

Mechanika Płynów

Fluid Mechanics

Wprowadzenie do wykładu
Introduction to the lectures

Jan A. Szantyr (jas@pg.gda.pl)

Zakład Mechaniki Płynów, Turbin Wodnych i Pomp

Katedra Energetyki i Aparatury Przemysłowej

**Section of Fluid Mechanics, Water Turbines and
Pumps**

**Department of Energy Technology and Industrial
Systems**

Mechanika płynów – Fluid Mechanics czyli/or

Mechanika cieczy i gazów – Liquid and Gas Mechanics

może być podzielona na trzy rodzaje - may be divided into three kinds

- Eksperymentalna mechanika płynów –
Experimental Fluid Mechanics
- Teoretyczna mechanika płynów –
Theoretical Fluid Mechanics
- Numeryczna mechanika płynów –
Computational Fluid Mechanics

Eksperymentalna mechanika płynów

- Obserwacja zjawisk fizycznych występujących w przepływach.
- Inspiracja do tworzenia modeli fizycznych i matematycznych tych zjawisk.
- Eksperymentalne badania modelowe jako element projektowania obiektów rzeczywistych.
- Weryfikacja modeli fizycznych i matematycznych oraz metod obliczeniowych.

Experimental Fluid Mechanics

- Observation of physical phenomena in the fluid flows
- Inspiration for creation of the physical and mathematical models of these phenomena
- Model experiments as an element of the design process of the full scale objects
- Verification (validation) of the physical and mathematical models and also of the computational methods

Teoretyczna mechanika płynów

- Tworzenie modeli fizycznych i matematycznych dla zjawisk występujących w przepływach.
- Uzyskiwanie rozwiązań analitycznych prostych zagadnień przepływowych.
- Weryfikacja numerycznych metod obliczeniowych.
- Formułowanie zadań dla eksperymentalnej mechaniki płynów.

Theoretical Fluid Mechanics

- Creation of the physical and mathematical models for the fluid flow phenomena
- Analytical solutions of the fluid flow equations for the simple flow cases
- Formulation of problems and tasks for the Experimental Fluid Mechanics

Numeryczna mechanika płynów

- Tworzenie metod obliczeniowych do rozwiązywania złożonych zadań praktycznych mechaniki płynów.
- Weryfikacja metod obliczeniowych.
- Prowadzenie analiz obliczeniowych z zakresu mechaniki płynów w procesie projektowania różnych obiektów technicznych.

Computational Fluid Mechanics

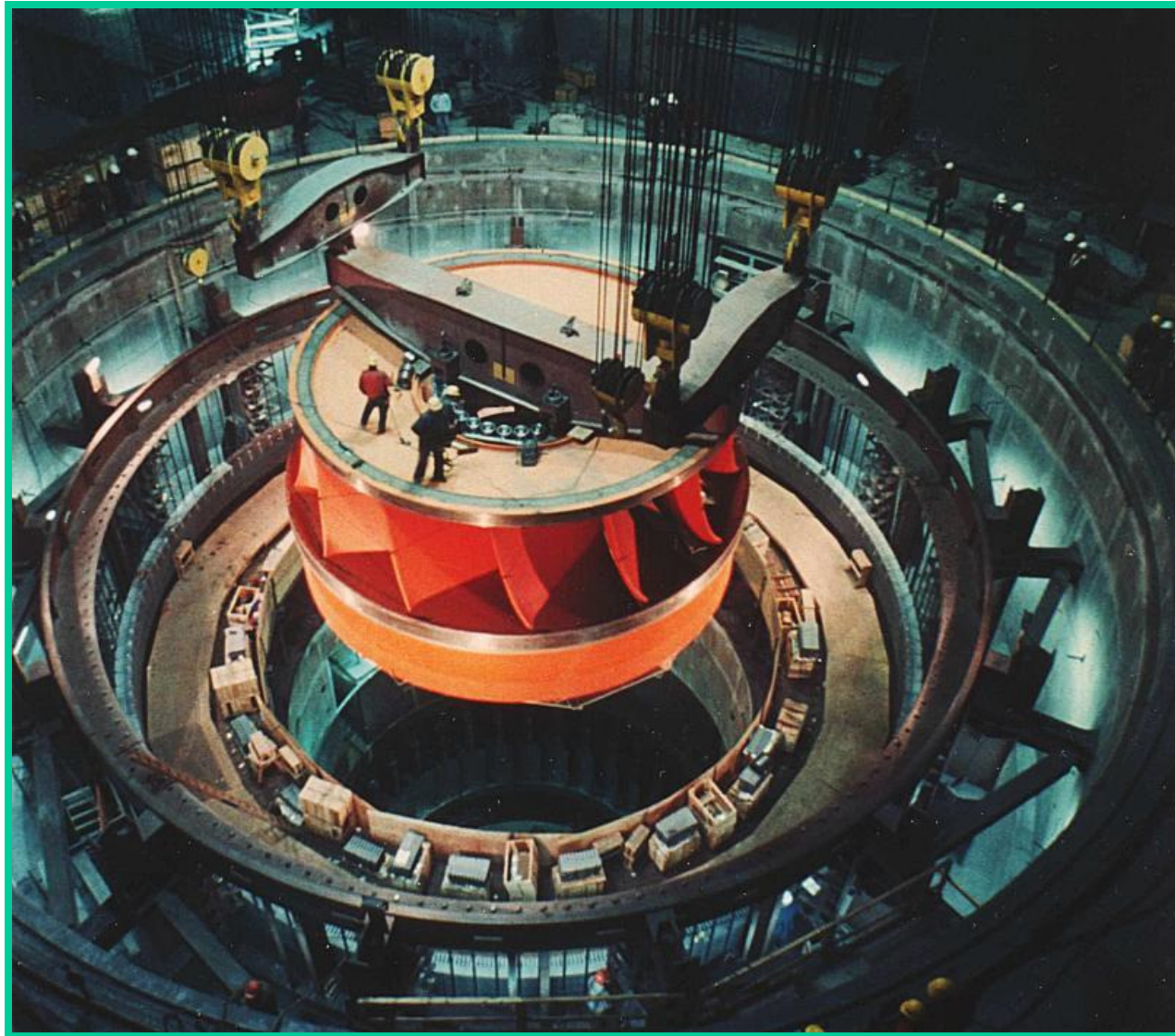
- Development of numerical methods for solution of the complicated practical problems of the fluid mechanics
- Verification (validation) of the numerical methods
- Computational analyses of the fluid flow problems as an element of the design process of different engineering objects

Obszary praktycznego zastosowania mechaniki płynów

- Pompy i turbiny wodne
- Turbiny parowe i gazowe
- Wentylatory, sprężarki i turbiny wiatrowe
- Systemy rurociągów i aparatura chemiczna
- Okręty, samoloty i pojazdy
- Porty, kanały i budowle hydrotechniczne
- Budowle naziemne i mosty
- Biomechanika i aparatura medyczna
- Meteorologia i klimatologia
- Ekoinżynieria i ochrona środowiska

Areas of practical application of fluid mechanics

- Pumps and water turbines
- Steam and gas turbines
- Ventilators, compressors and windmills
- Systems of pipelines and chemical equipment
- Ships, aircraft and surface vehicles
- Ports, canals and hydrotechnical structures
- Buildings and bridges
- Biomechanics and medical equipment
- Meteorology and climatology
- Ecoengineering and environment protection



Turbiny wodne – Water turbines



Turbiny parowe i gazowe – Steam and gas turbines



Turbiny wiatrowe – Wind turbines

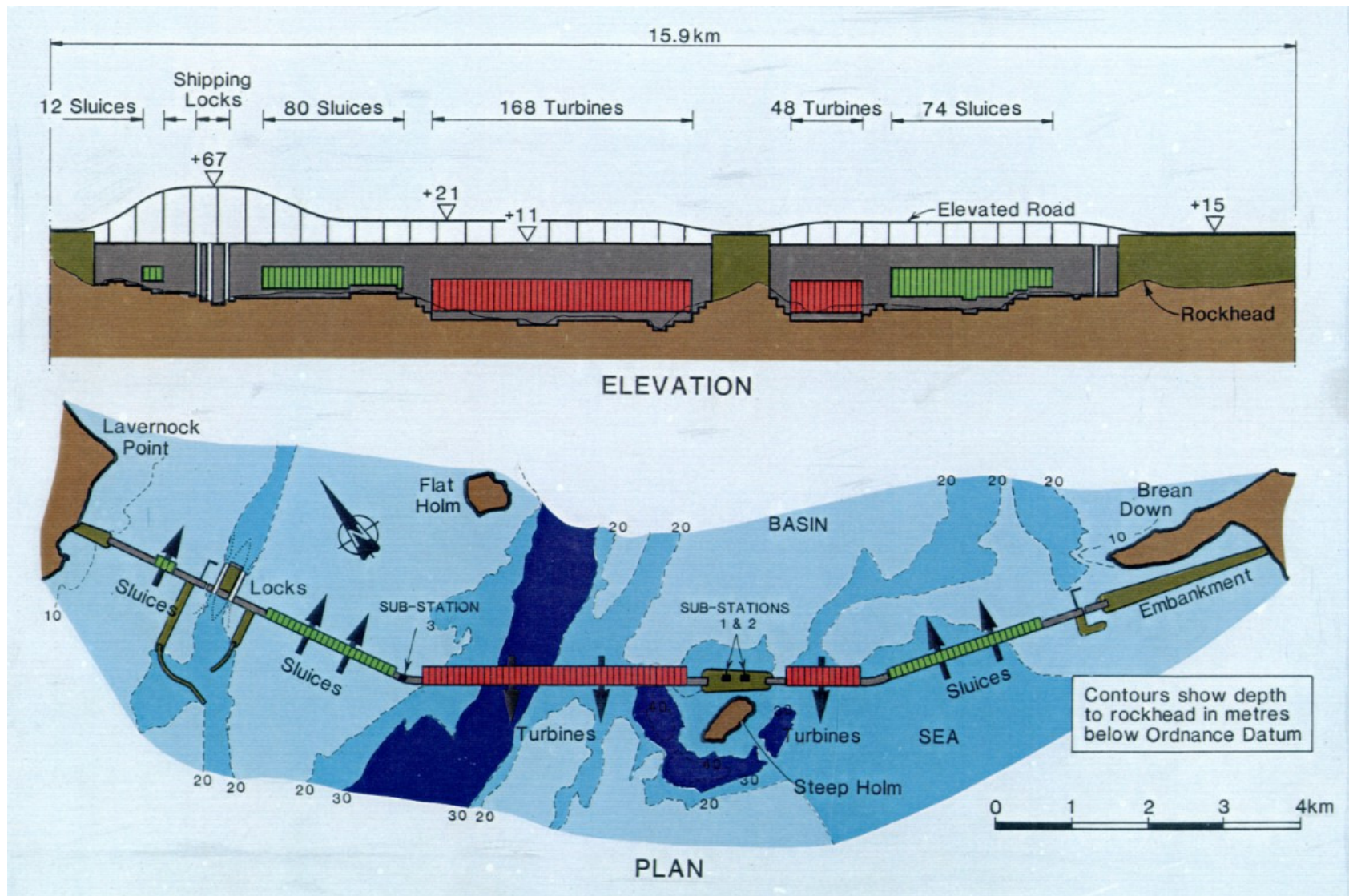


Systemy rurociągów i aparatura chemiczna

Systems of pipelines and chemical installations



Okrety - Ships



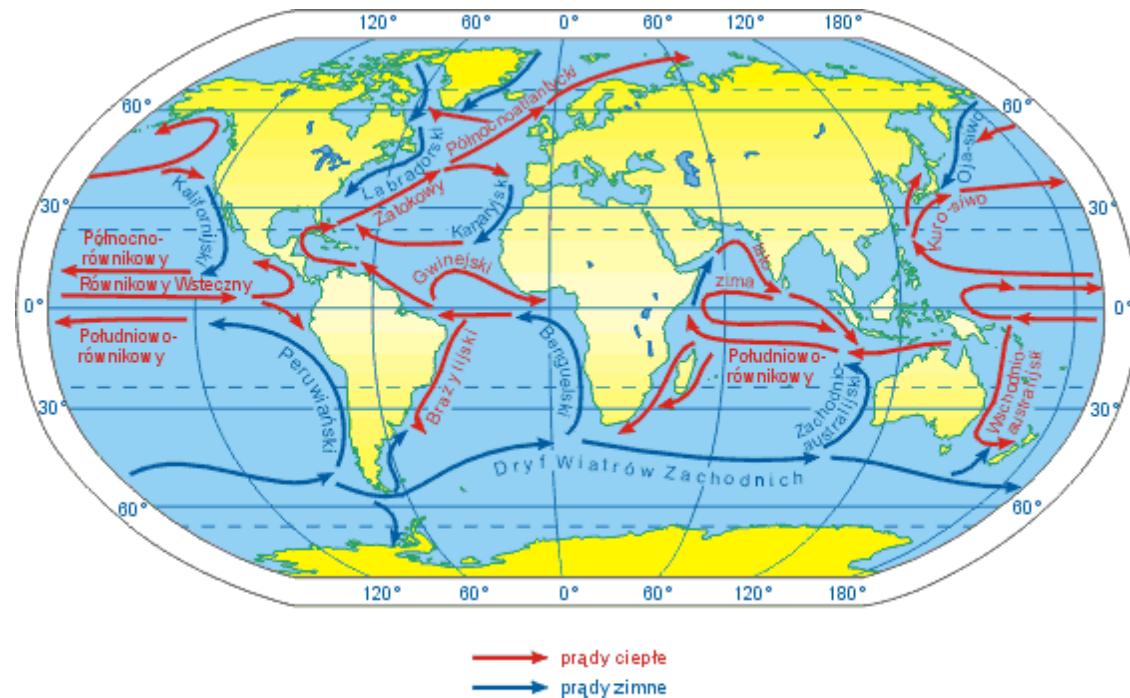
Budowle hydrotechniczne – **Hydrotechnical constructions**



Budowle naziemne – Civil engineering constructions



Aparatura medyczna – Medical equipment



Problemy meteorologii i climatology

Meteorology and climatology problems

Plan wykładu – Plan of the lectures

- **Wprowadzenie:** Modele płynu, narzędzia matematyczne.
Introduction: models of fluids, mathematical tools.
- **Statyka** płynów: równowaga płynu, napór hydrostatyczny, pływanie i stateczność. **Statics** of fluids: equilibrium of fluid, hydrostatic force, floating and stability.
- **Kinematyka** przepływów: ruch ogólny elementu płynu.
Kinematics of flows: general motion of a fluid element.
- Równanie zachowania masy. **Mass conservation equation.**
- **Dynamika** przepływów: równanie zachowania pędu.
Dynamics of flows: momentum conservation equation.
- Stan naprężenia w płynie. **State of stress in the fluid.**

Plan wykładu – Plan of the lectures

ciąg dalszy - continued

- Równania zachowania energii. Równanie bilansu entropii. entropii. Dyssypacja energii mechanicznej. **Energy conservation equation. Balance of entropy equation. Dissipation of mechanical energy.**
- Zamknięty układ równań zachowania dla płynów ściśliwych i nieściśliwych. Warunki początkowe i brzegowe. **Closed system of conservation equations for the compressible and incompressible fluids. Initial and boundary conditions.**
- Równanie Bernoulliego. **Bernoulli equation.**
- **Podobieństwo przepływów:** analiza wymiarowa, kryteria podobieństwa. **Similarity of flows:** dimensional analysis, criteria of similarity.

Plan wykładu – Plan of the lectures ciąg dalszy - continued

- **Przepływy laminarne i turbulentne. Laminar and turbulent flows**
- Warstwy przyścienne i ślady – Boundary layers and wakes
- Aerodynamika płatów nośnych – Aerodynamics of lifting foils
- **Kawitacja** – podstawy fizyczne i konsekwencje hydrodynamiczne. **Cavitation** – physical principles, hydrodynamic consequences.
- **Przepływy potencjalne** – opływ walca, prawo Żukowskiego, modelowanie przepływów potencjalnych – **Potential flows** – flow around a cylinder, Joukovsky theorem, modelling of potential flows

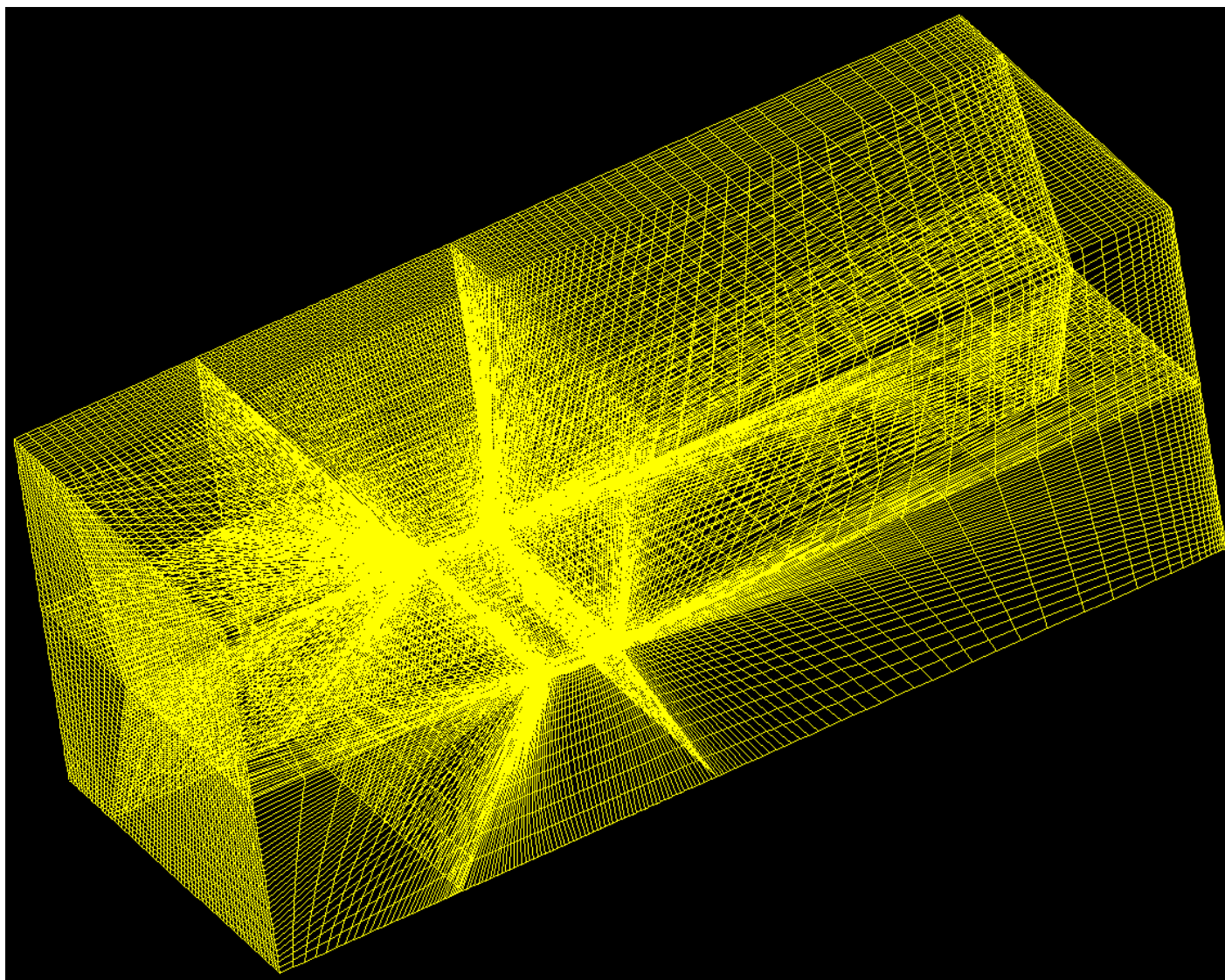
Plan wykładu – Plan of the lectures

ciąg dalszy - continued

- Przepływy w kanałach zamkniętych – Flows in closed channels
- Przepływy w kanałach otwartych – Flows in open channels
- Gazodynamika: prędkość dźwięku, fale uderzeniowe, przepływ przez dyszę de Lavalą – Gas dynamics: speed of sound, shock waves, flow through the de Laval nozzle
- Pisemny test zaliczeniowy – written final test

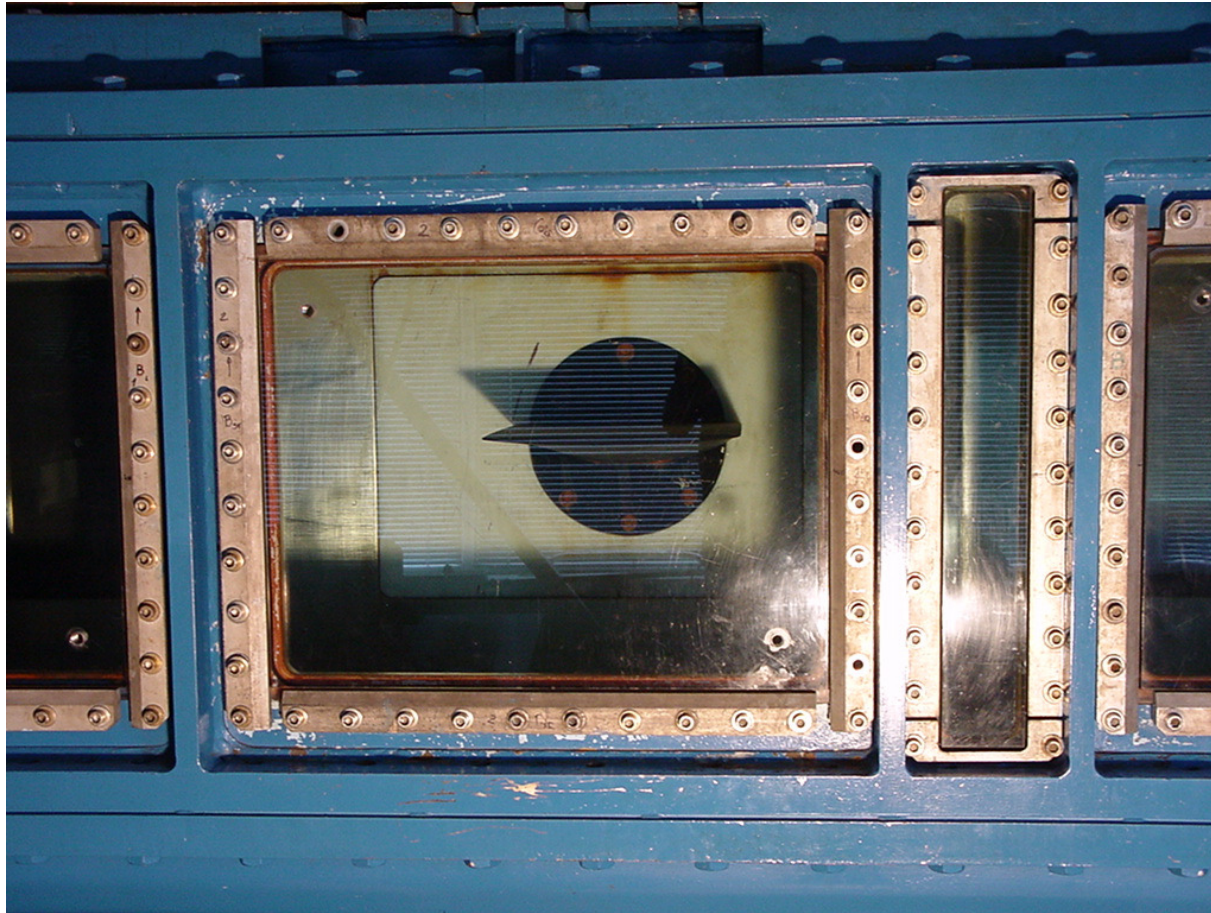
Aby Was zachęcić pokażę przykłady
zastosowania Mechaniki Płynów

To motivate you I will show
examples of application of Fluid
Mechanics



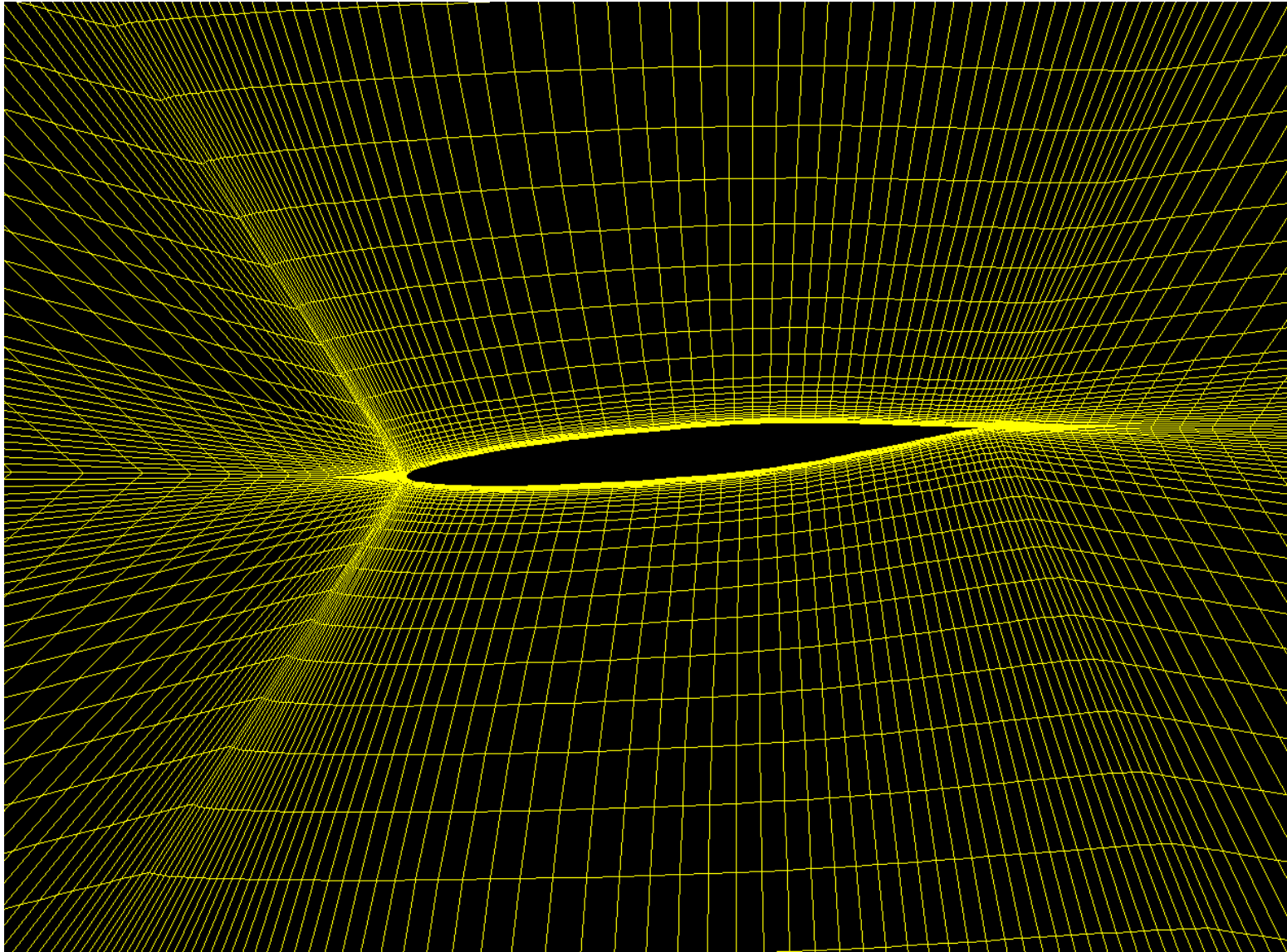
Dyskretyzacja obszaru opływu płata

Discretization of the flow domain around a foil

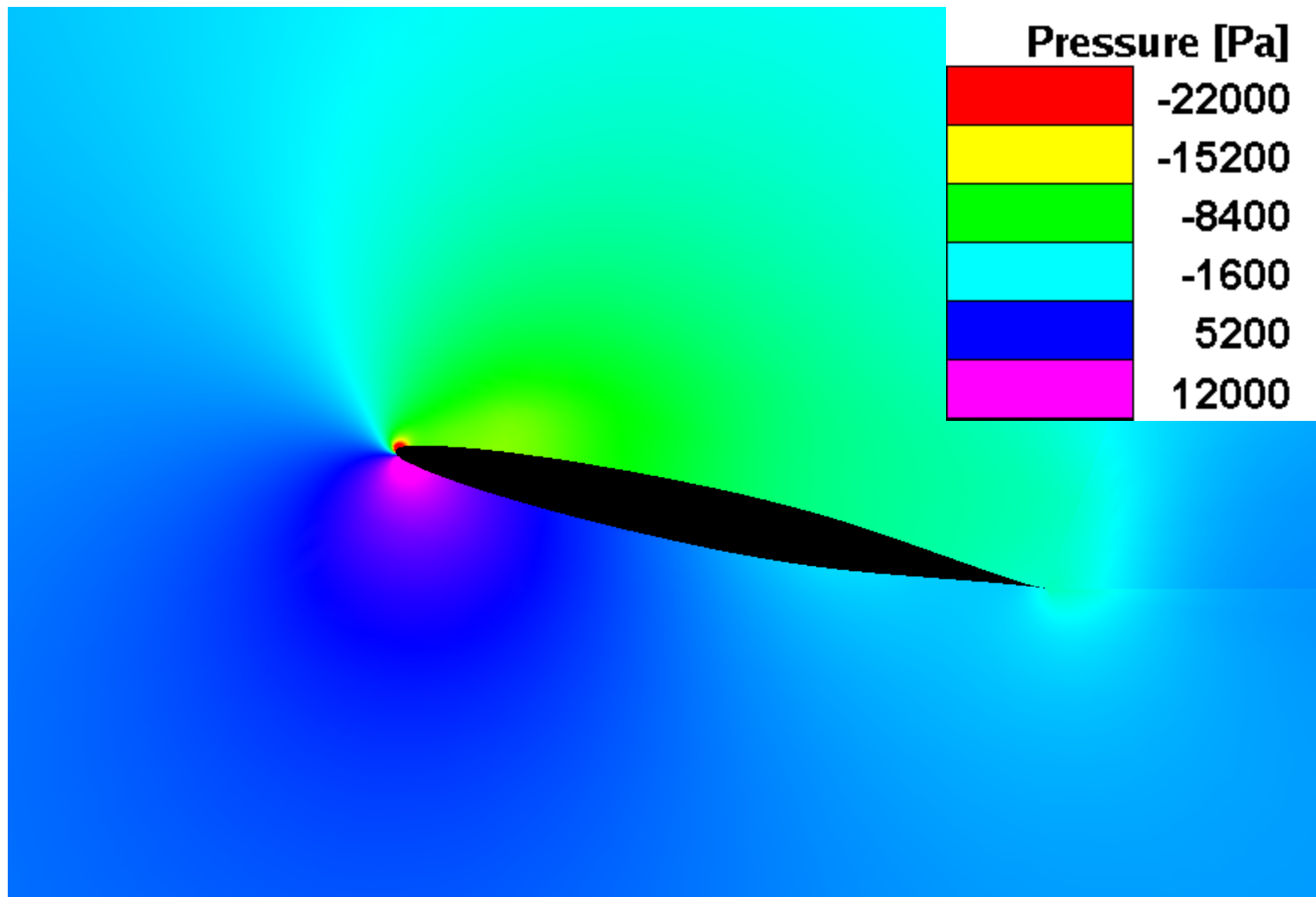


Model płata w obiegowym tunelu wodnym

Foil model in the circulating water tunnel

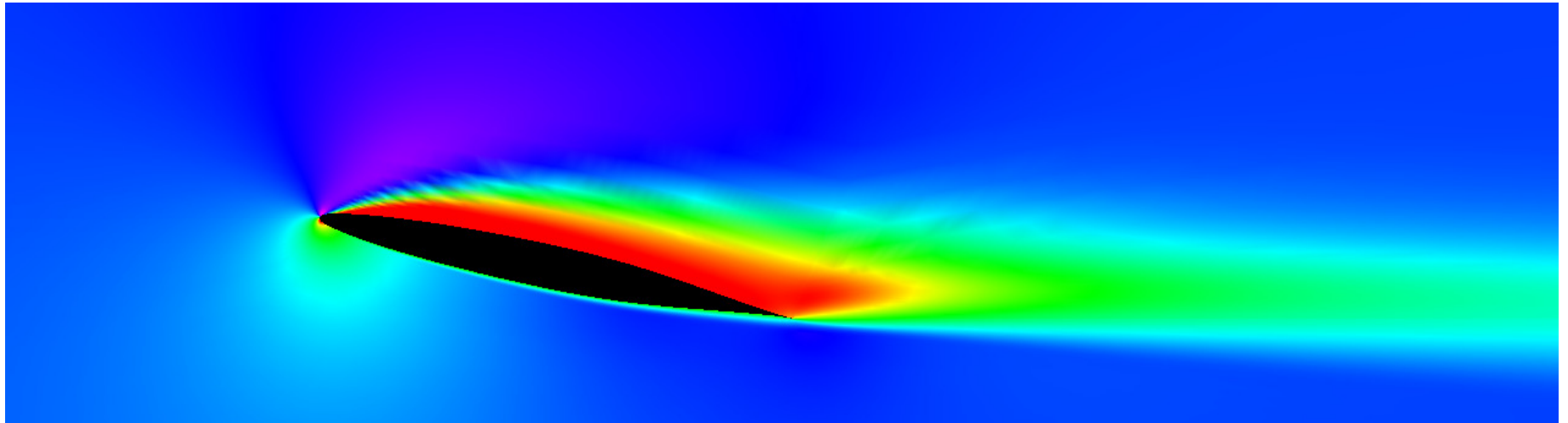


Szczegóły sieci w pobliżu płata Details of the grid near the foil



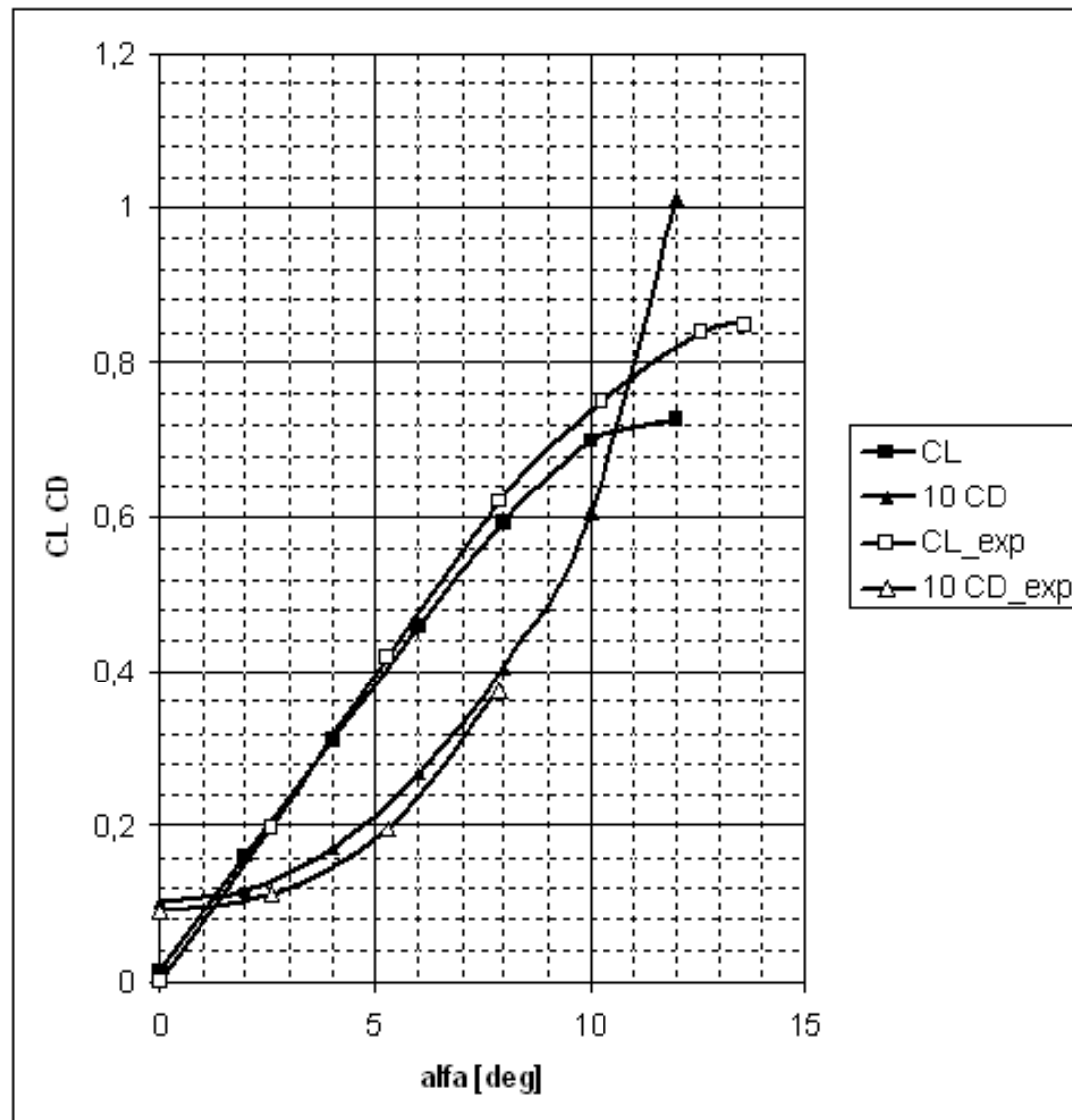
Obliczone pole ciśnienia wokół płata

Calculated pressure field around an airfoil



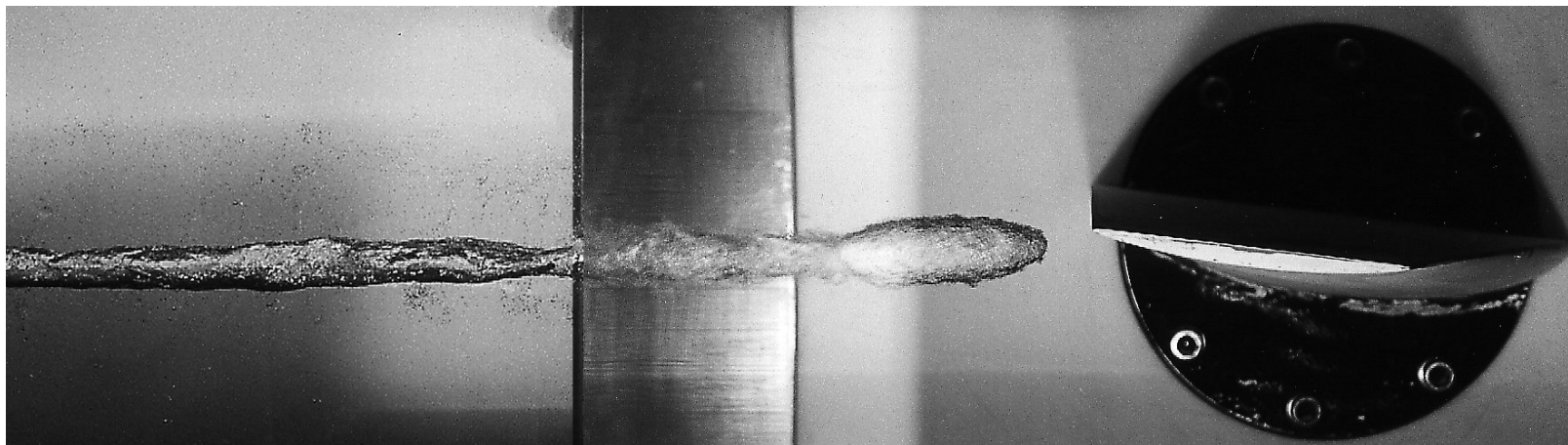
Obliczona wzdłużna składowa prędkości w pobliżu płata

Calculated longitudinal velocity component near the foil



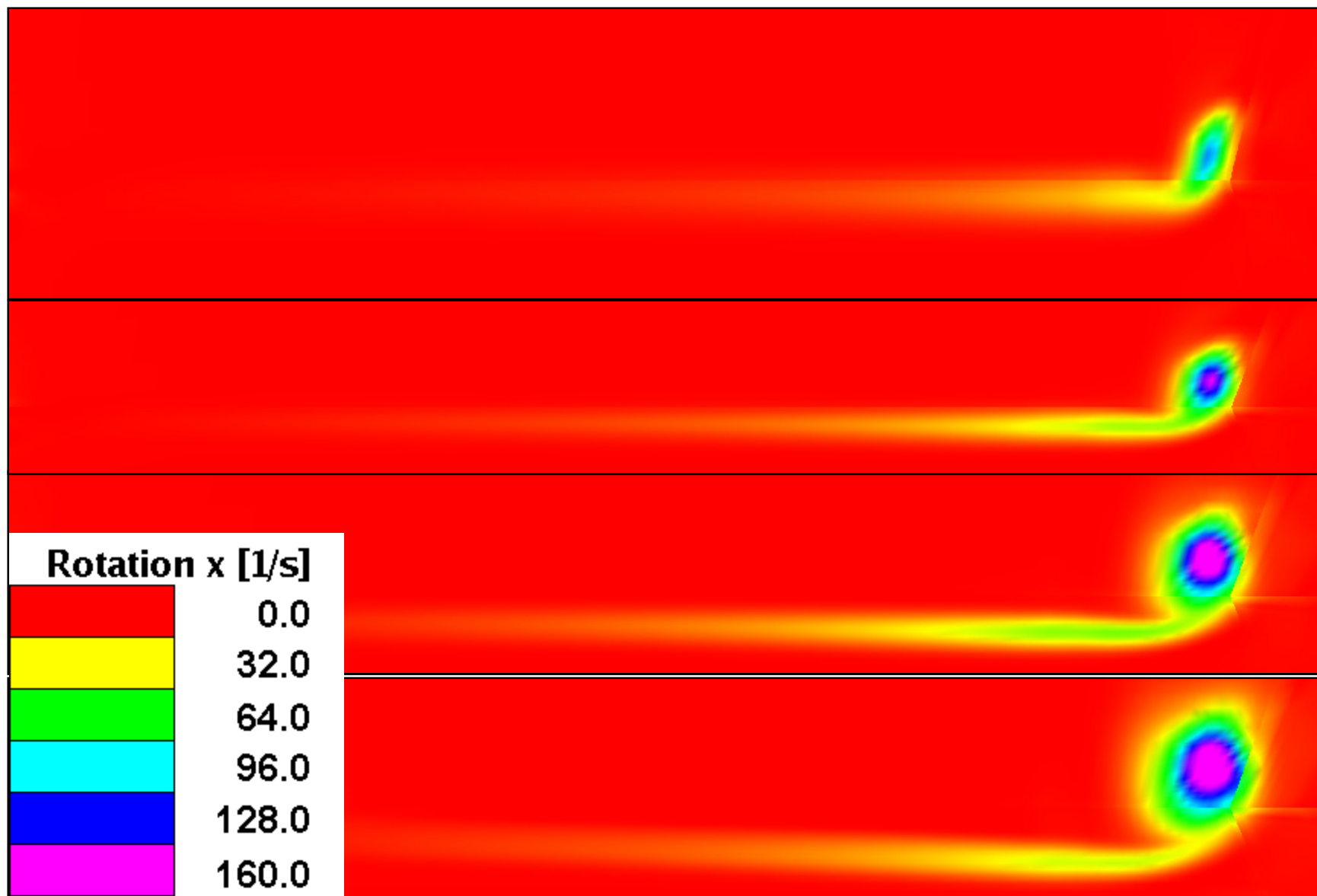
Porównanie obliczonych i zmierzonych charakterystyk płata

Comparison of calculated and measured foil characteristics



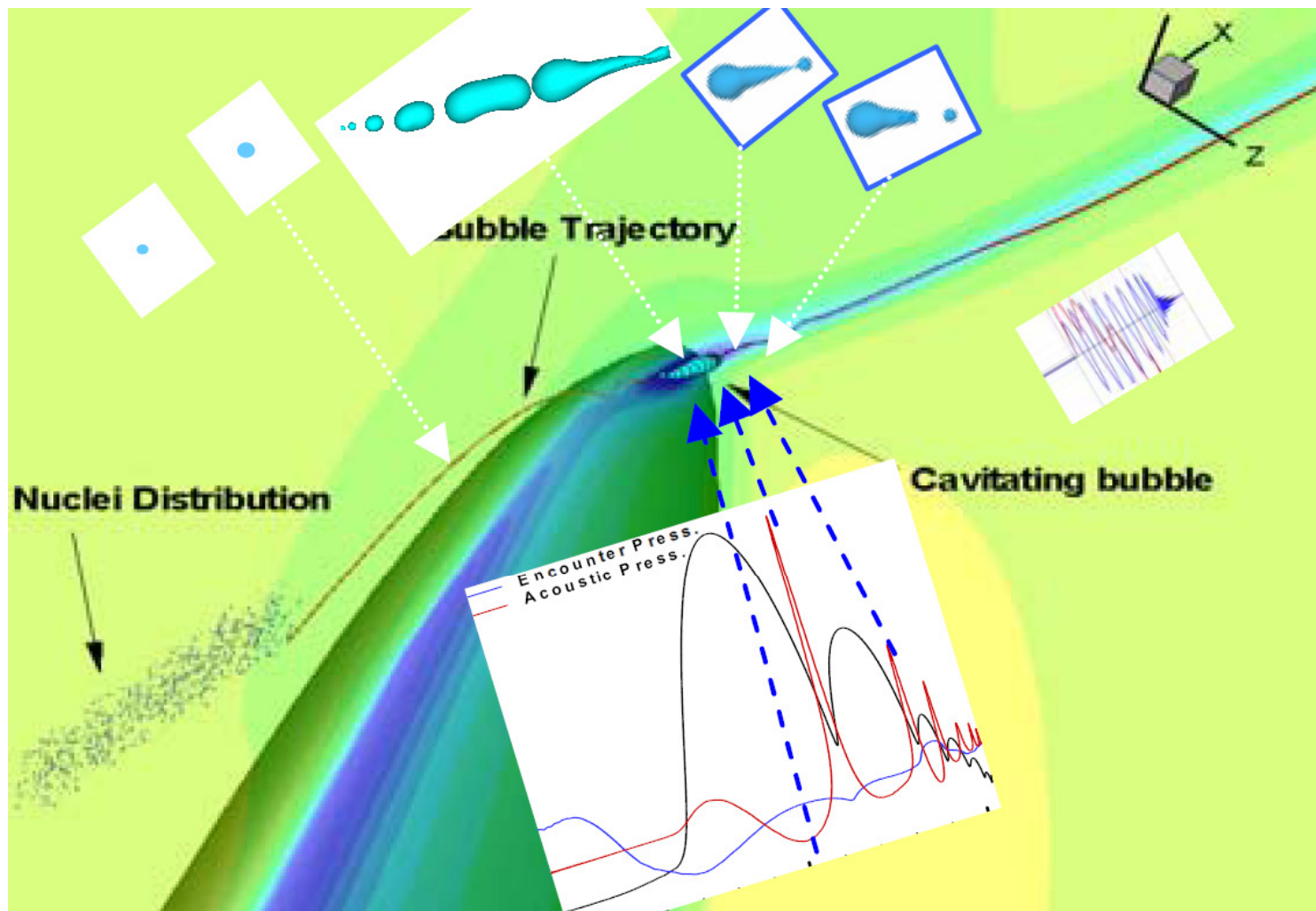
Wir tworzący się za wierzchołkiem płata

Vortex generated behind the foil tip



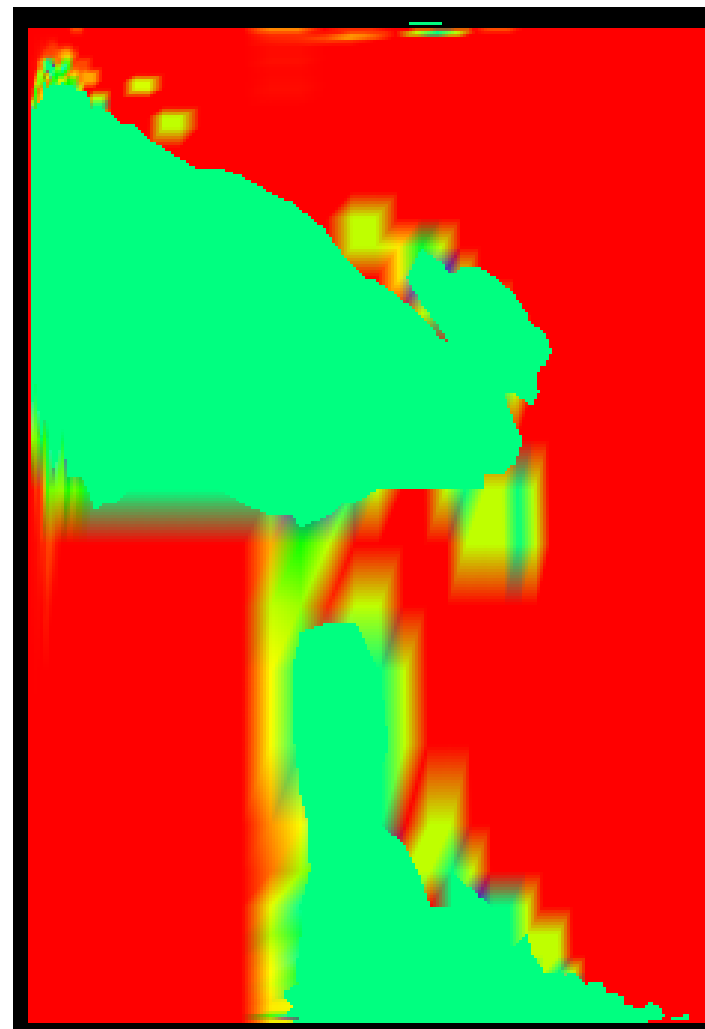
Obliczone formowanie się wiru za końcem płata

Calculated vortex formation behind the foil tip



Obliczone formowanie się kawitującego wiru wierzchołkowego

Calculated formation of the cavitating tip vortex



Porównanie obserwowanego i obliczonego zakresu kawitacji

Comparison of observed and calculated extent of cavitation

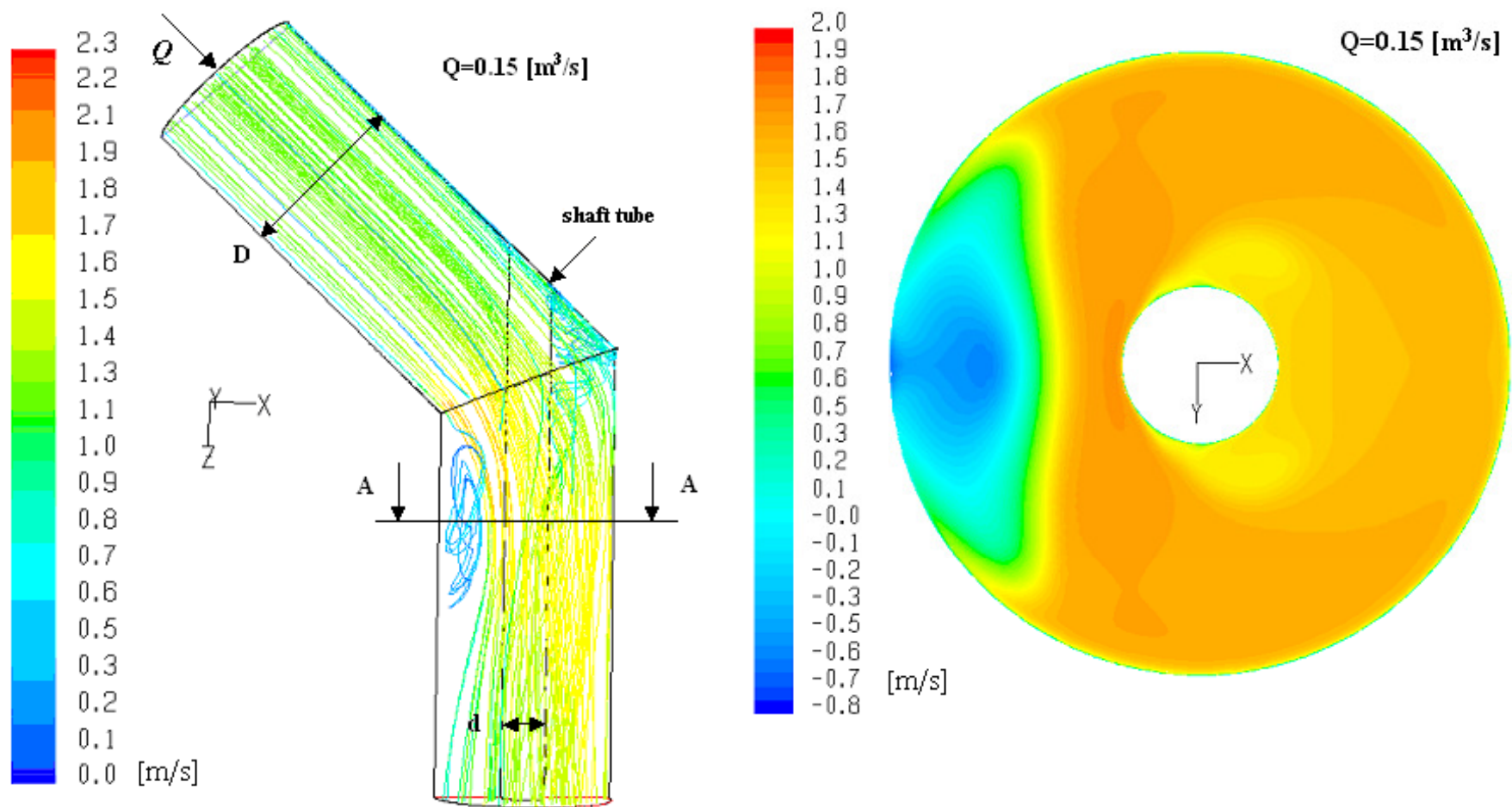


Konsekwencje kawitacji – Consequences of cavitation



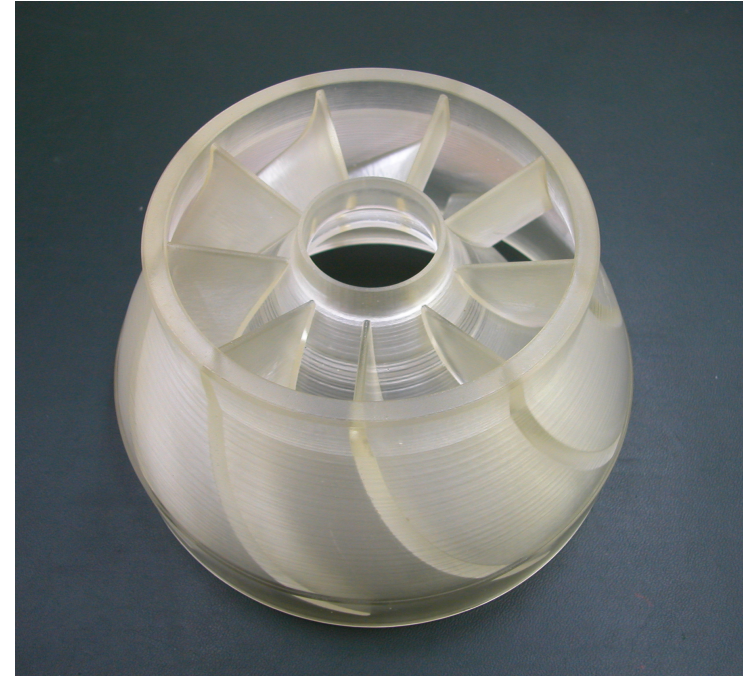
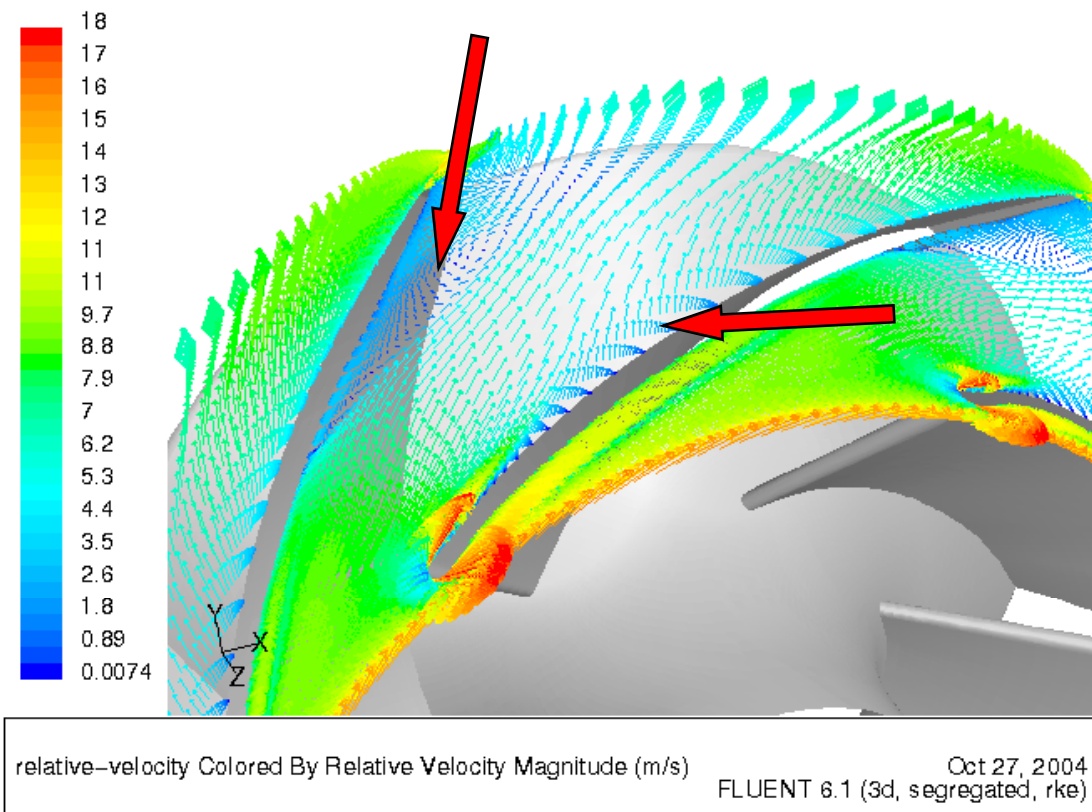
Konsekwencje kawitacji – katastrofa w elektrowni wodnej

Consequences of cavitation – crash in a hydroelectric station



Wykrycie oderwania przepływu w rurze doprowadzającej wodę do turbiny wodnej

Detection of the flow separation in the inflow pipe of a water turbine

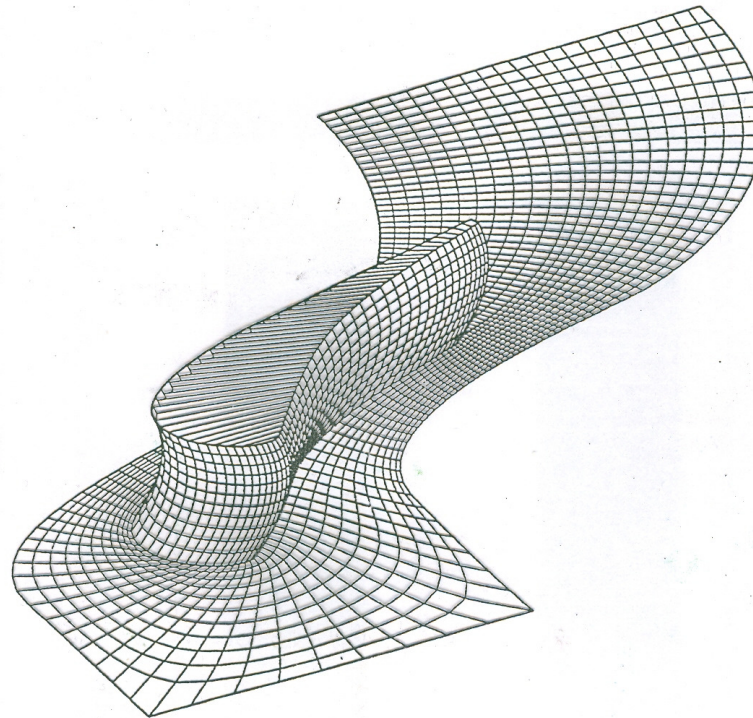


Wykrycie oderwania w wirniku pompy wodnej

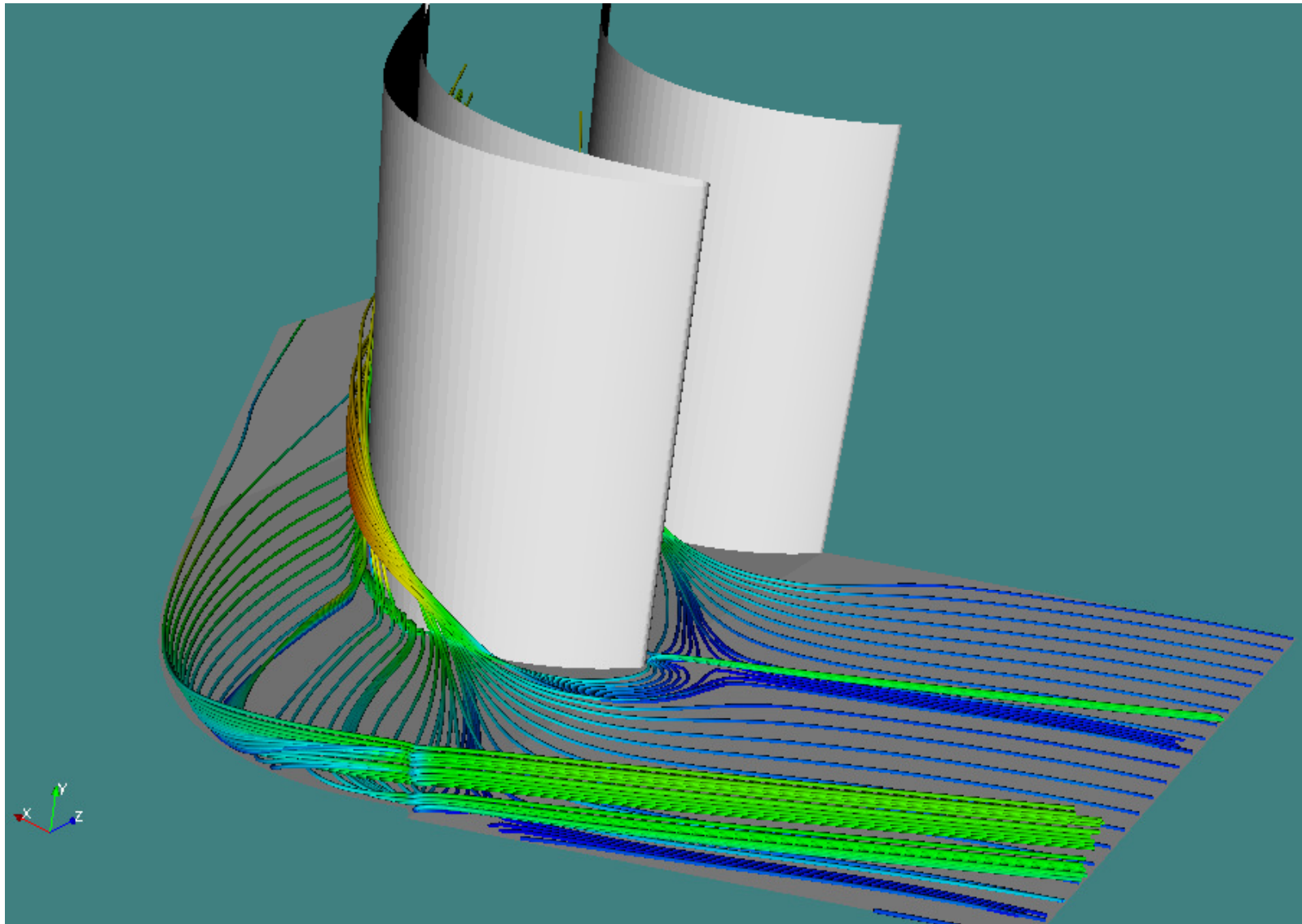
Detection of the flow separation in the impeller of the water pump

Turbine nozzle dihedral (1)

Nozzle geometry

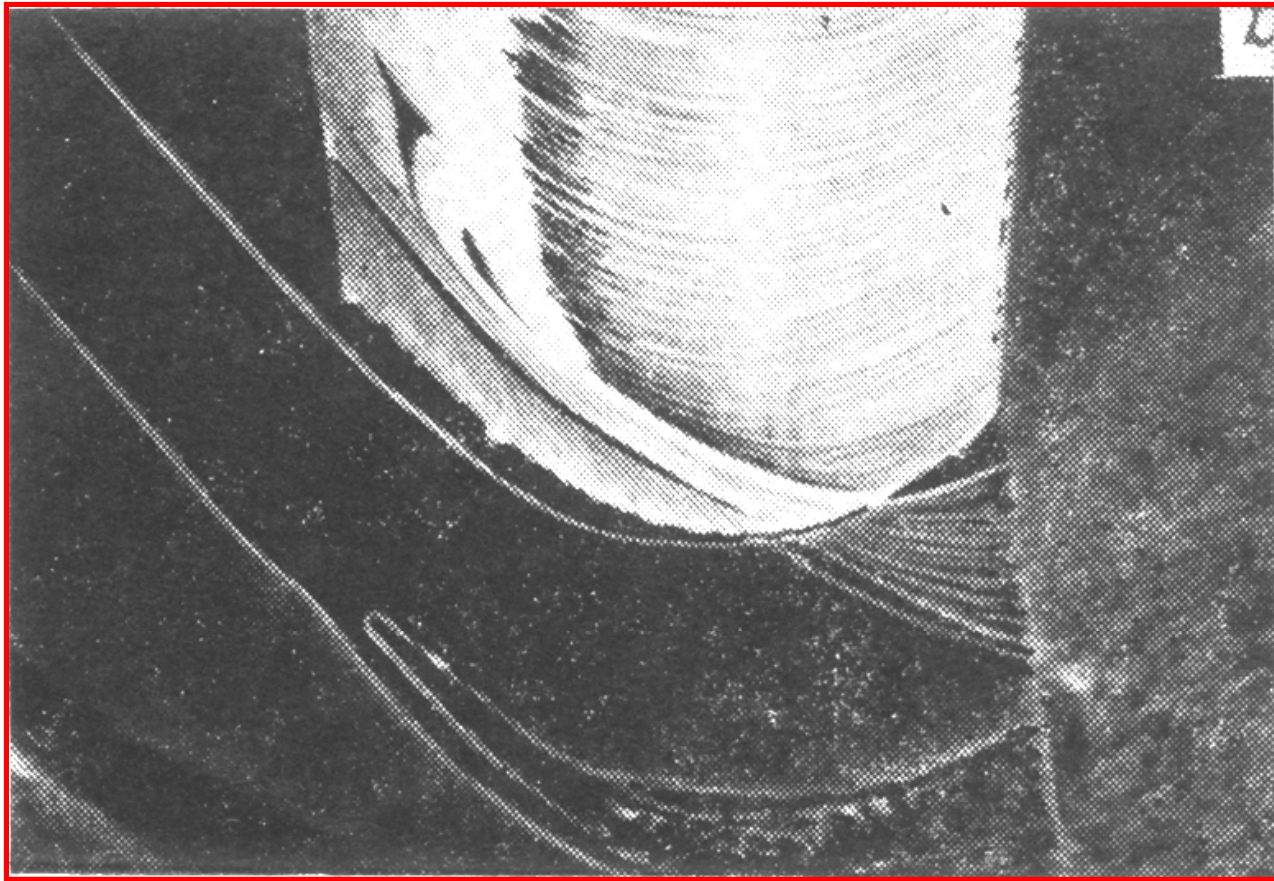


Dyskretyzacja elementu wirnika Discretization of a rotor element



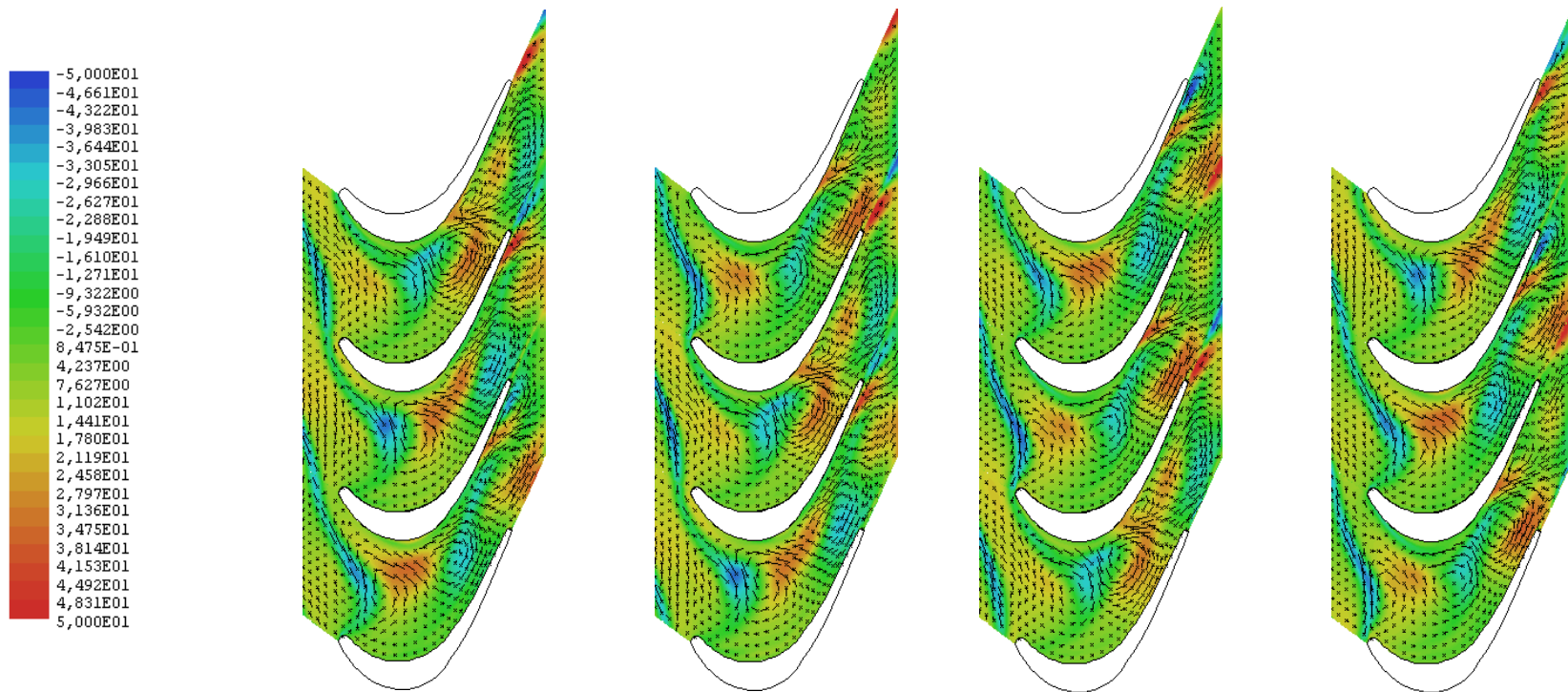
Obliczony przepływ u nasady łopatek turbiny

Calculated flow at the turbine blade root



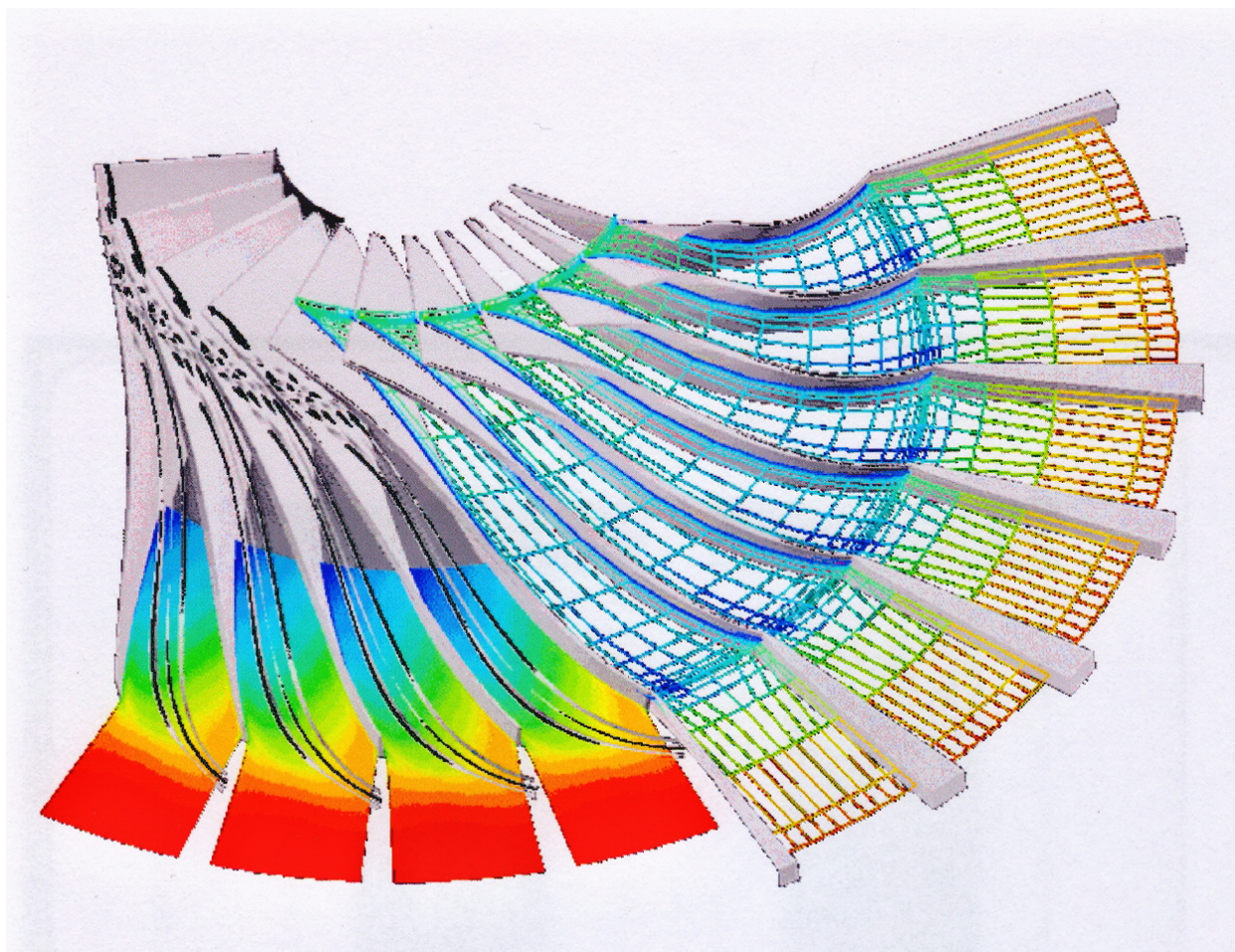
Eksperymentalna wizualizacja opływu łopatek turbiny

Experimental visualisation of the flow around rotor blades



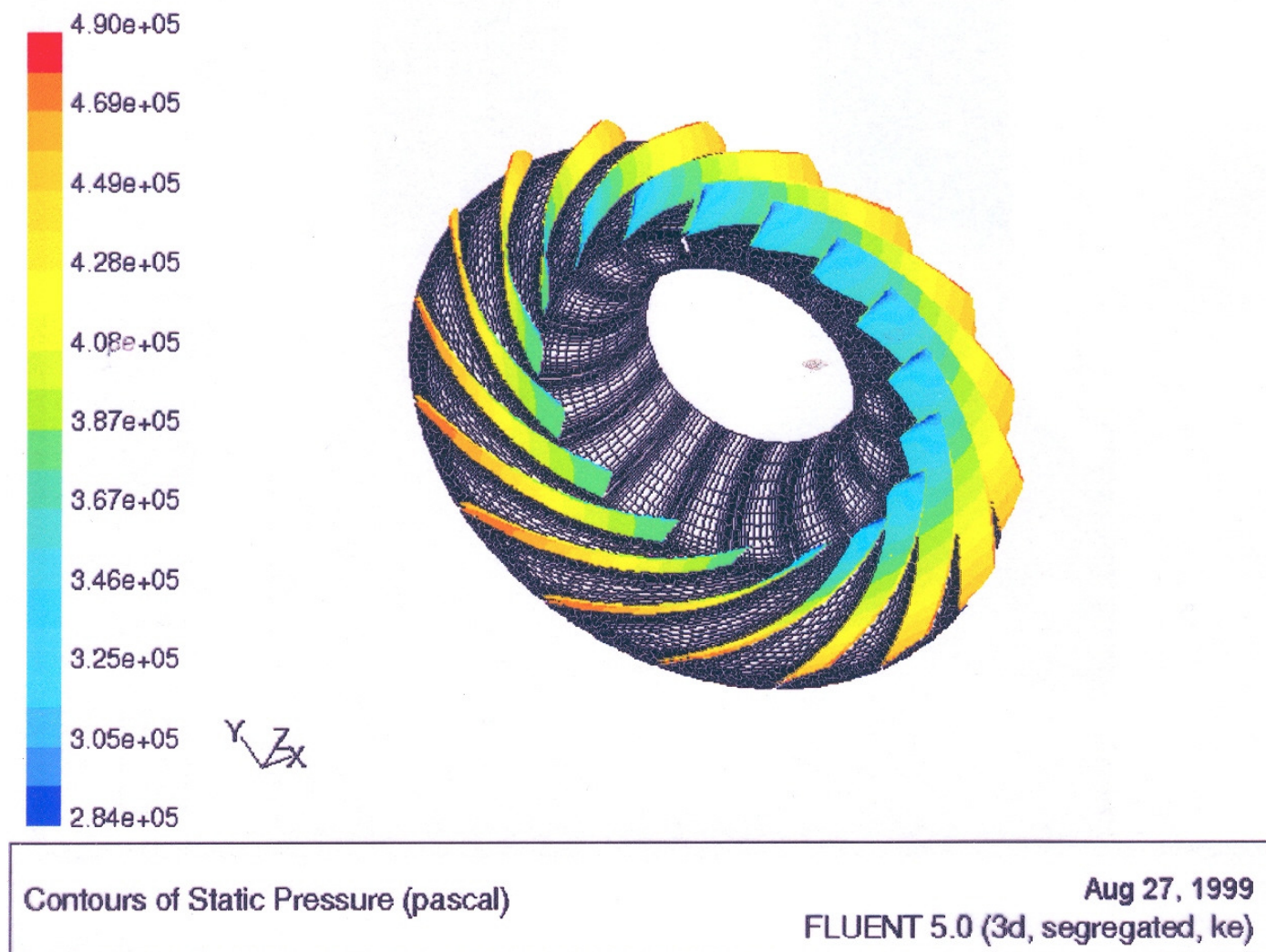
Obliczenie niestacjonarnego przepływu przez wirnik

Calculation of the unsteady flow through a rotor



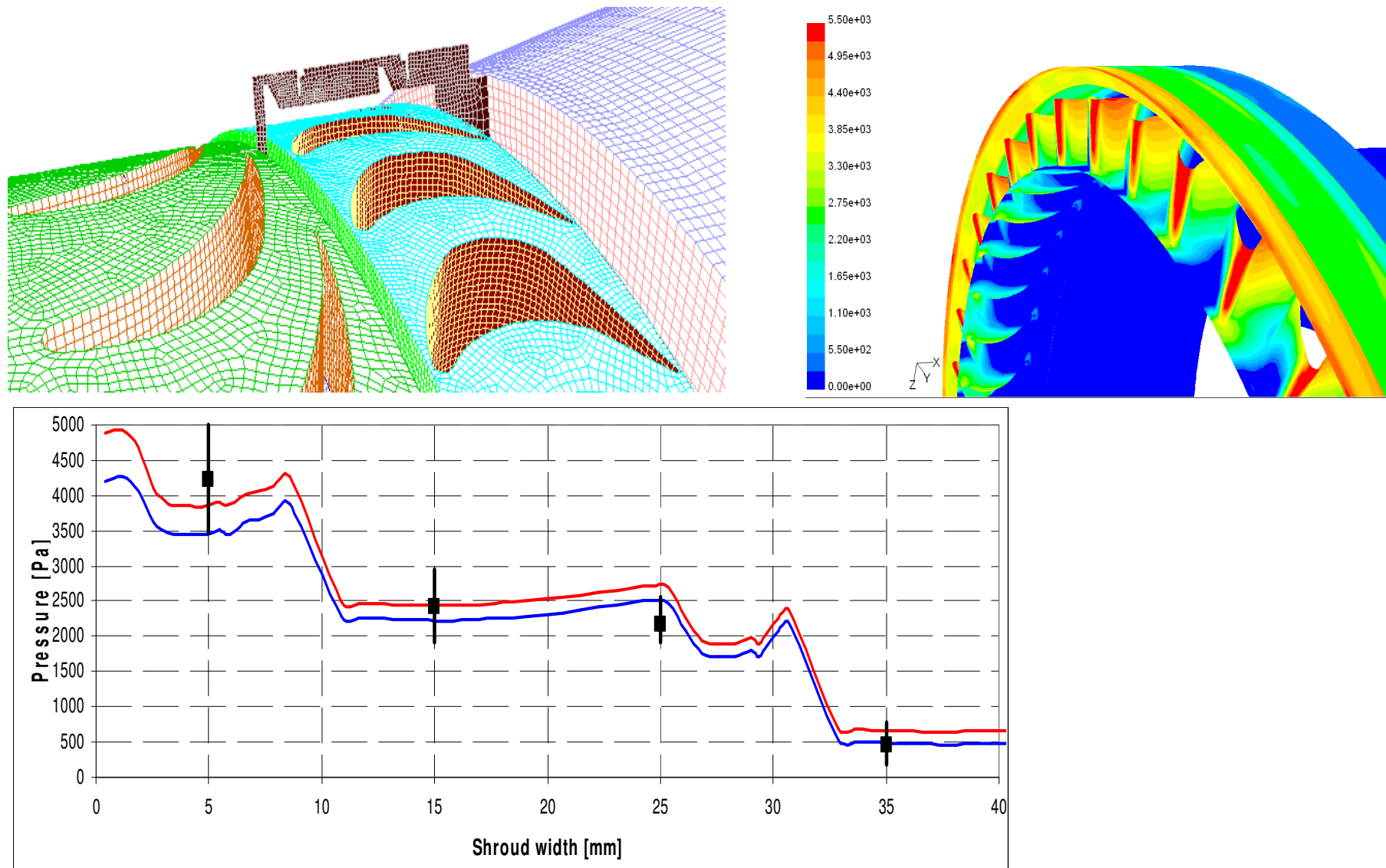
Obliczenie przepływu przez wirnik

Calculation of the flow through a rotor



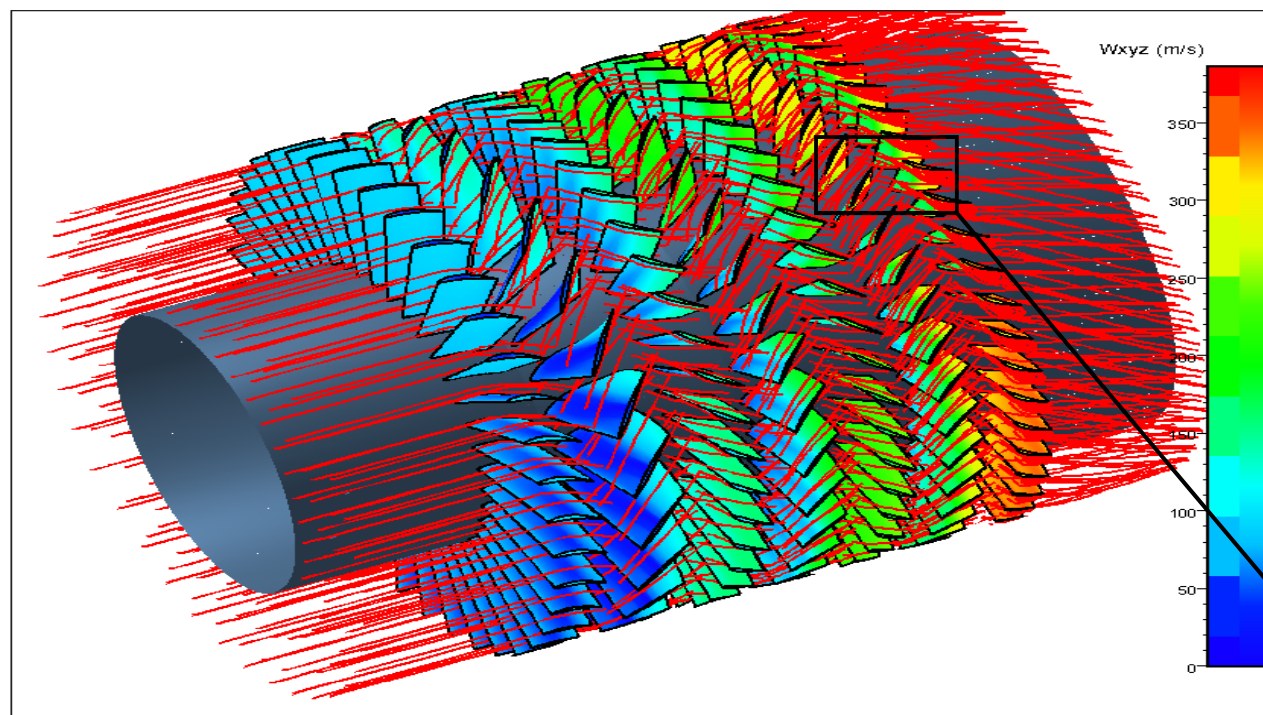
Obliczony rozkład ciśnienia na wirniku

Calculated pressure distribution on a rotor



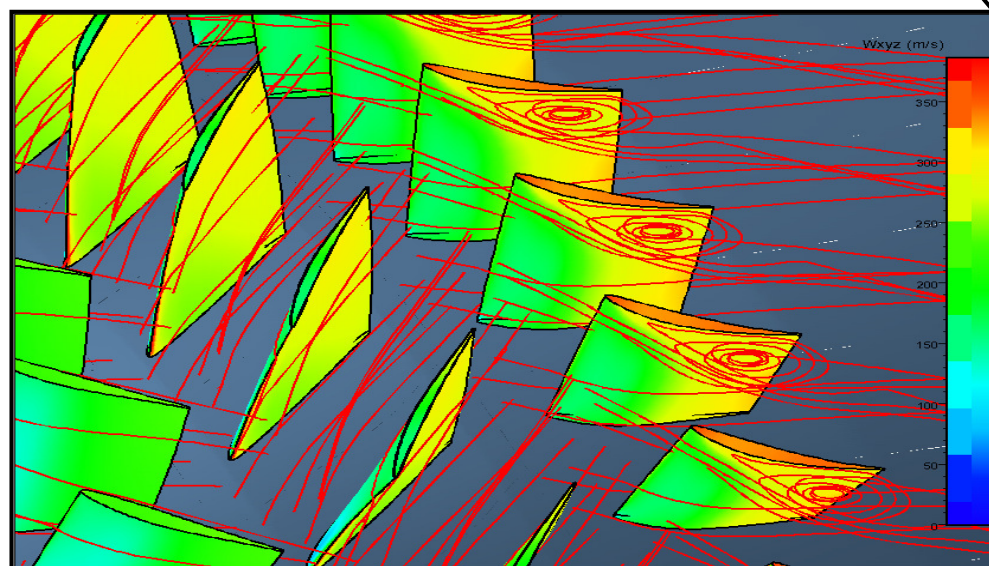
Obliczenia rozkładu ciśnienia w szczelinie wirnika turbiny gazowej

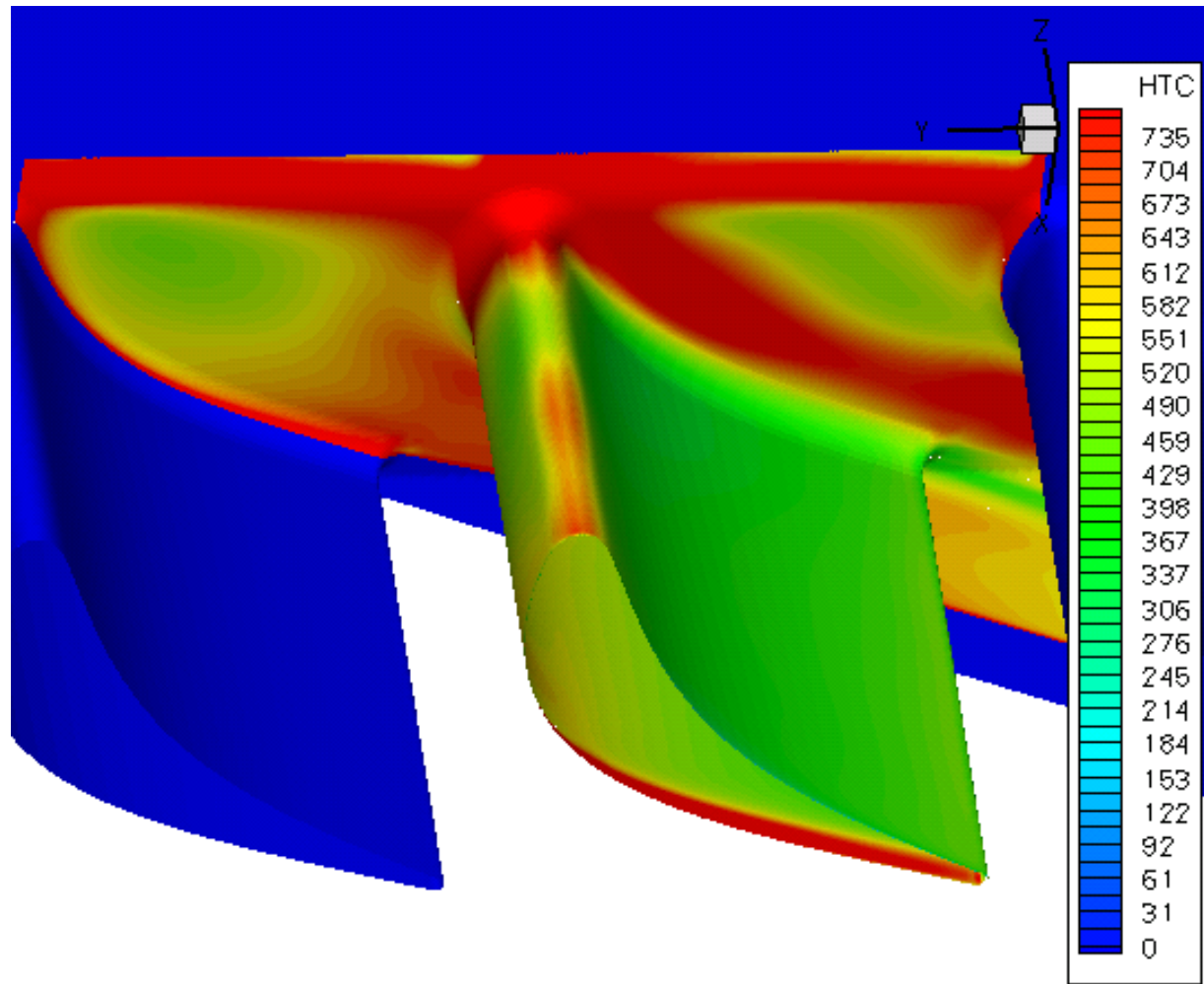
Calculation of the pressure inside tip clearance of the gas turbine rotor



Linie prądu i rozkład ciśnienia
w wirniku sprężarki
wielostopniowej

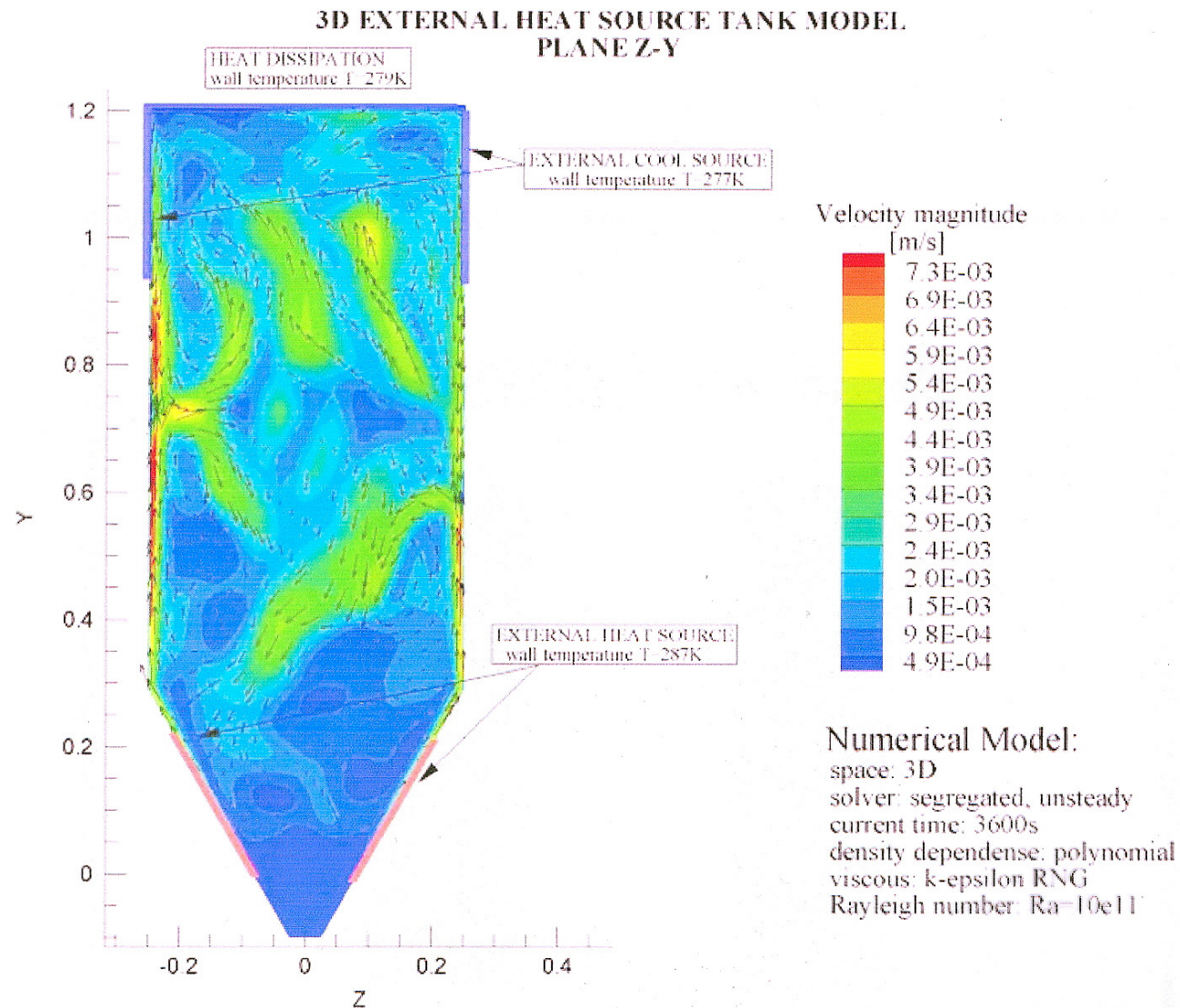
Streamlines and pressure
distribution in the multistage
compressor rotor





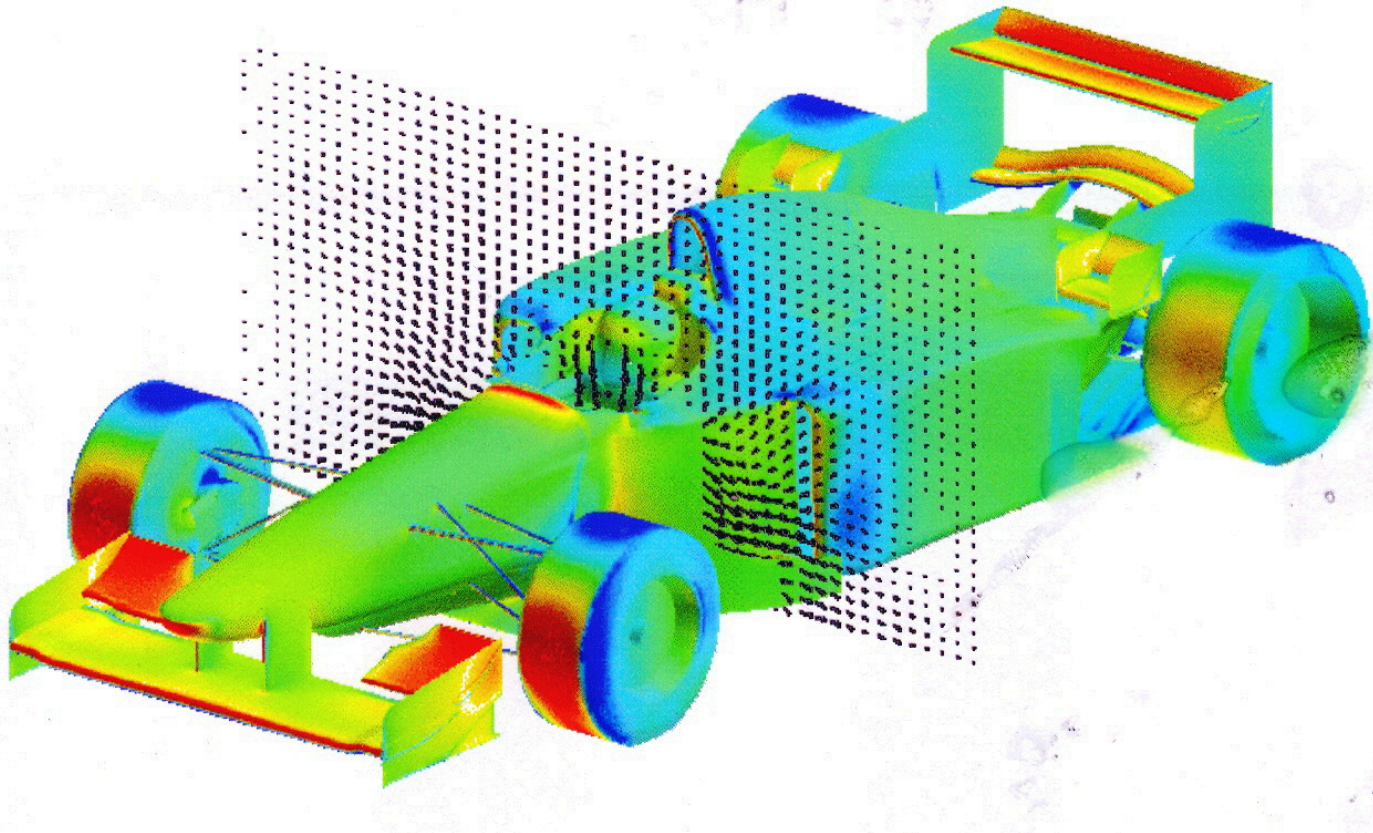
Wyznaczenie współczynnika wymiany ciepła na łopatkach
wirnika turbiny gazowej

Determination of the heat exchange coefficient on the gas
turbine rotor blade



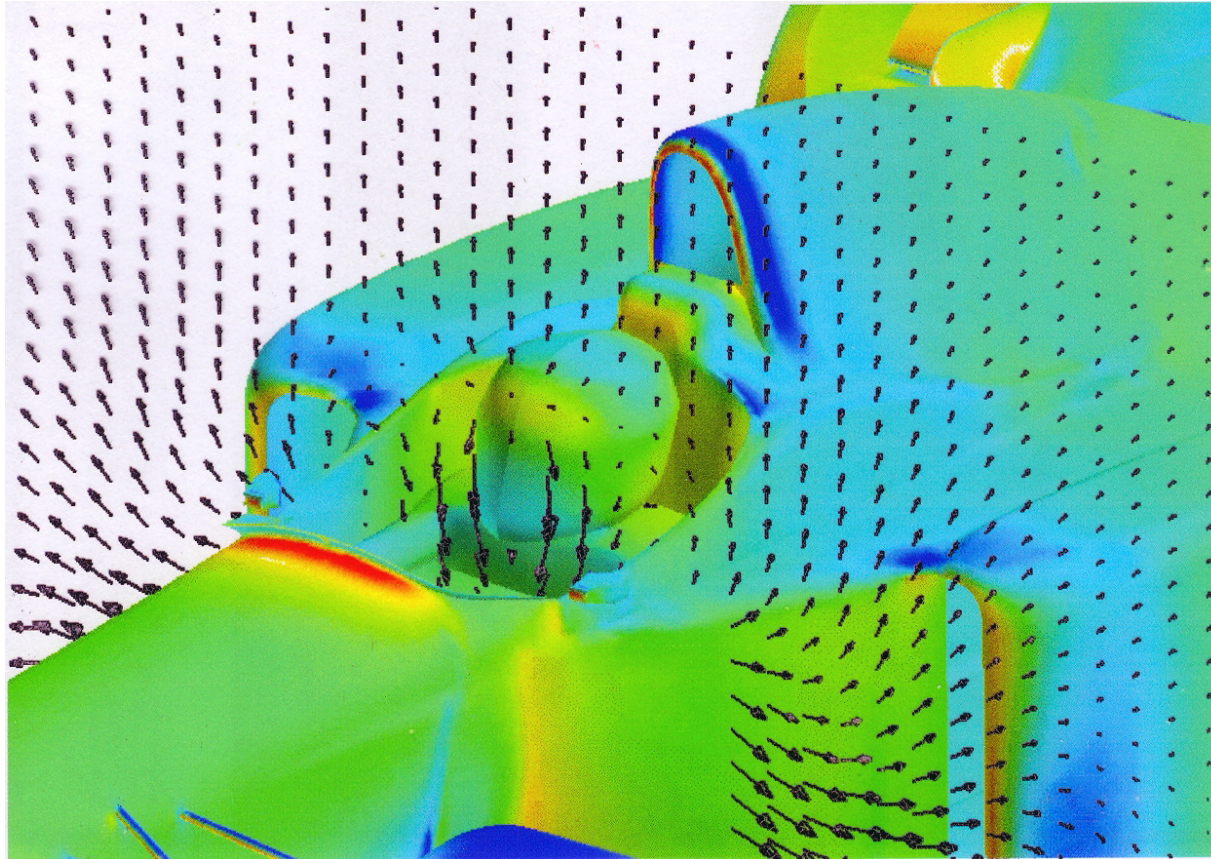
Obliczony przepływ z wymianą ciepła w mieszalniku

Calculated flow with heat exchange in a mixer



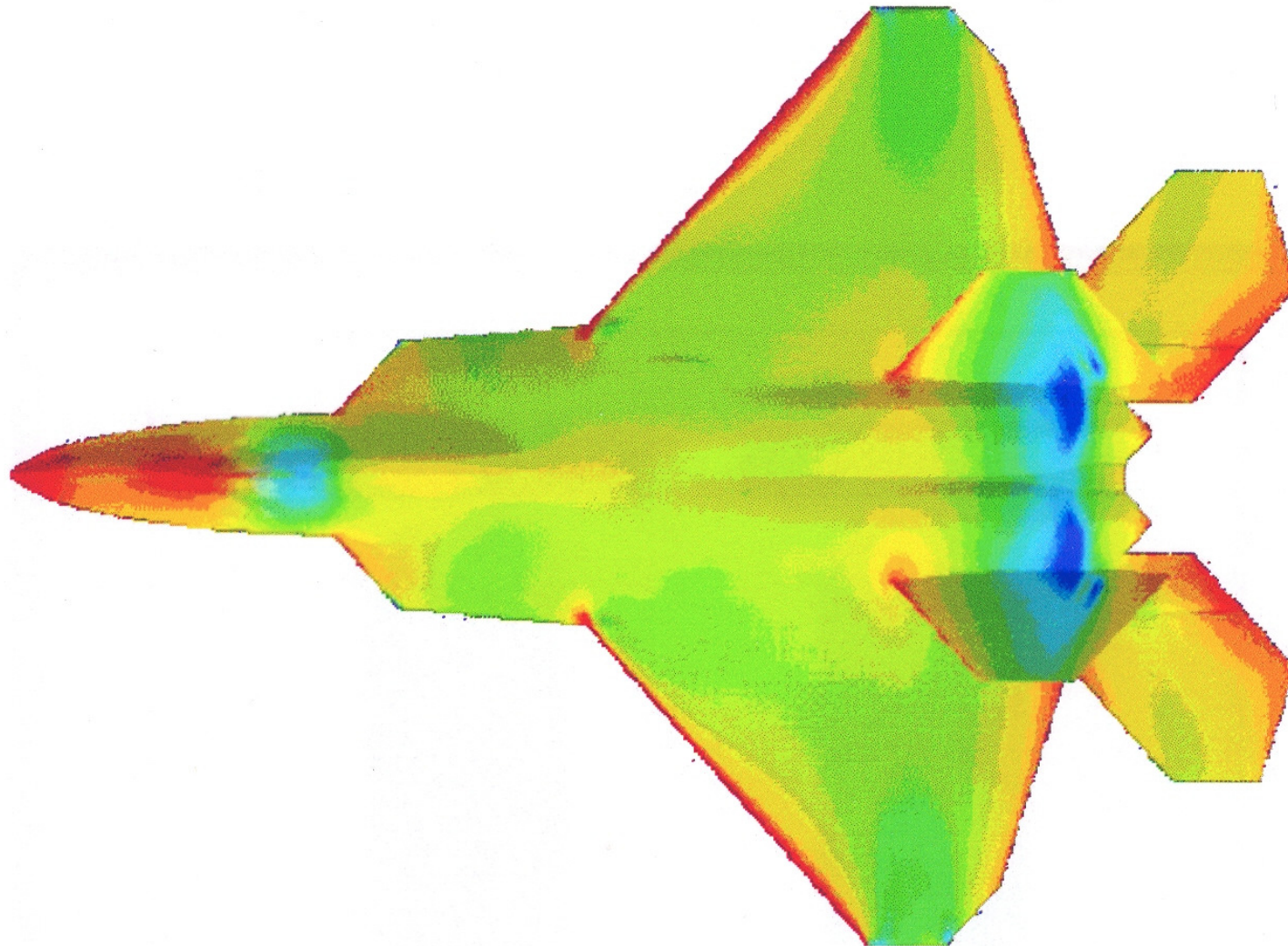
Obliczony opływ samochodu wyścigowego

Calculated flow around a racing car



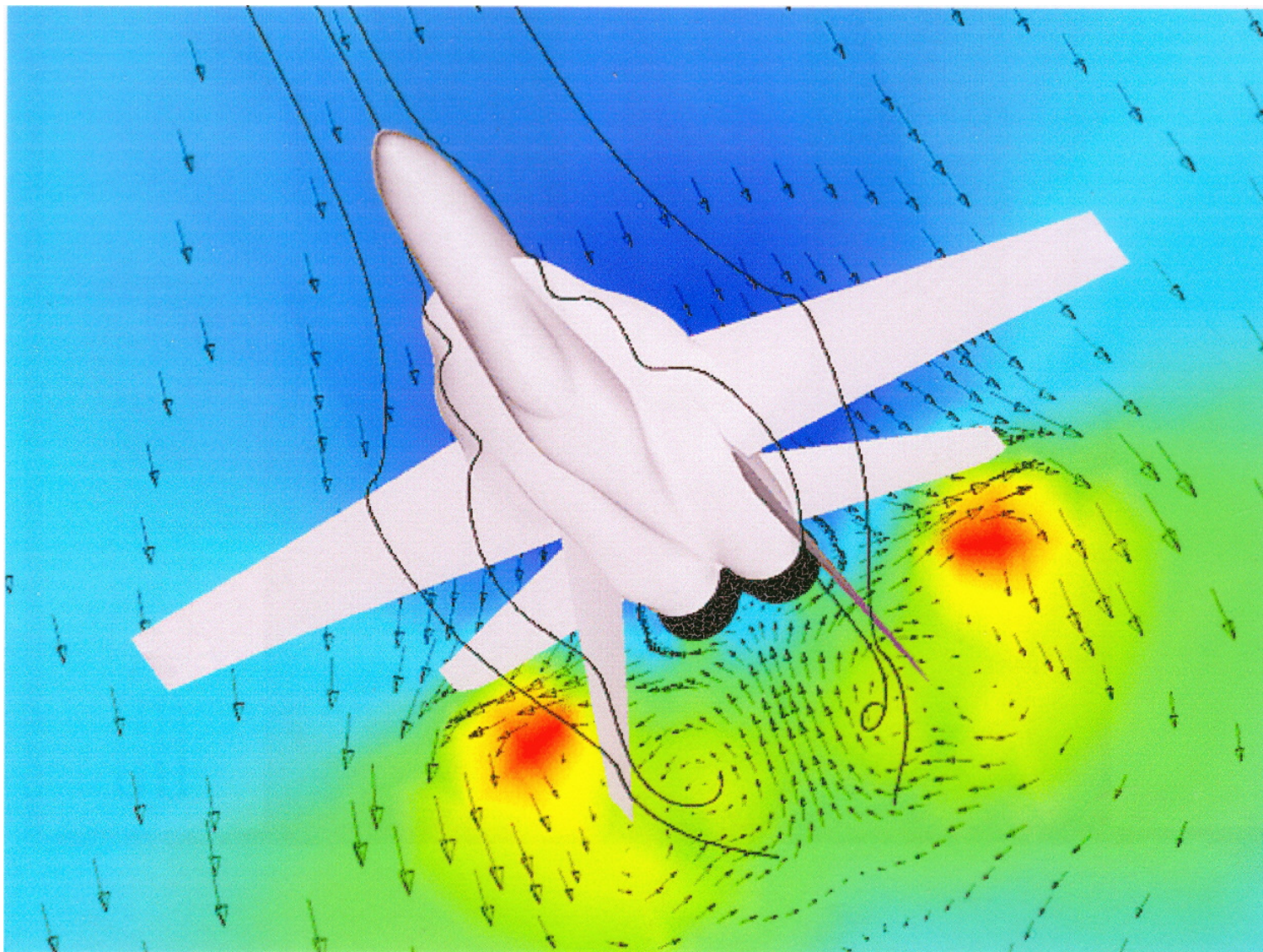
Szczegóły obliczonego opływu kabiny kierowcy

Details of the calculated flow around the driver's cockpit



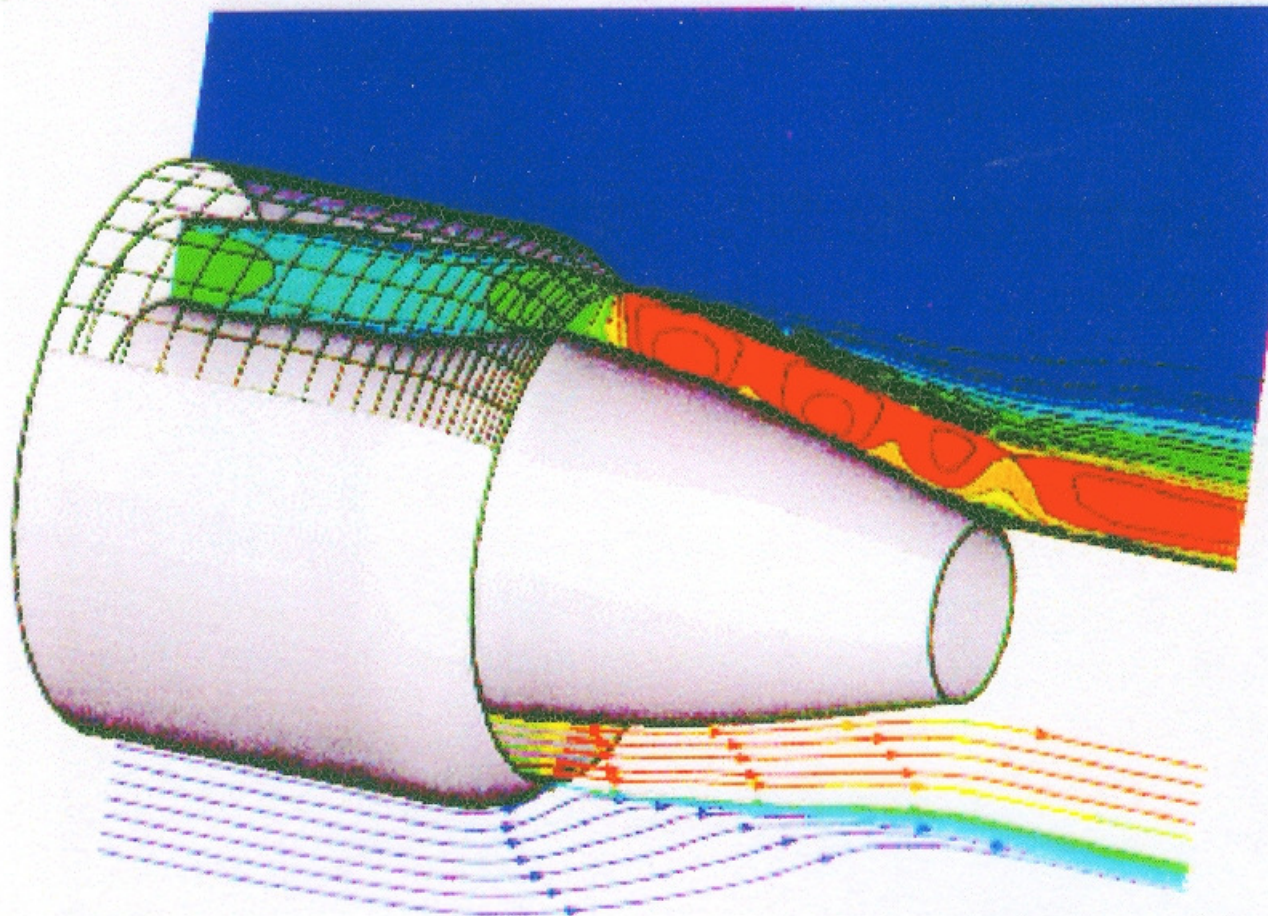
Obliczony rozkład ciśnienia na samolocie

Calculated pressure distribution on an aircraft



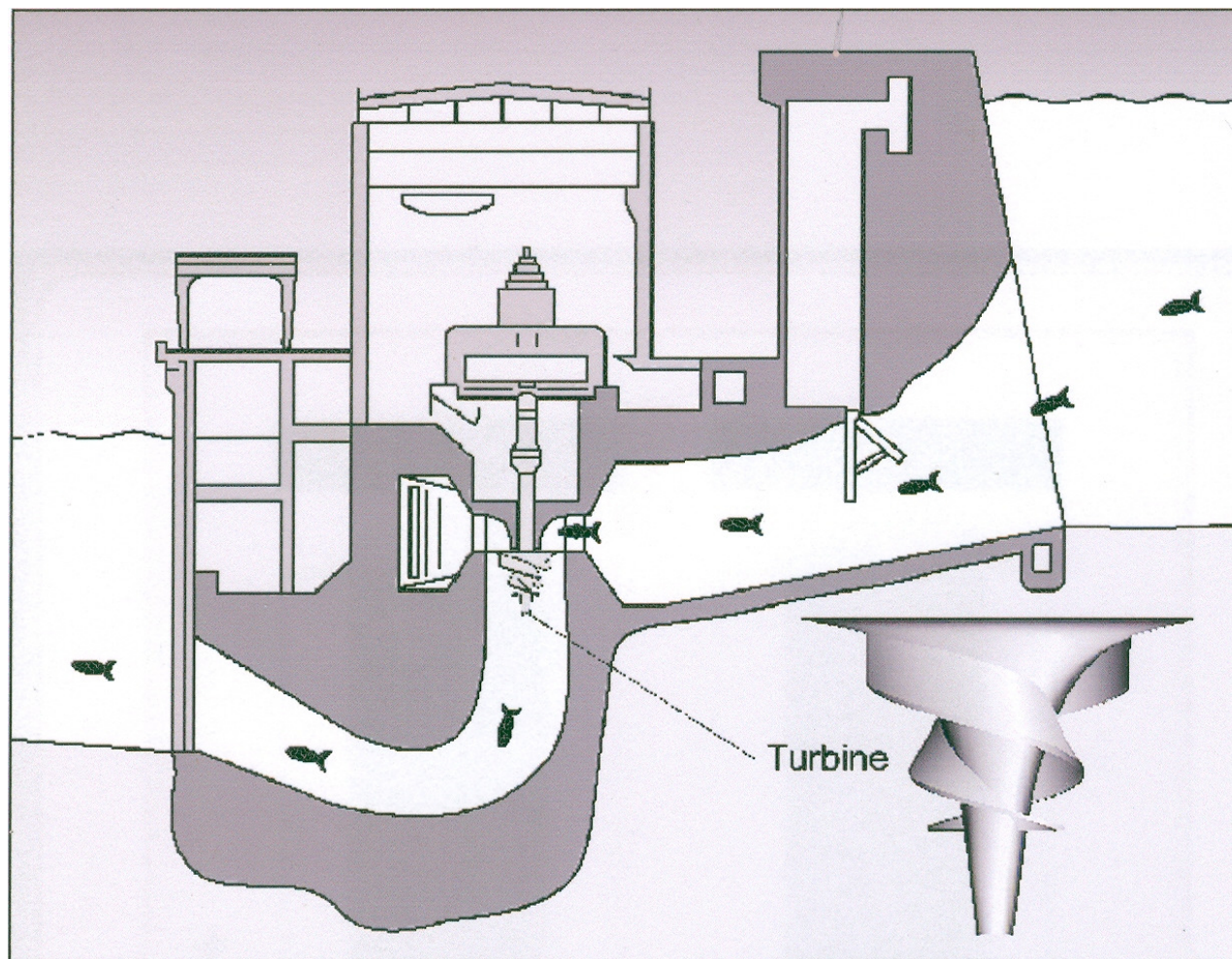
Obliczone wektory prędkości i linie prądu na samolocie

Calculated velocity vectors and streamlines on an aircraft



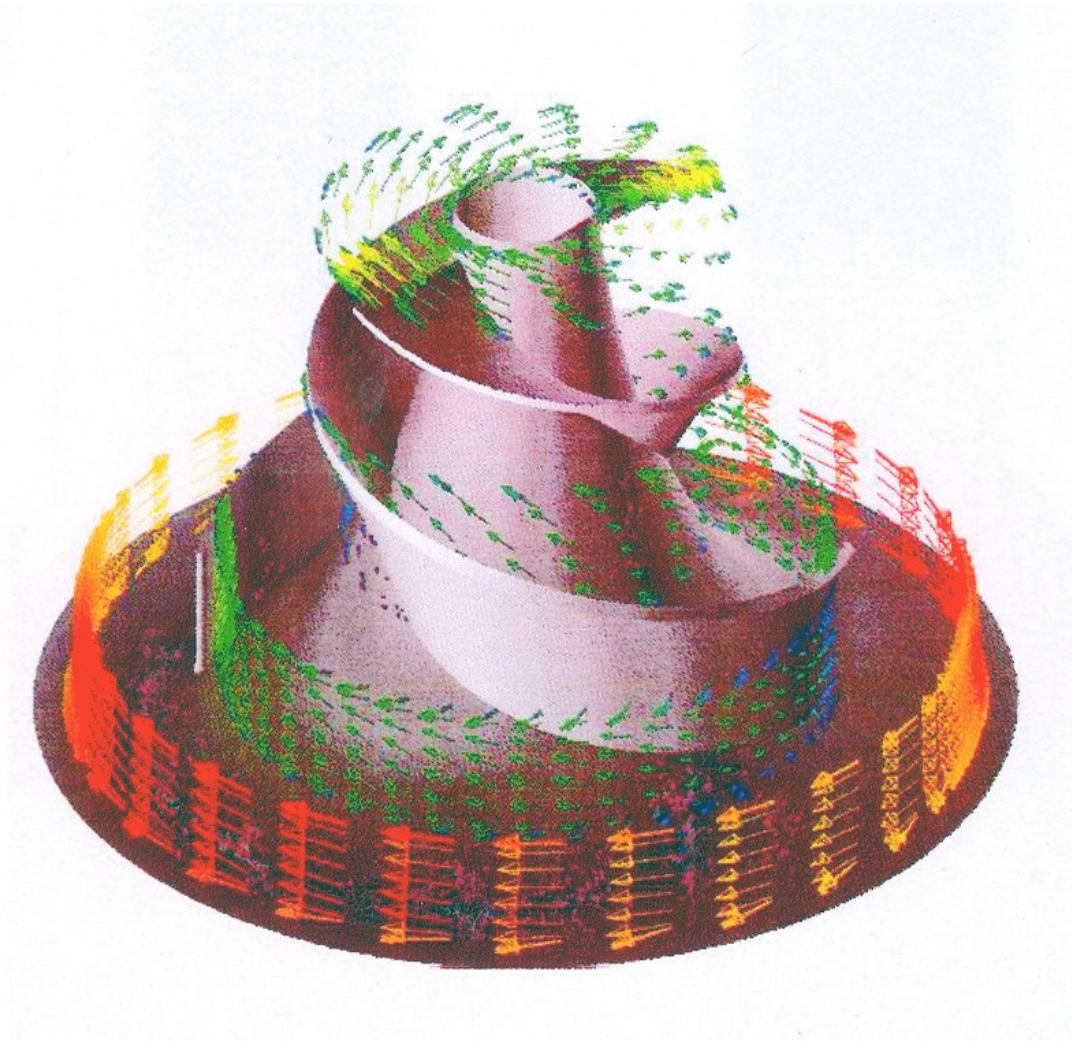
Obliczony wypływ z odrzutowego silnika lotniczego

Calculated outflow from an aircraft jet engine



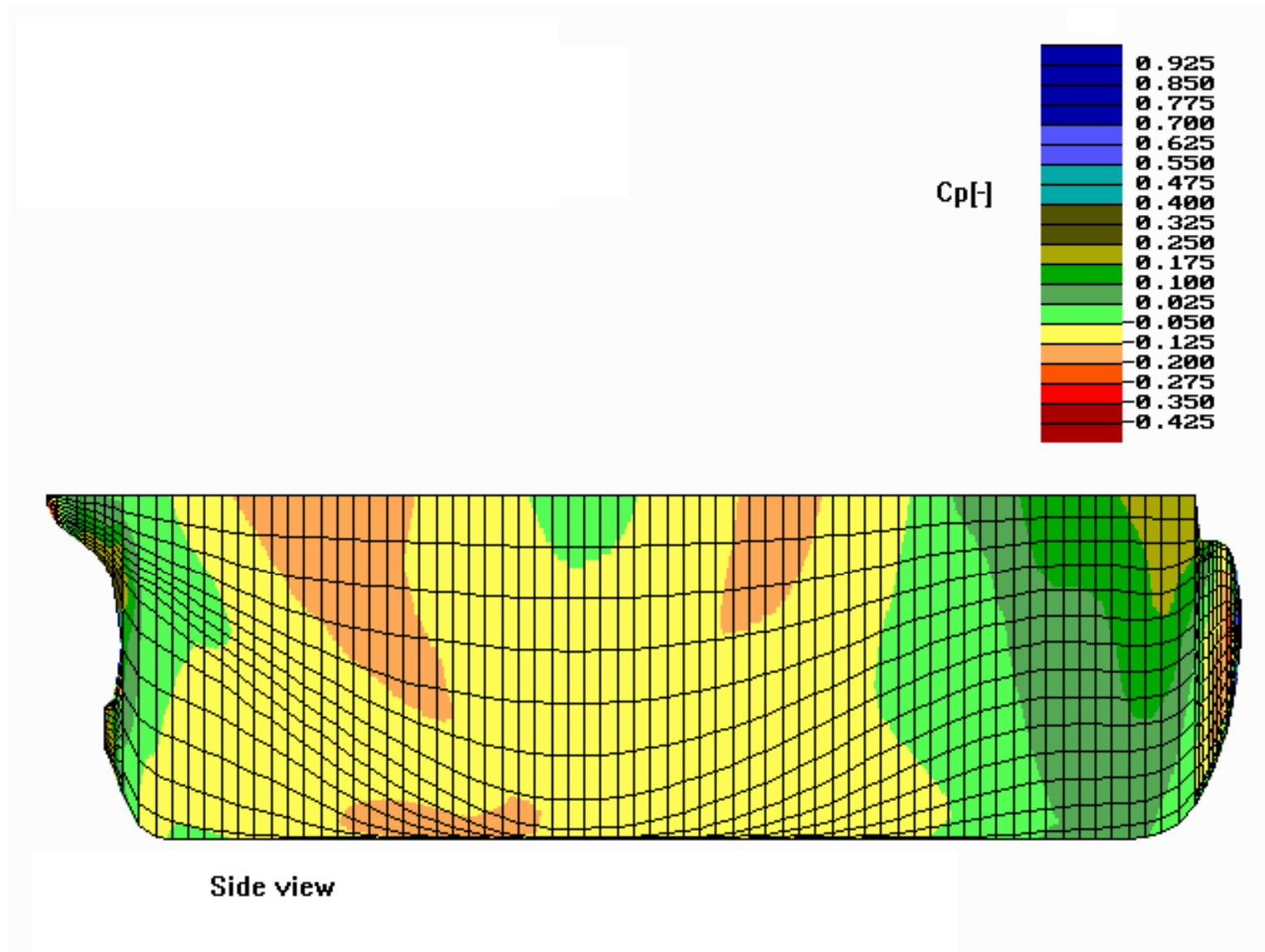
Turbina wodna umożliwiającą swobodny przepływ ryb

Water turbine allowing free movement of fish



Obliczone wektory prędkości przepływu przez wirnik turbiny

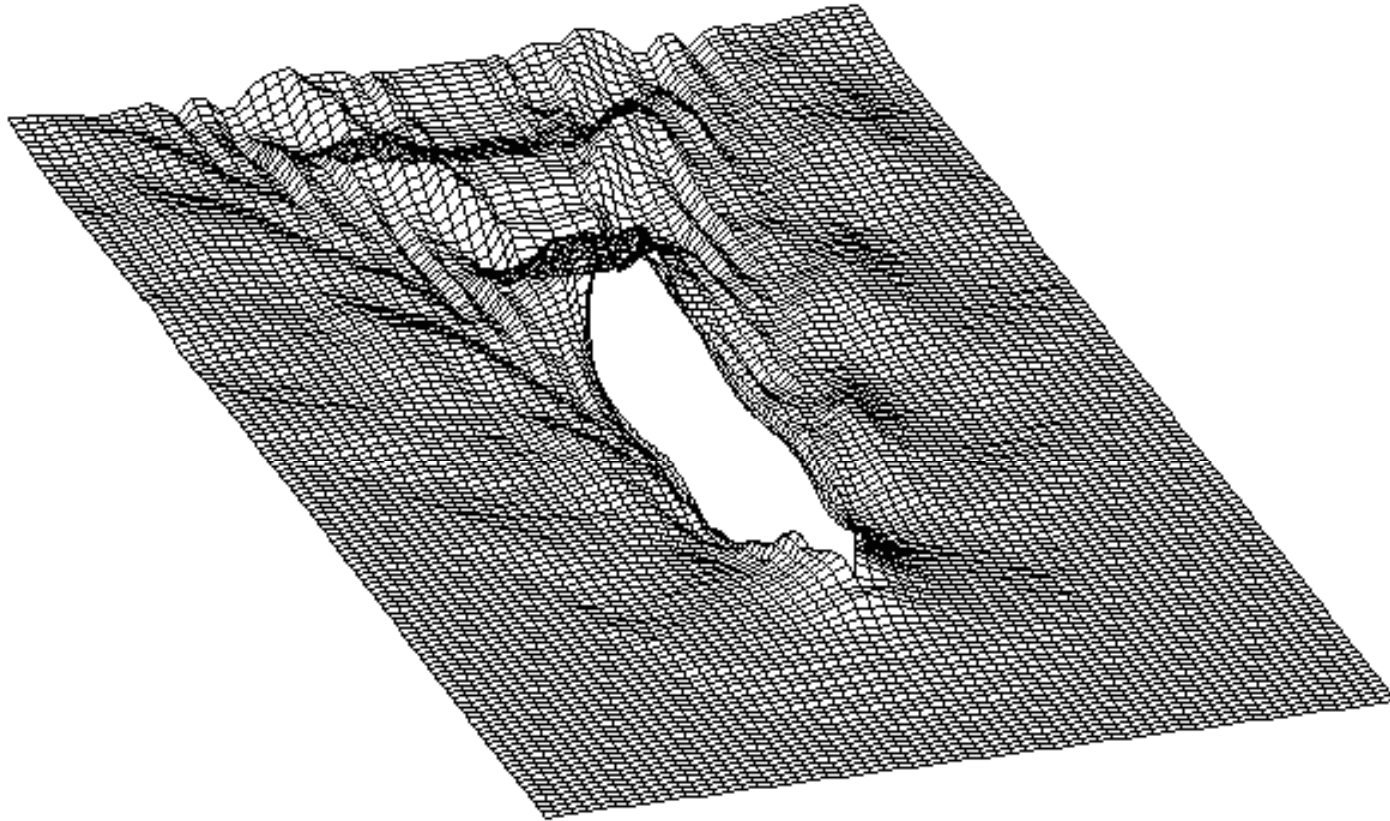
Calculated velocity vectors of the flow through the turbine rotor



Obliczone pole ciśnienia na kadłubie okrętu

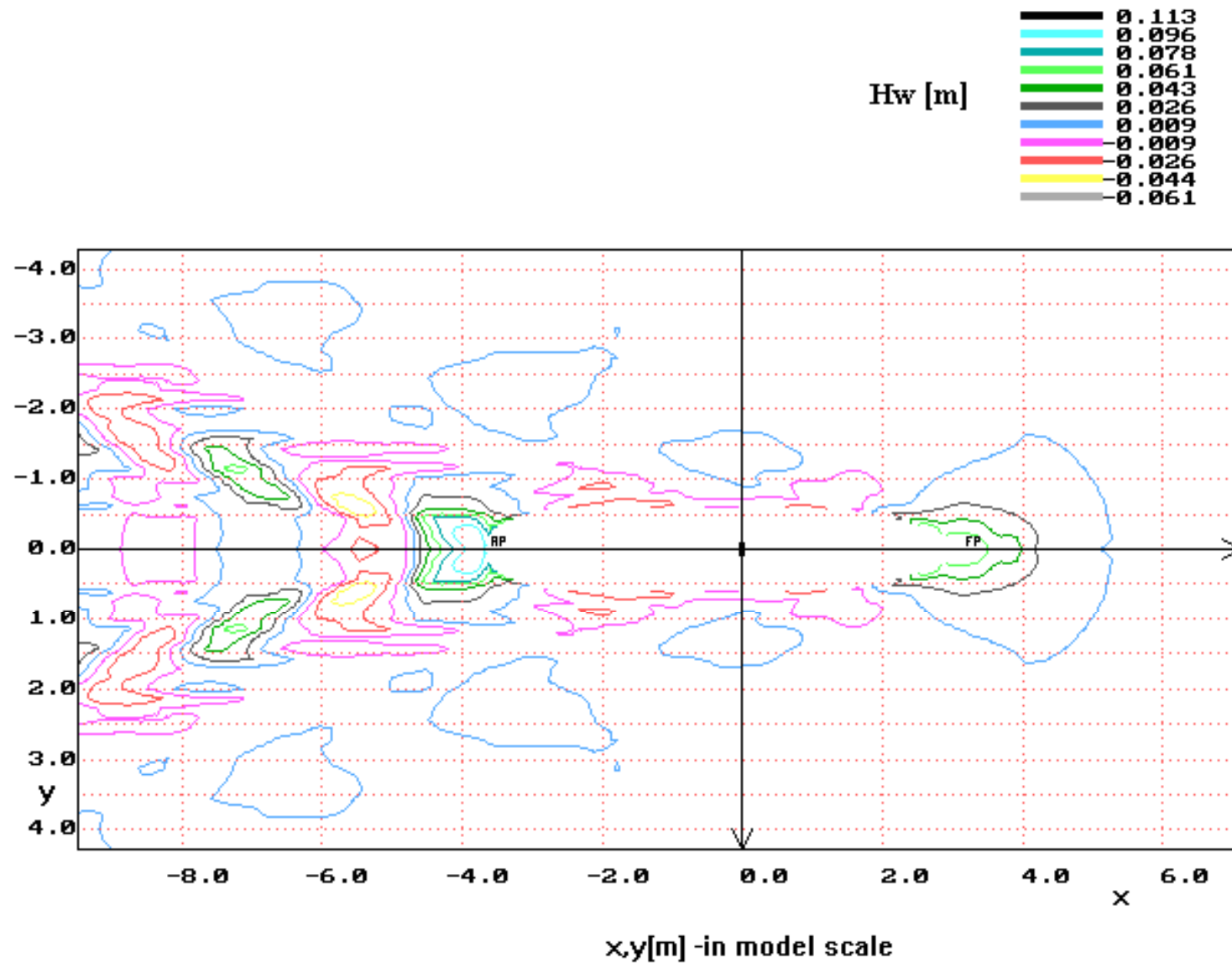
Calculated pressure field on a ship hull

Wave elevation is multiplied by 5.



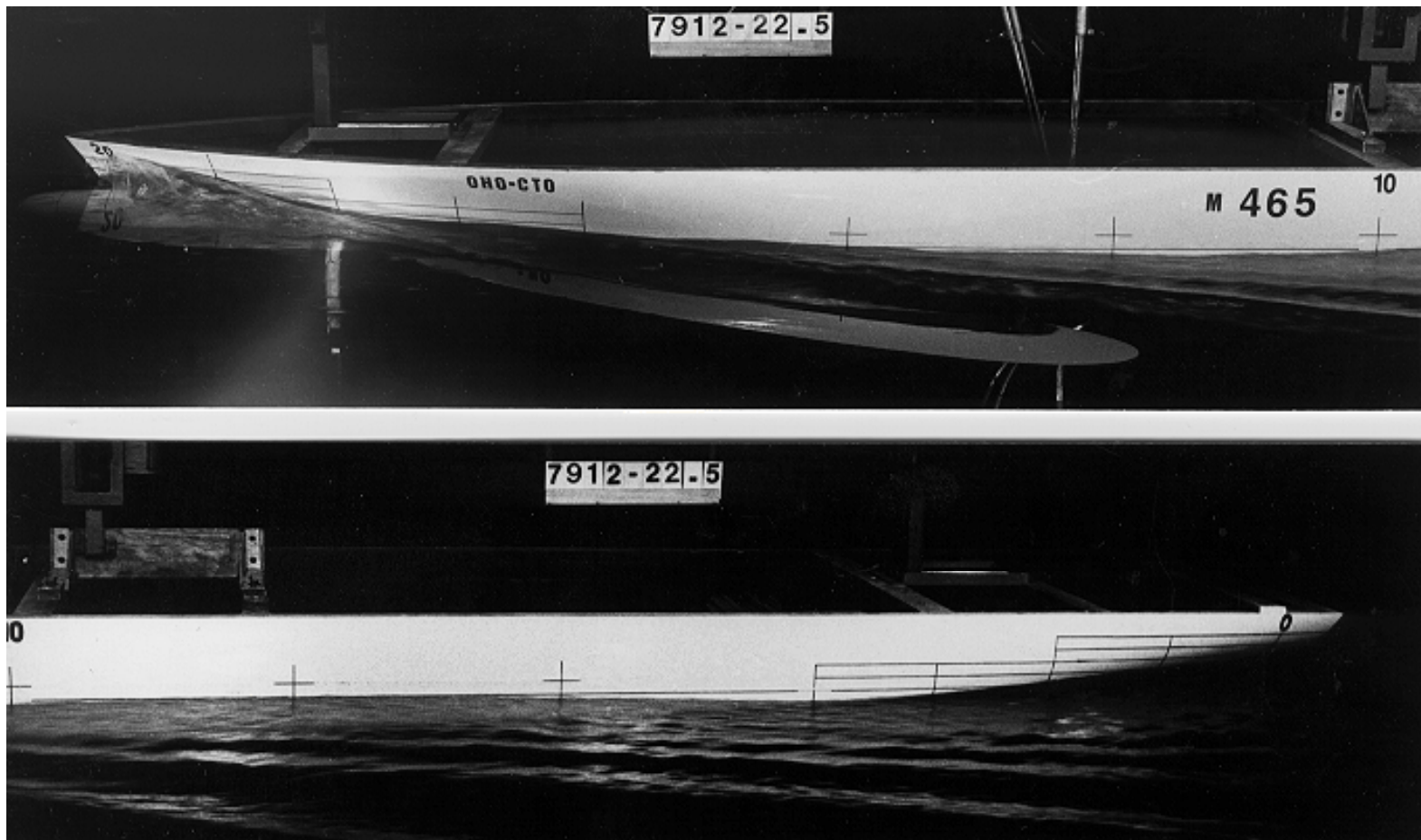
Obliczony układ fal wokół okrętu

Calculated wave pattern around a ship



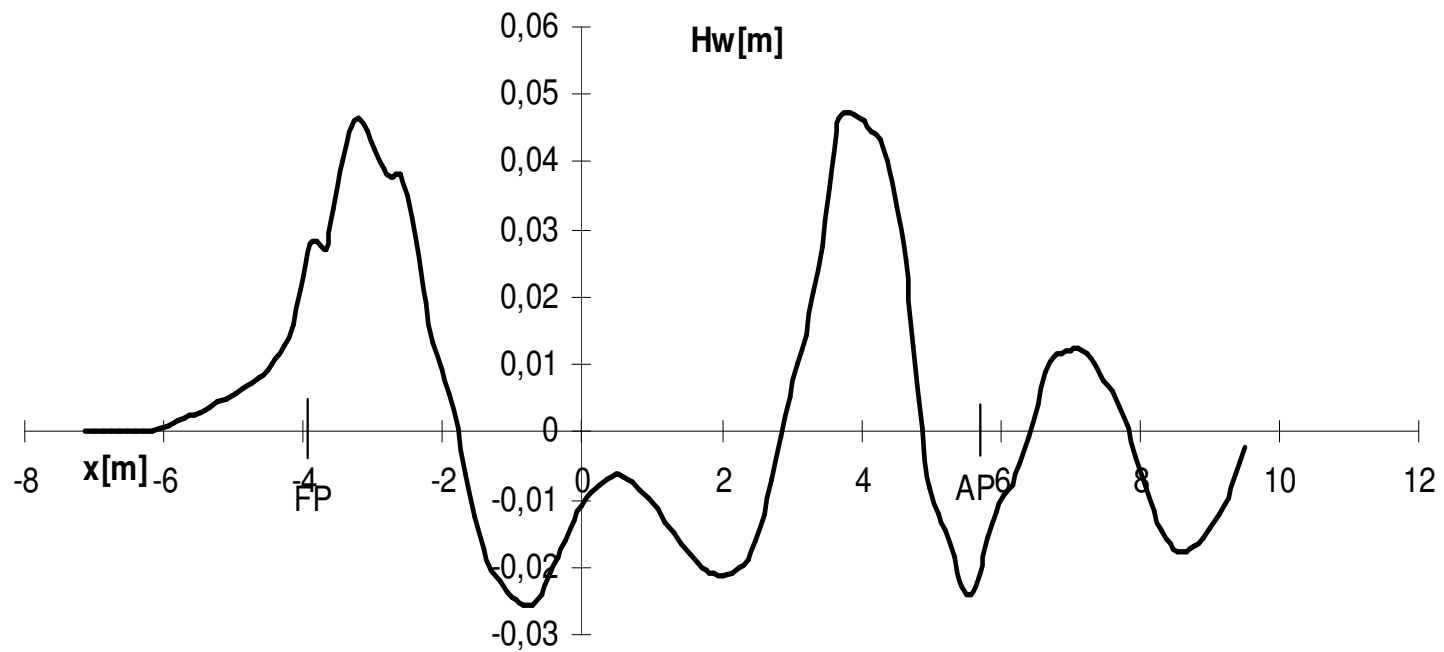
Mapa obliczonego układu falowego wokół okrętu

Map of the calculated wave pattern around a ship



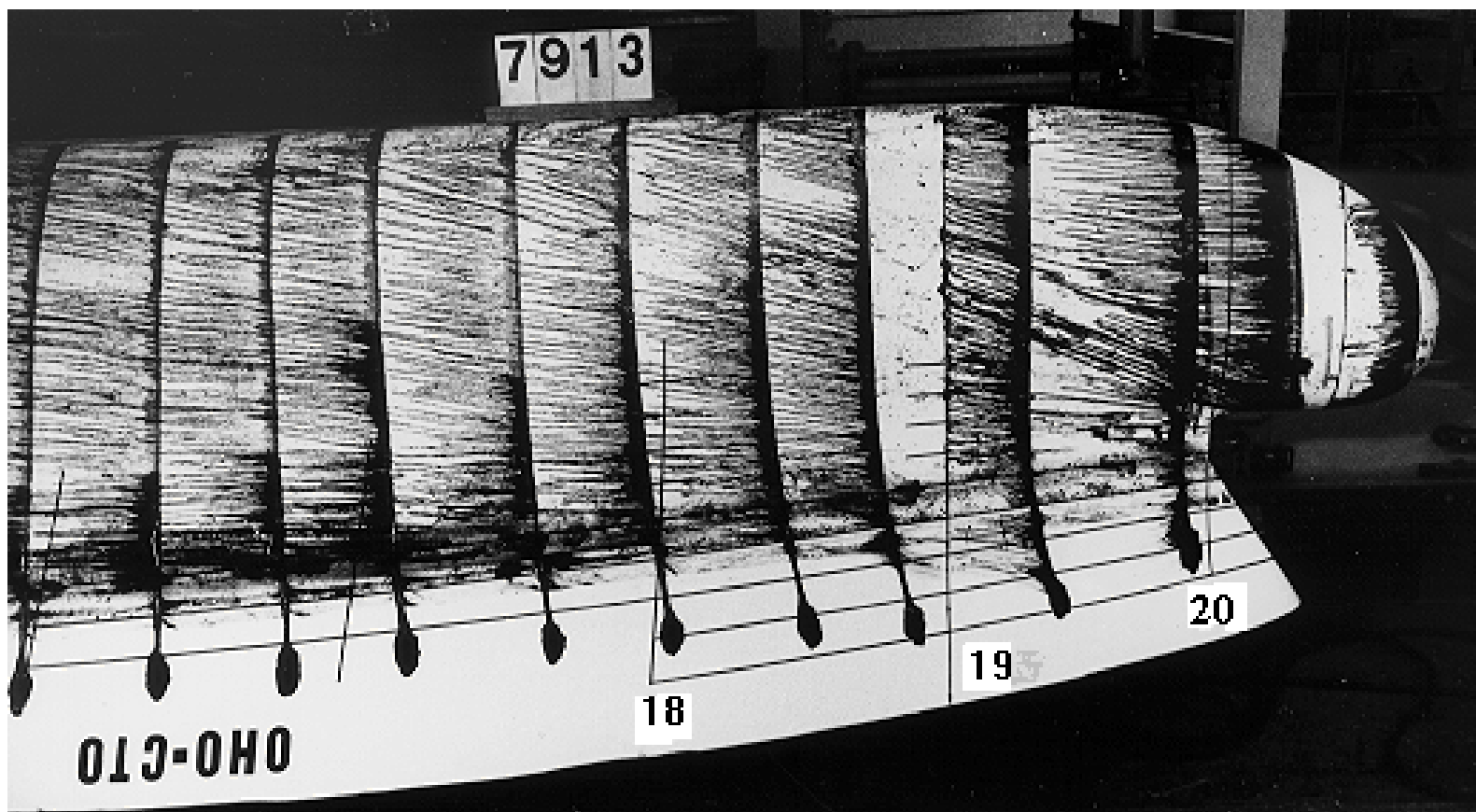
Eksperymentalna obserwacja fali wzdłuż modelu okrętu

Experimental observation of the wave along the ship model



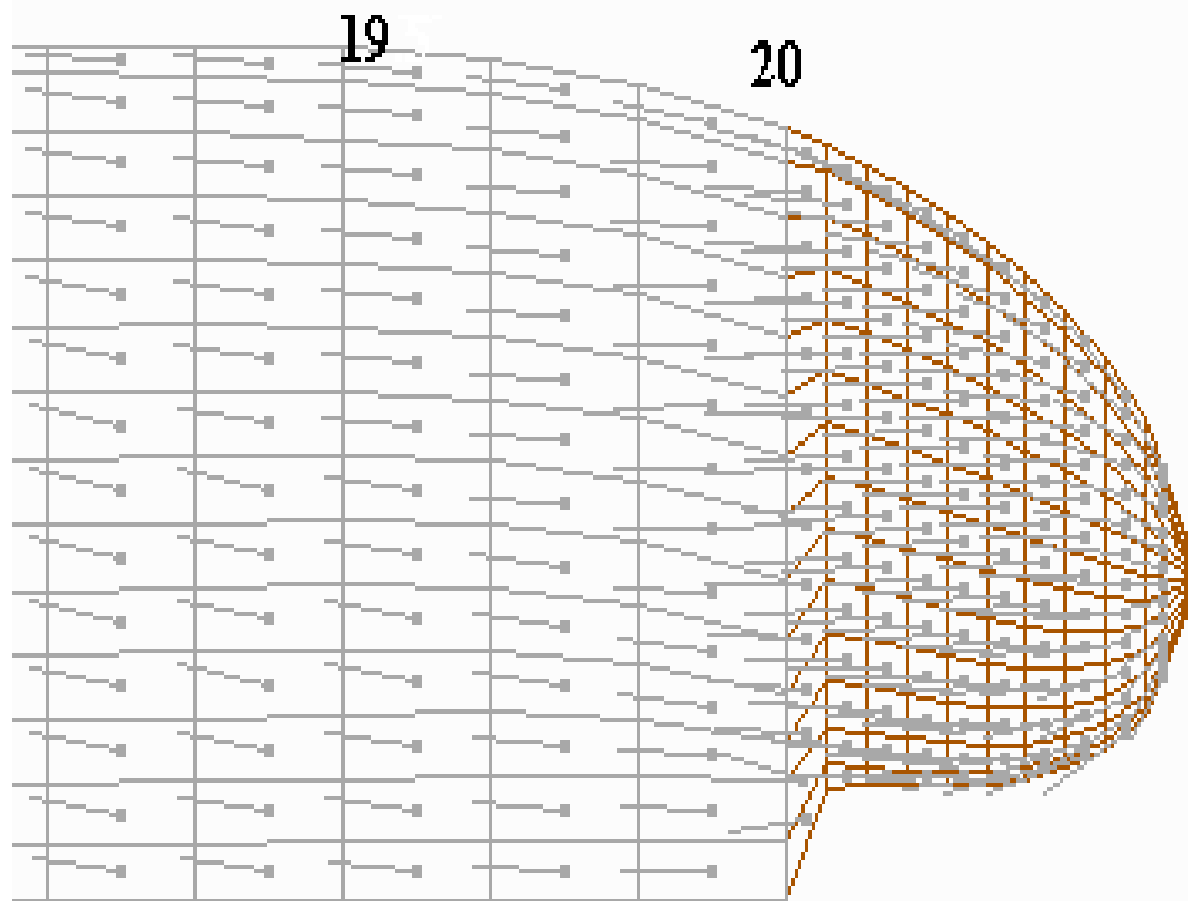
Obliczony zarys fali wzdłuż kadłuba okrętu

Calculated wave trace along the ship hull



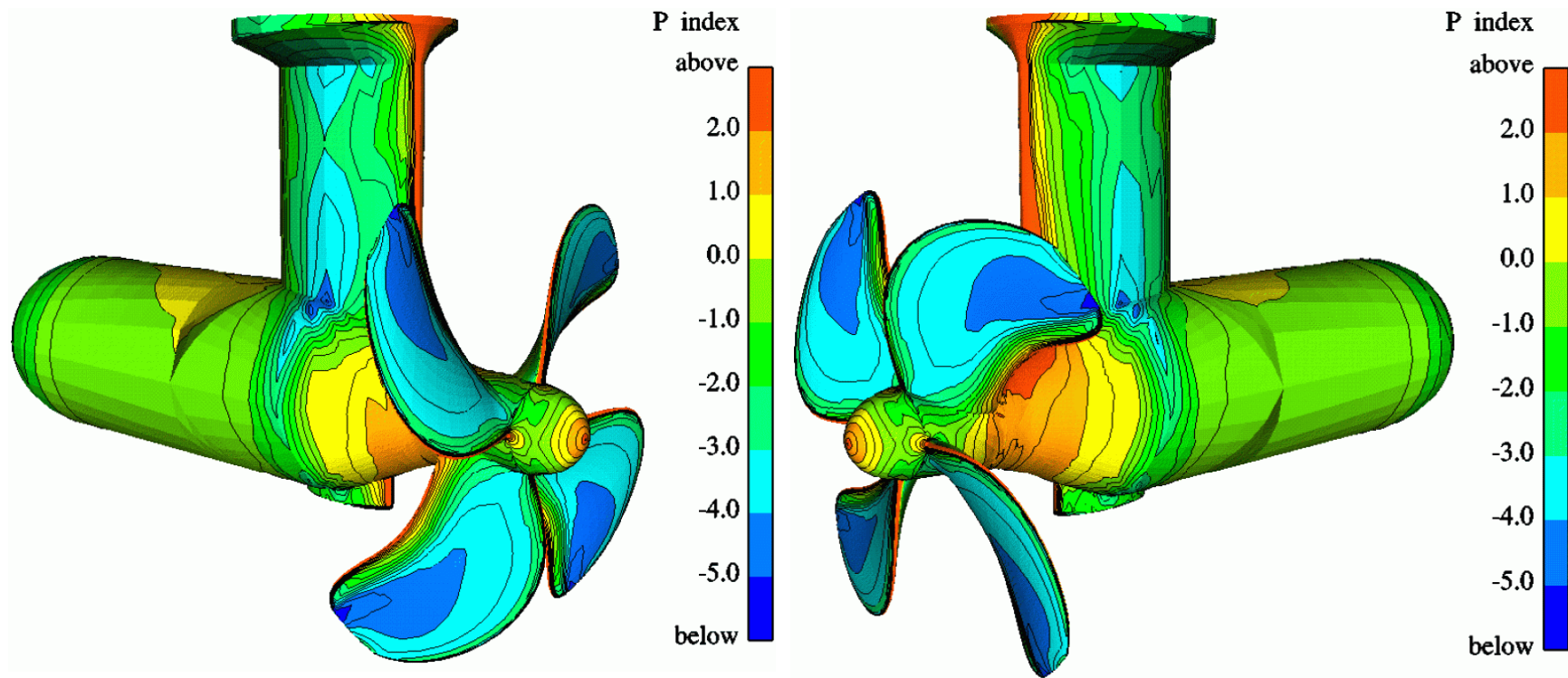
Eksperymentalnie wyznaczone linie prądu na kadłubie okrętu

Experimentally determined streamlines on a ship hull



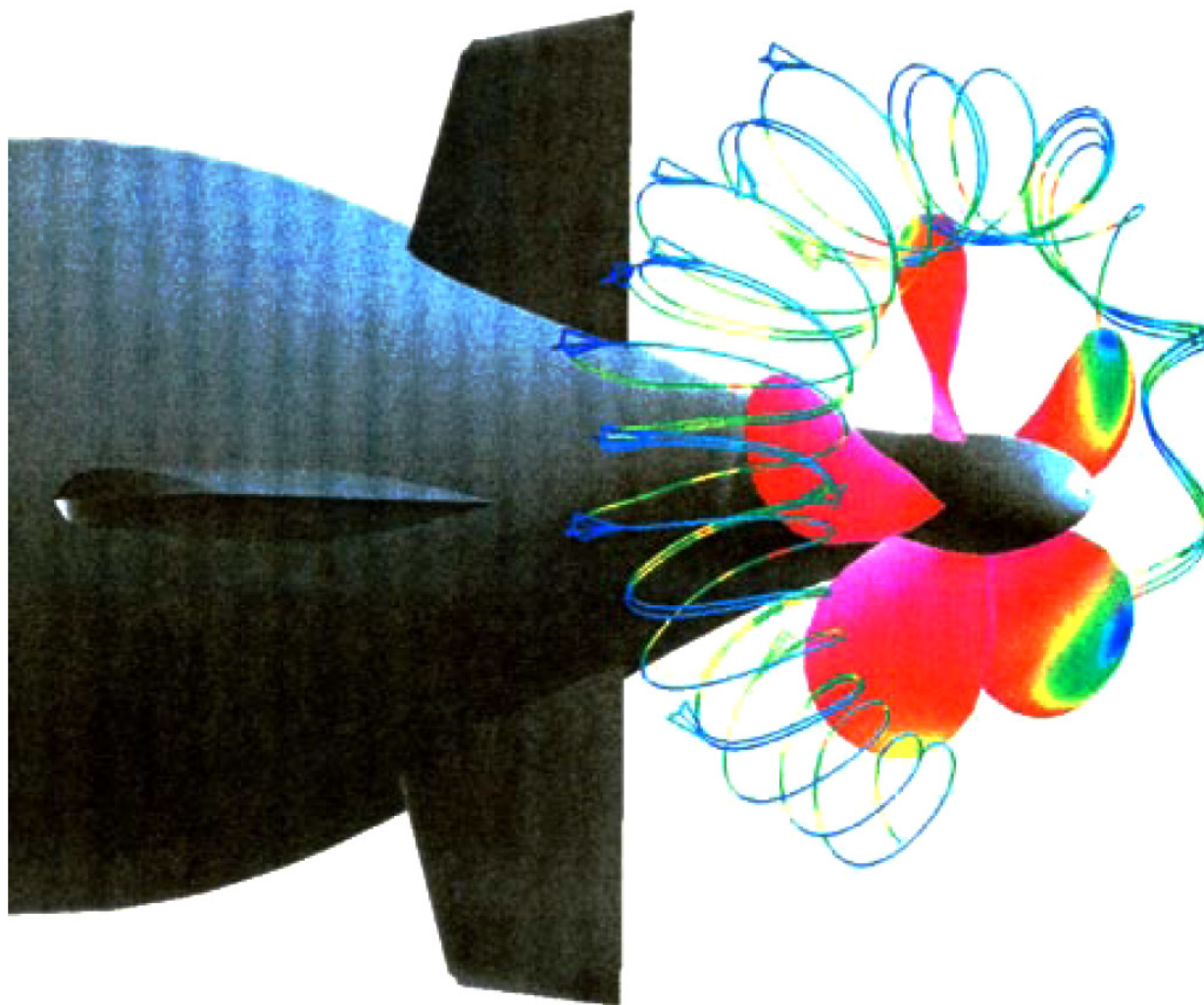
Obliczone linie prądu na dziobie okrętu

Calculated streamlines on the ship bow



Obliczony rozkład ciśnienia na okrętowym pędniku gondolowym

Calculated pressure distribution on a ship pod propulsor



Praca śruby napędowej podczas hamowania okrętu

Propeller operation during crash-stop manoeuvre

Dziękuję za uwagę!

Thank you for your attention!