

Charakterystyka korelacji umożliwiających
przewidywanie dryout'u (osuszenia) w
porównaniu z danymi eksperymentalnymi

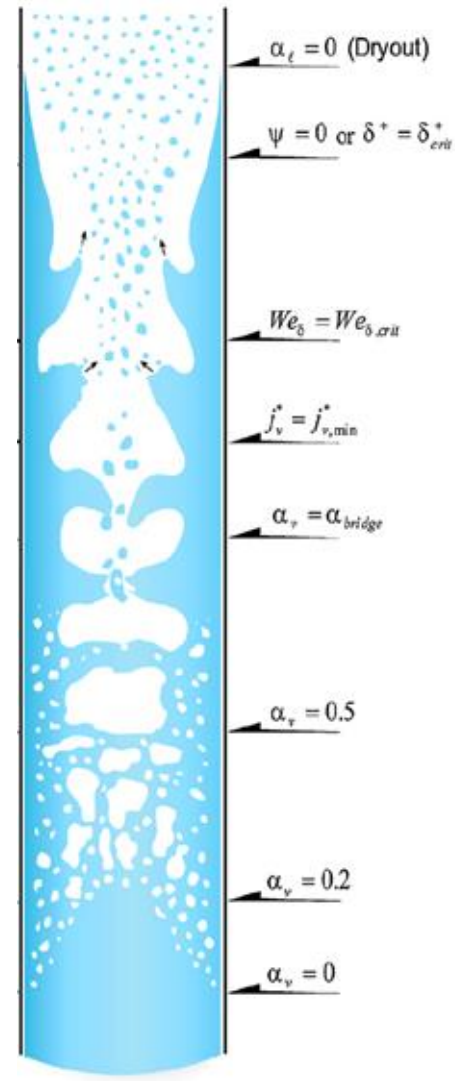
Mgr inż. Michał Spirzewski

Agenda

1. Wprowadzenie
2. Poprzednie rezultaty i wnioski
3. Nowe eksperymenty
4. Re-ewaluacja modeli zjawisk:
 - **Początek przepływu pierścieniowego**
(Onset of annular flow)
 - **Udziały masowe na początku przepływu pierścieniowego**
(Initial Entrained Fraction)
 - **Wymiana masy między fazami ciekłymi**
(entrainment – deposition)
5. Wyniki
6. Wnioski
7. Dalsze prace

Co wpływa na (przewidywanie) CHF / Dryout

- Strumień ciepła
- Długość przepływu pierścieniowego
- Warunki początkowe przepływu pierścieniowego
- Strumienie wymiany masy
zjawisk odrywania i osadzania
- Kryterium dla dryout'u



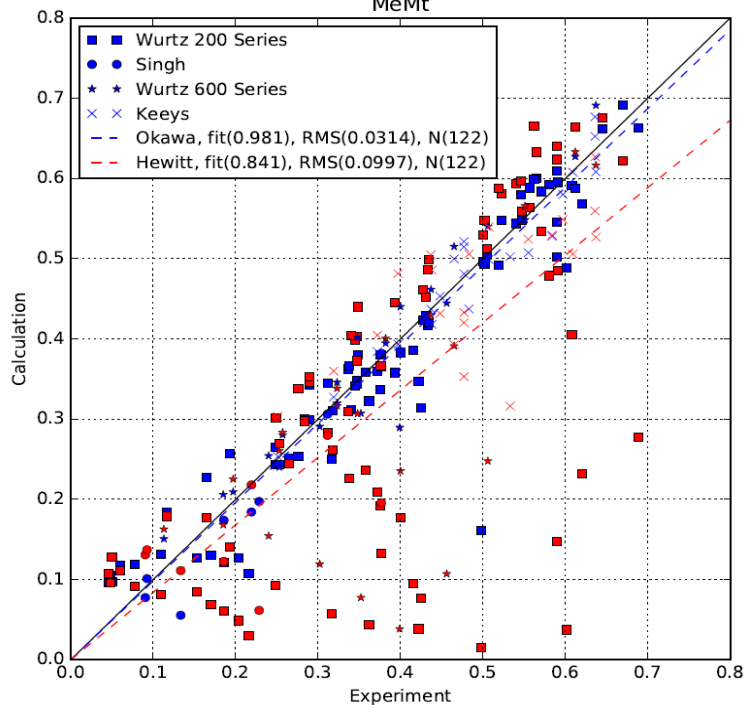
Modele

Zjawisko	Model 1	Model 2
Początek przepływu pierścieniowego	Kutateladze	Wallis
Początkowy podział wody	Brak	Spirzewski
Odrywanie/osadzanie	Hewitt-Govan	Okawa

Poprzednie prace (adiabatyczne)

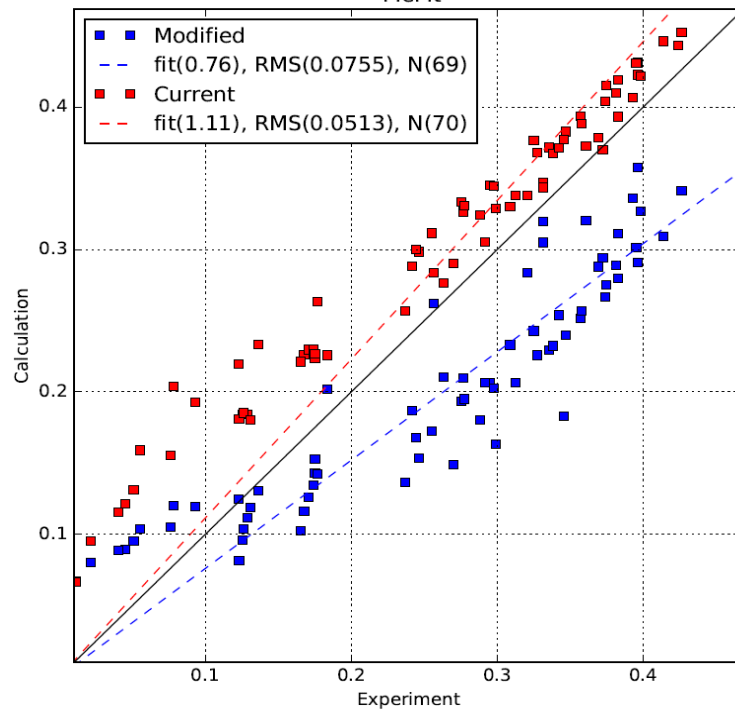
Wysokie ciśnienie

Comparison of high pressure adiabatic experiments
MeMt



Niskie ciśnienie

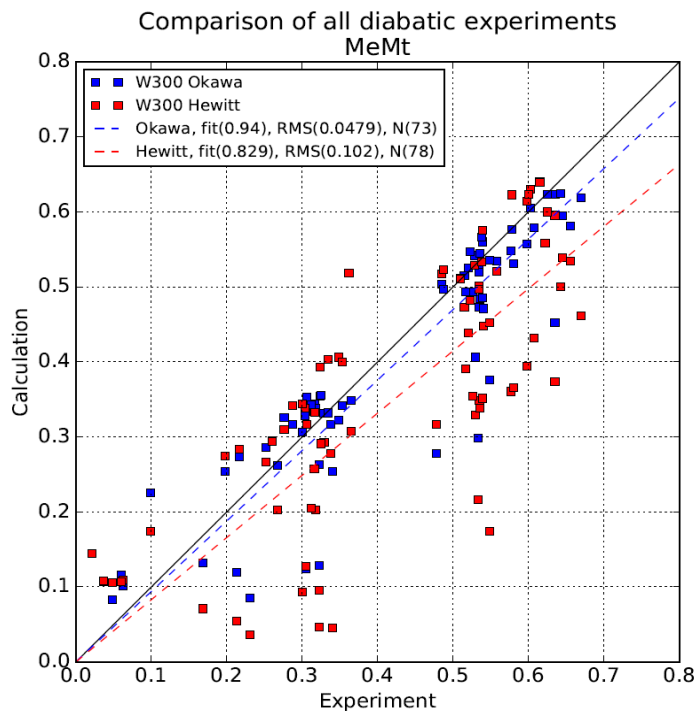
Comparison of low pressure adiabatic experiment
MeMt



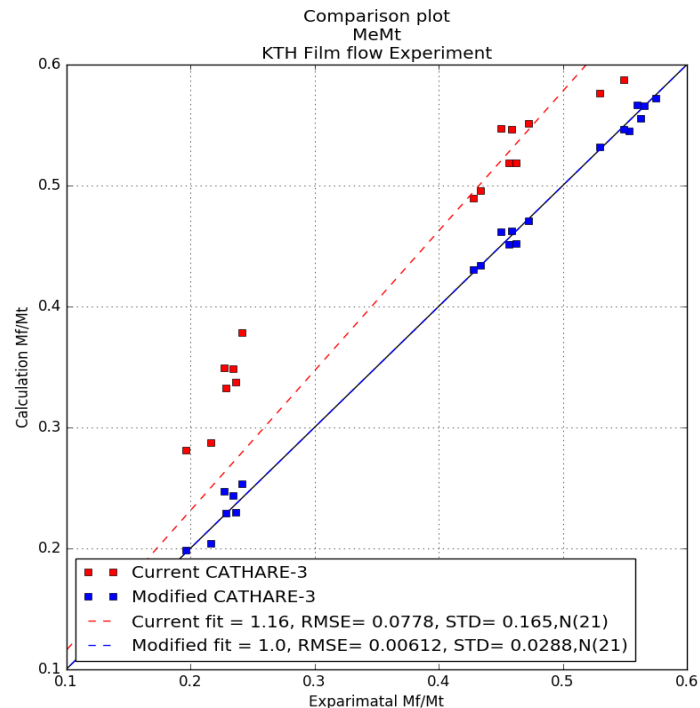
Poprzednie prace

(wymiana ciepła)

Wurtz 300 Series



KTH Film Flow experiment



Poprzednie prace

(wnioski)

- Model Okawa daje znacznie lepsze wyniki niż Hewitt-Govan w przypadku eksperymentów adiabatycznych dla ciśnień większych niż 30 bar.
- Dla ciśnień mniejszych niż 30 bar, Hewitt-Govan jest lepszy.
- Warunek początkowy jest bardzo istotny dla rozpatrywanych eksperymentów z wymianą ciepła.
- Publikacja przyjęta na konferencji NURETH-17

Nowe eksperymenty

Becker

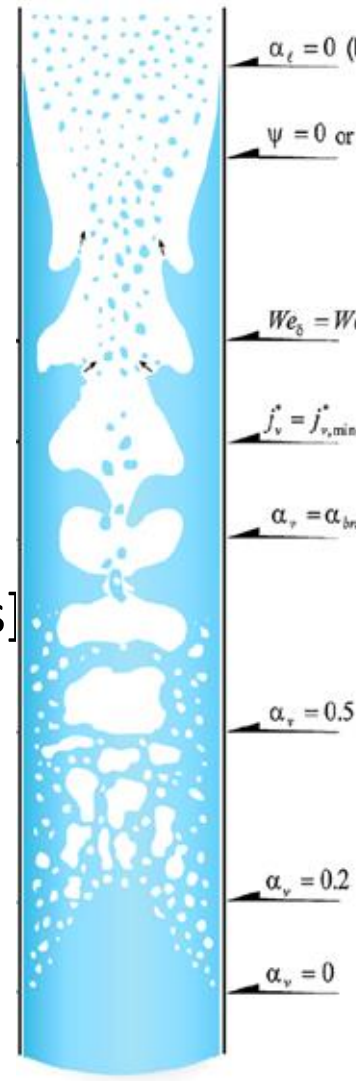
- $D_h = 0.01$ [m]
- $L = 7$ [m]
- $P = 30 - 120$ [bar]
- $G = 500 - 3000$ [kg/m²s]

Soderquist

- $D_h = 0.008$ [m]
- $L = 1 - 6$ [m]
- $P = 30 - 100$ [bar]
- $G = 250 - 6000$ [kg/m²s]

Efektywnie:

$$L_{\text{boil}} / d_h = 100 - 700$$



Wady pomiaru CHF

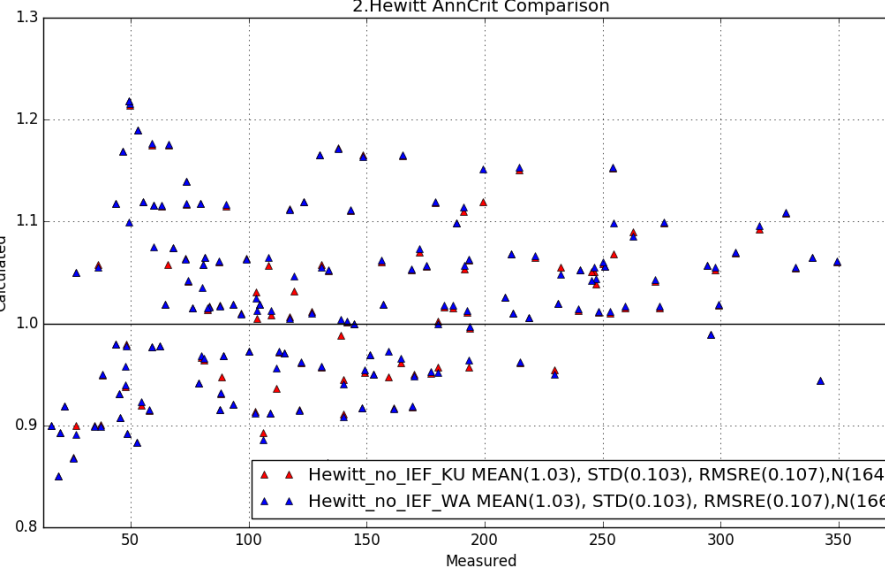
1. Pomiar parametru który zależy od bardzo wielu zmiennych.
 - Bilansowanie się błędów może skutkować sytuacją typu „false-positive” gdy modelujemy powyższy scenariusz
 - Pod tym względem eksperymenty z pomiarem filmu są bardziej wiarygodne.
2. Błąd pomiaru – dokładność 10 cm.
 - W przypadku bardzo wysokich CHF (mniejsze „x_bo”) błąd relatywny się zwiększa
 - Dodatkowo nie zbadane jest czy w takiej sytuacji przepływ masowy filmu jest równy zero.

Re-ewaluacja

(Onset of annular flow)

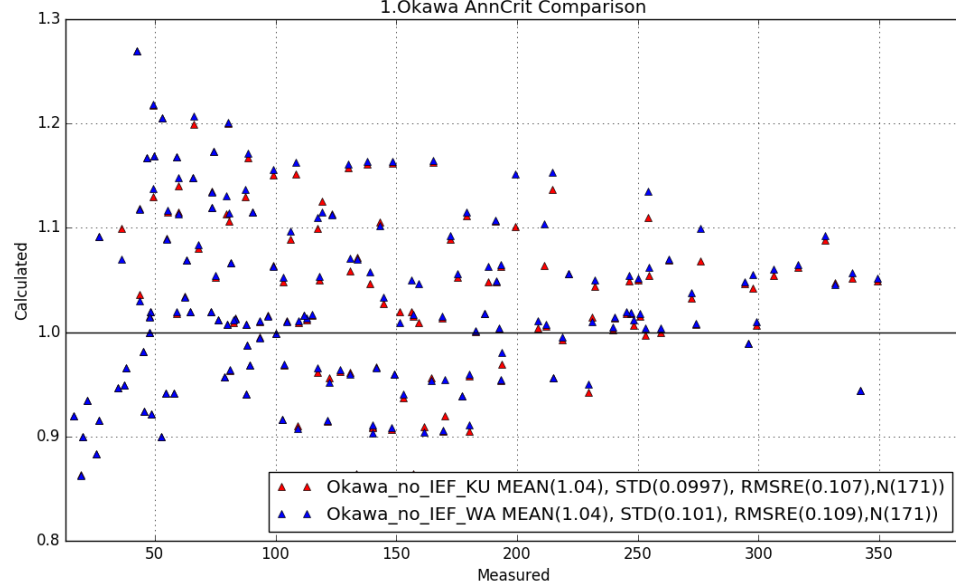
Becker

Soderquist Experiment
Critical Heat Flux [W/cm]
2. Hewitt AnnCrit Comparison



Soderquist

Soderquist Experiment
Critical Heat Flux [W/cm]
1. Okawa AnnCrit Comparison

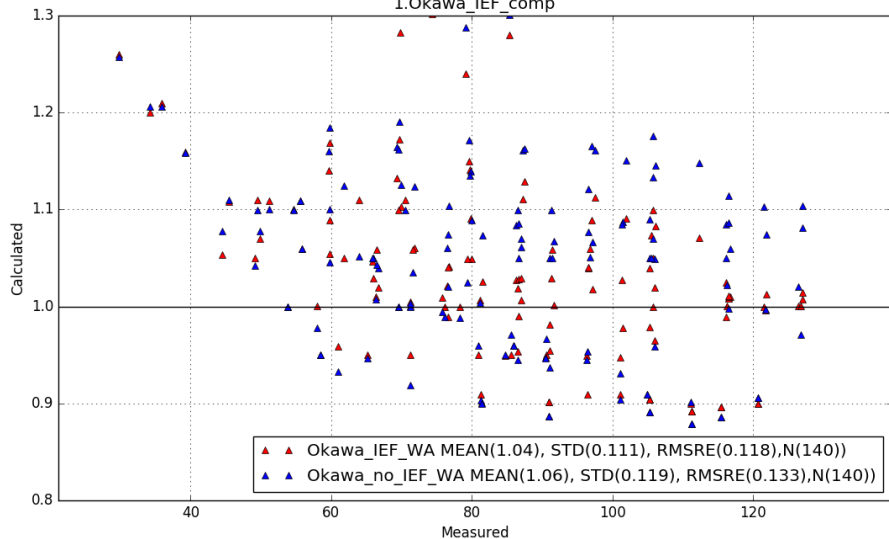


Re-ewaluacja

(Initial Entrained Fraction - Spirzewski)

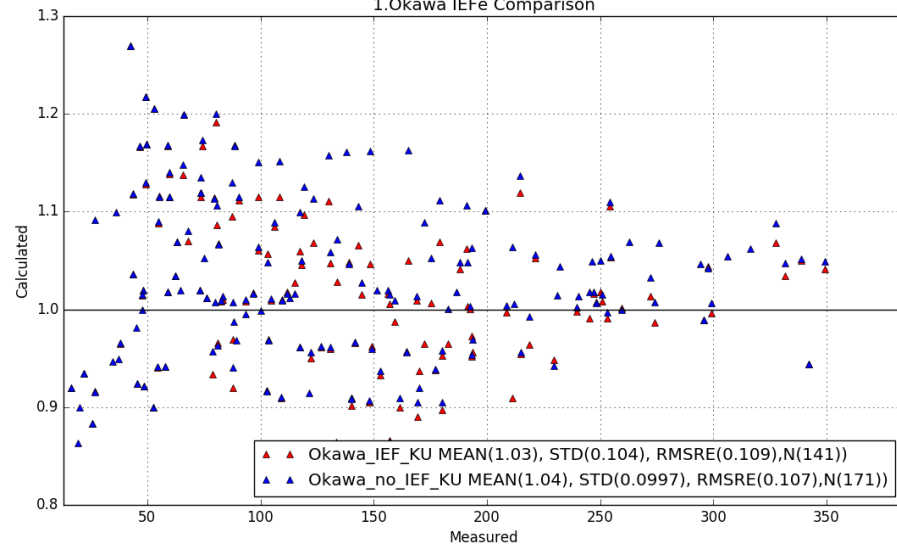
Becker

Becker Experiment
Critical Heat Flux [W/cm]
1.Okawa_IEF_comp

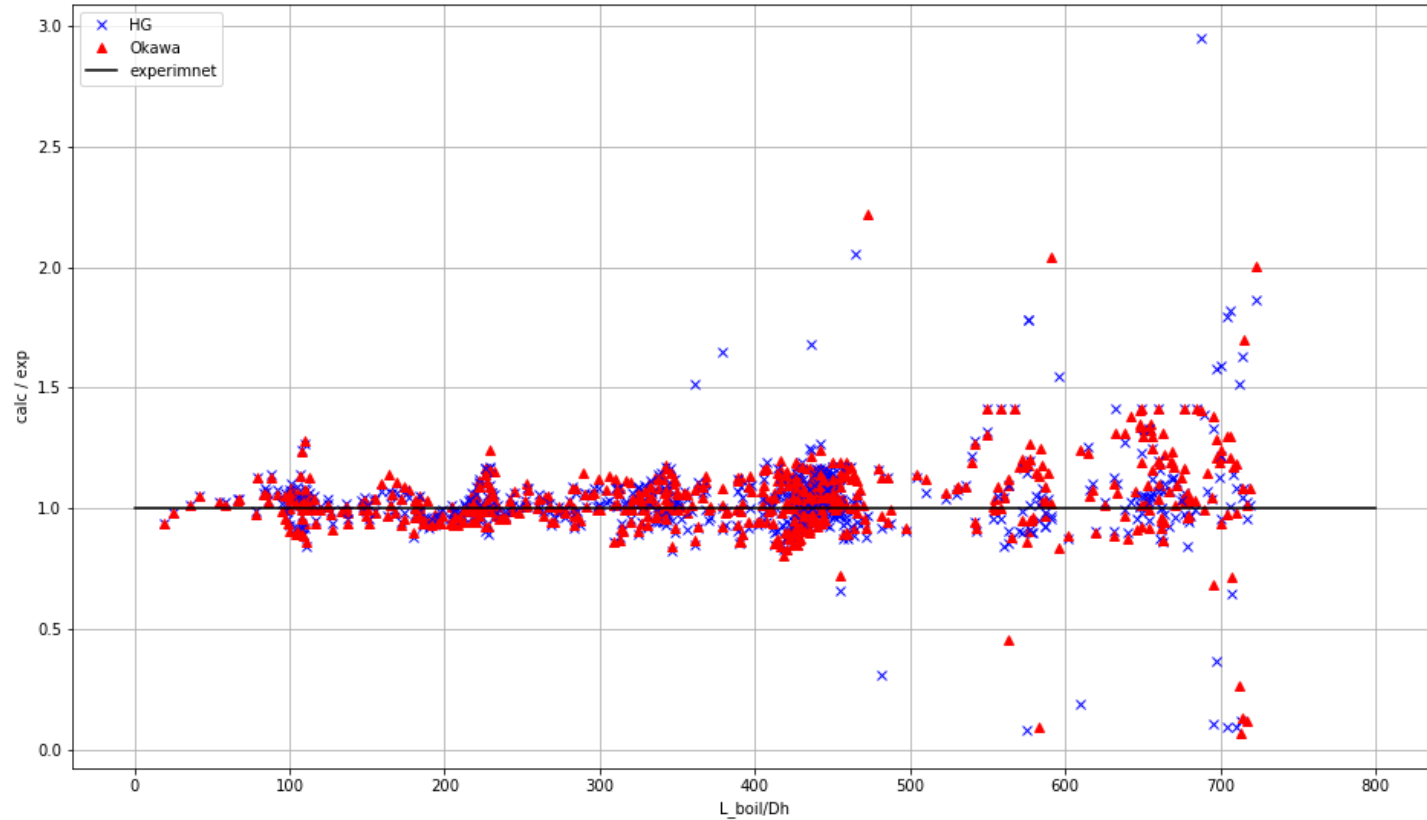


Soderquist

Soderquist Experiment
Critical Heat Flux [W/cm]
1.Okawa_IEFe Comparison



Re-ewaluacja (entrainment – deposition)





WE NEED TO GO

DEEPER

Wspólny mianownik

- Porównanie wyników obliczeń dla:
 - $P = \text{const}$, $L_{\text{boil}} / d_h = \text{const}$ (jak się zmienia wynik wraz z przepływem)
 - $G = \text{const}$, $L_{\text{boil}} / d_h = \text{const}$ (jak się zmienia wynik wraz z ciśnieniem)
 - $P = \text{const}$, $G = \text{const}$ (jak się zmienia wynik wraz z długością przepływu)

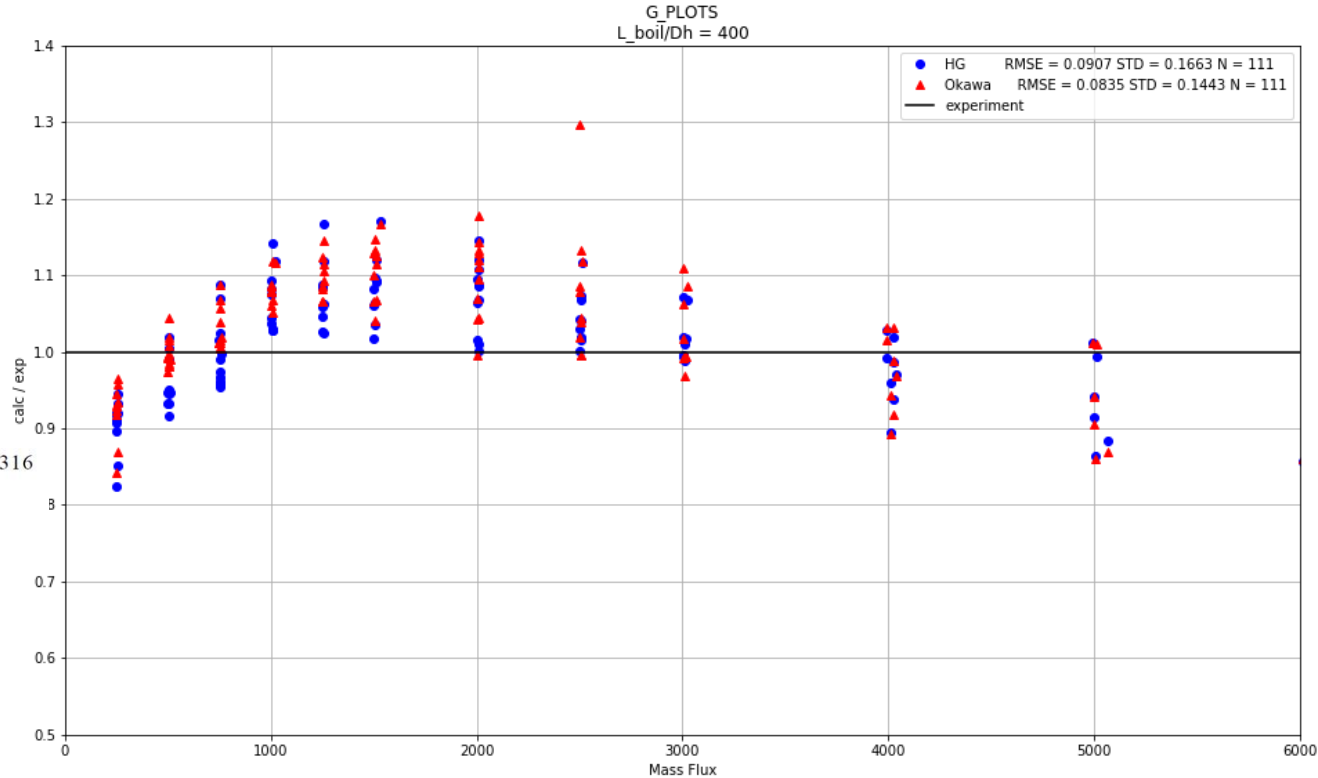
Wyniki (wpływ przepływu na wyniki)

Niemonotoniczne zachowanie.

Wynika to z faktu, iż obie korelacje zależą od przepływu do kwadratu.

$$m_{E,HG} = 5.75 \times 10^{-5} G_v \left[(G_{lf} - G_{lfc})^2 \frac{D_h \rho_l}{\sigma \rho_v^2} \right]^{0.316}$$

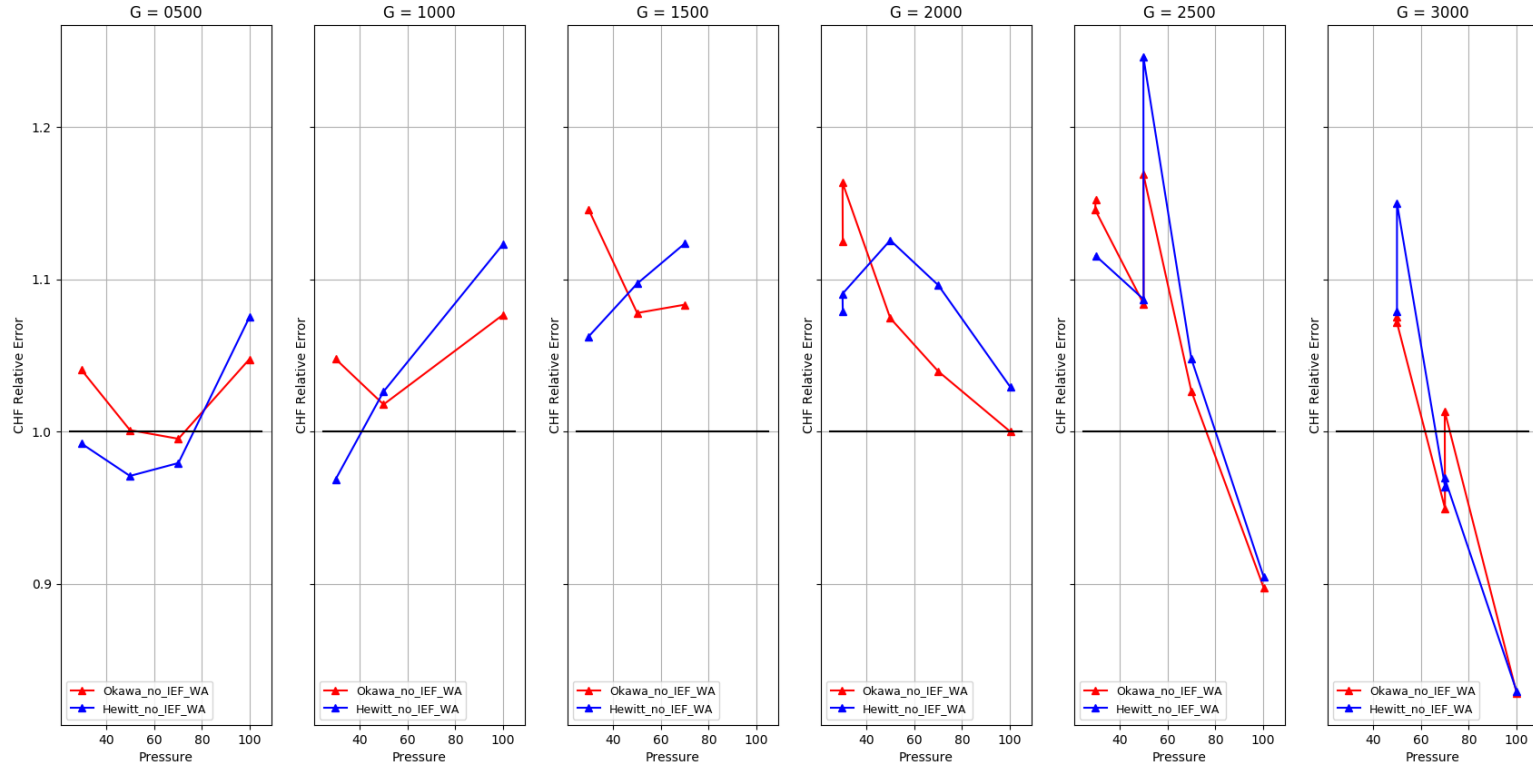
$$m_{E,Okawa} = k_E \rho_{lc} \frac{f_i \rho_g J_g^2 \delta}{\sigma} \cdot \left(\frac{\rho_{lc}}{\rho_g} \right)^{0.111}$$



Wpływ ciśnienia na wyniki

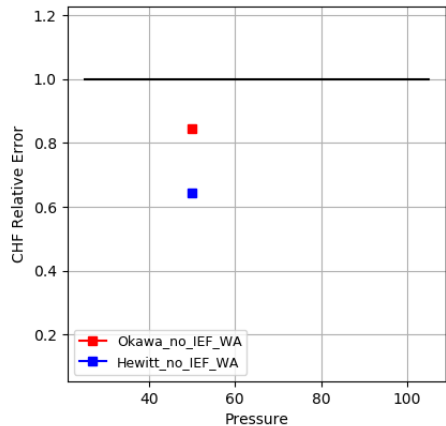
Becker Experiment, P Plots
HydrDiam 0.0149 Z_bo = 5.5

- Obserwacje:
- Przejście z OP na UP dla wysokich G i P.
- Dla niższy G, jest rosnąca OP wraz z P

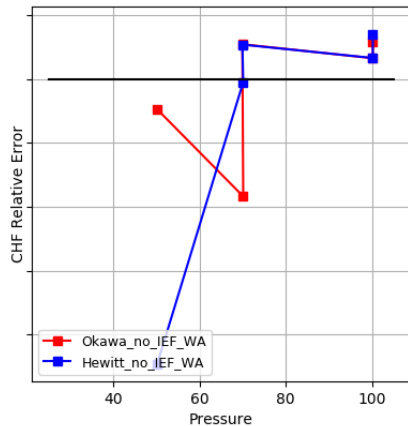


Soderquist Experiment, P Plots
HydrDiam 8.11 Z_bo = 3.0

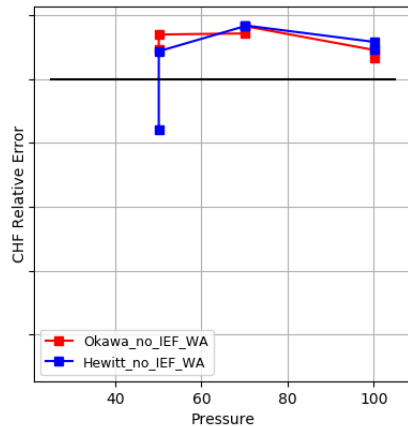
G = 0500



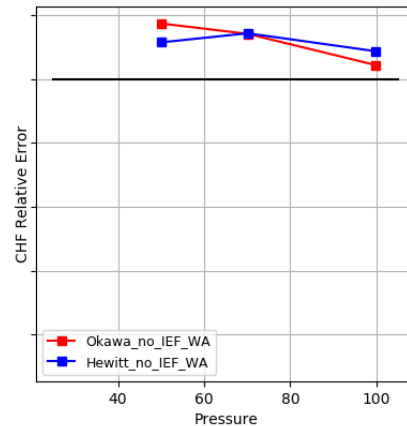
G = 1000



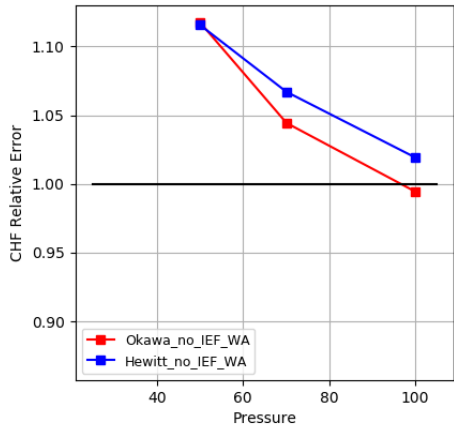
G = 1500



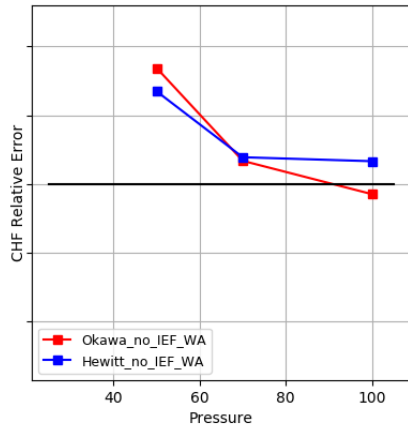
G = 2000



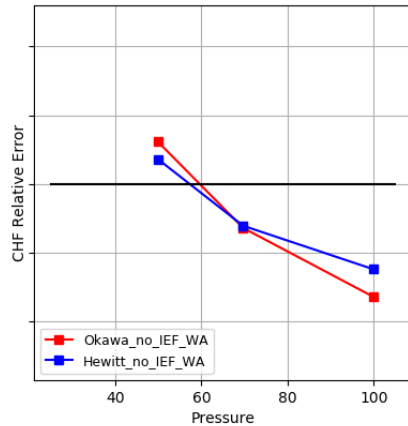
G = 2500



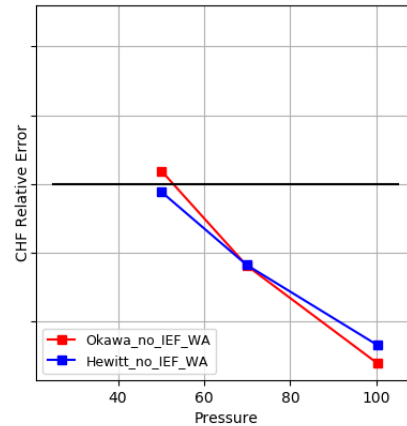
G = 3000



G = 4000

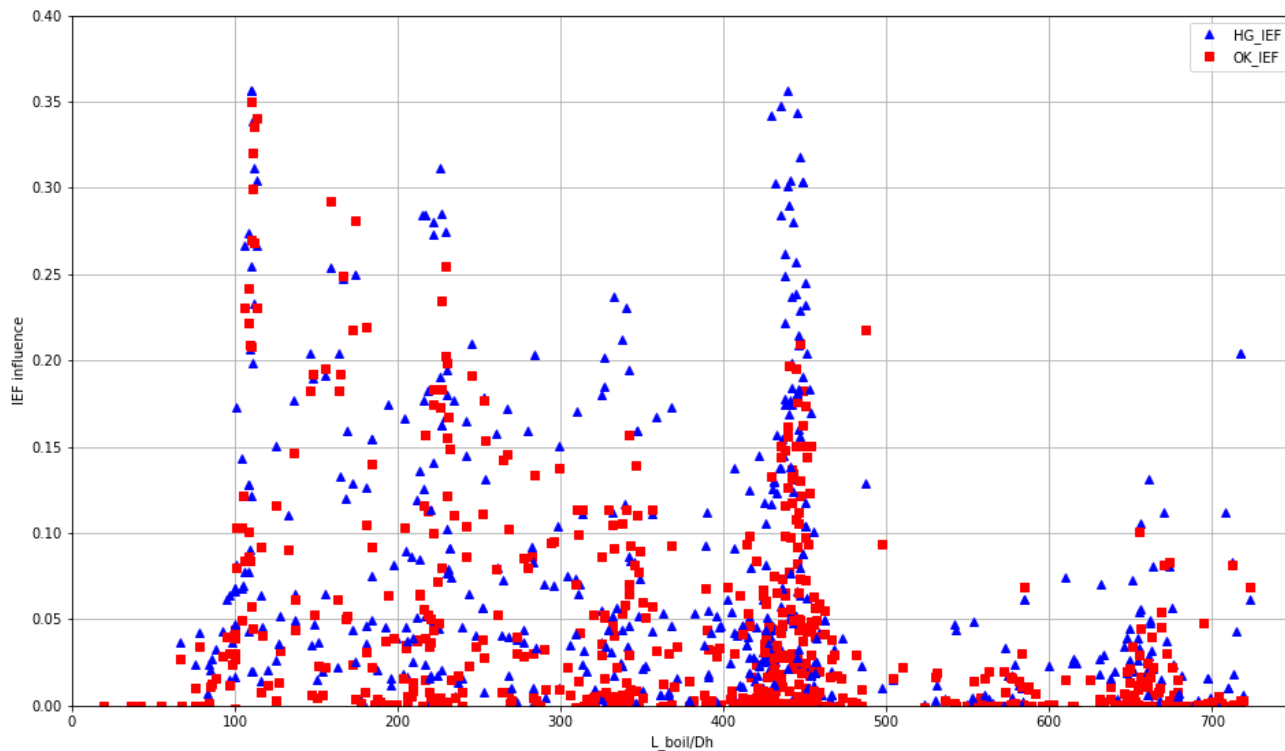


G = 5000

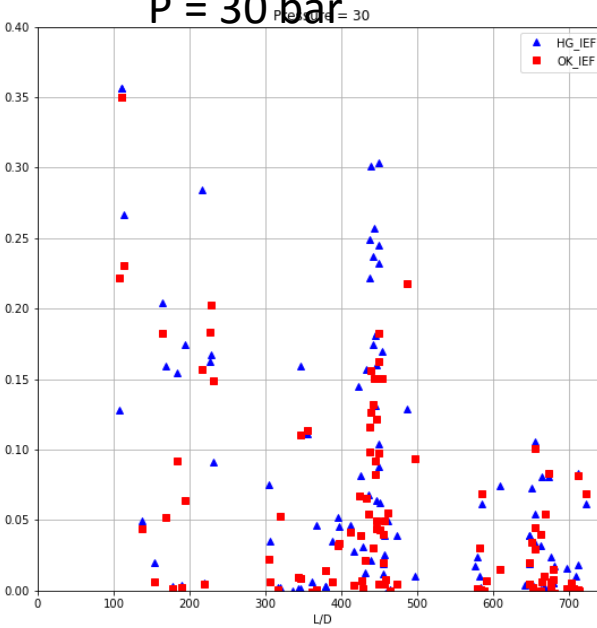


Wpływ IEF

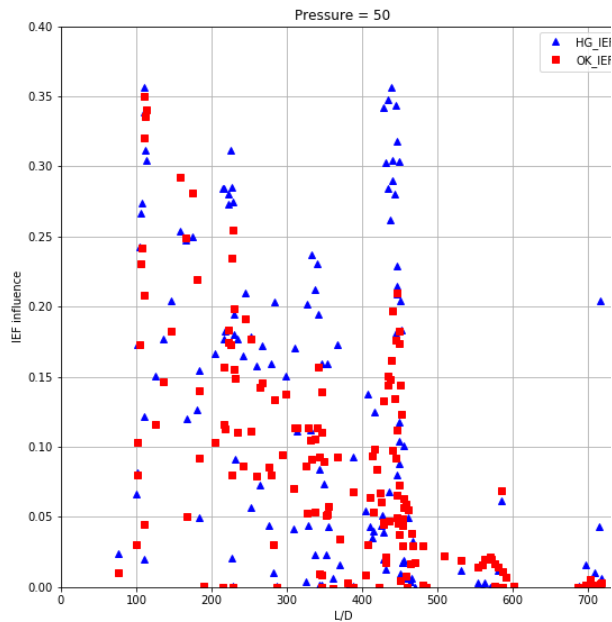
$$\Delta IEF = \frac{CHF_{calc}}{CHF_{exp}} \Big|_{IEF=0} - \frac{CHF_{calc}}{CHF_{exp}} \Big|_{IEF=0.99}$$



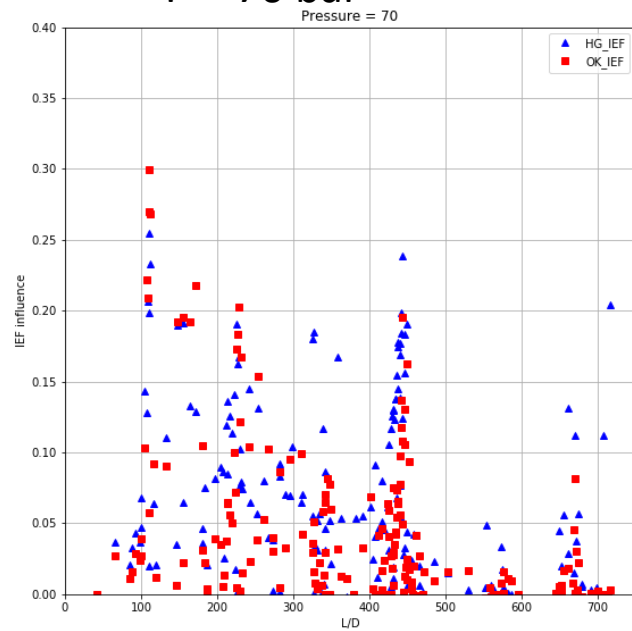
P = 30 bar



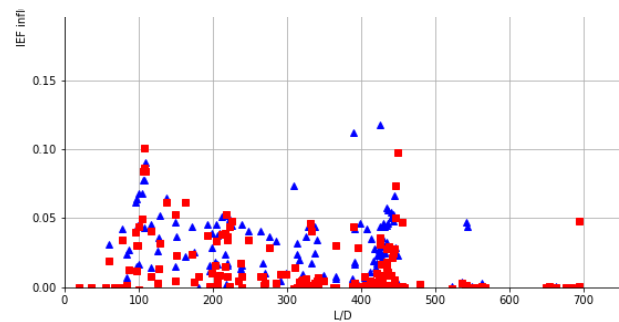
P = 50 bar



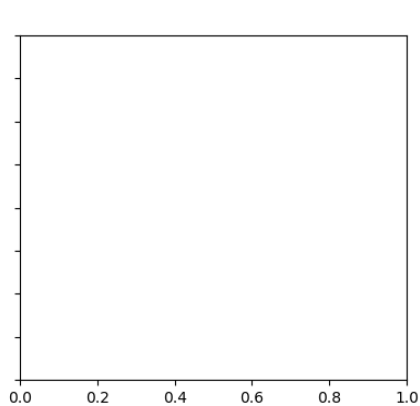
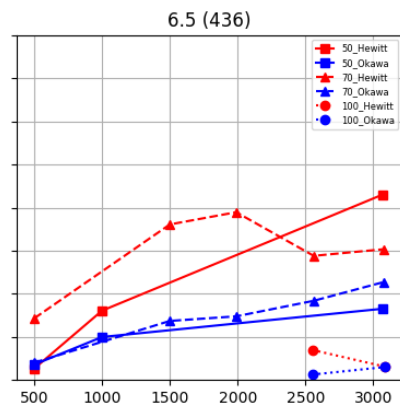
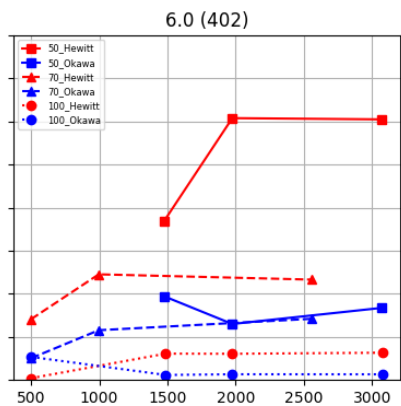
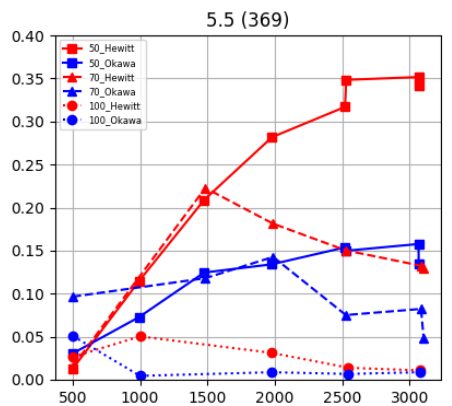
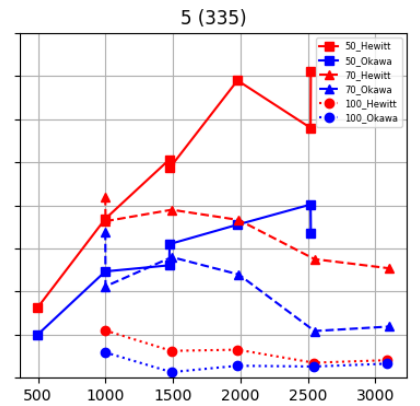
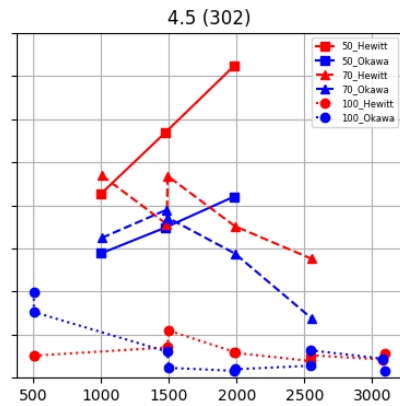
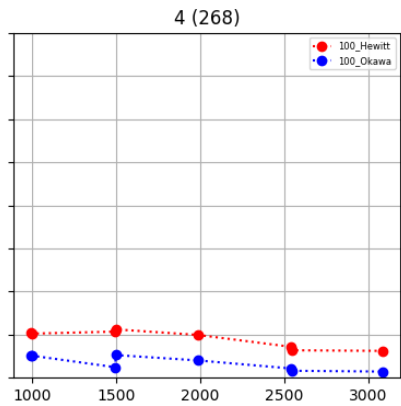
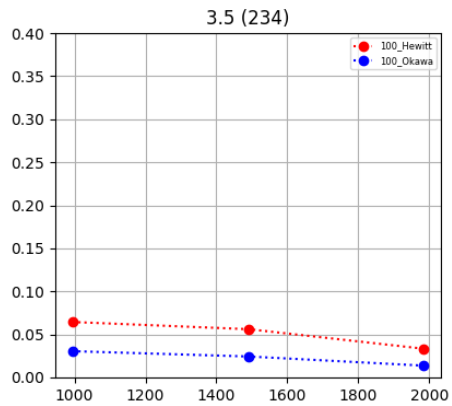
P = 70 bar



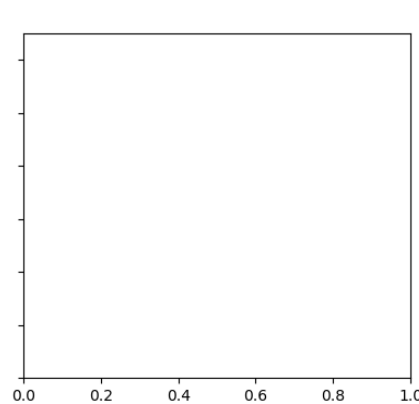
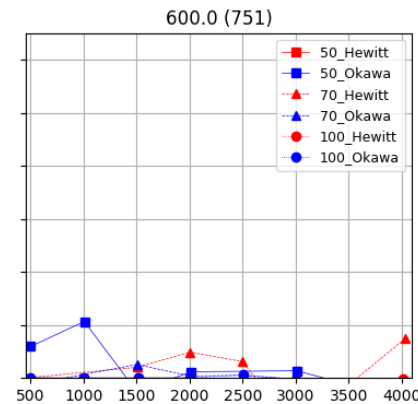
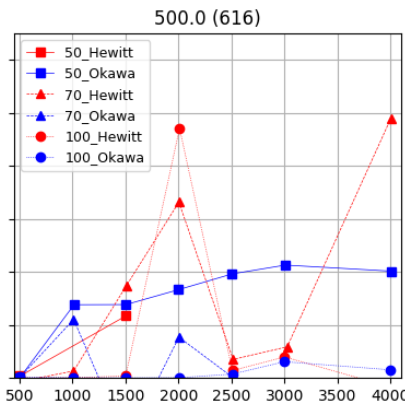
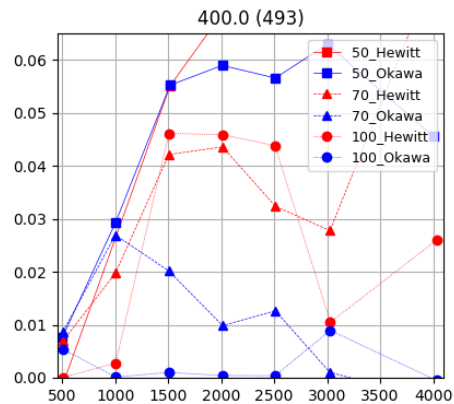
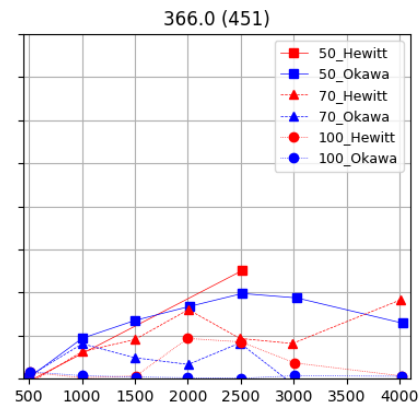
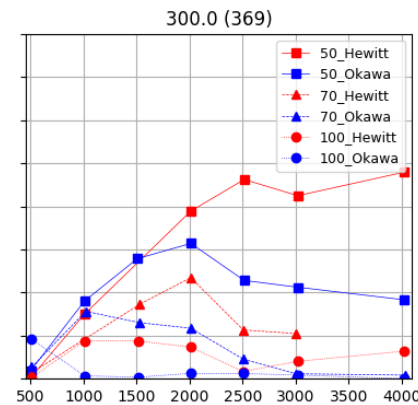
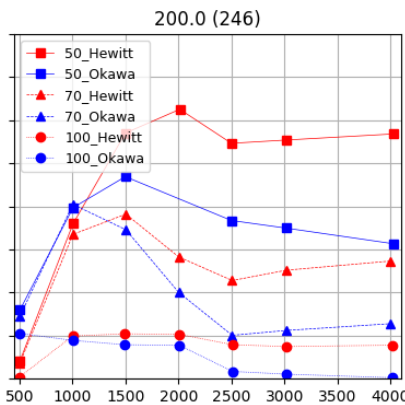
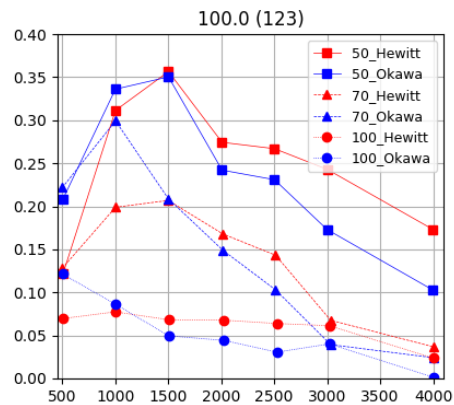
P = 100 bar



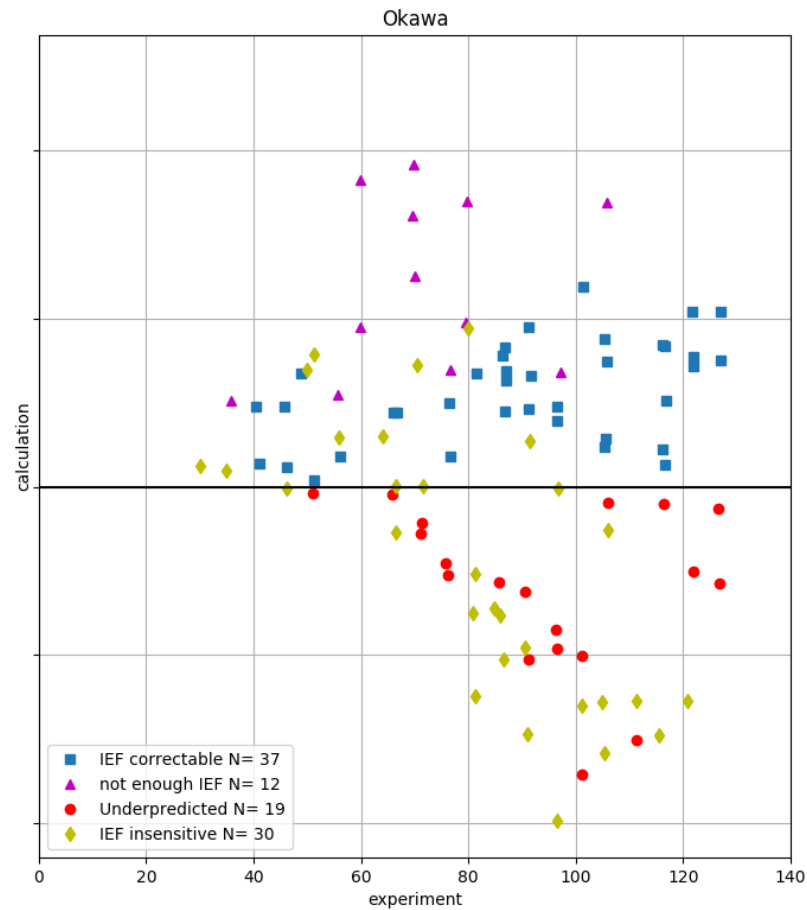
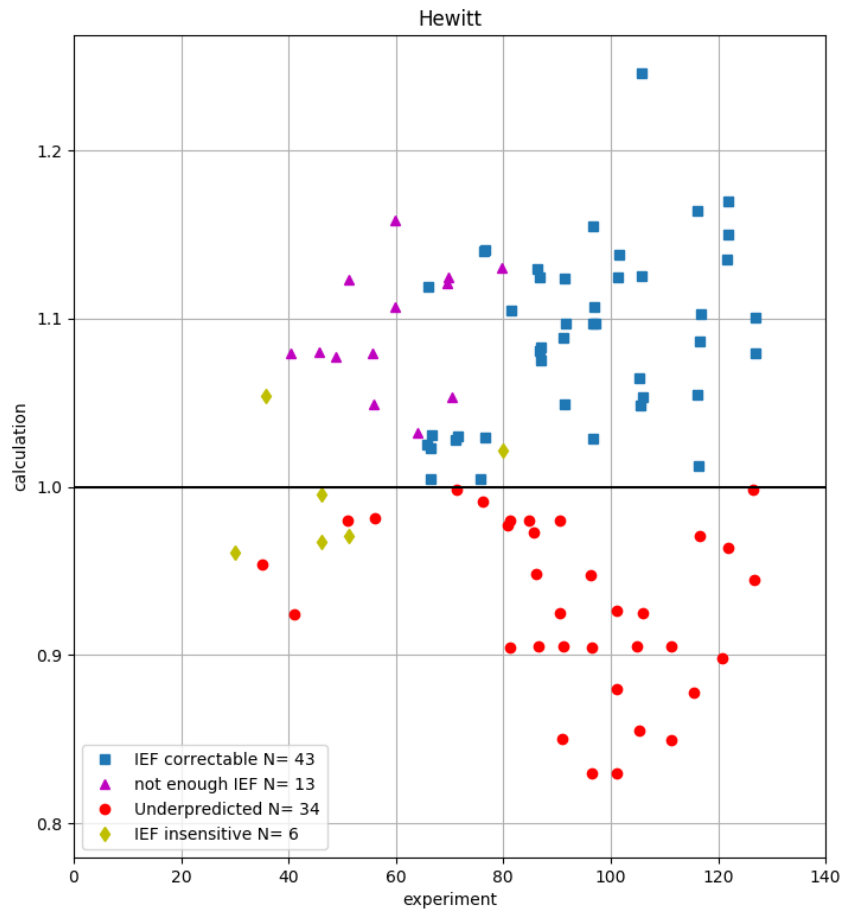
Becker Experiment, IEF influence
HydrDiam 0.0149



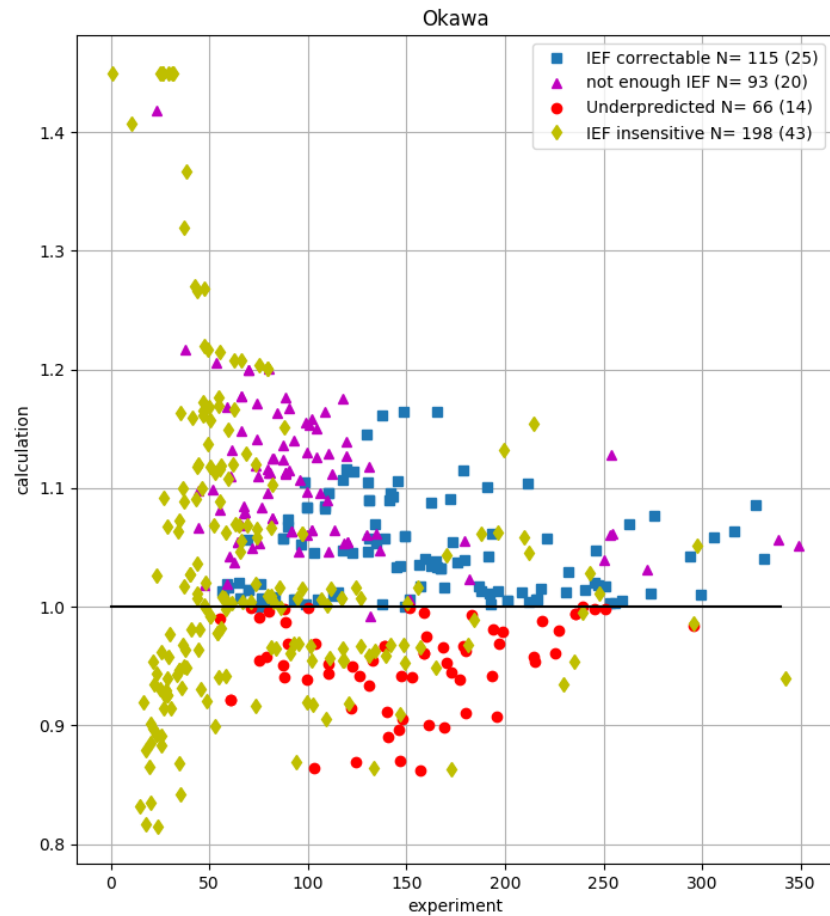
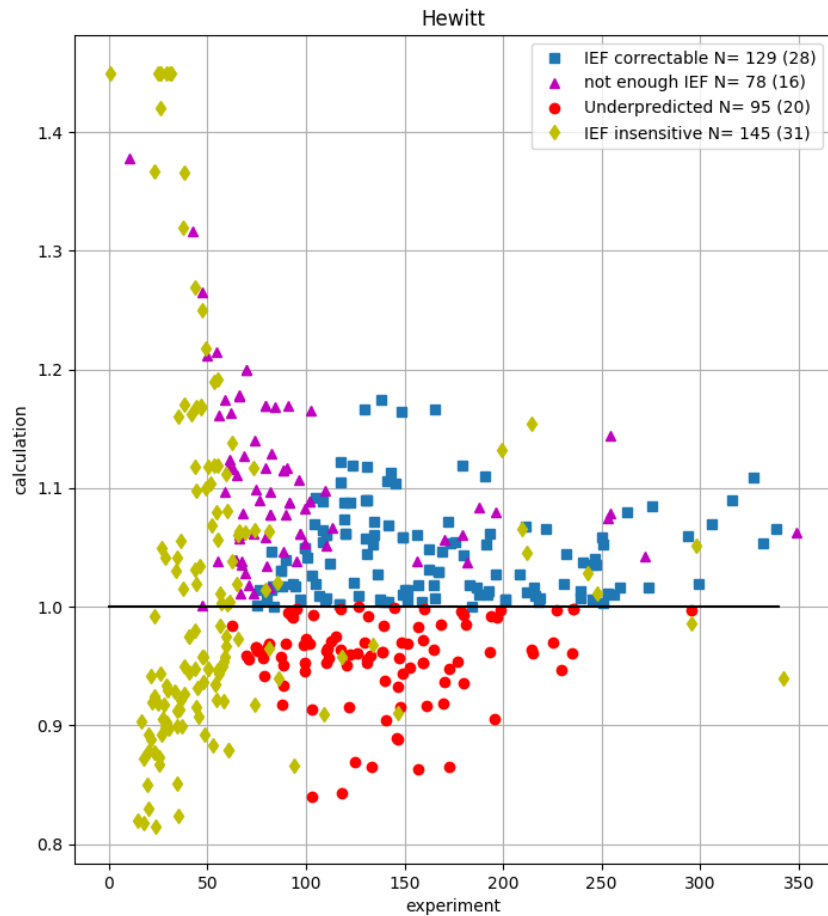
Soderquist Experiment, IEF influence



Mapa wyników - Becker



Mapa wyników - Soderquist



Wnioski

- Ciężko wyłonić „zwycięzcę”
- Oba modele cechują się nie-monotonicznością.
- Hewitt-Govan „lepiej” reaguje na IEF (nie koniecznie odzwierciedla to fizykę przepływu)
 - Technicznie „lepszy” jako narzędzie inżynierskie ze względu na większe pole manewru
- Okawa lepiej wypada w eksperymentach adiabatycznych więc wydają się być bliżej prawdy.
 - Mniejszy zakres wpływu IEF wydają się być słuszny z założeniem o zbliżaniu się do equilibrium.

Dalsza praca

1. Opublikowanie dotychczasowych prac w Nuclear Engineering and Design.
2. Zaproponowanie bardziej ogólnego modelu na początkowy rozdział wody (IEF).
3. Analiza innych modeli IEF.
4. Wypracowanie korelacji na IEF dla obu rozpatrywanych modeli.
5. Rozszerzenie modeli na odrywanie i osadzanie (Okawa opublikował 4 warianty swojego modelu).
6. Ponowna analiza eksperymentu Wurtz 300. (pomiar przepływu filmu, a nie CHF).

Dziękuję za uwagę.

