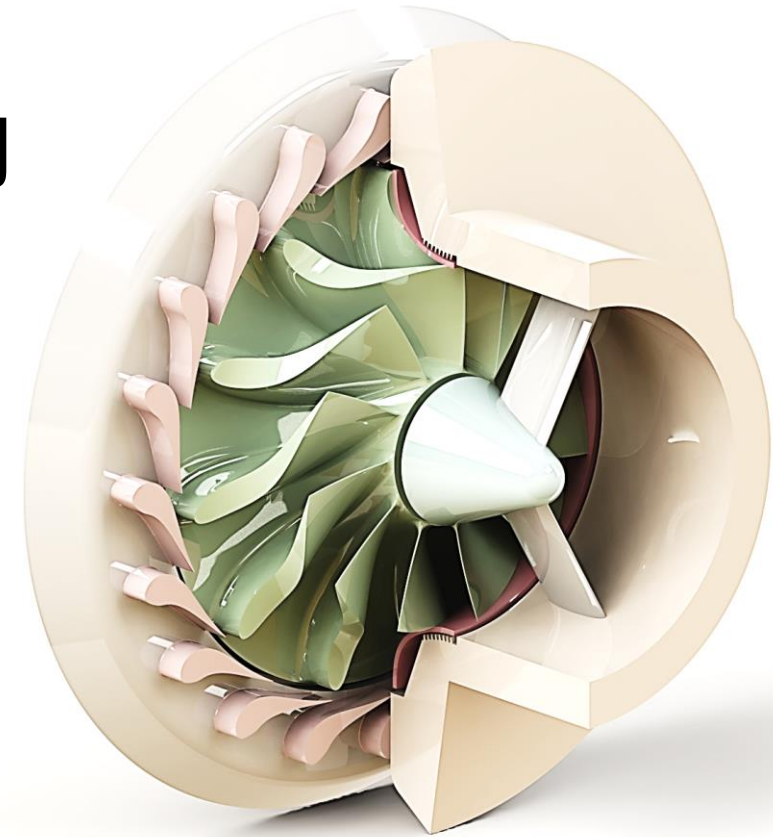


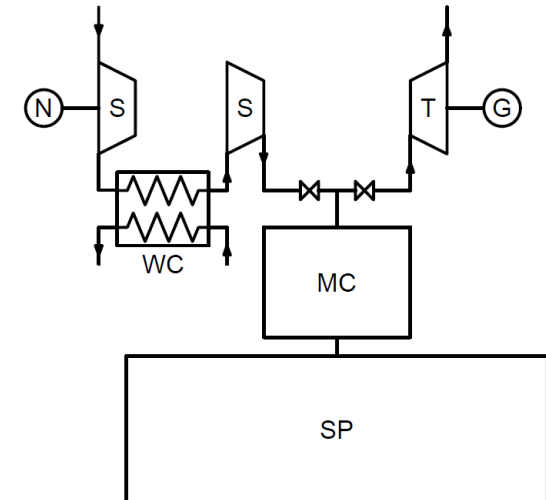
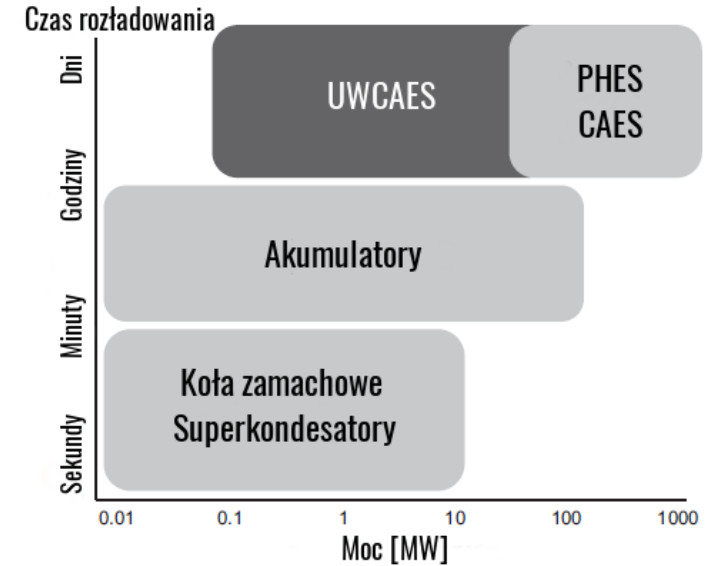
OPTYMALIZACJA TURBINY PROMIENIOWO - OSIOWEJ PRACUJĄCEJ W SYSTEMIE UWCAES

Łukasz Witanowski, Piotr Klonowicz, Piotr Lampart

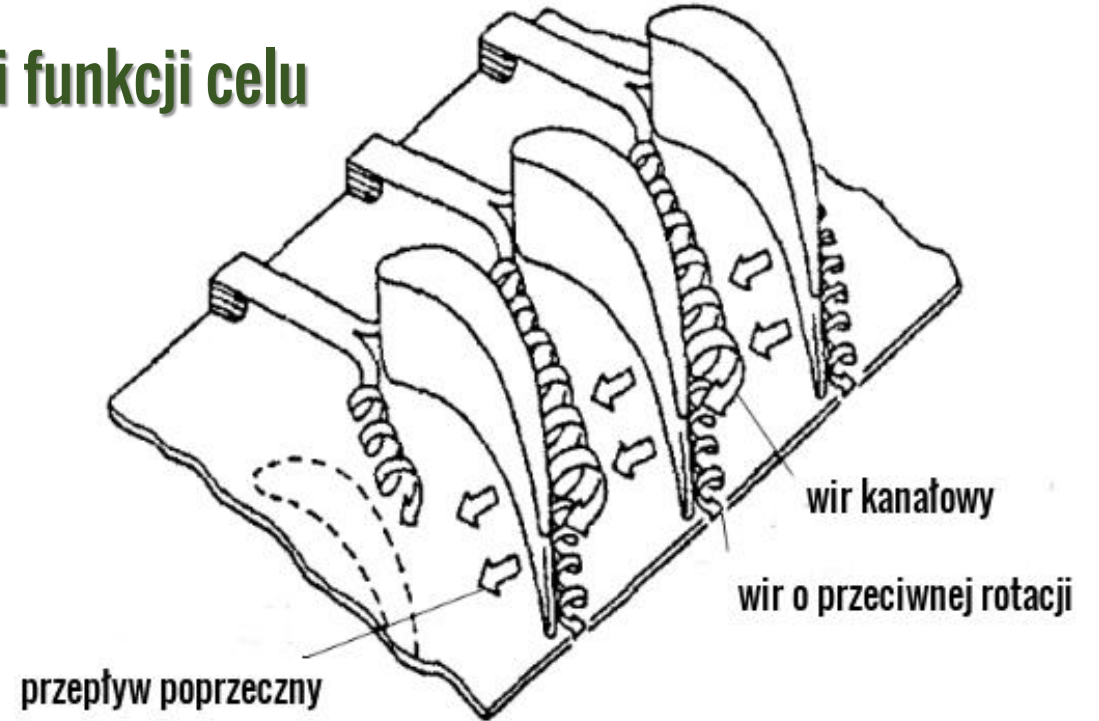
Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Ośrodek Energetyki Ciepłej - Zakład Turbin



- **Magazynowanie energii - UWCAES (Underwater Compressed Air Energy Storage)**
- **Stałe ciśnienie w zbiorniku, niższy koszt zbiorników powietrza, możliwość rozbudowy instalacji**
- **Hydrostor, Kanada (Ontario), 6 balonów, 400m², 1320 kWh**
- **Optymalizacja maszyn energetycznych pozwala zwiększyć efektywność ekonomiczną instalacji**



- Poszukiwanie maksymalnej/minimalnej wartości funkcji celu
- Budowa wydajnej funkcji celu oraz funkcji kary
- Dobór metod optymalizacyjnych
- Ograniczenie strat przepływowych:
 - strat profilowych
 - strat brzegowych
 - strat przepływów ubocznych
 - strat energii wylotowej

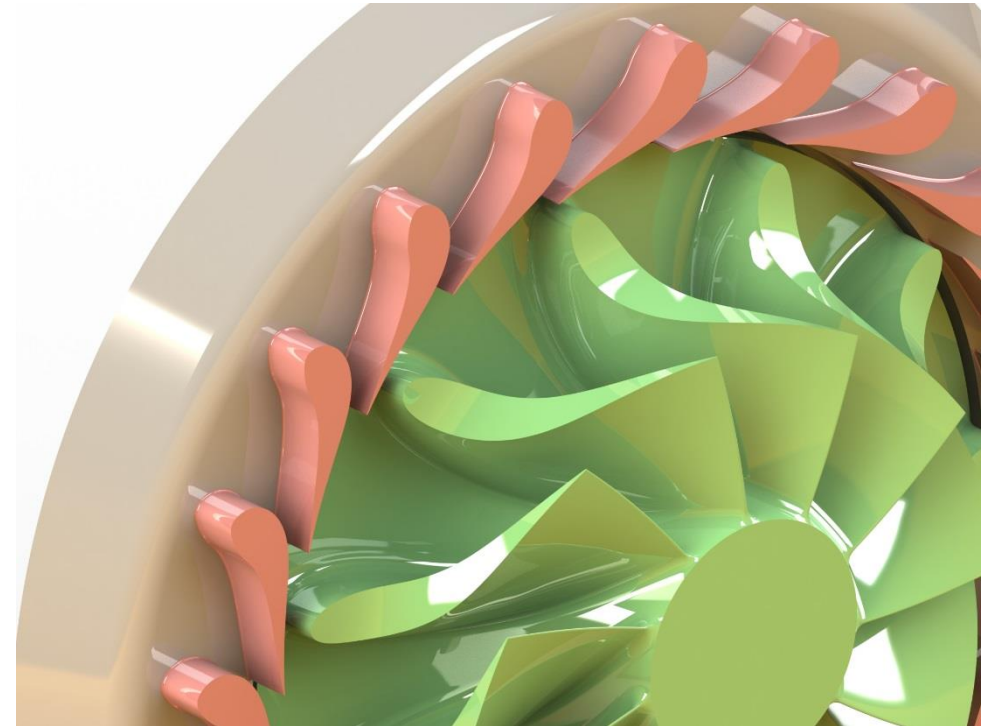


Opis zagadnienia

- **Promieniowo - osiowa turbina powietrzna, 1 stopień**
- **Parametry projektowe:**

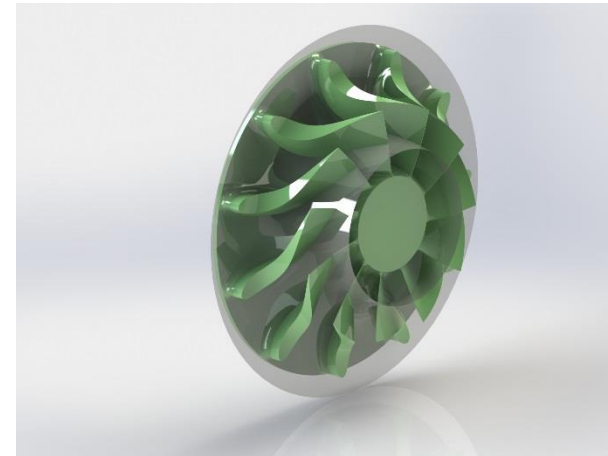
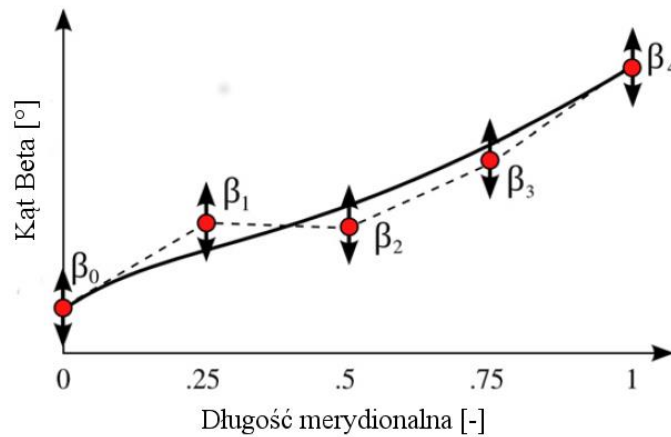
Prędkość obrotowa	44000 obr/min
Ciśnienie wlotowe	701.54 kPa
Temperatura wlotowa	476.95 K
Ciśnienie wylotowe	101.33 kPa
Strumień masy	1.48 kg/s
Moc turbiny	270 kW

- **Optymalizowany wieniec wirnikowy składa się z 11 łopatek**
- **Wieniec kierowniczy składa się z 20 łopatek o stałej geometrii wzdłuż wysokości kanału**



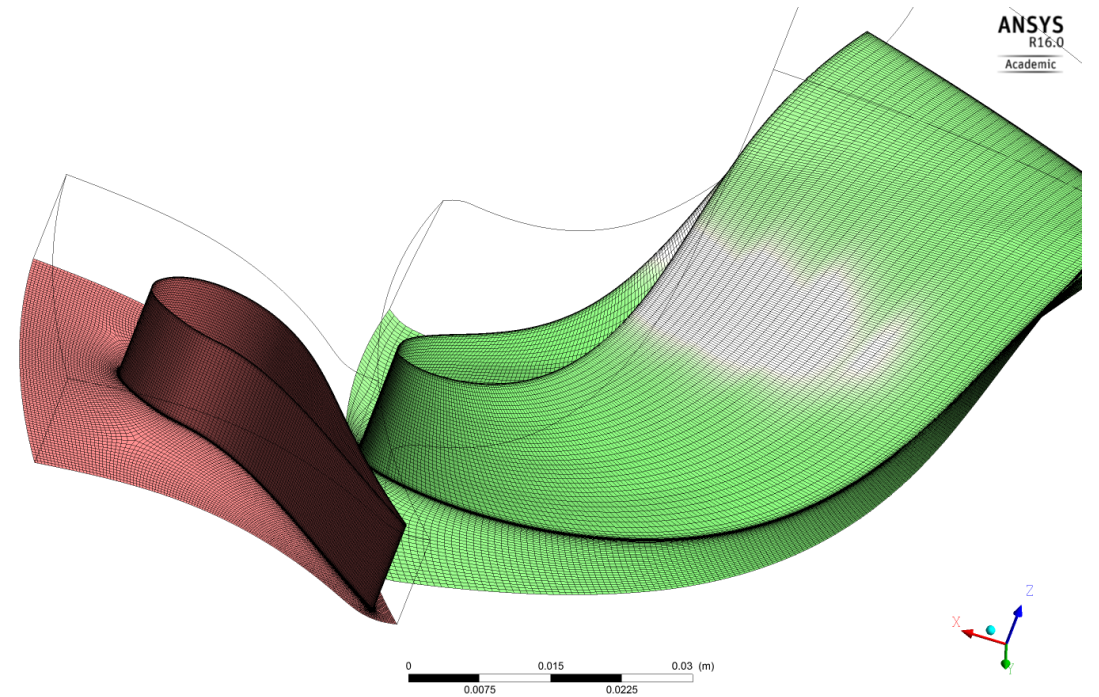
Parametryzacja łopatkki wirnika

- Parametryzacja kształtu jest elementem decydującym o sukcesie obliczeń
- Istnieje wiele możliwości parametryzacji kształtu łopatek
- W prezentowanym przypadku rozkład został zdefiniowany za pomocą krzywej Béziera opisanej 5 punktami kontrolnymi
- Rozkład kąta beta (kąta łopatkowego) wzdłuż linii szkieletowej łopatkki

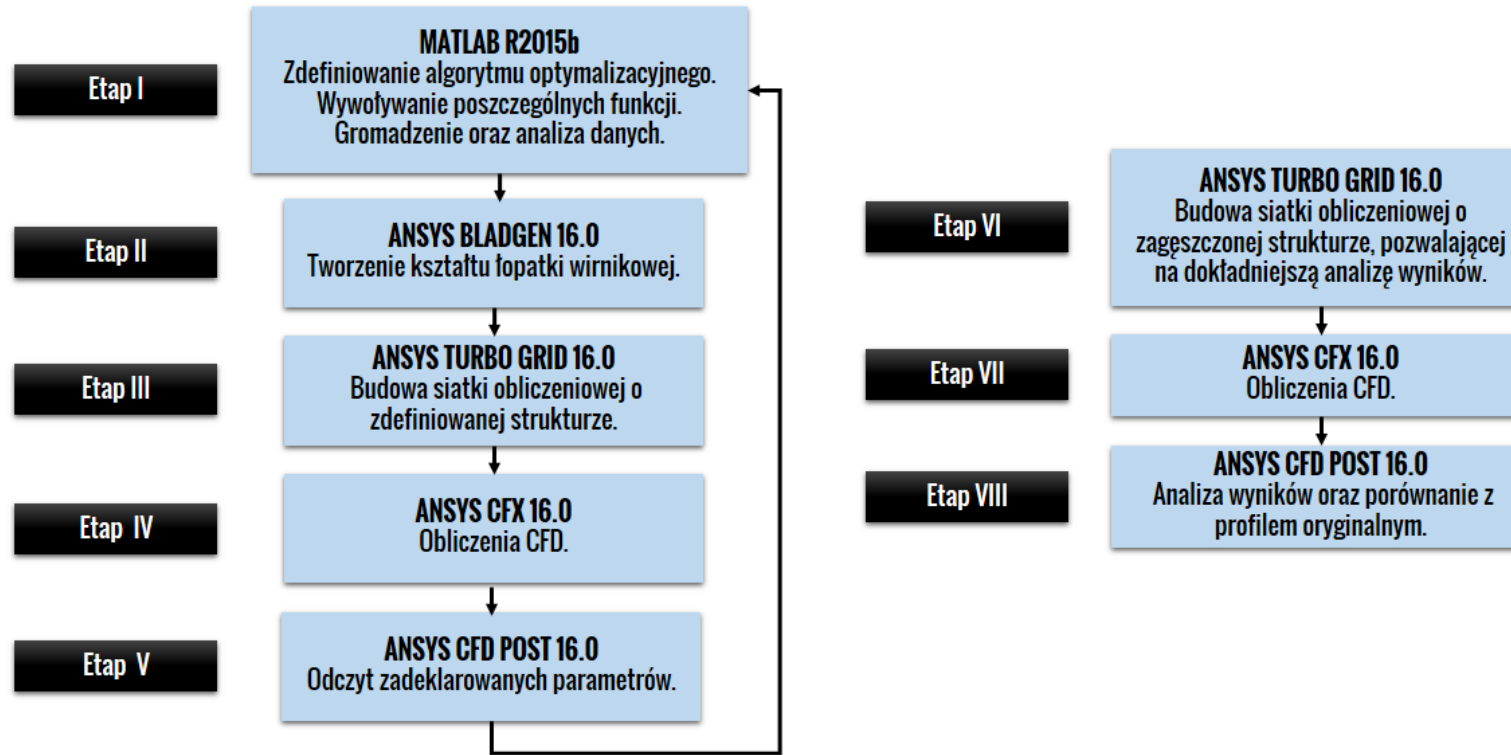


Metodyka obliczania wartości funkcji celu

- Program ANSYS CFX v.16
- Obliczenia stacjonarne przy użyciu metody RANS
- Model turbulencji SST
- Założenie periodyczności przepływu
- Siatki strukturalne tworzone przy użyciu ANSYS Turbogrid v.16
- Opracowanie wyników za pomocą ANSYS CFD POST v.16
- Warunki brzegowe:
 - wlot - ciśnienie całkowite, temperatura całkowita
 - wylot - średnie ciśnienie statyczne
 - pozostałe - prędkość obrotowa

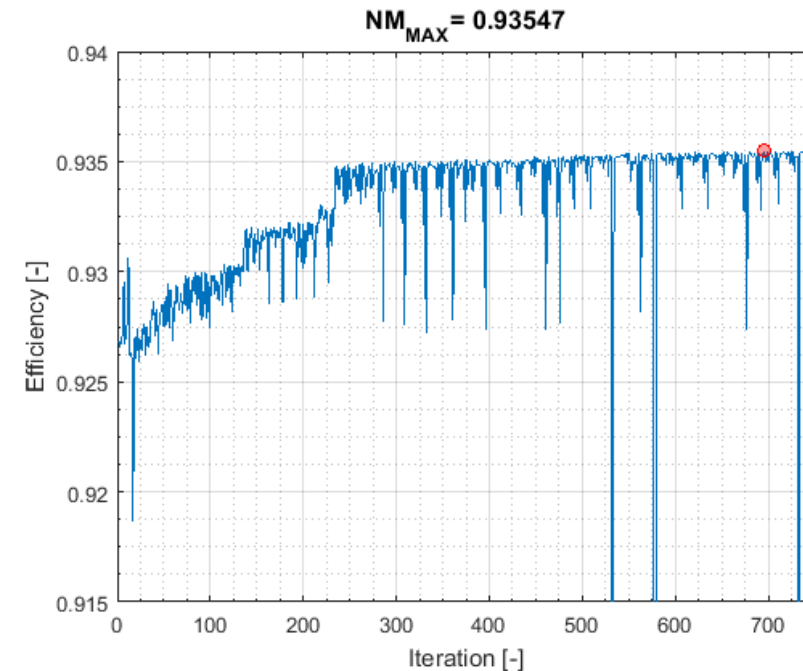
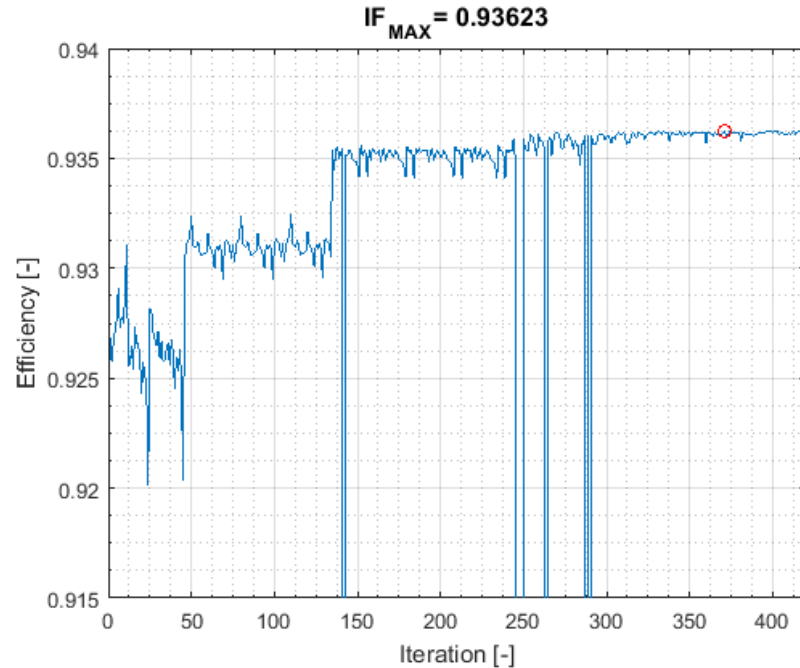


Schemat postępowania

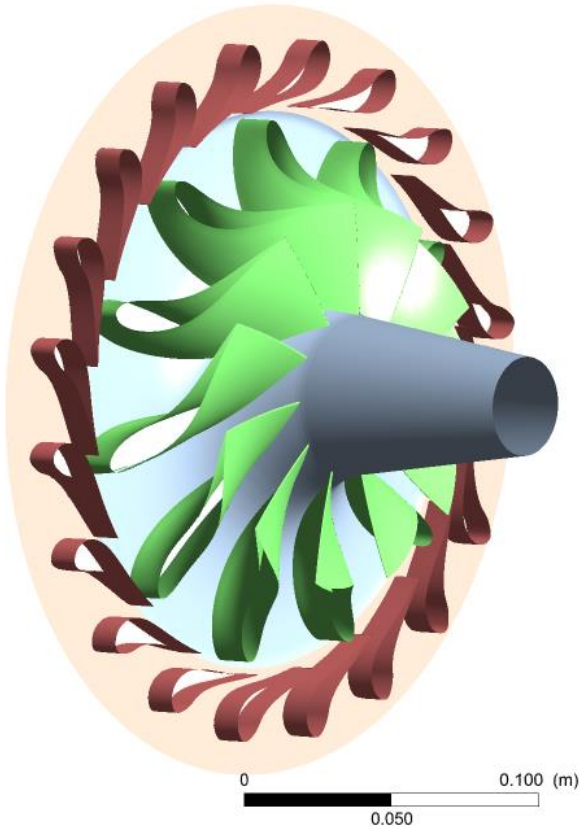


Algorytmy optymalizacyjne

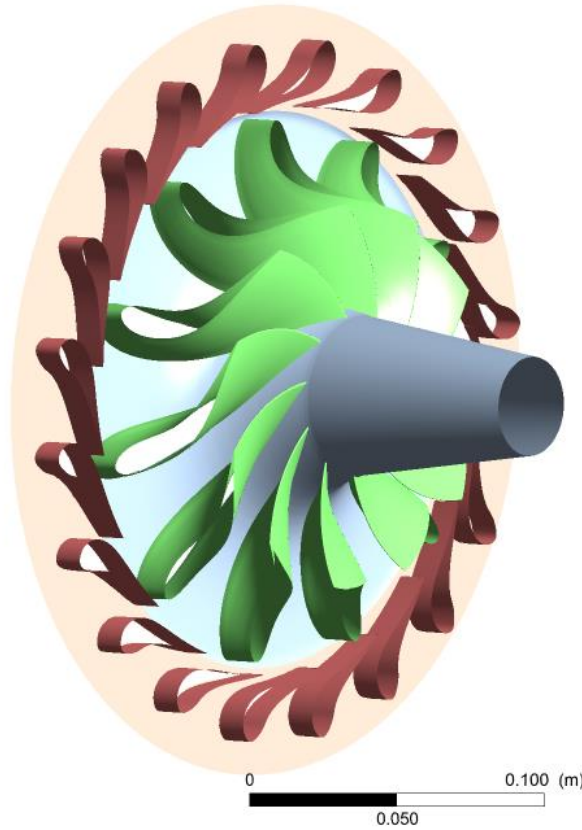
- W obliczeniach zastosowano:
 - Algorytm niejawnej filtracji (implicit filtering) - metoda gradientowa nadająca się do optymalizacji funkcji zaszumionych
 - Algorytm poszukiwania bezpośrodnienia (Nelder-Mead)



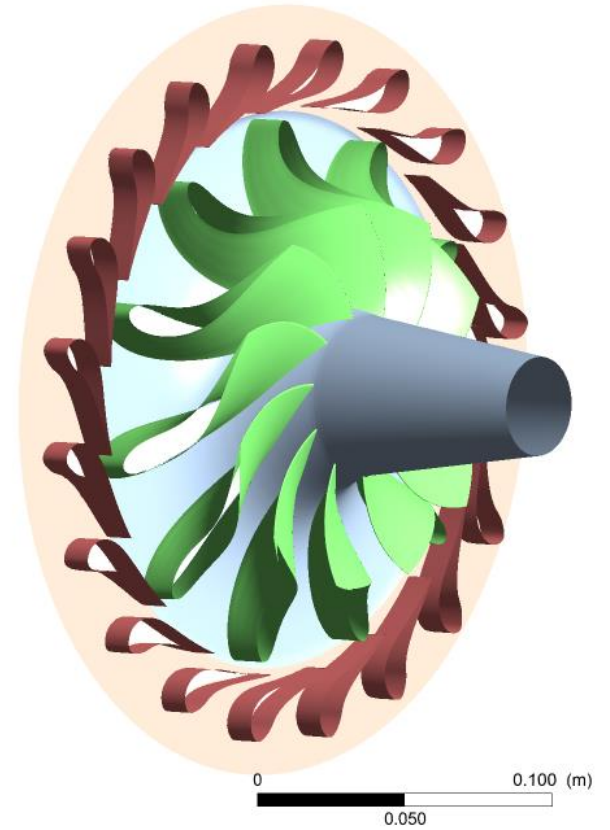
Wyniki obliczeń



Oryginalna geometria



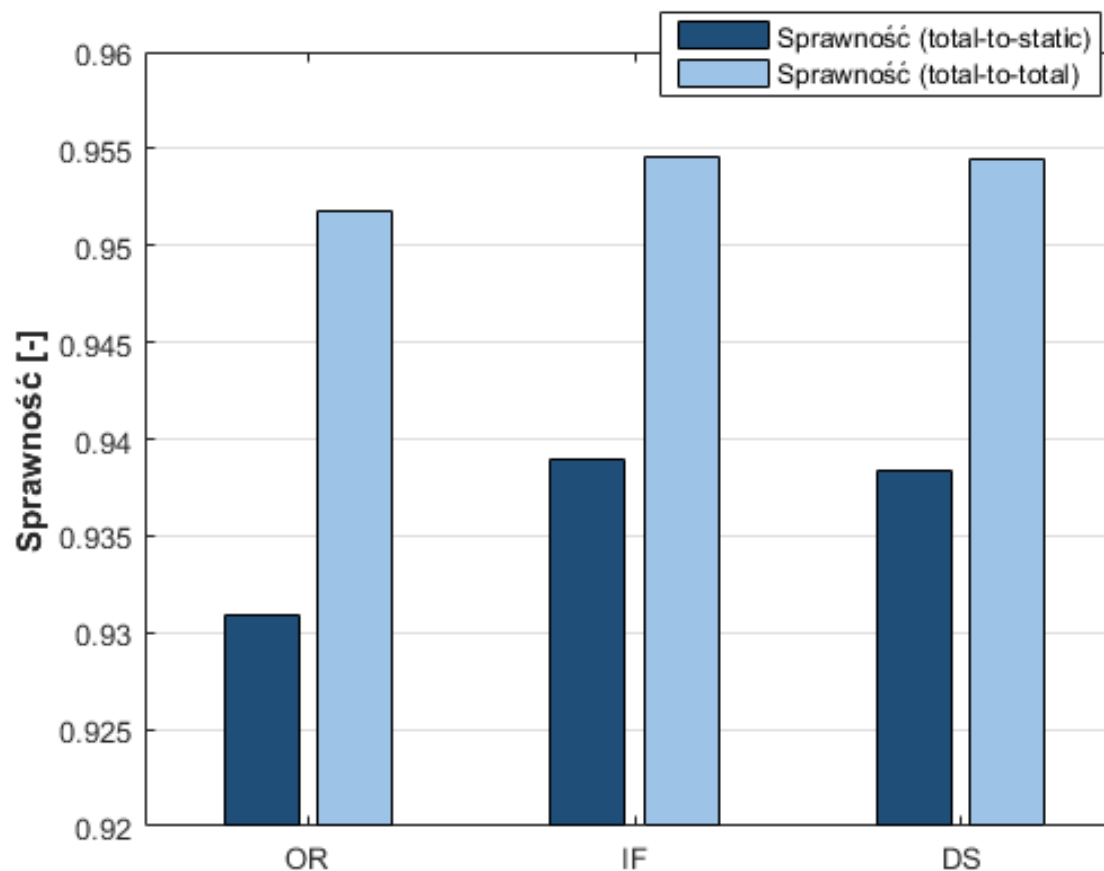
Filtrowanie niejawne



Nelder - Mead

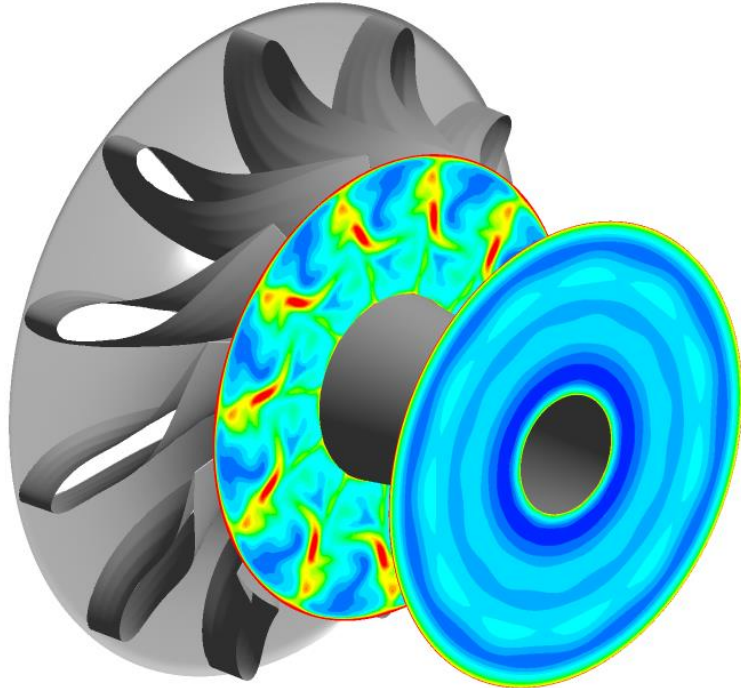
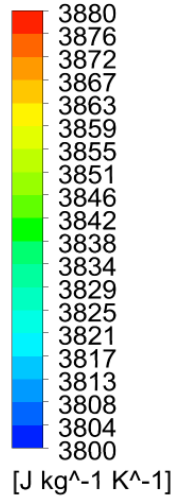


Wyniki obliczeń

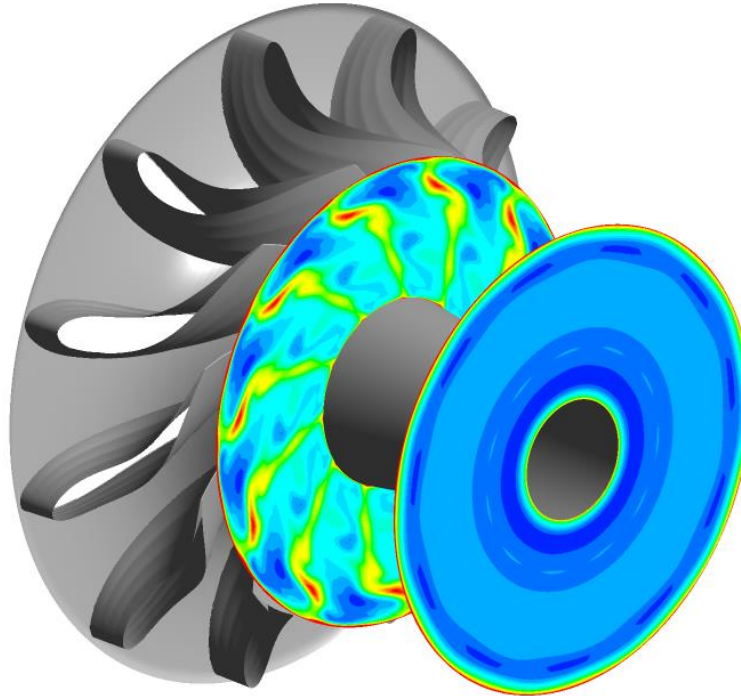


Wyniki obliczeń

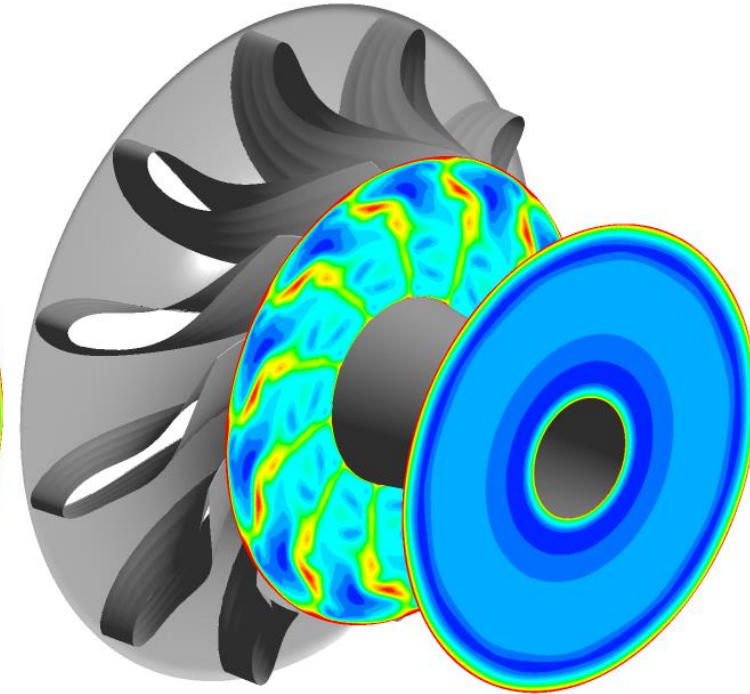
Static Entropy
Contour 1



Oryginalna geometria



Filtrowanie niejawne



Nelder - Mead



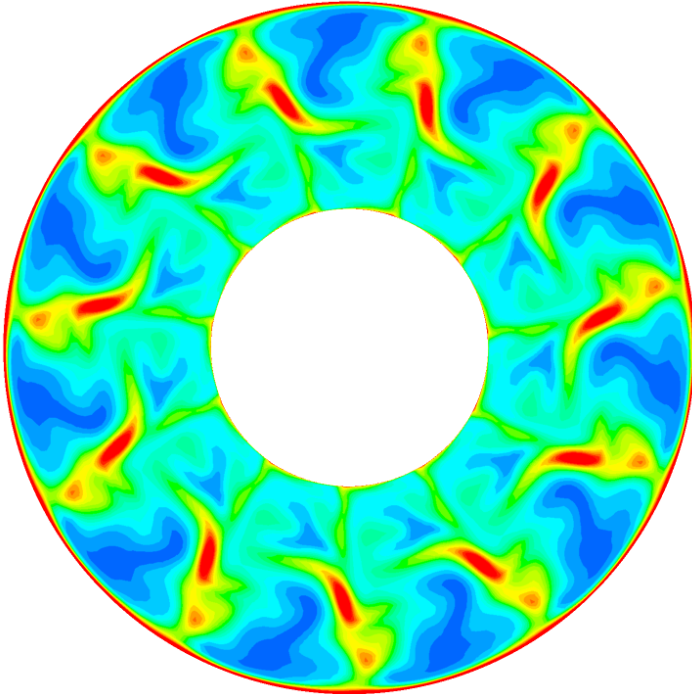
Wyniki obliczeń

Static Entropy
Contour 1

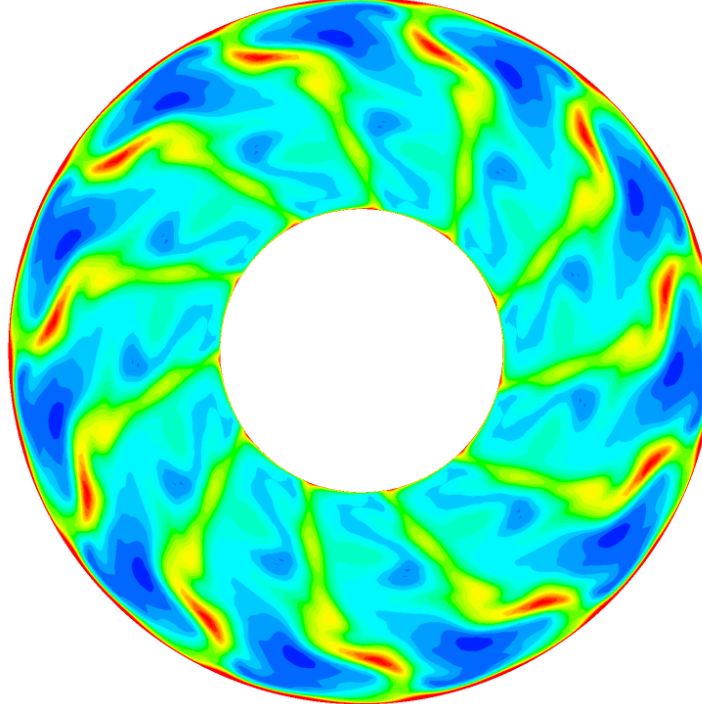


3880
3876
3872
3867
3863
3859
3855
3851
3846
3842
3838
3834
3829
3825
3821
3817
3813
3808
3804
3800

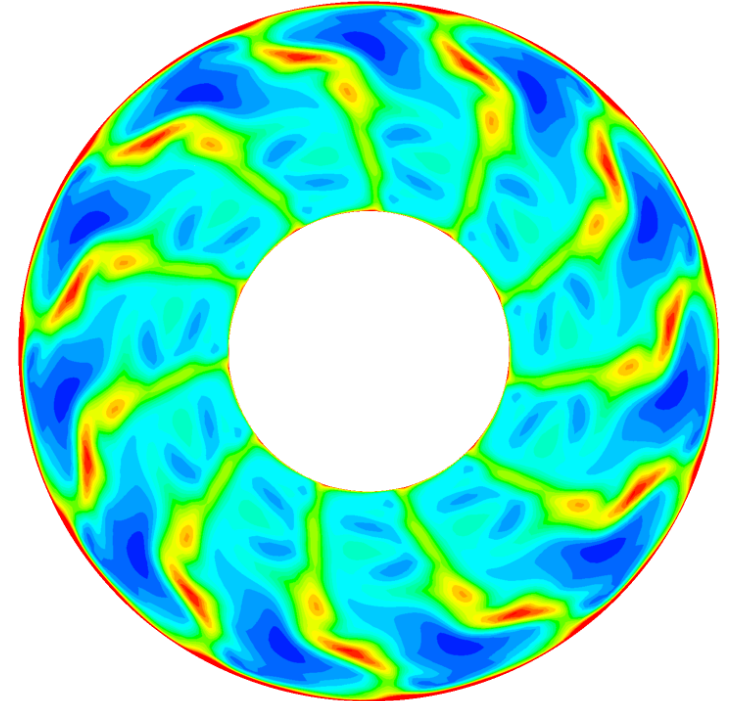
[J kg⁻¹ K⁻¹]



Oryginalna geometria



Filtrowanie niejawne



Nelder - Mead



Łukasz Witanowski, Piotr Klonowicz, Piotr Lampart

OPTIMALIZACJA TURBINY PROMIENIOWO - OSIOWEJ PRACUJĄCEJ W SYSTEMIE UWCAES

XX Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, 16-20 maja 2016r.

Wnioski

- Wykorzystując zmianę kąta beta można wpłynąć na poprawę sprawności turbiny
- Najlepszy wyniku uzyskano dla algorytmu filtracji niejawnej, co potwierdza po raz kolejny skuteczność tej metody dla optymalizacji układów przepływowych
- Znalezienie minimum globalnego/lokalnego dla zadanej wartości funkcji celu wymaga dużego czasu obliczeniowego
- W przyszłości należy zastosować inne algorytmy optymalizacyjne, a w szczególności metody hybrydowe
- Należy również poszerzyć dziedzinę poszukiwań:
 - zmieniać obrysy merydionalne
 - zmieniać średnice kanału
 - zmieniać liczbę łopatek wieńca kierowniczego i wirnikowego
 - optymalizować wieniec kierowniczy (kształt oraz ustawienie łopatki kierowniczej)



Dziękuję za uwagę!

**„Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr 2015/17/N/ST8/01782
finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki”**

