

POPIELARCZYK Dariusz<sup>1</sup>  
TEMPLIN Tomasz<sup>2</sup>

## OPRACOWANIE CYFROWEGO MODELU TERENU DNA JEZIORA KISAJNO

Artykuł przedstawia opis kampanii pomiarowej jeziora Kisajno, znajdującego się na szlaku Wielkich Jezior Mazurskich. W trakcie współczesnego sondażu hydroakustycznego wykorzystano techniki satelitarne pozycjonowania GNSS oraz sonde ultradźwiękową. Zebrane dane pomiarowe posłużyły do opracowania aktualnego, numerycznego modelu terenu dna. Pomiary batymetryczne jeziora Kisajno zawierały lokalizację przeszkód podwodnych: raf kamiennych i pojedynczych głazów. Opracowany nowy model terenu dna jeziora wraz z wyznaczonymi miejscami niebezpiecznymi został wykorzystany do zaprojektowania miejsc położenia znaków kardynalnych w systemie IALA.

Wykorzystując aktualną, dokładną mapę batymetryczną oraz pozycjonowanie satelitarne GNSS można bezpiecznie nawigować po jeziorze w dzień oraz w nocy.

## ELABORATION OF DIGITAL BOTTOM MODEL OF LAKE KISAJNO

The paper presents results of bathymetric measurements carried out on the lake Kisajno, which is located in the Masurian Lake District in Poland. Global positioning system (GPS) techniques integrated with Single Beam Echosounder System (SBES) were used. Collected raw data were prepared to elaborate the new, up-to-date digital bottom model of the lake.

The measurements on lake Kisajno included also preliminary localization of underwater stones and reefs. The new bottom model combined with localized stones were used to verify positions of floating signs (cardinal buoys) indicating dangerous places.

Having actual and up-to-date chart of the lake, the GNSS system can provide reliable and precise satellite navigation service for users, as well as the monitoring service for sailing boats in the case of emergency, mainly due to the strong winds and storms.

### 1. WSTĘP

Zdecydowana większość śródlądowych zbiorników wodnych w Polsce posiada nieaktualne mapy batymetryczne. Wiele z nich nigdy nie było badane pod kątem

<sup>1</sup>Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, ul. Heweliusza 5, 10-724 Olsztyn, e-mail: [dariusz.popielarczyk@uni.olsztyn.pl](mailto:dariusz.popielarczyk@uni.olsztyn.pl)

<sup>2</sup>Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, ul. Heweliusza 5, 10-724 Olsztyn, e-mail: [t.templin@kgsin.pl](mailto:t.templin@kgsin.pl)

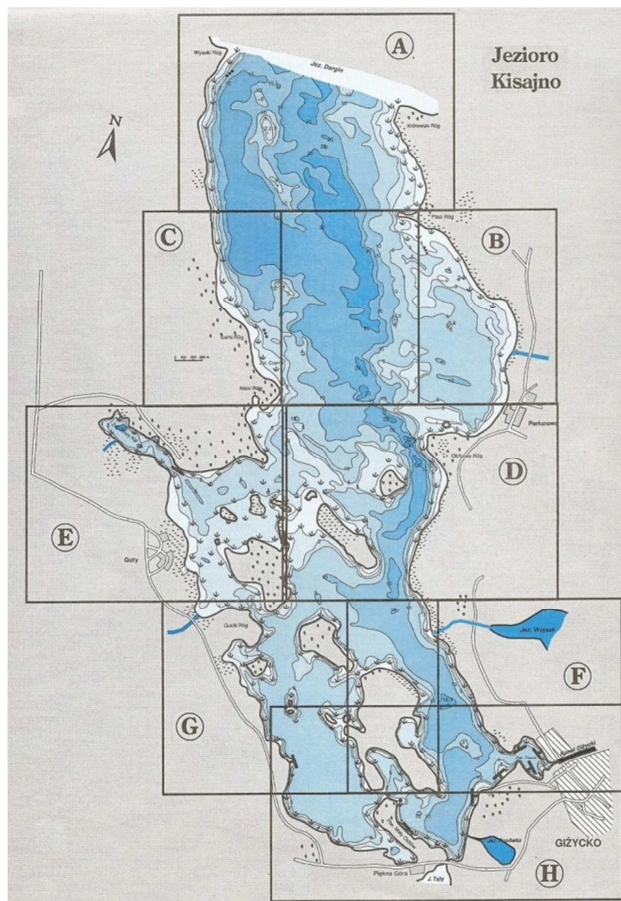
ukształtowania dna. Największe polskie jeziora leżą na pojezierzu mazurskim tworząc szlak Wielkich Jezior Mazurskich. Dotychczasowe mapy turystyczne, przewodniki żeglarskie i wędkarskie, zawierają treść batymetryczną na podstawie pomiarów wykonanych w połowie zeszłego stulecia metodami klasycznymi. Wyjątek stanowi tu jezioro Śniardwy, które zostało szczegółowo pomierzone współczesnymi technikami satelitarnej pozycjonowania GNSS, zintegrowanymi z hydroakustycznymi metodami pomiaru głębokości. Pomiarzy zostały wykonane przez zespół badawczy Katedry Geodezji Satelitarnej i Nawigacji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w roku 2005. Rok później wydano najnowszą mapę batymetryczną jeziora Śniardwy [1]. Mapa ta została bardzo dobrze przyjęta przez środowisko żeglarskie i wędkarskie. Dostępna jest także wersja elektroniczna mapy (ENC - Electronic Navigation Chart), wykorzystywana między innymi przez Mazurskie Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe.

Mając na uwadze ogromne zainteresowanie aktualnymi, dokładnymi mapami batymetrycznymi największych polskich jezior, wspomniany zespół badawczy pozyskał środki na realizację projektu rozwojowego pt. „Opracowanie Zintegrowanych Metod Satelitarnych do tworzenia map batymetrycznych oraz baz danych przestrzennych Wielkich Jezior Mazurskich”, w ramach którego wykonano najnowsze pomiary batymetryczne jeziora Kisajno.

## 2. JEZIORO KISAJNO - CHARAKTERYSTYKA

Przed przystąpieniem do prac pomiarowych przeanalizowano dostępne materiały i mapy dotyczące jeziora Kisajno. Najwięcej informacji uzyskano analizując mapę Instytutu Rybactwa Śródlądowego z lat 50-60-tych zeszłego stulecia [2]. Jezioro Kisajno należy do kompleksu Wielkich Jezior Mazurskich i leży w bezpośrednim sąsiedztwie miasta Giżycko. Jest najbardziej na południe wysuniętym zbiornikiem z kompleksu Mamr. Sąsiaduje z zachodnimi brzegami Giżycka. Średnia głębokość akwenu wynosi 8.4 m. Od północy łączy się z jeziorem Dargin. Z południowego brzegu jeziora wychodzą dwa kanały, które prowadzą na jezioro Niegocin. Kanał wschodni to tzw. Kanał Giżycki (Łuczański) i prowadzi przez centrum Giżycka. Zachodni kanał nosi nazwę Kanał Piękna Góra i prowadzi do jeziora Tajty i dalej Kanałem Niegocińskim do jeziora Niegocin.

Zbiornik jeziora wyraźnie podzielony jest na część południową płytszą, z wyspami i obficie zarośniętą oraz północną, głębszą o bardziej wyrównanym dnie i mniej rozwiniętej linii brzegowej. Jezioro Kisajno posiada dobrze rozwiniętą linię brzegową. Urozmaicona jest ona licznymi półwyspami, zatokami oraz kilkunastoma wyspami, położonymi w południowej części akwenu. Są one ścisłym rezerwatem ptactwa wodnego. Wyspy rozdzielają południowy rejon jeziora na dwie różne części. Część wschodnia to szeroki szlak żeglowny, a część zachodnia to wąskie przejścia, zarośnięte trzcina płycizny i kilka bindug. Powierzchnia jeziora wynosi 1896 ha, z czego powierzchnia wysp zajmuje 122.9 ha.



Rys. 1. Archiwalny plan głębokościowy jeziora Kisajno.

### 3. PRZYGOTOWANIA DO POMIARÓW BATYMETRYCZNYCH

Przed przystąpieniem do prac terenowych skonfigurowano aparaturę pomiarową oraz zaprojektowano główne profile pomiarowe. Prace sondażowe planowano wykonać z wykorzystaniem Zintegrowanego Systemu Batymetrycznego, opracowanego i wdrożonego przez zespół naukowo-badawczy Katedry Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W skład systemu wchodzi zestaw geodezyjnych odbiorników satelitarnych do pracy techniką DGPS (Differential GPS) oraz specjalistyczne echosondy hydrograficzne do pomiaru głębokości (Simrad EA 501P 200kHz oraz Reson NS515 33/200kHz). Powyższa aparatura umożliwia wykonywanie sondażu hydroakustycznego zgodnie z wymaganiami dokładnościowymi standardu S-44 5<sup>th</sup> Edition, Międzynarodowej Organizacji Hydrograficznej (IHO) [3]. Projekt profili pomiarowych ma na celu systematyczne pokrycie jeziora na całej jego powierzchni systemem linii w taki

sposób, aby zebrane w czasie prac dane pomiarowe zapewniły zobrazowanie zmian ukształtowania dna zbiornika, wykrycie przeszkód podwodnych i miejsc niebezpiecznych. W przypadku jeziora Kisajno profile pomiarowe zaprojektowano w kierunkach wschód – zachód, w odległościach 40 m jeden od drugiego.

Aby osiągnąć wysoką dokładność pomiaru głębokości za pomocą jednoczesotliwościowej sondy ultradźwiękowej niezbędne jest przeprowadzenie kalibracji systemu pomiarowego. Pomiary hydrograficzne prowadzone są na różnych akwenach wodnych w czasie różnych warunków atmosferycznych. Rozkład pionowy temperatury wody może być inny zależnie od obszaru, oraz może być zmienny w czasie. Dlatego też przed rozpoczęciem pomiarów batymetrycznych, oraz w ich trakcie, należy badać rozkład prędkości propagacji fal dźwiękowych w wodzie, w zależności od głębokości. Na stosunkowo płytkich wodach o stałej temperaturze, można uśrednić pomierzoną prędkość dźwięku z różnych głębokości, i po wprowadzeniu do systemu pomiarowego przystąpić do prac sondażowych. Jeśli mamy do czynienia z głębokim zbiornikiem wodnym o zdecydowanie zróżnicowanej temperaturze wody na różnych głębokościach, należy pomierzyć pionowy rozkład prędkości fal akustycznych i policzyć poprawki korekcyjne dla poszczególnych głębokości. Pionowy rozkład prędkości fal ultradźwiękowych w wodzie można pomierzyć przy pomocy sondy kalibracyjnej lub za pomocą tzw. płyty kalibracyjnej (deski kalibracyjnej). W pierwszym dniu każdego z etapów pomiaru, przed rozpoczęciem sondażu wykonywano badania parametrów wody w celu ustalenia prędkości rozchodzenia się dźwięku w wodzie. Prędkość dźwięku w wodzie ma zasadniczy wpływ na dokładność pomiaru głębokości metodami hydroakustycznymi.

#### **4. WYKONANIE SONDAŻU HYDROAKUSTYCZNEGO**

Prace pomiarowe na jeziorze Kisajno prowadzone były w dwóch etapach w ramach realizacji projektu badawczego rozwojowego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Opracowanie Zintegrowanych Metod Satelitarnych do tworzenia map batymetrycznych oraz baz danych przestrzennych Wielkich Jezior Mazurskich”. W roku 2009 przeprowadzono pomiary podstawowe. W roku 2010 przeprowadzono pomiary testowe oraz kontrolne [4]. Podczas prac zebrano surowe dane batymetryczne. Zarejestrowano także echogramy w postaci cyfrowej do dalszego opracowania. Nawigacja łodzi po profilach odbywała się z wykorzystaniem odbiornika satelitarnego Topcon HiPer Pro pracującego w trybie DGPS.

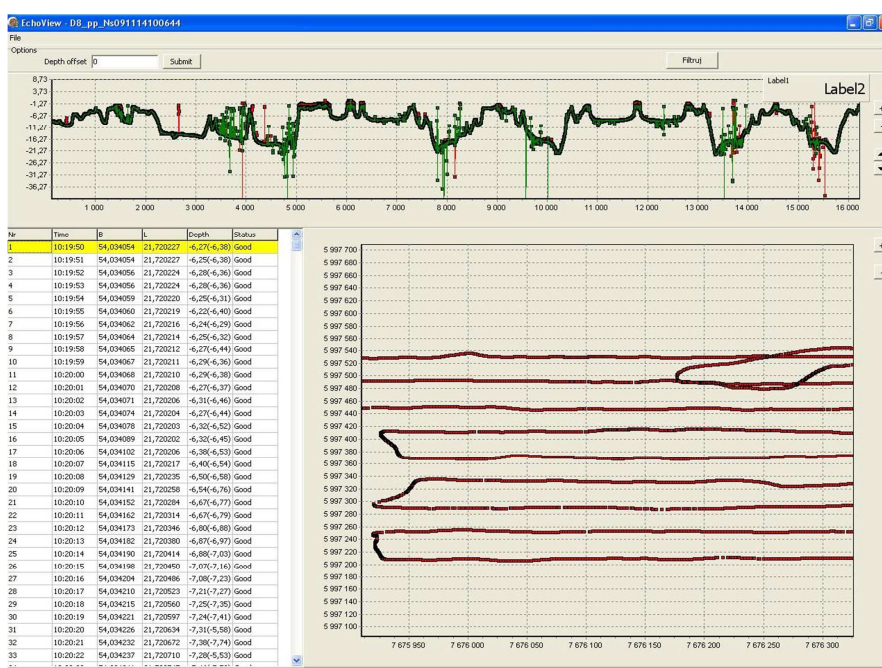
Poprawki korekcyjne generowane były w oparciu o lokalną stację referencyjną Giżycko (GIZY) z wykorzystaniem serwisu DGPS systemu ASG-EUPOS. Jednocześnie zbierano surowe dane do obliczeń w trybie post-processing i do wykonania analiz dokładności satelitarnego pozycjonowania. Surowe obserwacje satelitarne wykorzystane były także do obliczenia poziomu lustra wody na każdy dzień pomiaru. Wyniki te kontrolnie porównano ze wskazaniami poziomu lustra wody mareografu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Przystani (kanał Mazurski) oraz w Giżycku.

#### **5. OPRACOWANIE SUROWYCH DANYCH BATYMETRYCZNYCH**

Rezultatem sondażu hydroakustycznego jest szereg echogramów przedstawiających zbiór danych batymetrycznych oraz pliki z zarejestrowanymi danymi batymetrycznymi i

pozycją. Echogram w sposób graficzny przedstawia dane pomiarowe: głębokość, ustawienia echosondy oraz pozycję, które definiują obraz dna akwenu.

Do filtracji i opracowania echogramów pochodzących z pomiarów jeziora Dargin wykorzystano autorskie aplikacje Echo Konwerter oraz Echo View. Aplikacje te umożliwiają korelowanie w czasie danych z systemu pozycjonowania i systemu pomiaru głębokości, oraz ułatwiają w dużym stopniu proces opracowania obserwacji. Programy przygotowują także dane wejściowe do programów typu CAD czy GIS, które umożliwiają modelowanie numerycznego modelu terenu dna oraz opracowanie cyfrowej mapy batymetrycznej.



Rys.2. Kontrola danych. Aplikacja Echo View.

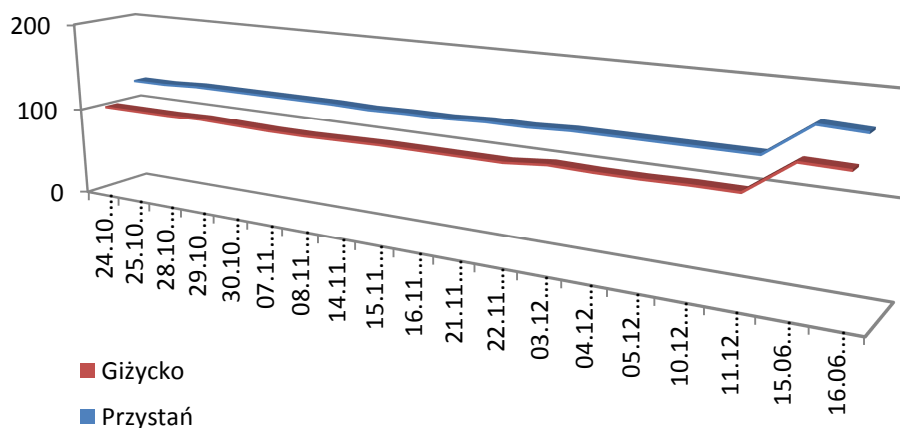
Pomiary na jeziorze Kisajno wykonywane były w dwóch kampaniach pomiarowych w różnych porach roku. Pomiary z różnych dni różniły się poziomem lustra wody. Opracowanie danych wymaga wyrównania wszystkich pomiarów głębokości do jednego poziomu. Jako poziom referencyjny, założono najniższy poziom lustra wody w trakcie trwania wszystkich etapów pomiaru. Dla pomiarów przeprowadzonych na jeziorze Kisajno źródłem informacji były dwa wodowskazy zlokalizowane na Przystani pod mostem na przyczółku starego jazu na początku kanału Mazurskiego oraz położony najbliżej jeziora Kisajno wodowskaz w Giżycku Poziom "0" poszczególnych wodowskazów wynosił odpowiednio 114.39 m i 114.66 m w układzie wysokości Kronsztad'86. Dzięki odczytom wykonanym w każdym dniu pomiaru określono poziom wody i wyznaczono odpowiednie poprawki.

Zestawienie wyników przedstawiono w tabeli 1 i rysunku 3.

Tabela 1. Zestawienie odczytanych poziomów wody.

Data pomiaru	Poziom odczytany Przysań	Poziom odczytany Giżycko
24.10.2009	126	103
25.10.2009	126	103
28.10.2009	128	103
29.10.2009	128	104
30.10.2009	128	103
07.11.2009	128	102
08.11.2009	128	102
14.11.2009	127	103
15.11.2009	128	104
16.11.2009	128	104

Data pomiaru	Poziom odczytany Przysań	Poziom odczytany Giżycko
21.11.2009	130	104
22.11.2009	130	104
03.12.2009	132	108
04.12.2009	132	107
05.12.2009	132	107
10.12.2009	132	108
11.12.2009	132	108
15.06.1010	166	142
16.06.1010	164	141



Rys. 3. Zestawienie odczytów wodowskazu.

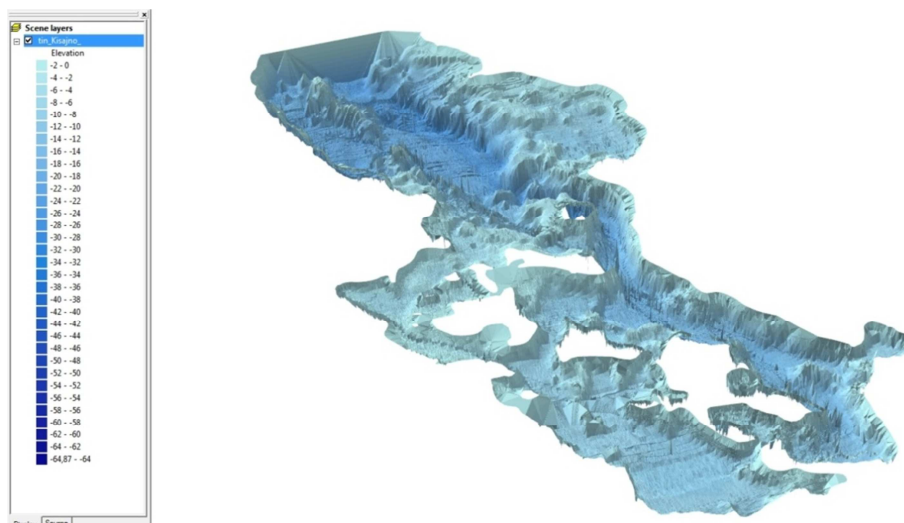
Wszystkie surowe dane batymetryczne zredukowano do jednolitego, najniższego poziomu lustra wody wynoszącego 115.65 m n.p.m. Kronsztadt'86 (odczyt 126 cm).

## 6. WYKONANIE NUMERYCZNEGO MODELU TERENU DNA

Istnieje kilka sposobów modelowania danych trójwymiarowych. Najpopularniejszymi sposobami są regularne siatki kwadratów (ang. grid) oraz nieregularne sieci trójkątów (TIN - ang. Triangulated Irregular Network). Obie są powszechnie wykorzystywane do tworzenia i reprezentacji powierzchni w systemach geoinformacyjnych. Struktury TIN wykorzystywane są najczęściej do wizualizacji niejednorodnych powierzchni, bardziej

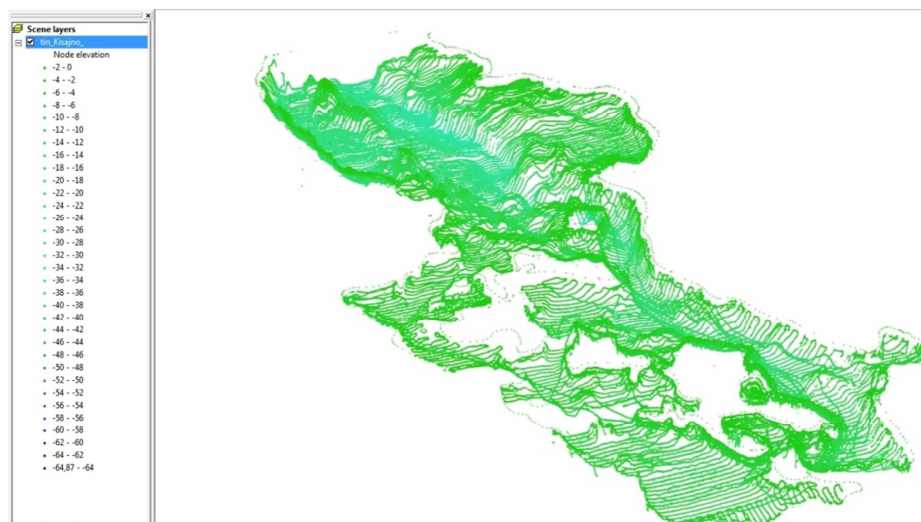
zróżnicowanych w wybranych częściach mierzonego terenu. Pozwalają na różnicowanie liczby punktów opisujących powierzchnię w zależności od urozmaicenia danego terenu. W modelu tym przestrzeń przedstawiana jest w postaci siatki przylegających do siebie trójkątów, powstałej wskutek połączenia nieregularnie rozmieszczonych punktów o współrzędnych  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Taka konstrukcja zapewnia możliwość dostosowania rozkładu przestrzennego trójkątów, w sposób najlepiej odzwierciedlający zmienność rzeźby modelowanego terenu [5].

Do opracowania numerycznego modelu terenu dna zbiorników wodnych wykorzystano pakiet oprogramowania ArcGIS firmy ESRI z rozszerzeniami - 3D Analyst oraz Spatial Analyst. Zbiór referencyjnych punktów wynikowych powstały w wyniku opracowania danych źródłowych stanowił tzw. punkty masowe (*ang. mass points*), czyli pikiety wysokościowe równomiernie rozłożone na badanych obszarze, które stanowiły podstawowy element tworzonego modelu TIN – węzły (*ang. nodes*). Obszar analizy tworzyła zbudowana w ramach prac nad numeryczną linią brzegową warstwa brzegowa reprezentująca aktualny dla przyjętego poziomu odniesienia przebieg linii brzegu. Wynikowy numeryczny model dna zbiornika wodnego w postaci modelu TIN dla jeziora Kisajno przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 4. Model TIN jeziora Kisajno.

Efektywnym sposobem analizowania powierzchni są modele TIN (nieregularna sieć triangulacyjna). W modelu tym przestrzeń przedstawiana jest w postaci siatki przylegających do siebie trójkątów, powstałej wskutek połączenia nieregularnie rozmieszczonych punktów o współrzędnych  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Wizualizacja modelu TIN z uwzględnieniem węzłów użytych do jego powstania przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Przestrzenny rozkład punktów pomiarowych jeziora Kisajno.

Z wykorzystaniem aplikacji ArcCatalog można wygenerować charakterystykę modelu TIN. Uwzględnia ona między innymi informacje o ilości oraz cechach punktów pomiarowych, w tym wielkość minimalną i maksymalną oraz dodatkowe parametry charakteryzujące istniejącą strukturę tworzonego modelu, tj. między innymi liczbę węzłów, krawędzi, powstałych trójkątów itp.

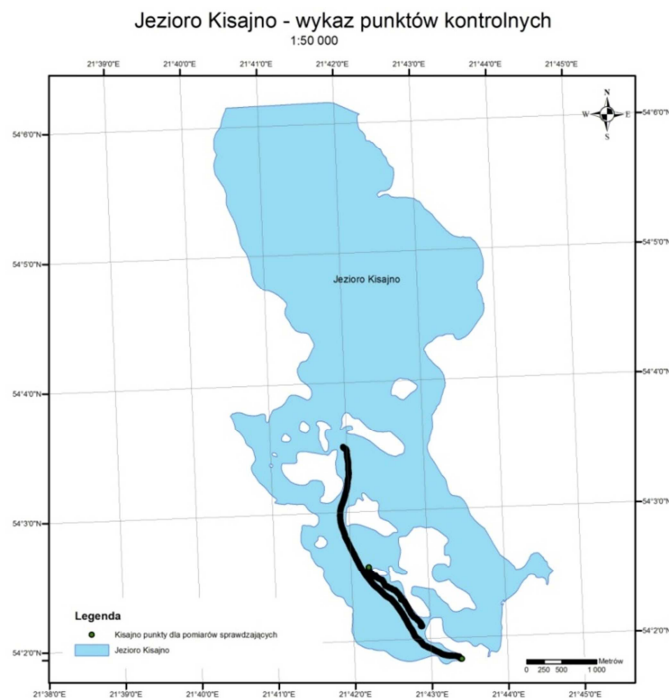
## 7. ANALIZA DOKŁADNOŚCI UZYSKANEGO MODELU

Numeryczny model terenu, jak każdy model charakteryzuje się określonym stopniem dokładności. Zazwyczaj jest ona definiowana jako wierność aproksymacji modelowej powierzchni terenu. O stopniu aproksymacji NMT decydują przede wszystkim trzy czynniki: dokładność danych źródłowych, struktura modelu i zastosowane metody aproksymacji. W celu sprawdzenia poprawności odwzorowania powierzchni dna zbiornika wykonano dodatkowe analizy przestrzenne.

W roku 2010r. przeprowadzono pomiary kontrolne na jeziorze Kisajno. Sondaż hydroakustyczny przeprowadzono wzdłuż profili zaprojektowanych poprzecznie do profili podstawowych. Przestrzenna lokalizacja punktów kontrolnych pomierzonych wzdłuż dwóch zaprojektowanych profili poprzecznych została przedstawiona na rysunku 6.

W trakcie pomiarów na jeziorze Kisajno uzyskano 2 342 pikiety, zlokalizowane na dwóch podłużnych profilach pomiarowych, zaprojektowanych w losowych miejscach modelu. Maksymalna wyznaczona głębokość wyniosła -9.82 m a minimalna -1.16 m. Średnia głębokość wyniosła -5.93 m.



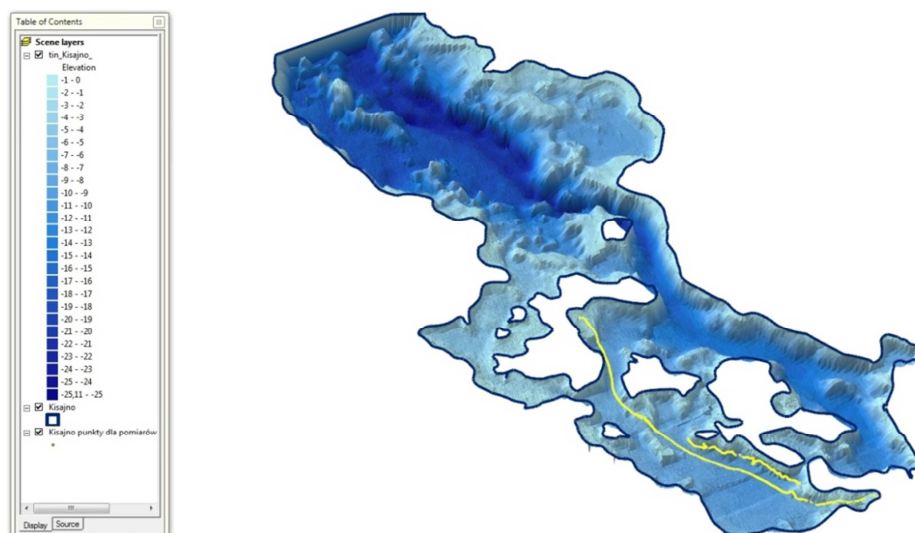


Rys. 6. Przestrzenna lokalizacja kontrolnych punktów pomiarowych.

Głębokość pomierzona w trakcie pomiarów kontrolnych została sprowadzona do jednolitego poziomu lustra wody ustalonego dla danych pomiarowych wykorzystanych do budowy modelu dna jeziora. W kolejnym kroku zastosowano narzędzie interpolujące wysokość dla każdego punktu kontrolnego dla analizowanego modelu TIN i wyznaczono różnicę głębokości pomierzonej dla punktu kontrolnego ( $G_{l\_poziom}$ ) oraz wyinterpolowanej z modelu TIN ( $G_{l\_model}$ ). Rezultat poddano analizie statystycznej w wyniku czego uzyskano informacje dotyczące wierności aproksymacji wykonanego modelu TIN.

Dla jeziora Kisajno uzyskano następujące wyniki: maksymalna różnica wyniosła 1.21m, minimalna wyniosła -0.74 m. Średnia wartość różnicy głębokości wyniosła 0.15 m przy odchyleniu standardowym równym 0.30 m

Uzyskane wyniki świadczą o prawidłowości wykonania modelu TIN. Został on wykonany poprawnie i wiernie odzwierciedla powierzchnię dna zbiornika wodnego. W związku z powyższym materiał ten został wykorzystany w dalszych etapach prac do budowy map batymetrycznych, turystycznych oraz innych opracowań kartograficznych dotyczących badanych obszarów.



Rys. 7. Wizualizacja punktów kontrolnych nałożonych na model TIN – jezioro Kisajno.

## 8. PODSUMOWANIE

W przeciągu dwóch lat wykonano pomiar całego jeziora Kisajno. Pomiary wykonano przy użyciu jednowiązkowej, jednoczęstotliwościowej echosondy Simrad EA501P o częstotliwości 200kHz oraz przy użyciu echosondy dwuczęstotliwościowej Reson NS515 o częstotliwościach 33/ 200kHz. Pozycjonowanie satelitarne realizowano z wykorzystaniem techniki DGPS w oparciu o stację GIZY systemu ASG-EUPOS. Surowe dane pomiarowe zostały opracowane, zweryfikowane z echogramami oraz wykorzystane do tworzenia numerycznego modelu terenu dna. Proces opracowania uzyskanych danych pomiarowych obejmował konwersję surowych danych do formatu ASCII, analizę danych oraz ich filtrację. Podczas pomiarów logowane były surowe dane z echosond w postaci binarnej. Dodatkowo logowane były, w odbiorniku GPS, współrzędne anteny oraz surowe obserwacje, które umożliwiły w trybie post-processing wyznaczenie dokładnych współrzędnych łodzi batymetrycznej.

Proces pozyskiwania danych o przestrzennym ukształtowaniu dna śródlądowych zbiorników wodnych jest procesem szczególnie trudnym i złożonym. Jeziora charakteryzują się dużą zmiennością zakresu głębokości w ramach poszczególnych etapów prac, co utrudnia optymalną konfigurację systemu hydroakustycznego. Ponadto na większości jezior w Polsce występują duże obszary roślinności podwodnej, które znacznie utrudniają interpretację echogramów.

Numeryczny model terenu, jak każdy model charakteryzuje się określonym stopniem dokładności. Zazwyczaj jest ona interpretowana jako wierność aproksymacji modelowej powierzchni terenu. O stopniu aproksymacji NMT decydują przede wszystkim trzy czynniki: dokładność danych źródłowych, struktura modelu i zastosowane metody aproksymacji. W celu sprawdzenia poprawności odwzorowania powierzchni dna zbiornika wykonano dodatkowe analizy przestrzenne. Podstawą analiz były współrzędne i głębokości

punktów pomiarowych uzyskane w trakcie przeprowadzonych pomiarów uzupełniających. Sondaż hydroakustyczny przeprowadzono wzdłuż poprzecznie zaprojektowanych profili pomiarowych. Uzyskane głębokości porównano z modelem w wyniku czego uzyskano statystyczny rozkład wielkości różnic między pomiarami terenowymi a modelem dna jeziora. Wynikowy numeryczny model dna zbiornika wodnego w postaci modelu TIN dla jeziora Kisajno posłużył do wykonania kolejnych opracowań w tym mapy batymetrycznej, warstw i innych produktów kartograficznych.

W trakcie badań terenowych zwrócono szczególną uwagę na niebezpieczne miejsca, płycizny i rafy kamienne. Zostały one zlokalizowane. Wyniki prac posłużyły do opracowania aktualnej mapy batymetrycznej oraz do uzupełnienia baz danych przestrzennych o śródlądowych zbiornikach wodnych. Wykorzystując aktualną informację o kształcie dna i przeszkodach podwodnych zweryfikowano oznakowanie miejsc niebezpiecznych znakami kardynalnymi w systemie IALA.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Popielarczyk D., Oszczak S., *Application of Integrated Satellite DGPS/GPRS Navigation and Hydrographic Systems for Safe Sailing on Great Mazurian Lakes in Poland*, ION NTM 2006, 18-20 January 2006, Monterey, CA, USA, Conference proceedings: pp. 188-194.
- [2] IRŚ (Instytut Rybactwa Śródlądowego), *Wielkie Jeziora Mazurskie. Północ*, Olsztyn 2004.
- [3] IHO (International Hydrographic Organization), *Standards for Hydrographic Surveys, Special Publication No 44, 5<sup>th</sup> Edition*, 2008.
- [4] Raport nr 6 z realizacji prac w ramach projektu badawczo rozwojowego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, „Opracowanie Zintegrowanych Metod Satelitarnych do tworzenia map batymetrycznych oraz baz danych przestrzennych Wielkich Jezior Mazurskich”, Zadanie nr 6: „Testowanie metod sondażu hydroakustycznego Wykonanie zintegrowanych pomiarów batymetrycznych na obszarze pilotażowym”, Olsztyn 2010.
- [5] Longley P. A., Goodchild M., Maguire D. J., Rhin D. W., *GIS Teoria i praktyka*, Przekład pod redakcją naukową A. Magnuszewskiego, PWN Warszawa, 2006.