

# SIEMENS

*Ingenuity for life*

Edukacja

## Politechnika Gdańska

Politechnika Gdańska wykorzystuje oprogramowanie Simcenter firmy Siemens w dydaktyce i projektach badawczych

### Produkt

Simcenter

### Wyzwania biznesowe

Przygotowanie studentów do wykonywania zawodu w obszarze oceanotechniki i okrętownictwa

Przeprowadzanie zaawansowanych projektów naukowo-badawczych

### Klucze do sukcesu

Wdrożenie oprogramowania Simcenter STAR-CCM+ do symulacji CFD

Wdrożenie technologii CFD do projektów dydaktycznych i badawczych

Efektywne kosztowo wsparcie i licencjonowanie

### Rezultaty

Obsługa symulacji CFD w szerokim zakresie specjalności inżynierskich

Wsparcie studentów w projektach konkursowych, m.in. w projektowaniu reगतowych łodzi podwodnych napędzanych siłą ludzkich mięśni

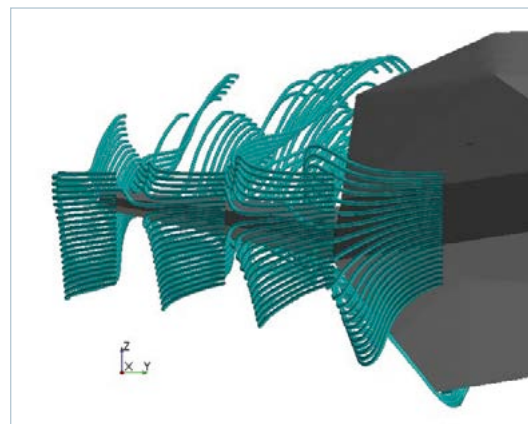
Simcenter STAR-CCM+ stał się jednym z najważniejszych narzędzi CFD służących do symulacji przepływów cieczy na uczelni

### Lider w dziedzinie oceanotechniki i okrętownictwa

Założona w 1904 roku Politechnika Gdańska jest jedną z najstarszych autonomicznych uczelni państwowych i najstarszą uczelnią techniczną w Polsce. Dziś wzmacnia swoją pozycję wśród najlepszych uczelni technicznych, certyfikowanych przez krajowe rankingi i międzynarodowe autorytety.

Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa oferuje program studiów doktoranckich, który dostosowuje kierunek studiów do zainteresowań studenta i oczekiwań partnerów przemysłowych, przygotowując studenta do nauczania, badań i kariery zawodowej w inżynierii morskiej i okrętownictwie.

Uczelnia szeroko wykorzystuje symulacje obliczeniowej dynamiki płynów (ang. CFD – Computational Fluid Dynamics) w działalności dydaktycznej i badawczej, posługując się w tym celu oprogramowaniem Simcenter™ STAR-CCM+™ firmy Siemens PLM Software. Początki współpracy gdańskiej uczelni z dostawcą rozwiązania CFD sięgają programu „No engineer left behind”, uruchomionego przez firmę CD-Adapco tuż po wybuchu



Techniki wizualizacji stosowane są przy opracowaniu wyników obliczeń, m.in. linie prądu.

kryzysu gospodarczego w 2008 roku. Zainicjowany przez twórcę oprogramowania plan wsparcia pozwalał przekwalifikować się inżynierom zagrożonym utratą pracy i tym, którzy już ją stracili. Szkolenia dotyczyły oferowanego przez CD-Adapco narzędzia CFD i zapewniały bezpłatny dostęp do licencji na oprogramowanie. Po włączeniu produktów CD-Adapco do rodziny oprogramowania Siemens Simcenter pakiet zmienił nazwę na Simcenter STAR-CCM+ i odgrywa obecnie ważną rolę w programie nauczania Politechniki Gdańskiej.

„Simcenter STAR-CCM+ doskonale nadaje się do dydaktyki i pracy ze studentami oraz

„Jeszcze do niedawna podstawowym sposobem prowadzenia badań nad przepływami wody wokół kadłubów statków były testy w basenie modelowym, zwykle w skali od 1:20 do 1:50. Obecnie uzupełniamy, a coraz częściej zastępujemy te drogie i długotrwałe testy symulacjami CFD.”

dr inż. Cezary Źródowski  
Katedra Projektowania  
Okrętu i Robotyki Podwodnej  
Wydział Oceanotechniki  
i Okrętownictwa  
Politechnika Gdańska

do zaawansowanej edukacji w zakresie CAD/CAM/CAE” – mówi dr inż. Cezary Źródowski z Katedry Projektowania Okrętu i Robotyki Podwodnej Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej. „Obecnie jest to jedno z podstawowych narzędzi CFD dla naszych doktorantów. Zarówno sposób licencjonowania, jak i kultura użytkownika powodują, że jest to oprogramowanie bardzo chętnie wykorzystywane na naszym wydziale. Studenci mają m.in. możliwość wykorzystywania licencji na zasadach „power on demand” nie tylko na politechnice, ale także na swoich prywatnych, domowych komputerach” – dodaje Cezary Źródowski.

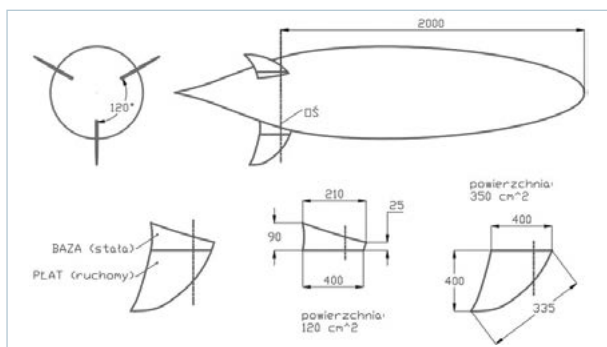
#### Proces symulacji dynamiki płynów

Proces symulacji CFD jest zazwyczaj długotrwały i zależy od tego, jaką dokładność obliczeń założy inżynier. „W zależności od ośrodka naukowego, procedury wykonywania symulacji mogą znacznie się różnić. Zazwyczaj proces składa się z 3-4 etapów. Najpierw przygotowywana jest tzw. geometria, następnie określamy domenę obliczeniową, w postaci siatki, obejmującą wodę i powietrze wokół badanego kadłuba” – mówi Cezary Źródowski.

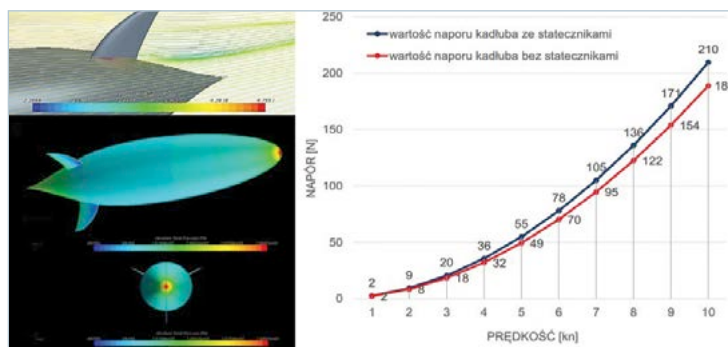
Metody elementów skończonych oraz objętości skończonych bazują na dyskretyzacji przestrzeni, czyli podziale obszaru badanego w oparciu o wyznaczoną

siatkę. Jest to żmudny proces, wymagający doświadczenia i mający bardzo istotny wpływ na wartość uzyskanych wyników. Zagęszczenie siatki symulacyjnej pozwala uzyskać dokładniejsze i bliższe rzeczywistości rezultaty, ale powoduje też wydłużenie czasu symulacji. Bardzo łatwo wygenerować model tak duży, że oczekiwanie na wyniki potrwałoby dziesiątki lat. Przyjęte założenia są więc zawsze kompromisem pomiędzy dokładnością a czasem trwania obliczeń. Prowadzone w ten sposób symulacje pozwalają rozwiązywać wszelkiego rodzaju problemy związane z przepływami: od tych w skali mikro, związanych z reakcjami chemicznymi do zagadnień w skali makro, takich jak procesy przepływu wody wokół kadłuba statku czy w korycie rzeki.

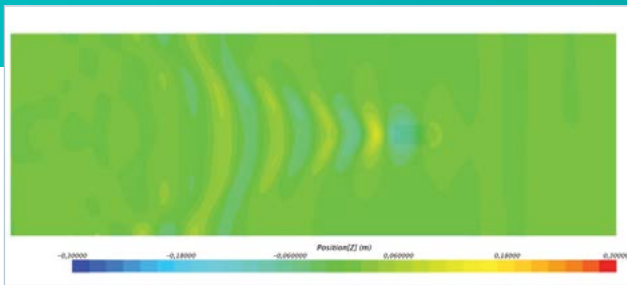
Simcenter STAR-CCM+ daje możliwość opracowania własnych makr automatyzujących czynności wymagane w typowej procedurze projektowania statku w badaniach modelowych. „Jeszcze do niedawna podstawowym sposobem prowadzenia badań nad przepływami wody wokół kadłubów statków były testy w basenie modelowym, zwykle w skali od 1:20 do 1:50. Wyniki tych testów przeliczano następnie na zachowania statków rzeczywistych. Obecnie uzupełniamy, a coraz częściej zastępujemy te drogie i długotrwałe testy symulacjami CFD” – mówi Cezary Źródowski.



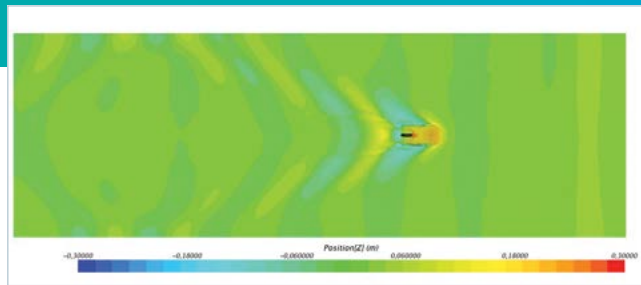
Rysunek płetwy sterującej Nautilusa.



Symulacja parametrów naporu jednostki.



Kształt powierzchni swobodnej generowany przez poruszający się, całkowicie zanurzony obiekt.



Kształt powierzchni swobodnej generowany przez poruszający się, częściowo zanurzony obiekt.

Simcenter STAR-CCM+ oferuje również specjalne narzędzia symulacyjne i procedury dedykowane dla branży morskiej. Moduł EHP (Estimation of Hull Performance) pozwala w sposób automatyczny realizować pełny program badań, jaki zwykle wykonywany jest w basenie. Inżynierowi pozostaje tylko przygotowanie odpowiedniego kształtu analizowanego modelu i wprowadzenie danych do oprogramowania. Otrzymane wyniki powinny być zgodne z otrzymanymi w basenie.

#### Kalibrowanie modelu

Pomimo postępu w technologii symulacji baseny wciąż są potrzebne, a nawet niezbędne, by właściwie przygotować model obliczeniowy. Aby otrzymywać wyniki odpowiadające rzeczywistości konieczne jest odpowiednie skalibrowanie modelu poprzez dostosowanie występujących w nim współczynników równań. Dzięki temu można taki model wykorzystywać do symulacji setek zmodyfikowanych wariantów kształtu kadłuba, z dużą wiarygodnością uzyskanych wyników. Procentowo udział badań fizycznych stopniowo maleje na rzecz symulacji CFD. Należy się spodziewać, że zastosowanie eksperymentów w basenie w niedalekim czasie ograniczy się wyłącznie do potrzeb kalibracji modelu obliczeniowego.

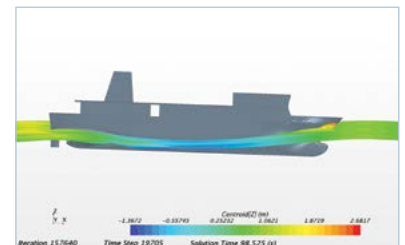
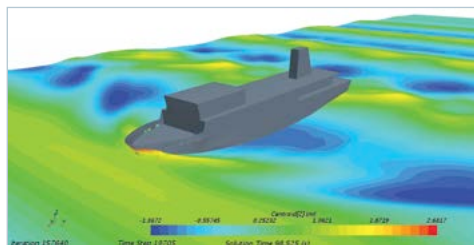
„Przedmiotem symulacji jest nie tyle statek, co medium, w którym się on porusza – woda, a w przypadku jednostek żaglowych – także wiatr. Statek, brzeg, most są tak naprawdę przeszkodami dla cieczy, a my prowadząc symulacje zajmujemy się tym, co dzieje się z płynem lub gazem po napotkaniu na przeszkody – statyczne, ruchome lub deformowalne” – zauważa

Cezary Źródowski – „Naszym zadaniem jest zbadanie, co dzieje się z cieczą po napotkaniu na taką przeszkodę. Czasami przepływy mają charakter laminarny, jednak w okrętownictwie najczęściej turbulentny. Zazwyczaj wynikiem przeprowadzonej przez inżyniera symulacji jest rozkład ciśnienia generowany przez ten przepływ. Wprowadzenie właściwych danych do modelu, czyli charakterystyki płynu, pozwala określić zachowanie kadłuba pod wpływem fal i wykrywać nieprawidłowości, takie jak np. możliwość wdzierania się wody na pokład lub zagrożenie wywrócenia statku” – dodaje Cezary Źródowski.

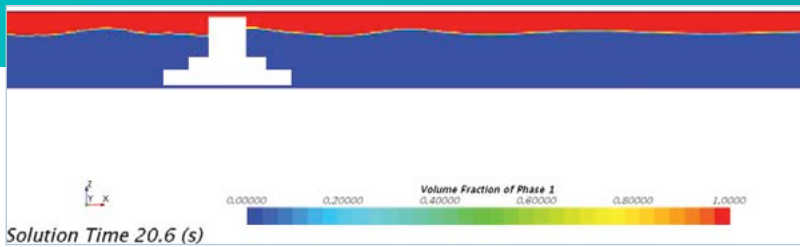
Zazwyczaj zakłada się takie parametry docelowe obiektu, by wyniki z symulacji modelu znajdowały się w sposób jednoznaczny po „stronie bezpiecznej” w stosunku do wymagań. Wynika to m.in. z ograniczeń związanych z dokładnością modelu i jakością dostępnych danych, co wymaga przyjęcia sporych zapasów bezpieczeństwa.

„Simcenter STAR-CCM+ doskonale nadaje się do dydaktyki i pracy ze studentami oraz do zaawansowanej edukacji w zakresie CAD/CAM/CAE. Obecnie jest to jedno z podstawowych narzędzi CFD dla naszych doktorantów. Zarówno sposób licencjonowania, jak i kultura użytkowania powodują, że jest to oprogramowanie bardzo chętnie wykorzystywane na naszym wydziale.”

dr inż. Cezary Źródowski  
Katedra Projektowania Okrętu i Robotyki Podwodnej  
Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa  
Politechnika Gdańska



Symulacja zachowania kadłuba na fali. Źródło: Niklas K., Pruszko H., Źródowski C., Selected results from „SmartPS - Smart Propulsion System”; project no ERA-NET MARTECIII SmartPS/4/2016; Gdansk Univ of Techn, Gdansk 2018



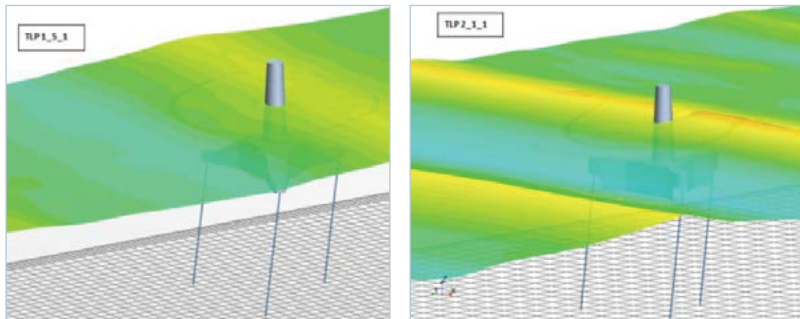
Symulacje oddziaływania fali na obiekt nieruchomy. Oprogramowanie bardzo dobrze sprawdza się w sytuacji, kiedy potrzebne są obliczenia sił generowanych przez fale morskie.

W Simcenter STAR-CCM+ wykonywanych jest wiele prac studenckich prowadzonych na Politechnice Gdańskiej. W ubiegłym roku zrealizowany został m.in. szeroko komentowany w mediach projekt łodzi podwodnej Nautilus napędzanej siłą ludzkich mięśni. Projekt ten wziął udział w konkursie International Submarine Races (ISR).

### Simcenter STAR-CCM+ ułatwia pracę inżynierom różnych specjalności

Obecnie obliczenia wykonane w narzędziach CFD zwykle wykonuje się niezależnie od obliczeń wytrzymałościowych. Jednak coraz częściej, dzięki narzędziom takim jak Simcenter STAR-CCM+ możemy w jednym procesie uwzględniać interakcję konstrukcji z płynem (FSI – Fluid Structure Interaction). Pozwala to na badanie zachowania i wytrzymałości konstrukcji na podstawie obciążeń hydrodynamicznych zbliżonych do rzeczywistych, zamiast tradycyjnie znacznie przewymiarowanych obciążeń przepisowych.

Badania realizowane za pomocą tego oprogramowania mogą dotyczyć zarówno zachowania cieczy na powierzchni kadłuba, jak i w okolicach śruby okrętowej. Inżynierowie projektujący poszycie zajmują się symulacjami kadłuba okrętu, natomiast specjaliści od napędu interesować się będą tym, co dzieje się w okolicach śruby, czyli testować model pod kątem powstawania kawitacji lub wibracji.



Ruch obiektów zakotwiczonych wywołanych działaniem fali.

Z kolei inżynierów zajmujących się sterowaniem bardziej interesują symulacje pracy płetwy steru. Dla projektantów łodzi żaglowych istotny będzie przepływ wiatru wokół żagla oraz generowany przez niego hałas. Narzędzie pozwala także przewidywać rozprzestrzenianie się ognia na statku i może być wykorzystywane do symulacji zachowania obiektu pod kątem bezpieczeństwa przeciwpożarowego.

„Projektując okręt chcemy wiedzieć, w jakich punktach następują takie negatywne zjawiska jak oderwanie przepływu od kadłuba, a w przypadku pędników – kawitacja. Tradycyjnie koncentrujemy się na oszacowaniu oporów hydrodynamicznych, które mają bezpośredni wpływ na zużycie paliwa, jednak nowoczesne oprogramowanie pozwala również na symulację własności manewrowych, dzielności morskiej czy stateczności. Testując model szukamy odpowiedzi na pytania inżynierskie, np.: jakie powinniśmy dodać stępki przechyłowe, żeby zmniejszyć kołysanie statku lub czy mamy dodać elementy modyfikujące przepływ przed śrubą, których zadaniem będzie podniesienie sprawności napędowej lub minimalizacja drgań generowanych przez śrubę dla podniesienia komfortu pracy i trwałości urządzeń” – mówi Cezary Żrodowski. „Simcenter STAR-CCM+ jest uniwersalnym narzędziem dla wielu specjalizacji. CFD pozwala tworzyć nawet modele walcowania stali, ponieważ w określonych warunkach metal może być traktowany jako płyn” – puentuje Cezary Żrodowski.

### Simcenter STAR-CCM+ dla studentów

Z pomocą tego oprogramowania wykonywane są również profesjonalne projekty naukowe. Są to m.in. projekty statków czy projekty platform wiertniczych. Około 50 studentów korzysta z narzędzi zintegrowanych z CFD wykonując symulacje dla poszczególnych geometrii. Część z nich realizuje bardziej zaawansowane symulacje z zakresu mechaniki płynów. Z narzędzi korzystają także doktoranci prowadzący projekty



## Rozwiązania/Usługi

Simcenter STAR-CCM+  
siemens.com/simcenter

## Podstawowa działalność Klienta

Założona w 1904 roku Politechnika Gdańska jest jedną z najstarszych autonomicznych uczelni państwowych i najstarszą uczelnią techniczną w Polsce. Dziś wzmacnia swoją pozycję wśród najlepszych uczelni technicznych, certyfikowanych przez krajowe rankingi i międzynarodowe autorytety.  
www.pg.edu.pl

## Lokalizacja Klienta

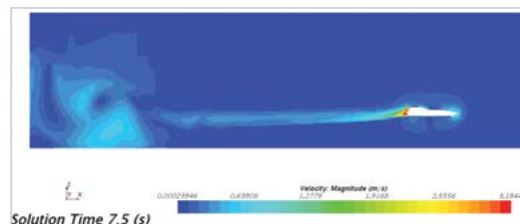
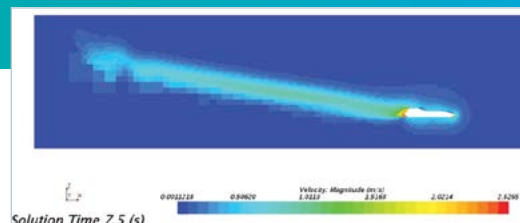
Gdańsk  
Polska

komercyjno-badawcze dotyczące platform oraz badające pracę farm wiatrowych na morzu.

„Simcenter STAR-CCM+ zaprojektowany jest do obsługi przez inżynierów. Nie wymaga wysoce specjalistycznej wiedzy koniecznej, by rozpocząć obliczenia, ale jednocześnie zawiera wiele zaawansowanych opcji pozwalających wykonywać skomplikowane badania” – mówi Cezary Źródowski. „Istotną jest integracja z systemem przy modelowaniu geometrii. Doskonale spełnia ona swoje funkcje w symulacji mechaniki płynów. Bardzo wygodna jest możliwość wykupu tzw. rdzeniogodzin. Przyczynia się to do znacznego obniżenia kosztów badań. Jednocześnie dane między wersją edukacyjną, a komercyjną są w pełni kompatybilne. Pozwala to kontynuować prace rozpoczęte przez studentów jako ćwiczenia, w ich późniejszych badaniach w czasie studiów magisterskich i doktoranckich” – dodaje Cezary Źródowski.

## Projekt Nautilus

Nautilus - tak nazywa się łódź podwodna, którą zbudowali studenci z Koła Naukowego Piksel Politechniki Gdańskiej przygotowując swoją pracę na zawody odbywające się w Wielkiej Brytanii. Łódź mierzy 2,7 m długości, a jej przekrój



Obliczanie sił działających na obiekt poruszający się po zadanej trajektorii.

wynosi jedynie 61 cm. Projektantom chodziło o to, by ich łódź była jak najmniejsza i wywoływała minimalne opory wody.

Łódź wzięła udział w międzynarodowych wyścigach ISR studenckich drużyn uniwersyteckich, które co dwa lata odbywają się w Gosport. Zadaniem drużyn jest zaprojektowanie i zbudowanie regatowej łodzi podwodnej napędzanej siłą ludzkich mięśni, a następnie zwycięstwo w wyścigu tego typu jednostek. Całość symulacji i obliczeń w tym projekcie odbywała się w narzędziu Simcenter STAR-CCM+. Studenci projektują także nawodne rowery oraz łodzie napędzane ogniwami słonecznymi.

# „Simcenter STAR-CCM+ jest uniwersalnym narzędziem dla wielu specjalizacji.”

Dr inż. Cezary Źródowski  
Katedra Projektowania Okrętu i Robotyki Podwodnej  
Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa  
Politechnika Gdańska

## Siemens PLM Software

Polska +4822 339 3523  
USA +1 314 264 8499  
Europa +44 (0) 1276 413200  
Azja +852 2230 3333

siemens.com/plm

© 2019 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens i logo Siemens zastrzeżonymi znakami towarowymi Siemens AG. Femap, HEEDS, Simcenter, Simcenter 3D, Simcenter Amesim, Simcenter FLOEFD, Simcenter Flomaster, Simcenter Flotherm, Simcenter MAGNET, Simcenter Motorsolve, Simcenter Samcef, Simcenter SCADAS, Simcenter STAR-CCM+, Simcenter Soundbrush, Simcenter Sound Camera, Simcenter Testlab, Simcenter Testxpress and STAR-CD są znakami towarowymi lub zastrzeżonymi znakami towarowymi Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. lub jej spółek zależnych lub stowarzyszonych w Stanach Zjednoczonych i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe, zarejestrowane znaki towarowe lub znaki usługowe należą do ich odpowiednich właścicieli.

76178-A6-PL 4/19 o2e