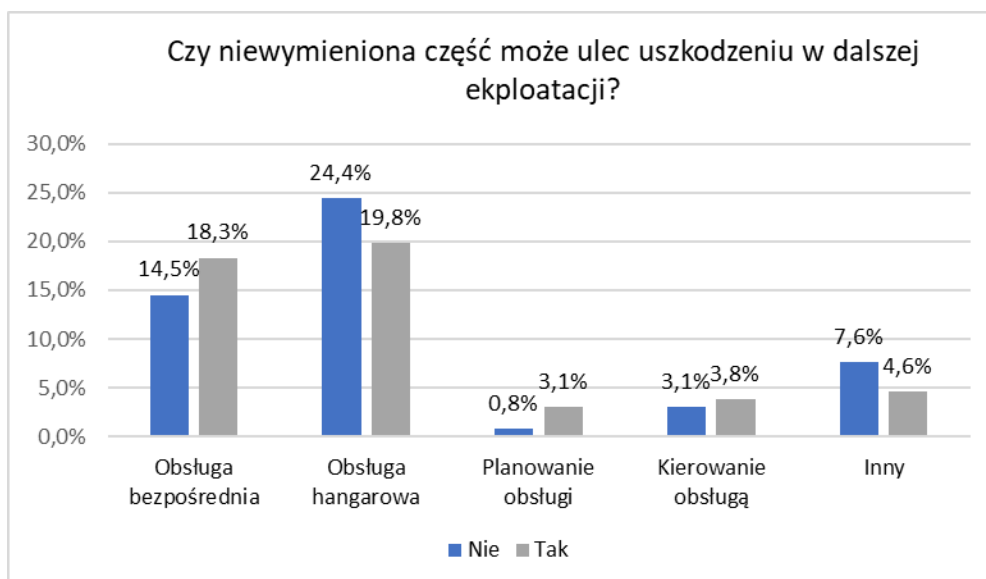
**Wykres 4. Procentowy odsetek niewłaściwie zinterpretowanych danych zapisanych w systemie, które generują problemy**



**Źródło:** opracowanie własne.

Zauważono, że nieliczny personel SIL może doświadczać problemów związanych z wadliwym montażem części. Co ważne połowa badanych wyraziła przekonanie, że niewłaściwy montaż części może prowadzić do niesprawności samolotu w dalszej eksploatacji (wyk. 5).

**Wykres 5. Procentowy odsetek opinii, iż niewymieniona część może ulec uszkodzeniu w toku eksploatacji**

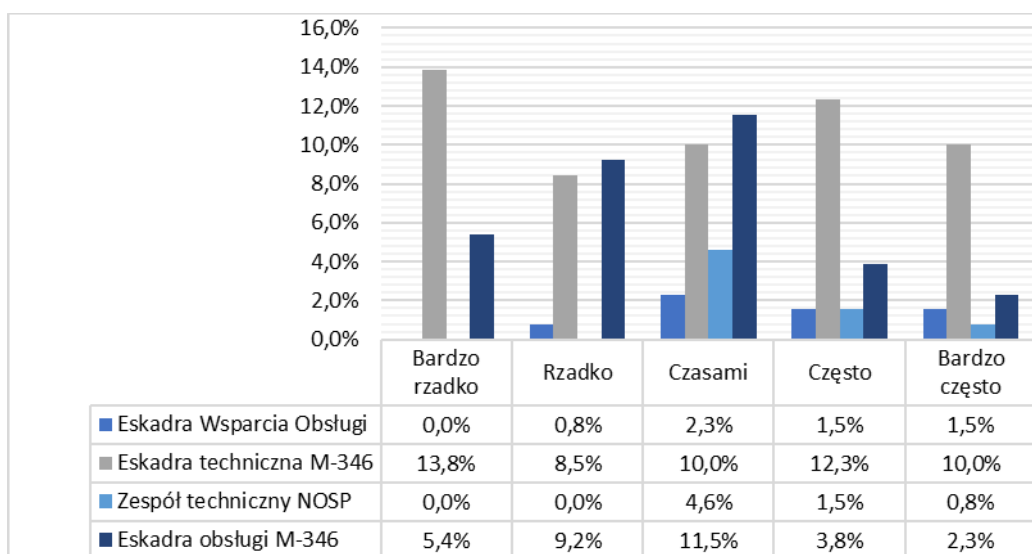


**Źródło:** opracowanie własne.



Odnośnie trudności i problemów związanych z samodzielnym wykonywaniem czynności obsługowych (wyk. 6), zauważono, że jedna trzecia personelu SIL wskazała na ten problem. Najczęściej dostrzegany jest przez personel eskadry technicznej. Z jednej strony wydaje się to zrozumiałe, bo w tej eskadrze realizowane są zupełnie nowe i najbardziej złożone czynności obsługowe na samolocie M-346. Z drugiej – może świadczyć o brakach w wyszkoleniu.

**Wykres 6. Zależność między miejscem wykonywanej pracy a trudnościami związanymi z samodzielną obsługą samolotów M-346**



**Źródło:** opracowanie własne.

Aktualnie, tworzenie doskonałego programu szkolenia, który opiera się wyłącznie na wielokrotnym powtarzaniu określonych, często rutynowych czynności, okazuje się niewystarczające. Pożądaną cechą specjalisty SIL staje się zdolność do samodzielnego myślenia, często w sposób krytyczny, co pozwala na wyciągnięcie nieszablonowych wniosków w zmiennych sytuacjach. Wydaje się konieczne opuszczenie starego schematu działania, który bazuje na powtarzalnych czynnościach. W celu sprostania wyzwaniom związanym z przygotowaniem personelu SIL do tych nowych wymagań, konieczne jest badanie systemu szkolenia i identyfikacja ewentualnych braków, aby zwiększyć jego efektywność.

### 3. Ewaluacja przygotowania personelu SIL dokonana przez pilotów samolotów M-346

Pilotowanie samolotu wojskowego to wykonywanie wielu złożonych zadań kumulujących wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne pilota. Pilot samolotu M-346 odpowiada za bezpieczeństwo lotów i powodzenie misji<sup>159</sup>. Personel techniczny decyduje o przekazaniu samolotów M-346 do procesu użytkowania. Generalnie, dopuszczenie samolotu M-346 do lotów oznacza, że samolot został sprawdzony i pozostaje w gotowości do realizacji lotów. Pilot przejmuje samolot M-346 od personelu technicznego po zrealizowaniu przedsięwzięć kontrolnych, wynikających z dokumentacji technicznej<sup>160</sup>.

W związku z tym dodatkowo sprawdzono, jak piloci oceniają przygotowanie personelu SIL do obsługi samolotów M-346. Analizując wyniki uzyskane w badaniach, można zauważyć, że w większości przypadków piloci w dużej mierze oceniają przygotowanie personelu SIL jako dobre lub bardzo dobre.

Rozpatrując wyniki uzyskane w badaniach, można zauważyć, że piloci w dużej mierze oceniają przygotowanie personelu SIL jako dobre lub bardzo dobre pod kątem obsługi bieżącej samolotów M-346 oraz przekazywania samolotów do realizacji misji lotniczych (wyk. 7). Podczas wykonywania przeglądu samolotu M-346 pilota obowiązuje proceduralna kolejność czynności (trasa przeglądu)<sup>161</sup>.

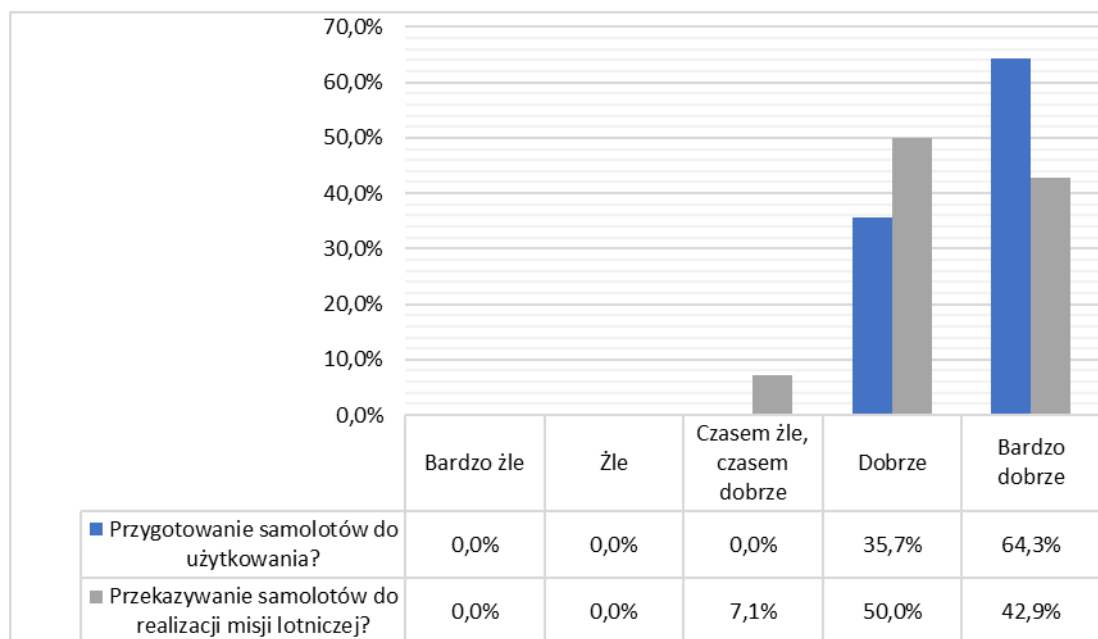
---

<sup>159</sup> D. Bogusz., *Selekcja i szkolenie lotnicze pilotów wojskowych w Wielkiej Brytanii*, LAW, Dęblin 2020, s. 5.

<sup>160</sup> Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych, *Instrukcja służby inżynieryjno-lotniczej lotnictwa Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (ISIL-2017)*, MON, Bydgoszcz 2017.

<sup>161</sup> Por. M. Sztobryn, *Eksploatacja techniczna śmigłowca SW-4*, „Zeszyty Naukowe WSOSP”, nr 3, Dęblin 2016, s. 186.

**Wykres 7. Ocena przygotowania samolotów do użytkowania przez personel SIL oraz przekazywania samolotów do realizacji misji lotniczej**



**Źródło:** opracowanie własne.

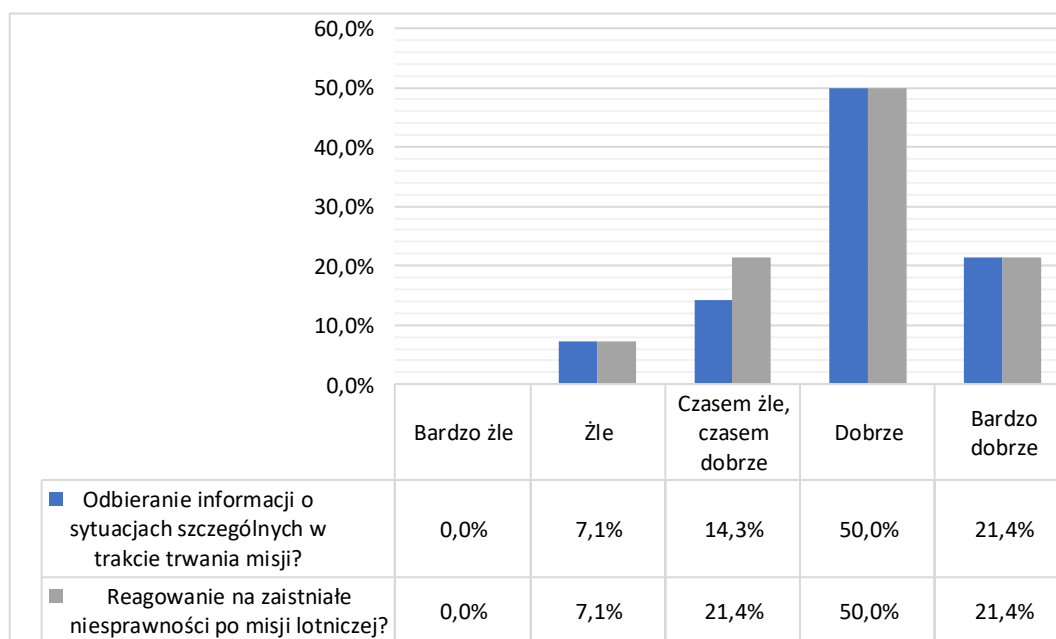
Po zakończeniu zadań lotniczych (ZL), pilot pozostaje w ścisłej współpracy z personelem technicznym.

Doświadczenie w dziedzinie lotnictwa pokazuje, że w trakcie lotów mogą występować różnego rodzaju nieprawidłowości w działaniu samolotów. Pilot ma obowiązek monitorować wszelkie odstępstwa od prawidłowego funkcjonowania samolotu. Po zakończeniu lotu, piloci informują personel techniczny o wszystkich wykrytych nieprawidłowościach. Składanie raportów na temat wszystkich zdarzeń, nieprawidłowości i wniosków, które mogą przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa lotów, odgrywa kluczową rolę. Pilot, poprzez dokładne informowanie personelu technicznego, inicjuje proces mający na celu wyjaśnienie przyczyn oraz podjęcie odpowiednich działań korygujących<sup>162</sup>. Celem staje się usunięcie zaobserwowanych niesprawności (naprawy, regulacje, napełnienia).

<sup>162</sup> Instrukcja Bezpieczeństwa Lotów Lotnictwa SZ RP, (IBL-2015), Szt. Gen. 1681/2015, MON, Poznań 2015.

Analizując wyniki uzyskane w badaniach, odnoszące się do odbierania informacji o sytuacjach szczególnych w trakcie trwania misji można zauważyć, że piloci w dużej mierze oceniają je jako dobre lub bardzo dobre (wyk. 8). Tożsame opinie związane są z reagowaniem na zaistniałe niesprawności po misji lotniczej.

**Wykres 8. Ocena odbierania informacji o sytuacjach szczególnych w trakcie trwania misji oraz reagowania na zaistniałe niesprawności po misji lotniczej przez personel SIL oraz przekazywania samolotów do realizacji misji lotniczej**



**Źródło:** opracowanie własne.

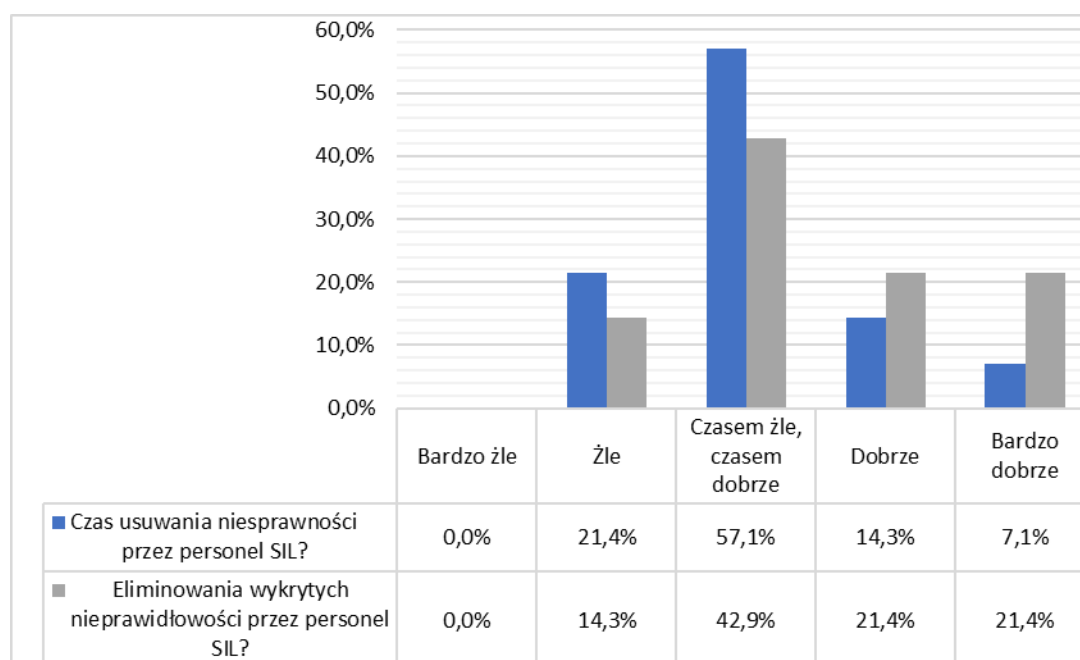
Personel techniczny po uwzględnieniu informacji uzyskanych od personelu latającego przechodzi do działania, w tym:

- decyduje o statusie statków powietrznych;
- informuje o statusie statków powietrznych personel kierujący lotami;
- tworzy karty niesprawności statków powietrznych uczestniczących w działaniach operacyjnych.

W razie zaistnienia zdarzenia lotniczego lub gdy nastąpiło przekroczenie ograniczeń eksploatacyjnych samolotu, o możliwości wykonania kolejnego zadania lotniczego przez załogę decyduje organizator lotów.

Większy odsetek negatywnych oraz mieszanych ocen pojawił się przy pytaniu o eliminowanie wykrytych nieprawidłowości (wyk. 9). Szczególnie słabo oceniany przez badanych aspekt dotyczył czasu usuwania usterek, gdzie tylko jedna piąta pilotów wyraziła pozytywną opinię. Ten problem może być powiązany z poziomem przygotowania oraz działalnością personelu SIL zaangażowanego w usuwanie usterek samolotów M-346 w eskadrze technicznej. Dodatkowym czynnikiem opóźnień mogą być problemy związane z planowaniem, dostarczaniem lub trwałym brakiem dostępnych części zamiennych.

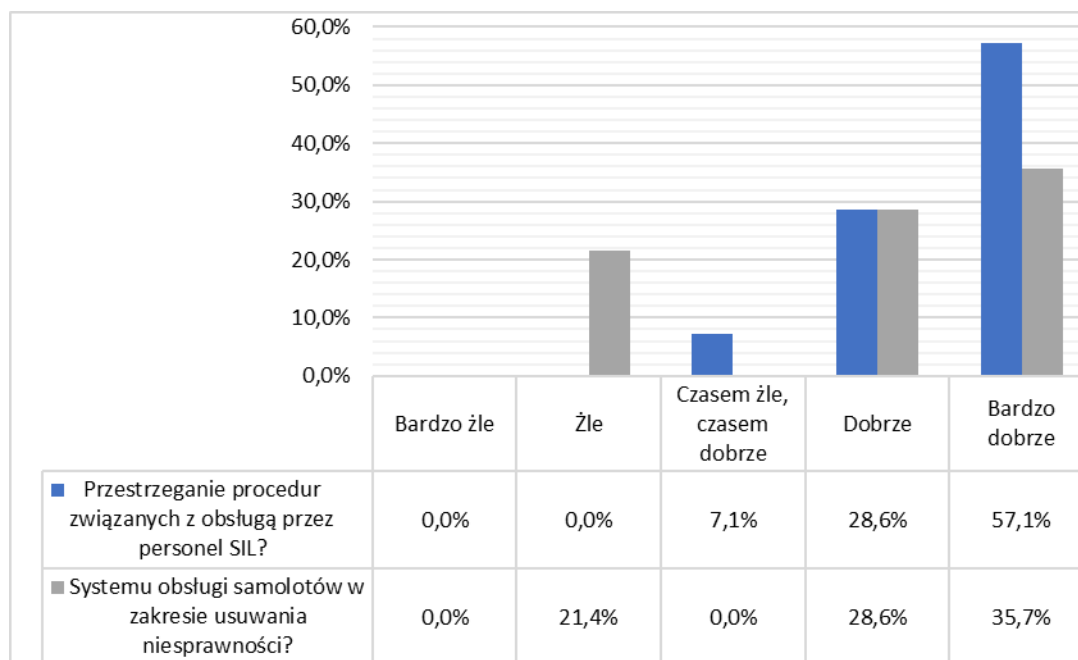
**Wykres 9. Ocena czasu usuwania niesprawności przez personel SIL oraz eliminowania wykrytych nieprawidłowości**



**Źródło:** opracowanie własne.

Analizując wyniki przeprowadzonych badań, można zauważyć, że piloci w większości przypadków dobrze lub bardzo dobrze oceniają personel SIL w kontekście przestrzegania procedur obsługi. Jednak odsetek pilotów wskazał na pewne niedoskonałości w systemie obsługi samolotów w zakresie usuwania niesprawności (wyk. 10).

**Wykres 10. Ocena przestrzegania procedur związanych z obsługą realizowaną przez personel SIL oraz systemu obsługi samolotów w zakresie usuwania niesprawności**



**Źródło:** opracowanie własne.

W ostatniej dekadzie ogromny nacisk ukierunkowano na działania podnoszące niezawodność samolotów<sup>163</sup>. Warto zauważyć, że efektywne działanie obsługowe zależy m.in. od bezproblemowego demontażu i montażu agregatów czy nieskomplikowanego dostępu do elementów samolotu<sup>164</sup>. Dlatego bardzo ważnym czynnikiem oddziałującym na szybkość wykonywania obsługi czy usunięcia niesprawności jest podatność eksploatacyjna<sup>165</sup>. Wpływa na czas trwania zabiegów regulacji, diagnostyki oraz pracochłonność obsługiwania<sup>166</sup>.

<sup>163</sup> M. Sztobryn, P. Borecki, *Pokrycia i powłoki ochronne stosowane w lotnictwie cywilnym i wojskowym – stan obecny i tendencje rozwojowe*, [w:] *Lotnictwo nowej generacji. Strategie, technologie, rozwiązania*, red. A. Radomyski, P. Malinowski, LAW, Dęblin 2019, s. 1.

<sup>164</sup> J. Błaszczuk, J. Kamiński, *Szacunkowa analiza porównawcza podatności obsługowej samolotów bojowych*, II Konferencja Eksploatacji Techniki Wojskowej, Kielce 2000.

<sup>165</sup> Podatność eksploatacyjna (obiektu) jest to zbiór właściwości (cech) obiektu określających jego przystosowanie do eksploatacji w konkretnych warunkach, obejmujących takie cechy jak: podatność użytkowa, podatność obsługowa, podatność naprawcza i inne.

<sup>166</sup> M. Moczarski, *Podatność obsługowa pojazdów szynowych – istota, znaczenie, metody oceniania*, Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2008, s. 74.

## Podsumowanie

W opracowaniu przedstawiono zaawansowane informacje o charakterze technicznym, logistycznym oraz organizacyjnym. Szczególnej wagi nabrała sprawa bezpieczeństwa związana z ludźmi, którzy przy zaawansowaniu konstrukcji samolotu M-346 muszą posiadać właściwy zasób kompetencji. Rzeczywistość eksploatacyjna nakłada na personel SIL samolotów M-346 wymóg dysponowania szeroką wiedzą z zakresu licznych skategoryzowanych procedur.

Niewątpliwie wszystkie aspekty związane z przygotowaniem personelu SIL są kluczowe dla zapewniania bezpieczeństwa szkolenia lotniczego.

Z przedstawionej treści wynika kilka wniosków końcowych:

1. Operatorzy samolotów M-346 poddawani są oddziaływaniom różnych czynników, mogącym ujawnić się w trakcie realizacji zadań. Niemniej to przeszkolony personel obsługi technicznej odpowiada za rozpoznawanie, wykluczanie niedoskonałości konstrukcyjnych, problemów poremontowych oraz skutków nieprzestrzegania ograniczeń statku powietrznego.
2. W efekcie optymalnie realizowanej obsługi technicznej przeszkolony personel w odpowiednim czasie rozpoznaje i eliminuje wszelkie błędy w różnych sferach i płaszczyznach procesu eksploatacji samolotów M-346, by skutecznie przeciwdziałać sytuacji wypadkowej.
3. Skuteczne środki zaradcze przeciwdziałające błędom w procesie utrzymania samolotów M-346 wymagają podejścia systemowego, które uwzględnia nie tylko kwestie związane z technikami i ich środowiskiem pracy, ale także czynniki organizacyjne, takie jak procedury, harmonogram zadań i szkolenia.

Twierdzą tym samym, że cel tego artykułu został spełniony. Udało się potwierdzić, że aktualne przygotowanie personelu SIL spełnia wymogi konieczne do realizacji zadań związanych z obsługą nowoczesnych samolotów szkolno-treningowych M-346.

## Bibliografia

- Błaszczuk J., Kamiński J., *Szacunkowa analiza porównawcza podatności obsługowej samolotów bojowych*, II Konferencja Eksploatacji Techniki Wojskowej, Kielce 2000.

- Bogusz D., *Selekcja i szkolenie lotnicze pilotów wojskowych w Wielkiej Brytanii*, LAW, Dęblin 2020.
- Bogusz D., *Szkolenie selekcyjne kandydatów na pilotów wojskowych w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*, LAW, Dęblin 2020.
- Dulina L., Gaso M., Kramarova M., Plinta D., *Wydajność pracowników i ergonomiczny program prewencyjny*, „Zarządzanie Przedsiębiorstwem”, 3/2017,
- *Instrukcja Bezpieczeństwa Lotów Lotnictwa SZ RP*, (IBL-2015), Szt. Gen. 1681/2015, MON, Poznań 2015.
- *Instrukcja służby inżynieryjno-lotniczej lotnictwa Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (ISIL-2017)*, Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych, MON, Bydgoszcz 2017.
- Juchnowicz M., *Elastyczne zarządzanie kapitałem ludzkim w organizacji wiedzy*, Difin, Warszawa 2007,
- Moczarski M., *Podatność obsługowa pojazdów szynowych – istota, znaczenie, metody oceniania*, Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2008
- Sarnowski W., *Realizacja procesów obsługowych samolotów F-16w bazach lotniczych rozmieszczonych na terytorium Polski*, AON, Warszawa 2012.
- Sztobryn M., Borecki P., *Pokrycia i powłoki ochronne stosowane w lotnictwie cywilnym i wojskowym – stan obecny i tendencje rozwojowe*, [w:] *Lotnictwo nowej generacji. Strategie, technologie, rozwiązania*, red. A. Radomyski, P. Malinowski, LAW, Dęblin 2019.
- Sztobryn M., *Eksplatacja techniczna śmigłowca SW-4*, „Zeszyty Naukowe WSOSP”, nr 3, Dęblin 2016.
- Sztobryn M., *Wybrane procedury bezpieczeństwa eksploatacji samolotu M-346 „Bielik”*, „Studia Społeczne” 2023, nr 1(40).