

Analiza struktur pól prędkości przepływu w mikrokanale



IPPT PAN

Piotr Korczyk
S. Błoński, T. Kowalewski

STRESZCZENIE

- Motywacja
- Układ eksperymentalny i przeprowadzenie pomiarów
- Omówienie wyników
- Podsumowanie

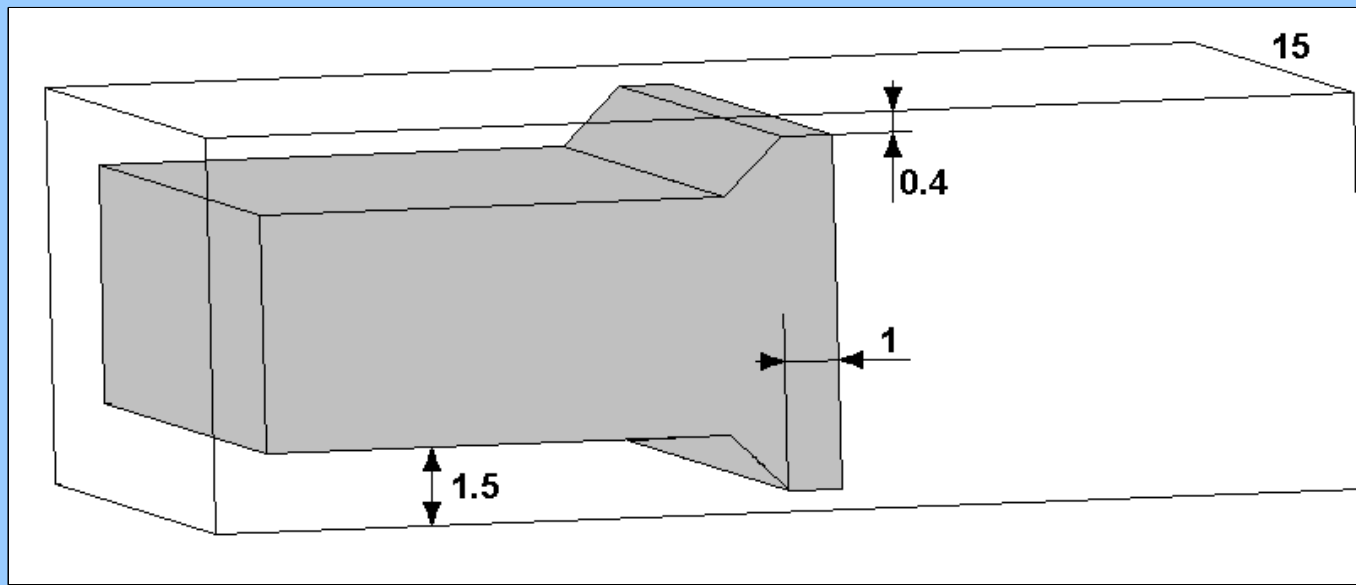
Motywacja

- Głównym celem projektu CONEX było zbudowanie wydajnego emulsyfikatora umożliwiającego otrzymywanie emulsji o kontrolowanych parametrach
- Celem eksperymentów przeprowadzonych w ZMiFP było określenie właściwości pola prędkości w emulsyfikatorze na podstawie pomiarów z wykorzystaniem techniki PIV

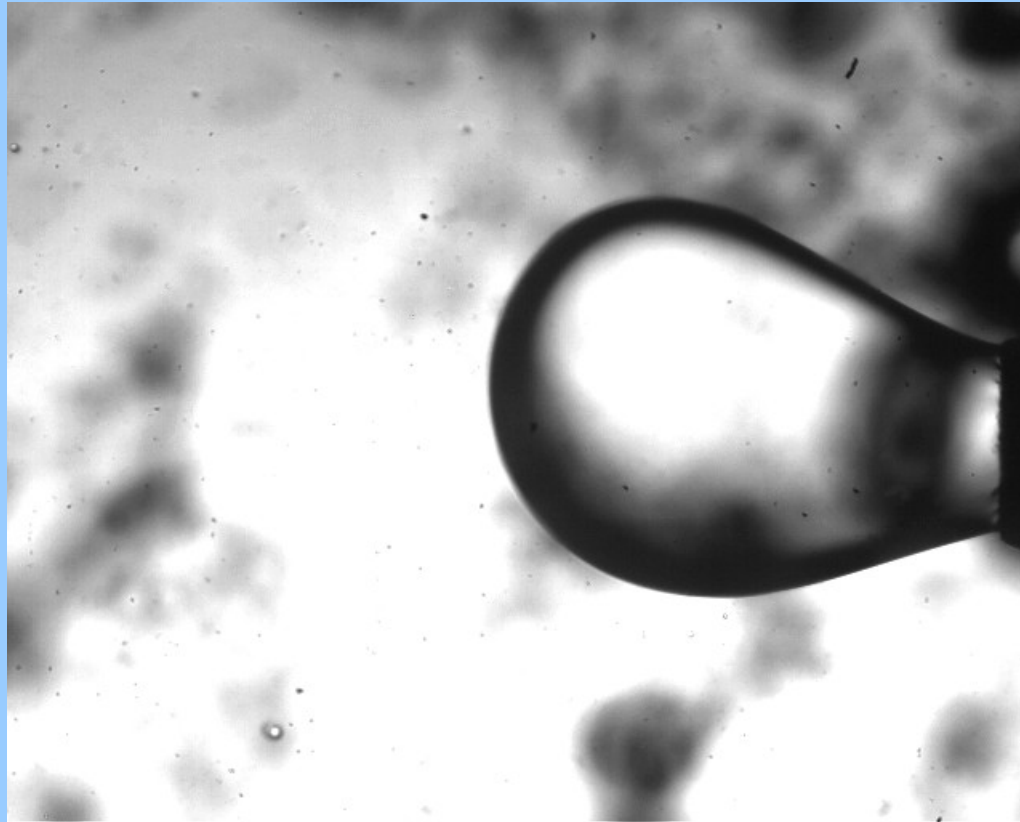
Idea

Wzbudzona w przepływie turbulencja i związane z nią silne gradienty prędkości rozdrabniają kropelki w przepływach dwufazowych.

Schemat emulsyfikatora



Deformacije strugi oleju

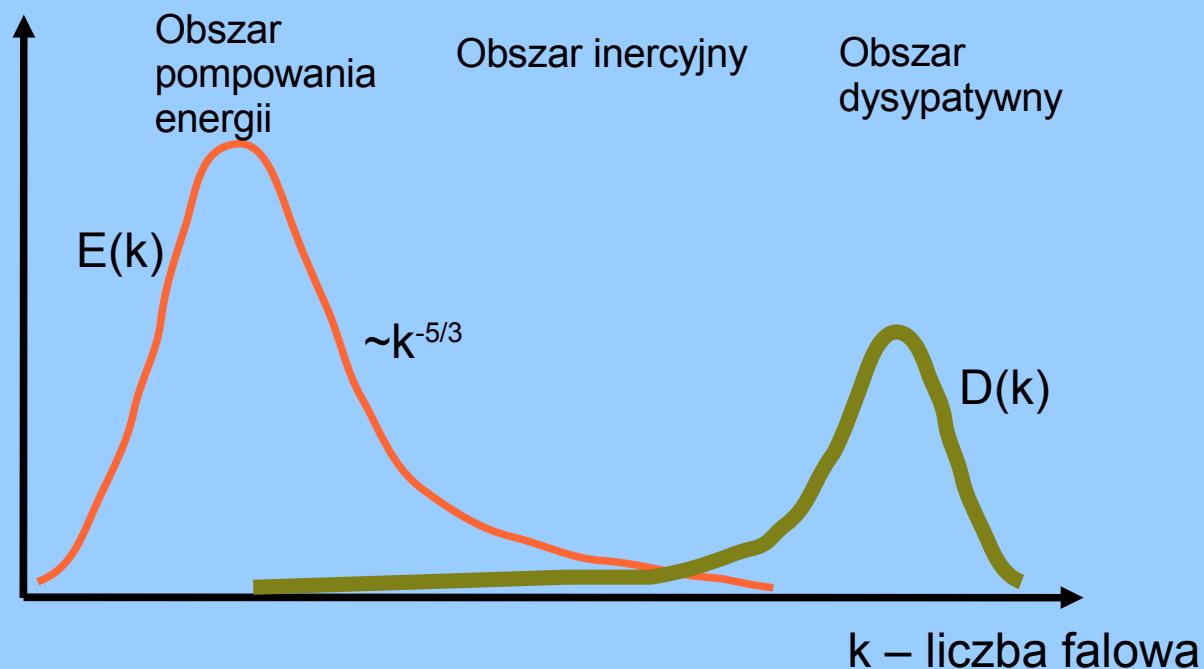


Deformacije strugi oleju

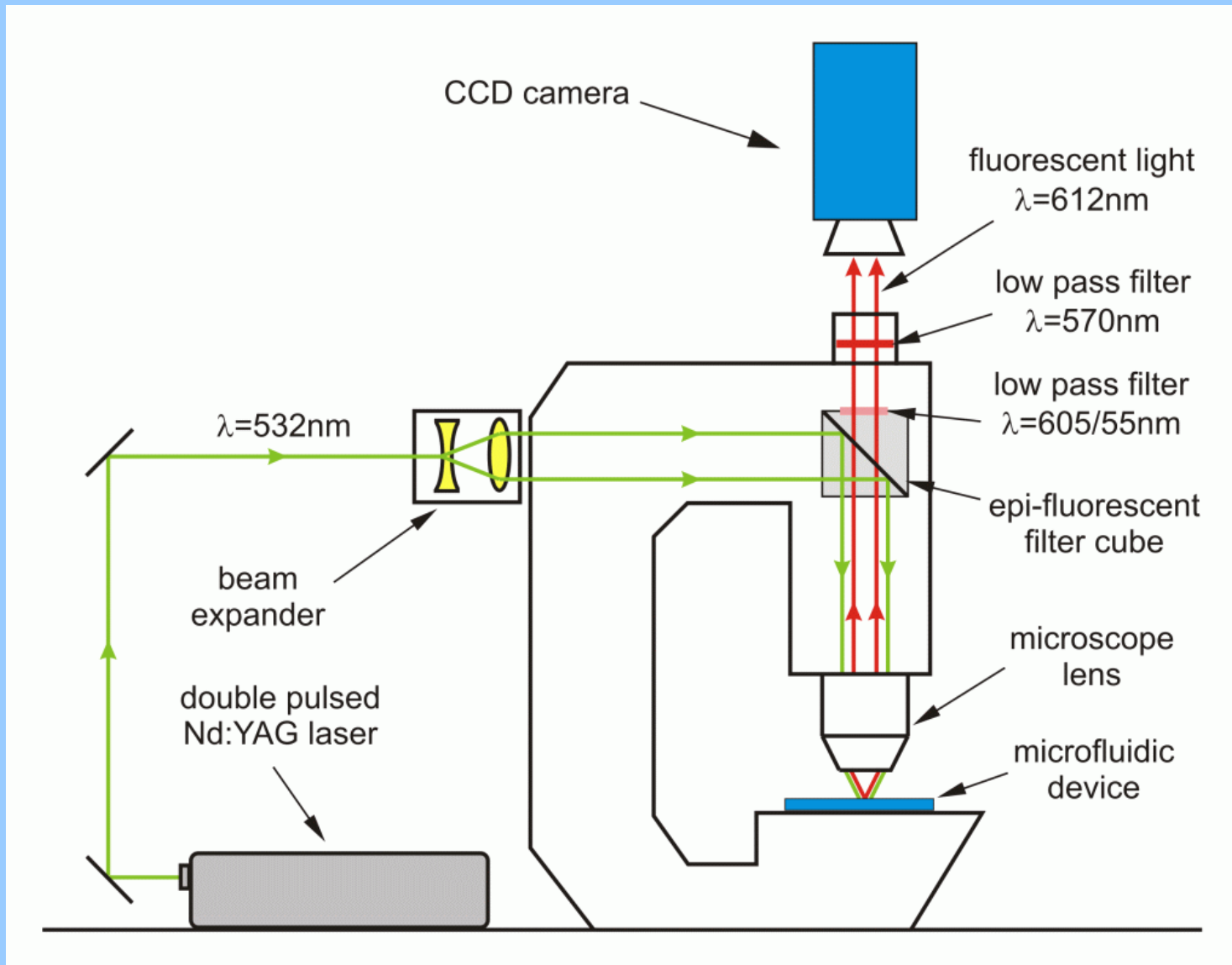


Krótka charakterystyka przepływu turbulentnego

- Powstaje przy dużych liczbach Reynoldsa (przy dużym stosunku sił bezwładności do sił lepkościowych).
- W wyniku niestabilności w przepływie powstają wiry, które następnie rozpadają się na mniejsze wskutek oddziaływania sił bezwładnościowych – kaskada energii.
- Jest chaotyczny.
- Zwiększa znacznie dyfuzję, transfer pędu itp.
- Charakteryzuje się występowaniem trójwymiarowych fluktuacji wirowości, prędkości, ciśnienia...
- Przepływ turbulentny jest dysypatywny



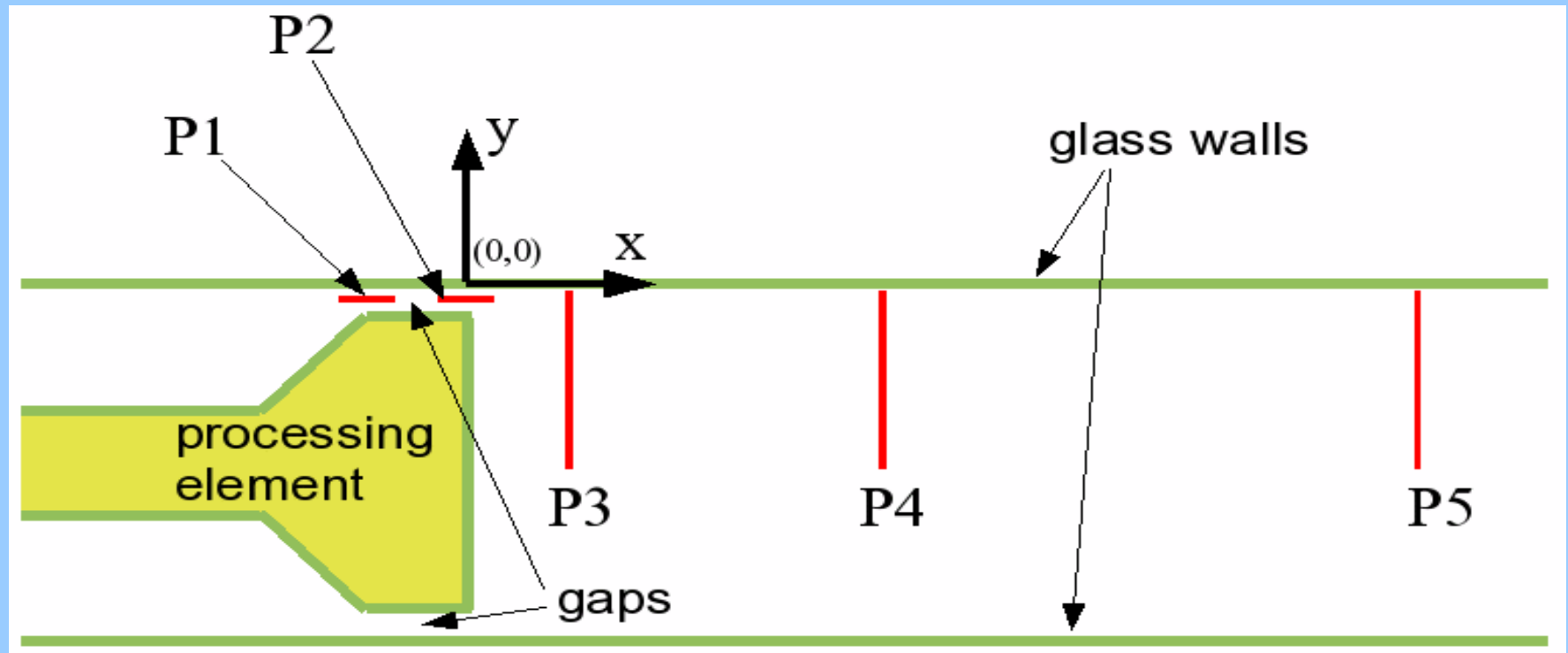
UKŁAD EKSPERYMENTALNY

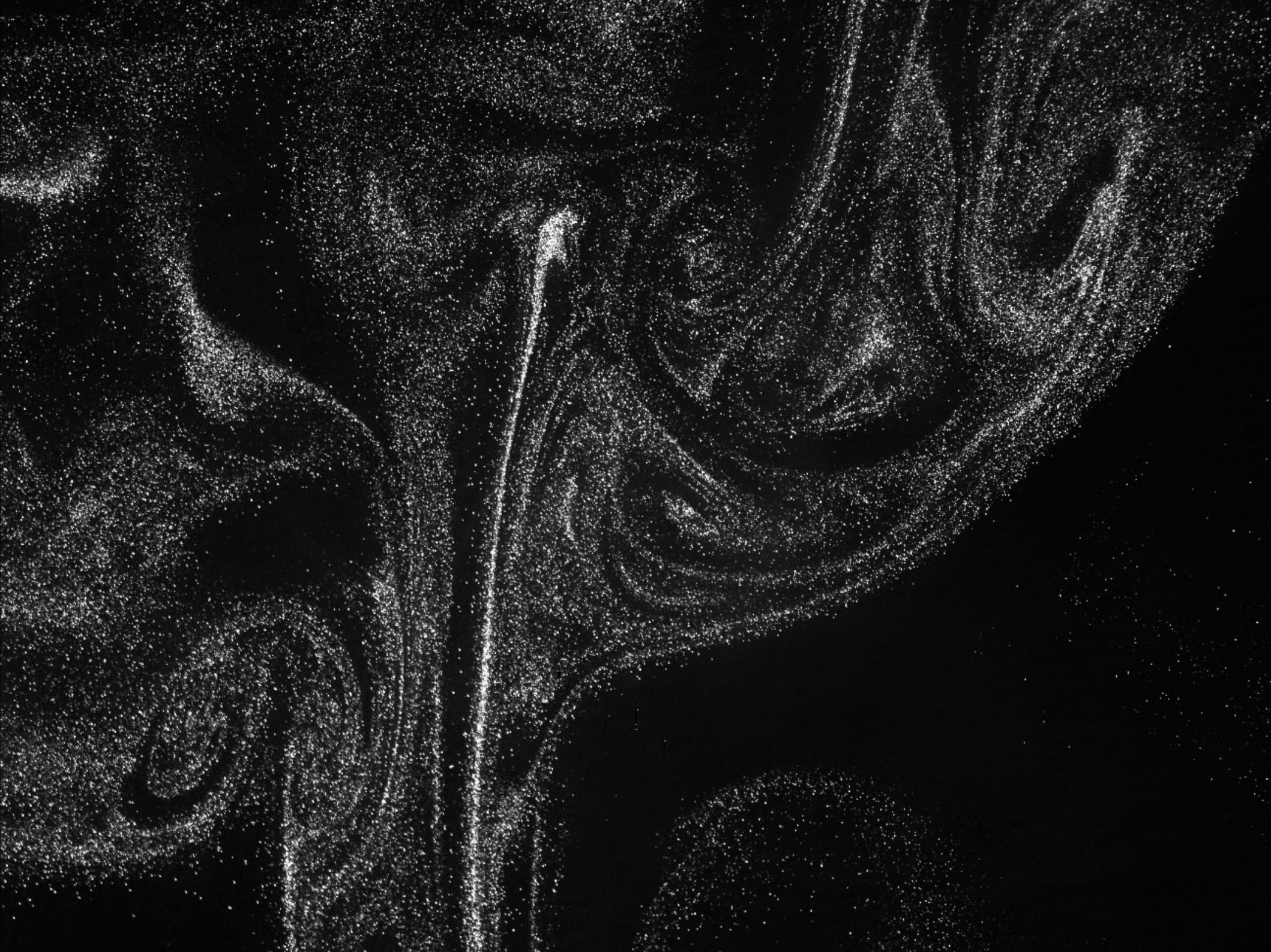


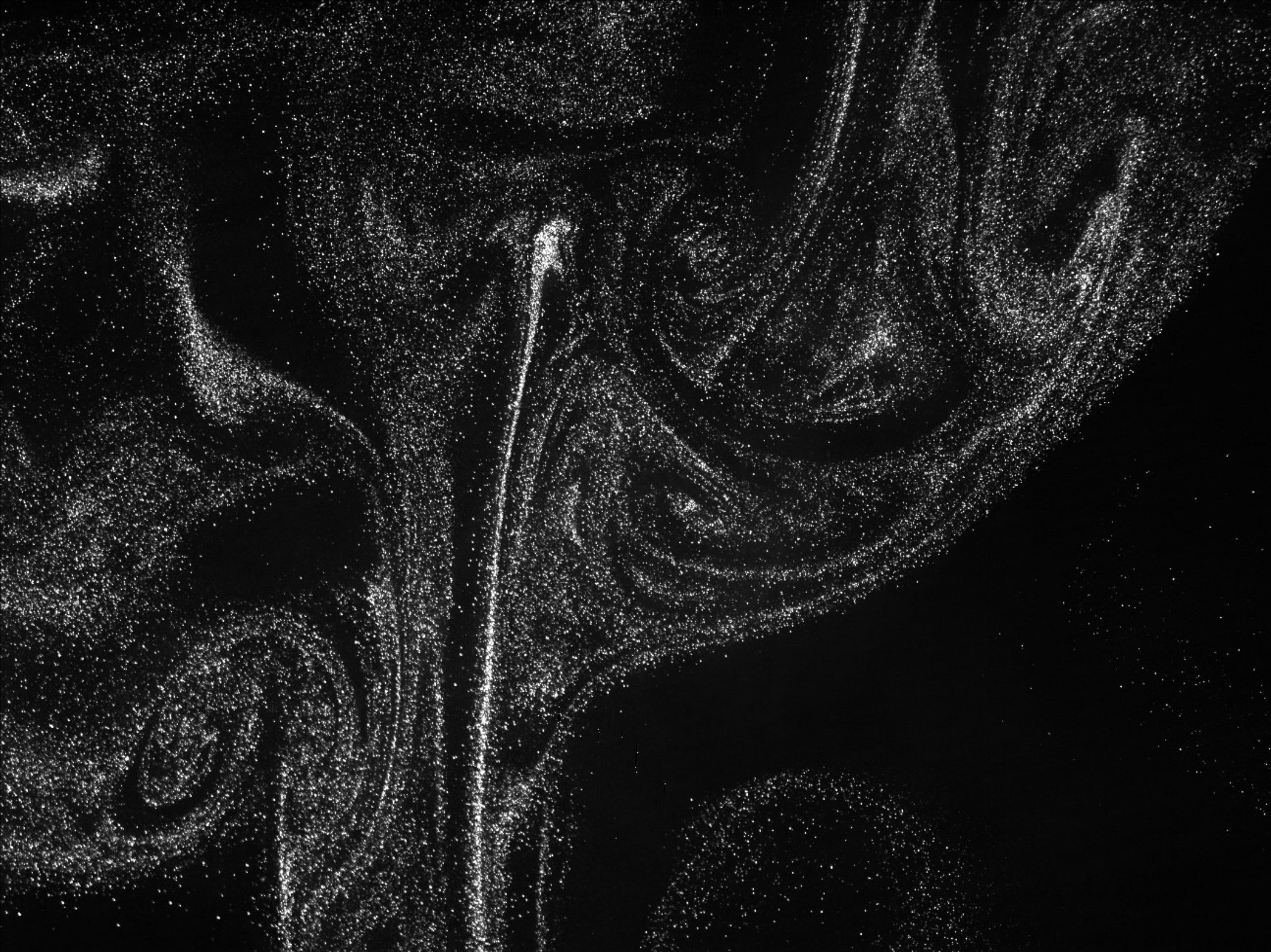
UKŁAD EKSPERYMENTALNY



Przekrój przez emulsyfikator



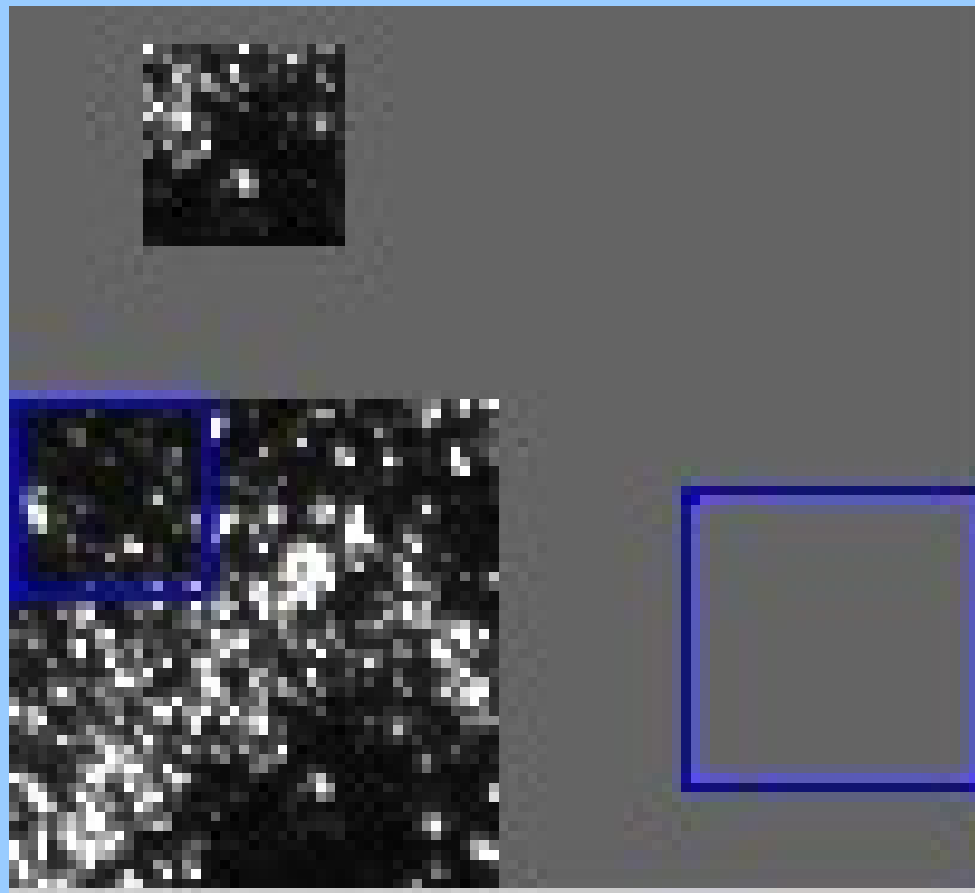




Wyszukiwanie lokalnych przemieszczeń

Fragment
pierwszego
obrazu

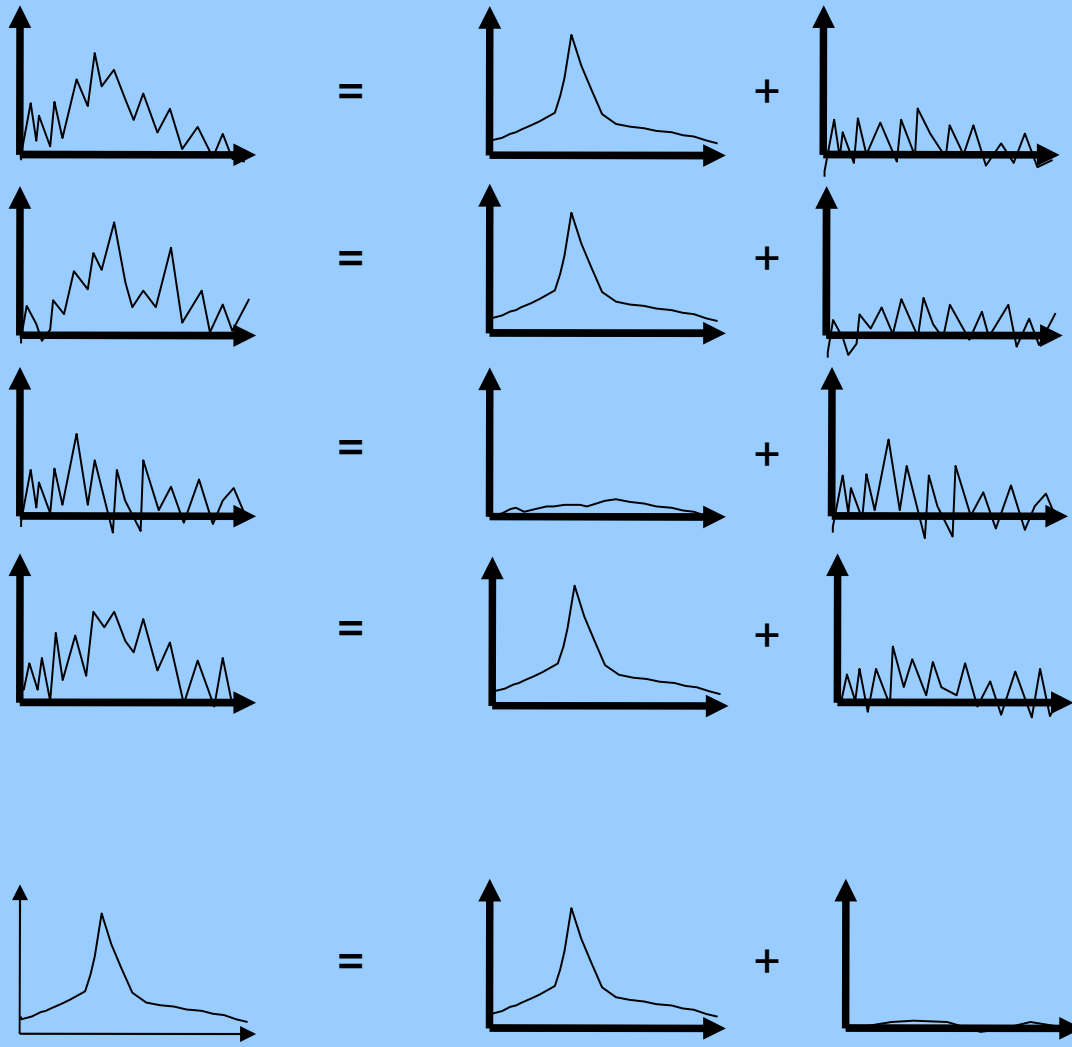
Obszar
przeszukiwań
na drugim
obrazie



Powierzchnia
korelacji

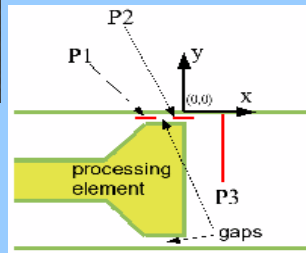
$$c(A, B) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [A(i, j) - \langle A \rangle][B(i, j) - \langle B \rangle]$$

Idea eliminacji szumów w technice Micro-PIV

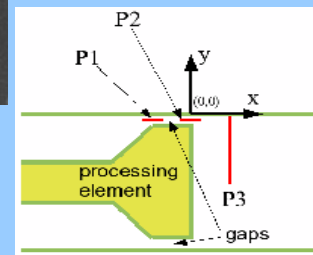
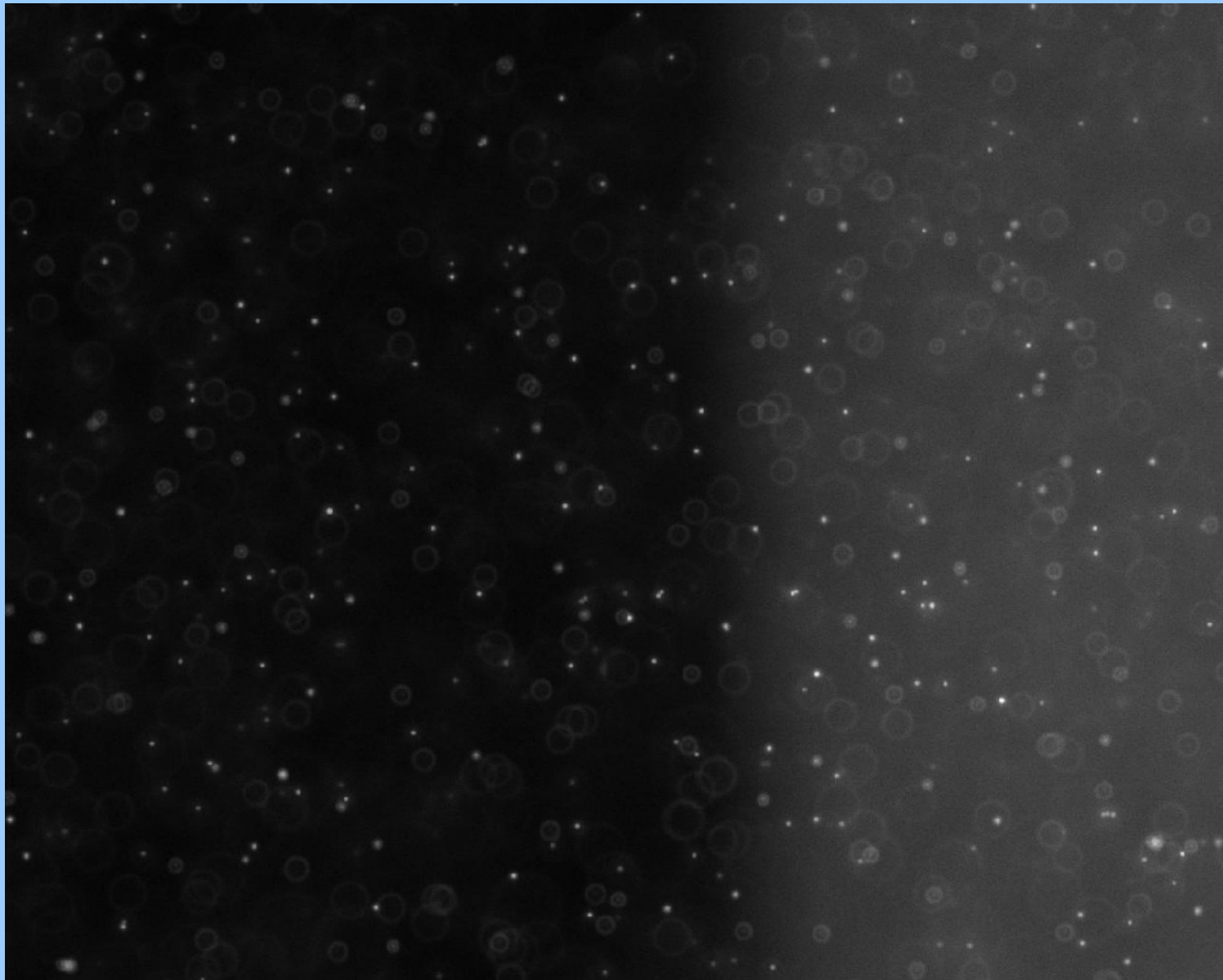


Po uśrednieniu

Przykładowe fotografie



Przykładowe fotografie



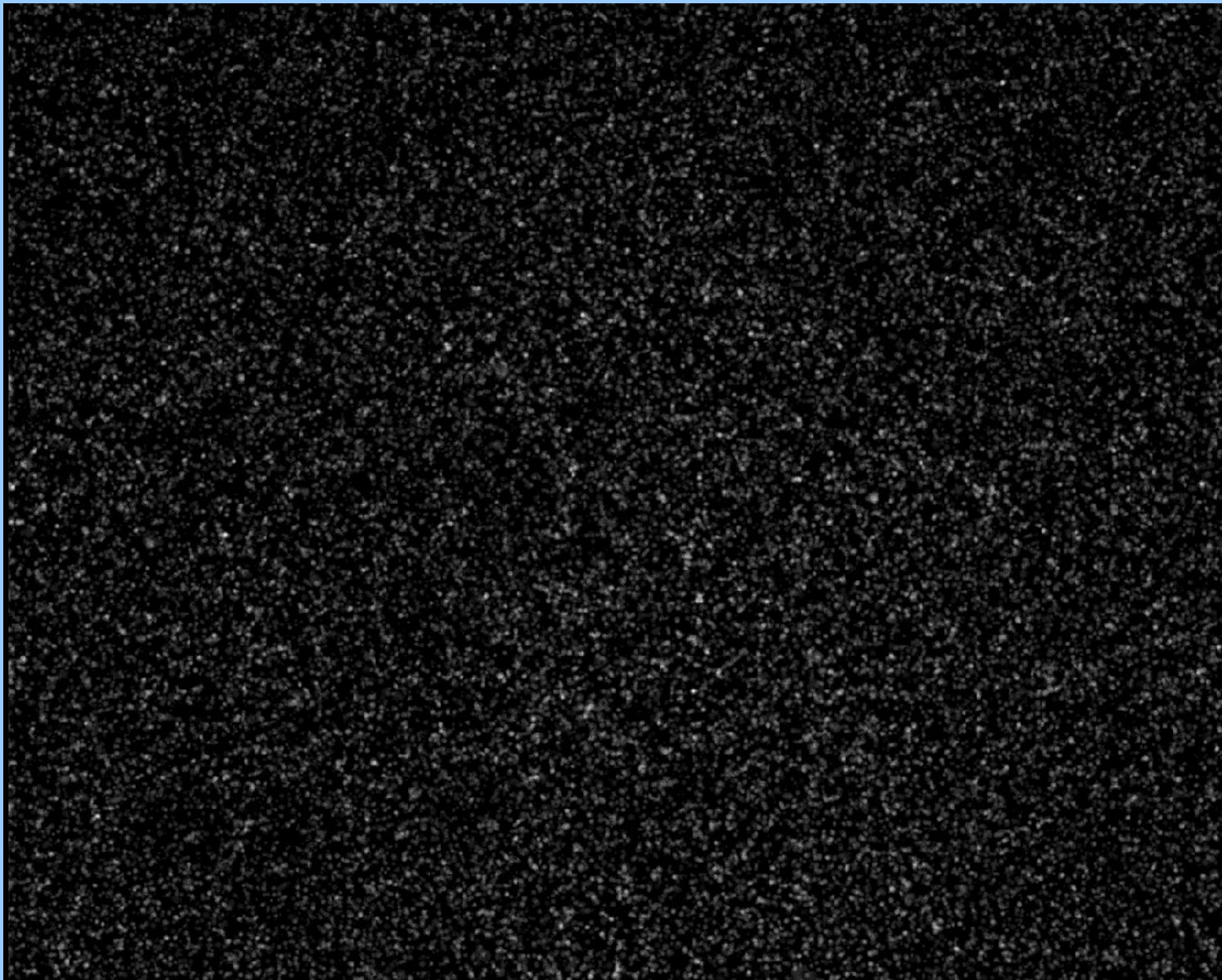
Fotografie po filtraciji



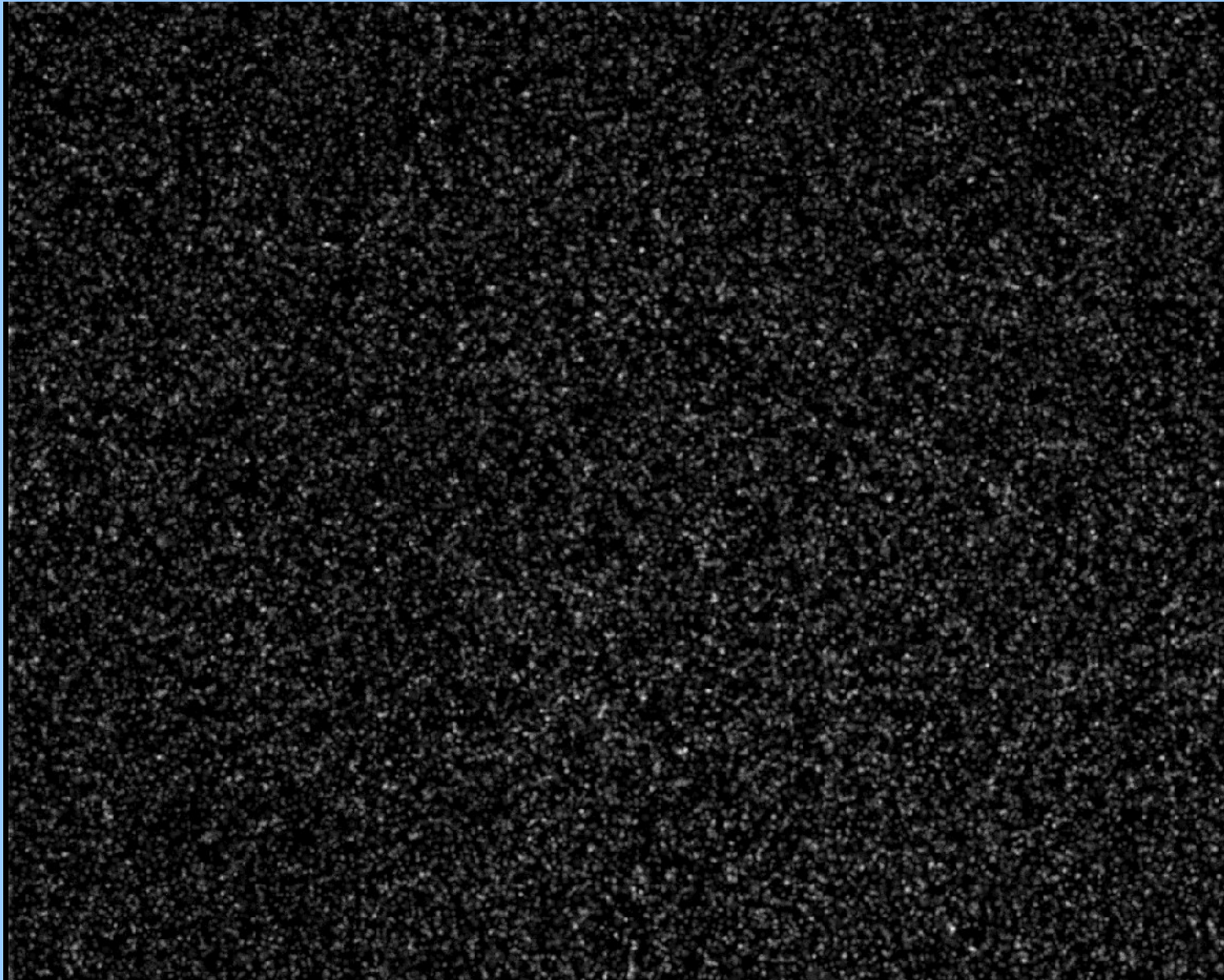
Fotografie po filtraciji



Połączone fotografie

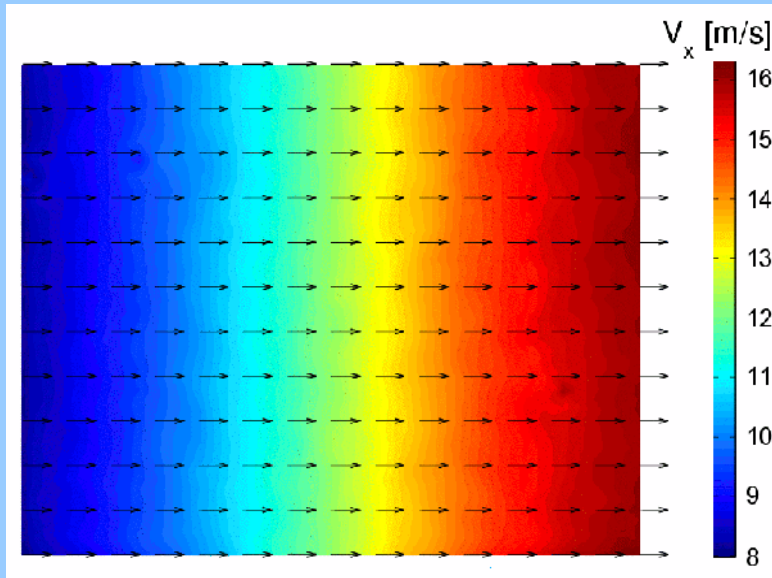


Połączone fotografie

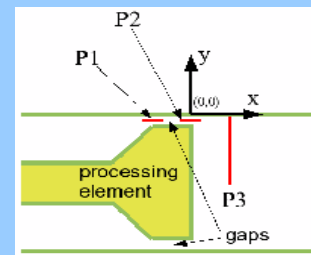
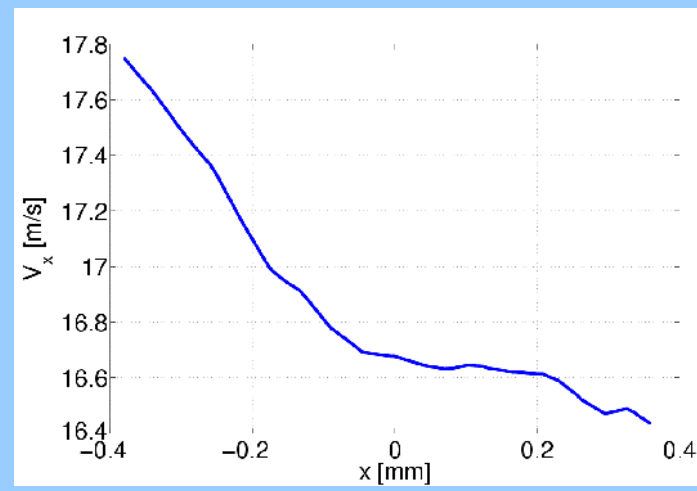
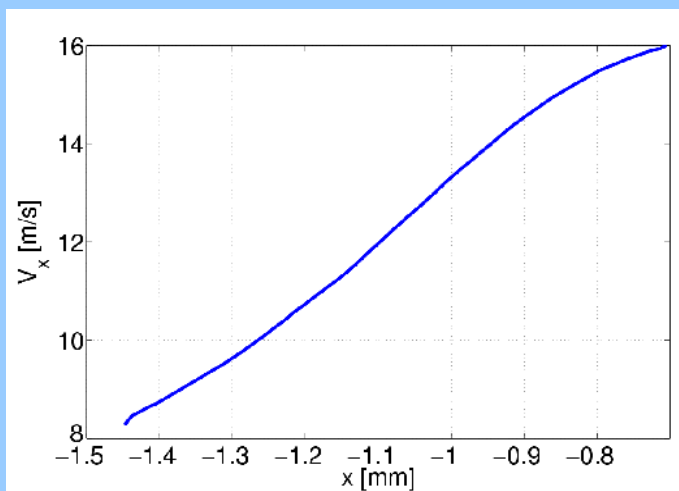
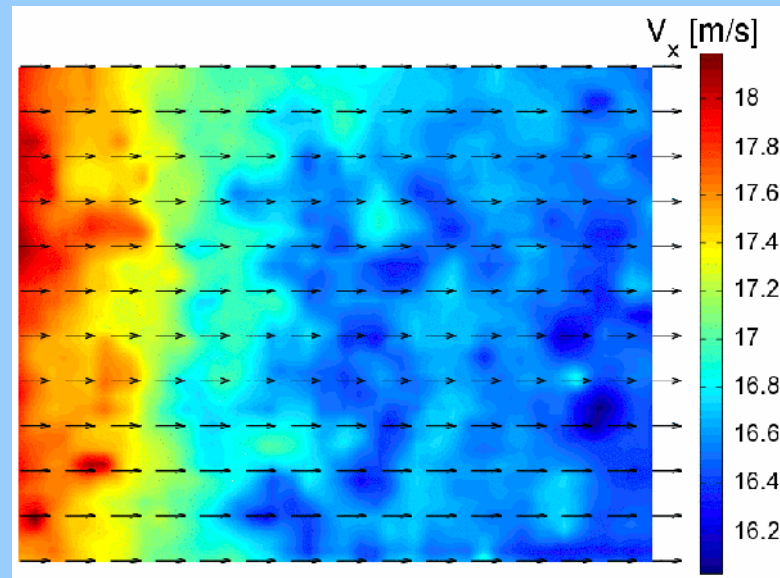


Profile prędkości w szczelinie

P1



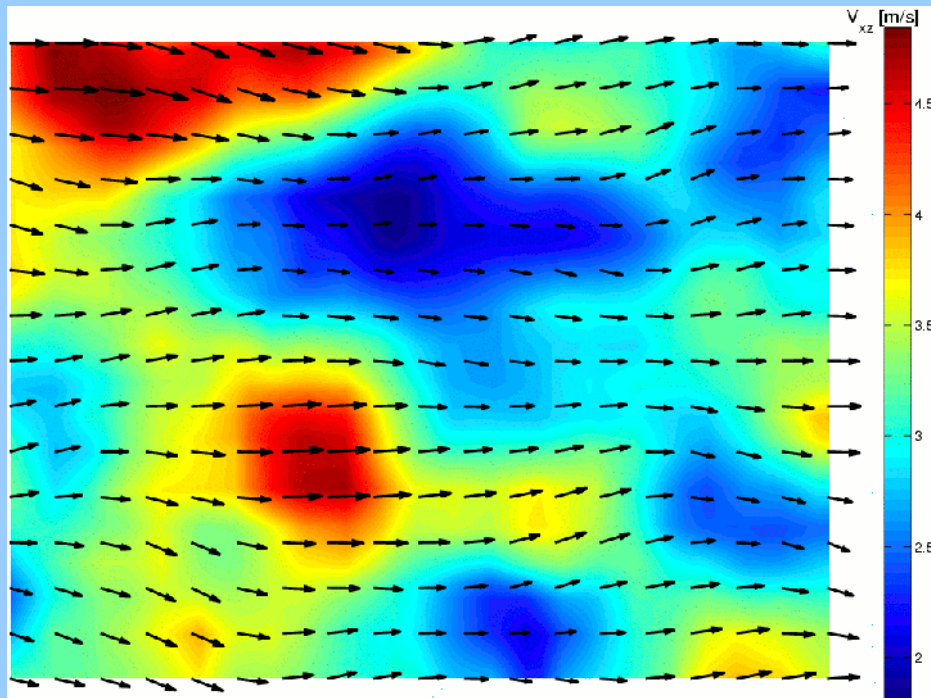
P2



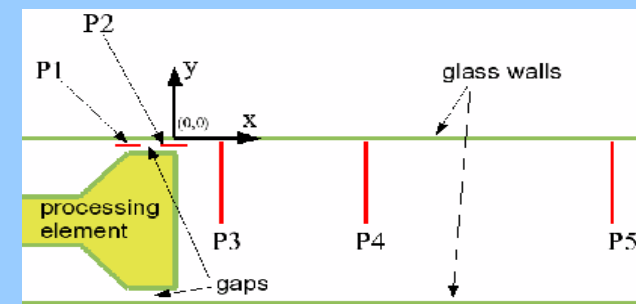
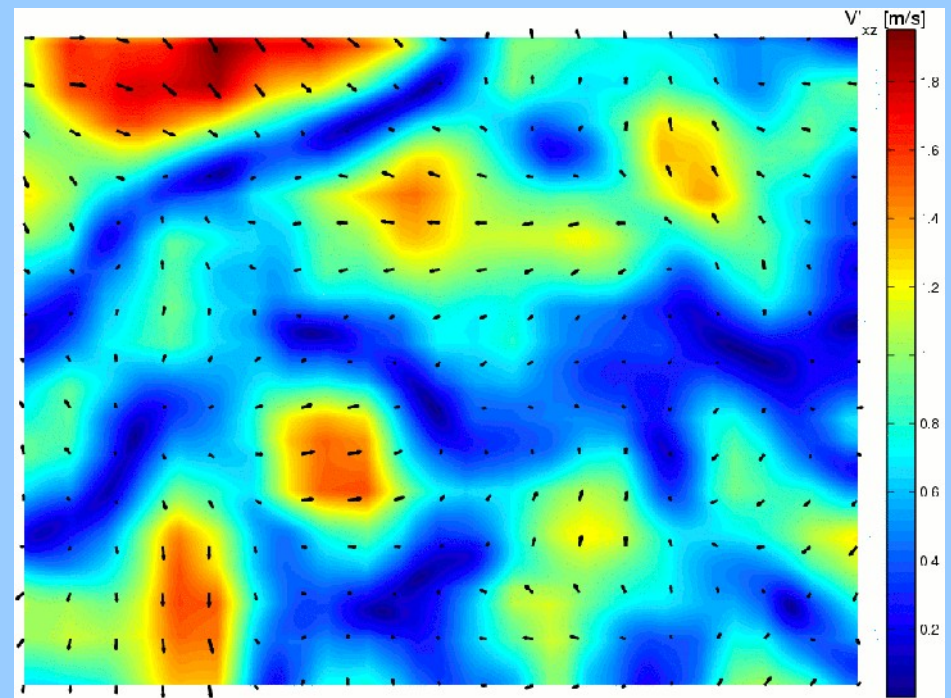
Przykład chwilowego pola prędkości za szczeliną

Pozycja: 8mm za szczeliną

Pole prędkości



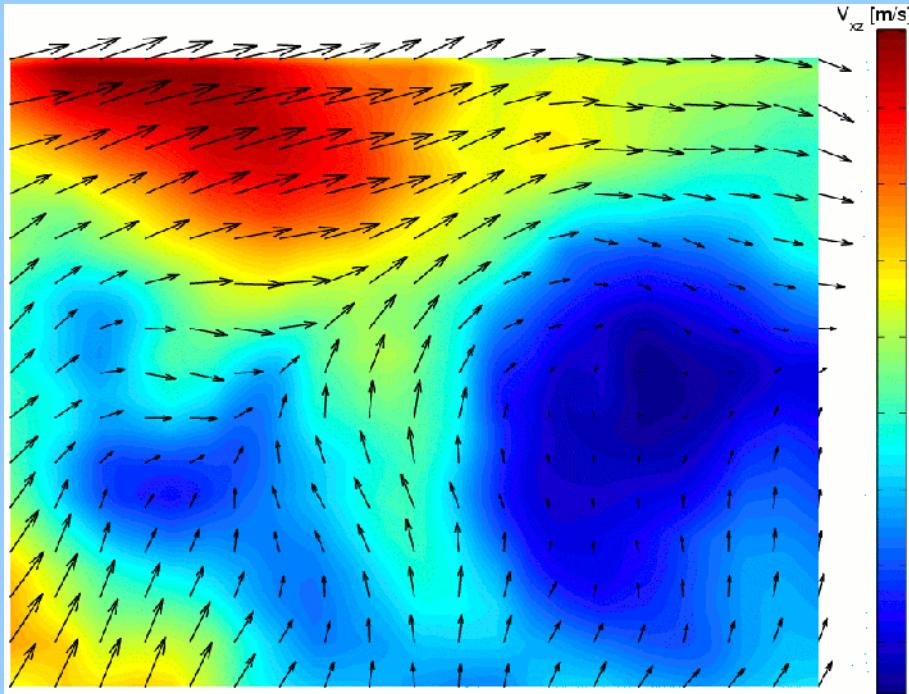
Pole fluktuacji



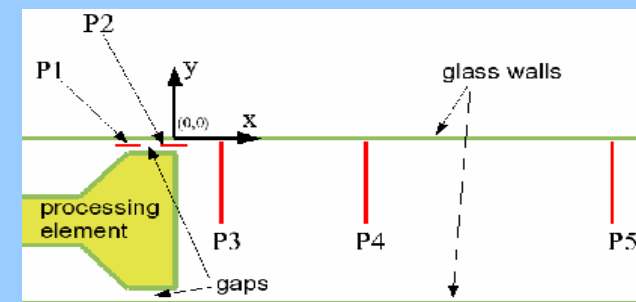
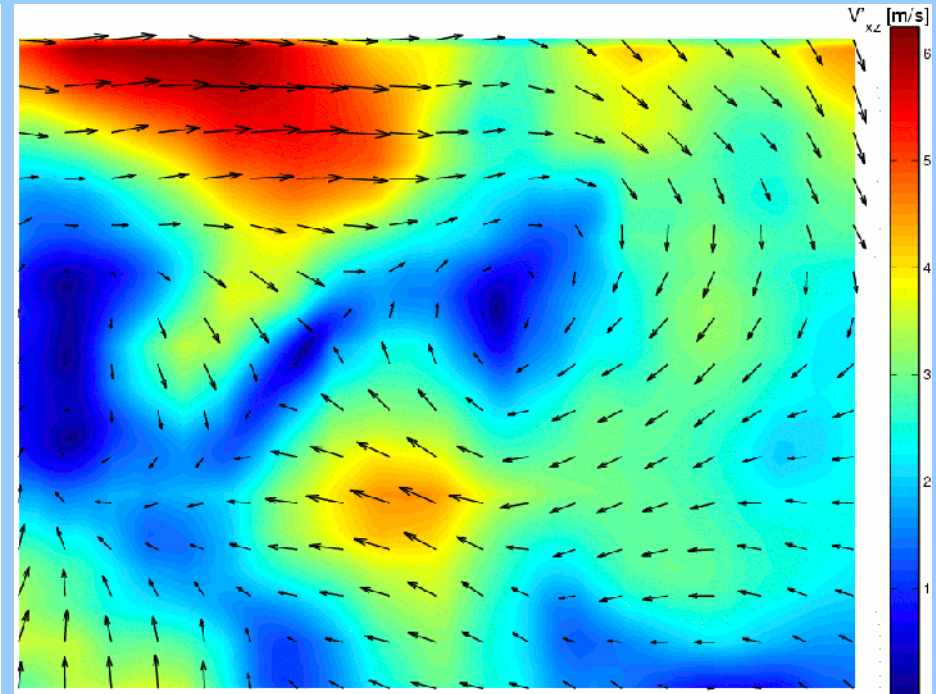
Przykład chwilowego pola prędkości za szczeliną

Pozycja: 3mm za szczeliną

Pole prędkości



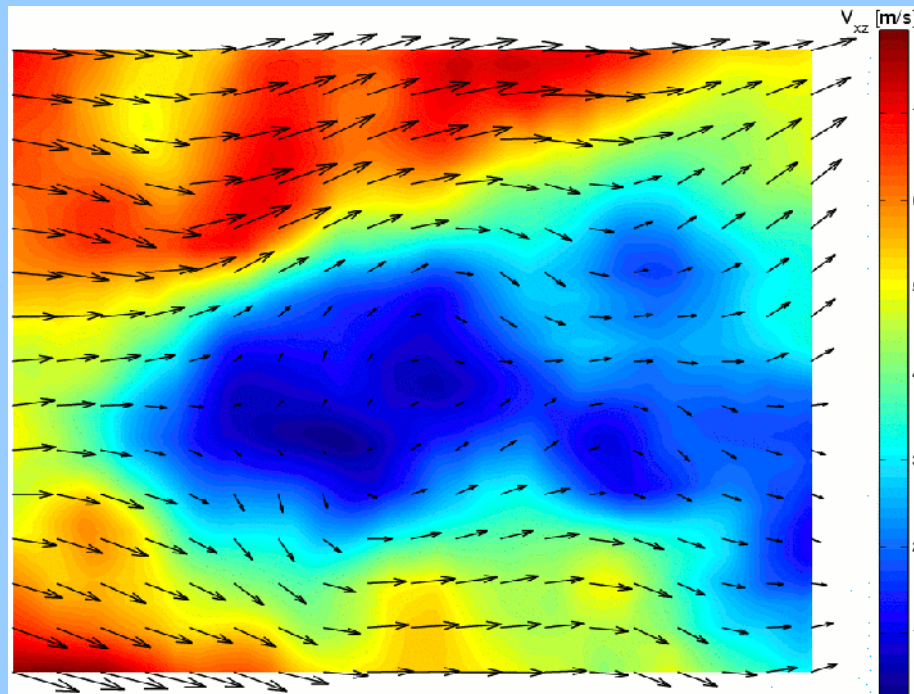
Pole fluktuacji



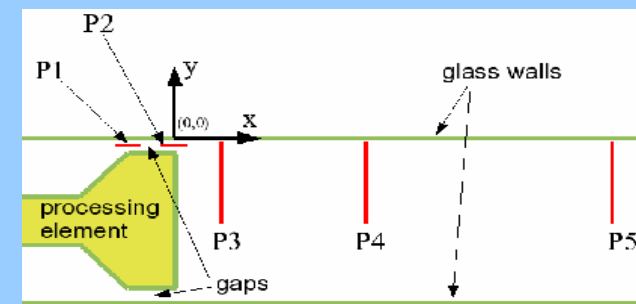
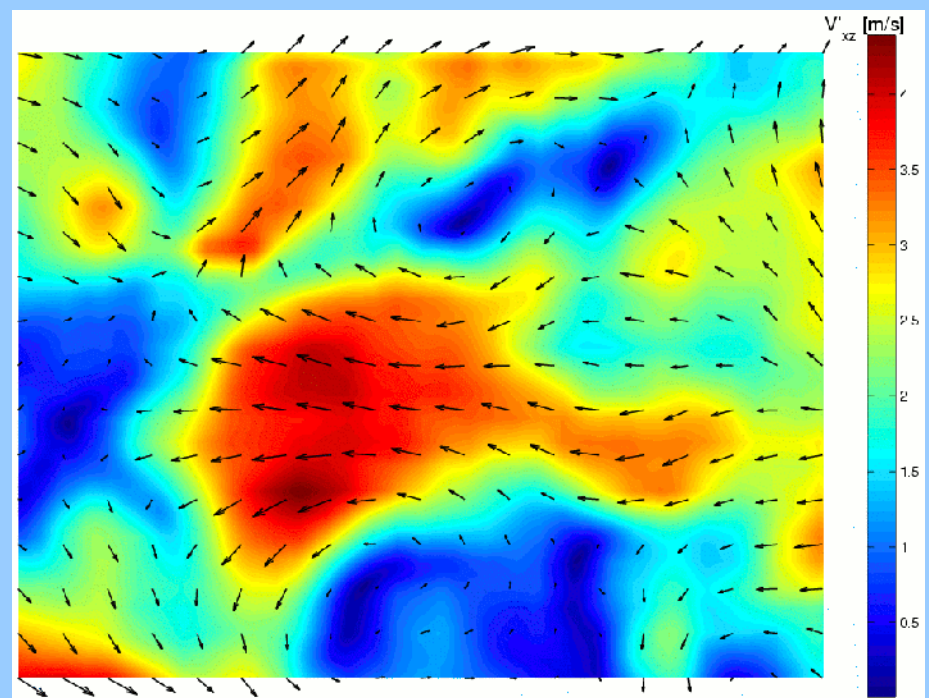
Przykład chwilowego pola prędkości za szczeliną

Pozycja: 8mm za szczeliną

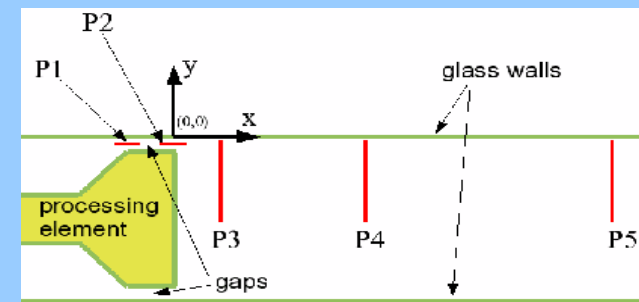
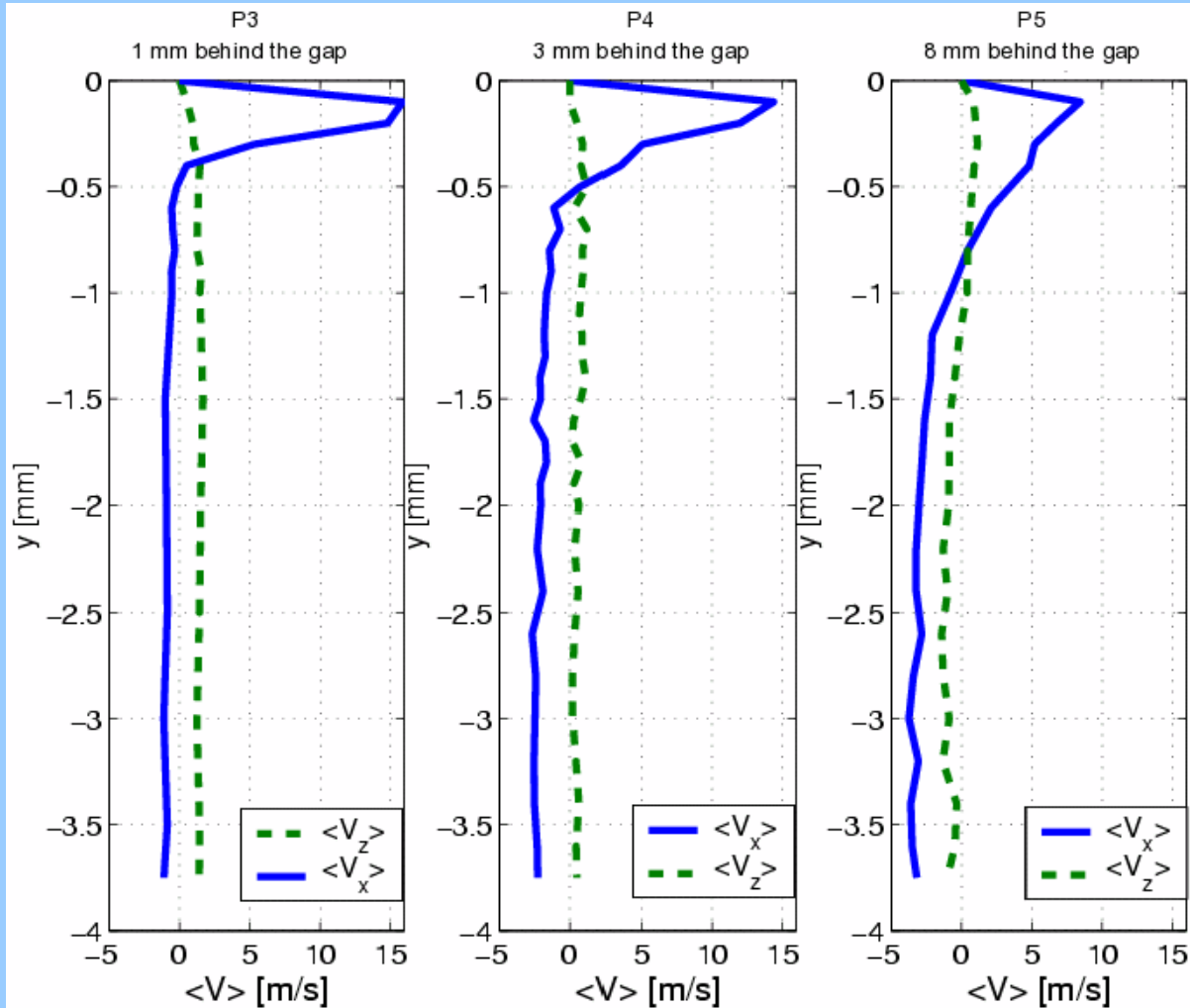
Pole prędkości



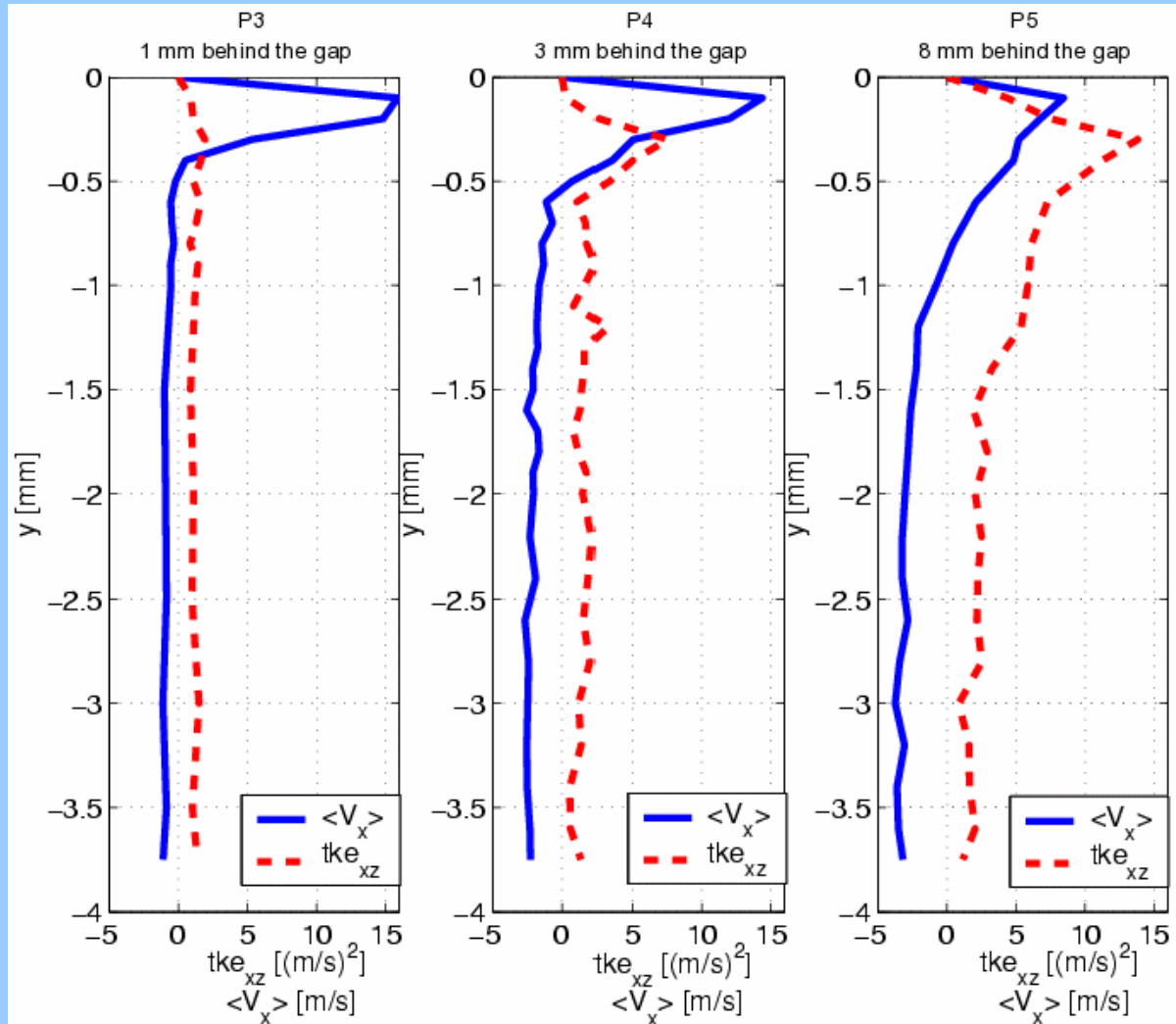
Pole fluktuacji



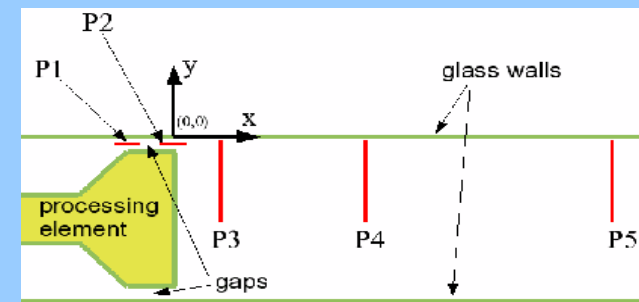
Profile prędkości za szczeliną



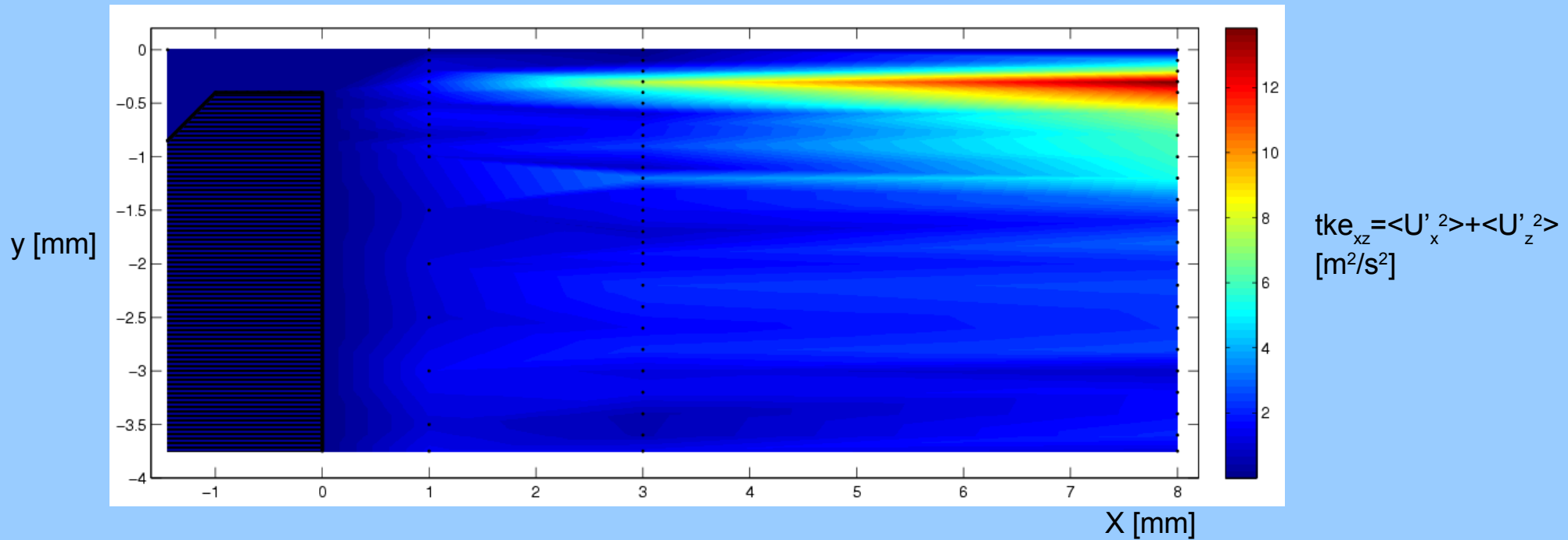
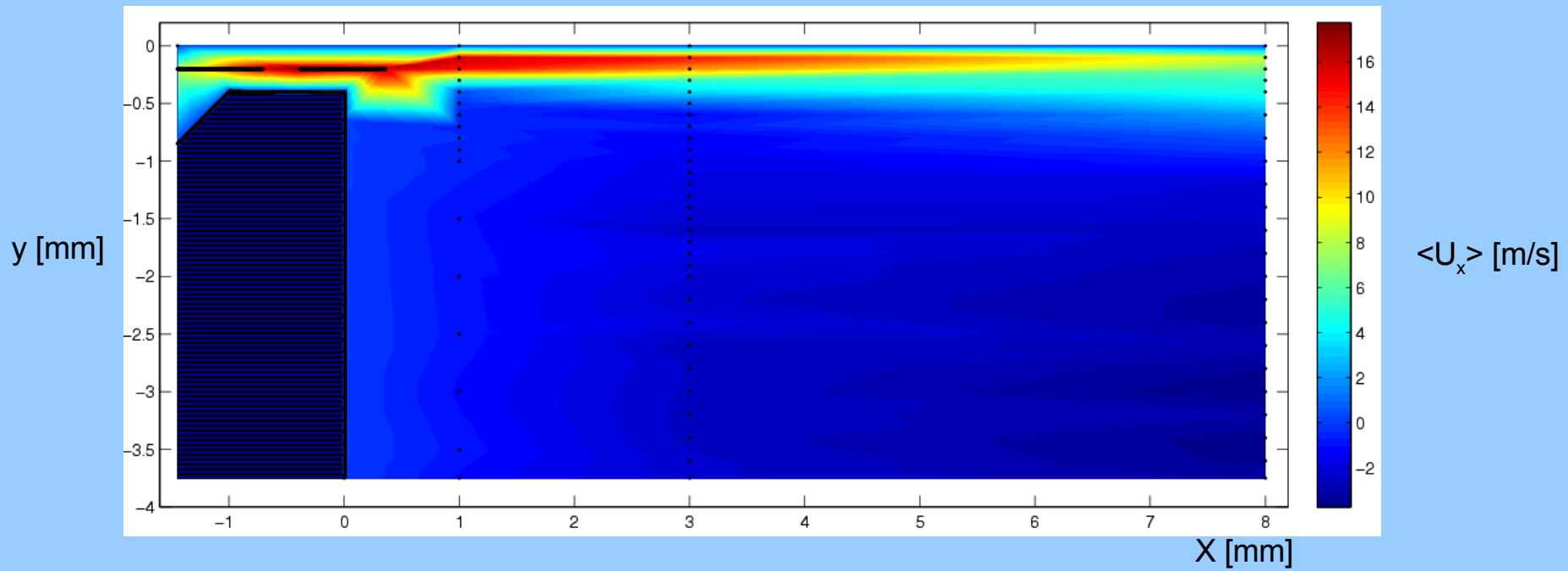
Profile prędkości za szczeliną



$$tke_{xz} = \langle U_x'^2 \rangle + \langle U_z'^2 \rangle$$

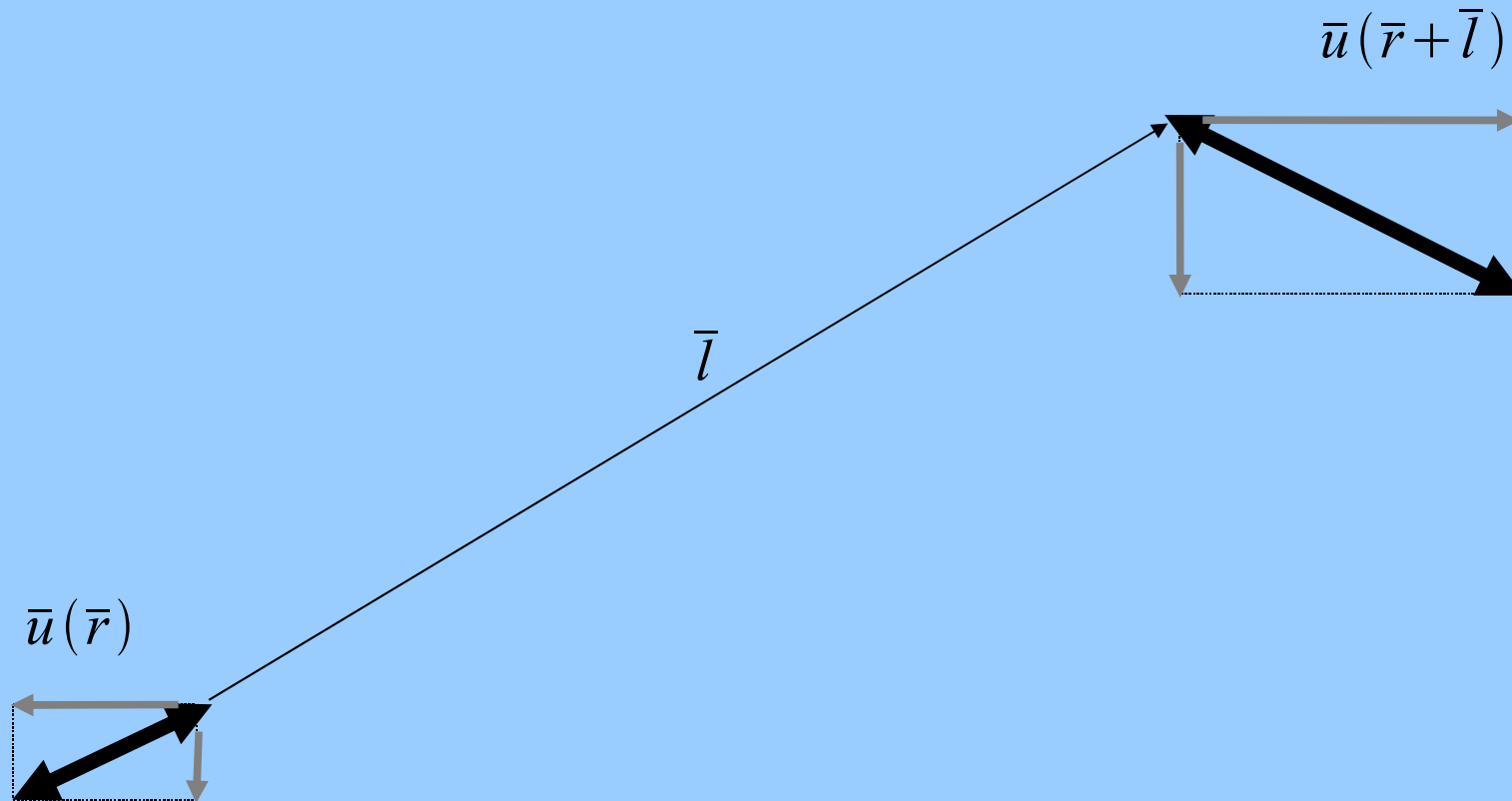


Średnia prędkość i energia turbulencji



Funkcje struktury

$$S_i(\bar{l}) = \langle [u_i(\bar{r} + \bar{l}) - u_i(\bar{r})]^2 \rangle$$



Wzdłużne funkcje struktury

$$S_x^{\parallel}(l) = \langle [u_x(x+l, z) - u_x(x, z)]^2 \rangle$$



$$S_z^{\parallel}(l) = \langle [u_z(x, z+l) - u_z(x, z)]^2 \rangle$$



Poprzeczne funkcje struktury

$$S_x^\perp(l) = \langle [u_x(x, z+l) - u_x(x, z)]^2 \rangle$$

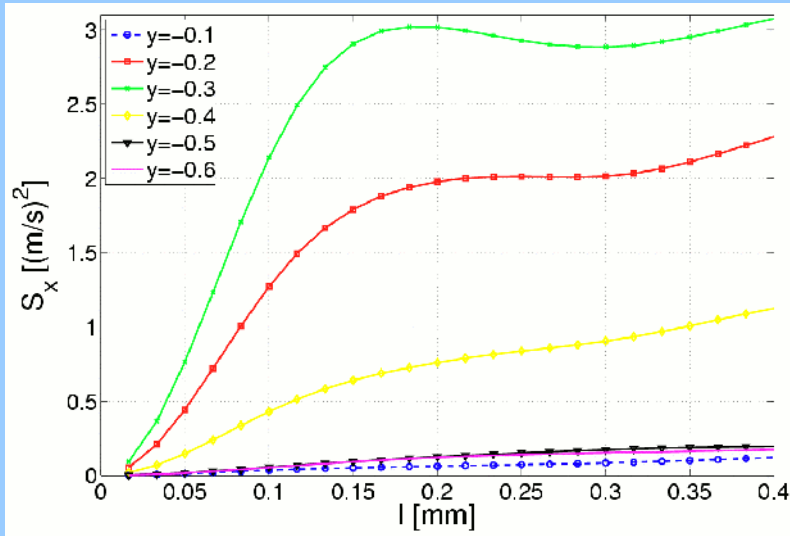


$$S_z^\perp(l) = \langle [u_z(x+l, z) - u_z(x, z)]^2 \rangle$$

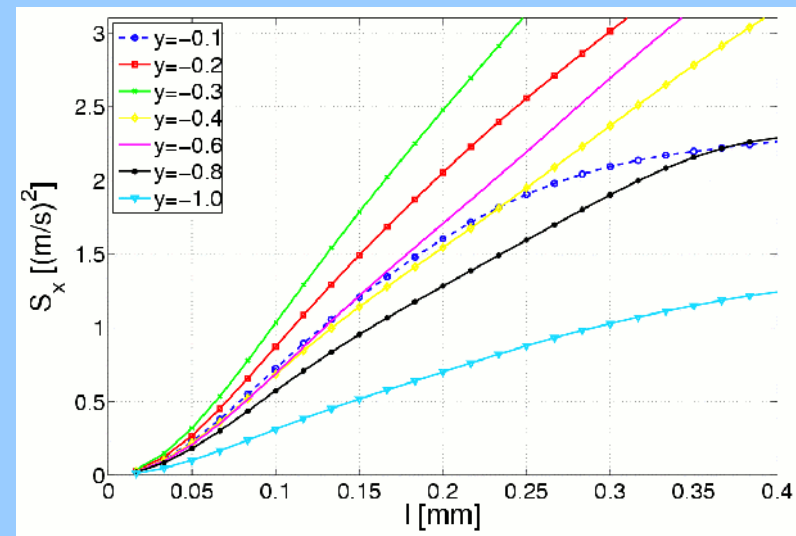


Poprzeczne funkcje struktury

1 mm za szczeliną

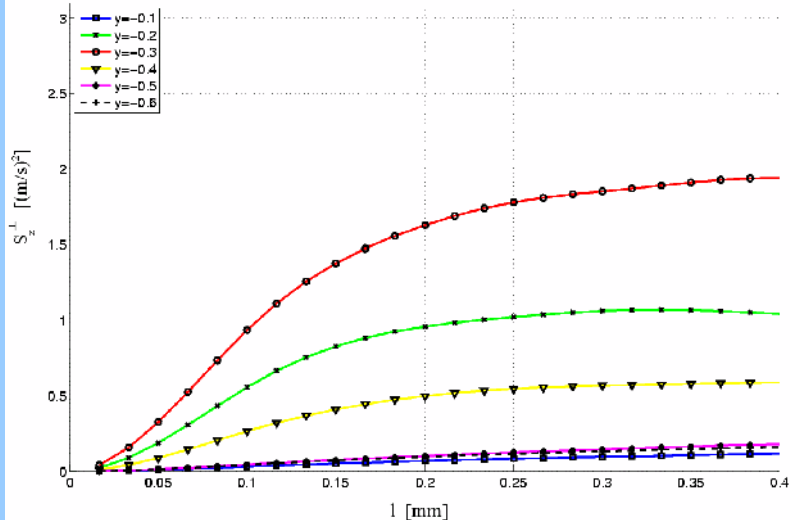


8 mm za szczeliną

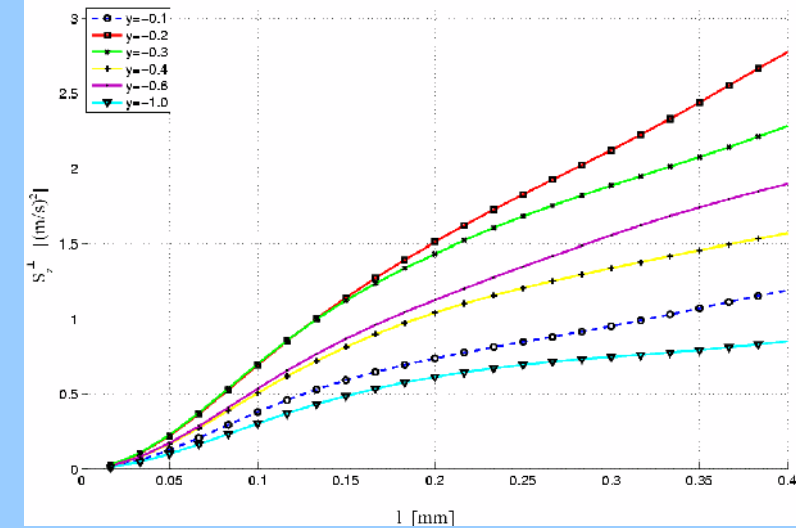


Ux

The second order transverse structure function of Vz for profile P3



The second order transverse structure function of Vz for profile P5

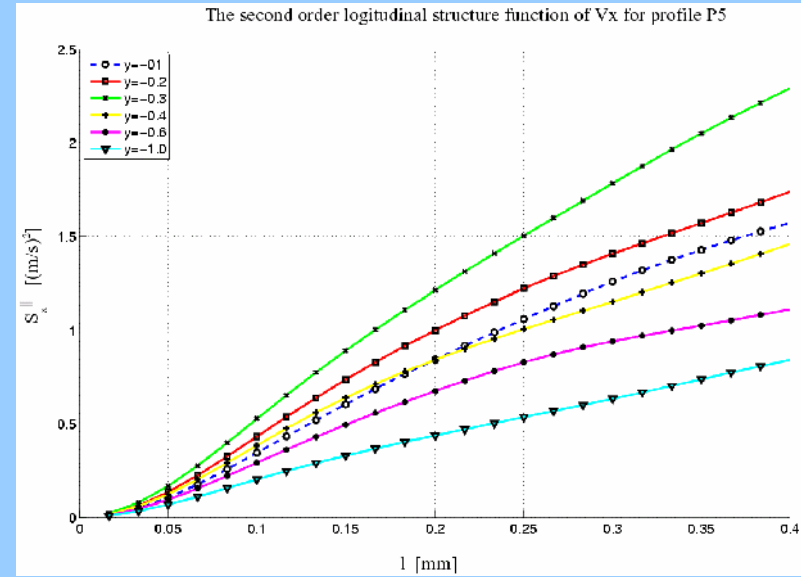
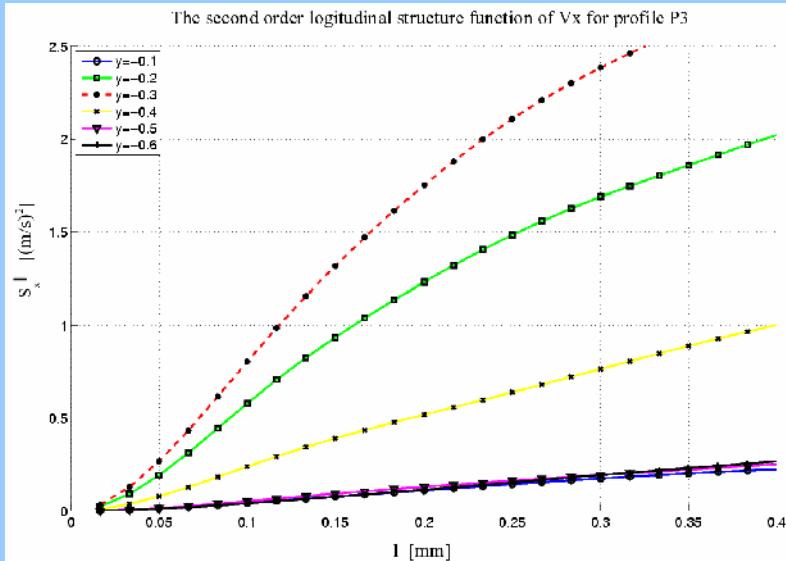


Uz

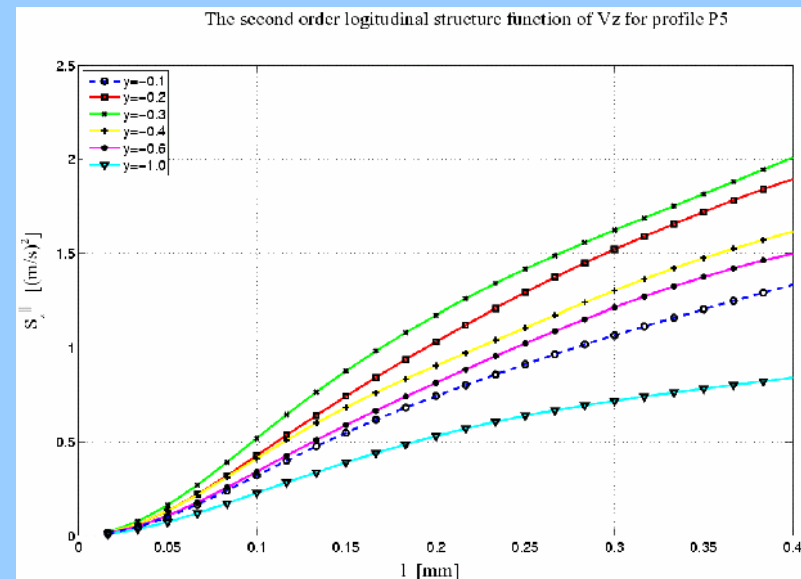
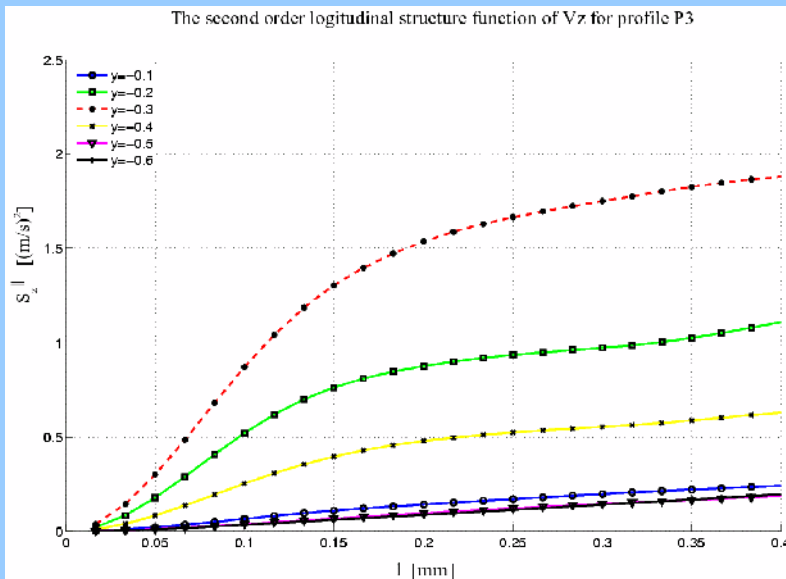
Podłużne funkcje struktury

1 mm za szczeliną

8 mm za szczeliną

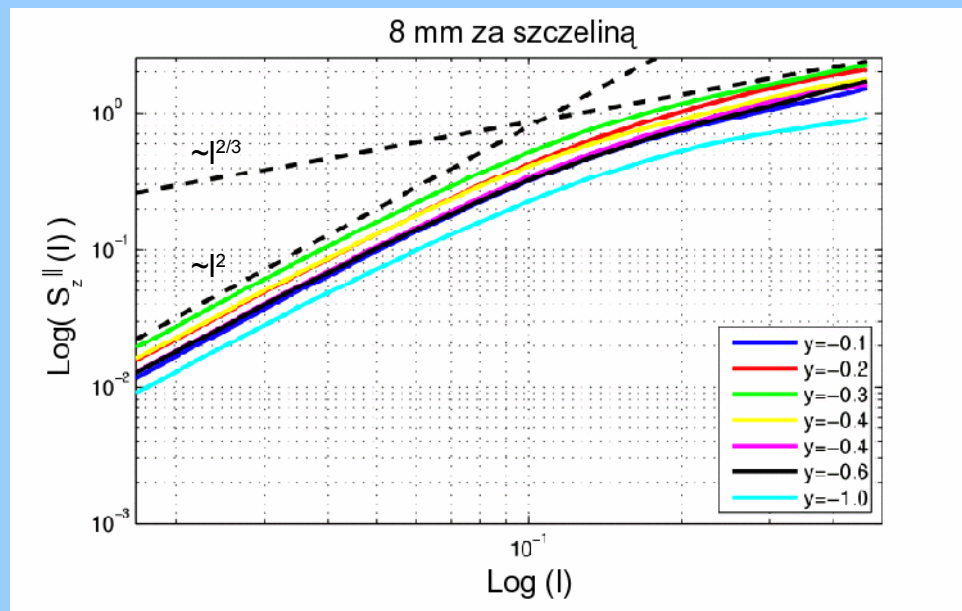
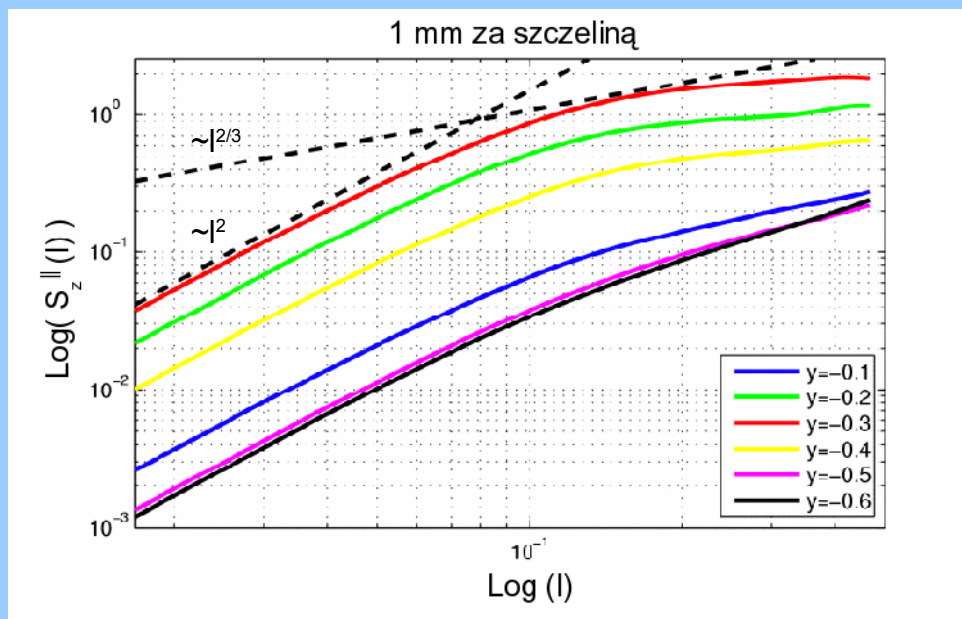


U_x

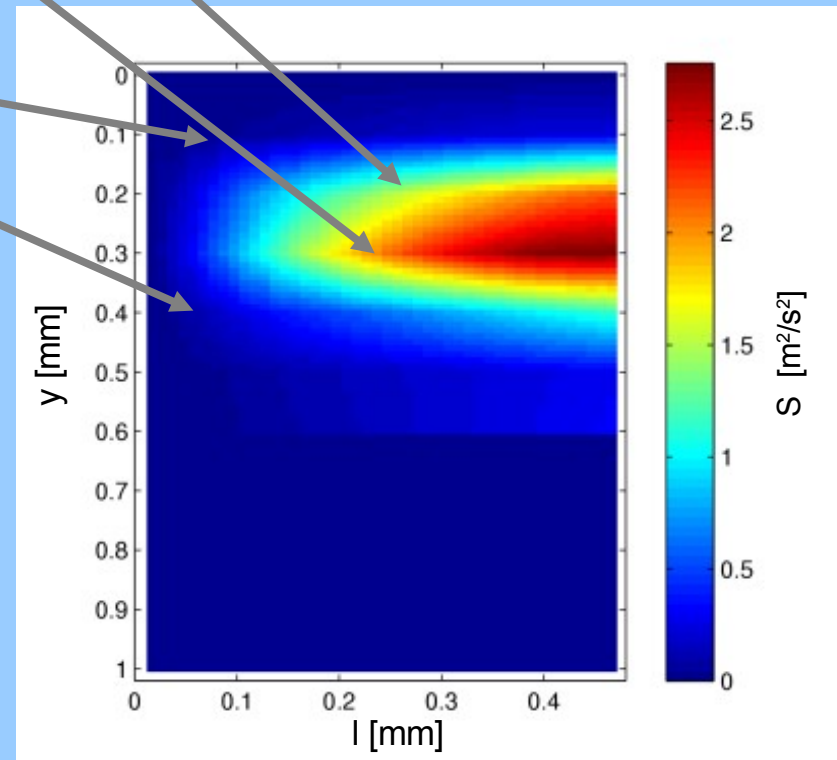
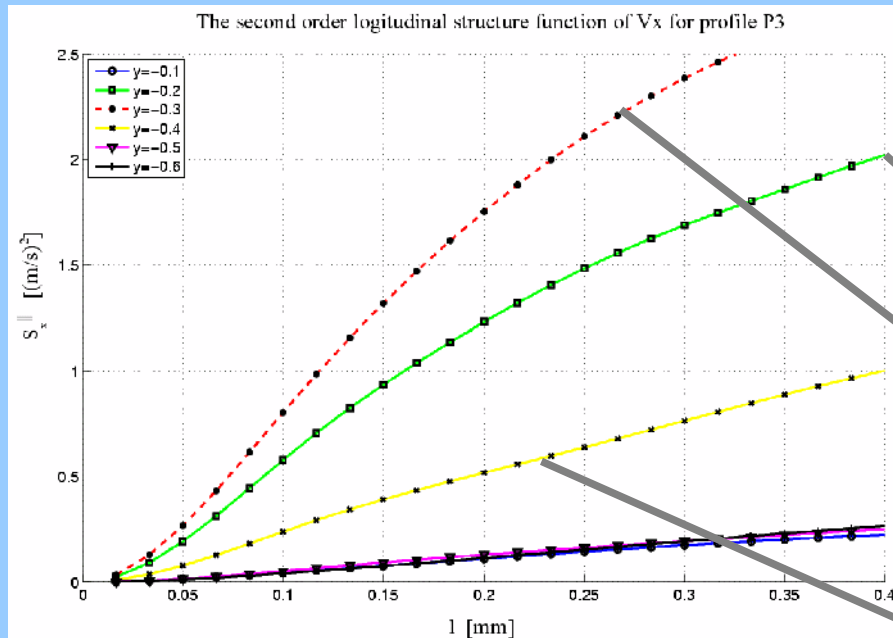


U_z

Wykresy logarytmiczne



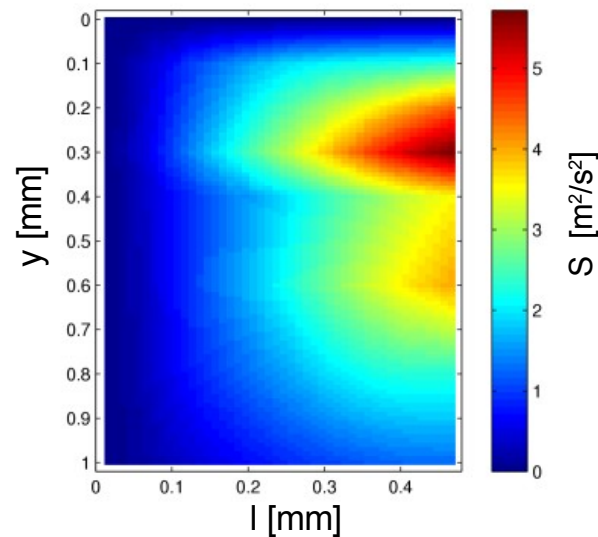
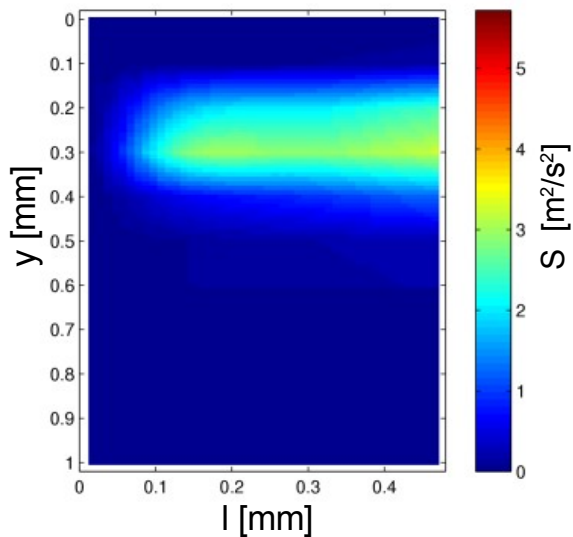
Zmiana funkcji struktury z głębokością



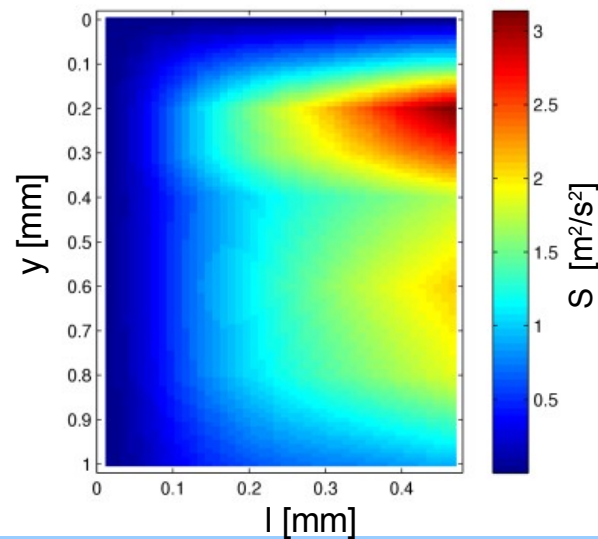
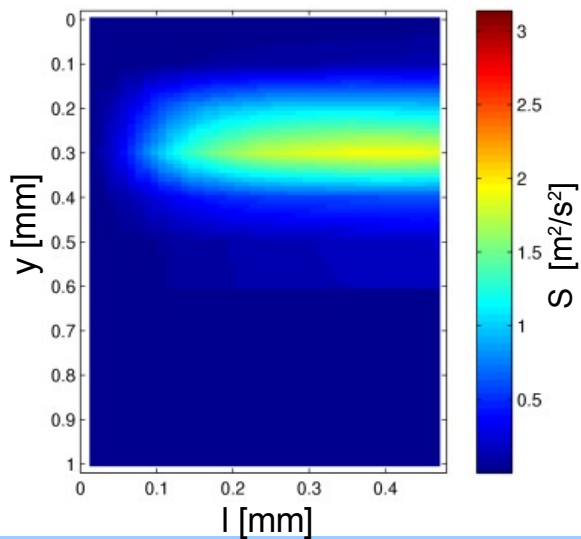
Poprzeczne funkcje struktury

1 mm za szczeliną

8 mm za szczeliną



U_x

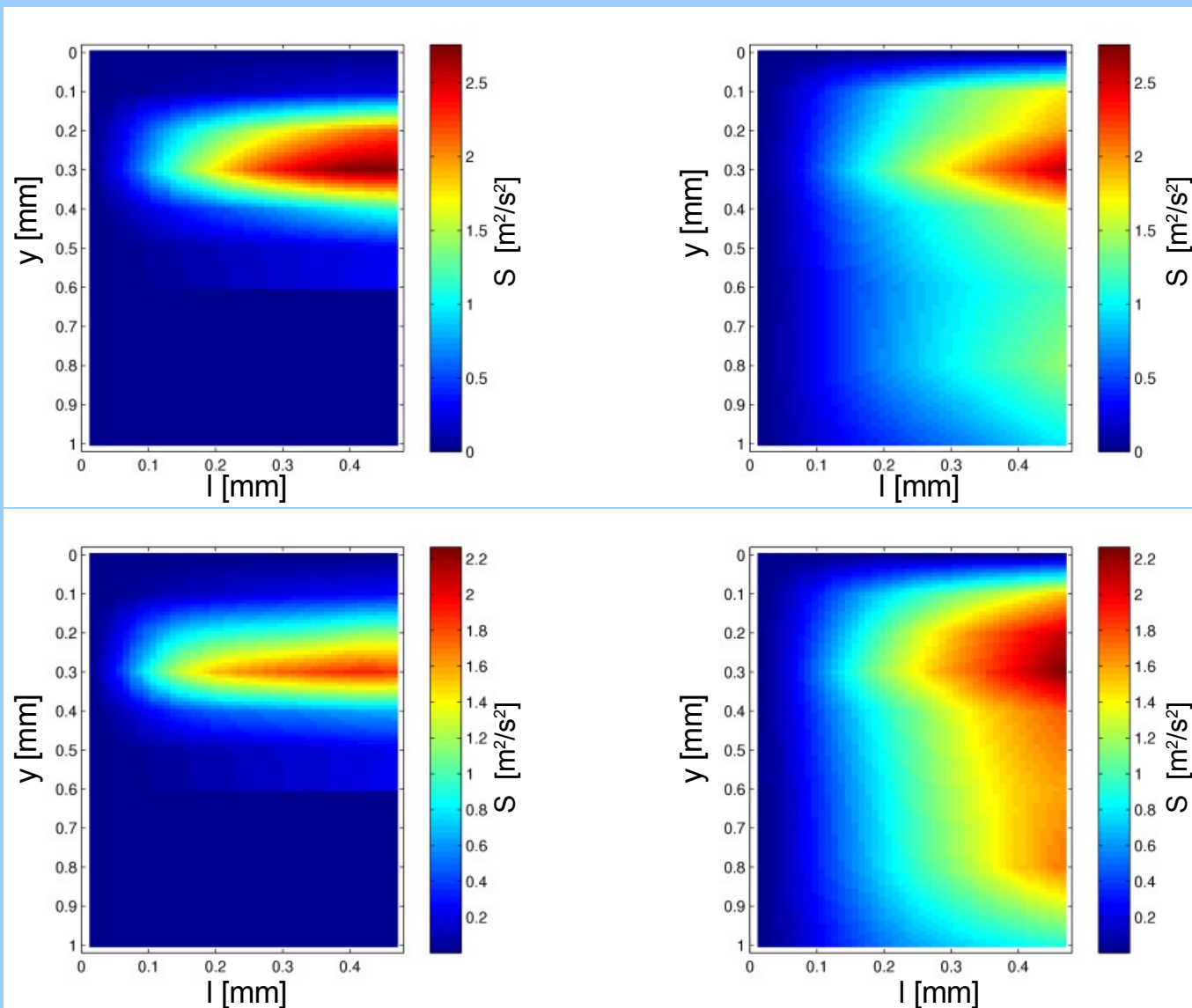


U_z

Podłużne funkcje struktury

1 mm za szczeliną

8 mm za szczeliną

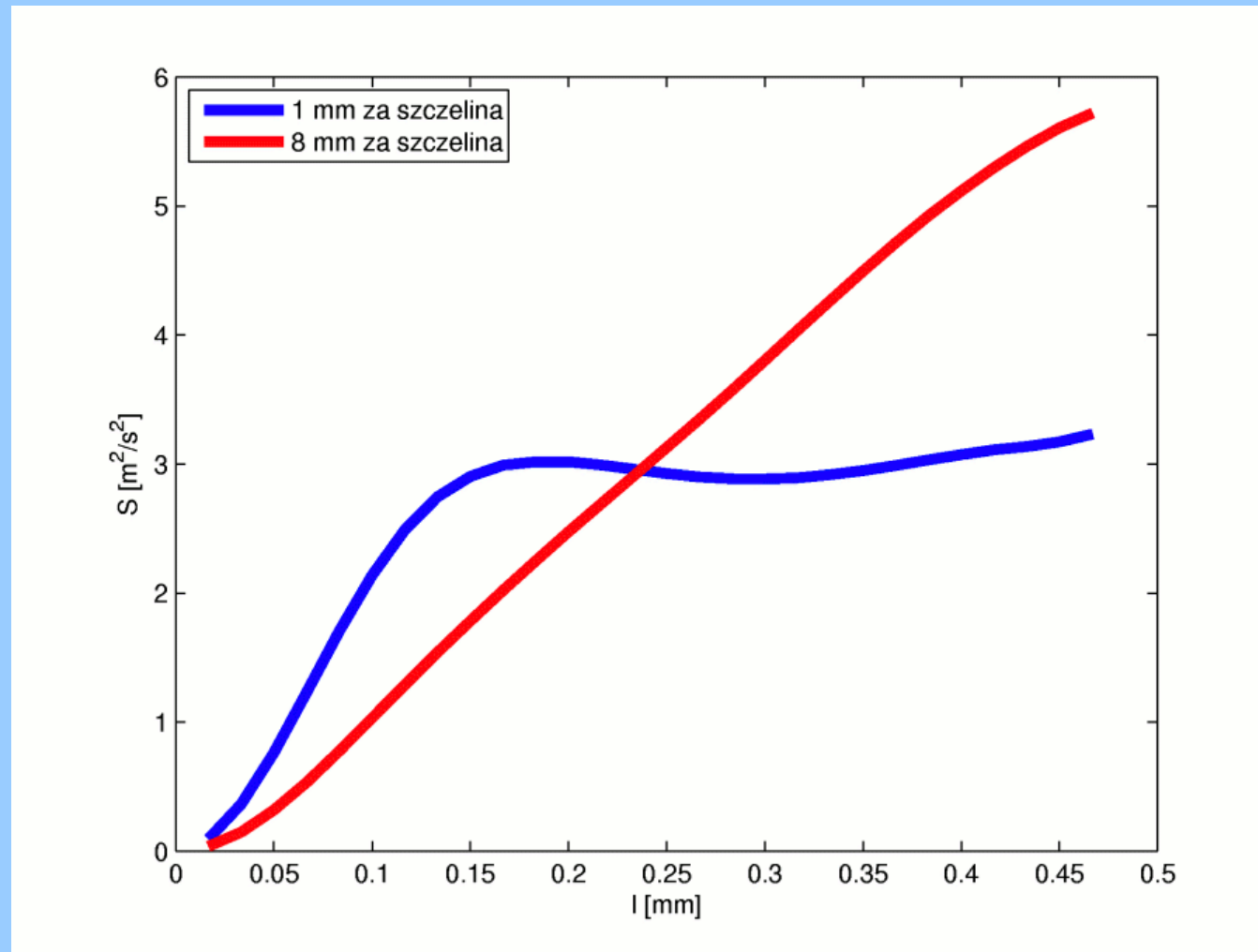


U_x

U_z

Porównanie poprzecznych funkcji struktury

$y = -0.3 \text{ mm}$



Podsumowanie

- Turbulencja tworzy się za opływającym elementem
- Obszar o wysokiej energii turbulencji tworzy pasmo rozszerzające się w pionie w miarę oddalania się od szczeliny.
- Szerokość tego pasma ogranicza wielkość największych wirów występujących w przepływie.

