

Czy miejskie wyspy ciepła są zagrożeniem dla transportu lotniczego?

Are Urban Heat Islands a threat to air transport?



Arkadiusz Bylica

Mgr inż.

Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

arkadiusz.bylica@doktorant.pk.edu.pl



Anton Pashkevich

Dr inż.

Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

anton.pashkevich@pk.edu.pl

Streszczenie: Warunki atmosferyczne zawsze miały ogromny wpływ na transport lotniczy. Biorąc pod uwagę globalne zmiany klimatyczne, które mają na nie duży wpływ, ta problematyka cały czas pozostaje jednym z najbardziej aktualnych tematów badawczych, szczególnie, w kontekście wyżej wymienionej dziedziny transportu. W artykule została podjęta próba przybliżyć zagadnienie miejskiej wyspy ciepła (ang. urban heat island, UHI) i jej potencjalnemu wpływowi na transport lotniczy. Poruszono także aspekt wpływu wyładowań atmosferycznych oraz często towarzyszącym im nawalnym deszczem. Opisane zostały rozwiązania infrastrukturalne oraz proceduralne łagodzące negatywne skutki wpływu niesprzyjających warunków atmosferycznych.

Słowa kluczowe: Miejska wyspa ciepła; Transport lotniczy; Warunki atmosferyczne

Abstract: Weather conditions always have a huge impact on air transport. Taking into account global climate changes, which have a great influence on such conditions, this problematic continues to be one of the most current research topics, especially in the context of the above-mentioned field of transport. This article attempts to present the issue of the Urban Heat Island (UHI) and its potential influence on air transport. The aspects of lightning discharges and torrential rains, which are often accompanying them, were also discussed. Additionally, infrastructural and procedural solutions reducing the negative effects of unfavourable weather conditions are described.

Keywords: Urban Heat Island; Air transport; Weather conditions

Wstęp

Transport lotniczy jest najbardziej podatną gałęzią transportu na wszelkiego rodzaju zakłócenia zewnętrzne. Jest to spowodowane delikatnością konstrukcji statku powietrznego, sposobowi poruszania się (zmiana ruchu z toczenia się na lot), ograniczoną i kosztowną infrastrukturą obsługową oraz ograniczeniami ludzkimi.

Pomimo ciągłego rozwoju człowiek wciąż nie podporządkował sobie warunków atmosferycznych, które szczególnie mocno wpływają na statki powietrzne oraz infrastrukturę. Zmieniający się klimat z roku na rok coraz częściej i intensywniej oddziałuje na ludzi, co jest również skutkiem ich

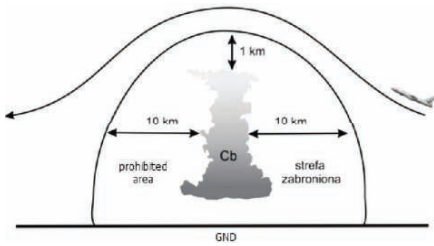
wieloletniej destrukcyjnej działalności sięgającej aż XVIII wieku [1]. W związku z tym dyskusja o wpływie wyładowań atmosferycznych oraz często towarzyszącym im nawalnym deszczom na infrastrukturę lotniskową oraz poszukiwanie rozwiązań infrastrukturalnych oraz proceduralnych łagodzące negatywne skutki takiego wpływu są jak najbardziej aktualne i ważne w obecnych czasach. Poza tym, głównym celem tej pracy badawczej jest przedstawiono zagadnienia miejskiej wyspy ciepła (ang. Urban Heat Island, UHI), jako zjawiska mogącego istotnie wpływać na przebieg burzy, czyli dodatkowo negatywnie oddziaływać na transport lotniczy.

Warunki atmosferyczne

Wyładowania atmosferyczne

Burza może być opisana jako jedno lub więcej nagłych wyładowań elektrycznych, objawiających się błyskiem światła (błyskawica) oraz donośnym, ostrym lub dudniącym dźwiękiem (grzmot). Burze kojarzą się z chmurami konwekcyjnymi i najczęściej towarzyszą im opady.

Personel lotniczy w depeszach meteorologicznych (METAR) i prognozach (TAF) wydawanych dla danego portu lotniczego zwraca szczególną uwagę na skrót Cb. Za pomocą tych dwóch liter odnotowuje się obecność chmur kłębiastych - burzowych



1. Zakres maksymalnego zbliżenia się do chmur Cb (Źródło: opracowano na podstawie: *Meteorologia dla pilotów – poradnik*, Szefostwo Służby Hydrometeorologicznej Sił Zbrojnych RP, Warszawa 2011)

(cumulonimbus) i związanych z nimi wyładowaniami atmosferycznymi [2]. Aby chmura Cb mogła się wytworzyć muszą zostać spełnione podstawowe warunki takie jak:

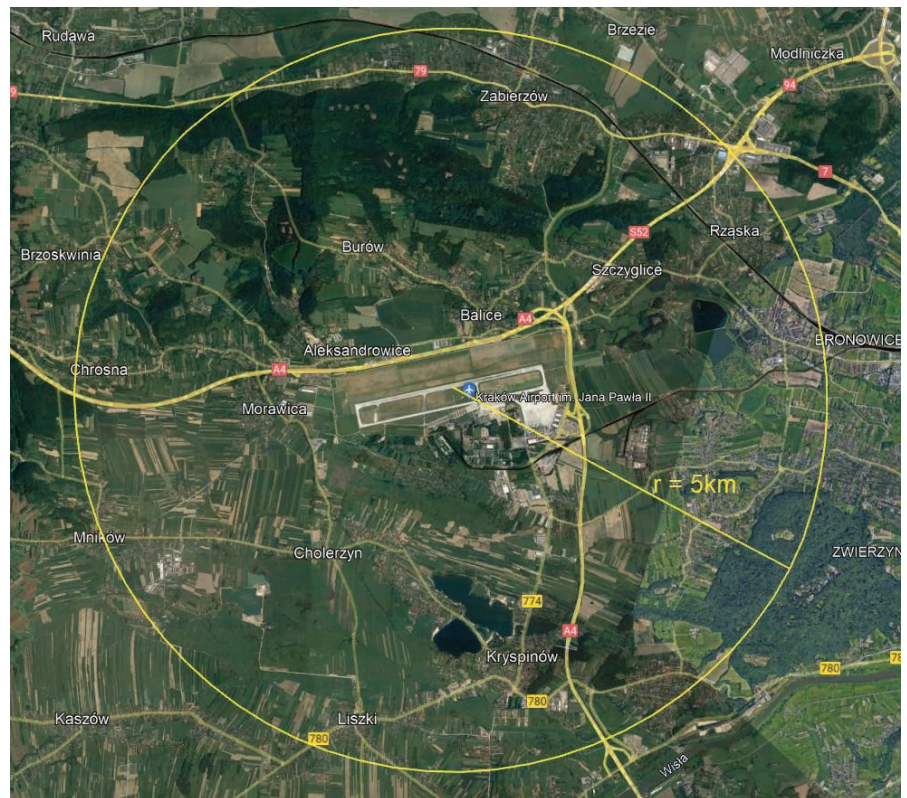
- głęboka warstwa wysoce niestabilnego powietrza,
- powietrze musi być ciepłe i wilgotne.

„Mechanizmem uruchamiającym” cały proces mogą być:

- ogrzewanie warstwy powietrza przy powierzchni,
- warunki orograficzne,
- fronty wymuszające ruch powietrza w górę.

Nie wszystkie chmury cumulonimbus przynioszą burze, niektóre po prostu przynioszą ulewne deszcze lub grad. Pojedyncza chmura cumulonimbus potrzebuje średnio tylko godziny, aby ukształtować się, rozrosnąć i rozprzyszczyć. Wytwarza mniej niż 30 minut grzmotów i błyskawic. Jeśli burza trwa dłużej, prawdopodobnie jest tam więcej niż jeden cumulonimbus [3].

Jako kryterium podziału wyładowań atmosferycznych można przyjąć ładunek, są to wyładowania dodatnie (+) lub ujemne (-). Te z kolei dzieli się na wyładowania chmurowe i doziemne. Szacuje się, że ponad 90% wyładowań ujemnych ma charakter doziemny przy czym najbardziej niebezpiecznymi określa się wyładowania dodatnie [4]. Szerokość geograficzna jest ściśle związana z liczbą wyładowań doziemnych, im wyższa wartość szerokości geograficznej tym



2. Obszar 5km od punktu odniesienia lotniska EPKK (Źródło: Google Earth)

większa liczba wyładowań doziemnych.

Ze względu na ilość zagrożeń związanych z lotami w chmurach burzowych lub w ich pobliżu organizacje cywilne i wojskowe na całym świecie wprowadzają odpowiednie regulacje i zalecenia np.:

- Punkty 4 i 5 paragrafu 51 regulaminu lotów Sił Zbrojnych RP (RL-2010):

„Wykonywanie lotu w silnie wypiętrzonych chmurach kłębiastych oraz zbliżanie się do chmur burzowych na odległość poziomą mniejszą niż 10 km jest zabronione. Zabroniony jest także lot pod silnie wypiętrzonymi chmurami kłębiastymi dającymi intensywny opad deszczu, gradu, śniegu lub wyładowania atmosferyczne.”

„Nad napotykanymi w locie chmurami burzowymi zezwala się przelatywać z przewyższeniem nie mniejszym niż 1 000 m.” (Ilustracja 1), [5]

- Materiały szkoleniowe EASA dla pilotów:

„Zaleca się omijać każdą chmurę burzową w odległości co najmniej 10 mil morskich jeżeli jest wysoka, szybko rośnie lub ma kowadło na wierzchołku. Przelot nad wierzchołkami chmur należy wykonywać z przewyższeniem co najmniej 5000 stóp(…)” [6]

Zalecane odległości omijania, w oparciu o zakresy pokładowych radarów pogodowych, przedstawione są w Tab. 1.

W ramach „The Earth Networks Airport Operations Weather Safety Audit” przeprowadzono badania ankietowe, w których operatorzy lotnisk, linie lotnicze oraz agenci obsługi naziemnej w Stanach Zjednoczonych wskazali wyładowania atmosferyczne jako najbardziej wpływające na ich funk-

Tab. 1. Zalecane minimalne odległości omijania burz (opracowano na podstawie: *Meteorologia – szkolenie samolotowe EASA*, Mark Wickson, 2015)

Wysokość	Odległość
0 – FL250	10NM
FL250 – FL300	15NM
Powyżej FL300	20NM

cjonowanie (75,4%) [7]. Ze względów bezpieczeństwa na lotniskach stosuje się minimalną odległość wyładowań atmosferycznych od lotniska. 54,4% poddanych badaniu wskazało 5 mil morskich jako wartość, poniżej której wstrzymuje się operacje naziemne. Na lotnisku EPKK jest to 5km czyli około 2,70 Nm (Ilustracja 2), wartość ta wskazana jest w Instrukcji Operacyjnej Lotniska (INOP) [8].

Oczywiście, podmioty wykonujące swoją działalność na lotnisku mogą posiadać swoje, bardziej rygorystyczne limity natomiast odległość wskazana w INOP stanowi nieprzekraczalną barierę. Jeżeli wyładowania atmosferyczne będą miały miejsce poniżej tej wartości, należy wstrzymać wszelką obsługę naziemną do czasu oddalenia się burzy.

Wykres na Ilustracja 3 przedstawia typowy dla lotniska Kraków-Balice (EPKK) okres burzowy występujący od czerwca do sierpnia.

Opady deszczu

W pełni rozwiniętym chmurom Cumulonimbus towarzyszą zawsze opady deszczu, nierzadko również opady gradu. Szczególnym istotne ze względu na funkcjonowanie transportu lotniczego są intensywne opady, w szczególności te o charakterystyce nawalnej.

Opady deszczu w połączeniu z nadmierną ilością gumy odłożonej w procesie lądowania statków powietrznych może powodować znaczące zmniejszenie przyczepności. Przede wszystkim, należy pamiętać o tym, że nawierzchnie współczesnych lotnisk to ogromne powierzchnie betonu lub asfaltu, które w żaden sposób nie pochłaniają wody.

Proces lądowania nie kończy się na przyziemieniu samolotu a na wytraceniu prędkości do bezpiecznej wartości. Operatorzy lotnisk zobowiązani są międzynarodowymi przepisami do raportowania stanu nawierzchni dro-

gi startowej. Przeprowadzone badania i pomiary, dowiodły że ponad 90% przypadków wypadnięć z pasa było przy stanie innym niż „sucho”. Wprowadzone przepisy Global Reporting Format (GRF) zobowiązują m.in. do pomiaru grubości warstwy zanieczyszczenia. W myśli tych przepisów, w przypadku deszczu, szczególnie istotna jest zalegająca na powierzchni warstwa o grubości powyżej 3mm.

Chmurami dostarczającymi szczególnie duże ilości wody w bardzo krótkim czasie są chmury Cb. Wygenerowany opad charakteryzuje się dużą średnicą kropeł oraz intensywnością na stosunkowo małej przestrzeni Ilustracja 4.

Z uwagi na szerokość geograficzną na jakiej położone jest lotnisko EPKK można przyjąć, że okres największych opadów, zarówno miesięcznych jak i dobowych występuje od kwietnia do września, ze szczególnym uwzględnieniem okresu maj – sierpień, tezę potwierdza Ilustracja 5.

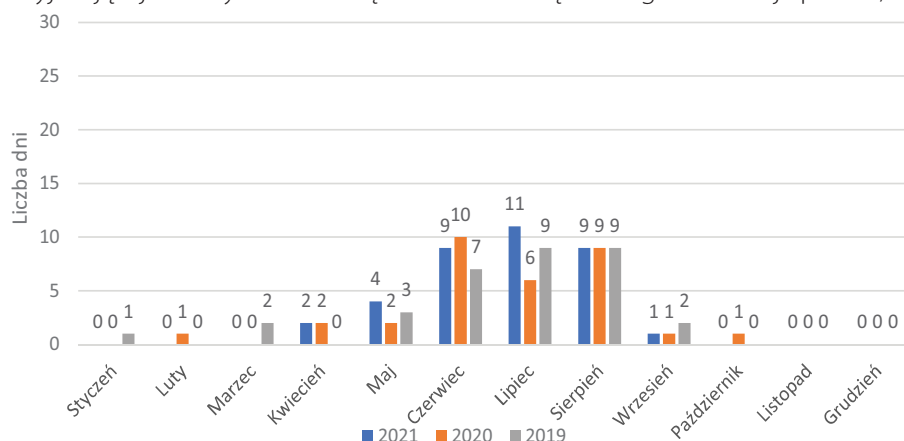
Na ilość opadów atmosferycznych wpływa również wzmożona aktywność burzowa występująca w tym okresie Ilustracja 3.

Według klasyfikacji Chomicza do deszczy ulewnych zalicza się takie opady, których suma wyrażona w mm (wydajność) w czasie (t, mm) przekracza wartość $u_0 = 1.0t0.5$. Jako deszcze nawalne określa się te o wydajności większej niż $u_5 = 5.66t0.5$ (Tab. 2). Przyjmując jako kryterium natężenie

opadu, najczęściej rejestrowane kategorie deszczu to 4 i 5 wg. skali Chomicza.

Infrastruktura lotniskowa, po której poruszają się statki powietrzne ma bardzo ograniczone możliwości w zakresie odprowadzania wód opadowych. Zasadniczo, odpływ wody realizowany jest poprzez nachylenie nawierzchni zgodnie z przepisami zawartymi w np. Załączniku 14 do Konwencji Chicagowskiej lub w europejskich przepisach 139/2014. Współcześnie konstruowane drogi startowe i drogi kołowania charakteryzują się dwuspadowymi nachyleniami ze szczytem na geometrycznym środku. Wciąż jednak funkcjonują drogi startowe wybudowane w oparciu o stare przepisy, gdzie odpływ realizowany jest przez jednostronne nachylenie. Przykładem lotniska z taką drogą startową jest lotnisko EPKK.

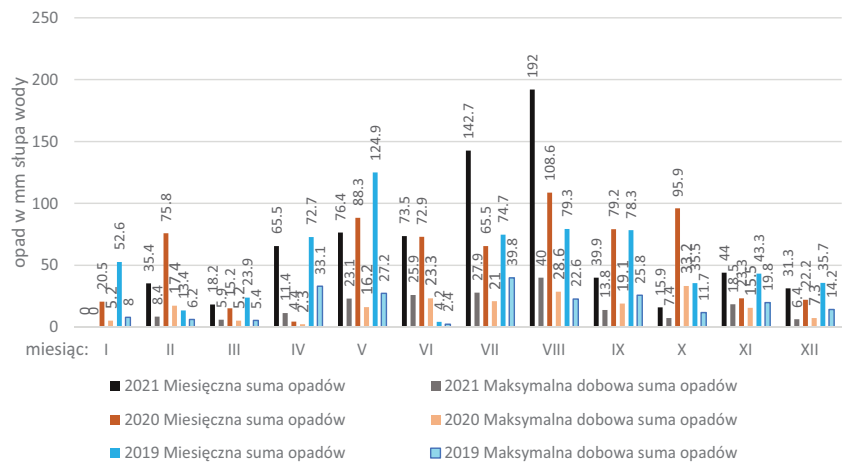
Na płycie postojowej samolotów oraz innych płaszczyznach poprowadzono odwodnienia, najczęściej o charakterze liniowym, w stronę których pochyłono nawierzchnię. Z uwagi na niską prędkość ruchu samolotów, odwodnienia liniowe nierzadko znajdują się w obrębie wewnętrznych dróg kołowania. Kanały odwadniające na drogach startowych położone są na jej skrajach, po części na której zwykle znajdują się statki powietrzne. Brak możliwości zastosowania systemu kanalizacyjnego wewnątrz drogi startowej sprawia, że



3. Liczba dni burzowych odnotowanych przez stację meteorologiczną Kraków-Balice 2 latach 2019-2021 (opracowanie własne na podstawie IMGW-PIB)



4. Punktowy opad deszczu na południe od lotniska EPKK, 23-05-2021 (Źródło: Bylica A.)



5. Miesięczne i maksymalne dobowe sumy opadów na lotnisku Kraków-Balice w latach 2019-2021 (Opracowanie własne na podstawie IMGW-PIB)

szczególnie podczas opadów nawalnych, ilość wody, którą trzeba szybko odprowadzić z nawierzchni przewyższa możliwości kanalizacji.

Czas w jakim odprowadzona zostanie woda zależy od makrotekstury nawierzchni, wielkości nachylenia czy jakości wykonania wypełnienia szczelin dylatacyjnych. Czynnikiem zmiennym, mogącym zarówno sprzyjać jak i zakłócać proces odpływu wody jest wiatr. Wiejąc zgodnie z kierunkiem spływu może przyspieszyć proces odpływu, zaś odpowiednio silny, wiejący w kierunku przeciwnym może doprowadzać do spiętrzeń. W celu poprawienia odpływu wody, operatorzy lotnisk często decydują się na jej nacięcie/rowkowanie (grooving). Wycięte w nawierzchni rowki ukierunkowują odprowadzanie wody ograniczając możliwość tworzenia się zastoisk.

Polepszenie parametrów odprowadzania wody odbywa się kosztem nawierzchni, która poprzez wspomniane nacięcia jest osłabiana. Istnieją dwa podstawowe typy rowków: kwadratowe oraz trapezowate. Przeprowadzone badania wykazały, że rowkowania o profilu trapezowatym są bardziej efektywne pod kątem zapobiegania aquaplaningowi dla wyższych prędkości toczenia się samolotów oraz wydajniejsze przy opadach nawalnych [9]. Oczywiście zjawisko aquaplaningu jest skomplikowanym procesem zależnym od prędkości kół, ich ciśnienia,

bieżnika, makrotekstury nawierzchni oraz grubości filmu wodnego. Ponadto aquaplaning można podzielić na dwa rodzaje wiskotyczny i dynamiczny, wyodrębnia się też proces związany z aquaplaningiem, który nazywany jest „odwróconym poślizgiem gumy” [10]. Operatorzy lotnisk, muszą przywiązywać szczególną uwagę do drożności stworzonego rowkowania, dotyczy to w szczególności rowkowania o przekroju kwadratowym, którego krawędzie są „ostrzejsze”, co sprawia że pozostaje na nich więcej gumy.

Miejska wyspa ciepła

Miejską wyspę ciepła, z ang. Urban Heat Island (UHI), można określić jako zjawisko klimatyczne charakteryzujące się występowaniem podwyższonej temperatury powietrza na terenach

miejskich w stosunku do przyległych do miasta peryferii [11]. Zjawisko to pierwszy raz opisano już w 1833 roku a do skali UHI przyczyniają się m. in.:

- powierzchnia jednorodnej nawierzchni sztucznej,
- albedo nawierzchni sztucznych,
- geometria miasta,
- zaburzenia „kanałów przewietrzania” miasta,
- obecność przemysłu,
- duży ruch uliczny,
- czynniki antropogeniczne,
- wysoka zabudowa,
- rzeźba terenu.

Zgodnie ze skróconym opisem powstawania chmur burzowych w rozdziale Wyładowania atmosferyczne jednymi z czynników inicjujących chmurę Cb są ruchy konwekcyjne oraz ciepłe powietrze. Nawierzchnie

Tab. 2. Skala Chomicza (Chomicz 1951) (Źródło: Hydrologia – materiały pomocnicze, dr inż. Marek Bodziony, Politechnika Krakowska, Kraków 2006)

Stopień skali	Współczynnik wydajności opadu α	Kategoria deszczu	
		Określenie	Znak literowy
0	0.0 - 1.0	zwykły deszcz	
1	1.01 - 1.40	silny deszcz	A ₀
2	1.41 - 2.00	deszcz ulewny – I st	A ₁
3	2.01 - 2.82	deszcz ulewny – II st	A ₂
4	2.83 - 4.00	deszcz ulewny - III st	A ₃
5	4.01 - 5.65	deszcz ulewny - IV st	A ₄
6	5.66 - 8.00	deszcz nawalny - V st	B ₁
7	8.01 - 11.30	deszcz nawalny – VI st	B ₂
8	11.31 - 16.00	deszcz nawalny – VII st	B ₃
9	16.01 - 22.61	deszcz nawalny – VIII st	B ₄
10	22.62 - 32.00	deszcz nawalny – IX st	B ₅
11	32.01 - 45.23	deszcz nawalny – X st	B ₆
12	45.24 - 64.00	deszcz nawalny – XI st	B ₇

sztuczne oraz budynki mają niskie albedo, pochłaniając znaczne ilości promieni słonecznych nagrzewają się do wysokich temperatur. Zaburzony przez budynki przepływ wiatru dodatkowo sprzyja nagrzewaniu się powietrza w obrębie miasta. Miasta w związku z tym posiadają nietypowy bilans promieniowania, gdzie promieniowanie odbite w mieście jest znacznie mniejsze niż poza nim zaś promieniowanie ciepłne powierzchni jest większe w mieście [12].

$$R_n = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} + L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$$

R_n – bilans promieniowania powierzchni czynnej,

K_{\downarrow} - dochodzące promieniowanie słoneczne,

K_{\uparrow} - odbite promieniowanie słoneczne,

L_{\downarrow} - promieniowanie ciepłne atmosfery,

L_{\uparrow} - promieniowanie ciepłne powierzchni czynnej.

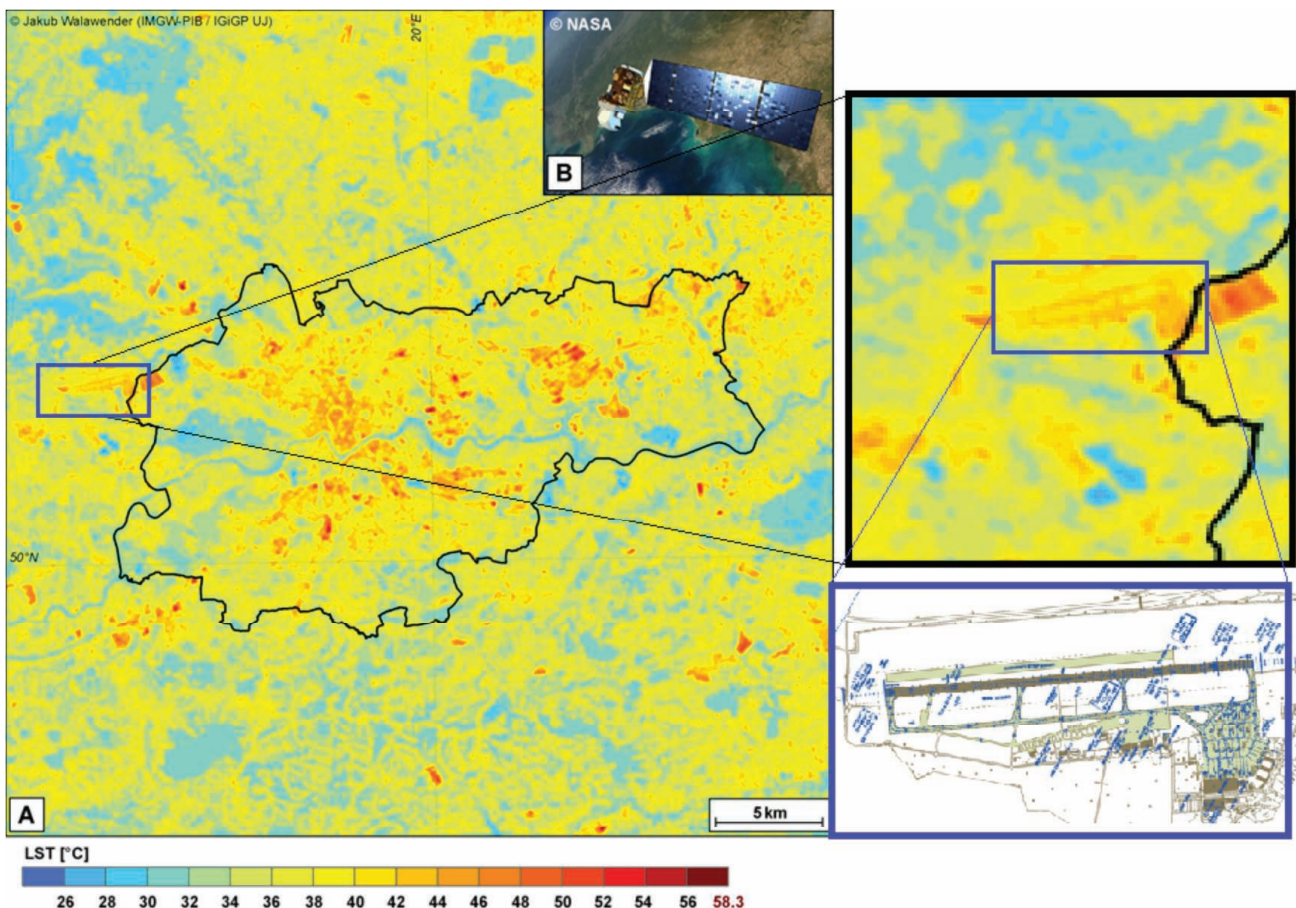
Przeprowadzone badania przez F. Ali-Touderta i H. Meyera (2006) wykazały zależność temperatury wewnętrznej miast od wysokości i odstępów pomiędzy budynkami tworzącymi korytarze wewnątrz miasta [13].

Czy miejska wyspa ciepła może wpływać na transport lotniczy?

Lokalizacja lotnisk w zamyśle powinna być, w sprzyjającym swojej rzeźbą terenie, z dala od skupisk ludzkich oraz możliwie daleko od miejsc gromadzenia się ptaków i innych zwierząt mogących stanowić niebezpieczeństwo. Nie należy zapominać również o bliskości rozwiniętej sieci drogowej lub/i kolejowej. Lotniska są miejscem pracy tysięcy osób, będąc kołem zamachowym dla rozwoju pobliskich terenów skłaniają ludzi do coraz bliższego osiedlania się. W Polsce, podobnie jak w wielu innych miejscach na świecie zauważalny jest trend pochłaniania lotnisk jeszcze 20 - 30 lat temu znaj-

dujących się z dala od ludzi. Zjawisko takie dotyczy lotnisk Warszawa-Okęcie (EPWA), Kraków-Balice (EPKK) czy Poznań-Ławica (EPPO). Bliskość lotniska dla ludzi to oczywiście kwestie zanieczyszczenia hałasem. Dla transportu lotniczego bezpośrednia bliskość miasta może stanowić problem nie tylko przeszkodowy, ale także może pośrednio napędzać niekorzystne zjawiska meteorologiczne. Mając na uwadze zjawisko UHI należy postawić pytanie, czy miejska wyspa ciepła może wpływać na transport lotniczy?

Mechanizmy i warunki sprzyjające tworzeniu się chmur Cb są znane. Znany jest także proces pochłaniania ogromnej ilości energii cieplnej oraz jej długotrwałe magazynowanie przez rozległe powierzchnie zrobione ze stali, asfaltu czy betonu. Lotniska idealnie pasują do opisu terenu odpowiadającego miejskiej wyspie ciepła. Ograniczając się do rozpatrywania tylko terenu lotniska, będzie to mikro skala, jednak ta skala zaczyna



6. Wizualizacja satelitarna temperatury Miasta Krakowa z wyszczególnionym terenem lotniska Kraków-Balice (Źródło: Opracowanie własne na podstawie Jakub Walawander (IMGW-PIB / IGiGP UJ) oraz AIP POLSKA)

się znacznie zwiększać wraz z zabudowywaniem się okolicznych terenów. Nie można bagatelizować lotniska jako istotnego źródła długotrwałego oddawania ciepła, skalę tego zjawiska można zauważyć na Ilustracja 6, gdzie dokładnie widać drogę startową, drogi kołowania oraz płytę postojową.

Oczywiście na siłę UHI ma wpływ również teren na jakim położone jest miasto/lotnisko, obszernie wątek ten poruszony jest w publikacji „Miejska wyspa ciepła na tle naturalnego zróżnicowania termicznego obszaru położonego we wklęsłej formie terenu (na przykładzie Krakowa)” autorstwa Anity Bokwa (Prace geograficzne, zeszyt 122. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków 2009). Wobec przedstawionych informacji należy uznać, że bliskość gęstej zabudowy miast w połączeniu z ukształtowaniem terenu może istotnie wpływać na przebieg wyładowań atmosferycznych. Zgromadzona energia cieplna stanowi motor napędowy dla już wypiętrzonych, dających pierwsze zjawiska chmur Cumulonimbus. Napływające nad nagrzane tereny miejskie chmury, dostają zastrzyk energii w postaci ruchów konwekcyjnych silnie nagrzanego powietrza, które intensyfikują wyładowania atmosferyczne i opady. Ruch burzy przez ląd jest determinowany przede wszystkim przez interakcje jej prądów wstępujących i zstępujących z wiatrami sterującymi w środkowych warstwach atmosfery, w których rozwija się burza. Prędkość pojedynczych burz wynosi zwykle około 20 km (12 mil) na godzinę, ale niektóre burze poruszają się znacznie szybciej. W ekstremalnych okolicznościach superkomórki burzowe mogą poruszać się od 65 do 80 km (około 40 do 50 mil) na godzinę [14]. Przykładowy, szybki rozwój burzy przedstawia Ilustracja 7, gdzie 23 lipca 2022 roku gwałtowna burza przechodząca przez miasto Kraków w południowej Polsce wyrządziła wiele szkód oraz sprawiła, że praca lotniska EPKK / KRK została

wstrzymana. Część samolotów oczekiwała wiele minut w holdingu Ilustracja 8, a niektóre z powodu małej ilości paliwa musiały zostać przekierowane na lotniska zapasowe.

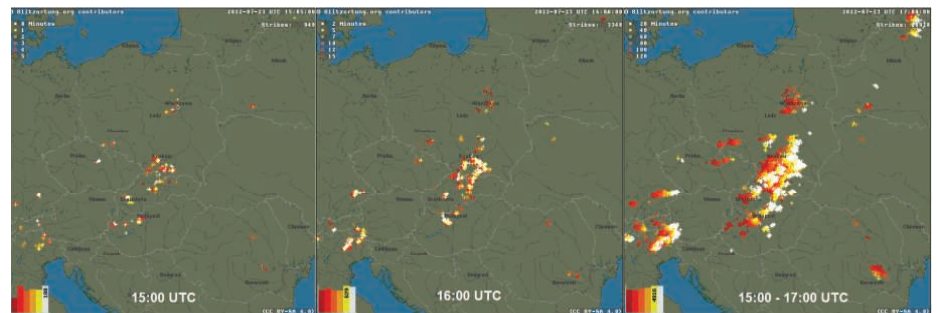
Generowane opóźnienia w ruchu lotniczym nie związane są tylko i wyłącznie z wpływem chmur burzowych dających zjawiska na statki powietrzne. Nawalne opady coraz częściej towarzyszące wyładowaniom atmosferycznym sprawiają, że służby odpowiedzialne za infrastrukturę lotniczą są zmuszone wstrzymać pracę lotnisk. Wstrzymanie może odbyć się na dwa sposoby:

Pierwszy – opublikowanie odpowiedniej depechy NOTAM zamyka-

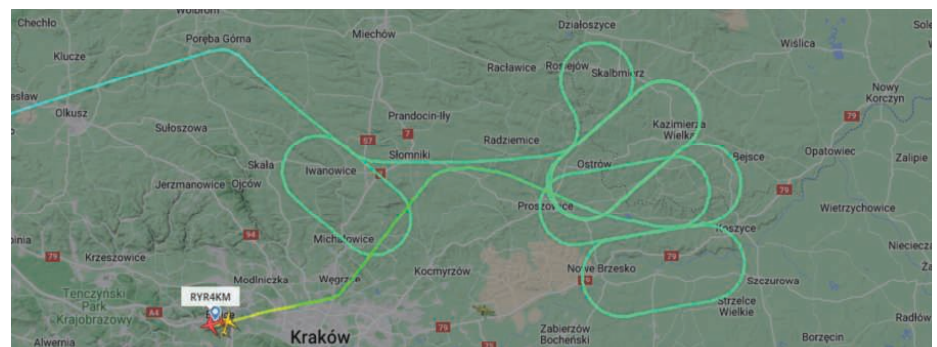
drogę startową na 20min. W tym czasie samolot będący w Paryżu, czyli około 2h lotu od Krakowa nie może wystartować o czasie w związku zamknięciem pasa w EPKK, pomimo tego że zgodnie z depeszą NOTAM, do czasu przylotu do Krakowa pas zostanie otwarty.

Drugi – przekazanie kontrolerom informacji o konieczności opóźnienia przylotów. Informacja taka dystrybuowana jest drogą radiową na częstotliwości APP. W przypadku, krótkotrwałego wstrzymania operacji lotniczych, ten sposób ma wpływ wyłącznie lokalny.

Niezależnie od sposobu wstrzymania pracy lotniska, negatywne skutki

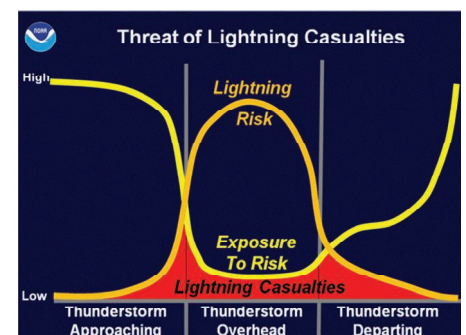


7. Rozwój komórek burzowych przechodzących przez południową Polskę 23/07/2022r. w godzinach 15:00 - 17:00 UTC (Źródło: opracowanie własne na podstawie www.blitzortung.org)



8. Oczekiwanie samolotu RYR4KM na poprawę warunków pogodowych na lotnisku EPKK 23/07/2022r. (Źródło: www.fliightradar24.com)

jając drogę startową na określony czas. Niestety ogromnym minusem tego rozwiązania jest wpływ również na samoloty, które chcą wystartować na lotnisko, którego NOTAM dotyczy, a które znajdują się setki kilometrów dalej. Aktywny NOTAM zamykający pas powoduje nałożenie SLOT-ów na wszystkie plany lotów. Np. dla lotniska EPKK wystawiono notam zamykający



9. Zagrożenia płynące z wyładowań atmosferycznych (Źródło: NOAA)

odbijają się na pracy zarządzającego lotniskiem, linii lotniczych oraz agentów obsługi naziemnej na płycie postojowej oraz w terminalu. Skumulowany ruch na i z lotniska wygeneruje opóźnienia ponieważ personel przewidziany do obsługi planowany jest zgodnie ze standardowym przebiegiem dnia tzn. nie uwzględnia sytuacji nadzwyczajnych. Ponadto, lotniska z dużą ilością operacji lotniczych oraz słabo rozwiniętą infrastrukturą np. mała liczba stanowisk postojowych, będą zmuszone kolejkować samoloty oczekujące na wjazd na stanowisko w drogach kołowania lub piloci będą decydować się na przekierowanie na lotnisko alternatywne.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) w kontekście zagrożeń płynących z wyładowań atmosferycznych wskazuje, że największa ekspozycja na ryzyko występuje tuż przed i po przejściu burzy. Natomiast największe ryzyko porażenia piorunem występuje w trakcie trwania właściwej burzy Ilustracja 9.

Mając na uwadze analizę NOAA zasadnym jest wprowadzanie przez operatorów lotnisk, służby kontroli ruchu lotniczego, linie lotnicze czy agentów obsługi naziemnej odpowiednich progów odległości wyładowań atmosferycznych od lotniska lub statku powietrznego.

Podsumowanie

Tematyka miejskiej wyspy ciepła pomimo tego, że znana jest od dawna nie rozpatrywana była do tej pory w kontekście wpływu na transport lotniczy. Niewątpliwie zmieniający się klimat obfituje w coraz częstsze i gwałtowniejsze zjawiska atmosferyczne w tym burze, których motorem napędowym jest energia cieplna. W związku z tym, szczególnie narażone wydają się być lotniska znajdujące się w obrębie miast lub tuż przy nich. Napływające masy chwiejnego powietrza dostają dodatkowej energii

sprawiając, że wytworzone zjawiska są szczególnie mocno odczuwalne. Delikatność transportu lotniczego sprawia, że ogromne znaczenie dla bezpieczeństwa ma możliwie dokładne i wczesne przewidywanie niepożądanych zjawisk atmosferycznych oraz ciągłe doskonalenie procedur poprawiających bezpieczeństwo zarówno w powietrzu jak i na ziemi. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Chwalba A., Historia Powszechna. Wiek XIX, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 68.
- [2] Szefostwo Służby Hydrometeorologicznej Sił Zbrojnych RP, Meteorologia dla pilotów – poradnik, Warszawa 2011, s.65.
- [3] The National Meteorological Library and Archive Fact sheet 2, Thunderstorms, Met Office 2011, s. 3, dostęp: https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/library-and-archive/library/publications/factsheets/factsheet_2-thunderstorms.pdf, 01.09.2022
- [4] Szefostwo Służby Hydrometeorologicznej Sił Zbrojnych RP, Meteorologia dla pilotów – poradnik, Warszawa 2011, s.66.
- [5] Regulamin lotów lotnictwa Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej (RL-2010) sygn.. WLOP 442/2010, pkt 4-5 §51.
- [6] Mark Wickson, Meteorologia – szkolenie samolotowe EASA wydanie 2, Wydawnictwo Pileus, 2017.
- [7] Earth Networks, 2019 Airport Operations Weather Safety Report, s. 4, dostęp: https://get.earthnetworks.com/hubfs/AirportOperations_Report_v9_sm2.pdf, 01.09.2022
- [8] Międzynarodowy Port Lotniczy Kraków-Balice, Instrukcja Operacyjna Lotniska Kraków-Balice

zmiana 14, Kraków 2022, rozdział 25, s. E-177.

- [9] Pasindu H. R., Fwa T.F., Improving Wet-Weather Runway Performance Using Trapezoidal Grooving, Transportation in Developing Economies, 2015, 1, 1-10, DOI 10.1007/s40890-015-0001-6.
- [10] AR139.C-06v1.0, Skid resistance of aerodrome pavements, Australian Government Civil Aviation Safety Authority, 2021, s. 9.
- [11] Błażejczyk K., Kuchcik M., Milewski P., Kręcisz B., Dudek W., Błażejczyk A., Szmyd J., Degórska B., Pałczyński C. Miejska wyspa ciepła w Warszawie uwarunkowania klimatyczne i urbanistyczne. Wydawnictwo Akademickie SEDNO, 2014, dostęp: http://rcin.org.pl/Content/56055/WA51_74963_r2014_Miejska-wyspa-ciepla.pdf, 01.09.2022.
- [12] Błażejczyk K. Warunki powstawania i różnicowanie miejskiej wyspy ciepła w Warszawie, dostęp <https://docplayer.pl/21943088-Warunki-powstawania-i-zroznicowanie-miejskiej-wyspy-ciepla-w-warszawie.html>, 01.09.2022
- [13] Ali-Toudert F., Mayer H. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. Building and Environment, Vol. 43, 2007, 94-108., <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.013>.
- [14] Krider, E. Philip. "Thunderstorm". Encyclopedia Britannica. 29.11.2020. <https://www.britannica.com/science/thunderstorm>, 01.09.2022.