



Politechnika
Wroclawska

Kierunek: *Inżynieria chemiczna i procesowa*

Specjalność: *Projektowanie procesów chemicznych*

Projektowanie instalacji przemysłowych

dr inż. Anna Stanclik



Skąd się biorą
pomysły na
nowe inwestycje?



Od POMYSŁU do WROŻENIA

POMYSŁ musi oznaczać pomysł na coś, czego przydatność łatwo jest wykazać, a możliwość jego praktycznej realizacji oraz opłacalność jest co najmniej prawdopodobna.

Wykład + Projekt



Zasady projektowania instalacji przemysłowej

Analiza wykonalności nowej instalacji

Sformułowanie **problemu projektowego**

Zasady opracowania projektu procesowego instalacji przemysłowej

Przebieg procesu zintegrowanego. Parametry procesów jednostkowych. Surowce i produkty, energia, odpady

Instalacja przemysłowa: aparatura procesowa, materiały konstrukcyjne

Schemat technologiczno - aparaturowy; rozmieszczenie przestrzenne aparatury i urządzeń w instalacji przemysłowej

Nakłady inwestycyjne i obliczenie kosztów projektowych



Politechnika
Wroclawska

Krystalizacja

dr inż. Nina Hutnik oraz dr inż. Anna Stanclik

A photograph of laboratory glassware, including a large Erlenmeyer flask and a beaker with a funnel, containing liquids. The background is a blurred laboratory setting.

Wykład + Laboratorium

Krystalizacja masowa z roztworów

Sposoby wytwarzania **przesycenia**

Kinetyka procesu krystalizacji

Wpływ składu chemicznego roztworu i parametrów procesu na przebieg procesu krystalizacji i jakość produktu

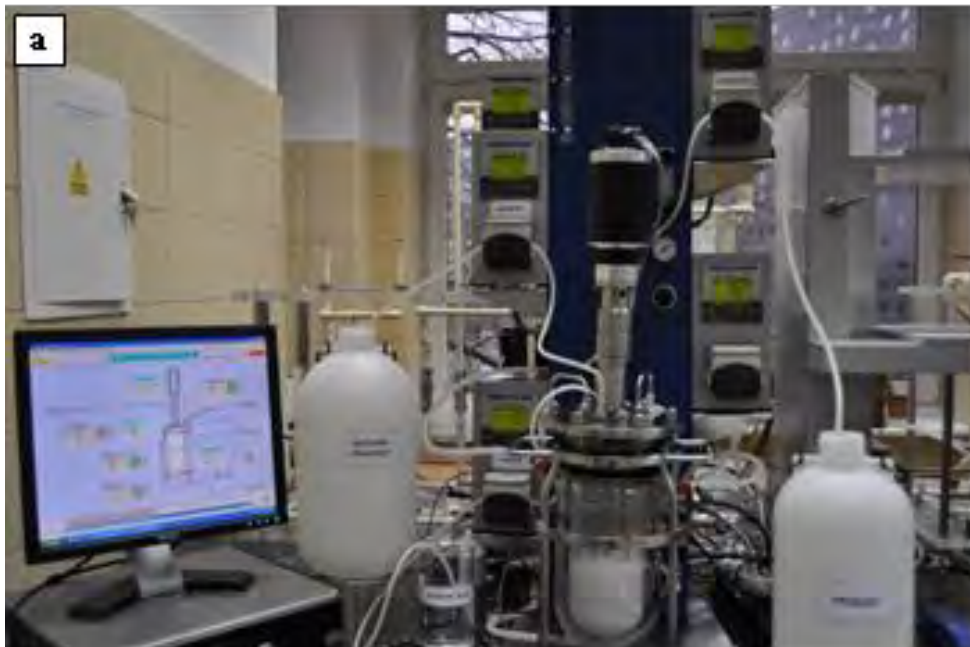
Jakość produktu. Rozkład rozmiarów kryształów. Charakterystyka kryształów. Czystość chemiczna

Krystalizatory. Rozwiązania konstrukcyjne i eksploatacja

Kontrola i pomiary, regulacja i sterowanie procesami krystalizacji i aparatura

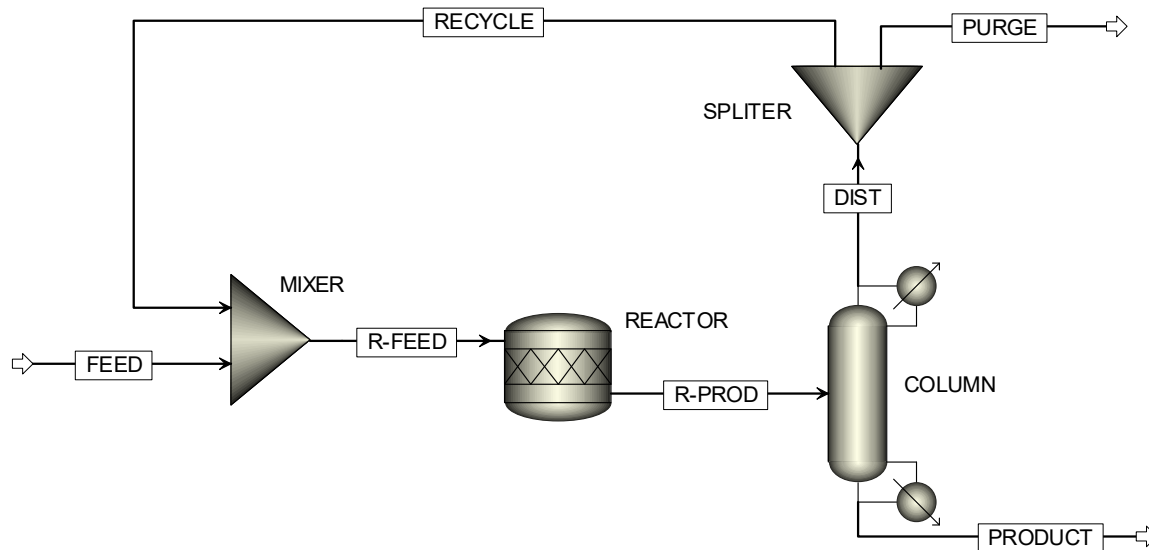


Fotografia instalacji doświadczalnej o działaniu okresowym do krystalizacji siarczanu sodu (Mettler Toledo).



Fotografia instalacji doświadczalnej o działaniu ciągłym do otrzymywania struwitu:
a) widok ogólny, b) krystalizator z wewnętrzną cyrkulacją zawiesiny typu DT MSMR.

Programy symulacji i projektowania instalacji chemicznych



Aspen Engineering Suite

AspenPlus – symulacja i projektowanie operacji:

- chemicznych
- biochemicznych
- petrochemicznych
- polimeryzacji
- z elektrolitami
- z ciałami stałymi

Program laboratorium (*AspenPlus* i *Aspen Heat Exchanger Design and Rating*):

- Symulacja operacji jednostkowych oraz instalacji chemicznych
- Analiza wrażliwości oraz specyfikacja wymagań projektowych instalacji
- Analiza i estymacja właściwości fizykochemicznych czystych substancji i ich mieszanin
- Symulacja działania wymienników ciepła na podstawie szczegółowych parametrów konstrukcyjnych oraz automatyczny dobór optymalnych wymienników ciepła z norm
- Symulacja reaktorów chemicznych
- Optymalizacja instalacji chemicznych
- Projektowanie kolumn rektyfikacyjnych oraz ich szczegółowa symulacja dla wybranego rodzajów pól albo wypełnienia

Modelowanie procesów



Oprogramowanie stosowane na laboratorium:

- Aspen Engineering Suite
 - AspenPlus
 - Aspen Dynamic
- Matlab
- Simulink

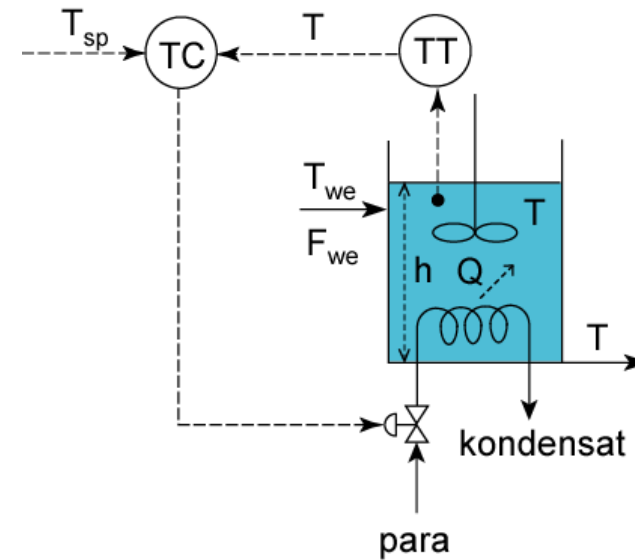
Program (wykład + laboratorium):

- Zasady modelowania procesów chemicznych
- Modelowanie i symulacja różnych rodzajów nieustalonych procesów ciągłych i okresowych
- Linearyzacja modeli procesów
- Analiza zachowania procesów
- Badanie stabilności procesu
- Analiza wymiarowa i skalowanie procesów

Dynamika systemów i sterowanie



Ohio, West Carrollton, 4 maj 2009



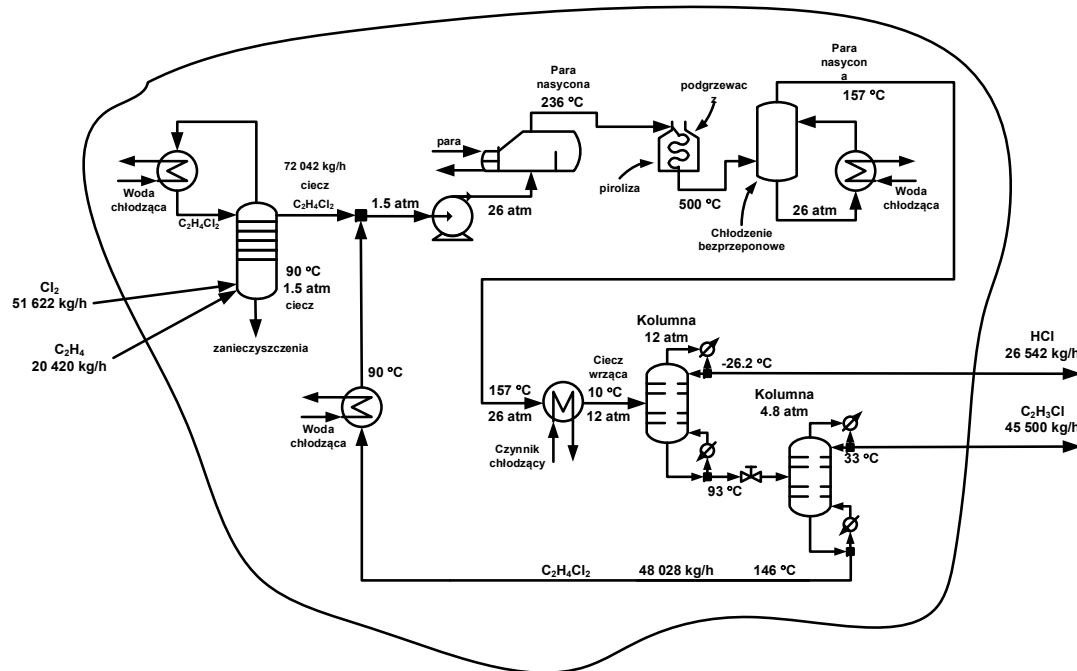
Program (wykład + laboratorium):

- Modelowanie i symulacja dynamiki procesów chemicznych z układami sterowania
- Sterowniki i oprzyrządowanie systemu sterowania
- Badanie stabilności zamkniętych układów sterowania
- Projektowanie układów sterowania z pętlą sprzężenia zwrotnego oraz ze sprzężeniem do przodu

Oprogramowanie stosowane na laboratorium:

- AspenPlus
- Aspen Dynamic
- Matlab
- Simulink

Inżynieria systemów procesowych



Oprogramowanie stosowane na zajęciach projektowych:

- Aspen Engineering Suite
 - AspenPlus
 - Aspen Proces Economic Analyzer
 - Aspen Energy Analyzer
 - Aspen Heat Exchanger Design and Rating
- Matlab

Program (wykładu + projekt):

- Tworzenie procesu wspomaganie heurystykami i obliczeniami symulacyjnymi
- Projektowanie sieci reaktorów oraz sekwencje ciągów separacyjnych
- Analiza sprawności termodynamicznej
- Integracja ciepła i mocy (projektowanie sieci wymienników ciepła oraz ich integracja cieplna z ciągami reaktorów i kolumn rektyfikacyjnych)
- Optymalizacja systemu technologicznego

EKONOMIKA PROCESÓW

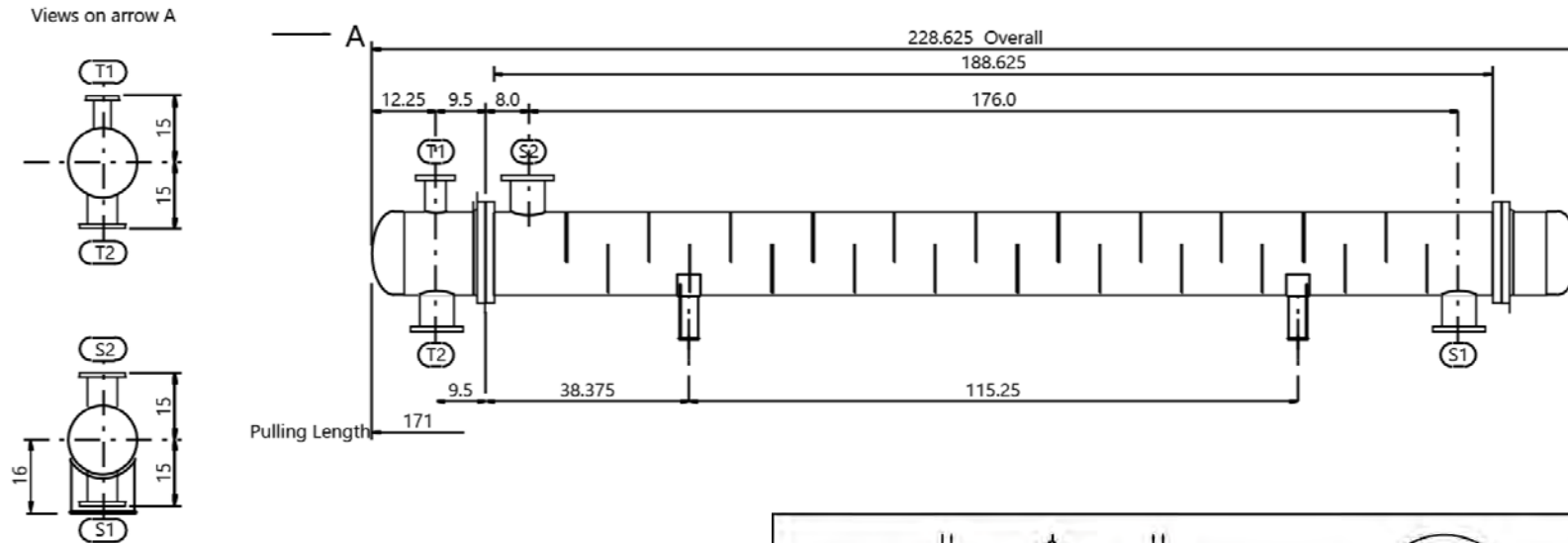
wykład + ćwiczenia



- **1. Proces produkcyjny**
 - Definicja, rola;
 - Czynniki produkcji;
 - Typy i formy organizacji produkcji;
 - Cykl produkcyjny;
 - Przygotowanie produkcji;
- **2. Kapitał**
 - Inwestycje kapitałowe;
 - Kapitał obrotowy;
 - Ocena inwestycji;
 - Szacowanie kosztu kapitału własnego;
- **3. Techniczne przygotowanie produkcji**
 - Koszty zakupu surowców;
 - Techniczny koszt wytworzenia;
 - warunki dostaw;
 - Minimalizacja odpadów;
- **4. Ekonomia kosztów działalności i produkcji**
 - Koszty, klasyfikacja kosztów;
 - Analiza produkcji;
 - Funkcja produkcji;
 - Efekty skali;
- **5. Rachunkowość i analiza finansowa przedsiębiorstwa.**
 - Wstęp do rachunkowości;
 - Wycena;
 - Przepływy pieniężne.
 - Wskaźniki rentowności;
 - Analiza ekonomiczna;
- **6. Praktyczne zastosowanie rachunku kosztów**
 - Przykłady związane z kalkulacją kosztu wytworzenia produktów gotowych i produkcji w toku oraz np. czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych

dr inż. Agnieszka Pawłowska

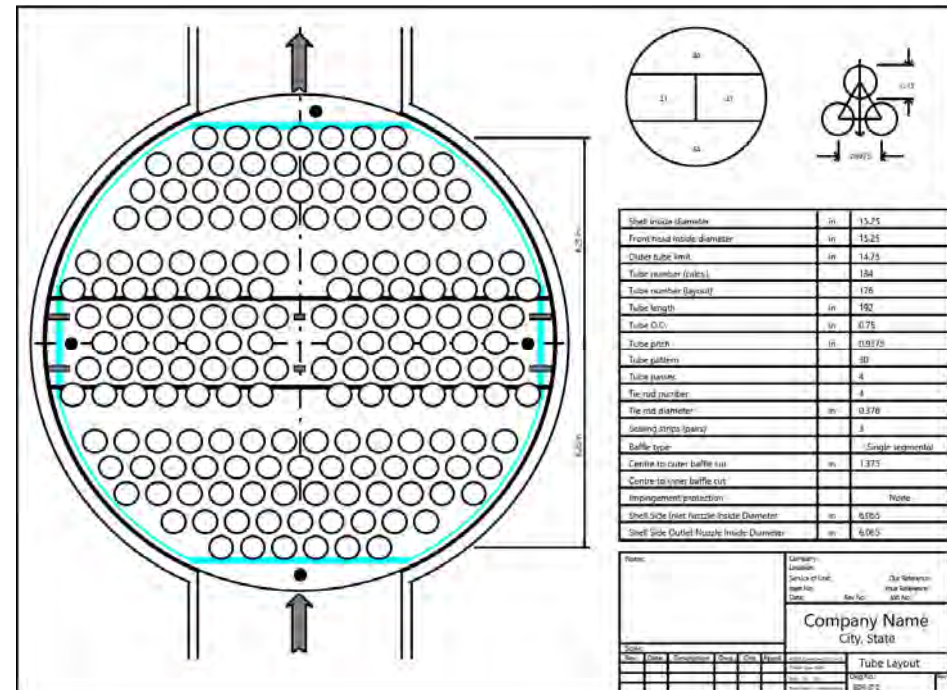
KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ (WYKŁAD + PROJEKT)



Celem kursu jest nabycie przez studentów wiedzy obejmującej:

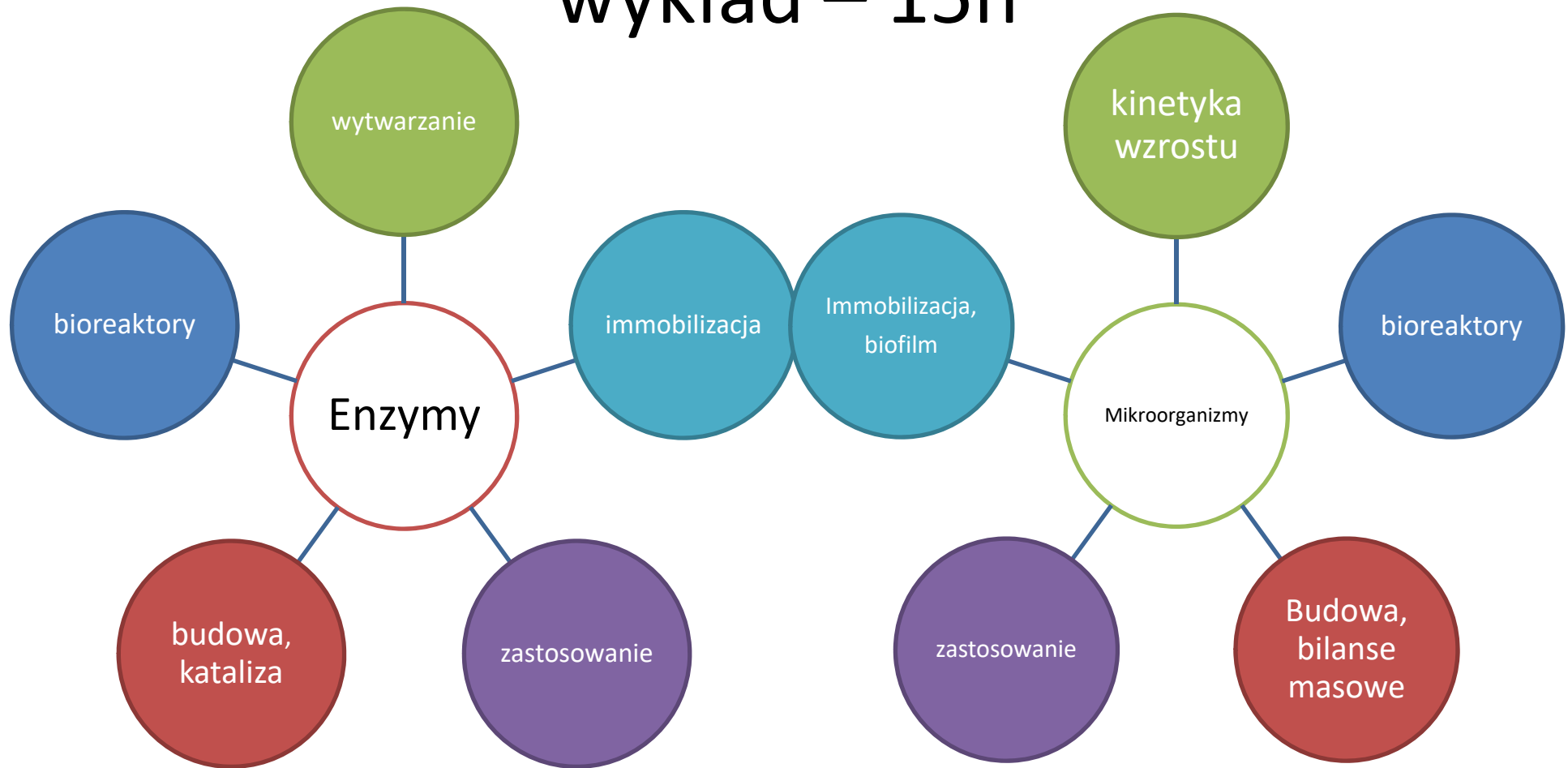
- Znajomość budowy podstawowych elementów aparatury oraz ich wykorzystania w konstruowaniu całych aparatów
- Umiejętność tworzenia i rozumienia tj. „czytania” dokumentacji technicznej

dr inż. Janusz Szymków



Procesy biotechnologiczne

wykład – 15h



Procesy biotechnologiczne

lab. – 30h

Praktyczne zastosowanie metod numerycznych

- Regresja liniowa i nieliniowa
- Równania różniczkowe
- Algebra liniowa
- Układy równań linowych i nieliniowych
- Miejsca zerowe i ekstrema funkcji

Matlab, Excel, ASIM

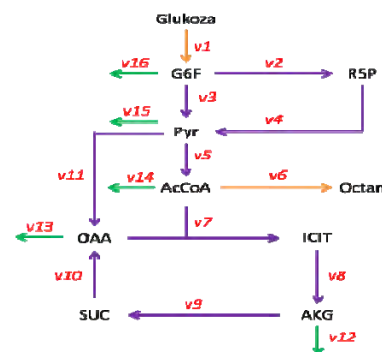
Procesy biotechnologiczne

lab. – 30h

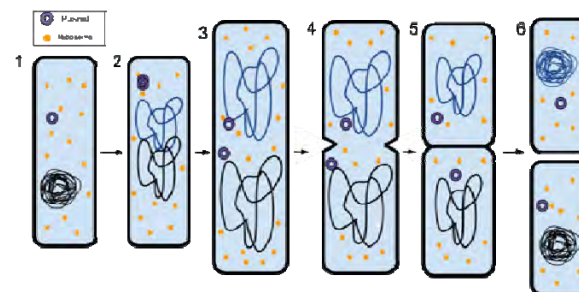
Kinetyka/inhibicja reakcji enzymatycznych



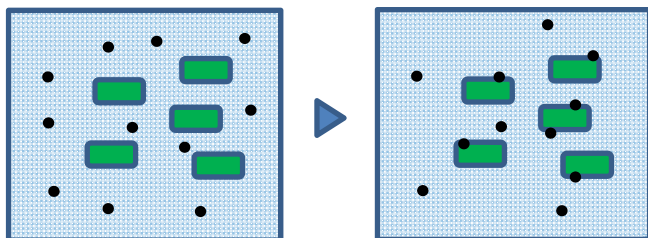
Sieci metaboliczne - FBA



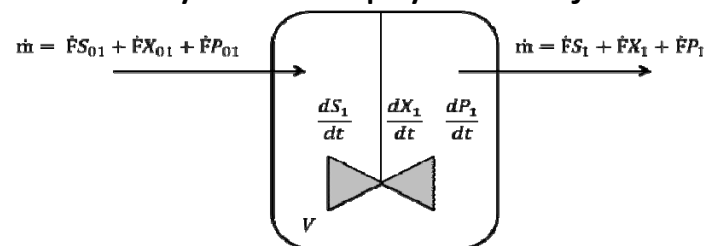
Wzrost mikroorganizmów



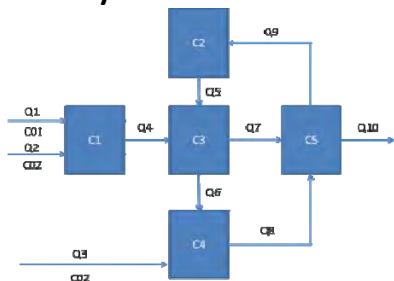
Biosorpcja i bioakumulacja



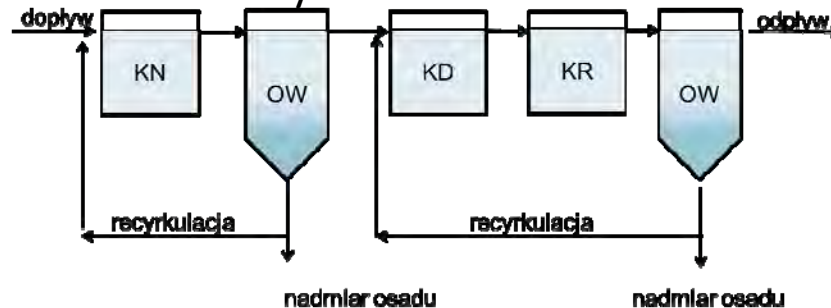
Biosynteza - optymalizacja



Układy bioreaktorów



Oczyszczanie ścieków - ASM

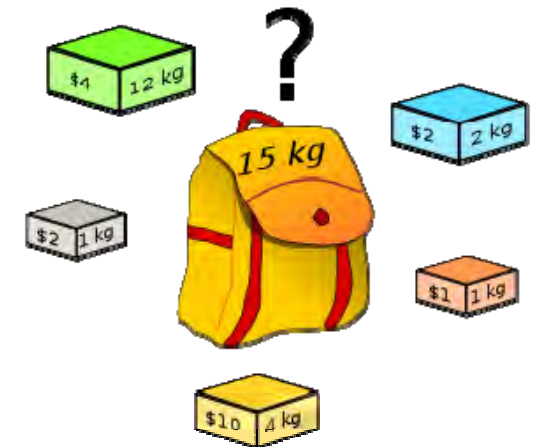


Optymalizacja procesów przemysłowych

Optymalizacja dyskretna : problem plecakowy

Jak spakować plecak aby zmaksymalizować wartość przedmiotów w plecaku jednocześnie nie przekraczając jego maksymalnej wagi?

1. Mamy n przedmiotów.
2. i -ty przedmiot ma wagę m_i
3. i -ty przedmiot ma wartość c_i
4. Maksymalna waga plecaka to M .



$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{jeśli przedmiot jest w plecaku} \\ 0 & \text{jeśli przedmiot nie jest w plecaku} \end{cases}$$

$$f(\bar{x}) = \sum_i x_i c_i$$

W obszarze

$$\sum_i x_i m_i < M$$

Optymalizacja liniowa: Produkcja

Firma spożywcza produkuje dwa rodzaje piw. Firma ma trzy browary.



Czas potrzebny na
wyprodukowanie jednostki
produktu

| Browar | Piwo 1 | Piwo 2 | Dostępność/miesiąc |
|--------|-----------|-----------|--------------------|
| 1 | 30 godzin | 0 | 120 godzin |
| 2 | 0 | 60 godzin | 240 godzin |
| 3 | 90 godzin | 60 godzin | 520 godzin |

$$\max_{X,Y} f(X,Y) = 10^5x + 3 * 10^5y$$

W obszarze:

$$30x \leq 120$$

$$60y \leq 240$$

$$90x + 60y \leq 520$$

$$x \geq 0, y \geq 0$$

Zysk za jednostkę Piwa 1 wynosi 100 000 PLN, za jednostkę Piwa 2 zysk wynosi 300 000 PLN. Jak należy podzielić produkcję aby zmaksymalizować zysk?

Zmienne decyzyjne:

X – ilość jednostek Piwa 1 wyprodukowanych na miesiąc

Y – ilość jednostek Piwa 2 wyprodukowanych na miesiąc



„ZPR PWr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”

Optymalizacja liniowa: Produkcja nawozów



Firma produkuje dwa rodzaje nawozów: Typ 1 zawierający wysoki poziom fosforanów, oraz Typ 2 zawierający niski poziom fosforanów

| | Ilość ton na tonę nawozu | | |
|------------|--------------------------|-------|---------------------|
| Materiał | Typ 1 | Typ 2 | Dostępność na dzień |
| Mocznik | 4 | 2 | 5000 |
| Potaż | 1 | 2 | 3500 |
| Fosforyt | 2 | 0 | 800 |
| Zysk netto | 40000 | 30000 | |

$$\max_{X,Y} f(X,Y) = 4 * 10^3 x + 3 * 10^3 y$$

W obszarze:

$$4x + 2y \leq 5000$$

$$x + 2y \leq 3500$$

$$2x \leq 800$$

$$x \geq 0, y \geq 0$$

Jak należy podzielić produkcję aby zmaksymalizować zysk?

Zmienne decyzyjne:

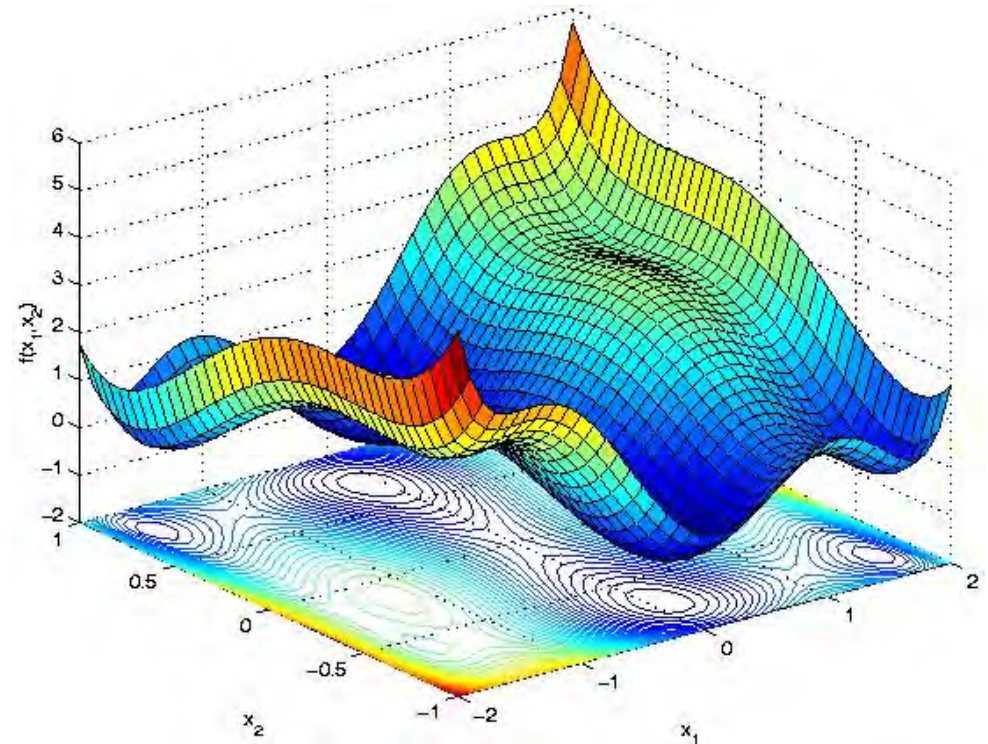
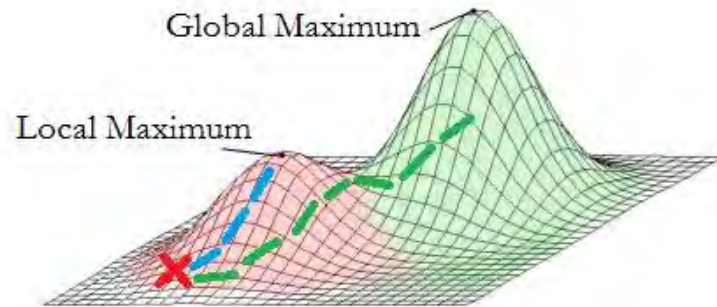
X – dzienna produkcja nawozu 1

Y – dzienna produkcja nawozu 2



„ZPR PWr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”

Powierzchnie (hiperpowierzchnie) funkcji celu mogą mieć skomplikowaną topologię



Metoda największego spadku

Prosty pomysł – poruszamy się wzdłuż kierunku największego spadku funkcji. tzn. $\nabla f(\bar{x})$.

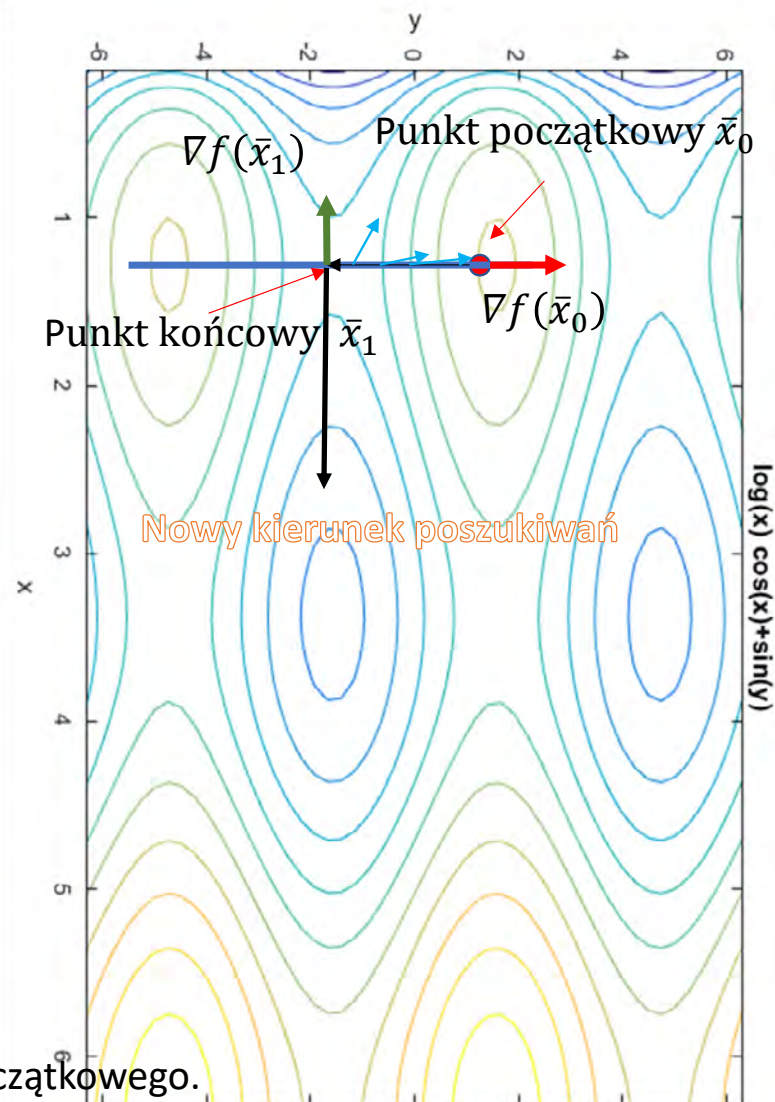
$$\bar{r} = -\nabla f(\bar{x})$$

$$\bar{x}_1 = \bar{x}_0 - \alpha \nabla f(\bar{x}_0) = \bar{x}_0 + \alpha \bar{r}_0$$

$$\frac{df(\bar{x}_1)}{d\alpha} = \nabla^T f(\bar{x}_1) \frac{d\bar{x}_1}{d\alpha} = \nabla^T f(\bar{x}_1) \frac{d}{d\alpha} (\bar{x}_0 + \alpha \bar{r}_0) = \nabla^T f(\bar{x}_1) \bar{r}_0$$

$$\frac{df(\bar{x}_1)}{d\alpha} = 0 \rightarrow \nabla^T f(\bar{x}_1) \bar{r}_0 = 0 \rightarrow \bar{r}_1^T \bar{r}_0 = 0$$

Poruszamy się tak długo aż gradient będzie prostopadły do gradientu początkowego.

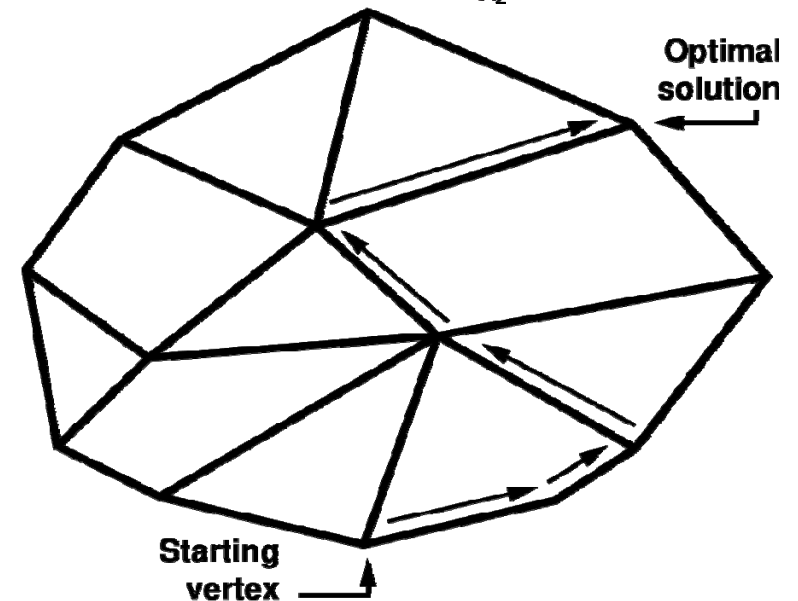
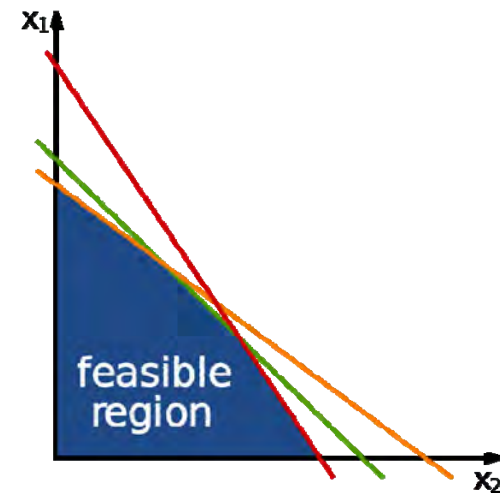


Definicja problemu liniowego optymalizacyjnego (PLO)

Maksymalizacja $\mathbf{O} = \mathbf{c}^T \mathbf{x}$

Przy ograniczeniach: $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}, \mathbf{x} \geq 0, \mathbf{b} \geq 0$

Metoda sympleks rozwiązuje PLO iteracyjnie. Dzieli obszar dopuszczalny na trójkąty (sympleksy). Algorytm porusza się po kolejnych wierzchołkach obszaru dopuszczalnego szukając lepszej wartości funkcji celu. Algorytm kończy działanie w przypadku odnalezienia minimum.





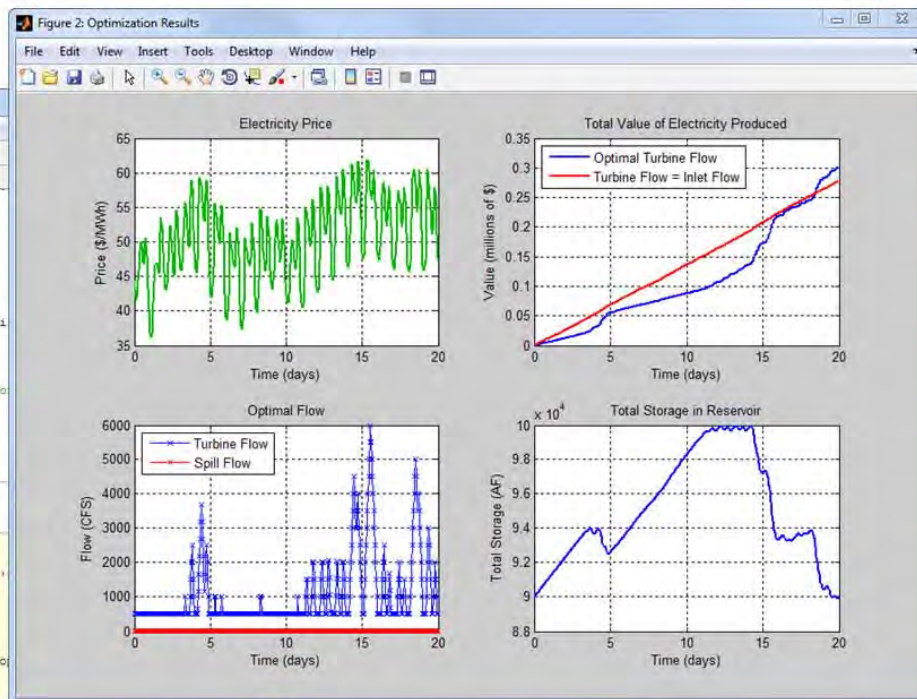
Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



„ZPR PWr – Zintegrowany Pro...

Matlab

```
Editor - H:\Documents\HydroelectricDamOptimization_largeScale.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
Stack: Base + f
114 - inloop = K1*(stor0 + C2A*inFlow(1)/2);
115
116 % Fill in f(1) first
117 f(1) = price(1)*(inloop + k2);
118
119 % Use a loop to fill in the rest of f
120 for ii = 2:N
121     inloop = inloop + K1*C2A*(inFlow(ii-1)/2 + inFlow(ii)/2);
122     f(ii) = price(ii)*(inloop + k2);
123 end
124
125 % Convert f from kW to MW and flip sign for maximization
126 f = -f/MW2kW;
127
128 % Create a sparse vector (f is 50% sparse)
129 f = sparse(f);
130
131 % 4 - Define Linear Inequality Constraints and Bounds
132 DefineConstraints;
133
134 % 5 - Minimize the function
135 % Choose the Algorithm to be interior-point-convex
136 qpopts = optimset('Algorithm','interior-point-convex','
137     'PlotFcn',@optimplotfval);
138
139 % Perform the optimization
140 tic
141 [x, fval] = quadprog(H, f', full(A), b, Aeq, beq, LB, UB, [], qpopts);
142 toc
143
144 % 6 - Display Results
145 % Extract Turbine flow and Spill flow from x
146 turbFlow = x(1:N);
147 spillFlow = x(N+1:end);
148
149 % Plotting Helper Function
150 createPlots(turbFlow, spillFlow, inFlow, price, stor0, C2A, N);
151
script Ln 134 Col 29 OVR
```



Plan kursu

1. Wprowadzenie do optymalizacji.
2. Wprowadzenie matematyczne.
3. Optymalizacja jednowymiarowa bez więzów.
- 4 – 5. Optymalizacja wielowymiarowa bez więzów.
- 6 – 7. Programowanie liniowe.
8. Optymalizacja dyskretna.



„ZPR PWr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej”



Politechnika Wroclawska

Symulacje procesów metodą CFD

specjalność: Projektowanie Procesów Chemicznych

Dr hab. inż. Wojciech Ludwig

Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów
Polimerowych i Węglowych





CFD - definicja

Computational Fluid Dynamics (CFD), tłumaczona na język polski jako numeryczna, obliczeniowa lub komputerowa mechanika lub dynamika płynów, jest nauką o przewidywaniu hydrodynamiki przepływów płynów oraz procesów w nich zachodzących: wymiany ciepła i masy, reakcji chemicznych itp., poprzez rozwiązywanie równań matematycznych, opisujących procesy fizyczne, metodami numerycznymi dla zadanych warunków jednoznaczności.

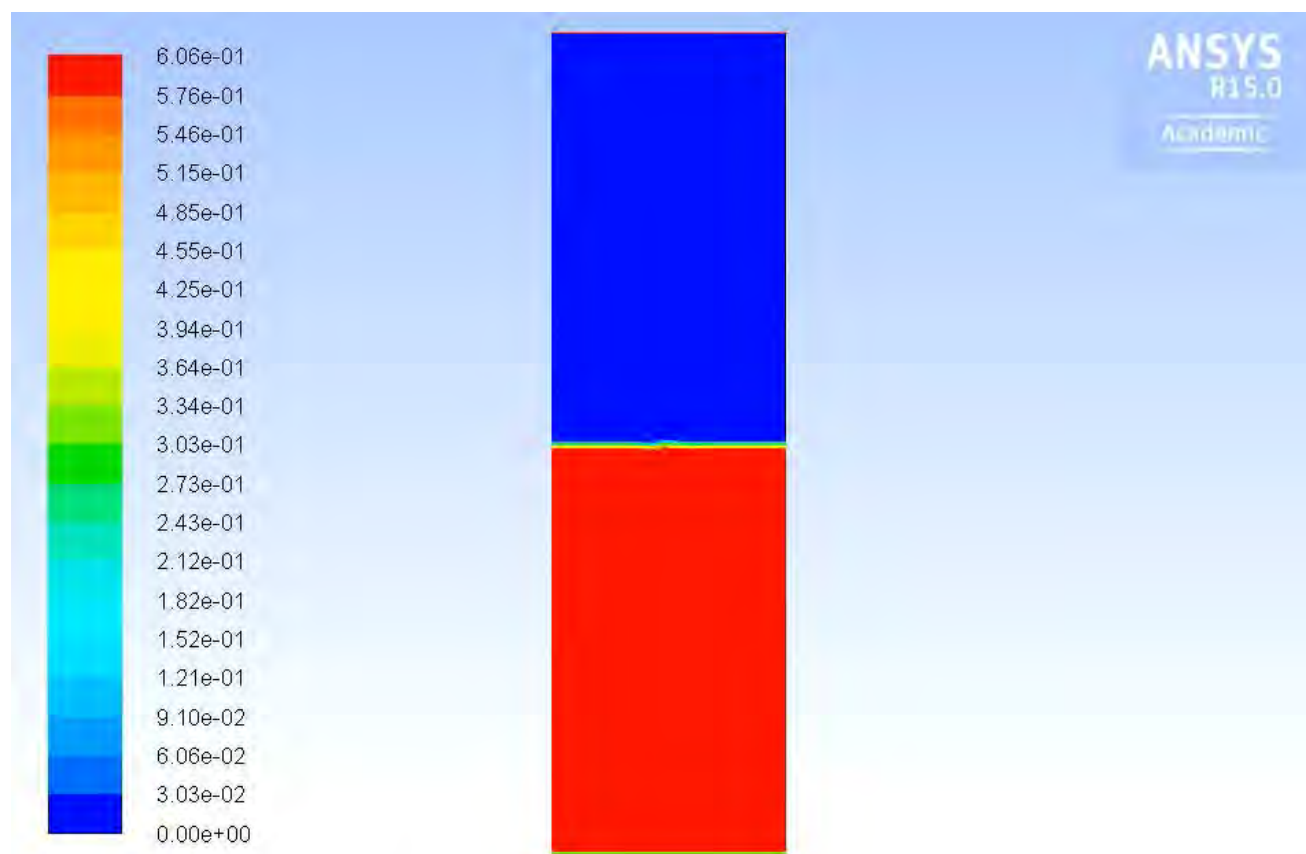


Program kursu wykład i laboratorium

1. Przedstawienie podstaw metod CFD i obszarów ich zastosowań.
2. Uzyskanie podstawowej wiedzy dotyczącej równań opisujących procesy transportu pędu, ciepła i masy przy przepływie laminarnym.
3. Zapoznanie z podstawowymi modelami opisującymi przepływy burzliwy i przepływy wielofazowe.
4. Zapoznanie z podstawami metod numerycznych rozwiązywania równań transportu w różnych przypadkach przepływu.
5. Uzyskanie podstawowych umiejętności wykonywania obliczeń CFD ruchu pędu, ciepła i masy przy przepływie laminarnym i burzliwym, w układach jedno i wielofazowych, ustalonych i nieustalonych za pomocą wybranego pakietu oprogramowania (Ansys CFD).



Przykładowe rozwiązanie: fluidyzacja



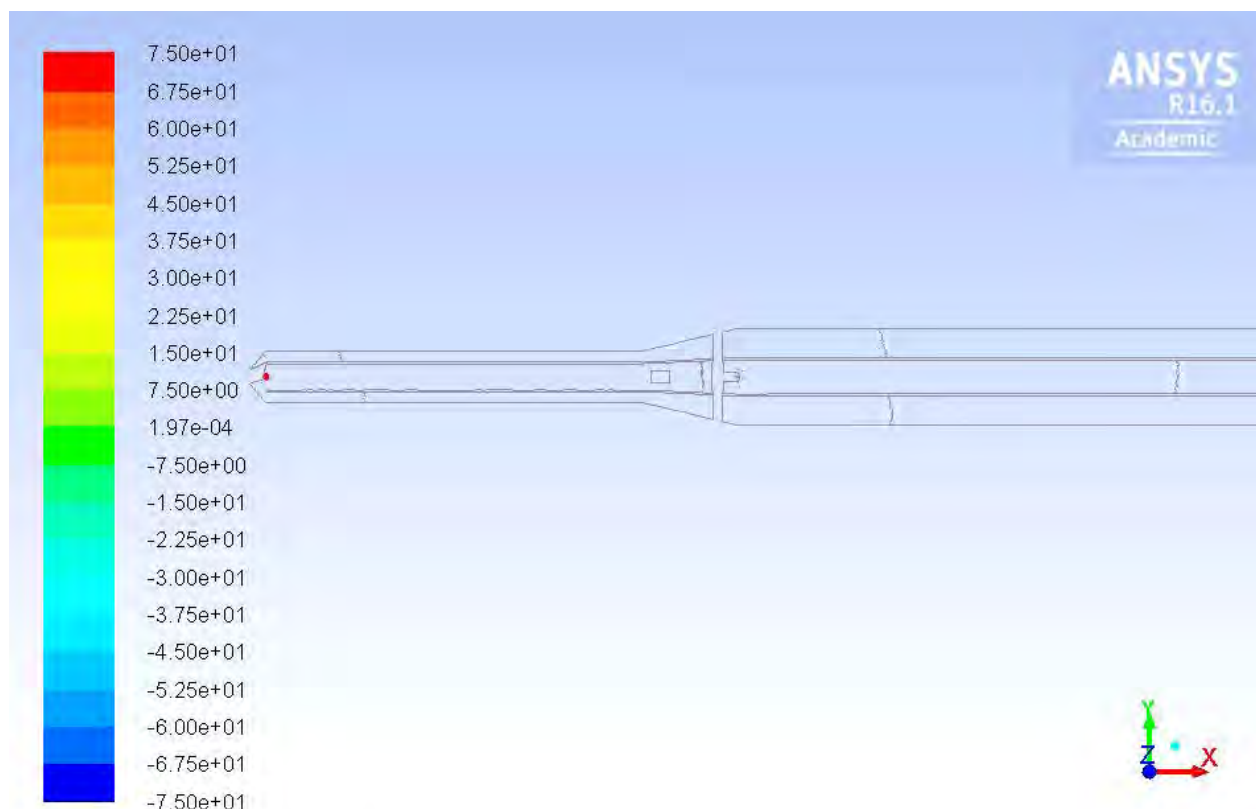
Contours of Volume fraction (ziarno) (Time=1.0000e-02)

Jan 20, 2015

ANSYS Fluent 15.0 (2d, dp, pbns, eulerian, lam, transient)



Przykładowe rozwiązanie: ruch cząstek w aparacie fontannowym



Particle Traces Colored by DPM Velocity Magnitude (mm)