

Dane satelitarne dla administracji publicznej

Scenariusz warsztatowy 2

WSKAŹNIKI TELEDETEKCYJNE JAKO MIARA STANU ŚRODOWISKA



© 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. Obliczenie wskaźników roślinności	8
3. Obliczenie wskaźnika wodnego	12
4. Analiza wartości wskaźników roślinności i wskaźników wodnych.....	13
5. Mapa zmian wartości wskaźników roślinnych i wodnych.....	17

Opis zadania

Niniejsze zadanie ma na celu wykorzystanie satelitarnych danych wielospektralnych do analizy sezonowych zmian wskaźników roślinności (np. NDVI, SAVI) oraz wskaźników wodnych (np. NDWI, MSI) dla różnych typów pokrycia terenu obszaru chronionego. Analiza wskaźników, a co za tym idzie stanu środowiska, zostanie przeprowadzona na danych wielospektralnych Sentinel-2 pozyskanych podczas sezonu wegetacyjnego 2018 na obszarze Biebrzańskiego Parku Narodowego. Klasy pokrycia terenu dla danego obszaru zostały pobrane z bazy CLC 2018 (CORINE Land Cover).

Cel zadania

Celem zadania jest obliczenie wskaźników teledetekcyjnych (wskaźników roślinności i wskaźników wodnych) na podstawie obrazów wielospektralnych oraz zapoznanie się ze sezonową zmiennością właściwości spektralnych poszczególnych klas pokrycia terenu, jak i oceną stopnia uwilgotnienia roślinności na obszarze chronionym w programie QGIS.

Wykaz danych przestrzennych GIS

Dane przestrzenne potrzebne do wykonania ćwiczenia znajdują się w folderze [MD_3_2\Dane](#).

- Mozaika obrazów satelitarnych Sentinel-2 z 23.08.2018r. z wymaskowanymi chmurami: [S2_20180823_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	B8A - Near-infrared
9	B11 - Short Wave Infrared SWIR1
10	B12 - Short Wave Infrared SWIR2

- Wskaźniki NDVI obliczone na podstawie danych satelitarnych Sentinel-2 z wymaskowanymi chmurami z terminów (folder: [MD_3_2\Dane\NDVI](#)):
10.04.2018: [S2_20180410_NDVI.tif](#),
10.05.2018: [S2_20180510_NDVI.tif](#),
30.05.2018: [S2_20180530_NDVI.tif](#),
09.07.2018: [S2_20180709_NDVI.tif](#),
12.10.2018: [S2_20181012_NDVI.tif](#),
- Wskaźniki SAVI obliczone na podstawie danych satelitarnych Sentinel-2 z wymaskowanymi chmurami z terminów (folder: [MD_3_2\Dane\SAVI](#)):
10.04.2018: [S2_20180410_SAVI.tif](#),
10.05.2018: [S2_20180510_SAVI.tif](#),
30.05.2018: [S2_20180530_SAVI.tif](#),
09.07.2018: [S2_20180709_SAVI.tif](#),
12.10.2018: [S2_20181012_SAVI.tif](#),

- Wskaźniki NDWI obliczone na podstawie danych satelitarnych Sentinel-2 z wymaskowanymi chmurami z terminów (folder: [MD_3_2\Dane\NDWI](#)):
10.04.2018: [S2_20180410_NDWI.tif](#),
10.05.2018: [S2_20180510_NDWI.tif](#),
30.05.2018: [S2_20180530_NDWI.tif](#),
09.07.2018: [S2_20180709_NDWI.tif](#),
12.10.2018: [S2_20181012_NDWI.tif](#),
- Wskaźniki MSI obliczone na podstawie danych satelitarnych Sentinel-2 z wymaskowanymi chmurami z terminów (folder: [MD_3_2\Dane\MSI](#)):
10.04.2018: [S2_20180410_MSI.tif](#),
10.05.2018: [S2_20180510_MSI.tif](#),
30.05.2018: [S2_20180530_MSI.tif](#),
09.07.2018: [S2_20180709_MSI.tif](#),
12.10.2018: [S2_20181012_MSI.tif](#),
- Plik wektorowy z granicą Biebrzańskiego Parku Narodowego: [BPN.shp](#)
- Plik wektorowy z klasami pokrycia terenu CLC 2018 (CORINE Land Cover 2018) w granicach BPN: [CLC2018_BPN.shp](#)

Wykaz stron internetowych

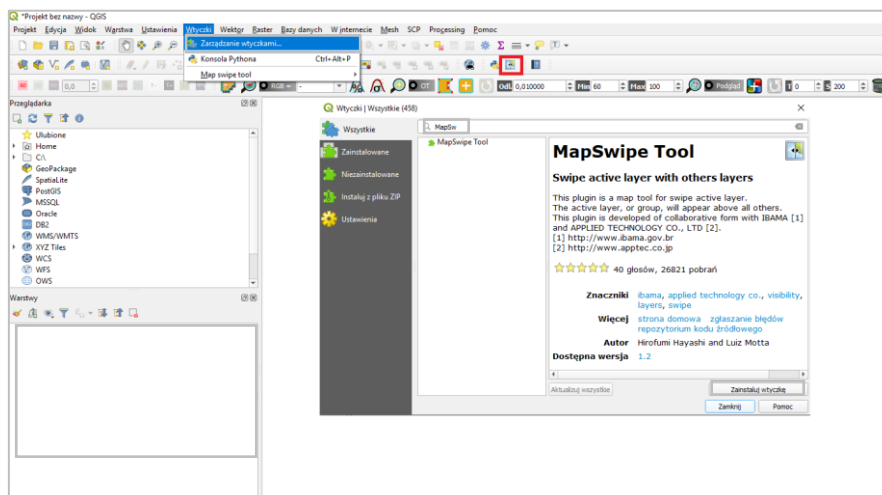
- Pobieranie zobrażeń satelitarnych Sentinel-2: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- Informacje o produkcie poziomu 2 misji Sentinel-2 (Sentinel-2 Level-2A):
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a>
- Pobieranie danych CORINE Land Cover: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- Informacje o projekcie CORINE Land Cover w języku polskim: <https://clc.gios.gov.pl/>
- Kody klas (legenda) CORINE Land Cover: <https://clc.gios.gov.pl/index.php/o-clc/legenda>
- Baza danych wskaźników teledetekcyjnych: <https://www.indexdatabase.de/>

Wykaz zastosowanego oprogramowania

- QGIS 3.16

Instalacja wtyczki MapSwipe Tool

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

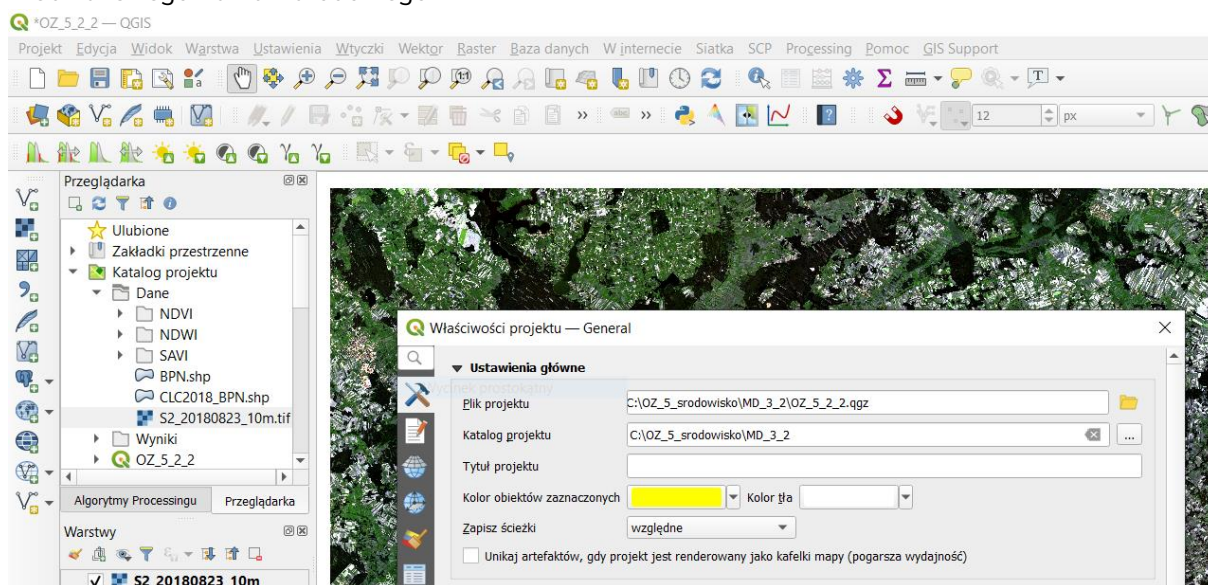


i kliknij **Zainstaluj wtyczkę**. Ikona wtyczki powinna być widoczna na pasku narzędzi.

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_2.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 Sentinel-2 *S2_20180823_10m.tif* i dodaj je do projektu poprzez przeciągnięcie ich do panelu **Warstwy**. Następnie zmień sposób wyświetlania rastra, tak by obraz Sentinel-2 wyświetlić w barwach rzeczywistych RGB (**Właściwości > Styl: kolor wielokanałowy**, czerwony (R): Kanał 03, zielony (G): Kanał 02, niebieski (B): Kanał 01) i spróbuj zidentyfikować rejon Biebrzańskiego Parku Narodowego.

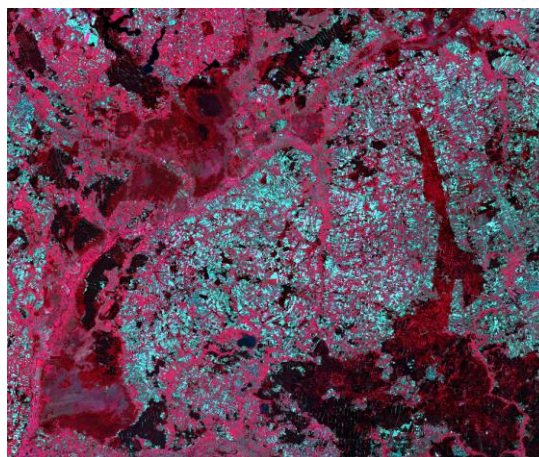


W celu łatwiejszej identyfikacji koryta Biebrzy zmień sposób wyświetlania obrazu satelitarnego Sentinel-2 na kompozycję w barwach fałszywych CIR (**Właściwości > Styl: kolor wielokanałowy**, czerwony (R): Kanał 07, zielony (G): Kanał 03, niebieski (B): Kanał 02).

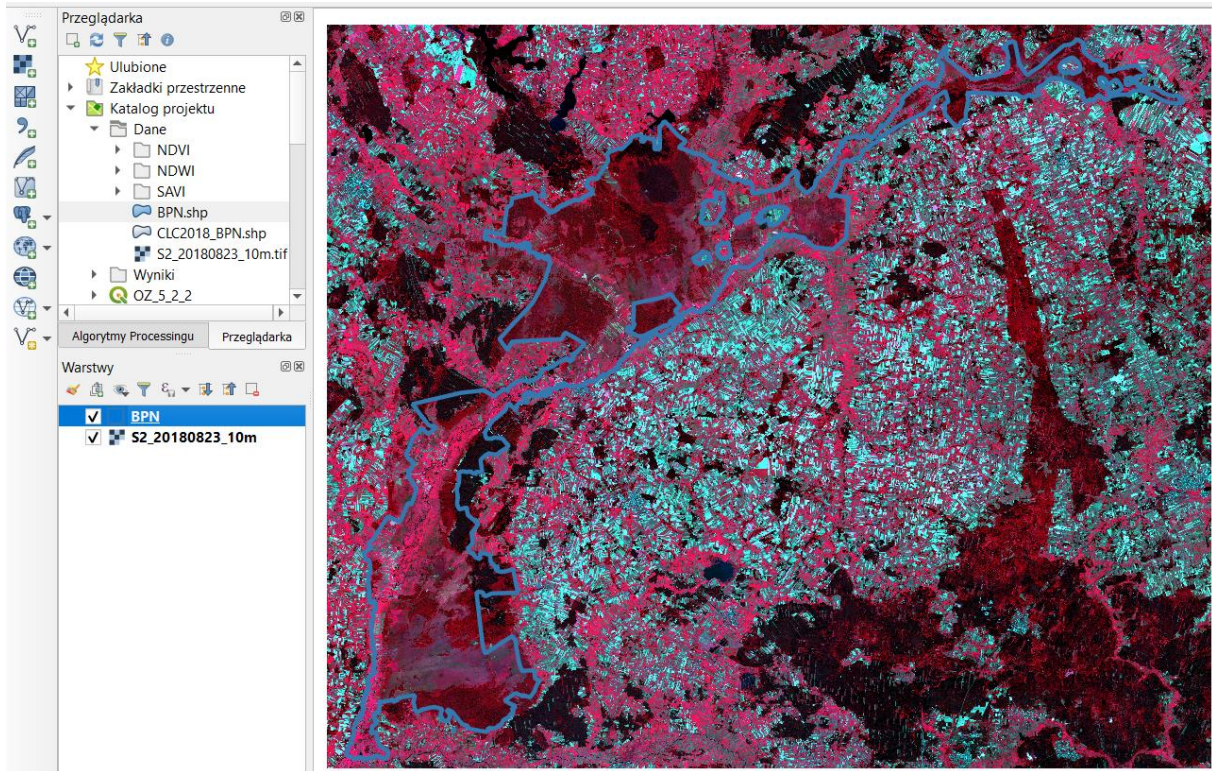
Obraz S2 z 23.08.2018 w kompozycji RGB



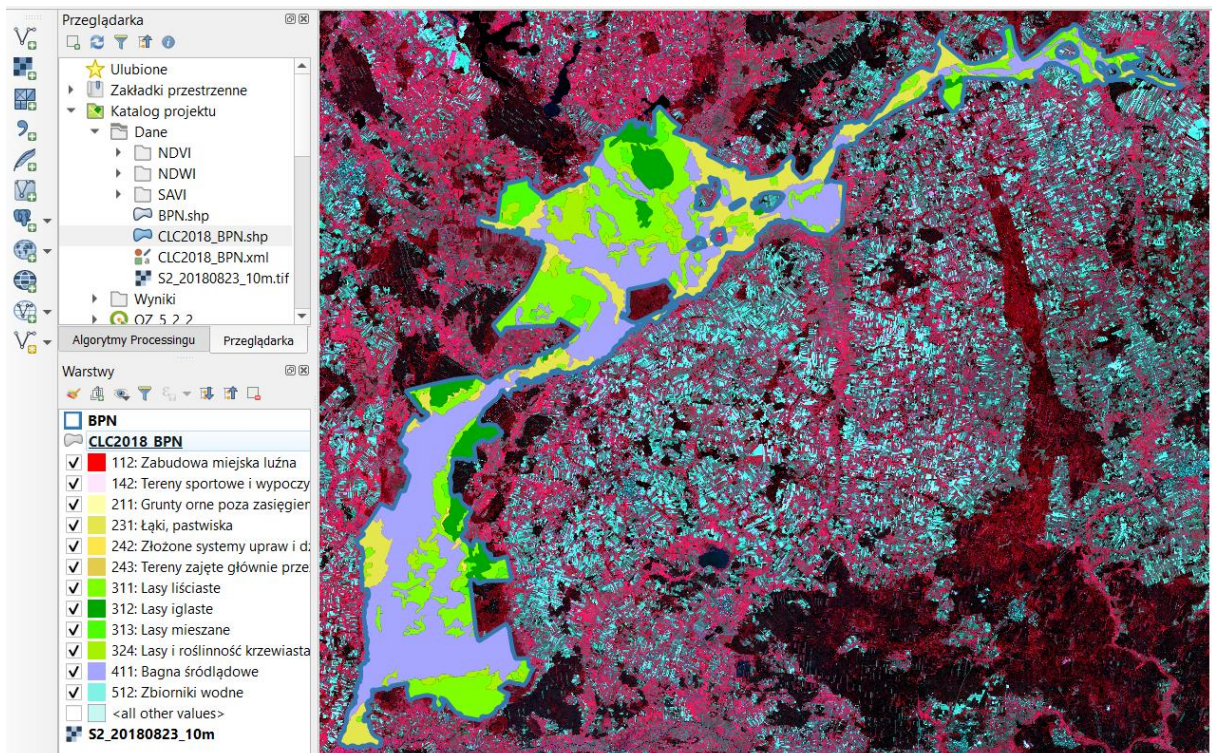
Obraz S2 z 23.08.2018 w kompozycji CIR



Następnie dodaj do projektu granicę parku (*BPN.shp*) i zmień sposób jej wyświetlania na np. na **outline blue** (**Właściwości > Styl: Pojedynczy symbol, outline blue**).



Zapoznaj się również z klasami pokrycia terenu na obszarze parku. Dodaj do projektu dane wektorowe CORINE Land Cover (*CLC2018.shp*).



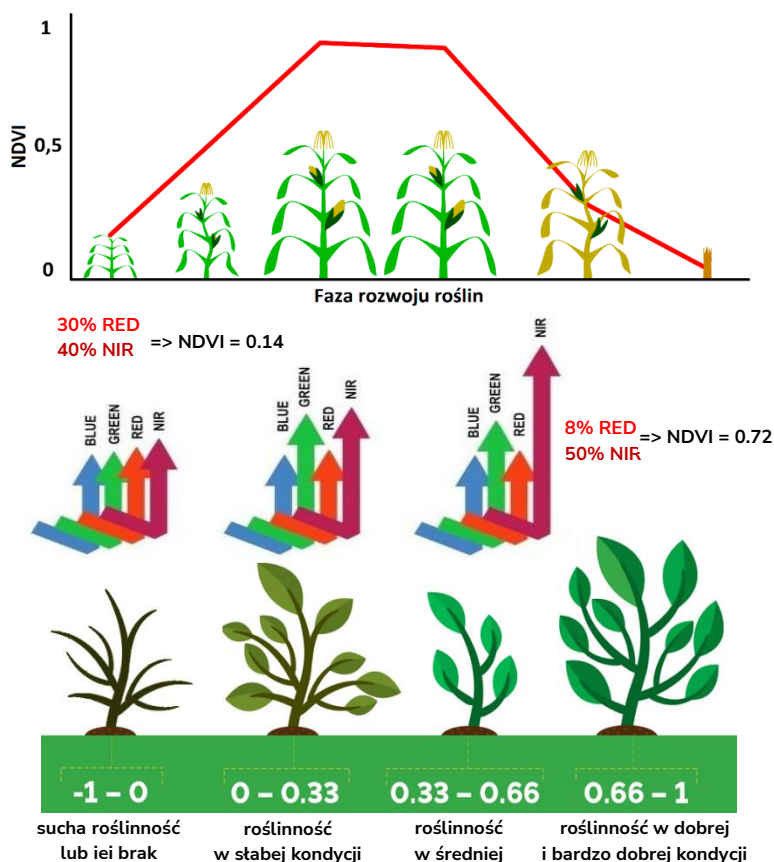
2. Obliczenie wskaźników roślinności

Istnieją różne wskaźniki roślinności, które można wykorzystać do monitorowania stanu środowiska. Jednym z najpopularniejszych jest znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji (Normalized Difference Vegetation Index; Rouse i in. 1974¹). Wskaźnik NDVI jest najczęściej wykorzystywanym wskaźnikiem wegetacji w badaniach naukowych i w praktyce. Analiza wartości NDVI pozwala odróżnić roślinność od innych (sztucznych) rodzajów pokrycia terenu oraz określić fazę rozwojową i kondycję roślin. NDVI pozwala zdefiniować i zwizualizować obszary porośnięte roślinnością na mapie, a także wykryć nieprawidłowe zmiany w procesie wzrostu roślin. Do obliczenia wartości wskaźnika NDVI wykorzystywane są wartości odbicia rejestrowane w zakresie promieniowania czerwonego (Red) oraz w bliskiej podczerwieni (NIR). Sposób obliczania wskaźnika NDVI jest następujący:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Red – refleksja w kanale czerwonym,
NIR – refleksja w kanale bliskiej podczerwieni.

Wartości wskaźnika NDVI zawierają się w zakresie od -1 do 1. Wartości wskaźnika NDVI zbliżone do -1 występują na obszarach pokrytych wodą. Wartości z zakresu od -0,1 do 0,1 występują na obszarach odkrytej gleby bez pokrywy roślinnej. Wartości wskaźnika NDVI z zakresu od 0,2 do 0,4 są charakterystyczne dla obszarów pokrytych roślinnością będącą w początkowej fazie rozwoju lub słabej kondycji. Wartości wskaźnika NDVI >0.6 uznawane są za wskaźnik zdrowej roślinności o wysokiej witalności. Natomiast NDVI zbliżone do 1 są charakterystyczne dla roślin będących w najwyższej fazie rozwoju, w bardzo dobrym stanie zdrowotnym.



¹Rouse J.W., Haas R.H., Scheel J.A., and Deering D.W. 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium, vol. 1, p. 48-62.

Na wartość wskaźnika NDVI mogą mieć wpływ takie parametry jak kolor i wilgotność gleby, a także zwarcie roślinności. Ponadto przy gęstej pokrywie roślinnej wskaźnik NDVI doznaje wysycenia odbicia tzn. przy dużej biomacie dalszy jej wzrost nie powoduje zwiększania wartości wskaźnika. Aby zminimalizować wpływ jasności gleby, do oceny kondycji roślinności można zastosować wskaźnik SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index; Huete 1988²), który sprawdza się lepiej niż NDVI na obszarach o małym zwarcu pokrywy roślinnej. Wskaźnik SAVI obliczany jest na podstawie tych samych zakresów spektralnych co NDVI, jednak z dodatkowym parametrem glebowym L przyjmującym wartości od 0 (dla bardzo gęstej pokrywy roślinnej) do 1 (dla bardzo małej pokrywy roślinnej), najczęściej 0,5 (stosowane są też liczne modyfikacje SAVI z funkcją opisującą wartość L). Wzór do obliczenia wskaźnika SAVI:

$$SAVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red + L} * (1 + L)$$

Red – refleksja w kanale czerwonym,
NIR – refleksja w kanale bliskiej podczerwieni.

Przy dużym zagęszczeniu roślinności lepszym wskaźnikiem roślinności stosowanym do szacowania zielonej biomasy jest wskaźnik SR (Simple Ratio; Jordan 1969³). Bazuje on na założeniu, iż zielona biomasa odbija względnie więcej promieniowania podczerwonego aniżeli czerwonego, a wraz z przyrostem biomasy rośnie stosunek wartości odbicia w zakresie bliskiej podczerwieni do wartości odbicia w zakresie promieniowania czerwonego:

$$SR = \frac{NIR}{Red}$$

Red – refleksja w kanale czerwonym,
NIR – refleksja w kanale bliskiej podczerwieni.

Wskaźnik SR lepiej niż NDVI reaguje na zmiany biomasy w późniejszych fazach wzrostu. Z kolei jest on mało przydatny do opisu biomasy przy pokryciu gleby roślinnością poniżej 50%, gdyż jest wrażliwy na efekty atmosferyczne.

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 NDVI:

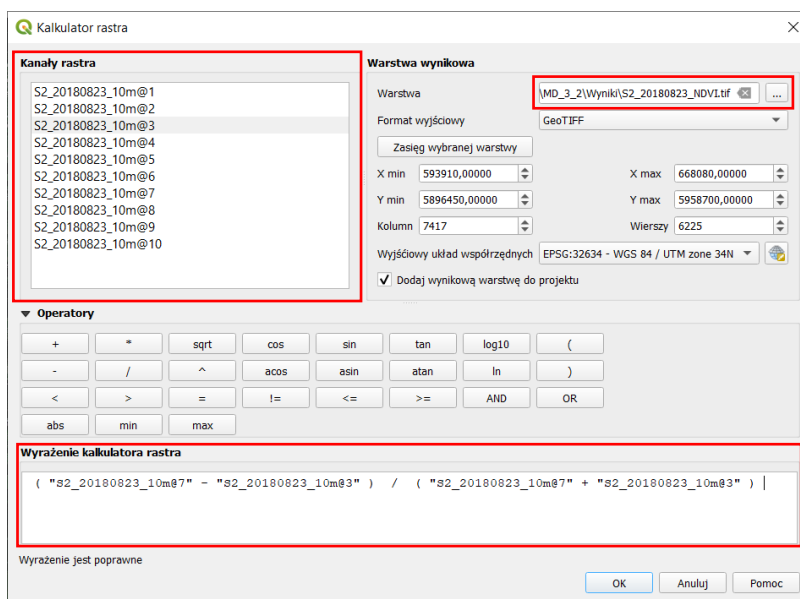
$(s2_20180823_10m@7 - s2_20180823_10m@3) / (s2_20180823_10m@7 + s2_20180823_10m@3)$

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 średniej (SWIR1 i SWIR2) podczerwieni i podczerwieni krawędziowej (RedEdge) przepróbkowane do rozdzielczości 10 m. Dlatego na potrzeby tego ćwiczenia za kanał Red wybierz kanał 3 (nazwa@3), a za kanał NIR – kanał 7 (nawa@7)

Następnie w polu **Warstwa** wskaż katalog wynikowy i nadaj nazwę rastrowi z wynikiem obliczeń (np. [S2_20180823_NDVI.tif](#)). Upewnij się, że opcja **Dodaj wynikową warstwę do projektu** jest aktywna i kliknij **OK**.

² Huete A.R. 1988. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment 25: 295-309.

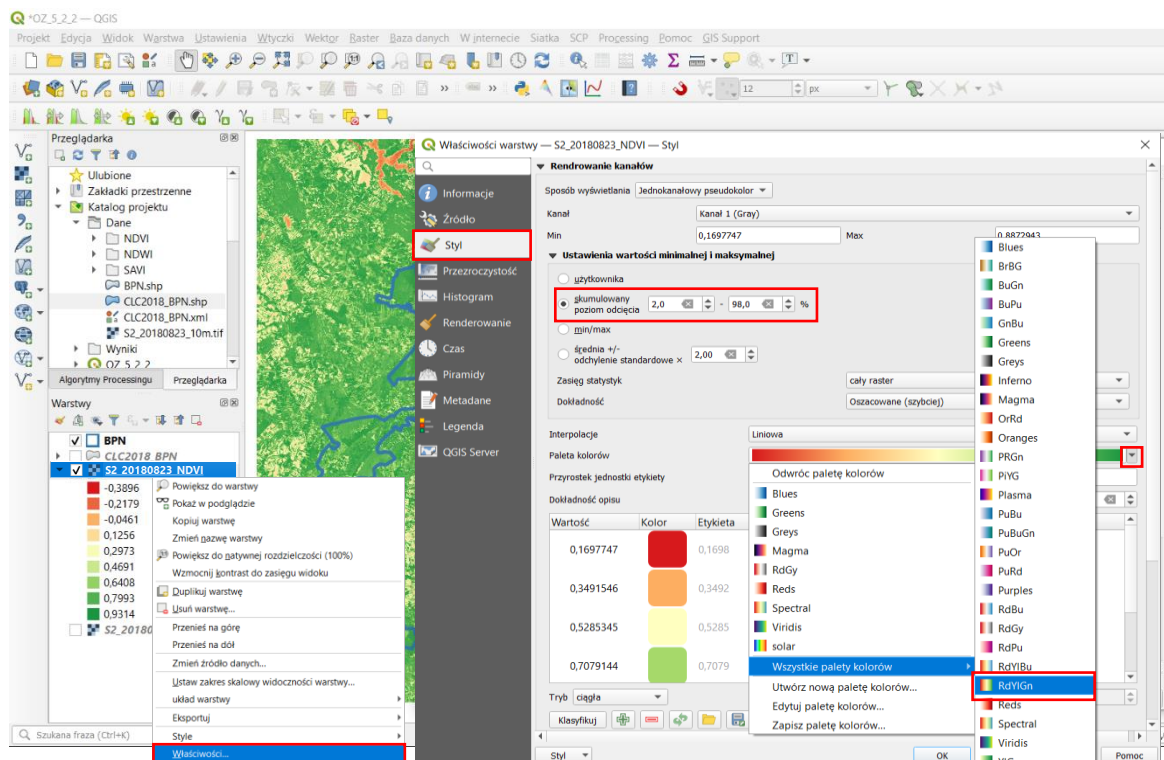
³ Jordan C.F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. Ecology 50: 663-666.



W ten sposób otrzymasz mapę wskaźnika NDVI 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. Wybierz paletę kolorów **RdYIGr**, która niskie wartości NDVI obrazuje jako czerwone, średnie wartości NDVI jako żółte, a wysokie wartości NDVI jako zielone oraz ustaw **skumulowany poziom odcięcia od 2,0 do 98,0%** wartości minimalnej i maksymalnej.



Następnie analogicznie jak powyżej oblicz wskaźnik SAVI (przyjmując parametr glebowy $L=0,5$) oraz wskaźnik SR na podstawie obrazu satelitarnego Sentinel-2 z 23.08.2018 r. korzystając z narzędzia **Kalkulator rastra** oraz dostosuj sposób ich wyświetlania (**Styl: Jednokanałowy pseudokolor**, paleta kolorów **RdYlGr** oraz **skumulowany poziom odcięcia** od 2,0 do 98,0% wartości minimalnej i maksymalnej).

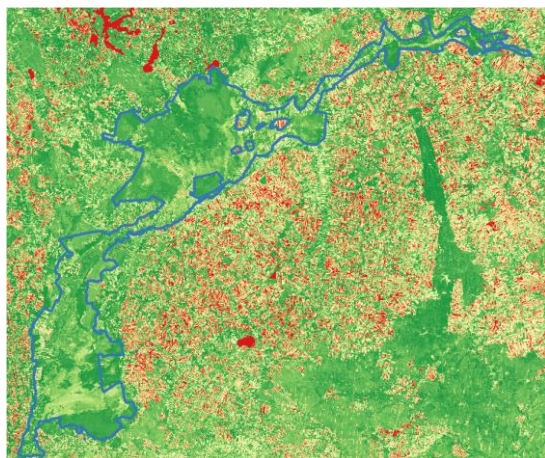
Równanie na SAVI:

$$(S2_20180823_10m@7 - S2_20180823_10m@3) * (1+0,5) / (S2_20180823_10m@7 + S2_20180823_10m@3 + 0,5)$$

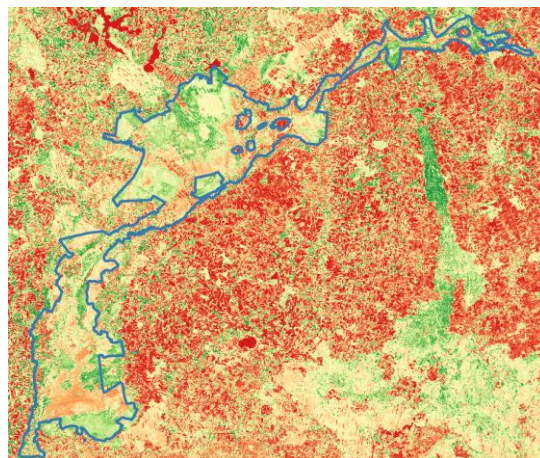
Równanie na SR:

$$S2_20180823_10m@7/S2_20180823_10m@3$$

Wskaźnik SAVI



Wskaźnik SR



3. Obliczenie wskaźnika wodnego

Do oceny stanu środowiska przydatne mogą być również wskaźniki wodne, które mogą wskazać przyczynę gorszej kondycji roślinności wynikającą z deficytu lub nadmiaru wody. Do najbardziej popularnych należy wskaźnik NDWI, czyli znormalizowany różnicowy wskaźnik wody (Normalized Difference Water Index; Gao 1996⁴) informujący o stanie (zmianach) zawartości wody (absorpcja promieniowania SWIR) i miększu gąbczastego w koronach roślinnych (NIR). Obliczenie NDWI wykonuje się z wykorzystaniem wzoru:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}$$

SWIR2 – refleksja w kanale średniej podczerwieni,
NIR – refleksja w kanale bliskiej podczerwieni.

Na wielkość NDWI wpływa zarówno wysuszenie, jak i wędnięcie roślinności znacząco obniżające uwodnienie liści, a w konsekwencji także wartość NDWI, dzięki czemu jest on bardziej czułym wskaźnikiem monitorowania suszy niż wskaźnik NDVI. Według literatury stan suszy występuje przy spełnieniu warunku: $NDVI < 0,5$ oraz $NDWI < 0,3$ (Gu i in. 2007⁵), a intensywność suszy wyznaczyć można na podstawie poniższych wartości progowych (Gulácsi i Kovács, 2015⁶):

NDWI	Ocena stanu suszy
> 0,4	Brak suszy
0,3 - 0,4	Lekko sucho
0,2 - 0,3	Umiarkowanie sucho
0,0 - 0,2	Bardzo sucho
< 0	Ekstremalnie sucho

Innym wskaźnikiem, często wykorzystywanym w monitorowaniu wpływu stresu wodnego na stan roślin, jest wskaźnik wilgotności MSI (Moisture Stress Index; Hunt i Rock, 1989⁷) obliczany według wzoru:

$$MSI = \frac{SWIR1}{NIR}$$

SWIR1 – refleksja w kanale średniej podczerwieni,
NIR – refleksja w kanale bliskiej podczerwieni.

Przy obliczaniu wskaźnika MSI wykorzystywane są informacje o odbiciu w zakresie bliskiej oraz średniej podczerwieni. Wartość odbicia w zakresie średniej podczerwieni jest wrażliwa na stres wodny roślinności. Wraz ze wzrostem zawartości wody w liściach wzrasta w tym zakresie pochłanianie promieniowania. Zakres bliskiej podczerwieni jest na niego prawie nieczuły. Dane o odbiciu w zakresie bliskiej podczerwieni służą więc jako dane referencyjne. Niskie wartości wskaźnika MSI charakterystyczne są dla liści o wysokiej zawartości wody. Wartości tego wskaźnika wahają się od 0 do ponad 3 (dla obszarów pokrytych roślinnością od 0,4 do 2). Według literatury wartości $MSI \leq 0,5$ oznaczają wysoką zawartość wody i brak stresu wodnego roślin, a $MSI > 0,5$ oznaczają niską zawartość wody w roślinach.

⁴ Gao B.C. 1996. NDWI – A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. Remote Sensing of Environment 58: 257-266.

⁵ Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P., Wardlow B. 2007. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. Geophysical Research Letters 34(L06407): 1-6.

⁶ Gulácsi A., Kovács F. 2015. Drought Monitoring With Spectral Indices Calculated From MODIS Satellite Images In Hungary. Journal of Environmental Geography 8(3-4): 11-20.

⁷ Hunt E.R., Rock B.N. 1989. Detection of Changes in Leaf water Content Using near and Middle-Infrared Reflectances. Remote Sensing of Environment 30: 43-54.

Do detekcji obszarów dotkniętych suszą można wykorzystać również znormalizowany różnicowy wskaźnik suszy NDDI (Normalized Difference Drought Index; Gu i in. 2007⁵) obliczany na podstawie stosunku wskaźnika NDVI i NDWI:

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI}$$

NDVI – znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności,
NDWI – znormalizowany różnicowy wskaźnik wody.

Wartość wskaźnika NDDI wzrasta wraz z nasileniem zjawiska suszy, przy założeniu minimalnych kryteriów suszy dla NDVI < 0,5 oraz NDWI < 0,3, stan suszy występuje przy NDDI > 0,25.

Za pomocą narzędzia **Kalkulator rastra** (menu **Raster**) oblicz wskaźnik NDWI oraz MSI na podstawie danych satelitarnych Sentinel-2 z 23.08.2018 r.

Równanie na NDWI:

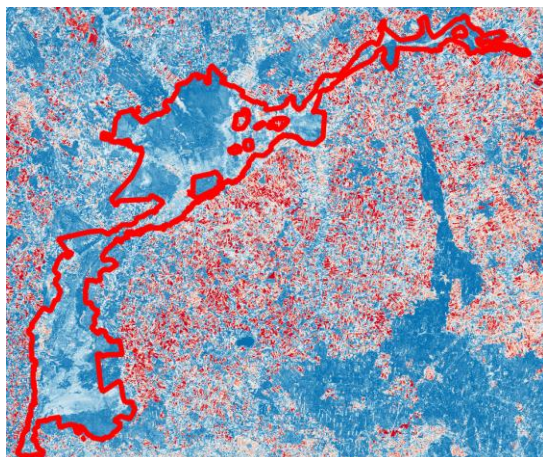
$$(s2_20180823_10m@7 - s2_20180823_10m@10) / (s2_20180823_10m@7 + s2_20180823_10m@10)$$

Równanie na MSI:

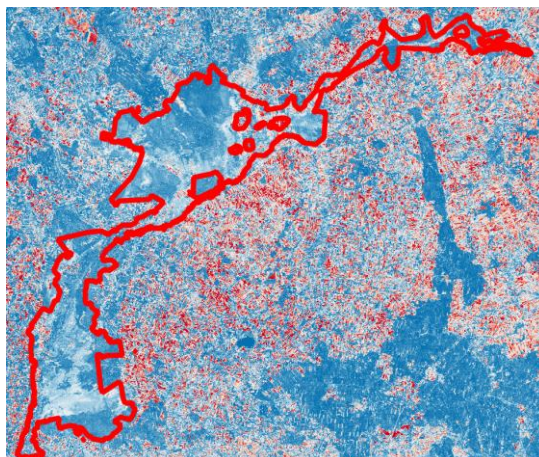
$$s2_20180823_10m@9 / s2_20180823_10m@7$$

Zmień sposób wyświetlania obliczonych wskaźników NDWI i MSI (**Właściwości > Styl**) na **Jednokanałowy pseudokolor** i wybierz paletę kolorów **RdYlBu** oraz ustaw **skumulowany poziom odcięcia od 2,0 do 98,0%** wartości minimalnej i maksymalnej. Ponieważ im wyższa wartość wskaźnika MSI tym większy stres wodny (mniej wody w roślinie), w przypadku rastra MSI należy odwrócić paletę kolorów (**PPM > Paleta kolorów > Odwróć paletę kolorów**).

Wskaźnik NDWI



Wskaźnik MSI




Dla dodatkowego sprawdzenia czy na obszarze Parku nie wystąpiła susza, za pomocą **Kalkulatora rastra**, można dodatkowo obliczyć wskaźnik NDDI korzystając z obliczonych map wskaźnika NDVI i NDWI.

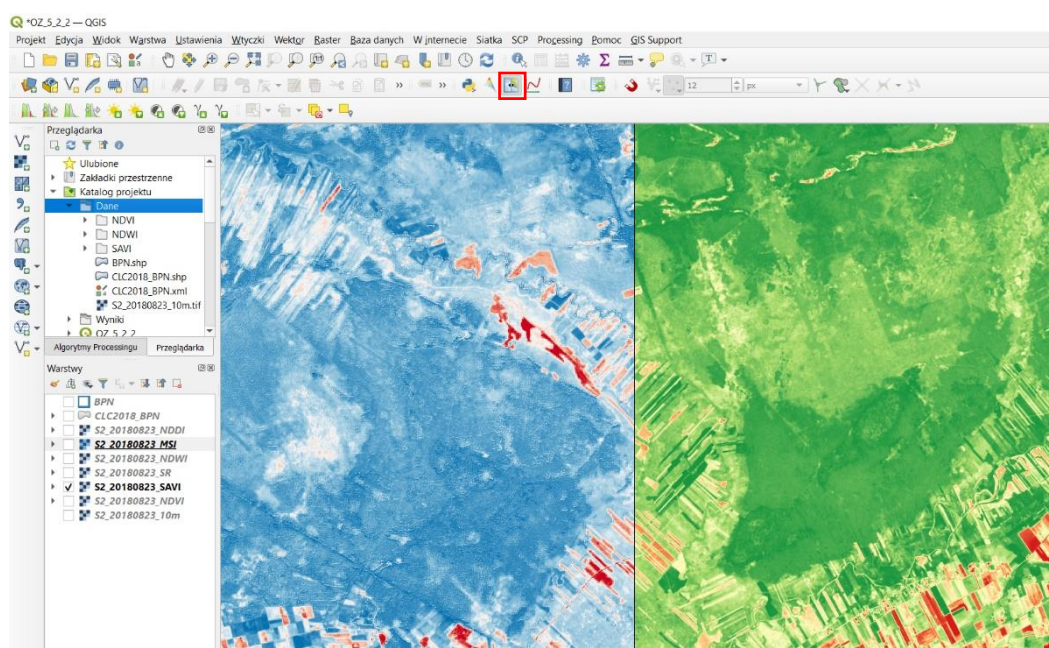
4. Analiza wartości wskaźników roślinności i wskaźników wodnych

Istnieje kilka sposobów na przeanalizowania wartości wskaźników teledetekcyjnych w celu określenia stanu roślinności na badanym obszarze. Wykorzystując mapy wskaźników można policzyć szereg statystyk dla danych punktów pomiarowych lub wybranych obszarów (poligonów) podlegających

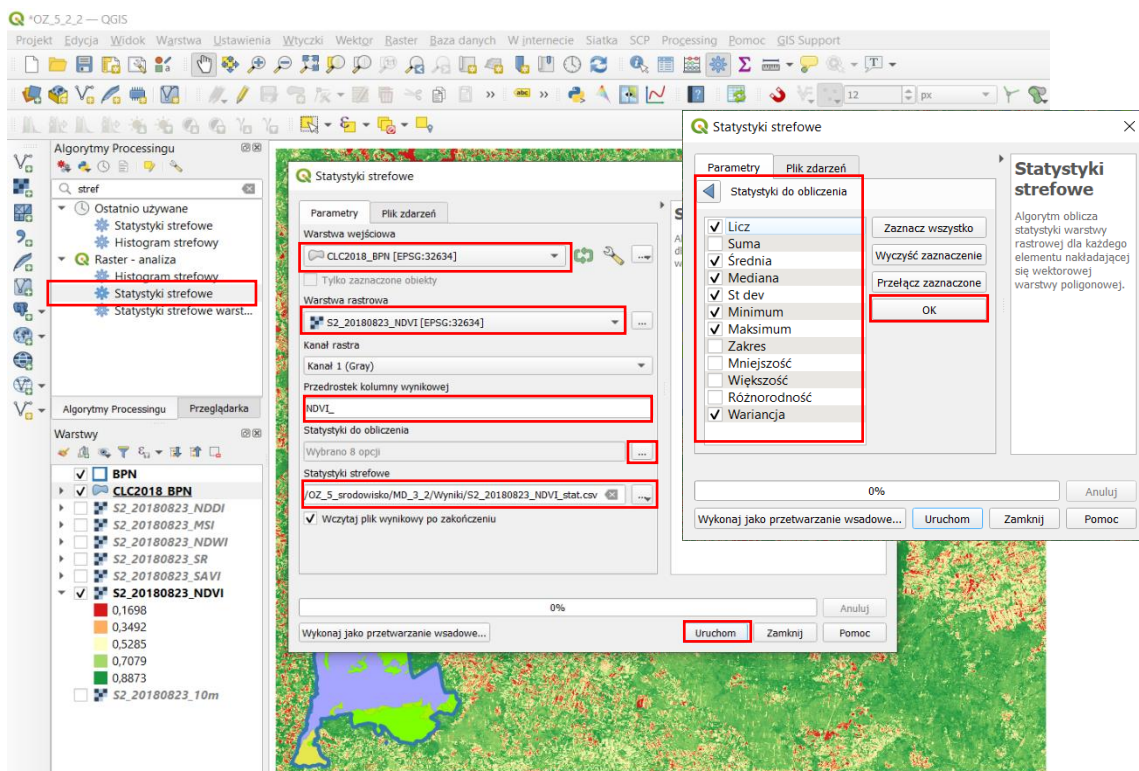
kontroli albo dokonać oceny wizualnej zmian. Innym sposobem na analizę kondycji roślinności na danym obszarze jest opracowanie mapy zmian danego wskaźnika na podstawie danych wieloczasowych (z jednego sezonu wegetacyjnego lub z wielu lat).

Przy użyciu wtyczki **MapSwipe Tool** na podstawie obliczonych wskaźników spróbuj ocenić wizualnie stan roślinności na obszarze Parku. Sprawdź co może być przyczyną gorszej kondycji roślinności na danym obszarze.

By użyć wtyczki zaznacz jedną z porównywanych warstw (np. MSI) tak by była wyświetlona w głównym oknie mapy, a drugą (np. SAVI) 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 (pionowa lub pozioma) oddzielająca obrazy.

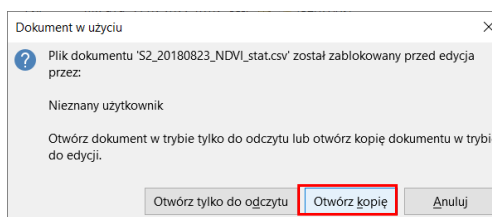
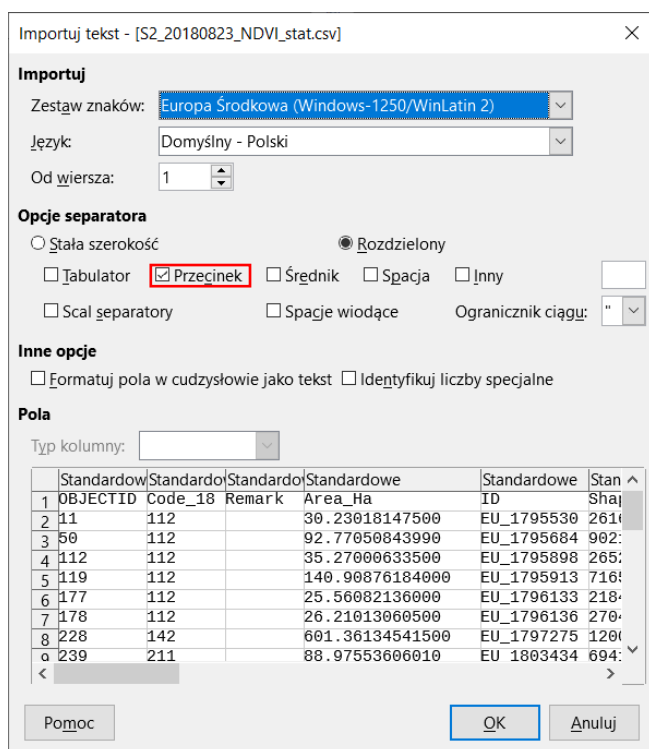


Do obliczenia statystyk wskaźnika NDVI dla poszczególnych klas pokrycia terenu występujących na obszarze Parku wykorzystaj narzędzie **Statystyki strefowe** (panel **Algorytmy Processingu > Raster - analiza > Statystyki strefowe**). W oknie **Statystyki strefowe** jako **Warstwę wejściową** wybierz warstwę z klasami CORINE (*CLC2018_BPN.shp*), jako **Warstwę rastrową** warstwę z obliczonym wskaźnikiem NDVI (**Kanał rastra 1**). Jako **Przedrostek kolumny wynikowej** wpisz „NDVI_”. Następnie wybierz **Statystyki do obliczenia**: **Licz**, **Średnia**, **Mediana**, **St dev**, **Minimum**, **Maksimum**, **Wariancja** i zatwierdź klawiszem **OK**. Następnie w **Statystyki strefowe** wskaż miejsce zapisu, nazwę (np. *S2_20180823_NDVI_stat*) i format (CSV) pliku wynikowego (**zapisz do pliku**) i kliknij **Uruchom**.



Obliczone statystyki można wyświetlić w programie QGIS (PPM> **Otwórz tabelę atrybutów**) lub w dowolnym arkuszu kalkulacyjnym.

Obliczone statystyki wskaźnika NDVI dla poszczególnych klas pokrycia terenu (plik CSV) otwórz za pomocą programu LibreOffice. Jako **Opcje Separatora** wybierz **Przecinek**, kliknij **OK** i **Otwórz kopię** pliku.



W celu zestawienia statystyk w pierwszej kolejności należy zamienić separator dziesiętny z „.” na „,“. W tym celu z menu **Edycja** wybierz **Znajdź i zamień** (lub wciśnij klawisze **Ctrl+H**), w pisz w **Znajdź** „.”, a w **Zamień**: „,“ i kliknij **Zamień wszystkie**.

Obliczone statystyki można przeanalizować dla pojedynczych obszarów (obiektów, poligonów):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	OBJECTID	Code_18	Remark	Area_Ha	ID	Shape_Leng	Shape_Area	NDVI_count	NDVI_mean	NDVI_median	NDVI_stdev	NDVI_min	NDVI_max	NDVI_variance
2	11	112		30,23	EU_1795530	2 616,00	302 301,81	16	0,79467	0,84044	0,09483	0,50000	0,87618	0,00899
3	50	112		92,77	EU_1795684	9 021,17	927 705,08	14	0,58028	0,61768	0,16598	0,28279	0,80250	0,02755
4	112	112		35,27	EU_1795898	2 652,33	352 700,06	1	0,84740	0,84430	0,01048	0,82656	0,85270	0,00011
5	119	112		140,91	EU_1795913	7 185,12	1 409 087,62	40	0,70426	0,71904	0,11241	0,41681	0,85546	0,01264
6	177	112		25,56	EU_1796133	2 184,13	255 608,21	23	0,75294	0,78369	0,09126	0,55686	0,86628	0,00833
7	178	112		26,21	EU_1796136	2 704,41	262 101,31	202	0,77937	0,81509	0,09065	0,39773	0,88686	0,00822
8	228	142		601,36	EU_1797275	12 006,31	6 013 613,45	3 569	0,81818	0,83296	0,07395	0,20200	0,90724	0,00547
9	239	211		88,98	EU_1803434	6 941,45	889 755,36	455	0,54988	0,56268	0,18806	0,19617	0,87893	0,03537
10	248	211		160,72	EU_1803474	11 570,94	1 607 184,77	5	0,74286	0,75108	0,03152	0,68436	0,77432	0,00099
11	249	211		117,21	EU_1803483	7 151,44	1 172 062,83	231	0,73790	0,82843	0,15317	0,25220	0,86900	0,02346
12	250	211		31,32	EU_1803484	3 071,18	313 184,28	11	0,84997	0,85020	0,01171	0,82033	0,86182	0,00014
13	363	211		4 791,66	EU_1803899	62 839,41	18 451 438,86	48	0,79227	0,80900	0,08763	0,55187	0,90490	0,00768
14	396	211		46,24	EU_1803973	5 298,39	462 410,84	4 223	0,54539	0,55033	0,24586	0,00780	0,92672	0,06045
15	397	211		56,26	EU_1803974	4 443,05	562 571,90	12	0,70909	0,71424	0,03208	0,64706	0,75885	0,00103

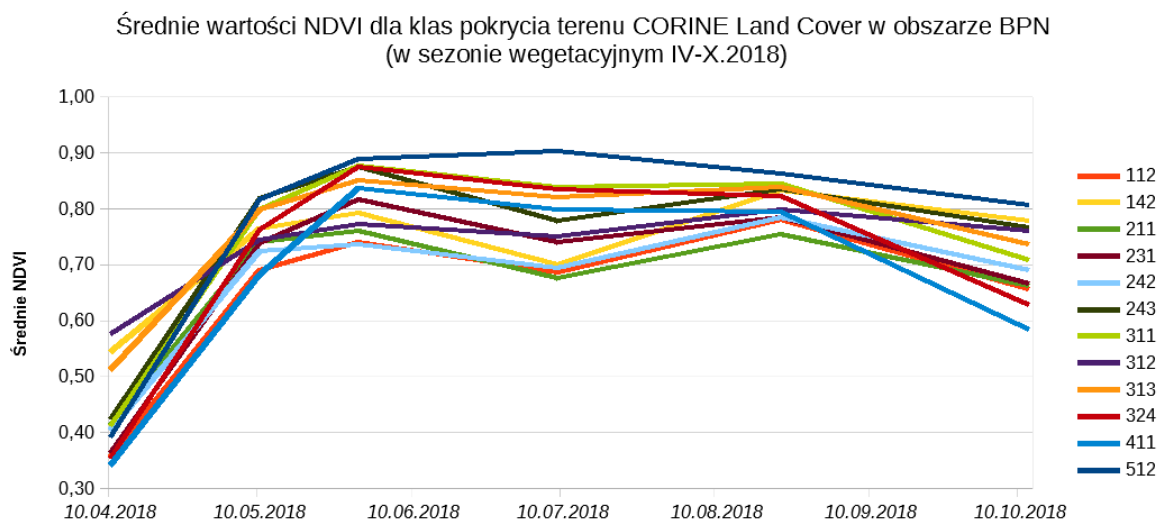
lub zebrać sumaryczne wyniki w postaci tabeli przestawnej.

Następnie zaznacz wszystkie kolumny i wiersze z danymi (klawisze **Ctrl+A**) i z menu **Wstaw** wybierz **Tabela przestawna**. W oknie **Wybierz źródło** zaznacz **Bieżące zaznaczenie** i kliknij **OK**. W oknie **Układ tabeli przestawnej** przeciągnij z **Pola dostępne** pole z kodami klas (Code_18) do **Pola wierszy**, a pole: NDVI_count, NDVI_mean, NDVI_median, NDVI_min, NDVI_max, NDVI_variance do **Pola danych**. W **Polu danych** wybierz dla NDVI_count sumę jako funkcję do obliczeń, a dla pozostałych pól średnią (dwukrotnie kliknij na dane pole i z okna **Pole danych Funkcja** wybierz **Średnia**). Pozostałe opcje zaznacz jak poniżej i stwórz wynikową tabelę przestawną w nowym arkuszu klikając **OK**.

Wynikowa tabela przestawna ze statystykami wskaźnika NDVI dla poszczególnych klas pokrycia terenu CORINE Land Cover w obszarze Parku, obliczonymi na podstawie danych satelitarnych Sentinel-2 z 23.08.2018 r.

1	A	B	C	D	E	F
2	Code 18	Dane				
3	112	Średnia - NDVI mean	Średnia - NDVI median	Średnia - NDVI min	Średnia - NDVI max	Średnia - NDVI variance
4	142	0,756742	0,779284	0,569463	0,851568	0,007911
5	211	0,818177	0,832959	0,202005	0,907236	0,005468
6	231	0,734661	0,752889	0,455294	0,867232	0,013696
7	242	0,762940	0,784509	0,366091	0,907666	0,010300
8	243	0,749009	0,784866	0,448417	0,889871	0,014733
9	311	0,819613	0,834313	0,674245	0,893382	0,005623
10	312	0,834611	0,843626	0,485254	0,901444	0,002048
11	313	0,792060	0,798174	0,480450	0,888978	0,003980
12	324	0,831652	0,838705	0,526325	0,902860	0,002078
13	411	0,811283	0,821307	0,484610	0,900633	0,002717
14	512	0,781494	0,793189	0,420281	0,897979	0,005090
15	512	0,861017	0,862610	0,844203	0,878945	0,000150
15	Razem Wynik	0,794452	0,808446	0,477592	0,893194	0,006058

Podobne analizy można przeprowadzić na pozostałych wskaźnikach roślinności (SAVI, SR) i wskaźnikach wodnych (NDWI i MSI) w celu szerszej analizy stanu roślinności na obszarze chronionym. Jak również można zestawiać te dane z odpowiednimi wskaźnikami obliczonymi na podstawie danych satelitarnych z wybranego okresu w celu analizy zmian wieloczasowych (w sezonie wegetacyjnym lub a przestrzeni lat).



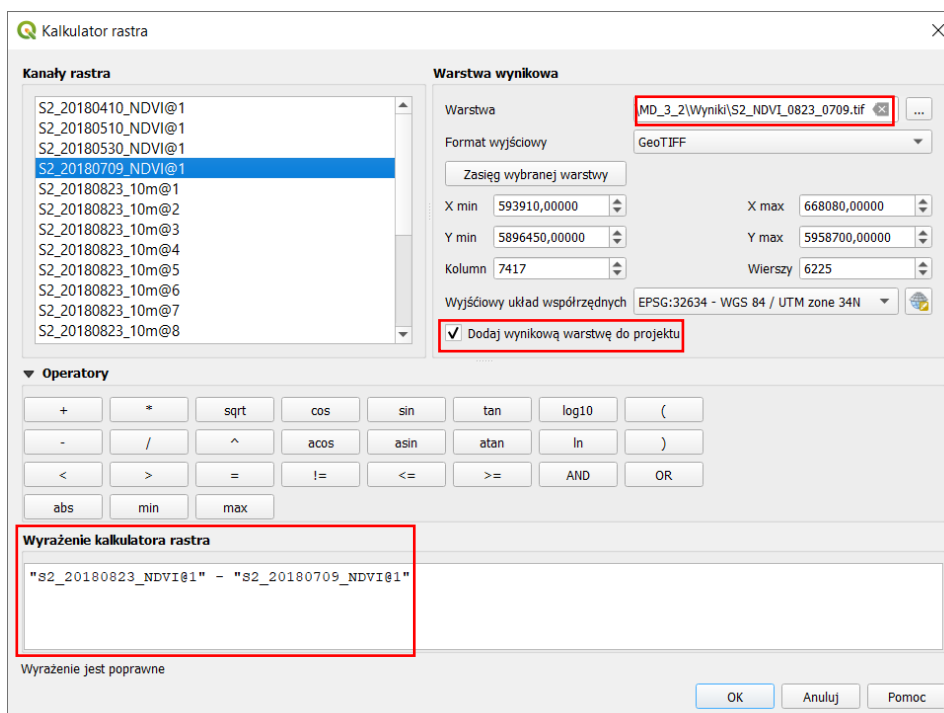
5. Mapa zmian wartości wskaźników roślinnych i wodnych

Dodaj do projektu rastry z obliczonymi wartościami wskaźnika NDVI dla pozostałych analizowanych dat (dane z katalogu [MD_3_2\Dane\NDVI](#)).

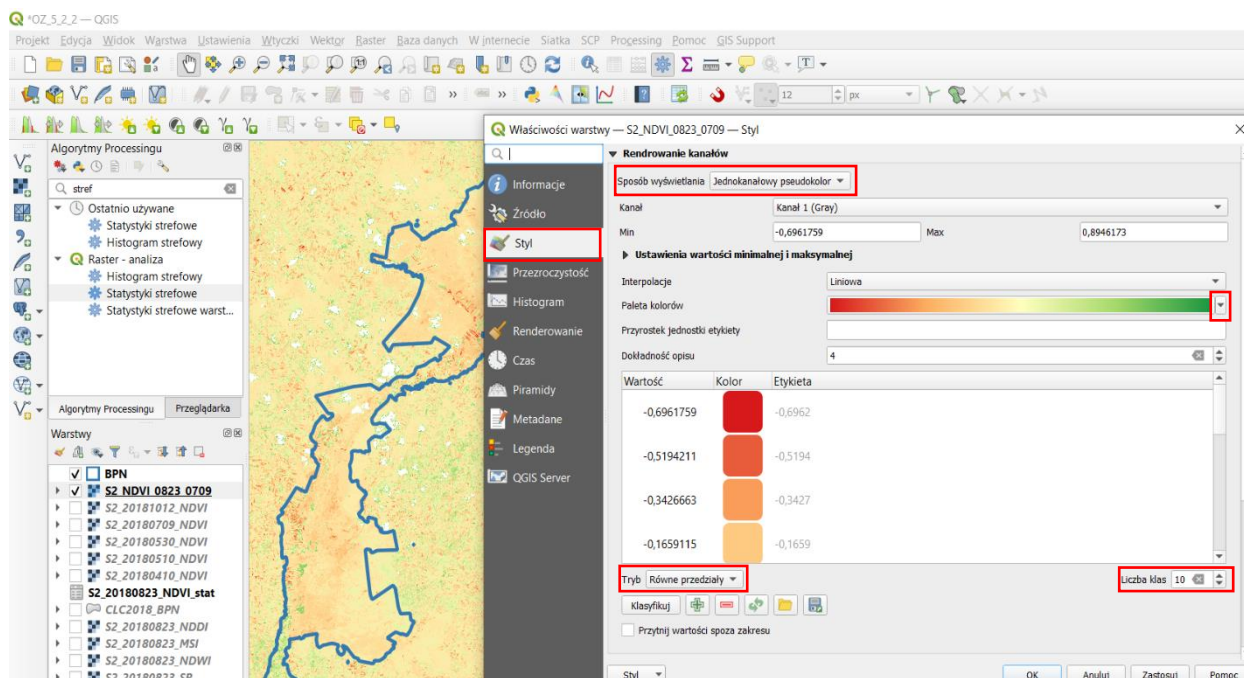
Korzystając z narzędzia **Kalkulatora rastra** odejmij wartości wskaźnika NDVI obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 z 09.07.2018 ([S2_20180709_NDVI.tif](#)) od wartości wskaźnika NDVI obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 z 23.08.2018 (obliczone w pkt.3). W polu **Wyrażenie kalkulatora rastra** wpisz formułę:

"S2_20180823_NDVI@1"- "S2_20180709_NDVI@1"

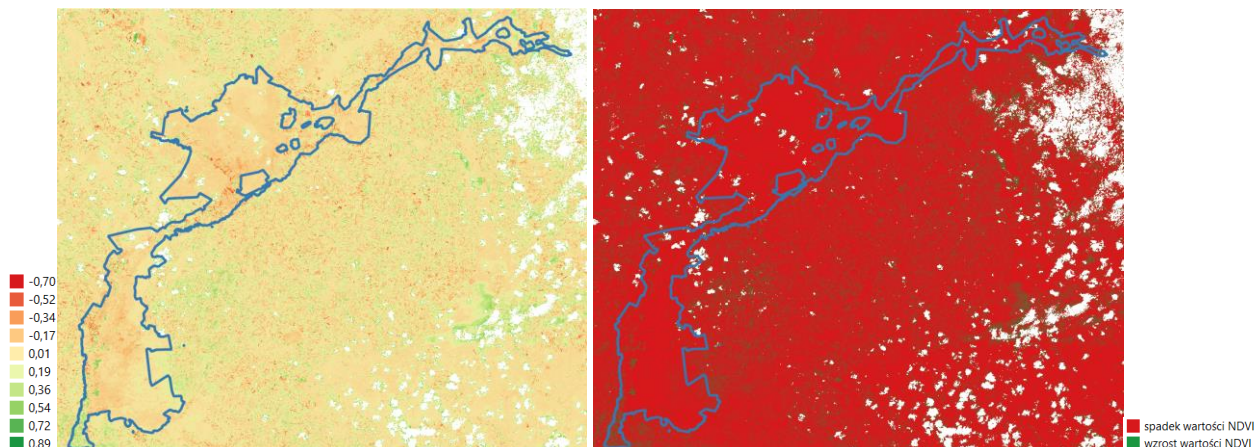
oraz wskaż nazwę i miejsce zapisu wynikowego pliku.



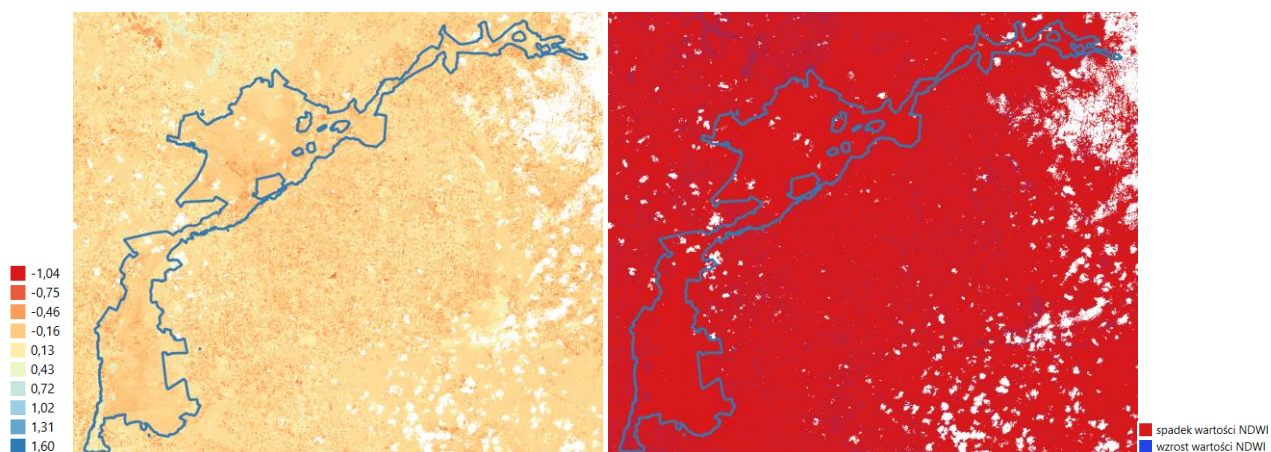
W wyniku otrzymujemy mapę w skali szarości. Jeżeli chcesz zmienić kolory, aby obraz był bardziej czytelny, w panelu **Właściwości warstwy (PPM > Właściwości > Styl)** wybierz rodzaj mapy **Jednokanałowy pseudokolor** i dostosuj kolory. Wybierz paletę kolorów **RdYlGr** i ustaw 10 równych przedziałów klas (**Tryb: równe przedziały, Liczba klas: 10**).



Mapę zmian wartości wskaźnika roślinności NDVI można również przedstawić w prostej formie dwukolorowej mapy zmian (zmiana wskaźnika na „plus” i na „minus”). W tym celu należy zmienić liczbę przedstawianych na mapie klas na 2 klasy.



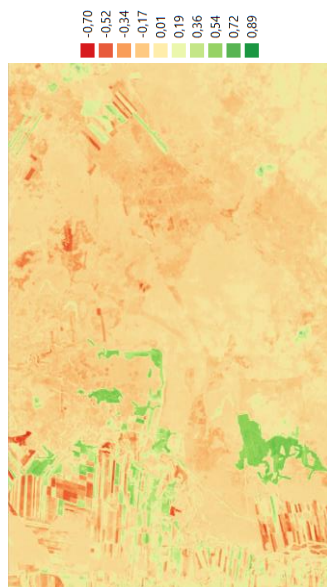
Analogicznie stwórz mapę zmian wartości wskaźnika NDWI dla analizowanych dat (wartość wyrażenia w **Kalkulatorze rastra**: "S2_20180823_NDWI@1"- "S2_20180709_NDWI@1") i wyświetl ją w **Stylu: Jednokanałowy pseudokolor**, paletę kolorów **RdYlBu** i ustaw 10 równych przedziałów klas (**Tryb**: równe przedziały, **Liczba klas**: 10).



Komentarz:

W ćwiczeniu zapoznaliśmy się z możliwością wykorzystania wskaźników roślinności i wskaźników wodnych do analizy stanu roślinności na obszarze chronionym. Wskaźniki te mogą być analizowane zarówno w zakresie wybranego sezonu wegetacyjnego jak i podlegać ocenie na przestrzeni lat w oparciu o dane wieloczasowe. W analizie zmiany stanu roślinności należy zawsze uwzględnić naturalne procesy fenologiczne zachodzące na danym obszarze, czy prowadzone działania ochronne (np. koszenie, wypas itp.). Analizę stanu środowiska na danym obszarze warto oprzeć na kilku wskaźnikach teledetekcyjnych, zarówno roślinności, jak i wodnych, tak aby zidentyfikować czynniki, które wpłynęły na daną zmianę stanu roślinności (np. brak lub nadmiar wody, późny start sezonu wegetacyjnego, naturalne zmiany zachodzące w czasie sezonu wegetacyjnego). Ponadto mapy zmian można poddać również analizom statystycznym, aby np. wyznaczyć ogólną powierzchnię obszaru, gdzie nastąpił spadek lub wzrost wskaźnika roślinnego. Mapy zmian wskaźników mogą posłużyć również do szczegółowej analizy wizualnej opartej na mapach obliczonych wskaźników i na dodatkowych danych np. terenowych, meteorologicznych, w celu wyznaczenia obszarów, które powinny podlegać kontroli w terenie, czy szczególnym działaniom ochronnym.

Mapa zmian NDVI (23.08.2018 – 09.07.2018)



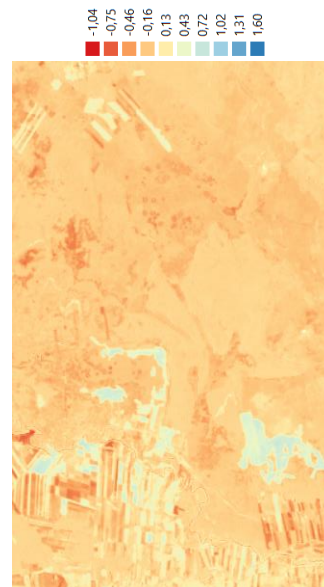
Mapa wskaźnika NDVI z 23.08.2018



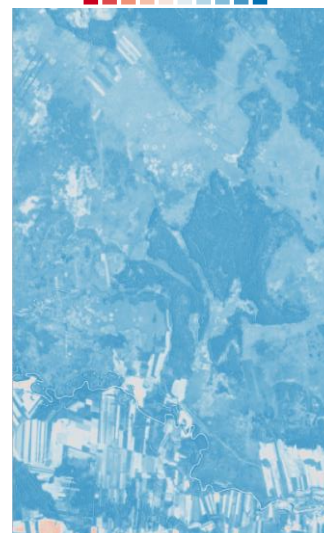
Mapa wskaźnika NDVI z 09.07.2018



Mapa zmian NDWI (23.08.2018 – 09.07.2018)



Mapa wskaźnika NDWI z 23.08.2018



Mapa wskaźnika NDWI z 09.07.2018

