

# ZASTOSOWANIE DRONÓW DO MONITOROWANIA ZANIECZYSZCZEŃ ATMOSFERY

Wojciech Moczulski<sup>1,3</sup>, Wojciech Skarka<sup>1</sup>, Dariusz Myszor<sup>2,3</sup>, Marek Adamczyk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska  
E-mail: wojciech.moczulski@polsl.pl

<sup>2</sup>Katedra Algorytmiki i Oprogramowania, Politechnika Śląska

<sup>3</sup>SkyTech Products Sp. z o.o., Gliwice, Poland

**DMP'20**

**IX Konferencja Naukowo-Techniczna  
Diagnostyka Materiałów Polimerowych**

*Motto:*

**Where a man cannot [go/be], there sends a robot.**

*In Polish:*

**Gdzie człowiek nie może, tam robota pośle.**





# Plan prezentacji

- 1 Motywacja
- 2 Cel prowadzonych prac B+R
- 3 Drony – wymagania
- 4 Przykłady
  - Przykład 1: Monitorowanie niskiej emisji
  - Przykład 2: Mobilna stacja pomiarowa niskiej emisji
  - Przykład 3: Profilowanie zanieczyszczeń atmosfery
- 5 Podsumowanie i wnioski



# Ocieplenie klimatu? (1)



<https://www.fakt.pl/pieniadze/zakupy/pogoda-szaleje-ciepla-zima-a-w-lasach-pojawiaja-sie-grzyby/xq4cc42>



## Ocieplenie klimatu? (2)



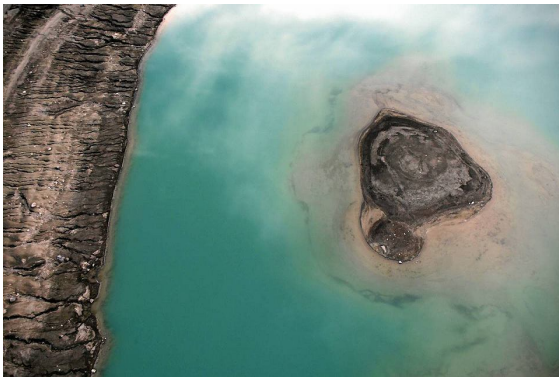
Ponad 40 proc. obszaru Grenlandii doświadczyło w czwartek topnienia lodu. Naukowcy przyznają, że to nietypowe. Szacują, że w sumie jednego dnia stopniały ponad 2 miliardy ton lodu.

<https://www.o2.pl/artykul/grenlandia-sie-topi-w-jeden-dzien-stracila-2-miliardy-ton-lodu-6392155093694081a>

[//www.o2.pl/artykul/grenlandia-sie-topi-w-jeden-dzien-stracila-2-miliardy-ton-lodu-6392155093694081a](https://www.o2.pl/artykul/grenlandia-sie-topi-w-jeden-dzien-stracila-2-miliardy-ton-lodu-6392155093694081a)



# Wpływ zanieczyszczeń atmosfery (1)



Grenlandzki lodowiec Helheim maleje. Sadza (BC = black carbon) zmienia albedo lodowca.

[https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNS3JpbJPlu6G3iwgK69v0HcvE\\_65g:1579036003337&q=sadza+na+lodowcu](https://www.google.com/search?sxsrf=ACYBGNS3JpbJPlu6G3iwgK69v0HcvE_65g:1579036003337&q=sadza+na+lodowcu)



# Wpływ zanieczyszczeń atmosfery (2)



06.11.2015: Stężenie PM10 = 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

<https://www.newsweek.pl/polska/>

smog-zagraza-ludziom-krakow-i-inne-miasta-tona-w-smogu-zobacz-zdjecia-internautow/3g3hskn



Politechnika  
Śląska

# Geneza

- W ostatnich latach rośnie świadomość zmian klimatycznych na Ziemi oraz głównych zagrożeń dla środowiska, z których jednymi z najważniejszych są **zanieczyszczenia atmosfery**
- Aby aktywnie przeciwdziałać niekorzystnym zmianom środowiska naturalnego, konieczne jest m.in. gromadzenie danych i informacji o zanieczyszczeniach atmosfery:
  - **statycznie** - za pomocą stacjonarnych układów pomiarowych
  - **dynamicznie** – ze względu na rozkład przestrzenny i przemieszczanie się zanieczyszczeń w całym przekroju atmosfery



# Jakie są główne zanieczyszczenia powietrza?

- metale ciężkie: Hg, Cd, Pb, Mn, Cr
- amoniak
- tlenki siarki i azotu
- WWA, dioksyny i furany
- lotne związki organiczne (BC)
- tlenek węgla
- gazy cieplarniane
- pyły



# Memento

- Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) **33 z 50 najbardziej zanieczyszczonych miast w Unii Europejskiej znajduje się w Polsce**
- Najbardziej zanieczyszczonymi miastami w Polsce są kolejno: Żywiec, Pszczyna, Rybnik, Wodzisław Śląski, Opoczno, Sucha Beskidzka, Godów, Kraków, Skawina i Nowy Sącz





# Na jakich zanieczyszczeniach atmosfery się skupiamy?

- Aerozole atmosferyczne
- Smog



# Aerozole atmosferyczne

## Aerozole atmosferyczne

Pyły zawieszane, drobiny - ciekłe krople lub stałe cząstki:

- pochodzenia naturalnego, jak w przypadku aerozolu soli morskiej lub pyłów mineralnych
- cząstki produkowane przez człowieka (zanieczyszczenia), jak to jest w przypadku aerozolu kropli lub cząstek stałych siarczanów

Często prekursorami aerozoli atmosferycznych są tlenki siarki i azotu, które są przekształcane w procesach chemicznych i fotochemicznych w aerozole atmosferyczne.



# Smog

## Smog

- Zjawisko atmosferyczne powstałe w wyniku wymieszania się mgły z dymem i spalinami
- Powstaje wskutek przedostawania się do atmosfery szkodliwych związków chemicznych, takich jak:
  - tlenki siarki i tlenek azotu
  - substancje stałe, czyli pyły zawieszone
  - kancerogenne wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

**SMOG = SMoKe + fOG**



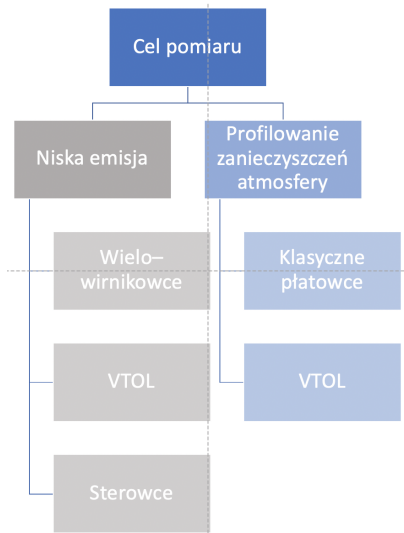
# Cel prowadzonych prac B+R

- Opracowanie i wdrażanie nowych rozwiązań systemowych, w celu gromadzenia danych o zanieczyszczeniach atmosfery, łączących:
  - wykorzystanie specjalizowanych bezzałogowych statków powietrznych (dronów)
  - rozwój systemów autonomicznych
  - rozwój szerokopasmowych systemów komunikacyjnych dalekiego zasięgu
  - rozwój systemów informatycznych, w tym automatycznej analizy danych z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji i Data Mining

Opracowywane rozwiązania dotyczą zarówno monitorowania tzw. niskiej emisji, jak i profilowania zanieczyszczeń do granicy stratosfery



# Zadania i drony



# Specyfika zadań monitorowania

Niska emisja	Profilowanie zanieczyszczeń
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Konieczność zawisania</li><li>■ Precyzyjna lokalizacja</li><li>■ Sterowanie zdalne (VLOS)</li><li>■ Ograniczone zapotrzebowanie na energię elektryczną</li><li>■ Komunikacja bezprzewodowa na małe odległości</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Brak potrzeby zawisania</li><li>■ Stabilny lot z jak najmniejszą prędkością</li><li>■ (opcja) VTOL</li><li>■ Loty długodystansowe, wielogodzinne i na znacznych wysokościach</li><li>■ Konieczność sterowania autonomicznego + wirtualna teleportacja (BVLOS)</li><li>■ Komunikacja radiowa bardzo dalekiego zasięgu</li></ul>



# Uwagi dotyczące systemu sterowania

- Działanie autonomiczne:
  - Rozpoznawanie i rozumienie otoczenia
  - Wymaga inteligencji
  - Bazuje na kompletnej wiedzy o świecie – bardzo trudne do uzyskania
- Zdalne sterowanie:
  - Tak rzadko, jak to tylko możliwe
  - Pozwala uniknąć uwięzienia drona
  - Może wykorzystywać wirtualną teleportację operatora do sceny operowania drona



# Wirtualna teleportacja

Oprócz sytuacji, które można przewidzieć, istnieją rzadkie, ale poważne problemy, których system sterujący drona nie jest w stanie rozwiązać samodzielnie

## Cel postępowania

Wywołanie u operatora poczucia, jak gdyby ona/on osobiście znajdowali się w miejscu (obszarze przestrzeni) w którym działa dron i rozwiązali problem.

## Jak to uzyskać?

- Zaawansowane HMI
- Wybrane sensory są przedłużeniem zmysłów
- Aktuatory pozwalają na bezpośrednie oddziaływanie operatora na sterowany system



# Typowa misja wspierana przez drona (1)



<https://www.wirtualnemedia.pl/artykul/dron-walczy-ze-smogiem-w-katowicach>



Politechnika  
Śląska

## Typowa misja wspierana przez drona (2)

- Cel: identyfikacja źródeł niskiej emisji niespełniających wymagań określonych przepisami prawa
- Analiza zawartości: etanolu amoniaku, chlorku wodoru, formaldehydu oraz PM10, PM 2,5, PM1 z wykorzystaniem laserowego licznika rozsianych cząstek stałych
- Wymaganie: pomiar składu spalin w zawisie w pobliżu komina
- Czas trwania pojedynczego pomiaru: kilka minut
- Sterowanie: zdalne
- Komunikacja: WiFi / Bluetooth
- Wymagana licencja operatora: VLOS
- Ładunek użyteczny (*payload*): 1-2 kg



# Wielowirnikowiec dedykowany do monitorowania zanieczyszczeń spowodowanych niską emisją (1)



# Wielowirnikowiec dedykowany do monitorowania zanieczyszczeń spowodowanych niską emisją (2)

- Technologia: CFRP + druk 3D
- Średnica wirników: 14"
- Silniki: 6 x 277 W (łącznie ciąg 10-11 kg)
- Akumulator: 4S 6750 mAh lub 4S 10000 mAh LiPo
- Payload: 0.6-1.2 kg
- Czas lotu: 20-30 min.
- Sterowanie: zdalne
- Autonomia: możliwa nawigacja wg zadanych punktów trasy wg GPS



# Wielowirnikowiec dedykowany do monitorowania zanieczyszczeń spowodowanych niską emisją (3)



# Sterowiec autonomiczny jako mobilna stacja pomiarowa (1)



# Sterowiec autonomiczny jako mobilna stacja pomiarowa (2)

- Cel: ocena zagrożenia dla skupisk ludzkich lub innych obiektów spowodowanego zanieczyszczeniami powietrza
- Wymaganie: pozostawanie w ograniczonym obszarze przez wiele godzin
- Czas trwania pomiarów: kilka godzin / dni
- Sterowanie: autonomiczne
- Komunikacja: WiFi / WiMAX / ...
- Wymagana licencja operatora: VLOS / BVLOS
- Ładunek użyteczny (*payload*): 1-2 kg



# Sterowiec PVC\_m (1)





# Sterowiec PVC\_m (2)

Parametr	Wartość
Objętość [m <sup>3</sup> ]	28.3
Waga helu [N]	49.5
Waga powłoki [N]	113.0
Siła nośna [N]	196.1
Wypór [N]	358.6



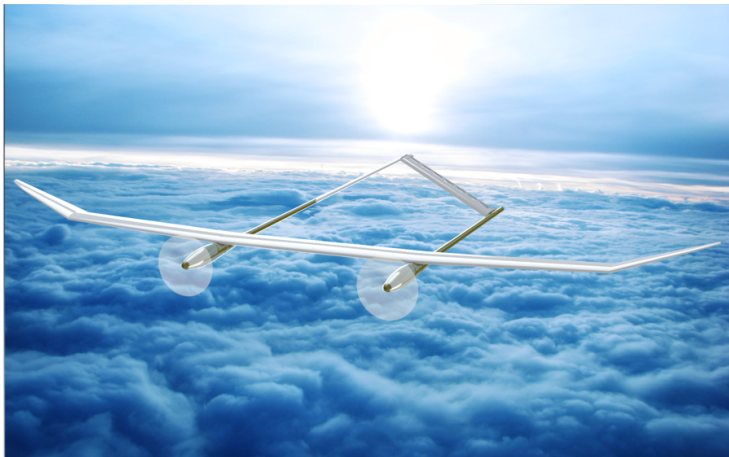
# Sterowiec PVC\_m jako platforma autonomiczna



# Profilowanie zanieczyszczeń BC na Svalbardzie



# TwinStratos (1)



# TwinStratos (2)

Przeznaczenie: długotrwałe misje monitorowania i nadzoru w różnych zakresach i wysokościach, jak np.:

- monitorowanie stanu atmosfery i zjawisk pogodowych
- monitorowanie zanieczyszczenia powietrza
- monitorowanie upraw
- geodezja i kartografia
- wspieranie komunikacji i transportu
- obserwacja zjawisk naturalnych na powierzchni Ziemi
- nadzorowanie operacji na ziemi
- zastosowania specjalne



# TwinStratos (3)

Rozpiętość skrzydeł [m]	Maxi	Midi	Mini
	24.8	12.4	3.1
Udźwig użyteczny [kg]	0.5 - 7		
Pułap operacyjny [km]	0 - 22		
Długość lotu	nieograniczona		
Napęd	silniki elektryczne		
Źródło zasilania	PVC i hybrydowy system magazynowania energii		
Elementy konstrukcyjne	technologia kompozytów cienkowarstwowych		

Ze względu na wymagania Prawa Lotniczego MTOW ograniczona do 25 kg

# Podsumowanie (1)

- Kontrolowanie i w perspektywie ograniczanie zanieczyszczeń atmosfery jest jednym z najważniejszych wyzwań naszej cywilizacji
- Planujemy aktywnie włączyć się w ten proces poprzez prowadzenie prac badawczych i rozwojowych dotyczących nowoczesnych BSP umożliwiających monitorowanie zanieczyszczeń powietrza
- Badania te są realizowane we współpracy z Centrum Klimatu i Ochrony Środowiska Politechniki Śląskiej i są objęte 6. POB PŚ jako uczelni badawczej
- Rozpoczęto współpracę z przodującymi ośrodkami naukowymi w zakresie badania zanieczyszczeń atmosfery (UW, NORCE)
- Postęp z zakresie badań będzie przedstawiany na kolejnych konferencjach



# Podsumowanie (2)

- Do rozwoju BSP stosowane są nowoczesne technologie, jak:
  - cienkościenne struktury kompozytowe
  - systemy sterowania autonomicznego
  - komunikacja satelitarna
  - źródła energii umożliwiające realizację misji o długim i nieograniczonym czasie trwania
- Stosowanie nowoczesnych BSP wymaga rozwoju systemów informatycznych umożliwiających realizację misji w sposób zgodny z przepisami prawa międzynarodowego





# Podziękowania

W prezentacji pokazano wybrane wyniki badań zrealizowanych w ramach projektów częściowo finansowanych przez:

- The Research Fund for Coal and Steel – grant nr RFCR-CT-2014-00002 “System for virtual TELEportation of RESCUER for inspecting coal mine areas affected by catastrophic events (TeleRescuer)”
- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego – grant nr 3120/FBWS/2014/2 [STR]
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju – grant nr POIR.01.02.00-00-0012/15-00 “Nadzorowanie autonomicznej misji bezzałogowego sterowca za pomocą wirtualnej teleportacji – od naukowych modeli ku nowemu potencjałowi technologicznemu”, zrealizowany w latach 2016-2019 w ramach Programu Operacyjnego Innowacje



# Dziękuję za uwagę

wojciech.moczulski@polsl.pl

wojciech.moczulski@skytechproducts.pl

