

WSTĘP

Utrzymanie i regularna inspekcja budowli hydrotechnicznych, takich jak tamy, mosty, kanały czy platformy wiertnicze, stanowią kluczowy element zapewnienia bezpieczeństwa i funkcjonalności infrastruktury wodnej. Obiekty te odgrywają istotną rolę w gospodarce, regulując przepływ wód, chroniąc przed powodzią, umożliwiając transport wodny oraz wspierając rozwój terenów przybrzeżnych. Ich złożona konstrukcja oraz ciągła ekspozycja na działanie czynników atmosferycznych i wody wymagają systematycznego monitorowania oraz dokładnych ocen stanu technicznego.

Modele 3D budowli hydrotechnicznych są szeroko wykorzystywane w inżynierii, zarządzaniu infrastrukturą oraz badaniach naukowych. Dzięki możliwości realistycznego odwzorowania obiektów i ich otoczenia modele te odgrywają kluczową rolę na wielu etapach cyklu życia takich konstrukcji.

POZYSKANIE DANYCH TOPOGRAFICZNYCH

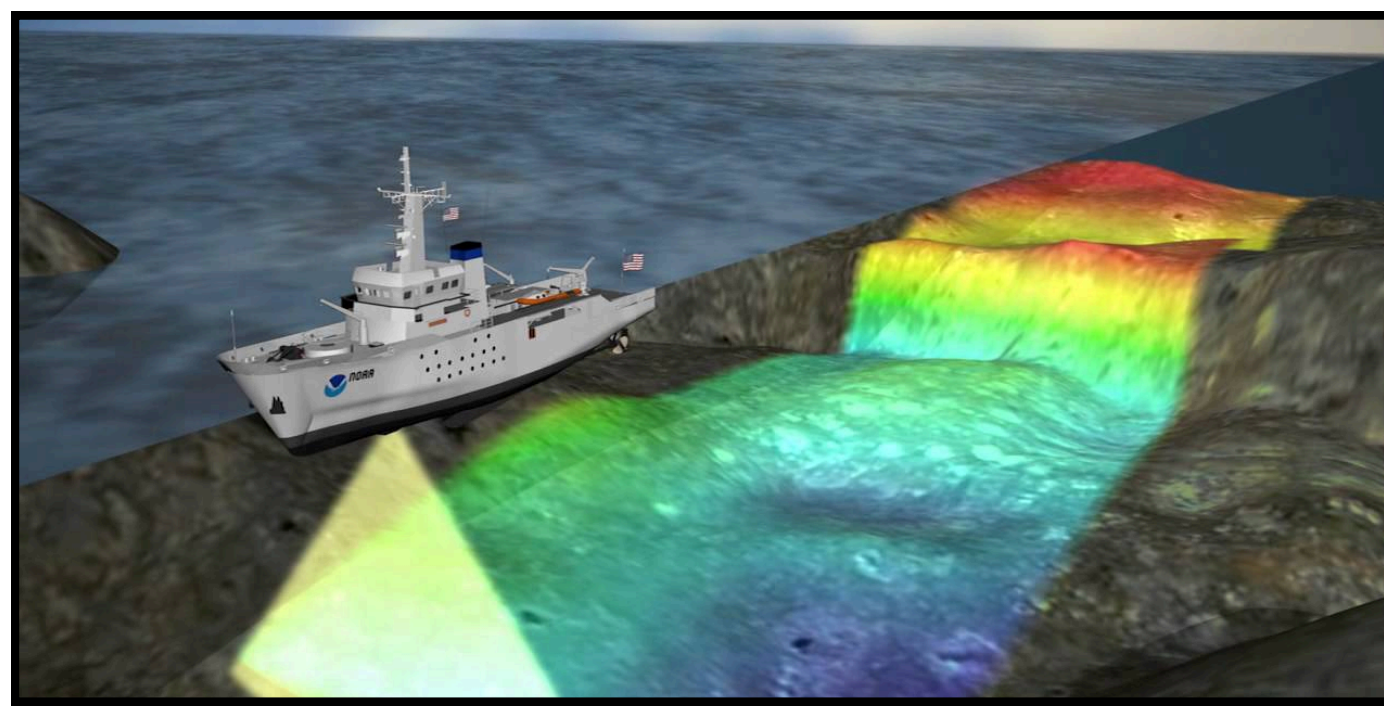
Do zobrazowania części mostu znajdującego się ponad powierzchnią wody wykorzystano mobilny skanowanie laserowe (ang. Mobile Laser Scanning - MLS). Skanery za pomocą lasera są w stanie pozyskać miliony punktów 3D poprzez rejestrację ich współrzędnych XYZ oraz parametrów intensywności odbicia.

Technologia SLAM (Simultaneous Localisation And Mapping) - do działania potrzebne są dwa typy danych. Pierwszym z nich jest chmura punktów pozyskana z głowicy skanującej. Chmura ta składa się z wielu mniejszych chmur, które dopasowywane są z wykorzystaniem ich geometrii oraz informacji zebranych z jednostek inercyjnych, które mierzą kąty, o jakie obróciła się głowica skanująca oraz przyspieszenia, jakim została poddana. Na podstawie tych danych algorytm SLAM jest w stanie spasaować ze sobą pojedyncze chmury, tak aby utworzyły jedną całość. Warunkiem poprawnego działania jest pomiar tworzący zamkniętą pętlę - koniec skanowania musi pokrywać się z jego początkiem.



STONEX X120GO SKANER SLAM

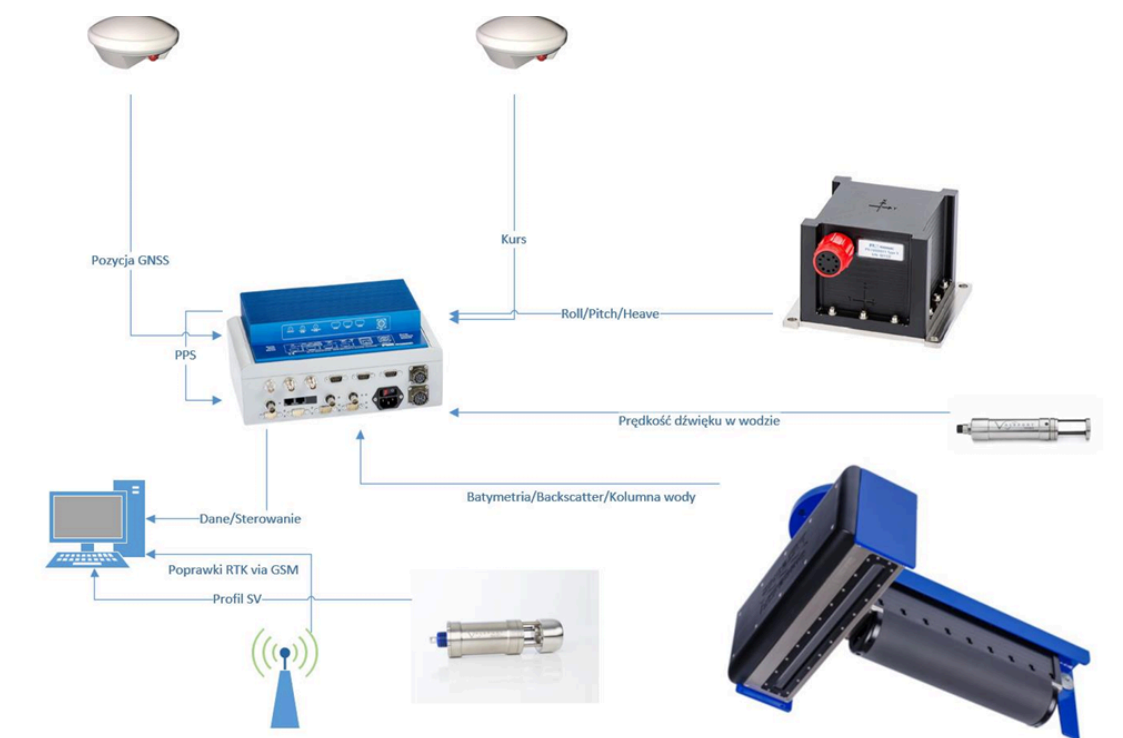
Dane techniczne	
Zasięg maksymalny	120 m
Zasięg minimalny	0.5 m
Dokładność względna	do 6 mm ¹
Rozdzielczość	16 wiązek
Prędkość skanowania	320.000 pts/s
Pole widzenia	360° x 270°
Liczba kamer	3 (5 MP każda)
Waga	1.6 kg
Temperatura pracy	od -10°C do +45°C



POZYSKANIE DANYCH BATYMETRYCZNYCH

Echosonda wielowiązkowa (MBE - Multibeam Echosounder) to narzędzie używane do mapowania dna. Charakteryzuje się zdolnością do jednoczesnego odbierania wielu wiązek akustycznych, co gwarantuje 100-procentowe pokrycie dna. Oferuje ona wysoką rozdzielczość przestrzenną, co pozwala uzyskać bardziej szczegółowe dane o topografii dna. Głębokość wody mierzona jest poprzez pomiar czasu, jaki upływa od wysłania sygnału dźwiękowego do jego odbicia od dna i powrotu. Długość tego czasu pozwala na obliczenie odległości między echosondą a dnem.

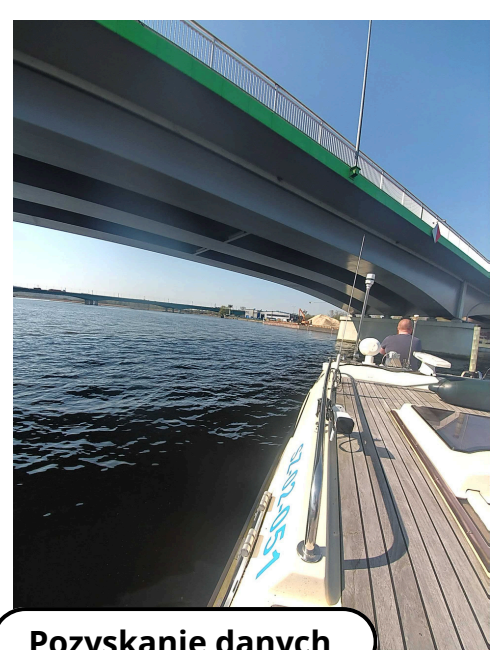
System hydrograficzny, za pomocą którego zbierane są dane o dnie morskim, jest składową kilku współpracujących ze sobą elementów. Składa się on ze sprzętu pomiarowego - echosonda wielowiązkowa; urządzeń nawigacji satelitarnej do wyznaczania pozycji i kursu jednostki oraz urządzeń wspomagających, takich jak czujnik ruchów kątowych statku czy profilomierz prędkości dźwięku w wodzie. Całość systemu jest połączona i konfigurowana za pomocą komputerów z odpowiednim oprogramowaniem, np. pakiet programów QPS.



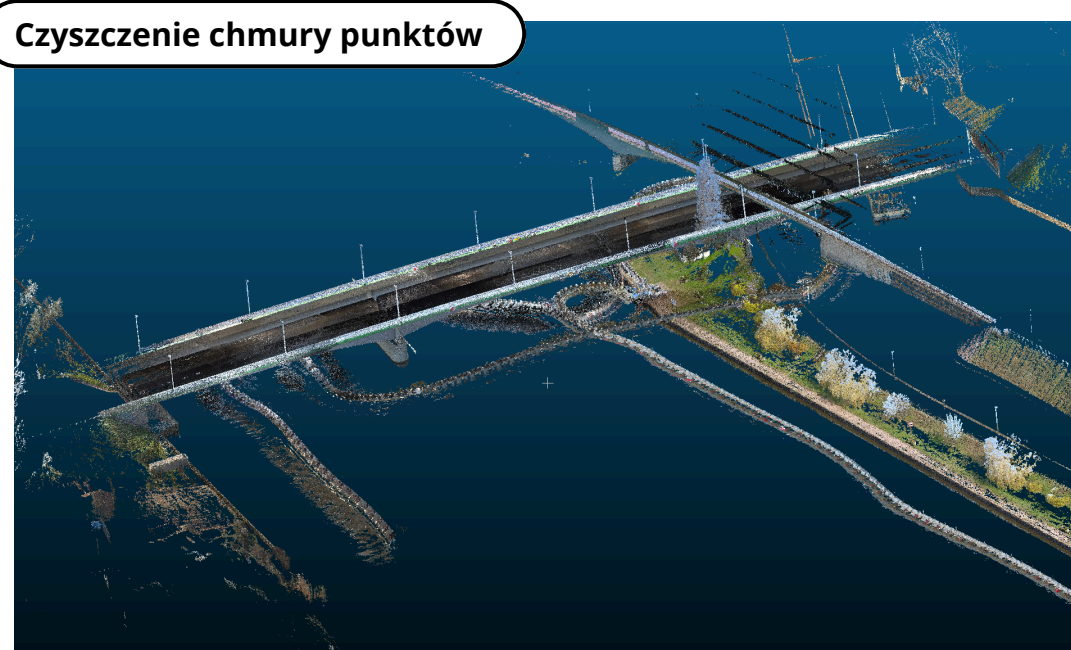
INTEGRACJA DANYCH

Sensory posiadają różne ograniczenia np. nieprzenikanie wiązki podczerwonej skanera LIDAR przez wodę, co uniemożliwia zastosowanie pojedynczego urządzenia do zobrazowania całego obiektu znajdującego się w środowisku wodnym. Integracja danych poszerza nasze możliwości dokładniejszego zobrazowania np. budowli hydrotechnicznych. Warunkiem prawidłowej integracji danych jest ujednoczony układ współrzędnych. W kontekście rosnącego zapotrzebowania na efektywną i zrównoważoną infrastrukturę wodną, integracja danych topograficznych i batymetrycznych staje się nieodzownym elementem zarządzania i monitorowania budowli hydrotechnicznych.

METODOLOGIA



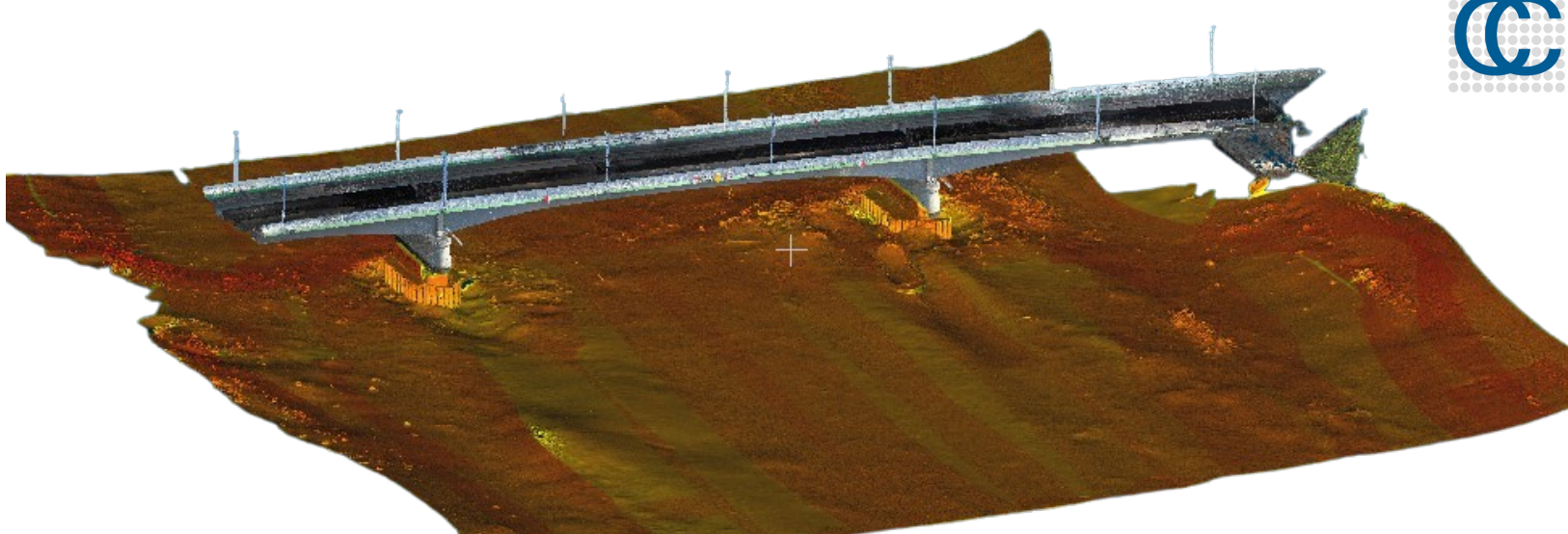
Pozyskanie danych



Czyszczenie chmury punktów

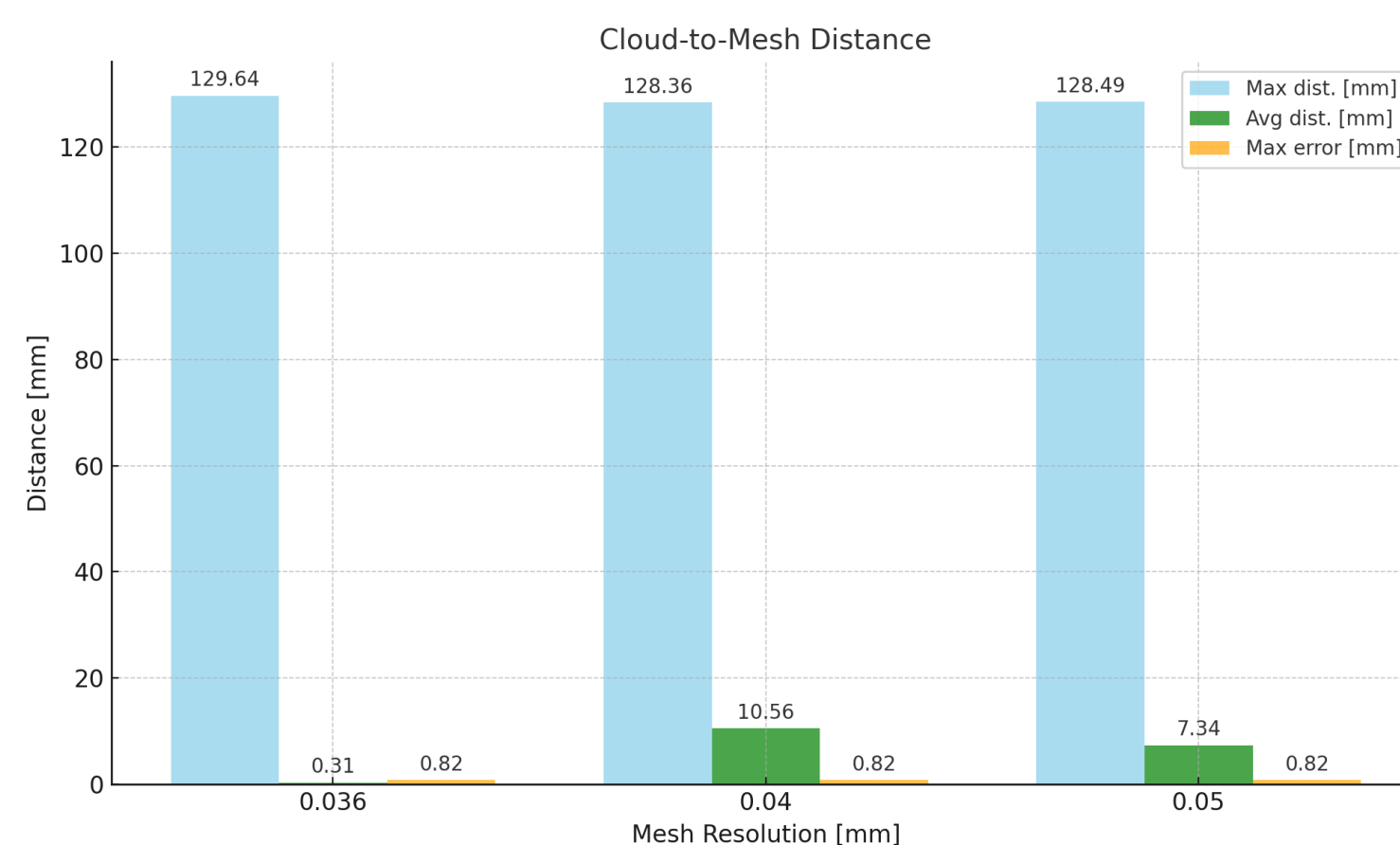


Utworzenie siatki Mesh

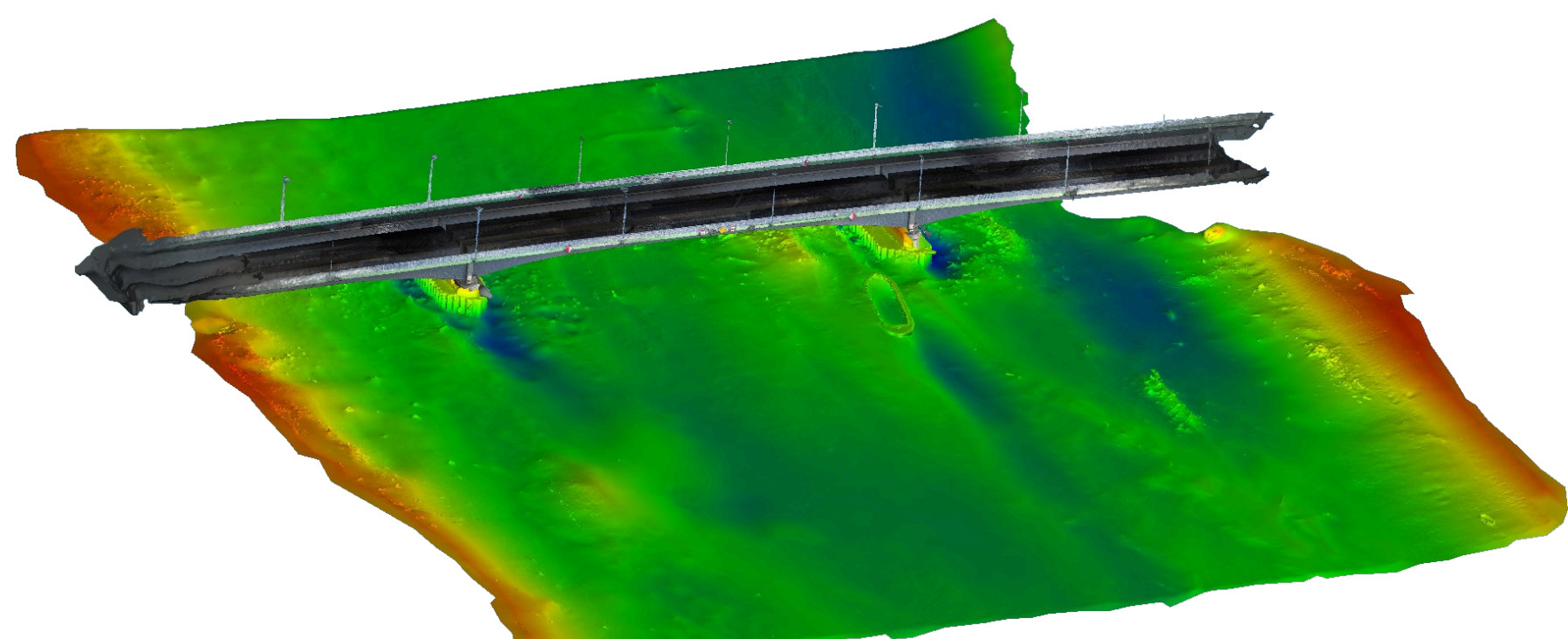


Zintegrowane dane

STATYSTYKA



WYNIKOWY MODEL 3D



WNIOSKI

Proces integracji danych topograficznych i batymetrycznych umożliwił precyzyjne odwzorowanie infrastruktury hydrotechnicznej. Analiza statystyczna porównania chmury punktów z modelami mesh o różnych parametrach wykazała znaczące różnice w odległościach. Pomimo kalibracji systemu INS wbudowanego w skaner z platformy ruchomej (kołyszącej się łodzi), wynikowa chmura punktów zachowuje prawidłową geometrię. W kontekście modelowania, wyniki odchylenia między modelem mesh, a chmurą punktów wskazały na zasadność analizy konstrukcyjnej na podstawie modeli mesh.