Nowe metody badań jakości wód wykorzystujące technikę teledetekcji lotniczej - przykłady zastosowań

Małgorzata Słapińska, Tomasz Berezowski,
Jarosław Chormański
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Bogdan Zagajewski, Artur Magnuszewski
Uniwersytet Warszawski,
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Łukasz Sławik
MGGP Aero

Studium przypadków: Obszar badań

Fot. Paweł Świątkiewicz

Starorzecza rzeki Biebrzy

Fot: kliwer.com.pl

Jezioro Zegrzyńskie

Studium przypadków: zakres prac

1. **Starorzecza rzeki Biebrzy**

* Porównanie możliwości wykorzystania zdjęć z satelity IKONOS ze zdjęciami lotniczymi z kamery AISA Eagle
* Klasyfikacja przezroczystości wody
* Analiza zmienności starorzeczy

2. **Jezioro Zegrzyńskie**

* Korekcja atmosferyczna przy użyciu pomiarów terenowych
* Próba korelacji reflektancji z faktycznym stanem jakości wody wyrażonym przez wybrane jej charakterystyki

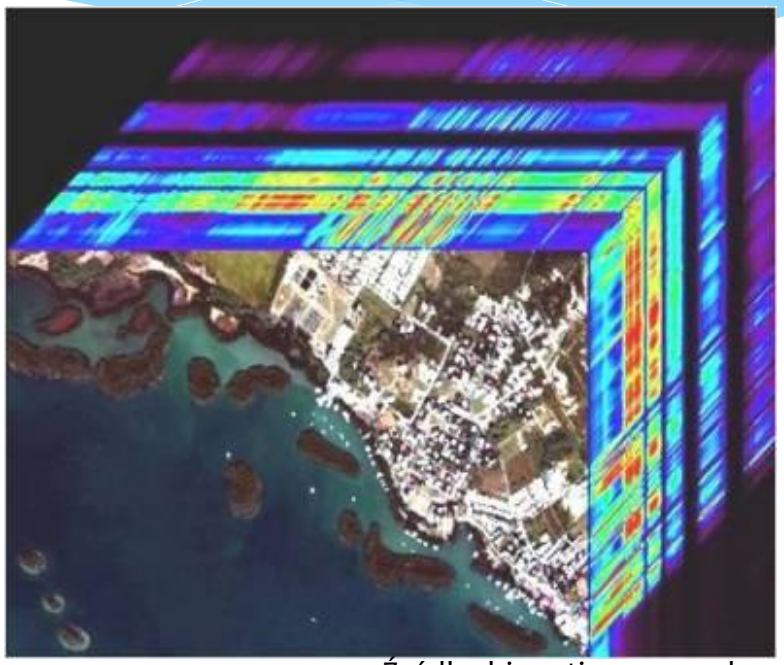
Materiały

W pracy dotychczas wykorzystane zostały:

* Lotnicze zobrazowania hiperspektralne z 2 sierpnia 2013 r. pozyskane przez firmę MGGP Aero **(starorzecza w Biebrzańskim Parku Narodowym, Jezioro Zegrzyńskie)**
* Zdjęcia z satelity IKONOS z 20 lipca 2008 r. **(źródło: Biebrzański Park Narodowy)**
* Pomiary terenowe reflektancji i pomiary wybranych parametrów jakości wody (głębokość krążka Secchiego, elektroprzewodność i zanieczyszczenie chemiczne **(Jezioro Zegrzyńskie)**

Teledetekcja hiperspektralna

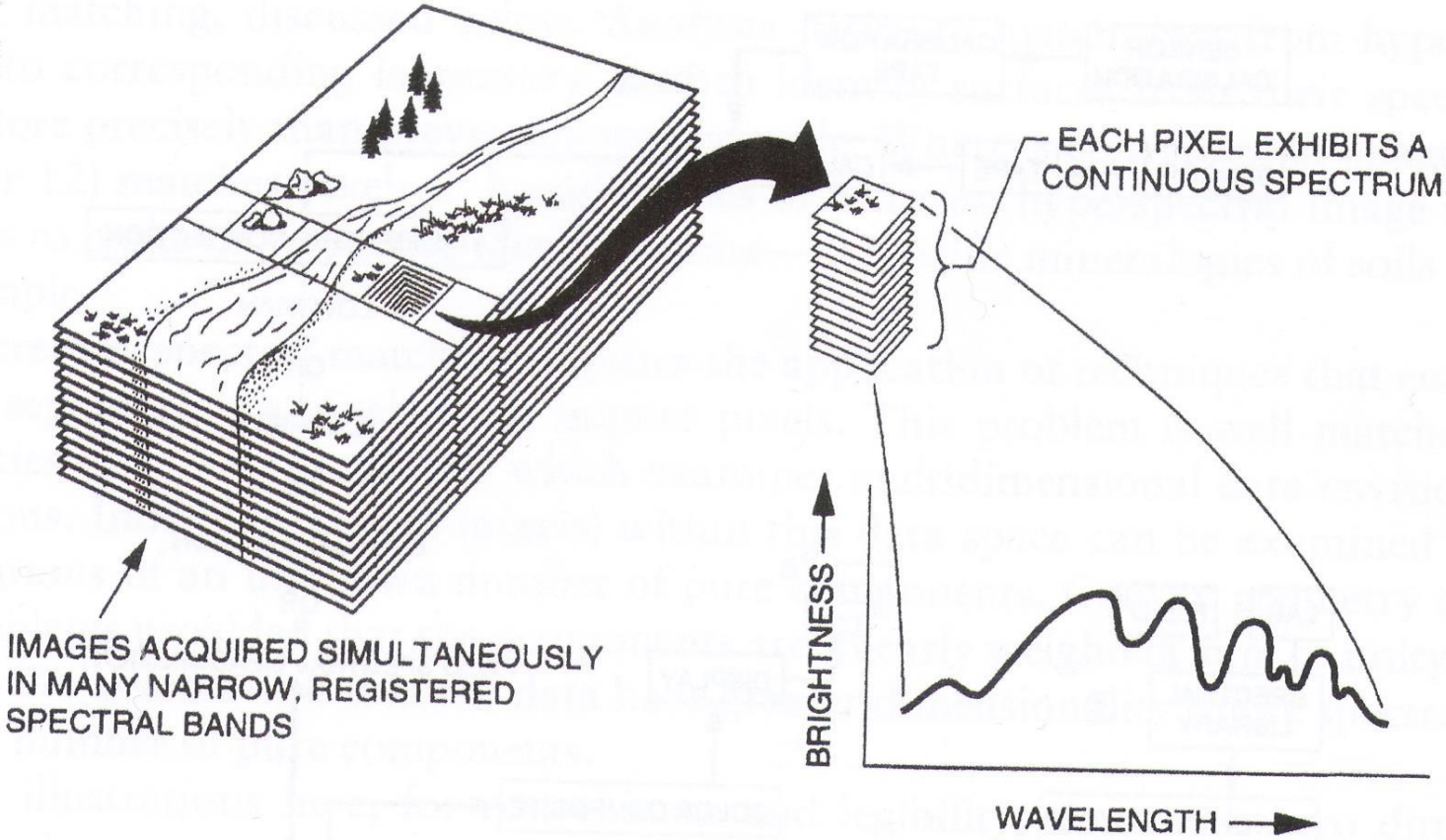
* Duża liczba kanałów rejestrowanych w wąskich zakresach danych spektralnych
* Kamera AISA Eagle, z której pochodzą zdjęcia hiperspektralne ma 129 kanałów w zakresie od 401-997 nm.



Źródło: biooptics.uprm.edu

Tzw.Image cube

Teledetekcja hiperspektralna



Źródło: Cambell, Wynne 2011

Dolinia rzeki Biebrzy i starorzecza

* Rzeka Biebrza – obszar o bardzo niskim zanieczyszczeniu i niewielkim przekształceniu antropogenicznym;
* Jest to unikalny na skalę europejską obszar, może być traktowany jako punkt odniesienia dla innych nizinnych rzek Europy;
* Starorzecza są interesującym obiektem badań – niewielkie zbiorniki wodne, wysoka dynamika zmian;
* Starorzecza nie były do tej pory analizowane technikami hiperspektralnymi w Polsce.

IKONOS vs AISA

IKONOS

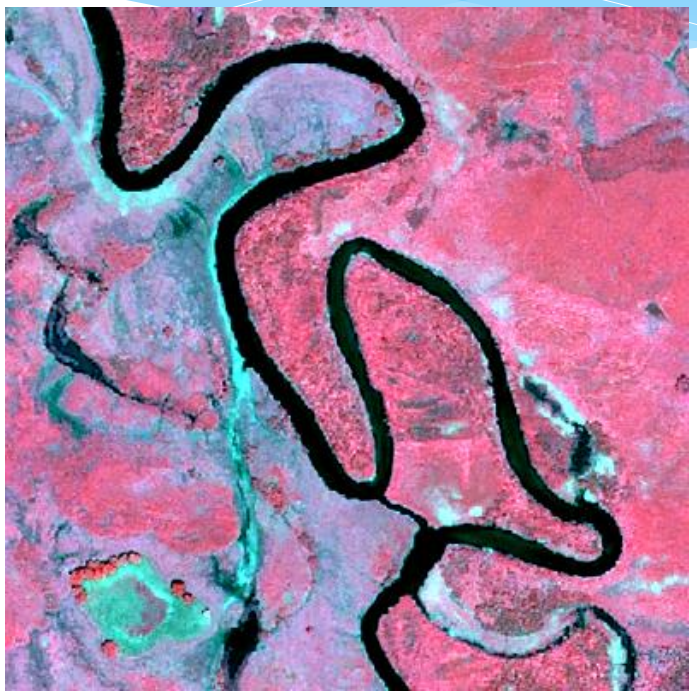
* Rozdzielczość spektralna: 445 – 853 nm dla 4 kanałów.
* Rozdzielczość przestrzenna: wyostrzenie pan-sharped do rozdzielczości 1 m.

AISA

* Rozdzielczość spektralna: 401 – 997 nm dla 129 kanałów.
* Rozdzielczość przestrzenna: 1m.

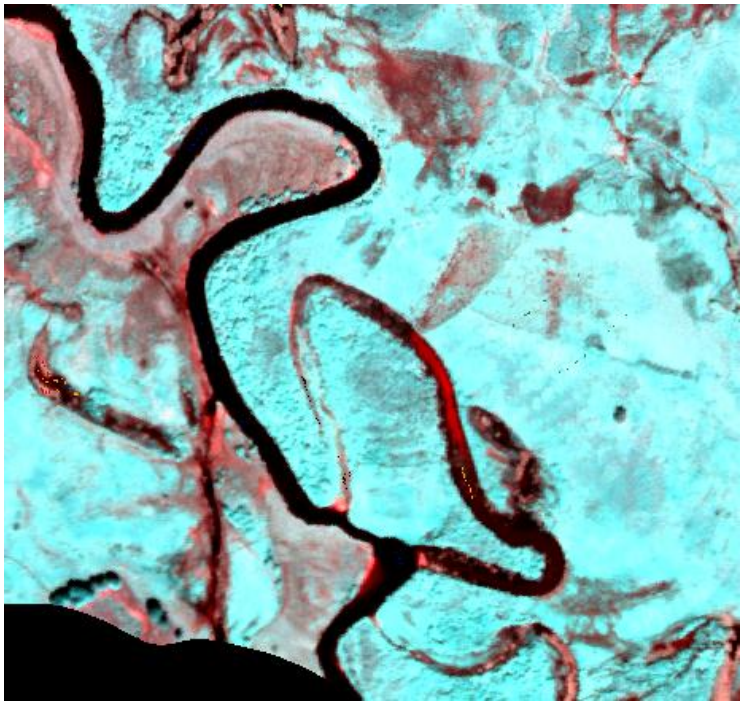
IKONOS – 20.07.2008

Kompozycja barwna RGB

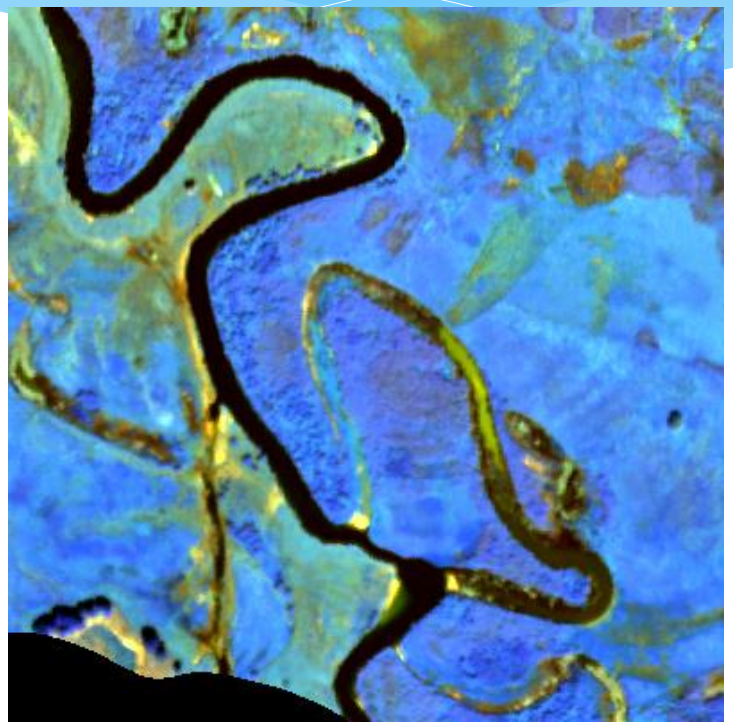


Kompozycja barwna NRG

AISA – 02.08.2013

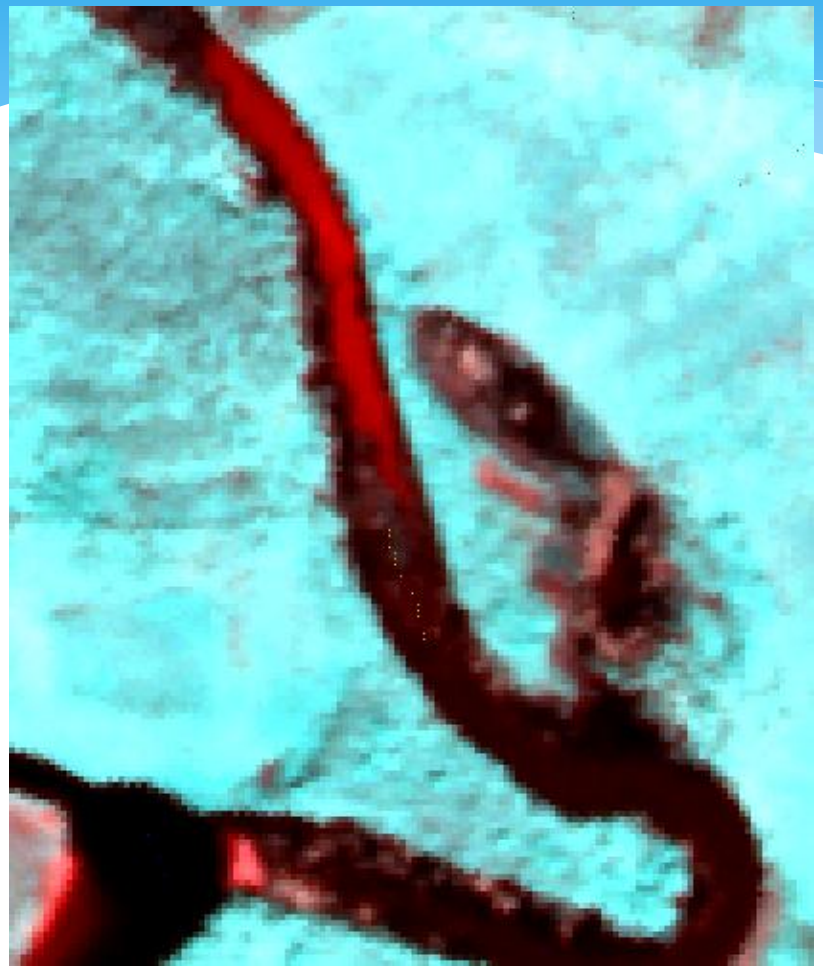


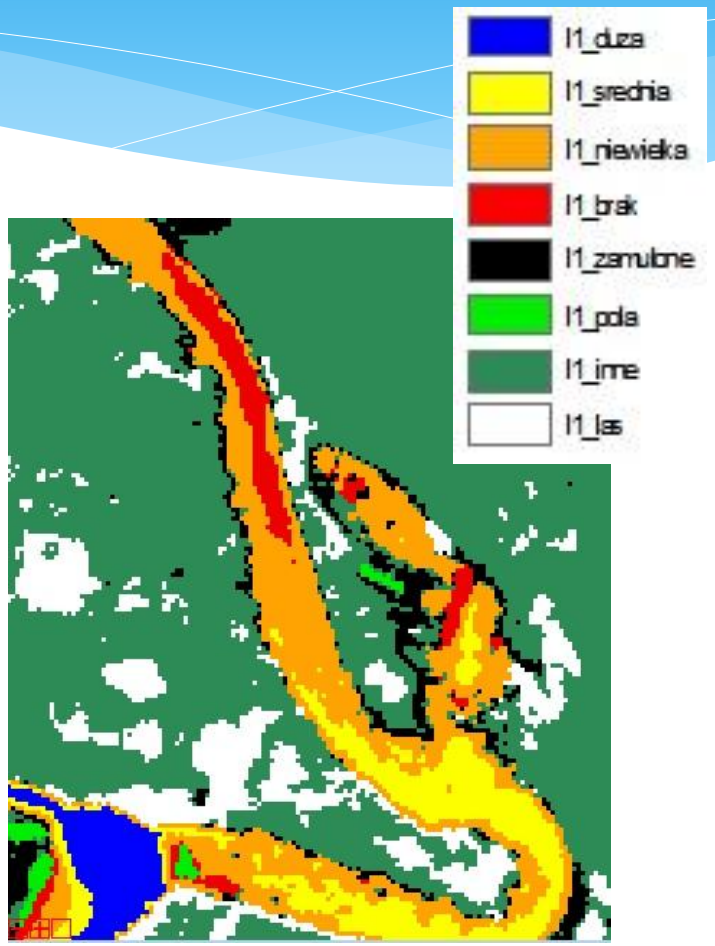
Kompozycja barwna odpowiednia do obserwacji wody, kanały **(553, 759 i 816 nm)**



Kompozycja barwna odpowiednia do obserwacji chlorofilu – a, kanały **(480, 553 i 788 nm)**

Wynik klasyfikacji przezroczystości wody - AISA



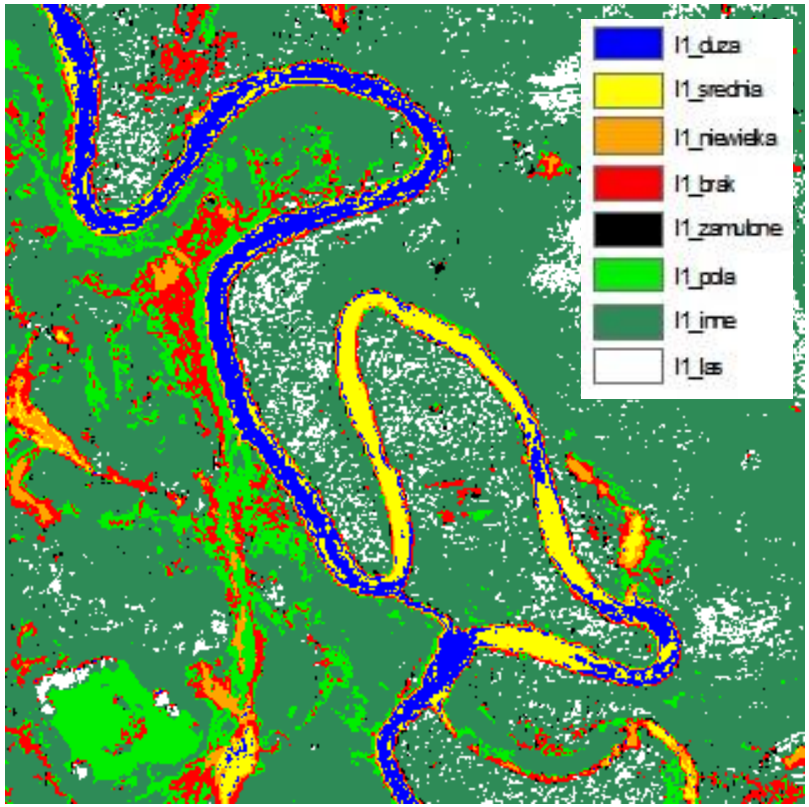


Wynik klasyfikacji przezroczystości wody - AISA

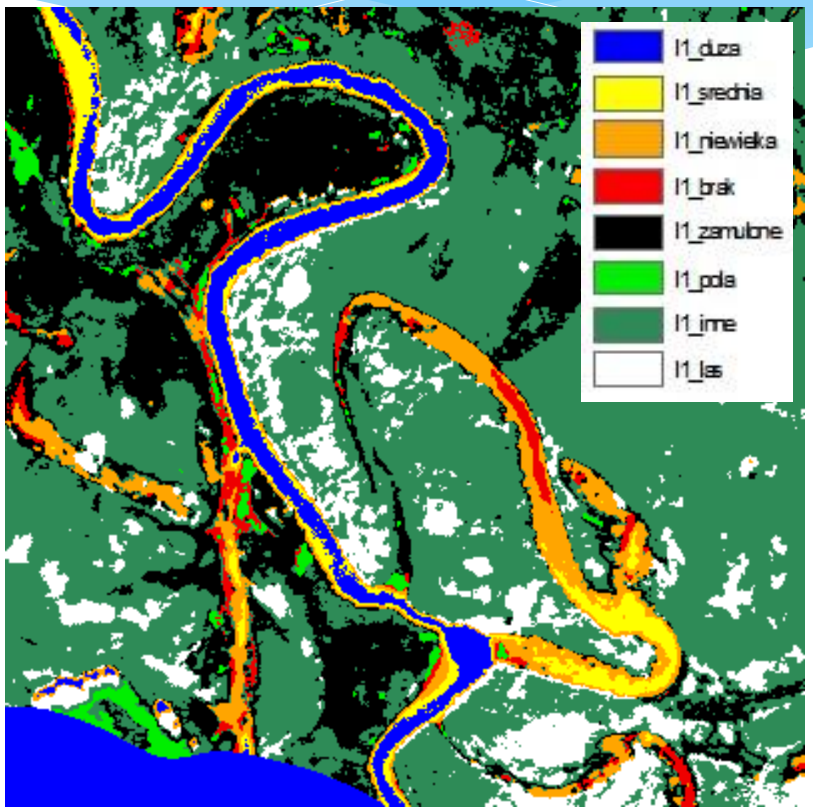
* Wykonana została tylko klasyfikacja przezroczystości wody, czyli pierwszy krok do zdalnego określania jej jakości.
* Przezroczystość jest jednym z wyznaczników jakości wody - świadczy między innymi o stopniu eutrofizacji.
* Jest to wstępna analiza, która będzie kontynuowana w kolejnych latach z uwzględnieniem towarzyszących pomiarów terenowych (pomiary ASD, pomiary jakości i przezroczystości wody).

Klasyfikacja przezroczystości wody - porównanie

* **IKONOS**



* **AISA**



Klasyfikacja przezroczystości wody - porównanie

* Klasyfikacja danych pozyskanych kamerą AISA Eagle dała możliwość lepszego określenia przezroczystości wody niż IKONOS. Lepiej widoczne są też tzw. starorzecza zamulone (w tej grupie znajdują się zarówno stare starorzecza jak i dawne koryto rzeki).
* Porównanie danych z satelity IKONOS z 2008 i z kamery AISA Eagle z 2013 pokazało skalę zmian w starorzeczach w okresie 5 lat. Analizowane starorzecze, które w 2008 połączone było z rzeką obydwoma ramionami, w 2013 już tylko jednym.

Klasyfikacja - metodyka

* Dla obu grup danych przeprowadzono klasyfikację nadzorowaną „Support Vector Machine” w oprogramowaniu ENVI.
* Określono pięć docelowych klas przezroczystości starorzeczy: przezroczystość wysoka, średnia, niewielka, brak przezroczystości, a także klasa zawierająca dane o dawnym korycie rzeki i wypełnionych starorzeczach. Wyznaczono również trzy dodatkowe klasy „tła”: grunty orne/pola, drzewa/las i pozostałe (niezidentyfikowane).
* Wyniki klasyfikacji zostały zweryfikowane poprzez matrycę błędów obejmującą 424 piksele dla danych z IKONOSa i 513 pikseli dla danych z AISy.
* Ogólna dokładność klasyfikacji: IKONOS - 76% , AISA – 79%.

Matryca błędów - weryfikacja wyników klasyfikacji

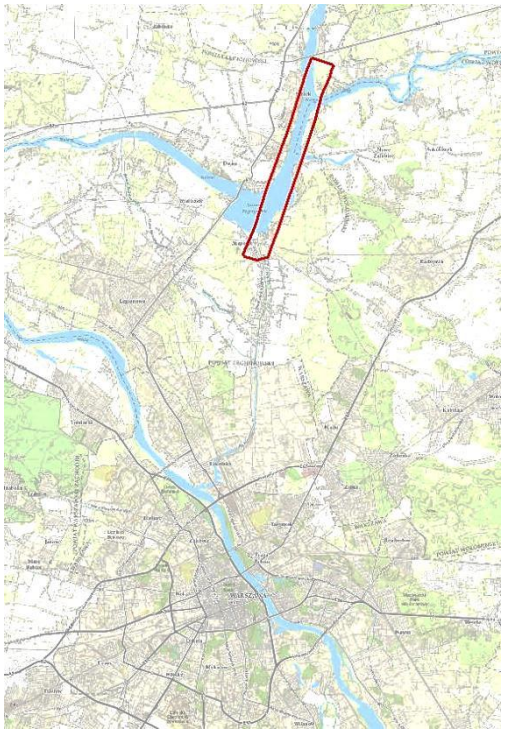
	Ground Truth (Percent)				
Class	A2_duza	A2_srednia	A2_niewielka	A2_brak	A2_zamulone
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A1_duza	100.00	4.55	0.00	0.00	0.00
A1_srednia	0.00	95.45	0.00	0.00	0.00
A1_niewielka	0.00	0.00	98.41	0.00	0.00
A1_brak	0.00	0.00	1.59	81.03	1.18
A1_zamulone	0.00	0.00	0.00	15.52	85.88
A1_pola	0.00	0.00	0.00	3.45	5.88
A1_inne	0.00	0.00	0.00	0.00	7.06
A1_las	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

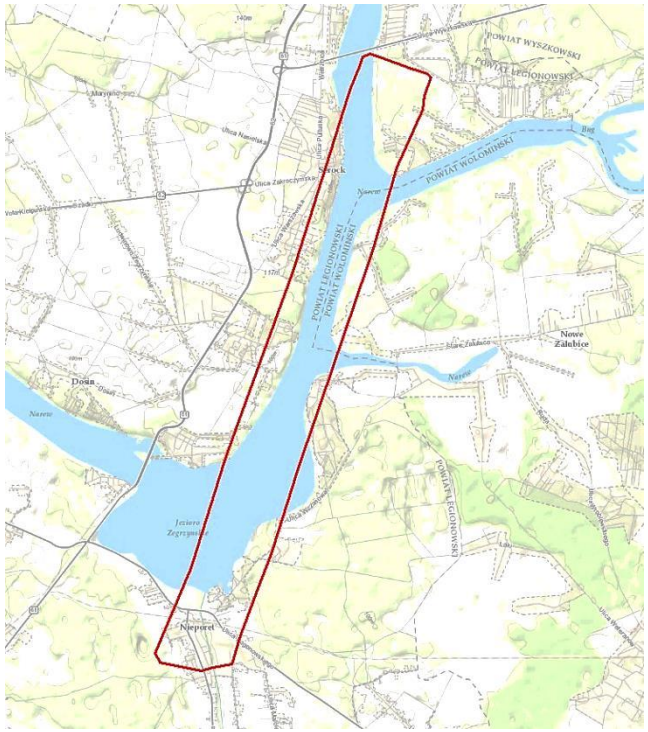
	Ground Truth (Percent)			
Class	A2_pola	A2_inne	A2_las	Total
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00
A1_duza	0.00	0.00	0.00	6.44
A1_srednia	0.00	0.00	0.00	4.23
A1_niewielka	0.00	16.07	0.00	16.10
A1_brak	0.00	2.68	0.00	10.46
A1_zamulone	9.86	16.96	0.00	21.73
A1_pola	74.65	10.71	0.00	14.49
A1_inne	11.27	50.00	10.91	15.29
A1_las	4.23	3.57	89.09	11.27
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Jezioro Zegrzyńskie

* Jezioro Zegrzyńskie jest dużym, sztucznym zbiornikiem znajdującym się około 30 km na północ od Warszawy;
* Jest jednym z głównych źródeł wody dla miasta;
* Wpływają do niego dwie duże rzeki – Bug i Narew, (doprowadzenie zanieczyszczeń z rozległych obszarów rolniczych). Z tego względu bardzo istotny jest monitoring wody w tym zbiorniku.

Obszar badań – Jezioro Zegrzyńskie





Metodyka analizy zobrazowań

* Pomiary terenowe – reflektancja przy pomocy spektroradiometru FieldSpec3, przejrzystość wody przy użyciu krążka Secchiego, temperatura, pobór próbek do analiz laboratoryjnych;
* Korekcja atmosferyczna zobrazowań AISA;
* Określenie związków statystycznych pomiędzy parametrami jakości wody a zobrazowaniem AISA.

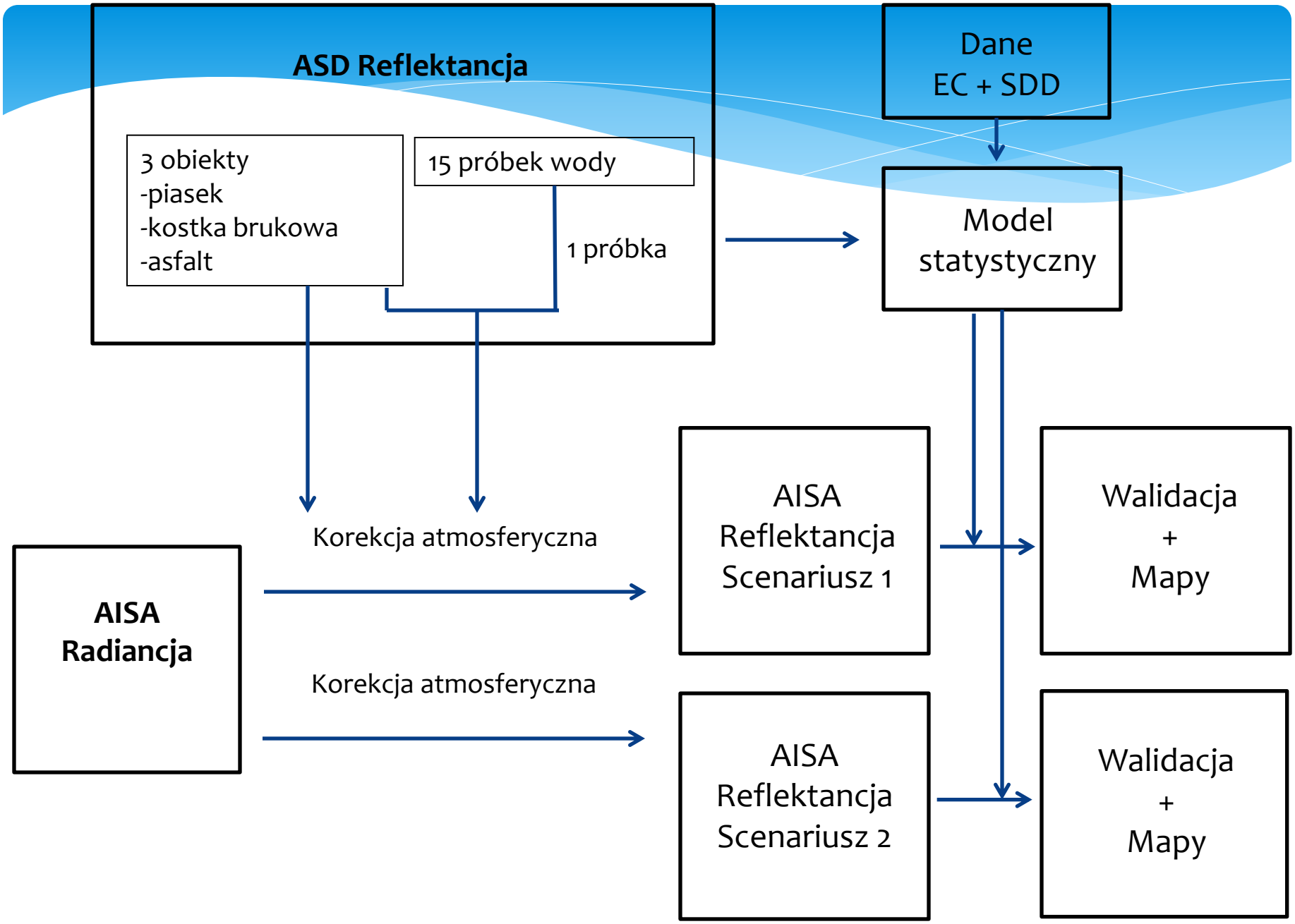
Pomiary terenowe - spektroradiometr FieldSpec3

* Dane terenowe zostały zebrane *in situ* w 15 punktach kontrolnych na badanym obszarze przy użyciu spektroradiometru terenowego ASD Field Spec 3.
* Rejestruje on promieniowanie (radiancja) odbite w zakresie od 350-2500 nm z dokładnością 3 nm.

Pomiary reflektancji

Korekcja atmosferyczna

* Przeprowadzono korekcję atmosferyczną typu Empitrical Line Atmospheric Correction;
* Jest to metoda oparta na wynikach pomiarów terenowych (w naszym przypadku pomiarach reflektancji ASD FS3);
* Pomierzone punkty muszą być charakterystyczne i łatwe do zidentyfikowania (np. kostka brukowa, asfalt, woda);
* Rezultatem korekcji jest konwersja danych z radiancji do reflektancji;
* Korekcja atmosferyczna danych umożliwiła określenie związku statystycznego między parametrami jakości wody a danymi hiperspektralnymi.


ASD Reflektancja
3 obiekty
-piasek
-kostka brukowa
-asfalt
15 próbek wody
1 próbka
Dane
EC + SDD
Model
statystyczny
Korekcja atmosferyczna
AISA
Radiancja
Korekcja atmosferyczna
AISA
Reflektancja
Scenariusz 1
AISA
Reflektancja
Scenariusz 2
Walidacja
+
Mapy
Walidacja
+
Mapy

Próba korelacji reflektancji z jakością wody

* **Elektroprzewodność (EC)-** świadczy o możliwości danego materiału do przewodzenia prądu elektrycznego. Jest parametrem opisującym ogólną ilość rozpuszczonych w wodzie związków chemicznych. Wysoka wartość pośrednio mówi o większym zanieczyszczeniu.
* **Głębokość krążka Secchiego (SDD) –** prosta metoda używana do pomiarów przezroczystości wody.

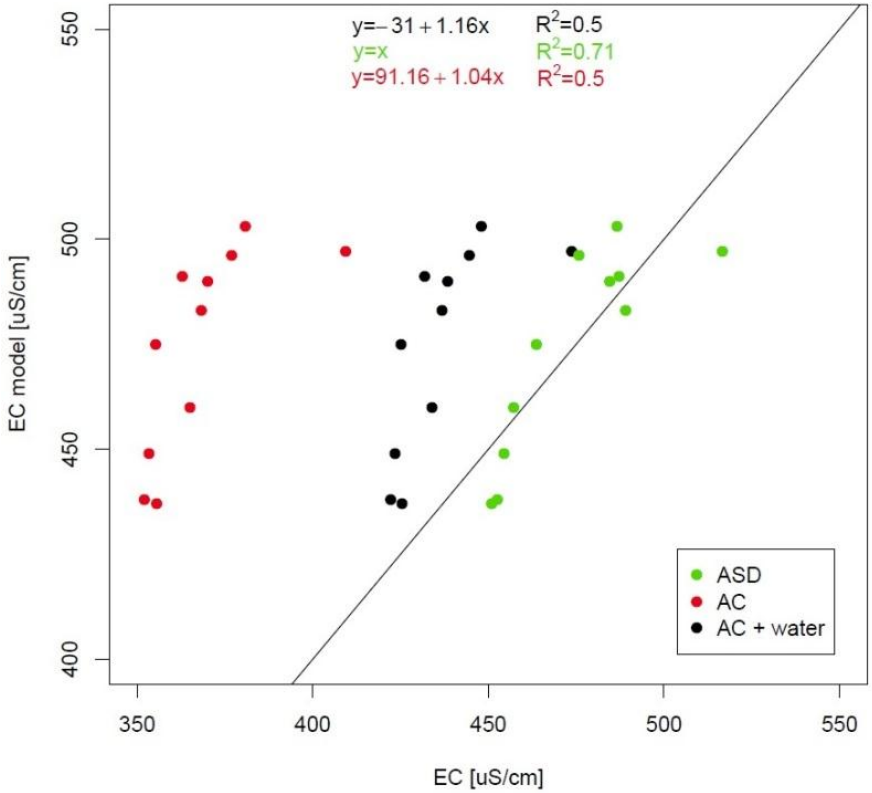
Uzyskane formuły (na podstawie pomiarów ASD):

* $EC = 402.8 + 3121.9 * \rho_{44}$ [µS/cm] dla danych hiperspekralnych R^2=0,5.
* $SDD = 0.8738 - 28.366 * \rho_{73}$ [m] dla danych hiperspektralnych R^2=0,38.

Długości fali użyte do formuł:

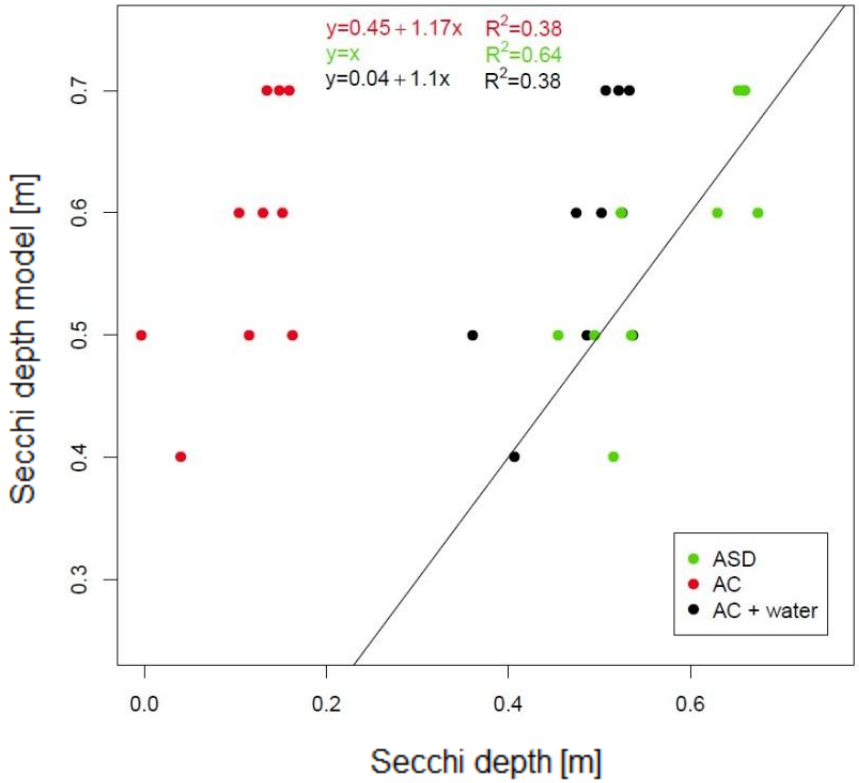
* ρ_{44} = 595nm
* ρ_{73} = 731nm

Wartości elektroprzewodności na podstawie pomiarów terenowych i na podstawie modelu dla kanału 44



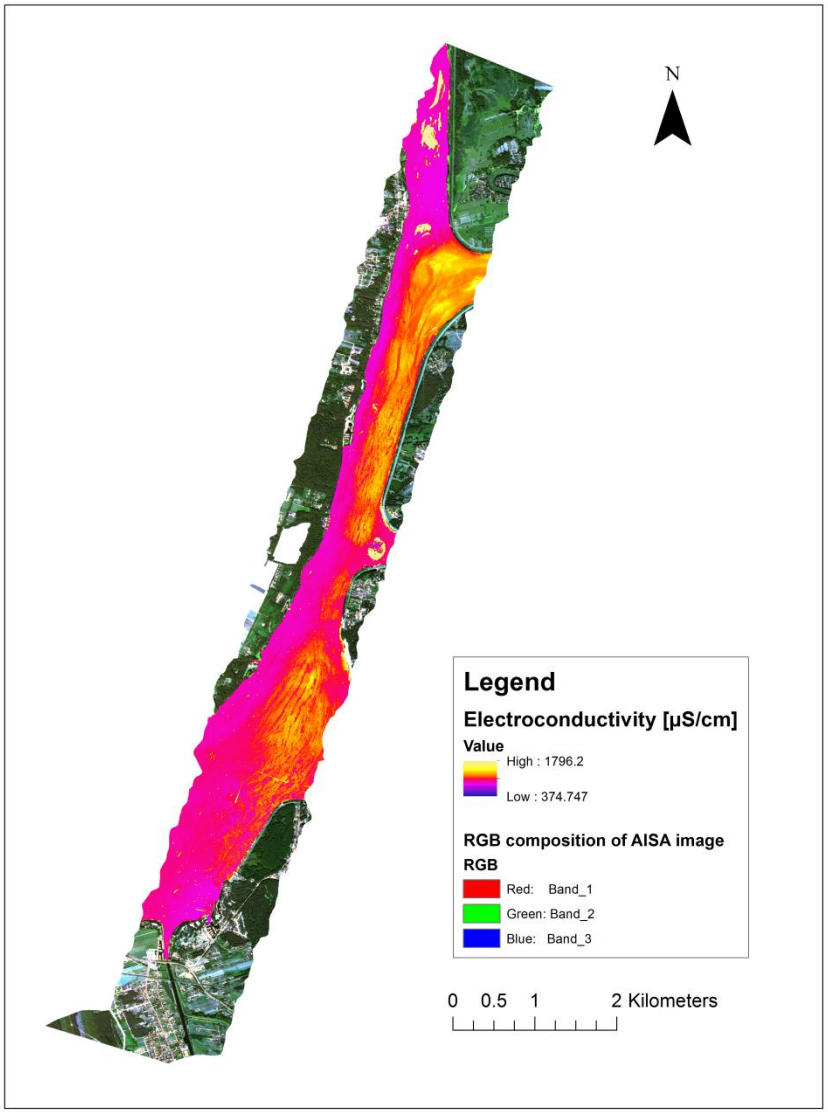
ASD -> pomiar „wzorcowy” służący powstaniu formuły obliczeniowej
AC -> dane hiperspektralne po korekcji atmoseferycznej
AC+water -> dane hiperspektralne po korekcji atmosferycznej razem z danymi reflektancji wody

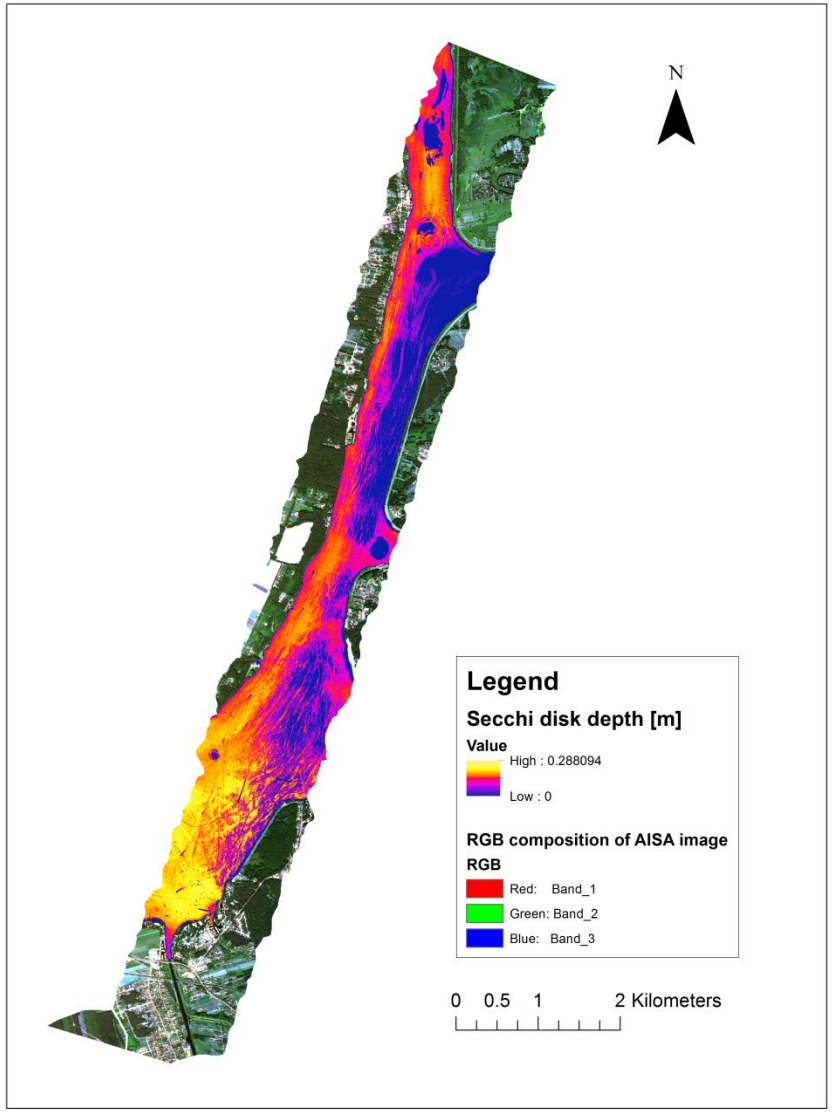
Głębokość krążka Secchiego na podstawie pomiarów terenowych i na podstawie modelu dla kanału 73



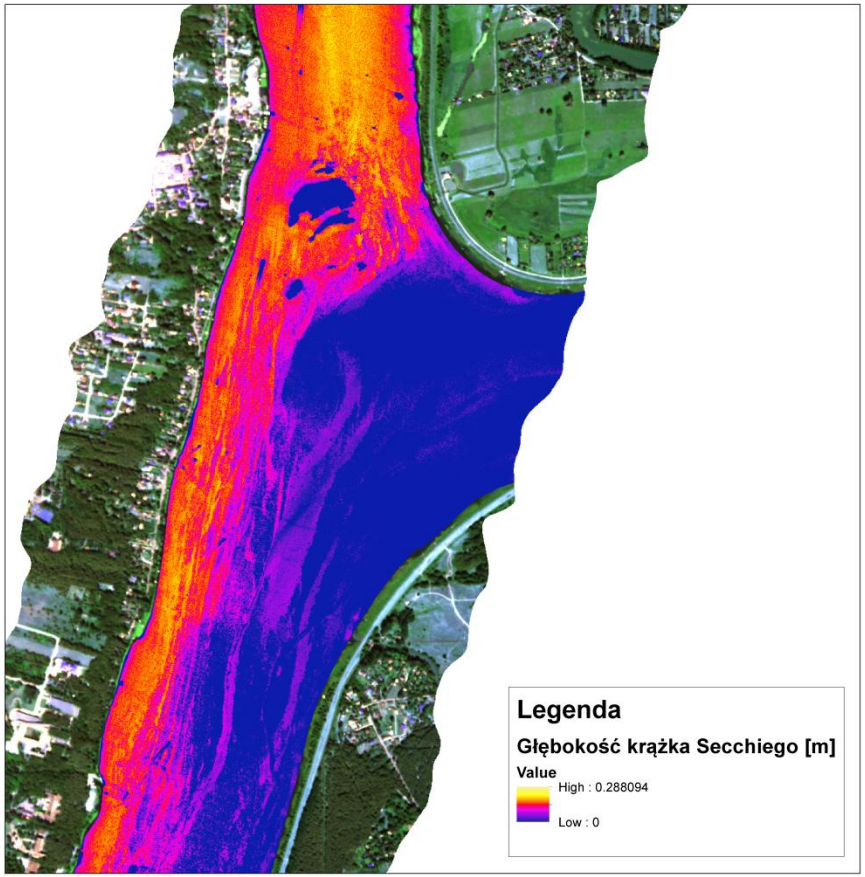
ASD -> pomiar „wzorcowy” służący powstaniu formuły obliczeniowej
AC -> dane hiperspektralne po korekcji atmoseferycznej
AC+water -> dane hiperspektralne po korekcji atmosferycznej razem z danymi reflektancji wody

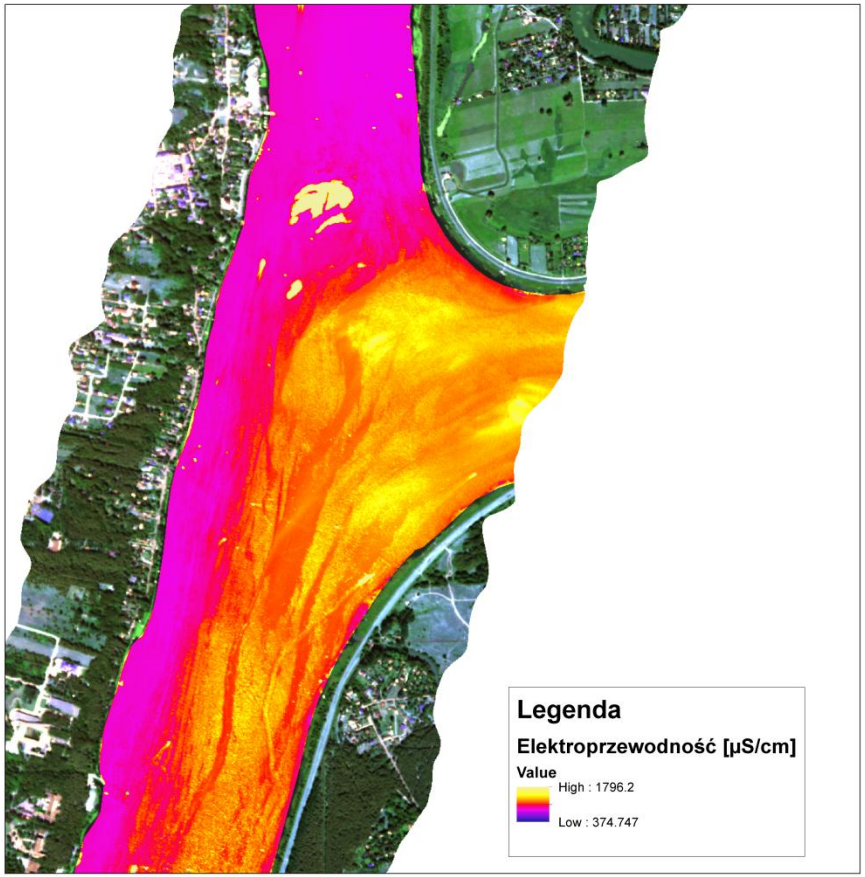
Rozmieszczenie przestrzenne parametrów elektroprzewodności i głębokości krążka Secchiego na podstawie modelu (formuły obliczeniowej)





Rozmieszczenie przestrzenne parametrów elektroprzewodności i głębokości krążka Secchiego na podstawie modelu (formuły obliczeniowej)





Wnioski

* Hiperspektralne zdjęcia lotnicze (takie jak z kamery AISA Eagle) dają dużo większe możliwości analiz jakości wody niż standardowe zdjęcia teledetekcyjne.
* Zobrazowania te umożliwiają również analizę bardzo małych zbiorników wodnych, takich jak np. starorzecza.
* Poprawne wykonanie korekcji atmosferycznej pozwala na zdalne określenie pewnych parametrów jakościowych wody (na podstawie wzorów empirycznych) bez konieczności pomiarów jakości wody w terenie.

Kierunek dalszych badan

* Dokonanie analiz korelacji dla większej liczby obszarów – starorzeczy rzeki Biebrzy, jezior mazurskich oraz innych zbiorników wodnych różnego pochodzenia.

* W przyszłości może umożliwić to zdalny monitoring wody znacznych obszarów kraju.

* Powtórzenie badań dla starorzeczy w jednakowych odstępach czasu, które umożliwi zaobserwowanie zmian zachodzących w starorzeczach (podczas zalewów, w okresie stanów średnich, w okresie suchym). Pozwoli to również na dyskusję na temat zmian chemizmu charakterystyk biologicznych wód w zależności od stopnia połączenia z rzeką i presji antropogenicznej, czyli poszerzenie wiedzy o tych zbiornikach wodnych.

Dziękuję za uwagę!

Kontakt: m.slapinska@levis.sggw.pl