

BRYNIARSKA ZOFIA

dr inż., Politechnika Krakowska,
Wydział Inżynierii Lądowej, Katedra Systemów Transportowych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: z_bryn@pk.edu.pl

SZCZYGIEŁ ANETA

inż., absolwentka studiów I stopnia kierunku: Transport, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: aneta.szczygiel10@gmail.com

Analiza punktualności lotów samolotów pasażerskich w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice¹

Streszczenie: Z punktu widzenia pasażerów jedną z ważniejszych cech jakości jest punktualność. W transporcie lotniczym wykonanie operacji przez samoloty i ich obsługa naziemna są znacznie bardziej czasochłonne, a ponadto mocno uzależnione od warunków atmosferycznych. Celem artykułu jest przeprowadzenie analizy punktualności, określenie struktury i wielkości odchyłek punktualności oraz opóźnień i przyspieszeń rejsów pasażerskich wykonywanych w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice. W artykule przedstawiono podstawowe informacje o Międzynarodowym Porcie Lotniczym w Balicach oraz jego historię i wielkość ruchu lotniczego w ostatnich latach. Omówiono najczęstsze przyczyny opóźnień oraz kody opóźnień opracowane przez Międzynarodowe Zrzeszenie Przewoźników Powietrznych. Zdefiniowano miary i wskaźniki punktualności. Przedstawiono strukturę odchyłek punktualności oraz ocenę statystycznych miar położenia i zmienności odchyłek od punktualności, przyspieszeń i opóźnień lotów dla okresu 12 miesięcy. Analizę punktualności lotów przeprowadzono z podziałem na rejsy krajowe i międzynarodowe w tym okresie oraz dla wybranych dwóch miesięcy roku z podziałem na poszczególne dni. W podsumowaniu przedstawiono wnioski końcowe analizy punktualności samolotów pasażerskich oraz opisano najczęstsze przyczyny opóźnień występujące w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice wraz ze sposobem ich eliminowania.

Słowa kluczowe: transport lotniczy, punktualność, opóźnienie, odchyłka punktualności.

Wprowadzenie

W portach lotniczych wykonywane są operacje statków powietrznych oraz ich obsługa naziemna. Wszystkie obowiązki i procedury wykonywane na lotnisku muszą zapewniać spełnienie podstawowych warunków bezpieczeństwa oraz jakości transportu lotniczego pasażerskiego i towarowego [1]. Z punktu widzenia pasażerów jedną z ważniejszych cech jakości jest punktualność. W lotnictwie granice tolerancji punktualności są inne niż w pozostałych gałęziach transportu. Wykonanie operacji i ich obsługa jest znacznie bardziej czasochłonna, a ponadto warunki pogodowe utrudniają lub uniemożliwiają wykonywanie przylotów i odlotów samolotów, a także ograniczają wydajność naziemnych usług lotniczych.

Celem artykułu jest przeprowadzenie analizy punktualności, określenie struktury i wielkości odchyłek punktualności oraz opóźnień i przyspieszeń rejsów wykonywanych

w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice. Okres analizy obejmuje 12 miesięcy: od lipca 2016 do sierpnia 2017 roku. Przeprowadzono analizę punktualności niezależnie dla lotów międzynarodowych i krajowych. Dla wybranych dwóch miesięcy: lutego i maja, oprócz analizy struktury opóźnień i przyspieszeń lotów, wyznaczono ich średnie wartości dla poszczególnych dni miesiąca.

Charakterystyka Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II w Balicach

Kraków Airport jest największym regionalnym portem lotniczym w Polsce. Jest położony na wysokości 241 m n.p.m., 11 km na zachód od centrum Krakowa. W strefie dojazdu do 90 minut zamieszkuje 10,4 mln mieszkańców Małopolski i Śląska. Gdy czas dojazdu zostanie zwiększony do 120 minut to obszar oddziaływania lotniska obejmuje 14,5 mln mieszkańców między innymi z Czech (1,37 mln) i Słowacji (0,57 mln)². Ogólna powierzchnia portu wynosi 310 ha, z czego 27,5 ha znajduje się w zarządzie spółki Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II Kraków-Balice Sp. z o.o. W skład powierzchni ogólnej nie wchodzi część wojskowa³.

Pierwszy terminal pasażerski w Balicach rozpoczął działalność w 1967 roku, niespełna dwa lata po przekazaniu przez władze wojskowe obszaru pod działalność cywilną. Przepustowość terminalu wynosiła wówczas 300 pasażerów na godzinę. W kolejnych latach lotnisko rozwijało się, w roku 1971 droga startowa została wzmocniona i wydłużona o 400 metrów, zbudowano również drogi kołowania. W roku 1975 z portu lotniczego obsługiwane były połączenia krajowe: do Warszawy i Gdańska, a także międzynarodowe na Bałkany (do Warny, Burgas, Konstancy, Budapesztu)⁴.

Stale przybywało chętnych do podróżowania drogą lotniczą, stąd w roku 1989 została rozpoczęta budowa dworca lotniczego przystosowanego do obsługi międzynarodowego ruchu o przepustowości 280 tysięcy pasażerów na rok. W roku 1995 lotnisko Kraków-Balice stało się liderem wśród regionalnych lotnisk. W skali kraju port zajmował drugie miejsce pod względem wielkości i standardu. Od 30 listopada 1995 roku port nosi imię papieża Jana Pawła II.

² <http://www.krakowairport.pl/pl/b2b,c56/uslugi-lotnicze,c57/bettercountonnumbers,c58/obszar-oddziaływania,a844.html> [27.12.2017]

³ <http://www.krakowairport.pl/pl/lotnisko,c94/informacje-o-lotnisku,c95/informacje-podstawowe,a278.html> [27.12.2017]

⁴ <http://repozytorium.wsb-nlu.edu.pl/bitstream/handle/11199/8796/13368.pdf?sequence=4> [27.12.2017]

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019. Wkład autorów w publikację Z. Bryniarska 50%, A. Szczygieł 50%

Najbardziej dynamiczny rozwój lotniska nastąpił po roku 2000, kiedy to został otwarty terminal cargo, strefa wolnocłowa oraz parking dla samochodów i autobusów na 756 miejsc.

W kolejnych latach terminal pasażerski został podzielony na dwie części: na terminal krajowy oraz terminal międzynarodowy. Powstała również luksusowa poczekalnia dla pasażerów I klasy i nastąpiła dalsza rozbudowa portu. W roku 2004 wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej na krakowskim lotnisku pojawili się pierwsi przewoźnicy niskokosztowi.

Od roku 2006 krakowskie lotnisko, jako pierwsze w kraju, posiada połączenie kolejowe z centrum miasta. Zakończenie budowy łącznika między płytą postojową a drogą startową nastąpiło w 2010 roku. Nowa droga kołowania została zbudowana w celu zwiększenia przepustowości płyty postojowej z 17 do 30 operacji na godzinę. Od roku 2013 do 2017 trwała wielka inwestycja budowy nowego terminalu pasażerskiego [2]. W jej wyniku lotnisko uzyskało przepustowość 7 884 000 pasażerów w roku. Przepustowość ta jest liczona dla 6 godzin szczytowych, po 1800 pasażerów odprawianych w strefie przylotów i odlotów w 365 dni roku⁵.

4 listopada 2019 roku został obsłużony na lotnisku 7 milionowy pasażer i wiele wskazuje na to, że jeszcze w tym roku z usług lotniska skorzysta pasażer numer 8 milionów⁶. I tak po dwóch latach od zakończenia budowy nowego terminalu osiągnięto zakładaną przepustowość. Od 2015 roku dynamika wzrostu liczby pasażerów obsługiwanych w roku wynosiła 16,0–18,2%⁷. Liczba obsługiwanych pasażerów w 2016 roku wyniosła – 4 983 645, a 2017 – 5 829 190, a w 2018 – 6 759 683.

Powstał już Plan Generalny – Kraków Airport 2036⁸, który zakłada kolejną rozbudowę terminalu pasażerskiego, aby poprawić funkcjonalność i zwiększyć jego przepustowość do 12 milionów pasażerów rocznie w 2036 roku.

Klasyfikacja lotniska oraz infrastruktura terminalu pasażerskiego

Międzynarodowy Port Lotniczy w Balicach posiada jedną drogę startową z kierunkiem 25 oraz 07. Kierunek 25 znajduje się po wschodniej stronie pasa, natomiast 07 po zachodniej. Wykonywanie operacji lotniczych na danym kierunku drogi startowej jest uzależnione od warunków pogodowych. Oświetlenie na kierunku 25 obejmuje system świateł podejścia ALPA-ATA kategorii II. Na kierunku 07 zainstalowany jest uproszczony układ świateł podejścia do lądowania systemu IDMAN. Lotnisko w Krakowie posiada również pomoce nawigacyjne takie jak ILS, NDB, DVOR. Płyta postojowa zajmuje powierzchnię 90 000 m², umożliwia ona postój 19

samolotów o literze kodu C, czyli najczęściej odwiedzających port w Balicach: Airbus A320 oraz Boeing 737.

Według użytkowej klasyfikacji portów lotniczych krakowskie lotnisko jest portem o podstawowym znaczeniu, wykonującym zadania poziomu III. Oznacza to, że wykonywane są rejsy regularne w komunikacji międzynarodowej o dalekim zasięgu i ruchu średniego zasięgu (europejskie), a także bliskiego zasięgu (krajowe). Zasięg lotów wynosi więcej niż 3500 km. Kod lotniska to 4D, długość drogi startowej mieści się w granicach 2500 – 3500 m, ponieważ wynosi 2550 m, a szerokość 60 m⁹. Międzynarodowy Port Lotniczy Kraków-Balice posiada kod IATA: KRK oraz kod ICAO: EPK.

Siatka połączeń w latach 2016–2017

Krakowskie lotnisko jest lotniskiem niekoordynowanym, co oznacza, że rozkład rejsów nie jest układany przez port, lecz dyktowany przez przewoźników. Lotnisko jest czynne całą dobę, rejsy wykonywane są od godziny 05:50 do godziny 00:00.

W 2016 roku z krakowskiego lotniska połączenia rozkładowe były oferowane przez 21 przewoźników do 67 portów w 19 krajach. Połączeń rozkładowych było 77, a czarterowych 9. Natomiast w 2017 roku połączenia rozkładowe oferowane były przez 19 przewoźników do 73 portów lotniczych w 21 państwach do 64 miast. Połączeń regularnych było 83. W 2018 roku liczba połączeń wzrosła do 112 rozkładowych i 13 czarterowych. Liczba przewoźników zwiększyła się do 24 i obsługiwali oni do 91 portów lotniczych w 81 miastach i w 28 krajach¹⁰.

Najczęstsze przyczyny opóźnień samolotów

Najczęstszym powodem opóźnień samolotów są niekorzystne czynniki, takie jak pogoda lub zatłoczenie portu lotniczego. Jednak w lotnictwie istnieją systematyczne i przewidywalne opóźnienia dla linii lotniczych. Oznacza to, że pewne opóźnienia można wdrożyć do harmonogramu obsługi od samego początku. Takim przewidywalnym opóźnieniem jest między innymi czas na odladanie samolotu w okresie zimowym. Na niektórych lotniskach nie jest on wliczany do czasu obsługi naziemnej. Samolot po opuszczeniu płyty postojowej w strefie kołowania zatrzymuje się na krótką chwilę, gdzie z włączonymi silnikami jest poddawany czynnościom odladania.

Na punktualność ma również wpływ wielkość ruchu pasażerskiego w terminalu. Przy bardzo dużym natężeniu ruchu w punktach kontroli bezpieczeństwa oraz podczas kontroli paszportowej powstają zatłoczenia. Przez to spóźnieni pasażerowie pojawiają się w strefie *gate* na ostatnią chwilę. W przypadku rejsów regularnych statek powietrzny bez względu na spóźnionych pasażerów jest zobligowany do wykonania startu według harmonogramu. Natomiast

⁵ <http://www.krakowairport.pl/pl/lotnisko,c94/informacje-o-lotnisku,c95/zaplecze-operacyjne,a280.html> [dostęp 25.11.2019]

⁶ <https://krakow.wyborcza.pl/krakow/7,44425,25374544,krakow-airport-czekajana-pasazera-numer-8-milionow.html> (dostęp 25-11-2019)

⁷ https://www.ulc.gov.pl/_download/regulacja_rynku/statystyki/ (dostęp 25-11-2019)

⁸ <http://krakowairport.pl/blog/krakow-airport-2036-najwazniejsze-inwestycje/> (dostęp 25-11-2019)

⁹ <http://www.krakowairport.pl/pl/lotnisko,c94/informacje-o-lotnisku,c95/zaplecze-operacyjne,a280.html> [dostęp 29.12.2017]

¹⁰ <http://www.krakowairport.pl/pl/b2b,c56/uslugi-lotnicze,c57/bettercountnumbers,c58/statystyki,c68/podsumowanie-roku-2016,a984.html> [dostęp 30.12.2017]

w przypadku rejsów czarterowych samolot nie powinien wykonywać dalszych czynności, jeśli w terminalu, w strefie *gate* znajdują się pasażerowie tego lotu. Również przez późne przybycie pasażerów na lotnisko opóźnione jest dostarczenie bagaży do sortowni, a tym samym do samolotu.

Na opóźnienie odlotu samolotu mają także wpływ: długość zaplanowanego czasu realizacji rejsu, punktualność przylotu, jak również wydajność naziemnych usług lotniczych. Statki powietrzne wykonują loty w tzw. rotacjach, czyli dany rejs przylotowy jest związany z rejsem odlotowym. Taką zależność można zauważyć po numerach lotu: przykładowo dla rejsu linii Lufthansa z Monachium do Krakowa numer rejsu jest następujący LH 1626. Następnie wykonywany jest rejs z Krakowa do Monachium, którego numer rejsu jest o jeden większy, czyli LH 1627. Rotacje nie zawsze muszą być wykonywane na tych samych odcinkach. Jeśli samolot z jednego odcinka rotacji się opóźni to można stwierdzić, iż jedno opóźnienie powoduje opóźnienia w całym obrocie statku powietrznego i sieci linii lotniczej. Wartość opóźnienia nie jest skutkiem tylko dla pojedynczego samolotu, ale jego skutkiem dla całego harmonogramu operacyjnego¹¹.

Kody opóźnień IATA

Międzynarodowe Zrzeszenie Przewoźników Powietrznych (IATA) ustanowiło kody opóźnień występujących w lotnictwie. Służą one standaryzacji informacji o opóźnieniach na całym świecie. Dzięki temu lotniska przekazują między sobą informacje o opóźnieniach, wysyłając kody *delay*¹². Informacje przekazują agenci *handlingowi* z lotniska wylotu do lotniska docelowego przez międzynarodowy program informacyjny stworzony przez SITA (firmę, która zajmuje się usługami telekomunikacyjnymi na lotniskach)¹³.

Kody opóźnień zostały podzielone na 10 grup, każda grupa obejmuje przyczyny opóźnień z danego sektora. Kod opóźnienia składa się z dwóch cyfr. Pierwsza cyfra przyporządkowuje przyczynę do odpowiedniego sektora. Numery początkowe kodów opóźnień wraz z sektorami przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Numery początkowe kodów opóźnień wraz z sektorem	
Numer początkowy kodu	Sektor
0	Inne
1	Pasażerowie i bagaże
2	Ładunki i poczta
3	Obsługa statków powietrznych i ramp
4	Sprzęt techniczny i lotniczy
5	Uszkodzenie samolotów lub awaria sprzętu automatycznego
6	Operacje lotnicze i załoga
7	Pogoda
8	Ograniczenia zarządzania ruchem lotniczym
9	Rotacyjne

Źródło: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/facts-and-figures/coda-reports/standard-iata-delay-codes-ahm730.pdf> [dostęp 06.01.2018]

¹¹ <https://www.eurocontrol.int/search/martina%2Bjetzki> [12.01.2018]

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/IATA_delay_codes [dostęp 06.01.2018]

¹³ [https://en.wikipedia.org/wiki/SITA_\(company\)](https://en.wikipedia.org/wiki/SITA_(company)) [dostęp 06.01.2018]

Dalej w każdym sektorze są zdefiniowane szczegółowe przyczyny odchyłek punktualności. Powstały one w wyniku analizy rzeczywistych sytuacji prowadzących do opóźnień. Przykładowe kody dla grypy opóźnień „1” (Pasażerowie i bagaże) i „7” (Pogoda) zostały przedstawione w tabeli 2. Struktura ilościowa opóźnień w każdej grupie się zmienia. Obecnie można na przykład zaobserwować coraz częściej pojawiające się sytuacje, w których została sprzedana większa liczba biletów niż jest miejsc na pokładzie. Linie lotnicze, mając nadzieję, że część pasażerów się nie zjawi, powiększają swój zysk, dbając o maksymalne wykorzystanie miejsc w samolocie. W razie wystąpienia *oversale* szukani są pasażerowie ochotnicy, którzy zgodzą się na odlot w innym terminie. Podjęcie takiej decyzji i znalezienie ochotników bywa czasochłonne i często wpływa na opóźnienie wykonania rejsu. Jednak najczęstszymi przyczynami opóźnień w lotnictwie są niekorzystne warunki pogodowe, takie jak mgły, śnieżyce lub burze. Występujące złe warunki atmosferyczne uniemożliwiają starty i lądowania zarówno w portach odlotu, jak i docelowych oraz są one trudne do przewidzenia.

Tabela 2

Kody opóźnień „1” i „7”	
Numer kodu	Przyczyna
Grupa opóźnień „1” (Pasażerowie i bagaże)	
11	Przedłużona odprawa check-in, przyjęcie po terminie
12	Przedłużona odprawa check-in, zatłoczenie w strefie odpraw
13	Błąd odprawy pasażerów i bagaży
14	Błąd systemu rezerwacyjnego, oversale
15	Opóźniony boarding, brak odprawionych wcześniej pasażerów
16	Brakujące zaopatrzenie komercyjnie samolotu (prasa, posiłki)
17	Późne lub nieprawidłowe zamówienie cateringowe podane dostawcy
18	Opóźnione sortowanie bagażowy
19	Wydłużony boarding osoby niepełnosprawnej
Grupa opóźnień „7” (Pogoda)	
71	Warunki pogodowe na lotnisku wylotu
72	Warunki pogodowe na lotnisku docelowym
73	Warunki pogodowe na trasie
75	Odladanie samolotu
76	Usuwanie śniegu, lodu, wody, piasku z lotniska
77	Warunki pogodowe stanowią zagrożenie dla obsługi naziemnej

<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/facts-and-figures/coda-reports/standard-iata-delay-codes-ahm730.pdf> [dostęp 06.01.2018]

Mierniki i wskaźniki związane z punktualnością

Czas wykonania operacji zgodnie z czasem rozkładowym, a także odchyłki od punktualności są kluczowymi wskaźnikami dla wszystkich zainteresowanych stron, takich jak linie lotnicze lub porty lotnicze. Są one powiązane z kosztami bezpośrednimi ze względu na utratę produktywności, jak również kosztów pośrednich z powodu utraty czasu i lojalności pasażerów [3].

Punktualność oznacza, że dana czynność jest wykonana o zaplanowanej porze lub w czasie ściśle określonym. Wiąże się ona z dotrzymaniem umówionego terminu i brakiem opóźnień. Opuszczenie punktu początkowego, a także dotarcie do punktu końcowego podróży jest wykonana zgodnie z czasem rozkładowym [4, 5].

Odchyłka od punktualności jest miernikiem i została wyrażona jako różnica między czasem rozkładowym odlotu bądź przylotu t_{rozkl} , a czasem rzeczywistym tych operacji t_{rzecz} . Wartości odchyłki są wyznaczone w minutach. Mają wartości dodatnie, gdyż samolot zakończył operację po czasie rozkładowym lub ujemne, gdy operacja odbyła się przed czasem rozkładowym.

Rozkład odchyłek punktualności pozwala na pokazanie wszystkich wartości odchyłki punktualności od najmniejszych do największych w postaci szeregu rozdzielczego przedziałowego.

Wskaźnik punktualności w transporcie lotniczym wyrażany jest jako stosunek liczby lotów bez opóźnienia L_p do wszystkich lotów ogółem L_o [6].

W lotnictwie, podobnie jak w innych gałęziach transportu, stosuje się pojęcie tolerancji punktualności. Granice wartości tolerancji przy opóźnieniach na trasach krajowych wynoszą 5 minut, a dla lotów międzynarodowych 15 minut. Odloty i przyloty wykonane z opóźnieniami, które nie przekraczają tych norm, uznawane są za punktualne. Do przedziału tolerancji punktualności zaliczone zostały wyłącznie opóźnienia z powodu braku precyzyjnego wskazania granic tolerancji dla rejsów przyspieszonych.

Sposób gromadzenia danych

Dane do przeprowadzenia analizy punktualności lotów zostały pozyskane od Międzynarodowego Portu Lotniczego im. Jana Pawła II Kraków-Balice Sp. z o.o. Obejmują one operacje wykonane w okresie od 1 lipca 2016 do 31 czerwca 2017 roku z wykluczeniem rejsów prywatnych. Liczba wszystkich rejsów w tym okresie wynosiła 42 050, a rejsy międzynarodowe (35 543) stanowiły 84,5%. Obejmowały one rejsy regularne oraz rejsy czarterowe [7].

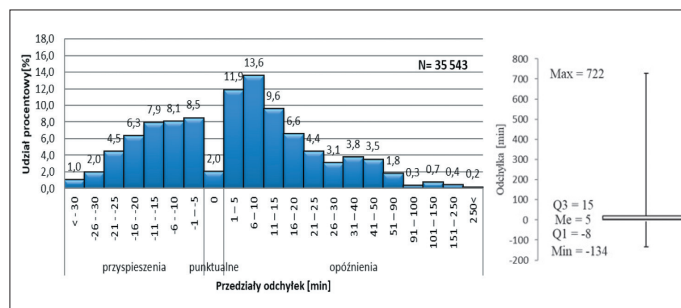
Dane zawierały informacje o: dacie i z rozkładowej oraz rzeczywistej godzinie wykonania operacji, numerze rejsu IATA, rodzaju wykonanej operacji (przyłot/ odlot), port lotniczy IATA (dla rejsów przylotowych port wylotu, dla rejsów odlotowych port docelowy). Czasy rozkładowe i rzeczywiste zostały podane z dokładnością do minuty. Podane czasy rzeczywiste są czasami operacji na pasie. Czas zajęcia/opuszczenia stanowiska osiąga się, dodając do/odejmując od niego średnio 10 minut. Numer rejsu IATA jest kodem alfanumerycznym. Składa się z dwuznakowego oznaczenia przewoźnika lotniczego oraz cyfr oznaczających numer lotu. Jako przykład podano numer rejsu: LH 1626. Skrót LH jest oznaczeniem linii lotniczej Lufthansa, wykonującym lot o numerze 1626, czyli z Monachium do Krakowa.

Analiza punktualności rejsów międzynarodowych

Loty międzynarodowe zostały wyodrębnione ze względu na specyfikę lotów długodystansowych i granice zakresu tolerancji, w jakim wykonanie operacji jest uważane za punktualne. Jest ona większa niż dla rejsów krajowych, wynosi 15 minut.

Odchyłki punktualności dla rejsów międzynarodowych mieszczą się w przedziale od 134 przyspieszenia do 722 minut opóźnienia, są one jednocześnie skrajnymi wartościami

osiąganymi wśród wszystkich rejsów. Udziały procentowe odchyłek w poszczególnych przedziałach zostały przedstawione na rysunku 1. Jak łatwo zauważyć 50% rejsów ma opóźnienia mniejsze od 15 minut (kwantyl Q_3) lub przyspieszenia mniejsze od 8 minut (kwantyl Q_1). Opóźnienia o wartościach większych od 15 minut dotyczą 25% wszystkich rejsów. Wysokie wartości opóźnień, o wartościach większych od 90 minut, występują, ale stanowią one 3,4% wszystkich rejsów. Przyspieszenia powyżej 8 minut stanowią 25% wszystkich lotów, ale udział przyspieszeń większych niż 30 minut jest znikomy (1%).



Rys. 1. Struktura procentowa oraz kwantyle odchyłek punktualności dla rejsów międzynarodowych
Źródło: opracowanie własne

Udział lotów w granicach tolerancji punktualności wynosi 37,1% (tab. 3). Średnia odchyłka punktualności wynosi 7,6 minuty i mieści się w granicy tolerancji punktualności dla rejsów międzynarodowych. Odchylenie standardowe jest równe 29,58. Wartość ta jest stosunkowo wysoka, gdyż obszar zmienności odchyłki jest duży, ponieważ zanotowano przyspieszenia i opóźnienia o bardzo dużych wartościach.

Tabela 3

Miary dla odchyłki punktualności lotów międzynarodowych	
Udział lotów w granicach tolerancji punktualności [%]	37,1
Średnia odchyłka [min]	7,6
Odchylenie standardowe	29,58
Współczynnik zmienności [%]	389
Średnie przyspieszenie [min]	-13,0
Mediana dla przyspieszeń [min]	-12
Średnie opóźnienie [min]	21,1
Mediana dla opóźnień [min]	12

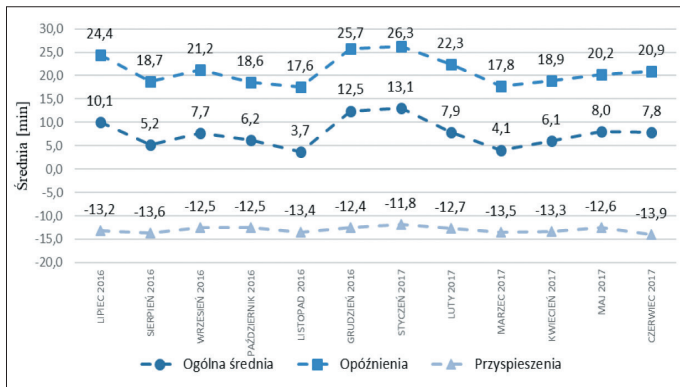
Źródło: opracowanie własne

W kolejnych miesiącach roku średnie przyspieszenia są podobne i mieszczą się w przedziale od 11,8 do 13,9 minuty (rys. 2). Zmienność średnich opóźnień jest znacznie większa. Największe średnie opóźnienia, przekraczające 22 minuty, wystąpiły w lipcu, grudniu, styczniu i lutym. Najniższe średnie opóźnienia, mniejsze od 18 minut miały miejsce w listopadzie i marcu.

W miesiącach letnich (lipiec, sierpień, wrzesień) średnia odchyłka punktualności była stosunkowo wysoka, ale w tym okresie ruch pasażerski również był wzmocniony z powodu zorganizowanych w Krakowie Światowych Dni Młodzieży. Oprócz rejsów regularnych, które cieszyły się dużą frekwencją, wykonano wiele rejsów czarterowych. Ponadto przepu-

stowość portu w Krakowie była ograniczona przez trwającą modernizację terminalu pasażerskiego. Kumulacja tych problemów miała z pewnością wpływ na punktualność rejsów.

W okresie jesiennym (październik, listopad) średnie odchyłki stopniowo się zmniejszały. W tych miesiącach warunki pogodowe były całkiem dobre. Opóźnienia w miesiącach zimowych (grudzień, styczeń, luty) były znacznie większe, wtedy w Balicach było kilka dni o bardzo złych warunkach atmosferycznych. Niższe opóźnienia występowały w marcu i kwietniu, ponieważ warunki pogodowe w tych miesiącach były znacznie lepsze. Ponadto ruch pasażerski nie był tak duży jak w okresie letnim. Najmniejsza średnia odchyłka została osiągnięta w listopadzie 2017 roku i wynosiła niespełna 4 minuty.



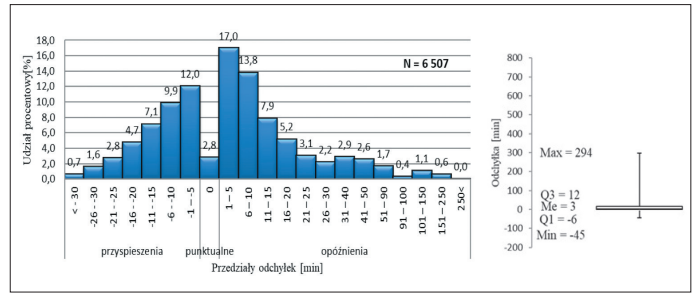
Rys. 2. Średnie przyspieszenia i opóźnienia lotów międzynarodowych w kolejnych miesiącach
Źródło: opracowanie własne

Analiza punktualności rejsów krajowych

Rejsy krajowe wyróżnia bliski zasięg i stosowana granica zakresu, w jakim wykonanie operacji jest uważane za punktualne. Jest ona mniejsza niż dla rejsów międzynarodowych, wynosi 5 minut.

Odchyłki punktualności dla lotów krajowych w analizowanym okresie mieszczą się w przedziale od 45 do 294 minut, czyli są zdecydowanie mniejsze niż dla lotów międzynarodowych. Udziały procentowe odchyłek w poszczególnych przedziałach zostały przedstawione na rysunku 3. Największe liczebności odchyłek występują wokół wartości zero. W miarę dla odchyłki punktualności uwzględniony został wskaźnik rejsów punktualnych w zakresie tolerancji, czyli do 5 minut. Takich rejsów było 1287, co stanowi 19,8% wszystkich rejsów. Jest to wartość niewielka, gdyż wszystkie przyspieszenia stanowią 38,8%, a opóźnienia 58,3%. 50% lotów odbywało się z opóźnieniami mniejszymi od 12 minut lub przyspieszeniami mniejszymi od 6 minut – rozstęp kwartylowy jest bardzo „wąski” (rys. 2).

Średnia odchyłka punktualności wynosiła 7,1 minuty, natomiast mediana 3 minuty. Odchylenie standardowe odchyłek punktualności wynosi 26,87 (tab. 4), co wynika ze stosunkowo dużych różnic wartości skrajnych (minimalnych i maksymalnych odchyłek). Wartość ta jest stosunkowo wysoka, a tym samym typowy obszar zmienności odchyłki, w którym znajduje się 2/3 wartości, wynosi od 19,8 minuty przyspieszenia do 34,0 minut opóźnienia.



Rys. 3. Struktura procentowa oraz kwantyle odchyłek punktualności dla rejsów krajowych
Źródło: opracowanie własne

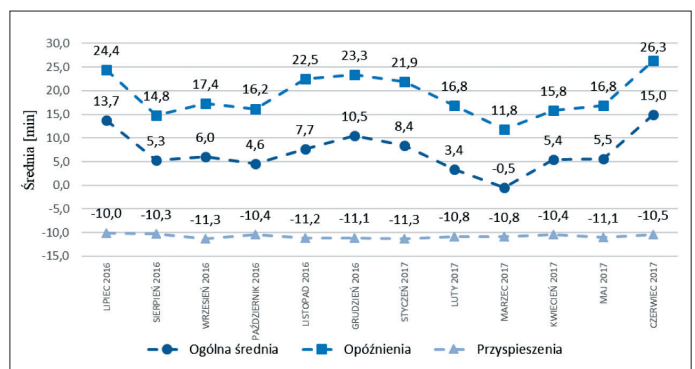
Tabela 4

Miary dla odchyłki punktualności lotów krajowych	
Udział lotów w granicach tolerancji punktualności [%]	19,8
Średnia odchyłka [min]	7,1
Odchylenie standardowe	26,87
Współczynnik zmienności [%]	378
Średnie przyspieszenie [min]	-10,8
Mediana dla przyspieszeń [min]	-9
Średnie opóźnienie [min]	19,3
Mediana dla opóźnień [min]	9

Źródło: opracowanie własne

Zmienność średnich odchyłek punktualności lotów krajowych przedstawiono na rysunku 4. Średnie wartości przyspieszeń w kolejnych miesiącach były zbliżone i mieściły się w przedziale od 10,0 do 11,3 minuty, były o około 2 minuty mniejsze niż dla lotów międzynarodowych. Średnie opóźnienia były zdecydowanie bardziej zróżnicowane. W czerwcu i lipcu, osiągnęły wartości największe, odpowiednio 26,3 i 24,4 minuty, spowodowane z jednej strony wzmożonym ruchem pasażerów odwiedzających Kraków od początku letniego sezonu, z drugiej przygotowaniem do Światowych Dni Młodzieży i wprowadzeniem nowej rozszerzonej siatki połączeń. Wysokie wartości średniego opóźnienia można również zauważyć w miesiącach (listopad, grudzień, styczeń), ale wynikały one z warunków pogodowych, które nie sprzyjały wykonywaniu czynności operacyjnych.

W miesiącach wiosennych (marzec, kwiecień, maj) średnie opóźnienia były mniejsze, ponieważ warunki pogodowe w tych miesiącach były znacznie lepsze, a też ruch pasażerski nie był tak wysoki jak w okresie letnim. Należy zauważyć niskie wartości średnich opóźnień w sierpniu mimo



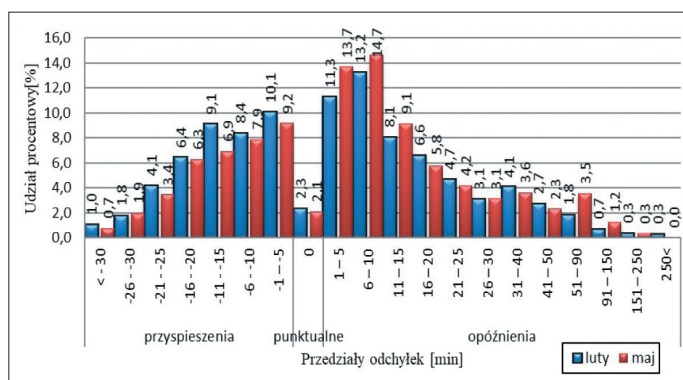
Rys. 4. Średnie przyspieszenia i opóźnienia lotów krajowych w kolejnych miesiącach
Źródło: opracowanie własne

trwania wzmożonego ruchu samolotów związanego ze Światowymi Dniami Młodzieży.

Porównując średnie opóźnienia rejsów krajowych w kolejnych miesiącach do średnich opóźnień w ruchu międzynarodowym, widać, że są o 1–2 minut mniejsze, ale zachowują analogiczną zmienność.

Porównanie punktualności rejsów w dwóch wybranych miesiącach

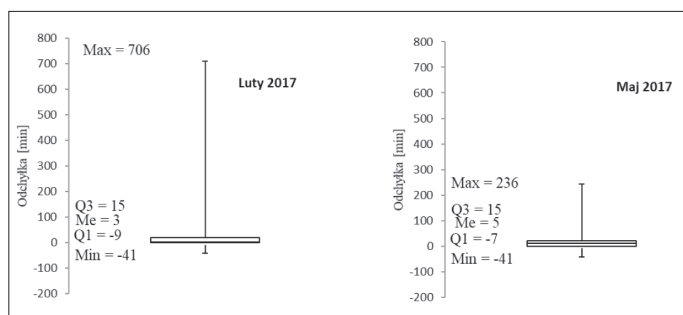
Analizie poddano miesiąc zimowy (luty) oraz miesiąc wiosenny (maj), aby zbadać wpływ warunków atmosferycznych na punktualność. Luty charakteryzuje się występowaniem dużych wartości opóźnień w stosunku do innych miesięcy, chociaż udział lotów opóźnionych w lutym (56,8%) jest mniejszy niż w maju (61,6%). Maksymalne wartości przyspieszeń w obu miesiącach są analogiczne, ale w maju udział lotów przyspieszonych (36,3%) jest mniejszy niż w lutym (40,9%). Strukturę procentową odchyłki punktualności przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Struktura procentowa odchyłek punktualności dla wszystkich rejsów w lutym i w maju 2017 r.

Źródło: opracowanie własne

Najczęściej występującymi odchyłkami punktualności wszystkich rejsów w lutym i maju są opóźnienia do 15 minut i przyspieszenia do odpowiednio 9 i 7 minut. Maksymalne wartości przyspieszeń w obu miesiącach nie przekraczały 41 minut. Udział przyspieszeń dłuższych od 9 lub 7 minut (kwartył Q_1) wynosił 25%. Maksymalne wartości opóźnień wynosiły w maju „zaledwie” 236 minut, a w lutym „aż” 706 minut. Ale w obu miesiącach udział opóźnień dłuższych niż 15 minutowe (kwartył Q_3) wynosił 25% wszystkich lotów w tych miesiącach – rysunek 6.



Rys. 6. Wykresy pudełkowe (box-plot) odchyłek punktualności dla wszystkich rejsów w lutym i w maju 2017 r.

Źródło: opracowanie własne

Średnia wartość przyspieszenia w lutym i maju wynosiła odpowiednio 13,1 i 12,3 minuty, natomiast mediany przyspieszeń w tych miesiącach były równe (12 minut). Średnie opóźnienia w lutym (21,5 minut) były o 3 minuty dłuższe niż w maju (18,5 minut). Mediany opóźnień wynosiły odpowiednio 10 i 9 minut – tabela 5.

Tabela 5

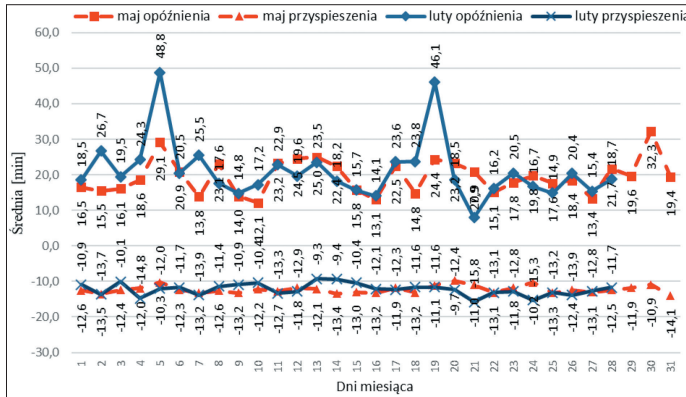
Miary dla odchyłki punktualności wszystkich lotów w lutym i maju 2017 r.		
Parametr	Luty	Maj
Liczba operacji	2894	4007
Udział lotów opóźnionych [%]	56,8	61,6
Udział lotów przyspieszonych [%]	40,9	36,3
Wskaźnik punktualności [%]	2,3	2,6
Średnia odchyłka [min]	7,2	7,7
Odchylenie standardowe	32,70	24,92
Współczynnik zmienności [%]	454	324
Średnie przyspieszenie [min]	-13,1	-12,3
Mediana dla przyspieszeń [min]	-12	-12
Średnie opóźnienie [min]	21,5	18,5
Mediana dla opóźnień [min]	10	9

Średnie przyspieszenia i opóźnienia lotów w kolejnych dniach lutego i maja 2017 zostały przedstawione na rysunku 7. Z wykresu można odczytać, w które dni wystąpiły nieprawidłowości w wykonywaniu rejsów mające znaczny wpływ na opóźnienia. Średnie opóźnienie w dniu 5 lutego wynosiło 48,8 minuty. W tym dniu przyczynami opóźnień były ograniczenia wylotów na lotnisku w Balicach (kod 89), zmiana trasy, przekierowanie, konsolidacja, zmiana samolotu z przyczyn innych niż techniczne (kod 96). Wszystkie opóźnione rejsy należały do jednej linii lotniczej. Drugim dniem, w którym wystąpiła podobnie duża wartość średnia opóźnienia (46,1 minut), był 19 lutego. W tym dniu w godzinach popołudniowych wystąpiły niekorzystne warunki pogodowe, w postaci mgły (kod 71). Stąd zarówno rejsy przylotowe i odlotowe były opóźnione. Niektóre rejsy były opóźnione, mimo iż warunki pogodowe w późniejszych godzinach uległy polepszeniu. Dla rejsów odlotowych rotujących z opóźnionymi przylotami jako przyczynę opóźnienia podawano: opóźnione przybycie samolotu z poprzedniego sektora (kod 93). Ponadto na opóźnienia również miała wpływ obsługa naziemna, która była ograniczona przez niesprzyjające warunki pogodowe (kod 77). Przyczyną opóźnień również w dwóch dniach było ograniczenie ATC (Air Traffic Control) na trasie lub zdolności przepustowej. Taka sytuacja wynikła z tych wszystkich opóźnień występujących wcześniej w tym dniu (kod 81).

Średnie wartości odchyłek punktualności w całym miesiącu maja były zróżnicowane, ale ich wartości nie były tak wysokie jak w lutym. Średnie opóźnienie w dniu 5 maja wynosiło 29,1 minut. W tym dniu przyczynami opóźnień były: zmiana trasy, przekierowanie i zmiana samolotu z przyczyn innych niż techniczne (kod 96), ograniczenia wylotów na lotnisku w Balicach (kod 89). Te opóźnienia były ściśle związane z występowaniem złych warunków pogodowych na lotnisku w Balicach w postaci bardzo silnego wiatru (kod 71).

Drugim dniem, w którym wystąpiła największą wartość średnia opóźnienia, był 30 maja. W tym dniu opóźnienie odlotów wynikało z opóźnionych przylotów z poprzedniego sektora (kod 93). Również w tym dniu ograniczona została kontrola ruchu lotniczego oraz obsługa naziemna (kod 77).

Wartości średnich przyspieszeń w kolejnych dniach lutego i maja są podobne.



Rys. 7. Średnie odchyłki punktualności wszystkich lotów krajowych w kolejnych dniach lutego i maja 2017 r.

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Punktualność wykonania rejsu jest kluczową miarą jakości zarówno dla linii lotniczych, portów lotniczych, a także dla pasażerów. Dla przewoźnika jest ona istotna ze względu na produktywność wykonywanych usług i dbałość o utrzymanie lojalności pasażerów. Dla portów lotniczych punktualność wykonywania rejsów jest kluczowa w organizacji obsługi naziemnej i ze względu na przepustowość pasa startowego, a także płyty postojowej. Dla pasażerów wykonanie rejsu na czas ma znaczenie przede wszystkim, gdy wykonują podróż przesiadkową – opóźnienie na pierwszym odcinku podróży może skutkować brakiem możliwości zdążenia na drugi odcinek. Wiele czynników ma wpływ na to, żeby rejs był wykonany zgodnie z czasem rozkładowym, między innymi staranne wykonywanie pracy wszystkich osób zaangażowanych w obsługę naziemną, załogi samolotu, a także warunki pogodowe.

Wielkość opóźnień na krakowskim lotnisku jest stosunkowo niewielka. Średnie opóźnienie wynosi 20,8 minuty, a średnie przyspieszenia 12,7 minuty. Ponieważ udział rejsów międzynarodowych stanowi ponad 84% wszystkich lotów, to opóźnienia i przyspieszenia tych lotów decydują o punktualności wszystkich lotów z lotniska w Balicach.

Dla wszystkich rejsów w badanym okresie występowało zdecydowanie więcej opóźnień (59,6%) niż przyspieszeń (38,3%). Liczba rejsów wykonanych z zerową odchyłką, czyli punktualnych, jest stosunkowo niewielka (2,1%), dlatego obliczone wskaźniki punktualności są niskie (dla całego okresu wynosi 2%).

Dla lotów krajowych wskaźnik punktualności w granicach tolerancji [0–5 minut] był równy 19,8%, a dla lotów międzynarodowych 37,1% (granice tolerancji punktualności wynoszą [0–15 minut]).

Przyczyny opóźnień na krakowskim lotnisku najczęściej dotyczyły warunków pogodowych. Krakowskie lotnisko

zmagają się z problemem często występujących niekorzystnych warunków pogodowych, takich jak mgła. Położenie portu sprzyja takim warunkom. W analizowanych dniach lutego wystąpiły niekorzystne warunki pogodowe, w wyniku których niemożliwe było wykonanie żadnych rejsów. Część przylotów zostało przekierowanych do innych lotnisk (Katowice, Rzeszów, Warszawa), część rejsów odbyła się, gdy nastąpiła poprawa warunków (kiedy mgła ustąpiła).

W roku 2016 trwała modernizacja terminalu pasażerskiego i powodowała utrudnienia dla podróżujących. Latem ruch pasażerski był wzmożony przez organizowane w Krakowie Światowe Dni Młodzieży. Utрудnienia te spowodowały wiele opóźnień pasażerów przez zatłoczenie terminalu. Średnie opóźnienie w lipcu było prawie tak duże, jak w grudniu i styczniu, wynosiło 24,4 minuty. Mimo iż warunki pogodowe latem były sprzyjające, to opóźnienia wynikłe z obsługi naziemnej były duże.

Po zakończonej przebudowie lotnisko zyskało znacznie większy terminal, a tym samym większą przepustowość. Ruch pasażerski po modernizacji odbywa się w sposób płynny. Powstało wiele ułatwień dla pasażerów, które mają za zadanie usprawniać przejście ścieżki pasażera. Z obserwacji wynika jednak, że ruch pasażerski wzrasta z roku na rok i będzie potrzebna kolejna rozbudowa terminalu pasażerskiego.

Z drugiej strony zdarzają się również opóźnienia związane z ograniczeniem przepustowości pasa startowego. Każdego roku siatka połączeń z krakowskiego lotniska znacznie się powiększa, a tym samym zwiększa się liczba operacji lotniczych wykonywanych w Krakowie. Port lotniczy w Balicach już podjął działania w kierunku zmniejszenia problemu. Od jesieni 2017 roku trwa rozbudowa płyty postojowej. Podjęto także działania w kierunku budowy nowej drogi startowej. Plany zakładają, że w roku 2021 wylądować pierwszy samolot na nowej drodze startowej, natomiast pas zostanie w pełni oddany do dyspozycji statków powietrznych najpóźniej w 2022 roku.

Literatura

1. Kwasiborska A., *Bezpieczeństwo transportu lotniczego wybrane aspekty*, Akademia Humanistyczna im. Aleksandra Gieysztora, Pułtusk – Warszawa 2016.
2. Sojka K., *Historia krakowskiego lotniska*, Agencja Wydawnicza MS Marta Stęplewska, Kraków 2014.
3. Jetzki M., *The propagation of air transport delays in Europe*, Department of Airport and Air Transportation Research RWTH AACHEN UNIVERSITY, Bruksela 2009.
4. Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
5. Ciastoń-Ciulkin A., Nosal K., *Hierarchizacja czynników mających wpływ na wybór środka podróży na przykładzie Krakowa*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2014, nr 3.
6. Pawlicka Z., *Przewozy pasażerskie*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978.
7. Szczygieł A., *Analiza punktualności samolotów pasażerskich w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice Sp. z o.o.*, Praca dyplomowa inżynierska pod kierunkiem Z. Bryniarskiej, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Kraków 2018.