



Równoważenie sił wzdłużnych za pomocą łopatek odciążających

mgr inż. Marek Szlaga

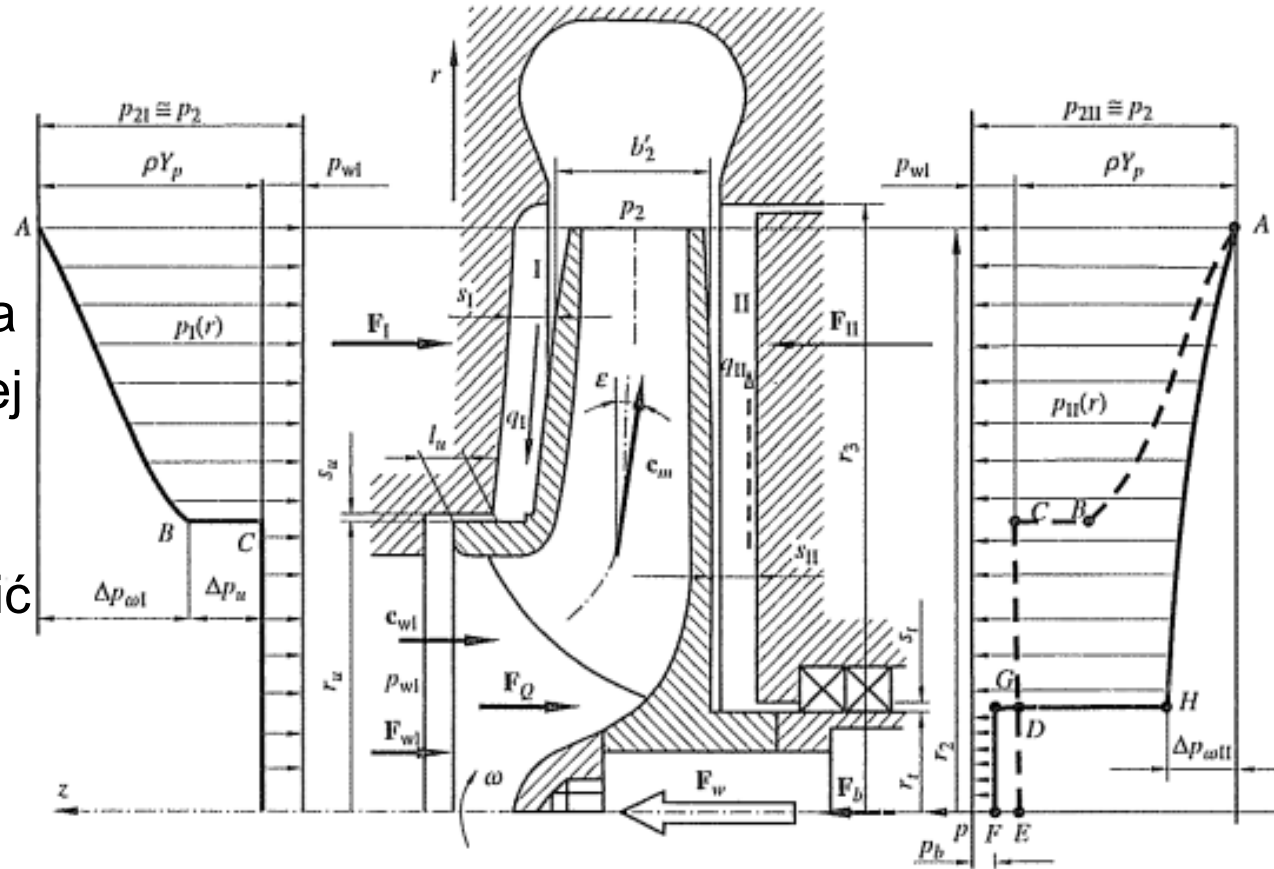


PLAN PREZENTACJI

- Wstęp teoretyczny
 - powstawania siły osiowej
 - metody zmniejszania siły osiowej
- Zastosowanie łopatek odciążających do zmniejszania siły osiowej
- Badania doświadczalne łopatek odciążających przeprowadzone w ITC
- Przeprowadzone symulacje przepływu
 - metodyka wykonywania symulacji przepływu
 - prezentacja uzyskanych wyników
 - porównanie wyników przeprowadzonych obliczeń numerycznych z wynikami badań
- Podsumowanie oraz kierunki dalszych działań

Hydrauliczny napór osiowy

- Przyczyny powstawania
- Składowe siły wzdłużnej
- Współczynnik krążenia (zawiorowania) cieczy $k = \omega_c / \omega$ pozwala określić rozkład ciśnienia za wirnikiem



Źródło: Pompy Wirowe – W. Jędral

$$p_{II}(r) = p_{II2} - \frac{1}{2} \rho k_{II}^2 \omega^2 (r_2^2 - r^2).$$



Obliczanie siły wzdłużnej – przykład obliczeniowy



Pompa diagonalna

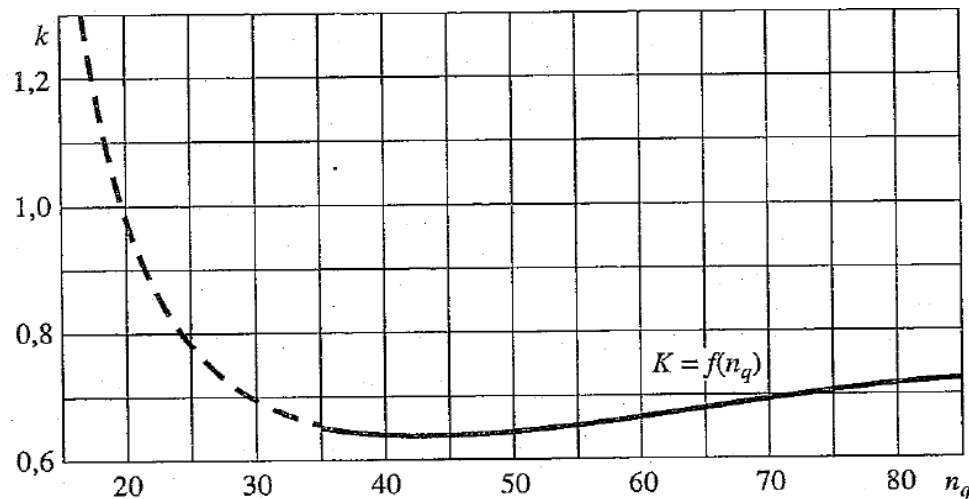
$Q_n = 9000 \text{ m}^3/\text{h}$

$H_n = 28 \text{ m}$

$d_u = 0,93 \text{ m}$

$d_t = 0,15 \text{ m}$

$$F_w = K \rho g H \frac{\pi}{4} (d_u^2 - d_t^2) = 0,72 * 1000 * 9,81 * 28 * \frac{\pi}{4} (0,93^2 - 0,15^2) = 166601 \text{ N}$$



Źródło: Pompy Wirowe – W. Jędrał

Pompa zasilająca (50%
Kozienice 1075MW)

$Q_n = 1693 \text{ m}^3/\text{h}$

$H_n = 3065 \text{ m}$ (5 stopni)

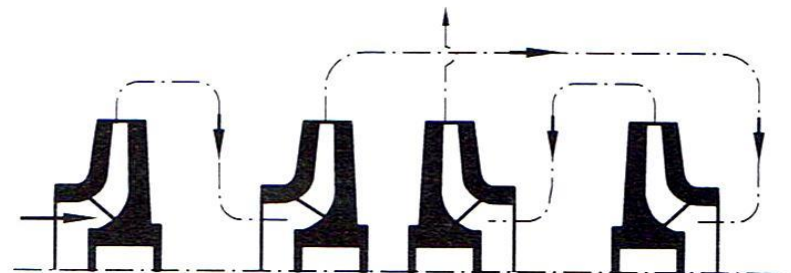
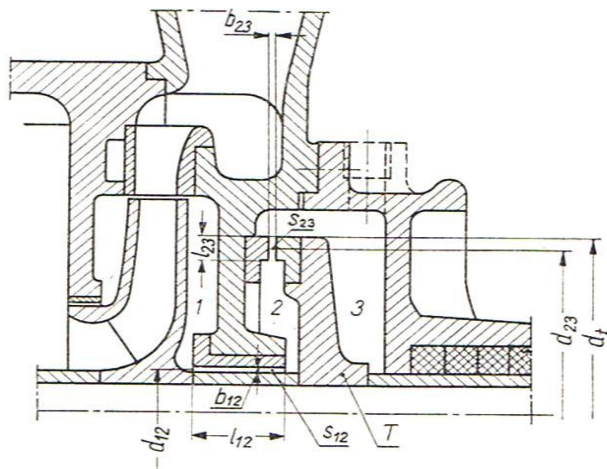
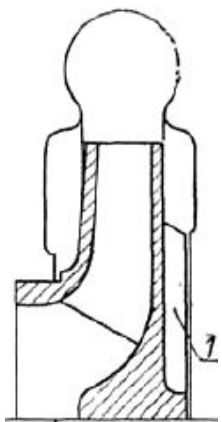
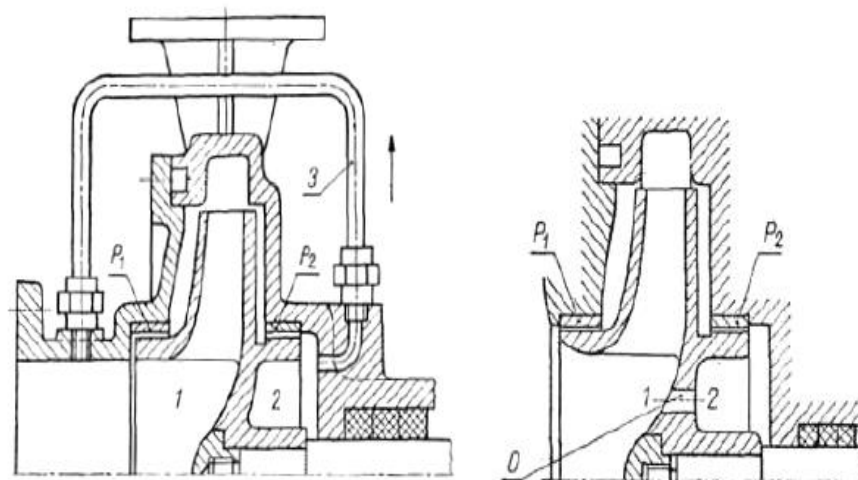
$d_u \sim 0,43 \text{ m}$

$d_t \sim 0,17 \text{ m}$

$$F_w = K \rho g H' \frac{\pi}{4} (d_u^2 - d_t^2) = 0,7 * 917 * 9,81 * 613 * 5 * \frac{\pi}{4} (0,43^2 - 0,17^2) * 0,8 = 2408693 \text{ N}$$

Metody zmniejszania siły osiowej oraz obszary zastosowania

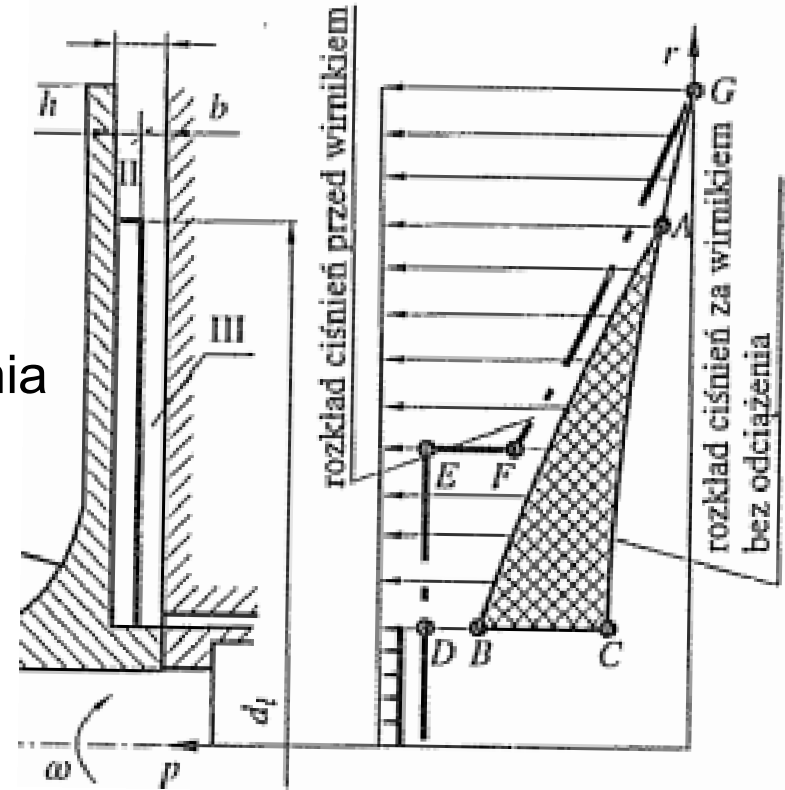
- Przewody upustowe
- Otwory odciążające
- Łopatki odciążające
- Tarcza odciążająca
- Bęben odciążający
- Specjalne układy konstrukcyjne



Źródło: Pompy – M. Stępniewski

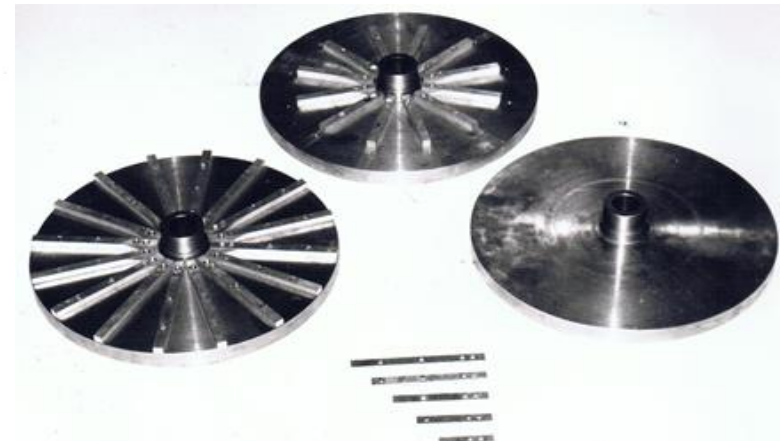
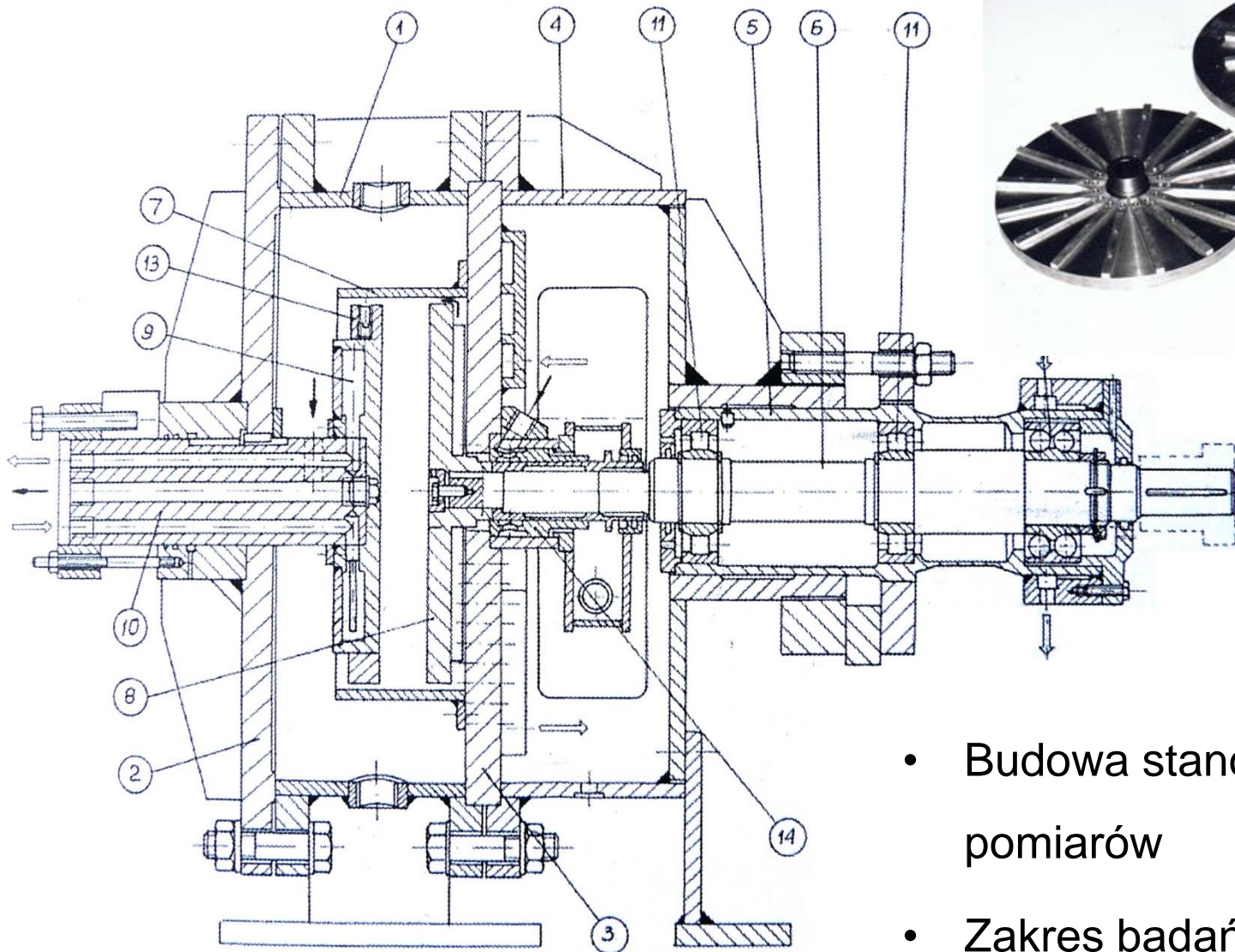
Łopatkki odciążające

- Zwiększenie współczynnika zawirowania cieczy
- Zwiększenie strat tarcz wirujących
- Konieczność znalezienia pola ciśnienia w przestrzeni III w celu określenia wymiarów łopatek
- Znaczne różnice w literaturze dotyczące obliczania współczynnika zawirowania



Źródło: Pompy Wirowe – W. Jędrał

$$p(r) = p_2 - \frac{1}{2} \rho k^2 \omega^2 (r_2^2 - r^2).$$



- Budowa stanowiska i metodyka pomiarów
- Zakres badań

Źródło: Badanie przepływów wewnętrznych w pompach pod kątem obliczania sił hydraulicznych – K. Karaśkiewicz



Obliczenia numeryczne łopatek odciążających badanych na stanowisku badawczym



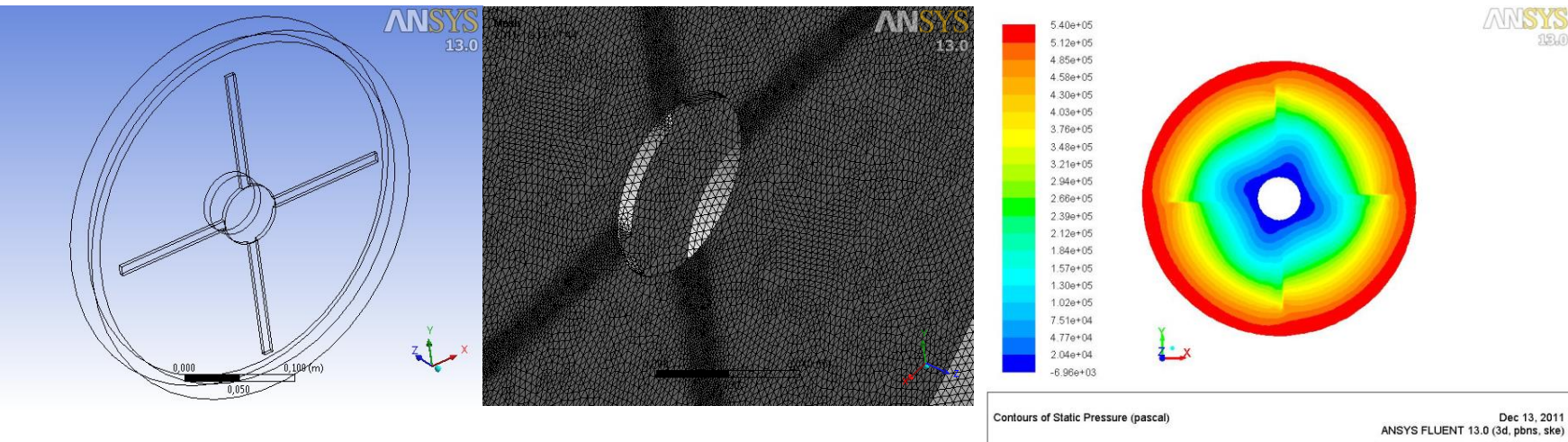
Postawione cele:

- Ocena przydatności symulacji numerycznych do badania łopatek odciążających
- Zbadanie wpływu geometrii łopatek na otrzymywane rozkłady ciśnień
- Porównanie wyników badań doświadczalnych oraz symulacji komputerowych
- Wykonanie symulacji komputerowych dla innych geometrii łopatek



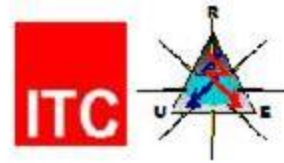
Symulacje numeryczne

- Stworzenie modelu 3D stanowiska
- dyskretyzacja obszaru przepływowego
- konfiguracja ustawień solvera (Ansys Fluent)
- Uzyskanie rozwiązania zagadnienia poprzez program obliczeniowy
- Obróbka uzyskanych wyników i porównanie ich z wynikami badań

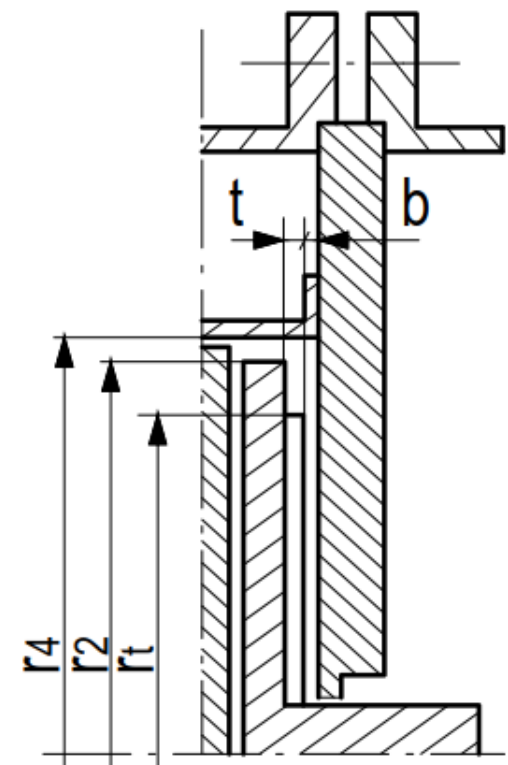
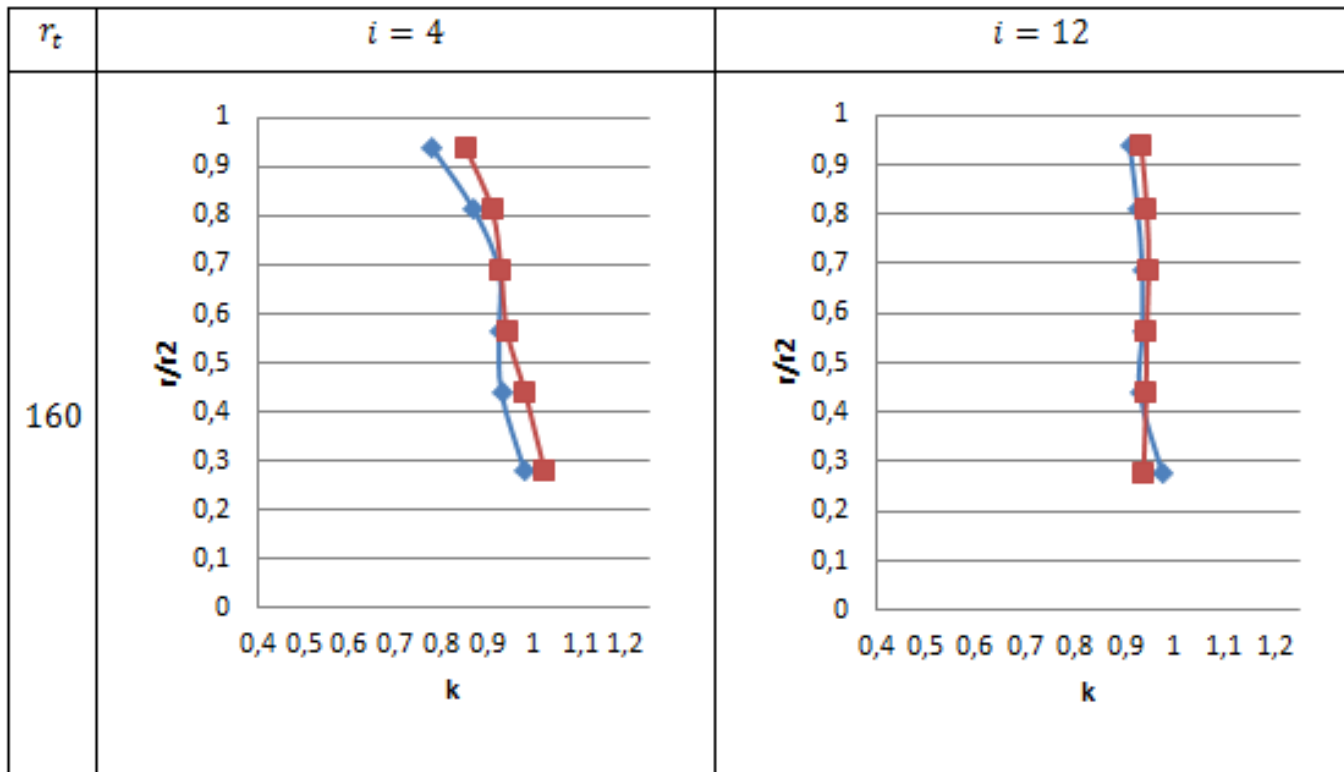




Porównanie wyników badań i symulacji



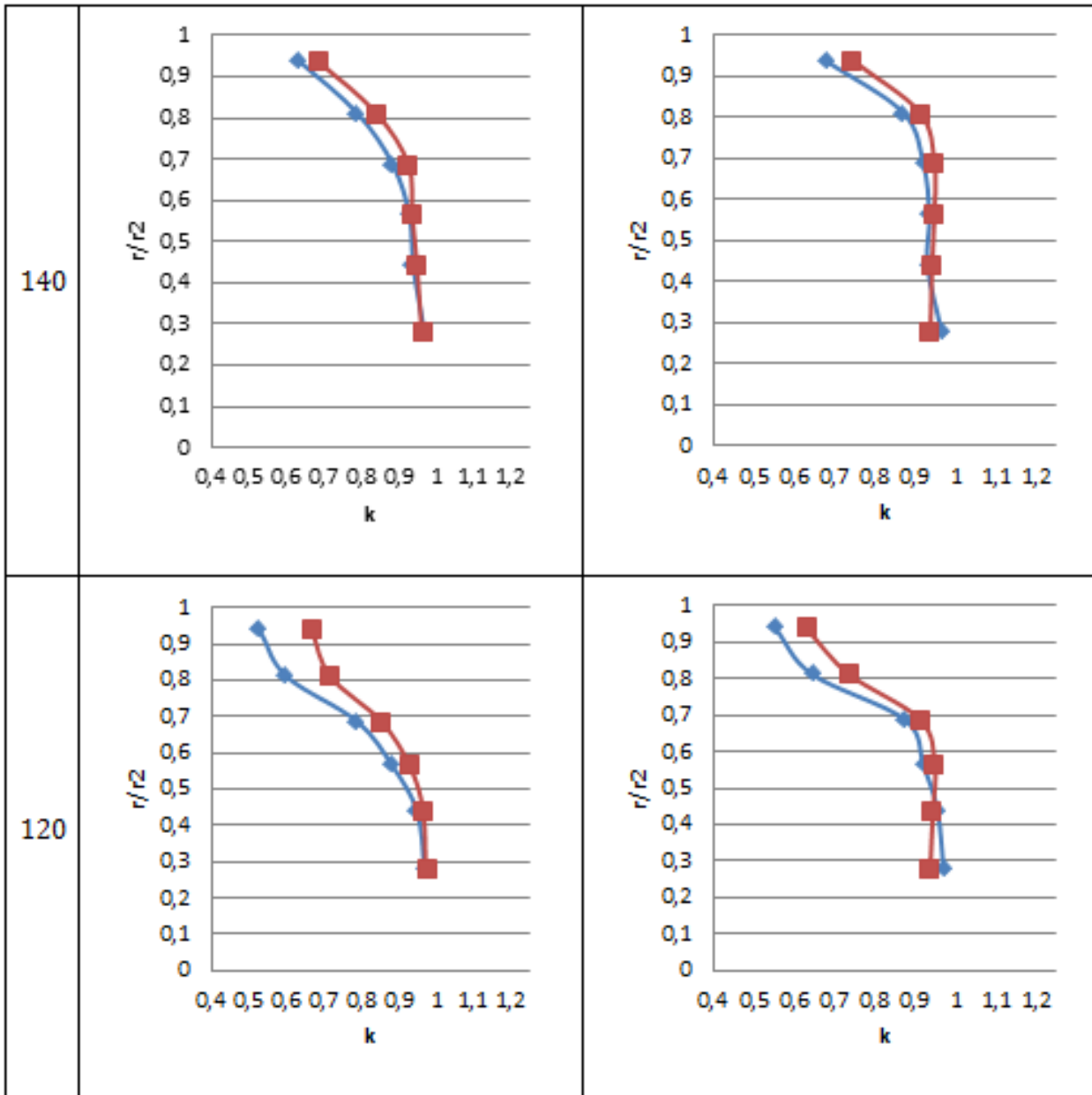
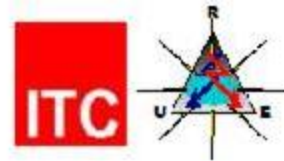
Porównanie charakterystyki $k_i = f\left(\frac{r}{r_2}\right)$ dla $t = 4$; $b = 1$ (kolor niebieski- dane z tablic, czerwony- dane z symulacji)



i - ilość łopatek

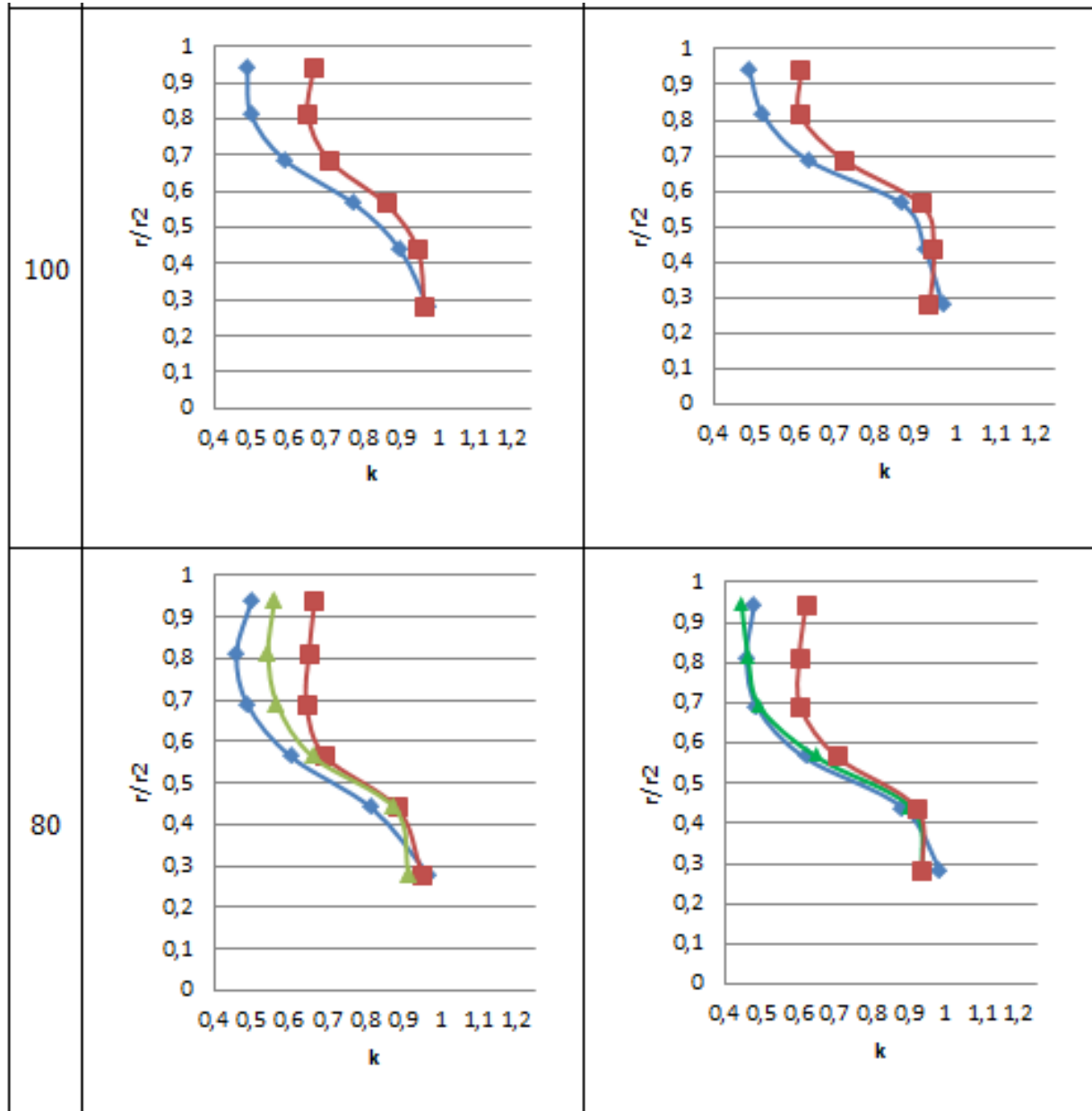
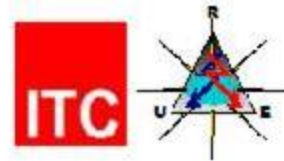


Porównanie wyników badań i symulacji





Porównanie wyników badań i symulacji

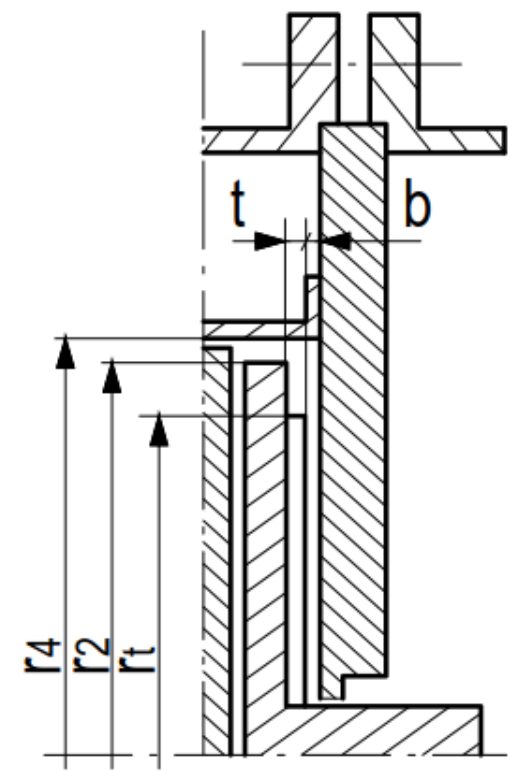
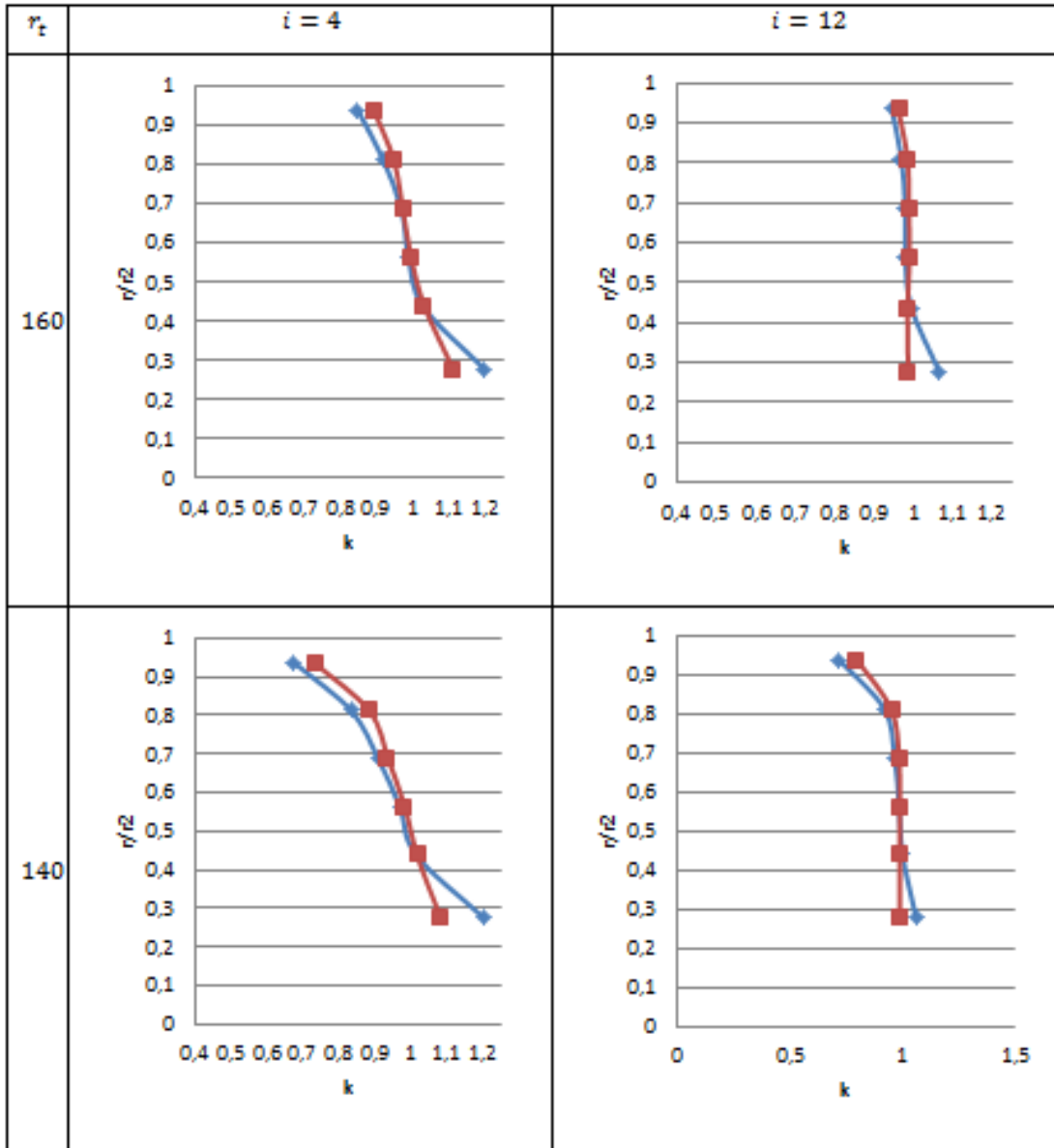




Porównanie wyników badań i symulacji



Porównanie charakterystyki $k_i = f(\frac{r}{r_2})$ dla $t = 10$; $b = 1$ (kolor niebieski- dane z tablic, czerwony- dane z symulacji)



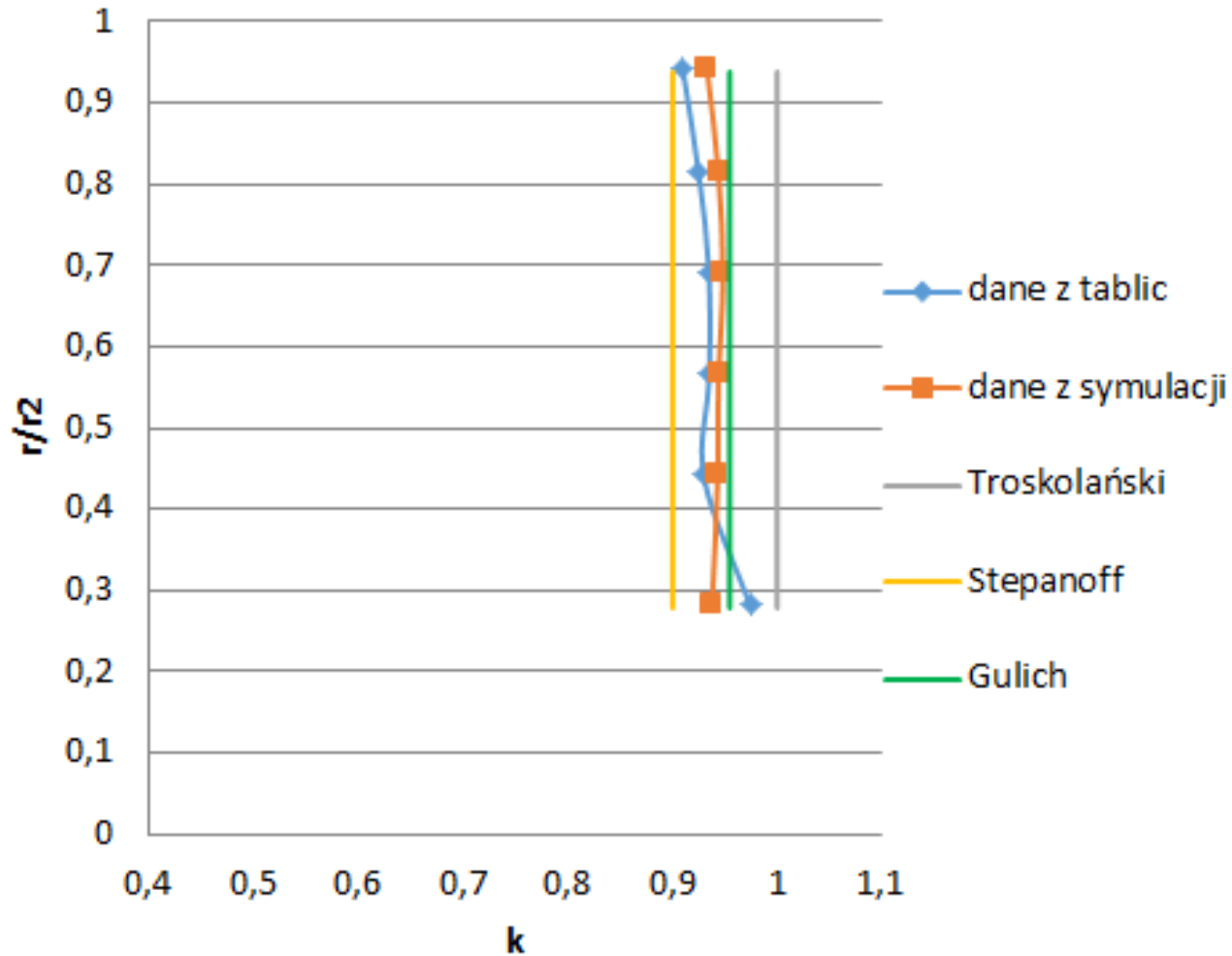
i - ilość łopatek



Porównanie uzyskanych wyników z danymi literaturowymi



Dla $r_t=d_2=160$; $t = 4$; $b = 1$; $i = 12$

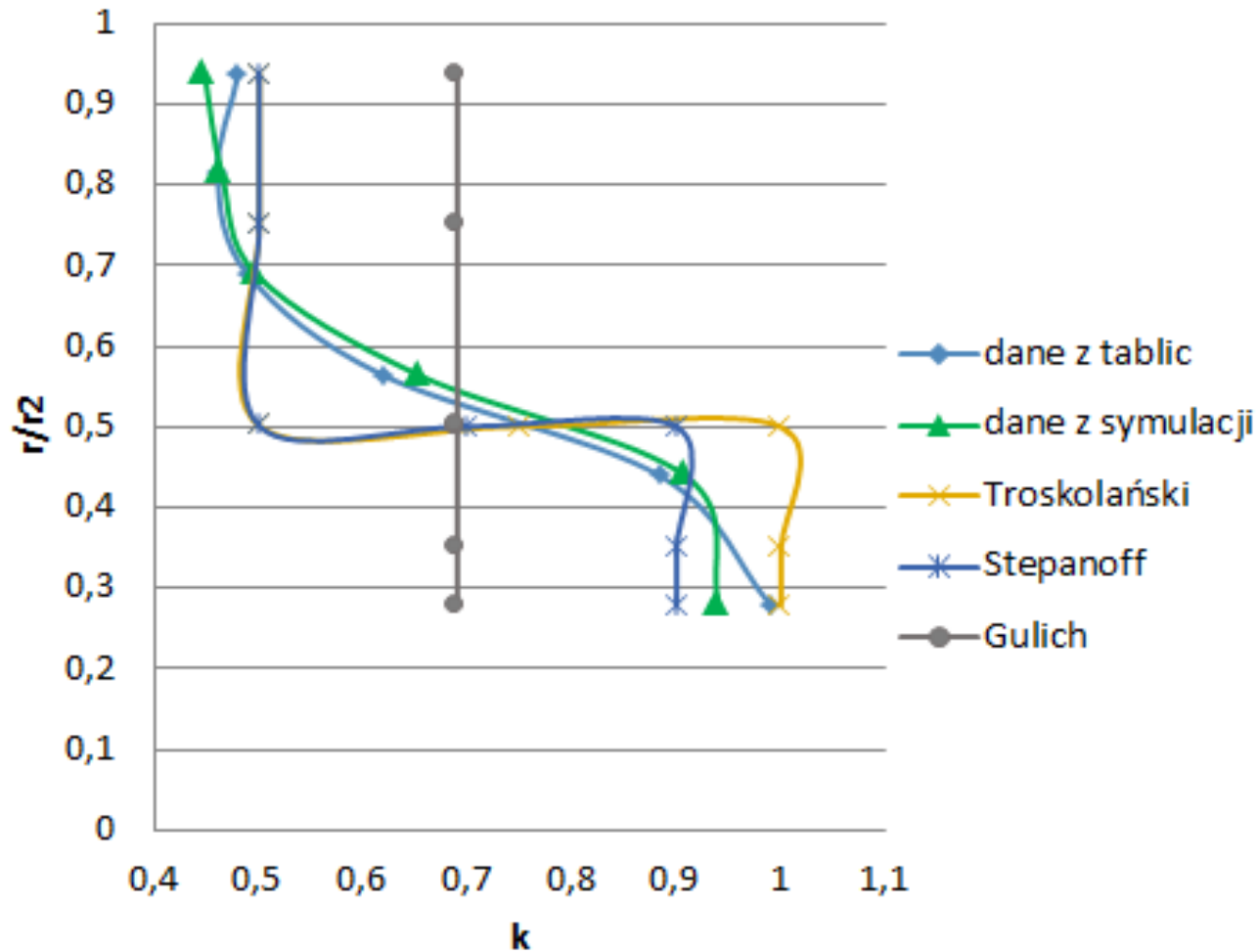




Porównanie uzyskanych wyników z danymi literaturowymi

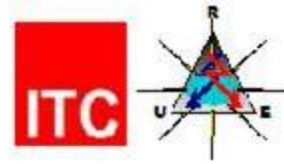


Dla $r_t=80; d_2=160; t = 4; b = 1; i = 12$





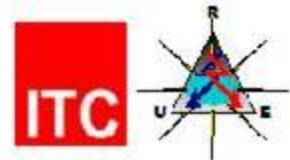
Wnioski płynące z przeprowadzonych symulacji



- Przedstawiany w literaturze model skokowej zmiany współczynnika krążenia dla tarcz częściowo ułopatkowanych jest niezgodny z wynikami przeprowadzonych badań
- Przeprowadzone symulacje wykazują bardzo dobrą zgodność z wynikami badań przeprowadzonych w instytucie dla długich łopatek
- Na zgodność przeprowadzonych symulacji i wyników badań duży wpływ ma parametr r_t/r_2
- Parametrami które wpływają na uzyskiwaną dokładność obliczeń są także: i, b, t



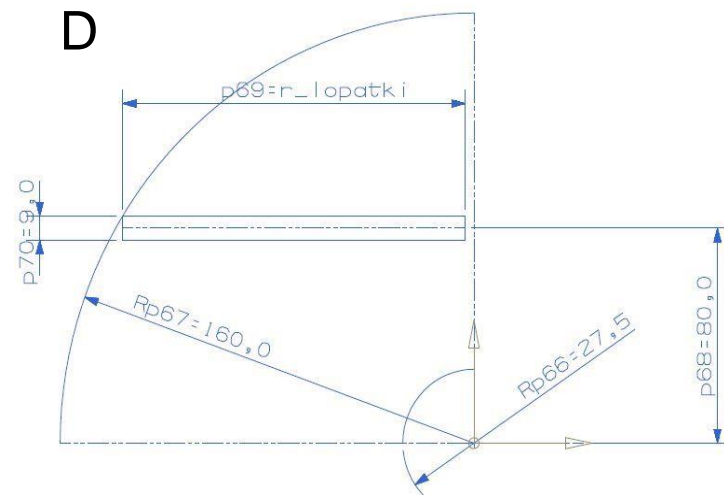
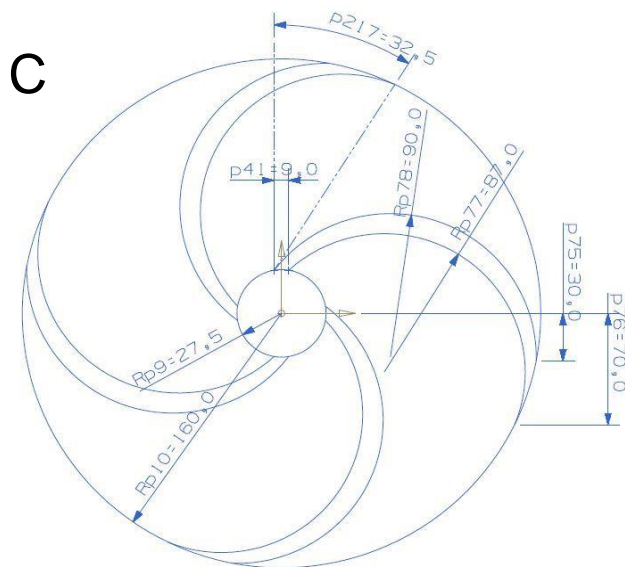
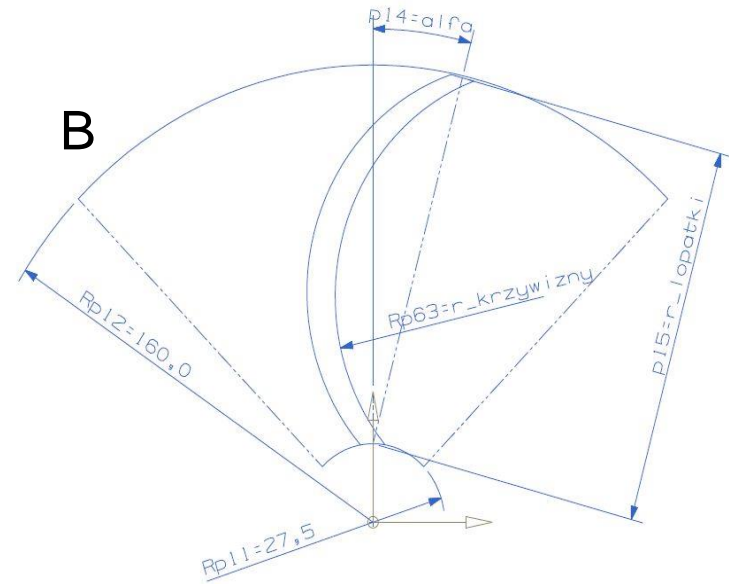
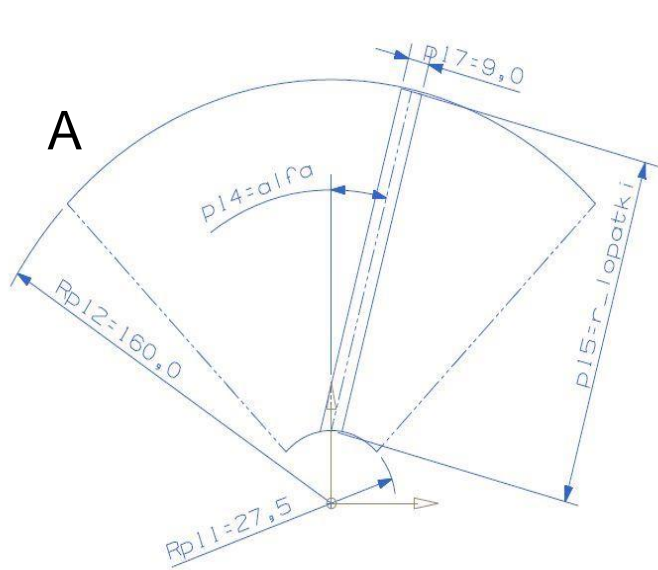
Obliczenia numeryczne innych ustawień łopatek



Źródło: <http://www.mcpumps.en.alibaba.com>

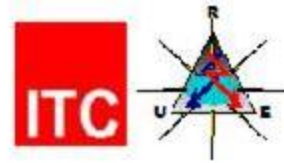


Obliczenia numeryczne innych ustawień łopatek





Badanie innych ustawień łopatek



Badano bezpośrednio siły działające na powierzchnie wirnika modelu numerycznego

Wariant	Rodzaj rozpatrywanego przypadku	Siła działająca na wirnik F_s [N]	Pobierana moc na wale [kW]
-	gładka tarcza (bez łopatek)	70421	2374
-	Zwykła łopátka promieniowa badana na stanowisku ($i=4$, $b=1$, $t=4$, $rt=160$)	56070	4781
A	Łopátka pochylona o kąt 15	56116	4709
B	Łopátka zakrzywiona na promieniu 80 mm, pochylona o kąt 15	56429	4321
C	Łopátka o pojedynczej krzywiznie z kątem pokrycia sąsiednich łopatek $\vartheta=32,5^\circ$	57147	3998
D	Łopátka odsunięta od osi obrotu o 80 mm	56087	4795





Badanie innych ustawień łopatek

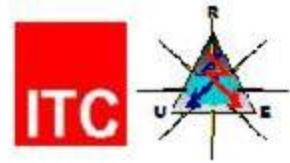


Wnioski:

- Symulacje przepływu pozwalają w zadowalający sposób odwzorować wyniki badań łopatek odciążających
- Kształt łopatek odciążających ma wpływ na zmniejszanie siły osiowej oraz zużycie energii silnika napędowego
- Wariant zapewniający największe zmniejszenie siły osiowej wykazał się największą wymaganą mocą napędową
- Konieczne przeprowadzenie walidacji otrzymanych wyników obliczeń numerycznych potwierdzających otrzymane wyniki



Równoważenie sił wzdłużnych za pomocą łopatek odciążających



Planowane działania:

- Zakończenie przeglądu literatury i wykonanych badań dotyczących łopatek odciążających
- Wykonanie dodatkowych symulacji pozwalających uzyskać wyniki jak najbardziej zbliżone do wyników badań
- Badanie innych rozwiązań ustawienia i geometrii łopatek celem przedstawienia różnic i ewentualnych zalet w stosunku do prostych łopatek
- Wykonanie symulacji dla przypadku $n=3000$ obr/min
- Praca nad stworzeniem zależności matematycznych pozwalających w prosty sposób określić optymalne (pod kątem skuteczności zmniejszania siły osiowej oraz efektywności energetycznej) wymiary łopatek odciążających



Równoważenie sił wzdłużnych za pomocą łopatek odciążających



Dziękuję za uwagę

mgr. inż. Marek Szlaga
szlagamarek@gmail.com