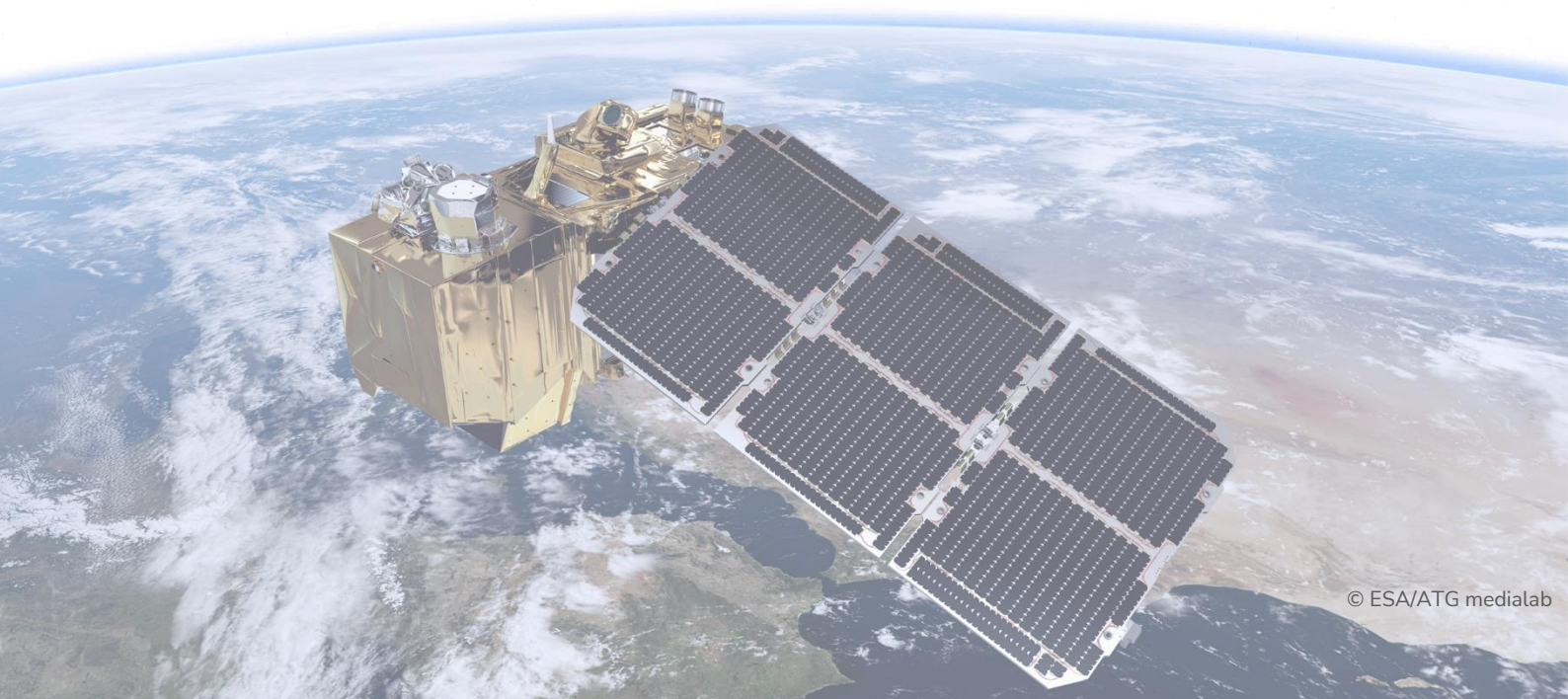


Dane satelitarne dla administracji publicznej

Scenariusz warsztatowy 4

ANALIZA ZMIAN POWIERZCHNI ZBIORNIKÓW WODNYCH



© ESA/ATG medialab

Spis treści

| | |
|---|----|
| Opis zadania | 3 |
| Cel zadania..... | 3 |
| Wykaz danych przestrzennych GIS | 3 |
| Wykaz stron internetowych | 4 |
| Wykaz zastosowanego oprogramowania | 4 |
| Instalacja wtyczki MapSwipe Tool | 5 |
| Opis ćwiczenia | 6 |
| 1. Wczytanie danych do projektu..... | 6 |
| 2. Ocena wizualna zmian zasięgu wody za pomocą wtyczki MapSwipe Tool..... | 6 |
| 3. Obliczenie wskaźników wodnych | 7 |
| 4. Analiza wartości wskaźnika NDWI..... | 10 |
| 5. Wyznaczenie zasięgu zbiorników na podstawie wartości granicznej NDWI | 12 |
| 6. Analiza zmian powierzchni zbiorników | 13 |
| 7. Analiza zmienności wskaźnika MNDWI..... | 15 |

Opis zadania

Niniejsze zadanie ma na celu wykorzystanie satelitarnych danych wielospektralnych do wyznaczenia powierzchni zbiorników wodnych i ich zmiany w czasie. Wyznaczenia powierzchni zbiorników wodnych i ich zmiany zostanie wykonane na podstawie obrazów z satelitów misji Sentinel-2 wykonanych w roku 2017 i 2021 okolic jeziora Wilczyńskiego, Kownackiego i Ostrowskiego (Pojezierze Gnieźnieńskie). Analiza zmienności właściwości obszarów wodnych zostanie przeprowadzona na podstawie obrazów Landsat 5 i 8 wykonanych w latach 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 i 2020.

Cel zadania

Celem zadania jest obliczenie wskaźników spektralnych (wskaźników wodnych) w celu wyznaczenia pola powierzchni jeziora oraz zapoznanie się z wieloletnią zmiennością właściwości spektralnych obiektów (zbiorników wodnych) w programie QGIS.

Wykaz danych przestrzennych GIS

Dane przestrzenne potrzebne do wykonania ćwiczenia znajdują się w folderze [MD_3_4\Dane](#).

- Dane satelitarne Sentinel-2 z terminów:
28.09.2017: [S2_20170928_10m.tif](#)
07.09.2021: [S2_20210907_10m.tif](#)

Numeracja kanałów w wielokanałowych rastrach z danymi Sentinel-2:

| Nr kanału rastra (plik TIF) | Nr kanału satelity Sentinel-2 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 | B02 - Blue |
| 2 | B03 - Green |
| 3 | B04 - Red |
| 4 | B05 - Vegetation Red Edge |
| 5 | B06 - Vegetation Red Edge |
| 6 | B07 - Vegetation Red Edge |
| 7 | B08 - Near-infrared |
| 8 | B11 - Short Wave Infrared SWIR1 |
| 9 | B12 - Short Wave Infrared SWIR2 |

- Obrazy satelitarne Landsat 5 oraz wskaźnik wodny MNDWI obliczony na ich podstawie z terminów (folder: [MD_3_4\Dane\Czorsztyn](#)):
20.09.1985: obraz [L5_1985_mask.tif](#), wskaźnik [L5_1985_MNDWI.tif](#)
01.08.1990: obraz [L5_1990_mask.tif](#), wskaźnik [L5_1990_MNDWI.tif](#)
27.05.1995: obraz [L5_1995_mask.tif](#), wskaźnik [L5_1995_MNDWI.tif](#)
09.06.2000: obraz [L5_2000_mask.tif](#), wskaźnik [L5_2000_MNDWI.tif](#)
22.05.2005: obraz [L5_2005_mask.tif](#), wskaźnik [L5_2005_MNDWI.tif](#)
11.10.2010: obraz [L5_2010_mask.tif](#), wskaźnik [L5_2010_MNDWI.tif](#)

Numeracja kanałów w wielokanałowych rastrach z danymi Landsat 5:

| Nr kanału rastra (plik TIF) | Nr kanału satelity Landsat 5 |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Band 1 - Blue |
| 2 | Band 2 - Green |
| 3 | Band 3 - Red |
| 4 | Band 4 - Near-infrared NIR |
| 5 | Band 5 - Short Wave Infrared (SWIR1) |
| 6 | Band 7 - Short Wave Infrared (SWIR2) |

- Obrazy satelitarne Landsat 8 oraz wskaźnik wodny MNDWI obliczony na ich podstawie z terminów (folder: *MD_3_4\Dane\Czorsztyn*):
18.05.2015: obraz *L8_2015_mask.tif*, wskaźnik *L8_2015_MNDWI.tif*
04.09.2020: obraz *L8_2020_mask.tif*, wskaźnik *L8_2020_MNDWI.tif*
Numeracja kanałów w wielokanałowych rastrach z danymi Landsat 8:

| Nr kanału rastra (plik TIF) | Nr kanału satelity Landsat 5 |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Band 2 - Blue |
| 2 | Band 3 - Green |
| 3 | Band 4 - Red |
| 4 | Band 5 - Near-infrared NIR |
| 5 | Band 6 - Short Wave Infrared (SWIR1) |
| 6 | Band 7 - Short Wave Infrared (SWIR2) |

- Plik wektorowy z punktami pomiarowymi: *Punkty.shp*

Wykaz stron internetowych

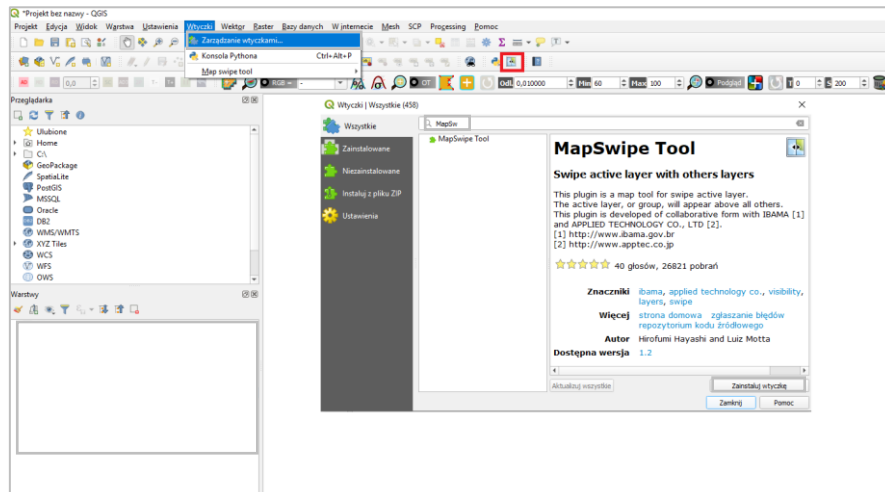
- Pobieranie zobrażeń satelitarnych Sentinel-2: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- Pobieranie zobrażeń satelitarnych Landsat: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Informacje o produkcie poziomu 2 misji Sentinel-2 (Sentinel-2 Level-2A):
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a>
- Informacje o produktach poziomu 2 misji Landsat 5 (Landsat 4-5 TM Level-2 Data Products - Surface Reflectance): https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-4-5-tm-level-2-data-products?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- Informacje o produktach poziomu 2 misji Landsat 8 i 9 (Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level-2 Science Products): <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-olitirs-collection-2-level-2>
- Robak A., Gadawska A., Milczarek M., Lewiński S., 2016. Wykrywanie wody na zdjęciach optycznych Sentinel-2 na podstawie wskaźników wodnych. Teledetekcja Środowiska Tom 26 (2016/2) s. 59-72:
http://www.informacjakryzysowa.pl/uploads/243/59-72-robak-etaL_1555666367.pdf

Wykaz zastosowanego oprogramowania

- QGIS 3.16

Instalacja wtyczki MapSwipe Tool

Wybierz z pola zakładek **Wtyczki > Zarządzanie wtyczkami**. W polu wyszukiwania wpisz nazwę **MapSwipe Tool**

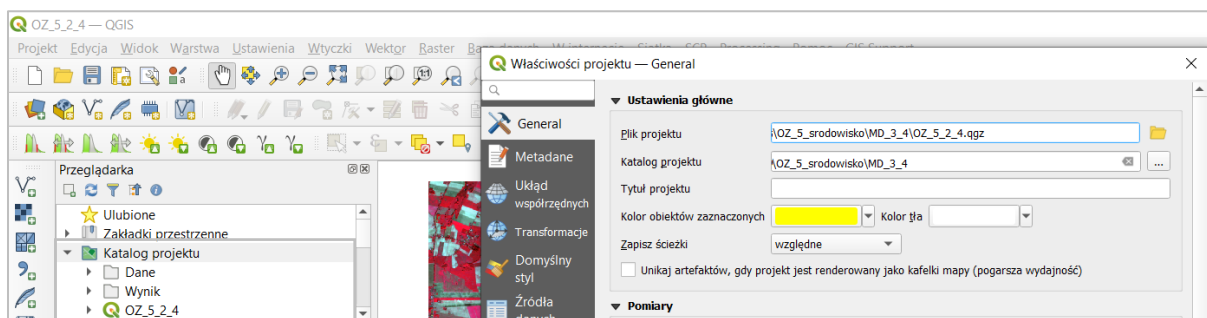


i kliknij **Zainstaluj wtyczkę**. Ikona wtyczki powinna być widoczna na pasku narzędzi.

Opis ćwiczenia

1. Wczytanie danych do projektu


Otwórz program QGIS i korzystając z funkcji **Projekt > Zapisz jako**, zapisz projekt nazywając go np. [OZ_5_2_4.qgz](#) (w czasie pracy w programem QGIS pamiętaj, aby nie nazywać folderów i plików używając polskich znaków diakrytycznych i spacji). Wejdź do panelu właściwości projektu **Projekt > Właściwości** wybierz zakładkę **General** i ustaw folder z danymi i projektem jako katalog roboczy projektu (**Katalog Projektu**). Jeżeli wszystko zostało ustawione poprawnie w panelu **Przeglądarka** po rozwinięciu zakładki **Katalog Projektu** uzyskasz dostęp do danych w folderze roboczym.

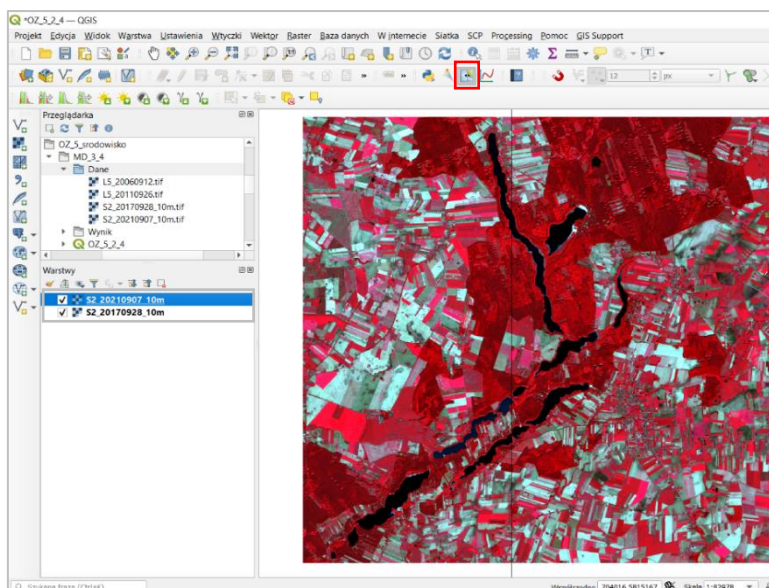


Otwórz katalog **Dane**, zaznacz dane satelitarne z Sentinel-2 dla dwóch dat: [S2_20170928_10m.tif](#), [S2_20210907_10m.tif](#), a następnie przeciągnij je do panelu **Warstwy**. Obrazy wyświetl w kompozycji CIR (**Właściwości > Styl**: kolor wielokanałowy, czerwony (R): Kanał 7, zielony (G): Kanał 3, niebieski (B): Kanał 2). Następnie,

2. Ocena wizualna zmian zasięgu wody za pomocą wtyczki MapSwipe Tool

Za pomocą wtyczki **MapSwipe Tool** oceń wizualnie zmienność powierzchni zbiornika wodnego w analizowanym przedziale czasowym 2017-2021.

By użyć wtyczki zaznacz jedną z porównywanych warstw tak by była wyświetlona w głównym oknie mapy, a drugą tak by była podświetlona na niebiesko i kliknij ikonę  **MapSwipe Tool**. W oknie głównym pojawi się jeden obraz, po kliknięciu lewym klawiszem myszki i przesunięciu kursora w oknie głównym pojawi się przesuwalna linia oddzielająca obrazy.



3. Obliczenie wskaźników wodnych

Istnieją różne metody i techniki wykrywania wód powierzchniowych na podstawie optycznych danych satelitarnych, m.in.: interpretacja wizualna, progowanie pojedynczych kanałów, wykorzystanie stosunku kanałów (wskaźniki), nadzorowane i nienadzorowane techniki klasyfikacji i inne. Szczególną rolę odgrywają tzw. wskaźniki wodne, których stosowanie związane jest z określeniem wartości progowej oddzielającej piksele wody od pikseli reprezentujących pozostałe formy pokrycia terenu. Wyznaczanie masek wody za pomocą progowania wskaźników wodnych jest procesem stosunkowo szybkim (Robak i in., 2016¹).

Najpopularniejszym wskaźnikiem wodnym, za pomocą którego można wyznaczyć powierzchnię zbiorników wodnych, jest wskaźnik NDWI (Normalized Difference Water Index; McFeeters, 1996²) obliczany w wykorzystaniu obrazów satelitarnych według wzoru:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Green – refleksja w kanale zielonym,
NIR – refleksja w kanale bliskiej podczerwieni.

Według literatury dla wody wartość wskaźnika NDWI powinna wynosić powyżej 0 (wskaźnik obliczony na podstawie obrazów Landsat). Dla NDWI obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 progi określające wartości wody mieszczą się w granicach 0,1 ÷ 0,2.

Z kolei wskaźnik MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index; Xu, 2006³) posiada większe możliwości tłumienia zakłóceń spowodowanych przez zabudowę, roślinność i gleby. Wskaźnik MNDWI oblicza się według wzoru:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR1}{Green + SWIR1}$$

Green – refleksja w kanale zielonym,
SWIR1 – refleksja w kanale średniej podczerwieni.

Według literatury dla wskaźnika MNDWI obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 progi określające wartości wody mieszczą się w granicach 0,2 ÷ 0,3.

Wskaźnik SWM (Sentinel Water Mask; Robak i in., 2016⁴) jest nowym wskaźnikiem przeznaczonym do wyznaczenia maski wody na podstawie zobrażeń optycznych Sentinel-2. Wskaźnik SWM osiąga najwyższe wartości dla pikseli wody, a najniższe wartości dla pikseli pozostałych form pokrycia terenu (kontrast barwny pomiędzy wodą a innymi formami pokrycia terenu jest dużo większy niż dla innych wskaźników). Wskaźnik SWM oblicza się według wzoru:

$$SWM = \frac{Blue + Green}{NIR + SWIR1}$$

Blue – refleksja w kanale niebieskim
Green – refleksja w kanale zielonym,
NIR – refleksja w kanale bliskiej podczerwieni,
SWIR1 – refleksja w kanale średniej podczerwieni.

Według literatury dla wskaźnika SWM obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 progi określające wartości wody mieszczą się w granicach 1,4 ÷ 1,6.

^{1,4} Robak A., Gadawska A., Milczarek M., Lewiński S. 2016. Wykrywanie wody na zdjęciach optycznych Sentinel-2 na podstawie wskaźników wodnych [The detection of water on Sentinel-2 imagery based on water indices]. Teledetekcja Środowiska 55(2): 59-72.

² McFeeters S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing 17(7): 1425-1432.

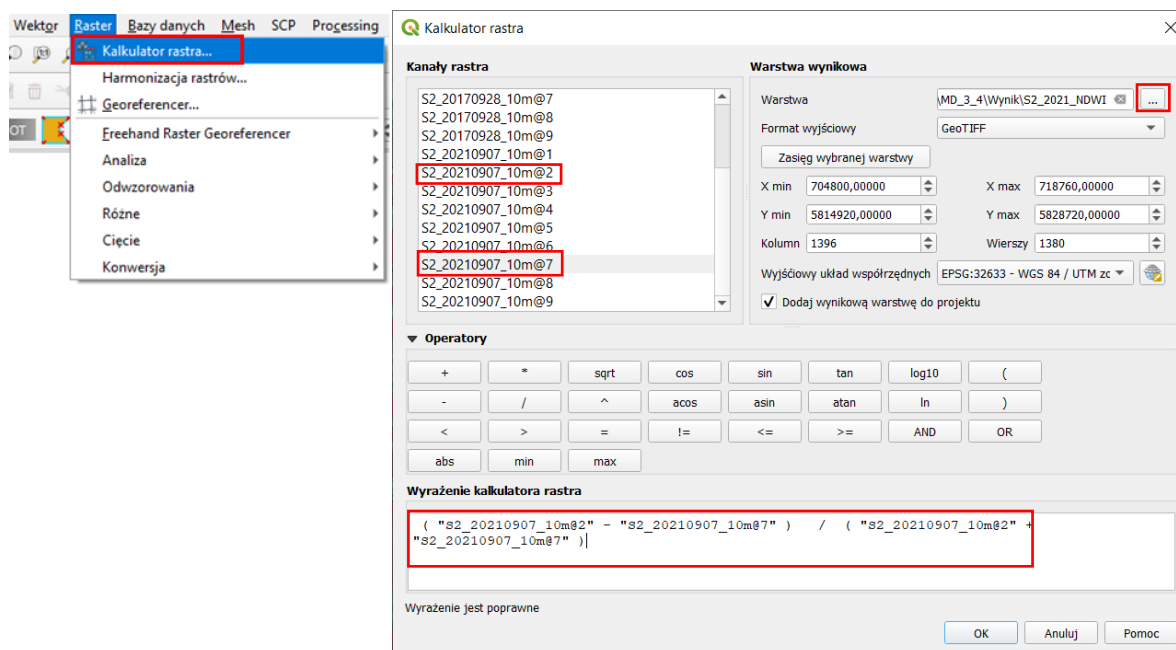
³ Xu H. 1996. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. International Journal of Remote Sensing 27(14): 3025-3033.

Uwaga! Używanie progów zawsze wiąże się z błędami, które uwarunkowane są m.in. błędną identyfikacją pikseli, mieszaniem się pikseli wody z pikselami przedstawiającymi inne formy pokrycia terenu, a także różnymi wartościami progów dla wody w zależności od pory roku, w której wykonano zdjęcie oraz położenia geograficznego analizowanego obszaru. Dlatego podane wartości progowe należy traktować orientacyjnie, a progi dla wskaźników wyznaczać indywidualnie dla danego obrazu i terenu badania.

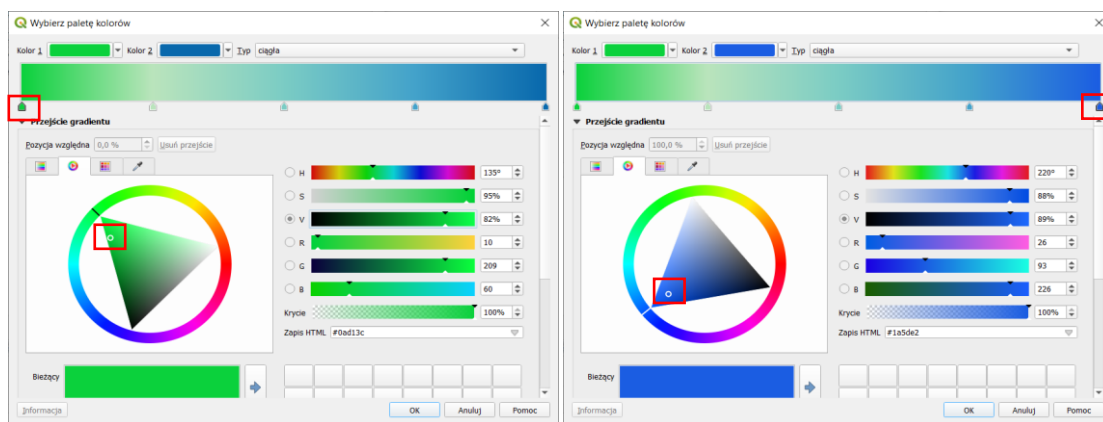
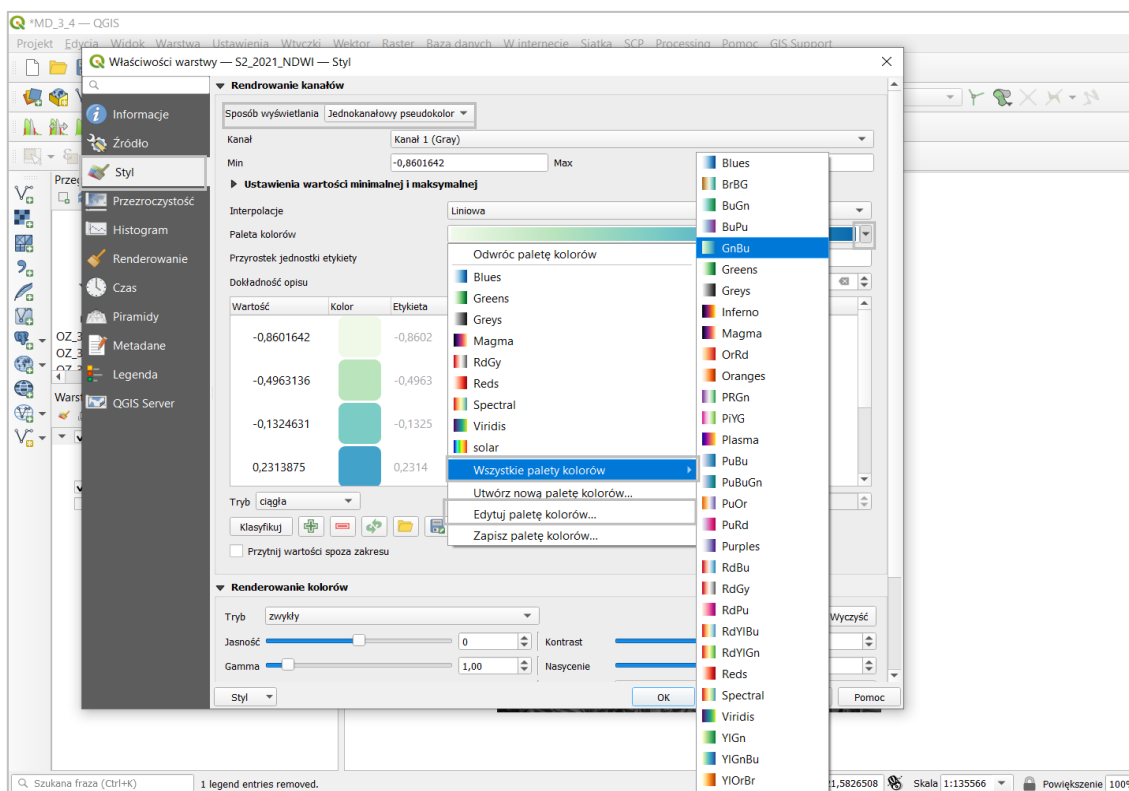
Z głównego menu wybierz **Raster > Kalkulator rastra** otworzy się okno, w którym można wykonywać obliczenia na warstwach rastrowych.

W polu **Kanały rastra** widać wszystkie dostępne kanały obrazów wielokanałowych Sentinel-2 w następującym formacie: **nazwa_obrazu@numer_kanału**. Aby wykonać obliczenia należy napisać (lub stworzyć) równanie w polu **Wyrażenie kalkulatora rastra**. W celu uniknięcia błędów podczas wpisywania nazw obrazów kliknij dwukrotnie na nazwę kanału, żeby przenieść się do pola **Wyrażenie kalkulatora rastra**. Napisz równanie na NDWI i w polu **Warstwa** wskaż katalog wynikowy i nadaj nazwę rastrowi z wynikiem obliczeń (np. *S2_2021_NDWI.tif*). Upewnij się, że opcja **Dodaj wynikową warstwę do projektu** jest aktywna i kliknij **OK**.

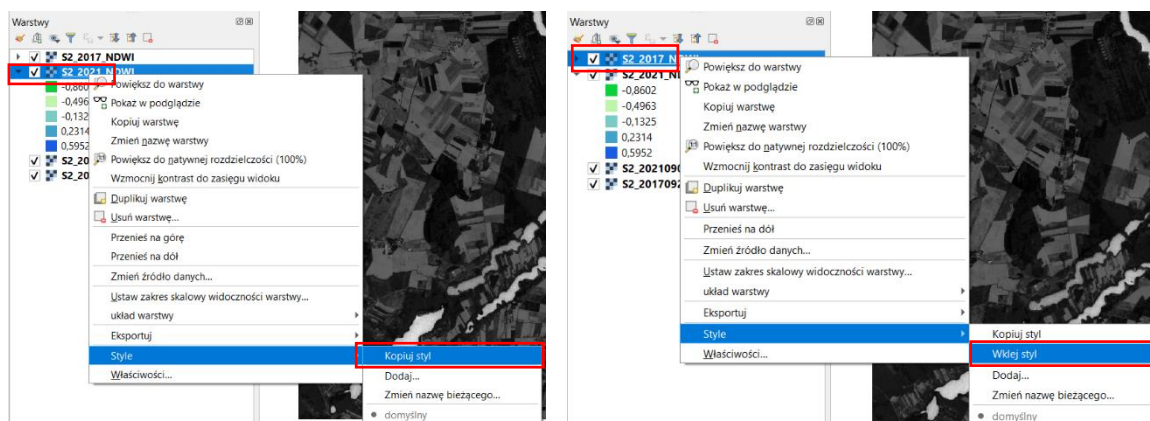
Dla potrzeb tego ćwiczenia zostały stworzone rastry wielokanałowe z obrazów Sentinel-2 o rozdzielczości 10 m dla zakresu widzialnego (RGB) i bliskiej podczerwieni (NIR) oraz dla zakresów krótkiej (SWIR1 i SWIR2) podczerwieni i podczerwieni krawędziowej (RedEdge) przepróbkowane do rozdzielczości 10 m. Dlatego na potrzeby tego ćwiczenia za kanał Green wybierz kanał 2 (nazwa@2), a za kanał NIR – kanał 7 (nawa@7):



W ten sposób otrzymasz mapę w skali szarości. Jeżeli chcesz zmienić kolory, aby obraz był bardziej czytelny, w panelu **Właściwości warstwy (PPM > Właściwości > Styl)** wybierz rodzaj mapy **Jednokanałowy pseudokolor** i dostosuj kolory. Wybraną paletę barw można przeedytować wybierając opcję **Edytuj paletę kolorów** i zmieniając kolory na skali kolorów.



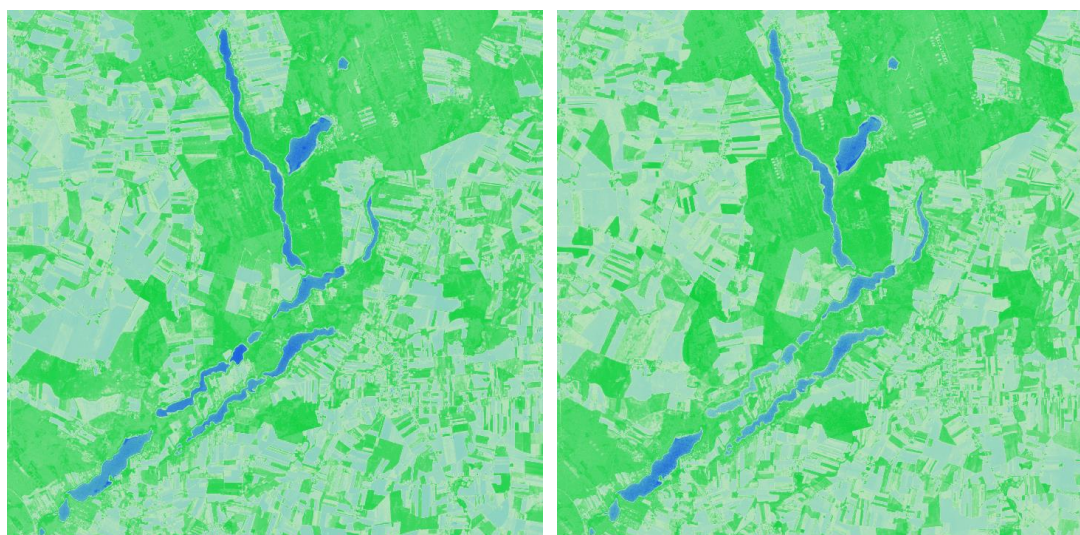
Obliczenie wskaźnika NDWI wykonaj analogicznie dla obrazu Sentinel-2 z 2017 roku. Następnie styl wyświetl stworzony raster NDWI z 2017 roku w tej samej paletce barw co raster NDWI z 2021 roku (kopiowanie stylu: PPM > Style > Kopij styl, wklejanie stylu: PPM > Style > Wklej styl).




Uzyskane obrazy wskaźników NDWI:

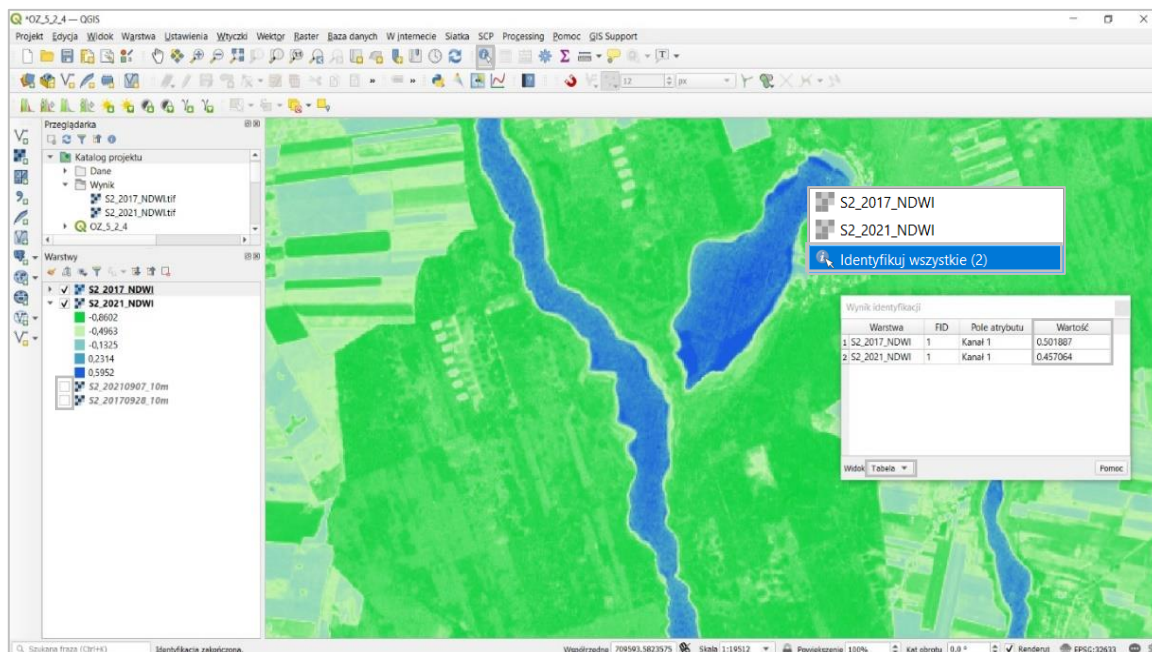
2021

2017



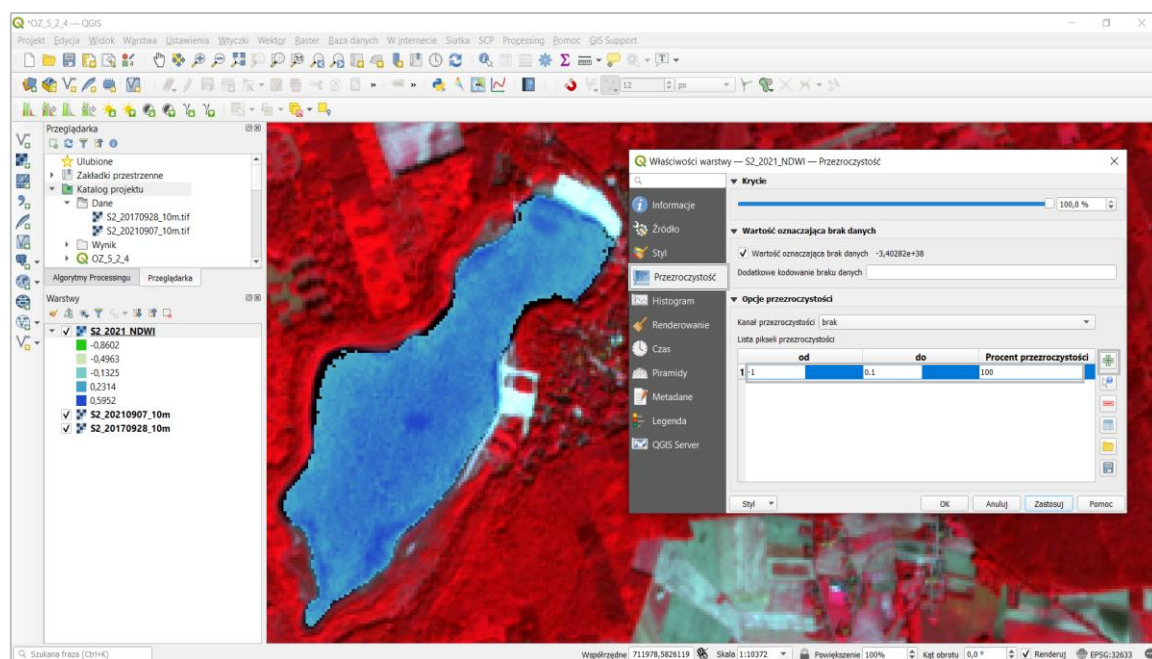
4. Analiza wartości wskaźnika NDWI

Wyłącz z widoku obrazy satelitarne Sentinel-2 z 2017 i 2021 roku i przeanalizuj otrzymane wyniki (rastry NDWI) używając narzędzia **Informacje o obiekcie** . Narzędzie to pozwala na odczytanie wartości we wskazanej komórce rastra. Zmieniając tryb działania z menu kontekstowego wybierz **Identyfikuj wszystkie**, zmień **Widok** wyświetlania informacji na **Tabela** i odczytaj wartości dla wszystkich aktywnych (widocznych) warstw. Sprawdź jakie wartości współczynnik przyjmuje dla wody, a jakie dla innych obszarów.



Do wyznaczenia progu określającego wartości wskaźnika NDWI dla wody pomocna może być również zmiana sposobu wyświetlania warstwy ze wskaźnikiem tak, aby piksele obrazujące inne formy pokrycia terenu niż woda były całkowicie transparentne.

Upewnij się czy obraz Sentinel-2 z 2021 roku jest widoczny w oknie mapy (przy *S2_20210907_10m* w panelu **Warstwy**). Zmień właściwości wyświetlania warstwy ze wskaźnikiem NDWI tak, aby piksele poniżej wartości „0” były całkowicie transparentne (**PPM > Właściwości > Przezroczystość: w Opcjach Przezroczystości** dodaj nową listę pikseli przezroczystości w zakresie: od - 1 do 0.1, 100% przezroczystości i kliknij **Zastosuj**). Przeanalizuj otrzymane wyniki na różnych fragmentach obrazu satelitarne, a jeżeli uważasz, że wynik mógłby być dokładniejszy przetestuj inne wartości progowe wskaźnika NDWI.



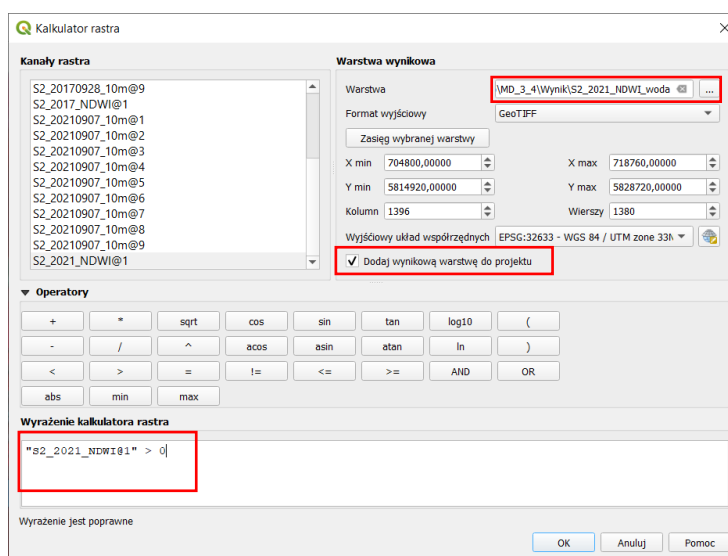
5. Wyznaczenie zasięgu zbiorników na podstawie wartości granicznej NDWI

Narzędzie **Kalkulator Rastra** oprócz obliczeń na warstwach rastrowych pozwala na tworzenie map binarnych (0,1) na podstawie warunków logicznych, czyli tzw. operacje progowania. Wynikowa mapa dla pikseli spełniających zadany warunek przyjmuje wartości „1”, a dla pozostałych pikseli (niespełniających zadanego warunku) – wartość „0”.

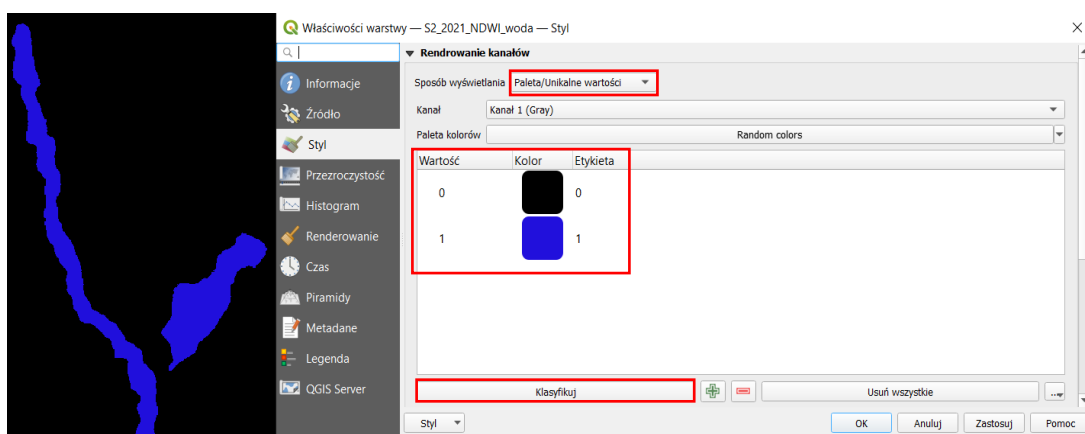
Korzystając z narzędzia **Kalkulatora rastra** i operacji progowania, wyznacz zasięg wody dla badanego terminu (2021 rok) na podstawie wartości progów dobrane w pkt. 4 ćwiczenia. W polu **Wyrażenie kalkulatora rastra** wpisz formułę (separatorem dziesiętnym wartości jest „.”):

"S2_2021_NDWI@1"> wartość progowa

i wskaż miejsce zapisu wynikowego pliku.



W wyniku otrzymujemy czarno-białą mapę, gdzie kolorem białym zaznaczona jest woda (wartości NDWI > 0), a czarnym wszystko inne. Możemy zmienić sposób wyświetlania wyniku w panelu **Właściwości warstwy > Styl** wybierz typ legendy **Paleta/Unikalne wartości** i kliknij **Klasyfikuj** (przed sklasyfikowaniem wartości obraz zniknie z obszaru roboczego). Następnie możesz ustawić dowolne kolory dla zbiorników wodnych i pozostałych obszarów.



Następnie powtórz obliczenia dla drugiego terminu (dla różnych terminów możesz zastosować inne wartości progowe, ale nie powinny one się od siebie znacząco różnić).

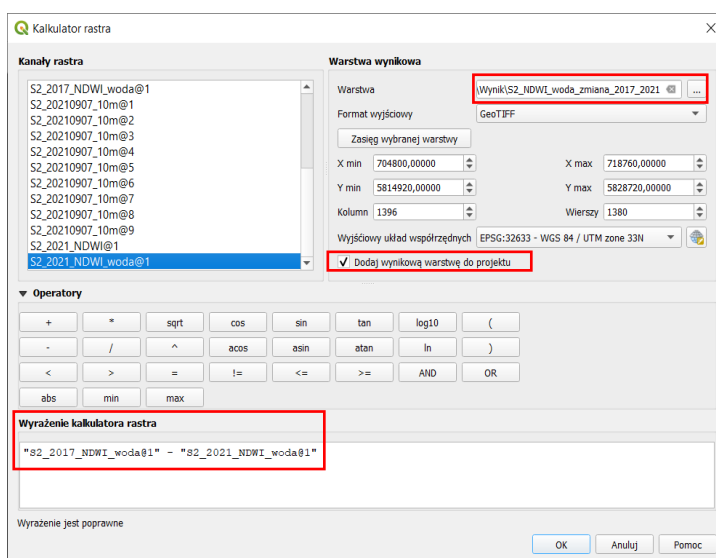
6. Analiza zmian powierzchni zbiorników

Analiza zmian powierzchni zbiorników obejmować będzie wyznaczenie lokalizacji tych zmian w przestrzeni w postaci mapy zmian zasięgu zbiorników oraz obliczenie zmian powierzchni zbiorników.

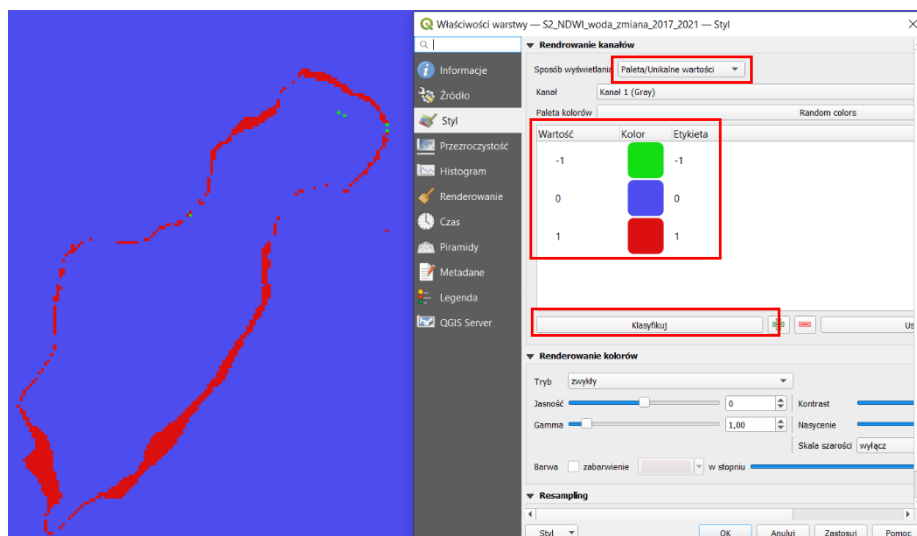
Do stworzenia mapy zmian oraz wyznaczenia powierzchni zmian zbiorników wykorzystamy funkcję **Kalkulator rastra**. Odejmując raster z jednego terminu od rastra z drugiego terminu otrzymamy w wyniku mapę z 3 wartościami:

- 0 – brak zmiany (0 – 0 lub 1 – 1);
- -1 – zasięg zbiornika uległ zwiększeniu;
- +1 – zasięg zbiornika uległ zmniejszeniu.

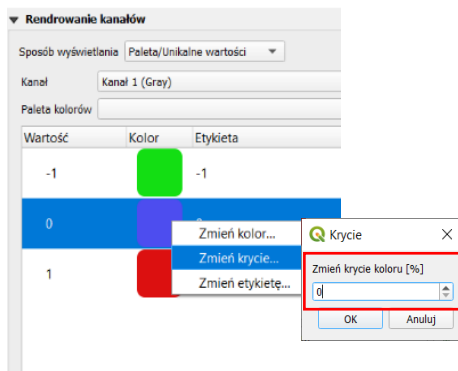
Ponownie otwórz **Raster > Kalkulator rastra** i w polu **Wyrażenie kalkulatora rastra** odejmij zasięg zbiorników otrzymany w roku 2021 od zasięgu zbiorników wodnych otrzymanego w terminie 2017. Wskaż miejsce zapisu wynikowego pliku.



Wynik domyślnie wyświetli się w skali szarości, aby był bardziej czytelny przejdź do panelu stylów i ustaw **Paleta/unikalne wartości**, pamiętaj o kliknięciu **Klasyfikuj**, żeby obraz wyświetlił się w wybranych barwach. Powinieneś otrzymać wynik podobny do przedstawionego poniżej.



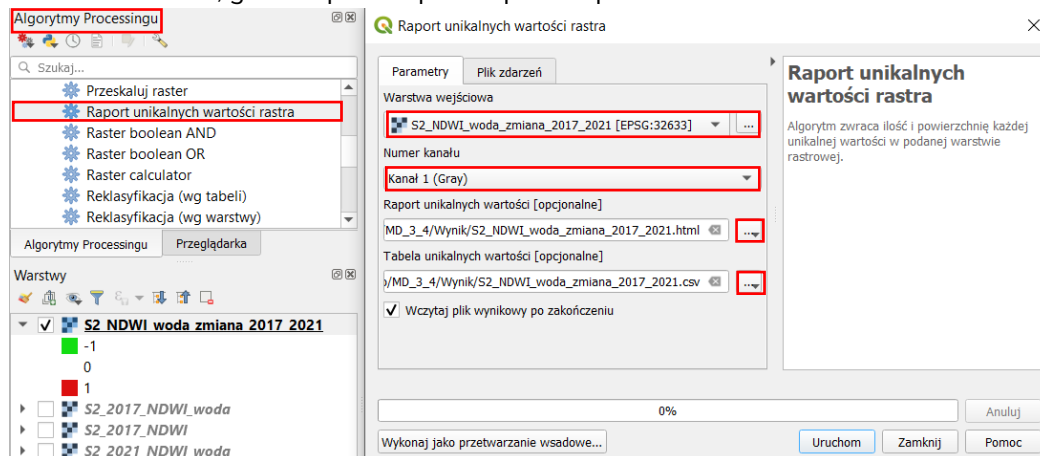
W ten sposób otrzymaliśmy mapę zmian powierzchni zbiorników w latach 2017 - 2021. Obszary zmian powierzchni zbiorników wodnych można również wyświetlić na tle obrazu satelitarnego ustawiając w stylu wyświetlania rastra 0% krycia rastra dla pikseli o wartości „0”



Mapa zmian powierzchni zbiorników w latach 2017 – 2021 na tle obrazu Sentinel-2 z 2017 roku.



Ostatnim krokiem będzie obliczenie powierzchni zmian. W panelu **Algorytmy processingu** (menu **Processing > Panel algorytmów**) znajdź narzędzie **Raport unikalnych wartości rastra**. Jako **Warstwa źródłowa** wybierz warstwę będącą wynikiem odejmowania dwóch terminów dla **Numer kanału** wybierz **Kanał 1** i wskaż, gdzie zapisać raport w postaci pliku ***.html**.



Przykładowy wynik w postaci raportu html i tabeli:

Analizowany plik: C:\MD_3_4\Wyniki\S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021.tif (kanał 1)

Zasięg: 704800.0000000000000000,5814920.0000000000000000 : 718760.0000000000000000,5828720.0000000000000000

Odzworowanie: EPSG:32633 - WGS 84 / UTM zone 33N

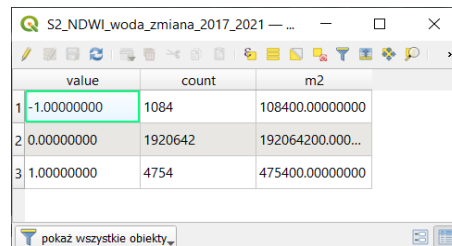
Szerokość w pikselach: 1396 (jednostek na piksel 10)

Wysokość w pikselach: 1380 (jednostek na piksel 10)

Całkowita ilość pikseli: 1926480

Ilość pikseli NODATA (bez danych): 0

| Wartość | Ilość pikseli | Ilość do obszaru (m ²) |
|---------|---------------|------------------------------------|
| -1 | 1084 | 108400 |
| 0 | 1920642 | 192064200 |
| 1 | 4754 | 475400 |



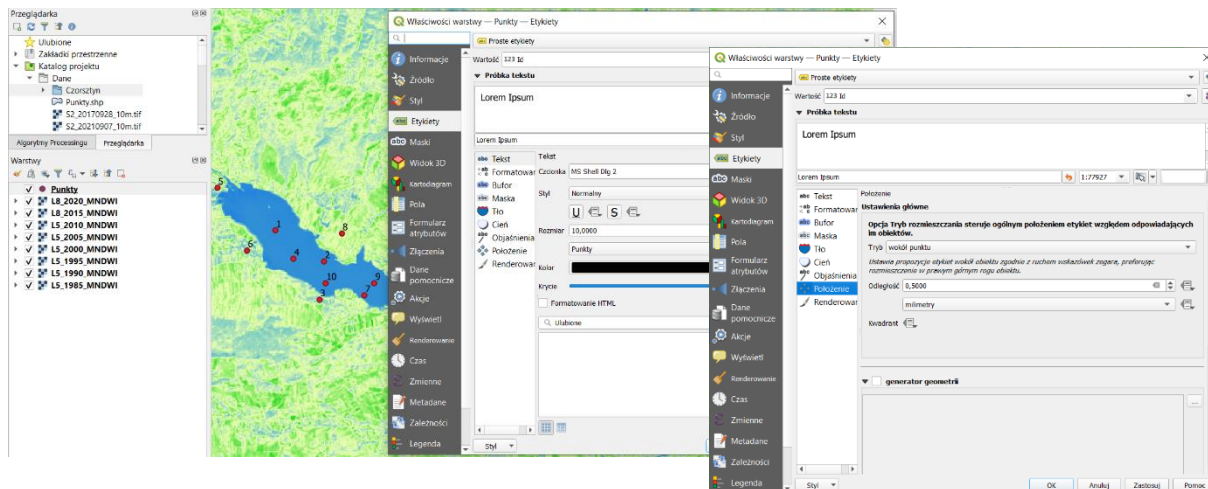
| | value | count | m2 |
|---|-------------|---------|--------------------|
| 1 | -1.00000000 | 1084 | 108400.00000000 |
| 2 | 0.00000000 | 1920642 | 192064200.00000000 |
| 3 | 1.00000000 | 4754 | 475400.00000000 |

Stosując wyżej przedstawione narzędzia można sporządzić mapy zmian powierzchni zbiorników oraz obliczyć jaka była powierzchnia tych zmian. Sprawdź jakie otrzymasz wyniki korzystając ze wskaźnika MNDWI lub SWM.

7. Analiza zmienności wskaźnika MNDWI

Wskaźniki wodne można również wykorzystać do analizy zmienności zasięgu wody np. na terenach często zalewanych, jak i zmienności właściwości obszarów wodnych. W tej części ćwiczenia dla wybranych punktów pomiarowych przeanalizuj zmienność wskaźnika MNDWI w czasie na przykładzie zasięgu zbiornika Czorsztyńskiego i poza nim. W materiałach do ćwiczenia znajdziesz warstwę z 10 losowymi punktami ([punkty.shp](#)). Do każdego z punktów przypisz wartości wskaźnika MNDWI dla analizowanych terminów.

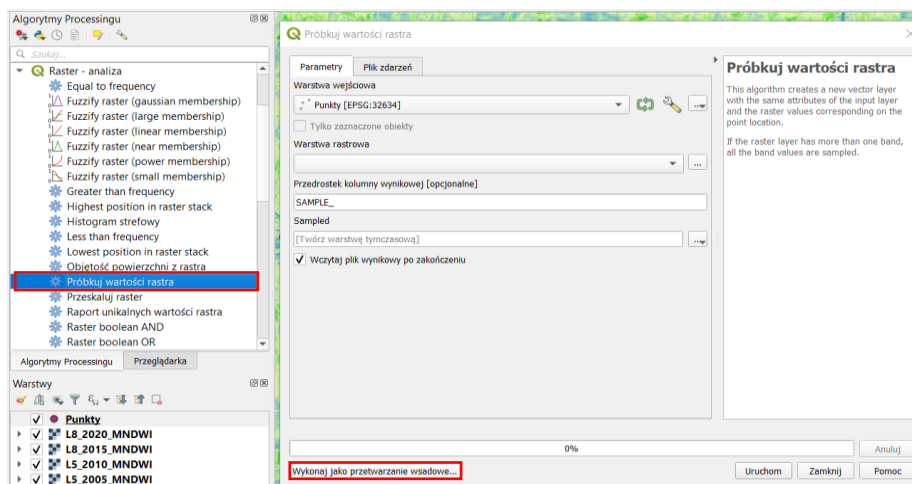
Otwórz nowy projekt w QGIS i dodaj do niego rastry z obliczonym, na podstawie obrazów Landsat 5 i 8, wskaźnikiem MNDWI (przeciągnij z odpowiednie pliki z katalogu [MD_3_4\Dane\Czorsztyn](#) z panelu **Przeglądarka** do okna głównego lub menu **Warstwa > Dodaj warstwę rastrową**) i dopasuj sposób ich wyświetlania analogicznie jak w części pierwszej ćwiczenia (możesz wykorzystać funkcję *kopiowania i wklejania stylu dla kilku warstw jednocześnie*). Następnie dodaj warstwę wektorową z punktami pomiarowymi (przeciągnij z plik [punkty.shp](#) z panelu **Przeglądarka** do okna głównego lub menu **Warstwa > Dodaj warstwę wektorową**). Dostosuj styl wyświetlania punktów oraz dodaj etykiety z numerami (**PPM > Właściwości > Etykiety**: zakładka **Tekst**: Wartość Id, Rozmiar 10, zakładka **Położenie**: Odległość 0,5)



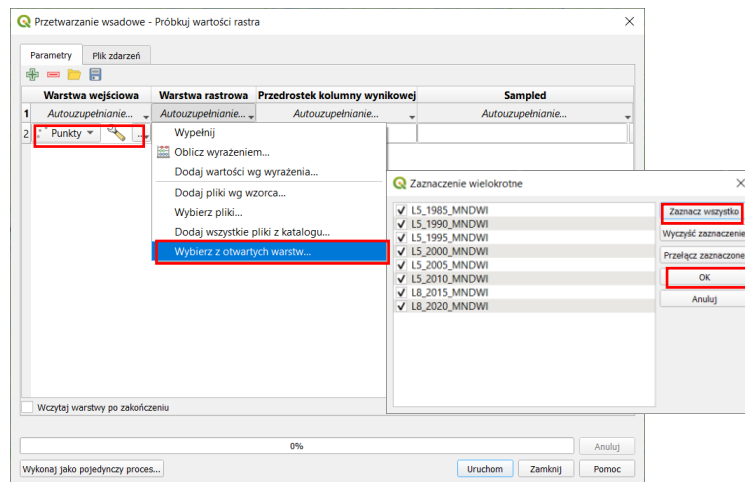
Aby przypisać wartości wskaźnika MNDWI dla poszczególnych punktów pomiarowych (punktowa warstwa wektorowa) skorzystaj z narzędzia **Processing > Panel algorytmów processingu > Raster-analiza > Próbkuj wartość rastra**.

Przypisanie wartości wskaźnika MNDWI można wykonać pojedynczo dla każdego rastra z osobną (czyli wykonać jako pojedynczy proces wybierając jako **Warstwa wejściowa** warstwę z punktami, jako **Warstwę rastrową** – warstwę ze wskaźnikiem z wybranego stanu czasowego, ustalić przedrostek kolumny wynikowej oraz lokalizację, nazwę i format (.csv) pliku wynikowego) lub w tzw. trybie wsadowym, czyli kilka przetworzeń po kolei.

Przełącz tryb wykonania polecenia na tryb wsadowy klikając **Wykonaj jako przetwarzanie wsadowe**.



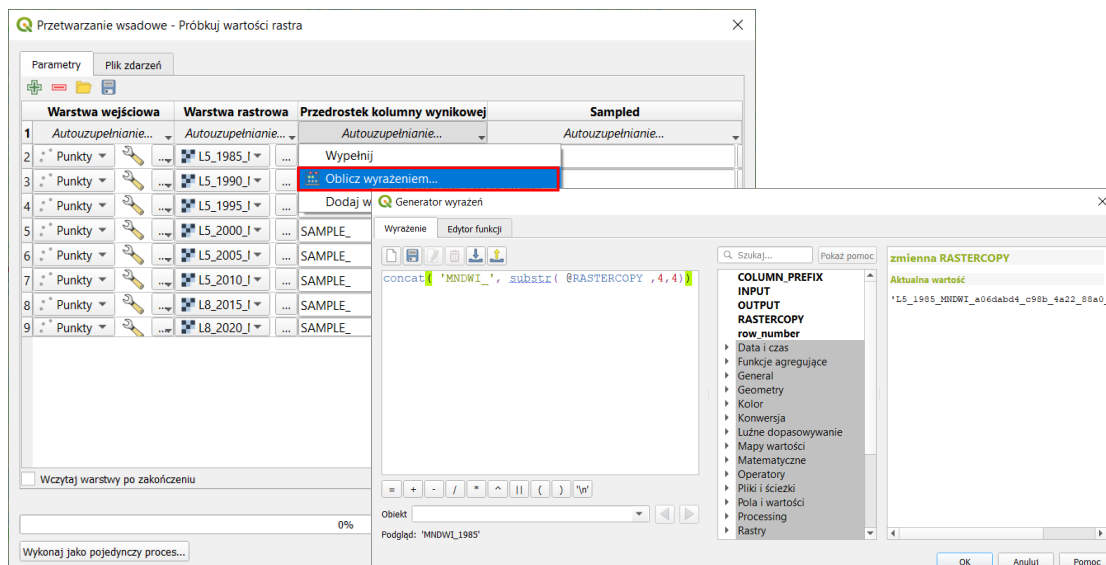
W oknie **Przetwarzanie wsadowe - Próbkuj wartość rastra** jako **Warstwa wejściowa** wybierz warstwę z punktami, a w kolumnie **Warstwa rastrowa** rozwiń menu **Autouzupelnianie** i wybierz **Wybierz z otwartych warstw** i zaznacz wszystkie wczytane warstwy z obliczonym wskaźnikiem wodnym MNDWI.



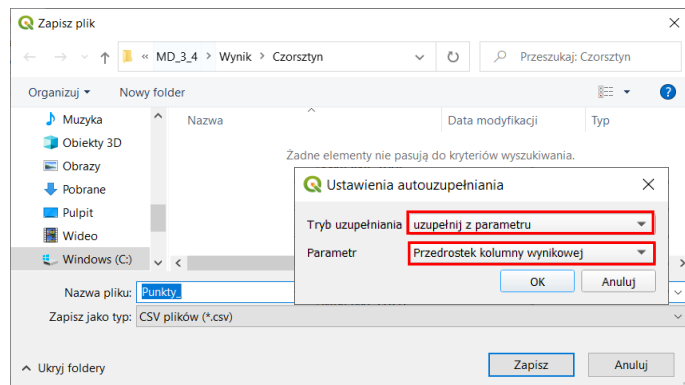
Następnie w kolumnie Przedrostek kolumny wynikowej wybierz menu **Autouzupelnianie > Oblicz wyrażeniem** i wpisz formułę tworzącą nazwę przedrostka kolumny wynikowej na podstawie nazwy używanej warstwy rastrowej:

```
concat( 'MNDWI_', substr( @RASTERCOPY ,4,4) )
```

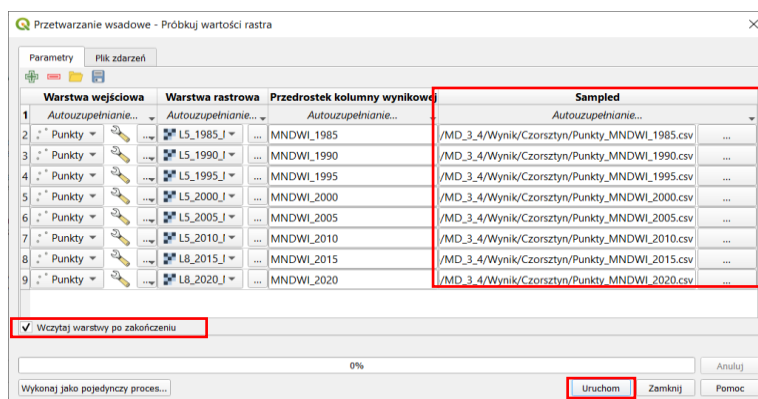
Powyższa formuła tworzy ciąg znaków (nazwę przedrostka kolumny wynikowej) łącząc (za pomocą funkcji *concat*) tekst „MNDWI_” z rokiem pozyskania danych Landsat „wyciągnięty” (za pomocą funkcji *substr*) z nazwy warstwy rastrowej (np. rok „1985” z nazwy „L5_1985_MNDWI”).



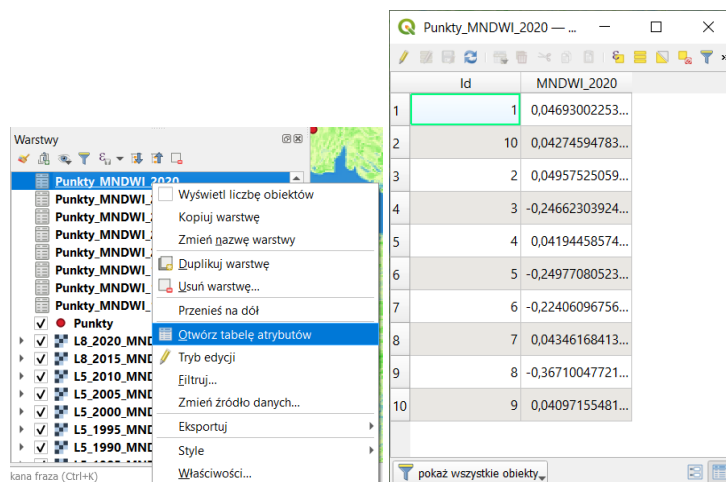
W kolumnie **Sampled** w pierwszym wierszu klikamy ikonę i wybieramy miejsce zapisu, format pliku (.csv) oraz przedrostek dla nazwy pliku wynikowego np. punkty_. Po kliknięciu **Zapisz** pojawi się okno **Ustawienia autouzupelniania**, w którym wybierz **Tryb uzupełnienia: uzupełnij z parametru** i **Parametr: Przedrostek kolumny wynikowej**.



Po kliknięciu **OK** nazwy plików wynikowych (kolumna **Sampled**) zostaną automatycznie uzupełnione. Zaznacz opcję **Wczytaj warstwy** po zakończeniu i kliknij **Uruchom**.

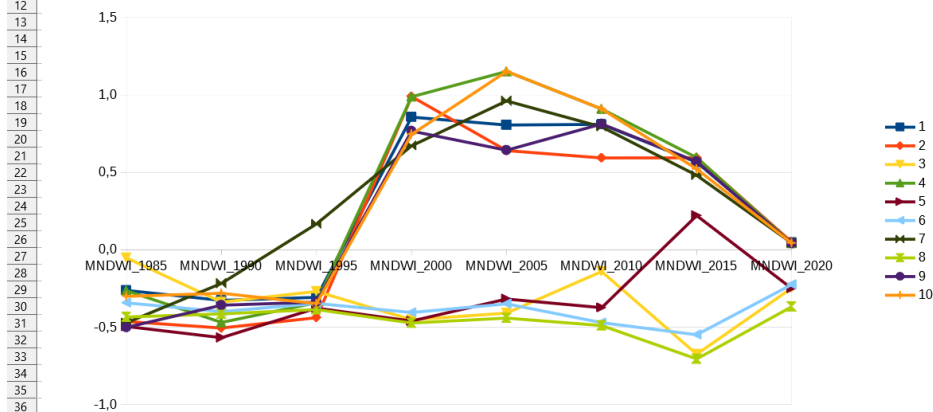


Po obliczeniu wartości wskaźnika MNDWI dla wszystkich punktów pomiarowych ze wszystkich 8 stanów czasowych otrzymaliśmy 8 plików CSV. W każdym z tych plików została zapisana wartość wskaźnika MNDWI obliczonego dla danej lokalizacji w określonym czasie. Wartości wskaźnika można przejrzeć otwierając tabelę atrybutów wybranej warstwy (**PPM > Otwórz tabelę atrybutów**).



Wartości wskaźnika MNDWI z utworzonych poszczególnych plików CSV otwórz za pomocą programu LibreOffice i zestaw w jednej wspólnej tabeli. Następnie utwórz na ich podstawie wykres przedstawiający zmienność wskaźnika MNDWI w dziesięciu punktach (przykład poniżej). Zastanów się jak zmienia się wskaźnik MNDWI zwłaszcza w przypadku punktów znajdujących się na obszarze zbiornika wodnego.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|---|
| 1 | Id | MNDWI_1985 | MNDWI_1990 | MNDWI_1995 | MNDWI_2000 | MNDWI_2005 | MNDWI_2010 | MNDWI_2015 | MNDWI_2020 | | |
| 2 | 1 | -0,262008727 | -0,326298952 | -0,306789756 | 0,857142866 | 0,806060612 | 0,810650885 | 0,565737069 | 0,046930023 | | |
| 3 | 2 | -0,462807149 | -0,504857838 | -0,438102305 | 0,989795923 | 0,641025662 | 0,593659937 | 0,594339609 | 0,049575251 | | |
| 4 | 3 | -0,052287582 | -0,337487012 | -0,268545985 | -0,451452881 | -0,408532172 | -0,140056029 | -0,674074054 | -0,246623039 | | |
| 5 | 4 | -0,263594478 | -0,468761414 | -0,341377974 | 0,988636374 | 1,151898742 | 0,909722209 | 0,595505595 | 0,041944586 | | |
| 6 | 5 | -0,494822711 | -0,567379653 | -0,376693755 | -0,459993422 | -0,317590356 | -0,373461008 | 0,220946908 | -0,249770805 | | |
| 7 | 6 | -0,342423052 | -0,398985386 | -0,345919997 | -0,404580146 | -0,348770916 | -0,470181495 | -0,548458159 | -0,224060968 | | |
| 8 | 7 | -0,470829904 | -0,216494843 | 0,1675977707 | 0,671706259 | 0,961685836 | 0,794117630 | 0,481171548 | 0,043461684 | | |
| 9 | 8 | -0,433879107 | -0,413636357 | -0,385503888 | -0,472499192 | -0,440787464 | -0,489046395 | -0,704750717 | -0,367100477 | | |
| 10 | 9 | -0,500838935 | -0,357475907 | -0,337888211 | 0,767123282 | 0,643312097 | 0,812778592 | 0,569844782 | 0,040971555 | | |
| 11 | 10 | -0,300217032 | -0,280539930 | -0,347130003 | 0,745635927 | 1,152542353 | 0,910034597 | 0,522012591 | 0,042745948 | | |



Komentarz:

W ćwiczeniu zapoznaliśmy się z możliwością wykorzystania wskaźników wodnych do analizy zmian powierzchni zbiornika wodnego oraz do analizy zmienności właściwości obszarów wodnych np. zmian w stopniu zanieczyszczenia zbiornika lub poziomu zawiesiny w wodzie. Metoda prostego progowania wskaźnika spektralnego może służyć do wstępnej analizy zmian zasięgu obszarów wodnych nie tylko zbiorników, ale również np. obszarów zalanych w czasie zjawisk katastrofalnych takich jak powodzie.