



Zakład Mechaniki Płynów i Aerodynamiki

Tunel aerodynamiczny o obiegu otwartym z komorą Eiffela



Badania modelowe

- ***Cele poznawcze:***

- *pozyskanie informacji na temat procesów zachodzących w przepływach*

- ***Cele użyteczne:***

- *szybsze, tańsze i bezpieczniejsze przeprowadzenie badań bez wykonywania prototypów*
 - *weryfikacja nowych rozwiązań konstrukcyjnych*
 - *weryfikacja metod obliczeniowych*

Narzędzia badawcze

Podstawowymi narzędziami aerodynamiki doświadczalnej są tunele aerodynamiczne:

- poddźwiękowe*
- transoniczne*
- naddźwiękowe*
- hiperdźwiękowe*

*wyposażone w specjalistyczne układy pomiarowe
Istnieje wiele układów konstrukcyjnych tuneli
zależnych od przeznaczenia tunelu*

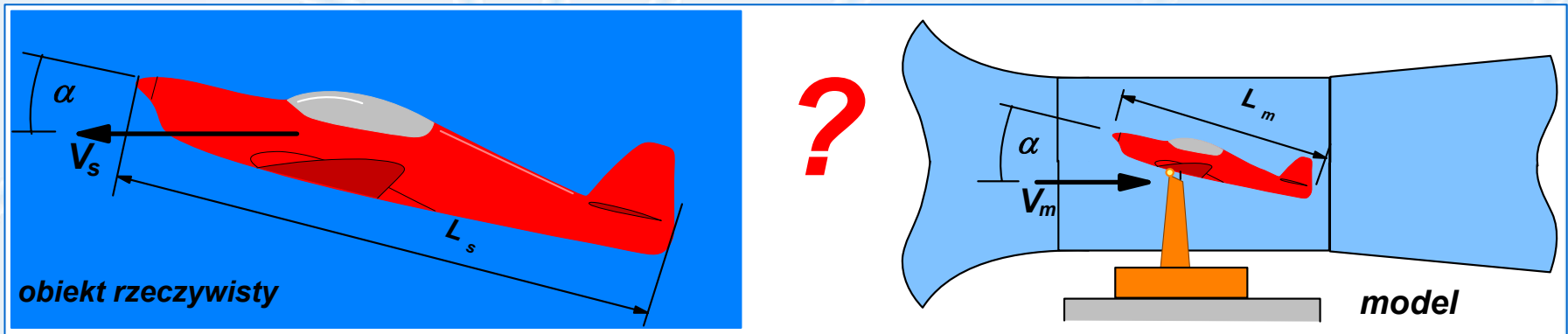
- tunele o obiegu zamkniętym*
- tunele o obiegu otwartym*

Kryteria podobieństwa

....Czyli przenoszenie wyników badań modelowych na obiekt naturalny

- Podobieństwo geometryczne:

“



Kryteria podobieństwa

- **Kryteria dynamiczne np.**

- **Liczba Reynoldsa**

$$Re = \frac{\text{siły bezwładności}}{\text{tarcia wewnętrzne}}$$

- **Liczba Macha**

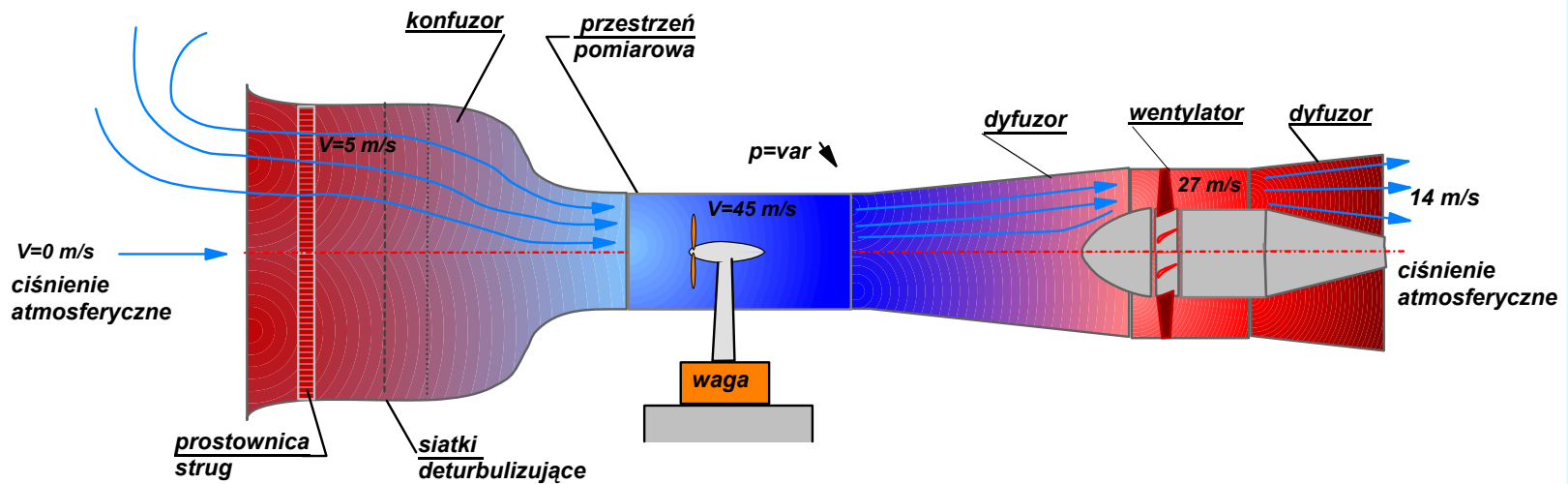
$$Ma^2 = \frac{\text{siły bezwładności}}{\text{siły ciśnieniowe}}$$

- **Szybkobieżność
lub posuw**

$$\lambda = \frac{\text{prędkość wierzchołka łopaty}}{\text{prędkość wiatru}}$$

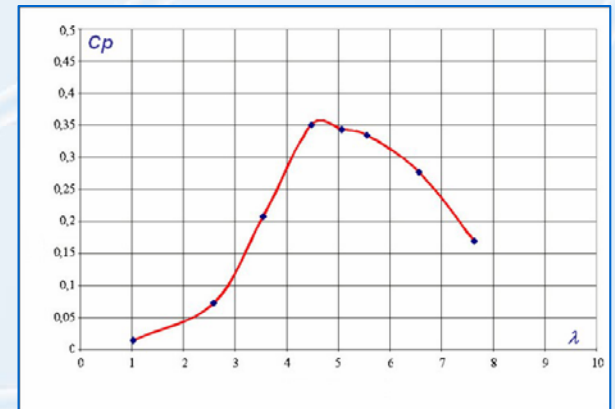
- **Inne: np. sztywnościowe, geometria mas etc.**

Schemat działania tunelu aerodynamicznego



Badania w tunelu

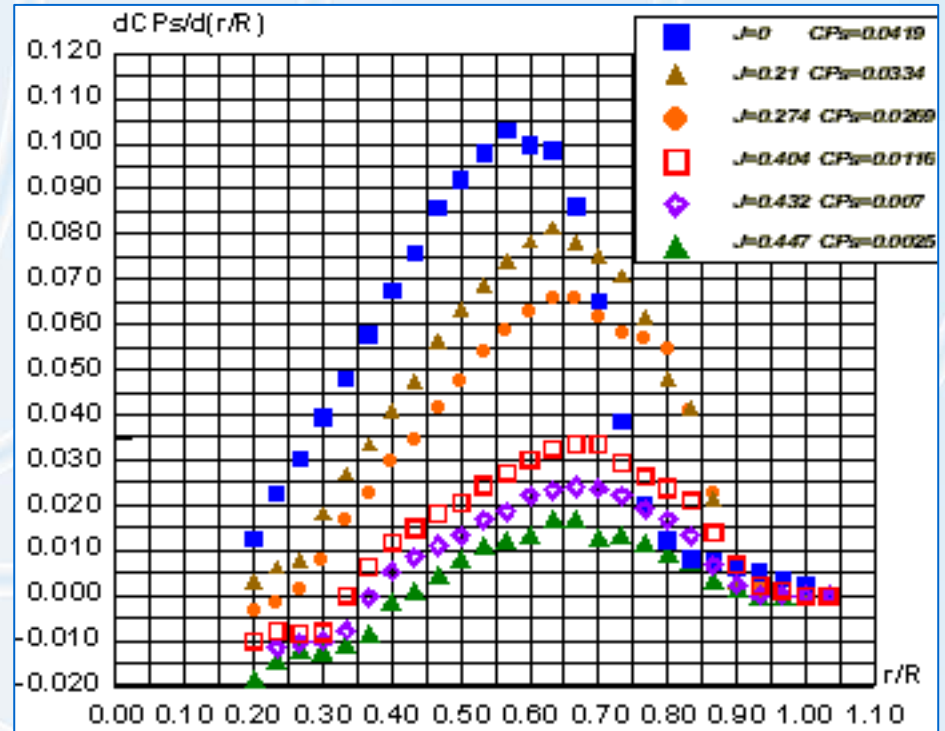
- *Badania modelowe globalnych charakterystyk aerodynamicznych śmigieł lotniczych i śmigieł sterujących śmigłowców (ciąg i moment obrotowy)*
- *Badania modelowe charakterystyk energetycznych i aerodynamicznych wirników turbin wiatrowych (krzywa mocy C_p vs. λ)*
- *Wzorcowanie anemometrów wiatraczkowych i czasowych*



Źródło: FH-Bohum

Badania z zastosowaniem tunelu

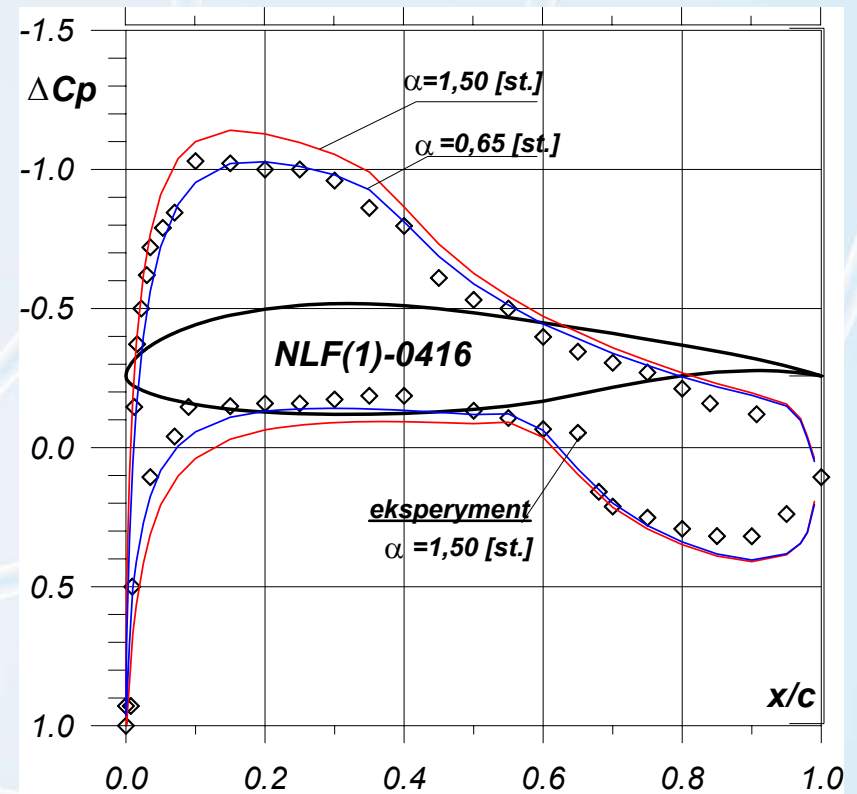
- Wyznaczanie rozkładu aerodynamicznego obciążenia wirnika (śmigła, turbiny wiatrowej)
- Diagnostyka przepływowa pracy wirnika
- Bilanse energetyczne przepływów śmigłowych



Promieniowe obciążenie śmigła. Pomiar własne

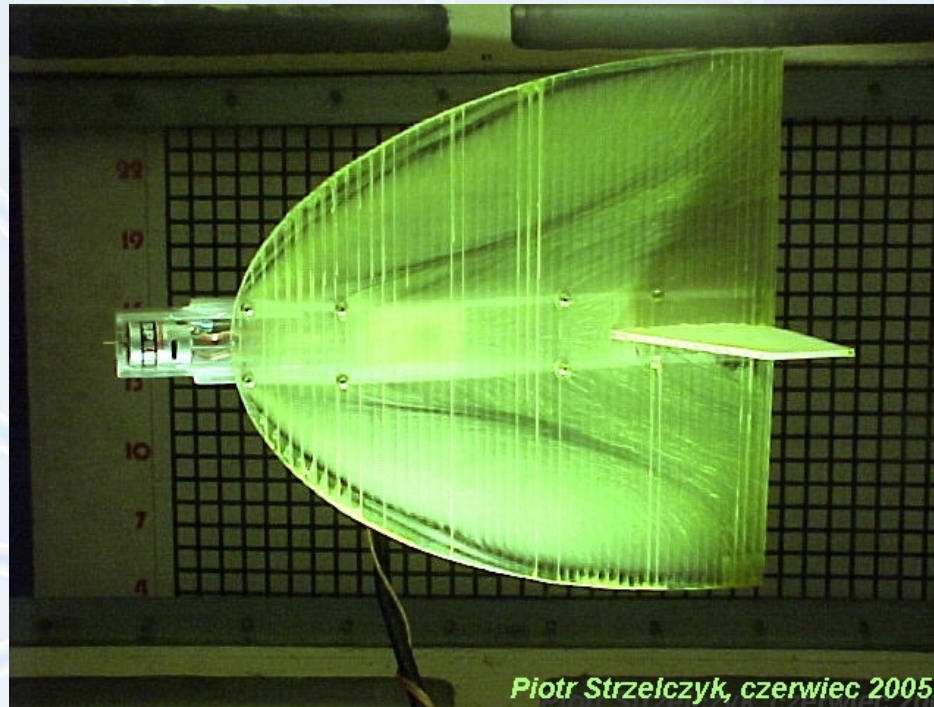
Badania w tunelu

Wyznaczanie metodami ciśnieniowymi charakterystyk profili dla łopat turbin i płatów nośnych samolotów



Rozkład ciśnienia na profilu wiatrakowym NLF(1)-0416

Badania w tunelu



- *Badania miniaturowych aparatów bezpilotowych μ RPV w skali naturalnej*
- *Badania modelowe samolotów*

Badania w tunelu



Wizualizacja opływu półmodelu płata delta

- *Badania wizualizacyjne przepływów*

Badania w tunelu

- *Badania modelowe elementów konstrukcji budowlanych jak np:*

klapy oddymiające

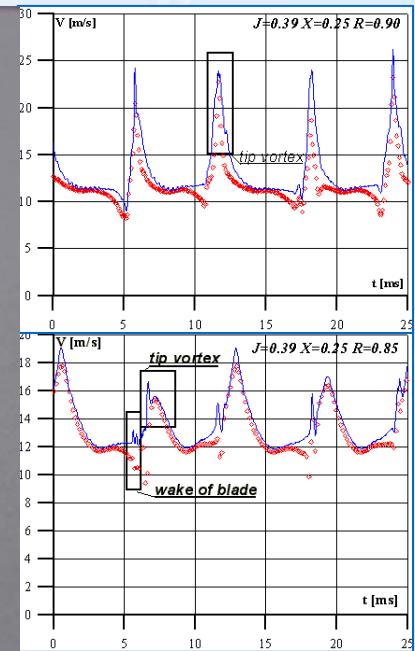
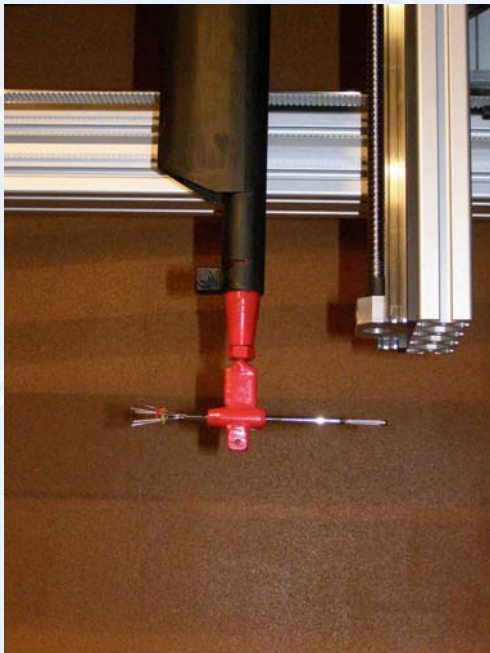


nasady kominowe



Techniki pomiarowe

- *Pomiary ciśnieniowe: sondy wielotworowe*



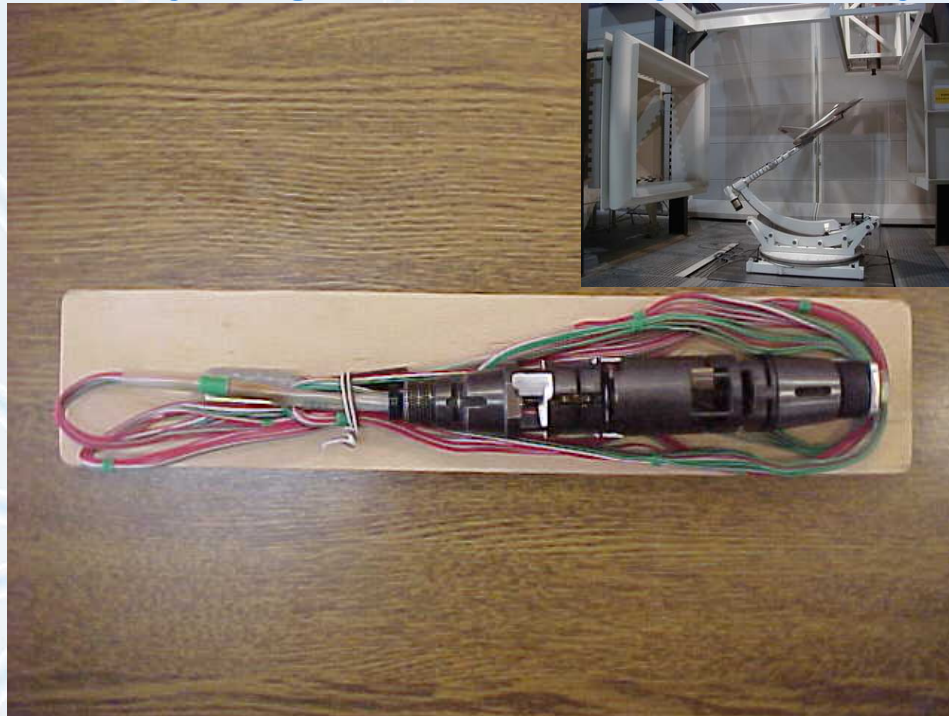
Techniki pomiarowe

- *Sondy piętzące o szybkiej odpowiedzi, do pomiarów szybkozmiennego ciśnienia całkowitego*
- *Termoanemometria: pomiar chwilowych wartości prędkości i turbulencji przepływu*



Techniki pomiarowe

- *Pomiary wagowe sił aerodynamicznych*



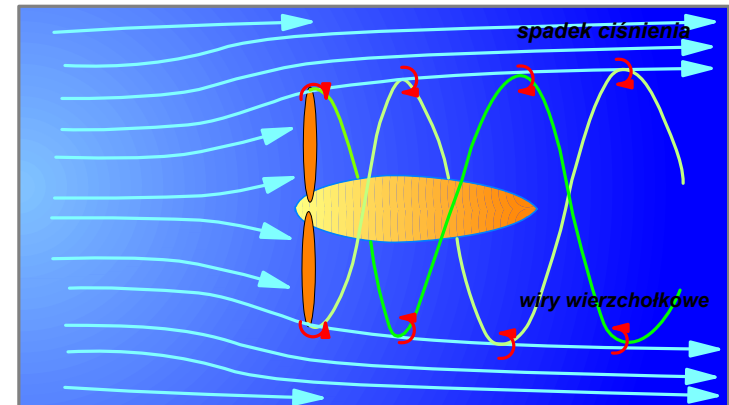
Sześćskładowa aerodynamiczna waga wewnętrzna

Układ konstrukcyjny tunelu

- **Otwarta lub zamknięta przestrzeń pomiarowa**

Przestrzeń zamknięta:

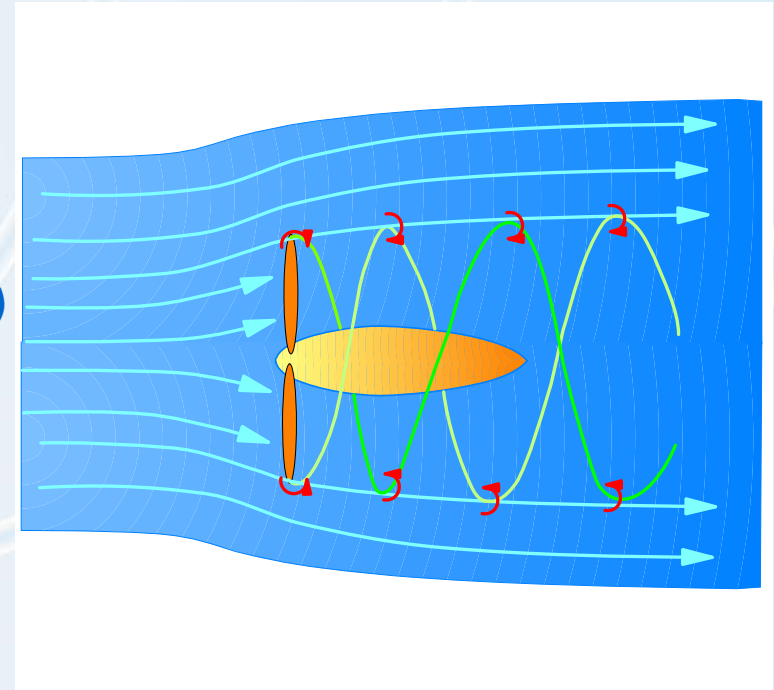
- Ograniczenia ze względu na interferencję ze ściankami tunelu
- Poziomy gradient ciśnienia dp/dx
- Trudny dostęp do przestrzeni pomiarowej
- Brak (?) pulsacji ciśnienia
- Mniejsze niż przy otwartej p.p. opory przepływu



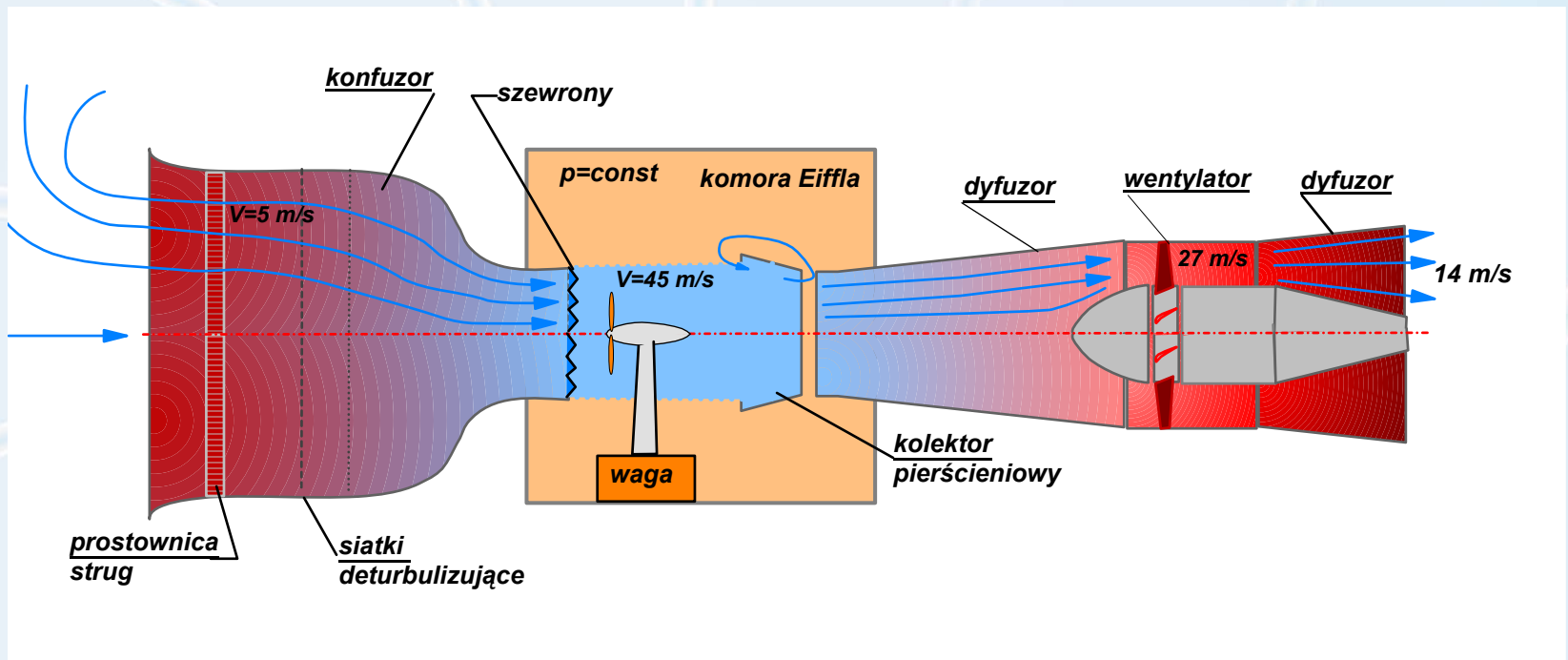
Układ konstrukcyjny tunelu

Przestrzeń otwarta

- Swobodny dostęp do strumienia
- Obszar bez poziomego gradientu ciśnienia $dp/dx=0$
- Możliwość zastosowania większych modeli śmigieł/wirników (do 70% rdzenia)
- Większe opory niż w przypadku przestrzeni zamkniętej
- **Zagrożenie pulsacjami prędkości**
- ❑ Częstotliwość Helmholtza strugi
- ❑ Częstotliwość rezonansowa pomieszczenia



Układ konstrukcyjny tunelu



Opis tunelu

Tunel o obiegu otwartym ze strugą swobodną w komorze Eiffela z pasywnym tłumieniem pulsacji ciśnienia

Dane techniczne:

- Średnica przestrzeni pomiarowej: 1000 mm
- Długość przestrzeni pomiarowej: 1700 mm
- Komora Eiffela: 3000x3000x3000 mm
- Kontrakcja konfuzora: 1:9
- Prędkość maksymalna: ok. 40 m/s
- Maks. średnica modeli wirników: 630 mm
- Maks. Średnica brył osiowo-symetrycznych: 250 mm



**Gustave-Alexandre
Eiffel**

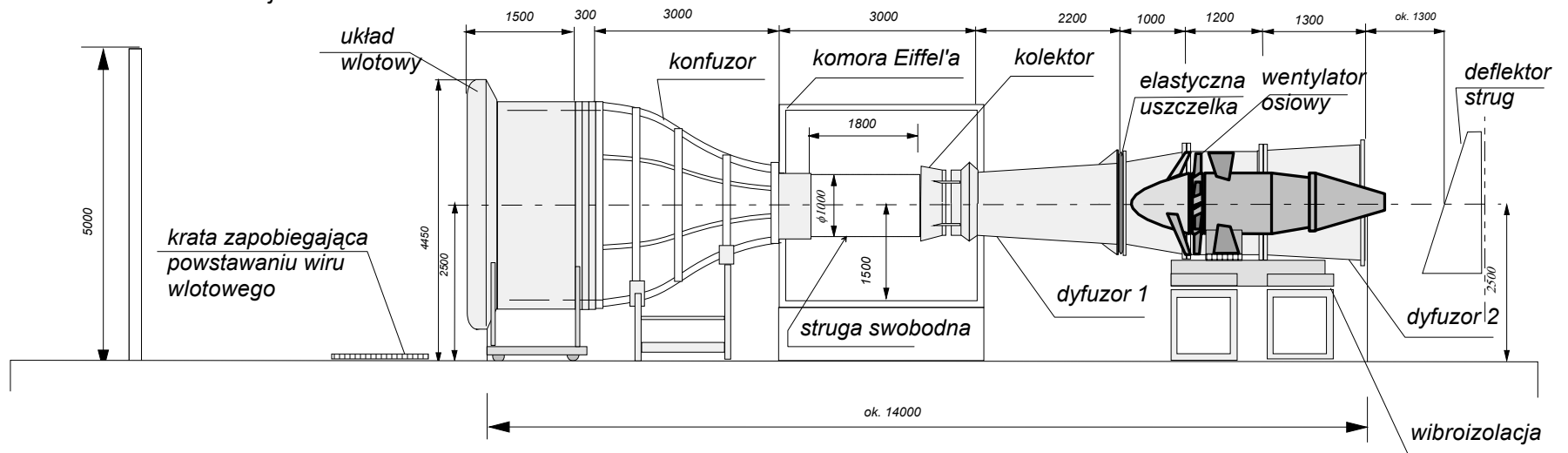
Opis tunelu

- *Napęd tunelu: silnik prądu stałego 90 kW*
- *Konstrukcja tunelu mieszana: stal, kompozyt szklano-epoksydowy, sklejka*



Schemat tunelu

ekran akustyczny
z poliwęglanu komórkowego
na ramie stalowej



Oferta badawcza Zakładu

- Badania aerodynamiki śmigieł lotniczych, łopatek wirników elektrowni wiatrowych*
- Badanie przepływów*
- Badania miniaturowych aparatów bezpilotowych μ RPV w skali naturalnej*
- Badania modelowe samolotów*
- Badanie, projektowanie i sterowanie nasadek kominowych*
- Projektowanie i badanie elementów i układów pneumatycznych*
- Projektowanie i badanie maszyn przepływowych*
- Projektowanie urządzeń odpylających*
- Obliczanie hydrodynamiczne mikro- i nanoprzepływów*
- Projektowanie i budowa tensometrycznych przetworników wielkości mechanicznych*
- Projektowanie tłumików hałasu w układach wentylacyjnych*