



Poradnik techniczny
załącznik do Przewodnika dla miast

16.11.2022 r.



Słownik pojęć i skrótów

LST - Land Surface Temperature (Temperatura powierzchni czynnej - TPC)

NDBI - Normalized Difference Built-Up Index (znormalizowany różnicowy wskaźnik zabudowy); wskaźnik stosowany w pomiarach teledetekcyjnych, służący do wyodrębnienia terenów zabudowanych

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index (znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji); wskaźnik stosowany w pomiarach teledetekcyjnych, pozwalający określić stan rozwojowy oraz kondycję roślinności

PRG - Państwowy rejestr granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju

SHI - Surface Heat Island (Powierzchniowa wyspa ciepła - PWC)

TPC - Temperatura powierzchni czynnej

USGS - United States Geological Survey

„Poradnik techniczny” został opracowany na podstawie oprogramowania:

QGIS w wersji 3.22¹

oraz SNAP w wersji 9.0.0²

¹ <https://www.qgis.org/pl/site/>


² <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>

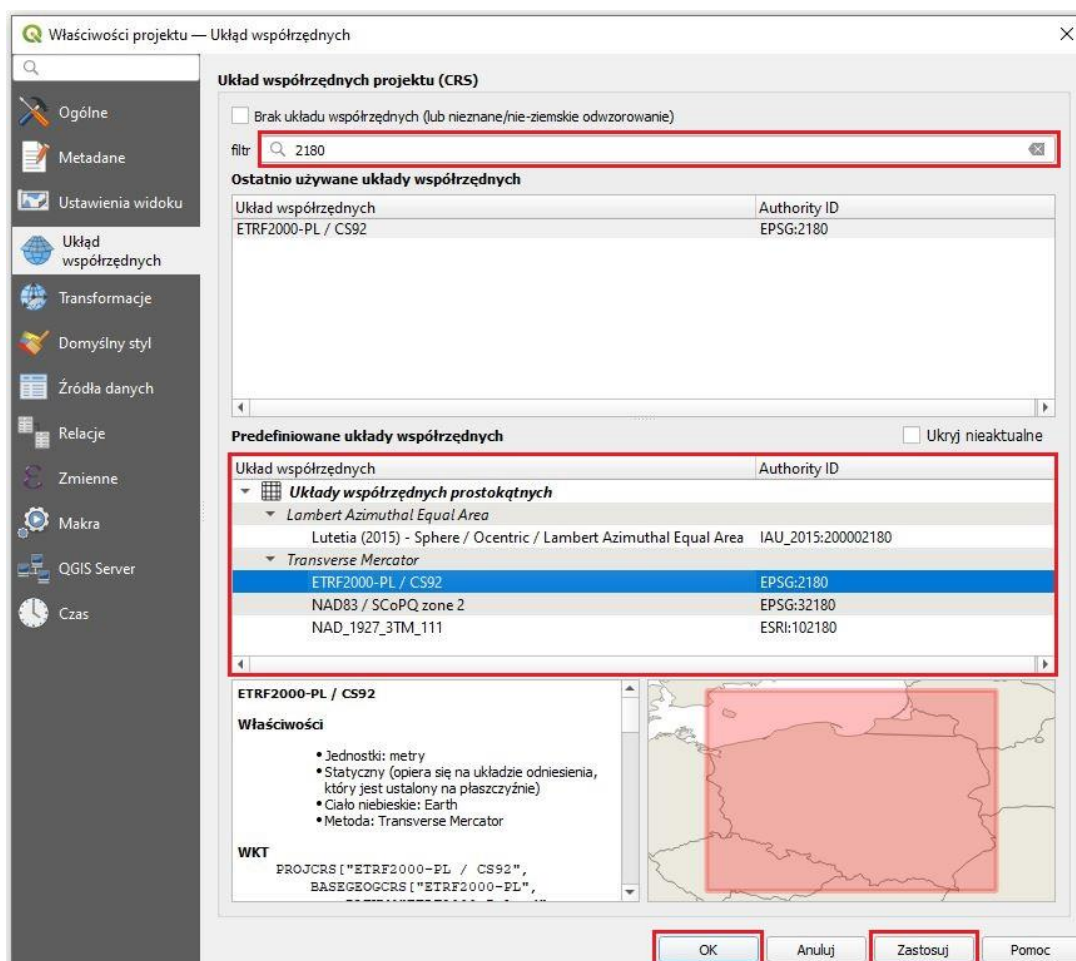
Spis treści

I.	„Pierwsze kroki”	4
II.	Opis wybranych narzędzi programu QGIS	7
1.	Agregacja obiektów	7
2.	Eksport tabeli atrybutów do arkusza kalkulacyjnego.....	8
3.	Eksport wybranych obiektów warstwy	10
4.	Kalkulator rastra (pkt. 16 instrukcji Procedura otrzymywania LST)	41
5.	Konwersja rastra na wektor (pkt. 25 instrukcji Procedura otrzymywania LST).	50
6.	Narzędzie różnica.....	11
7.	Narzędzie selekcji.....	12
8.	Obliczanie powierzchni.....	15
9.	Pobieranie obrazów satelitarnych	16
10.	Przycięcie warstw	19
11.	Przycięcie warstwy rastrowej do maski (pkt. 7 instrukcji Procedura otrzymywania LST).	36
12.	Reklasyfikacja (wg tabeli) (pkt. 24 instrukcji Procedura otrzymywania LST).....	48
13.	Resampling w programie SNAP	20
14.	Rozbij geometrie typu multipart na jednoczęściowe	22
15.	Twórz wirtualny raster	23
16.	Weryfikacja obrazów satelitarnych	25
17.	Właściwości rastra	27
18.	Wyodrębnienie klas rastra	29
19.	Wyznaczanie bufora	31
20.	Złączenie warstw wektorowych.....	33
III.	Procedura otrzymywania LST.....	35

I. „Pierwsze kroki”

Ustawianie układu współrzędnych


- Należy otworzyć program QGIS (korzystano z oprogramowania w wersji 3.22) i kliknąć ikonę  w dolnym pasku po prawej stronie, w celu zmiany bieżącego układu współrzędnych. Po kliknięciu otworzy się okno, w którym należy wpisać w wyszukiwaniu następujący kod EPSG „2180”, a potem zaznaczyć układ współrzędnych „ETRF2000-PL / CS92”. Kolejno kliknąć „Zastosuj”, a następnie „OK”.



Stworzenie odpowiedniego środowiska pracy


- Należy założyć odpowiedni folder, w którym zgromadzone będą pliki wejściowe (input) i wyjściowe (output).
- WAŻNE:** Stworzone katalogi oraz cała prowadząca do nich ścieżka dostępu, a także nazwy warstw nie mogą zawierać spacji ani polskich znaków.
- Następnie założony katalog wyjściowy należy wskazać w ustawieniach projektu:
Ustawienia/Opcje/Processing/Ogólne/Katalog wyjściowy

Dodawanie warstwy wektorowej do projektu

- W górnym pasku wyboru należy wybrać: **warstwa/dodaj warstwę/dodaj warstwę wektorową**.
- W wyświetlonym oknie wymagane jest wyszukanie i wskazanie folderu, w którym zapisane są warstwy, które mają zostać dodane do projektu. Na początek trzeba kliknąć ikonę 

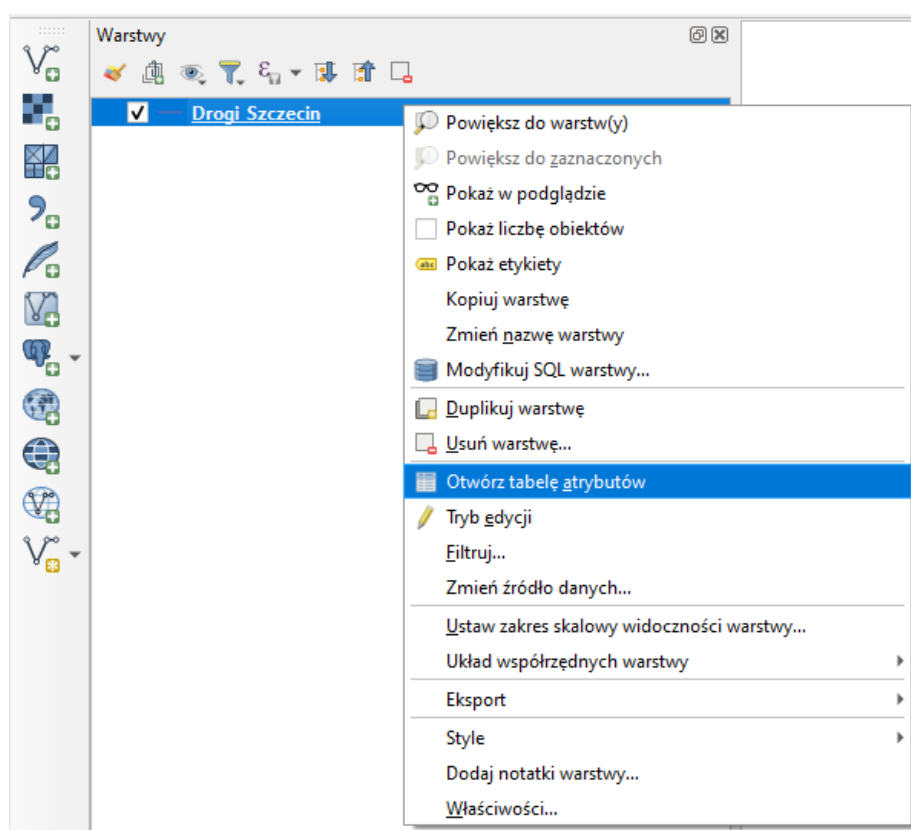
3. Następnie należy wybrać plik o rozszerzeniu .shp, kliknąć przycisk „**otwórz**”, potem „**dodaj**” i „**zamknij**”. Warstwa wektorowa zostanie dodana do projektu i wyświetli się po lewej stronie w panelu warstw.


Dodawanie warstwy rastrowej do projektu

1. Aby dodać warstwę rastrową do projektu, z górnego paska wyboru należy wybrać: **warstwa/dodaj warstwę/dodaj warstwę rastrową**.
2. W wyświetlonym oknie wymagane jest wyszukanie i wskazanie folderu, w którym zapisane są warstwy, które mają zostać dodane do projektu. Na początek trzeba kliknąć ikonę .
3. Następnie należy wybrać plik, kliknąć przycisk „**otwórz**”, potem „**dodaj**” i „**zamknij**”. Warstwa rastrowa zostanie dodana do projektu i wyświetli się po lewej stronie w panelu warstw.

Otwieranie i edycja tabeli atrybutów

1. Aby otworzyć tabelę atrybutów warstwy, należy kliknąć prawym przyciskiem myszy na nazwę warstwy w panelu warstw, następnie „**Otwórz tabelę atrybutów**”.



2. W celu edytowania tabeli atrybutów (dodawanie kolumn, usuwanie kolumn, uzupełnianie informacji, przeliczanie powierzchni, kalkulator pól) należy kliknąć ikonę żółtego ołówka  w górnym pasku tabeli atrybutów, aby wprowadzić warstwę w tryb edycji.
3. **WAŻNE!** Po wprowadzonych zmianach należy ponownie kliknąć ikonę żółtego ołówka, aby zapisać zmiany i wyjść z trybu edycji warstwy.

Usuwanie warstw z projektu (widocznych w panelu warstw)

1. W celu usunięcia warstwy z projektu należy kliknąć prawym przyciskiem myszy na wybraną warstwę w panelu warstw, a następnie wybrać „**Usuń warstwę...**” i potwierdzić wybór za pomocą przycisku „**Ok**” w oknie dialogowym.

Naprawianie geometrii

W przypadku wystąpienia błędu geometrii warstwy wejściowej należy skorzystać z narzędzia „**Napraw geometrie**”.

1. W lewym dolnym rogu okna projektu (w okienku wyszukiwania) należy wpisać „**Napraw geometrie**”.
2. W oknie dialogowym narzędzia należy wybrać warstwę wejściową oraz wskazać miejsce zapisu naprawionej warstwy.
3. Następnie należy kliknąć „**Uruchom**”. Po naprawie geometrii wynikowa warstwa wektorowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „**Zamknij**”.

II. Opis wybranych narzędzi programu QGIS

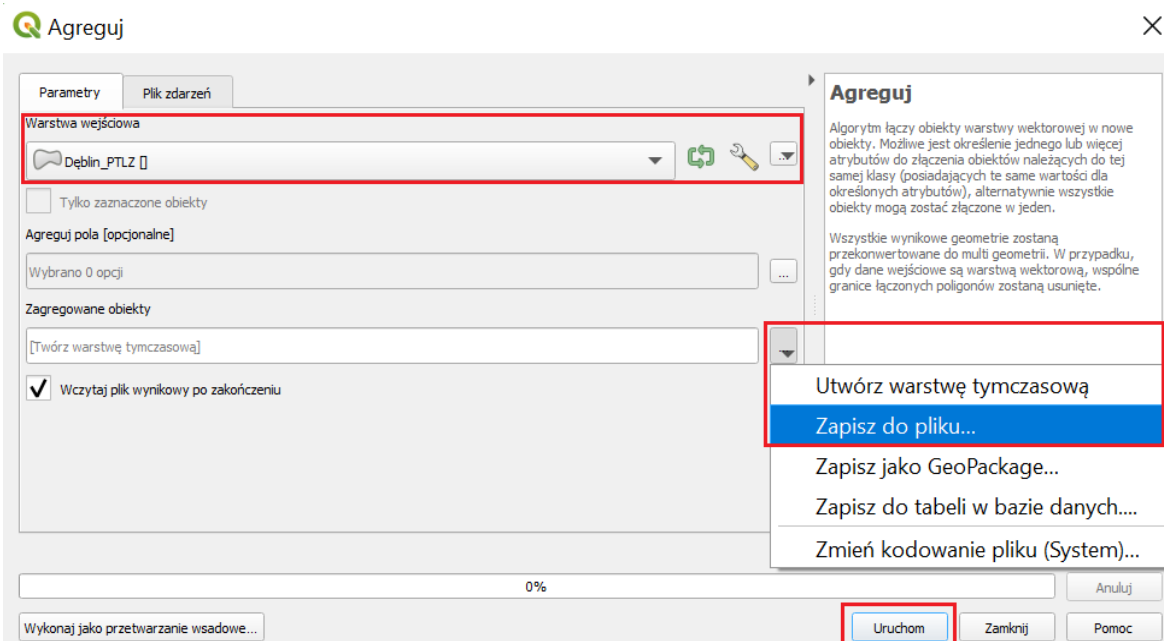
1. Agregacja obiektów

QGIS – narzędzie „Agreguj”


Algorytm łączy obiekty warstwy wektorowej w nowe obiekty. Możliwe jest określenie jednego lub więcej atrybutów do złączenia obiektów należących do tej samej klasy (posiadających te same wartości dla określonych atrybutów), alternatywnie wszystkie obiekty mogą zostać złączone w jeden.

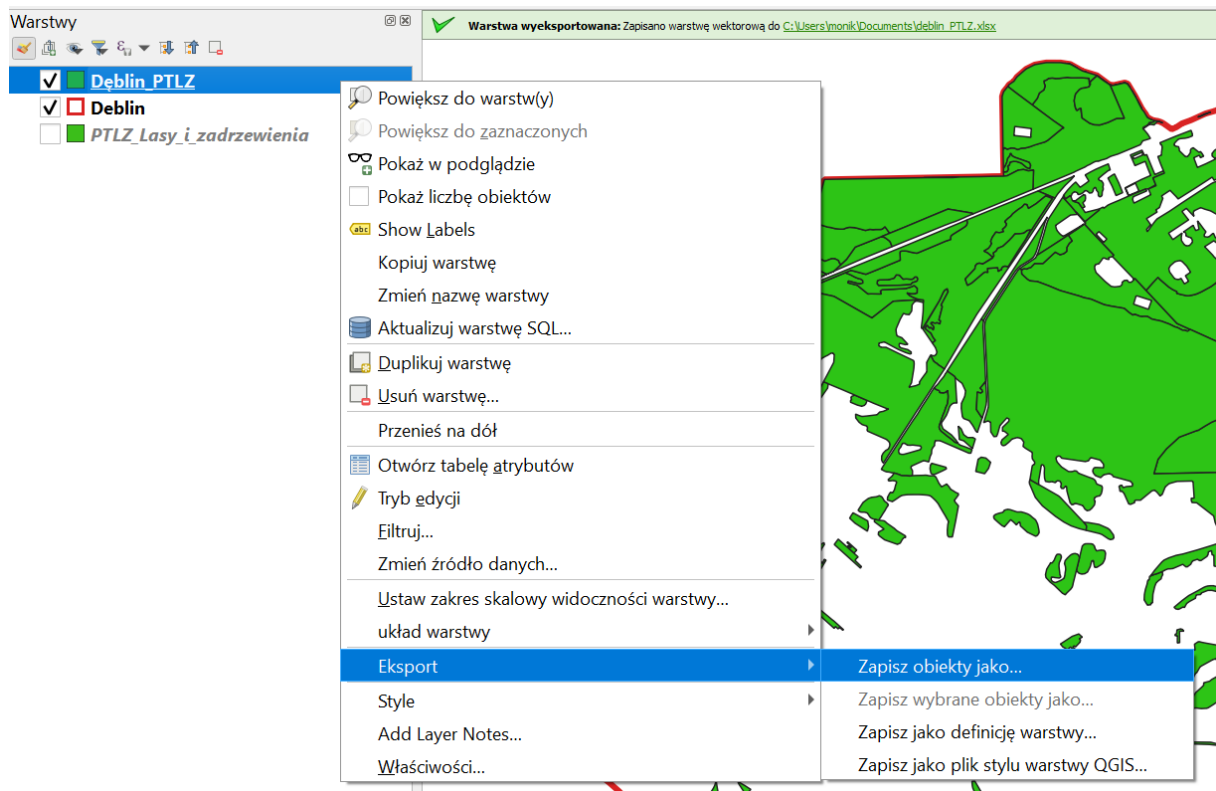
Wszystkie wynikowe geometrie zostaną przekonwertowane do multigeometrii. Jeżeli dane wejściowe są warstwą wektorową to wspólne granice łączonych poligonów zostaną usunięte. W celu zagregowania warstw należy wykonać następujące kroki:


1. Agregacja obiektów. Należy kliknąć w górnym pasku **Wektor/Narzędzia geoprocesingu/ Agreguj**.
2. W oknie dialogowym należy wskazać warstwę wejściową (np. Dęblin_PTLZ), czyli warstwę, dla której ma zostać wykonana agregacja obiektów. W oknie dialogowym należy również wskazać miejsce zapisu utworzonej warstwy poprzez kliknięcie **„Zapisz do pliku”**, zapisz jako typ: **„SHP”**.
3. Następnie należy kliknąć **„Uruchom”**. Po wykonaniu agregacji wynikowa warstwa wektorowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku **„Zamknij”**.



2. Eksport tabeli atrybutów do arkusza kalkulacyjnego

1. Eksport tabeli atrybutów wybranej warstwy. W celu eksportu tabeli atrybutów należy kliknąć prawym przyciskiem myszy na wybraną warstwę w panelu warstw, a następnie kliknąć: **Eksport/ Zapisz obiekty jako**.
2. W oknie dialogowym należy wybrać format zapisu tabeli atrybutów: „**Arkusze kalkulacyjny MS Office [XLSX]**”, następnie poprzez kliknięcie w ikonkę  wskazać miejsce zapisu utworzonej tabeli (zapisz jako typ: „**.XLSX**”). Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „**OK**”.



 Zapisz warstwę wektorową jako... ✕

Format: Arkusz kalkulacyjny MS Office Open XML [XLSX]

Nazwa pliku: C:\Users\monik\Documents\Lasy_zadrzewinia_Dęblin.xlsx ✕ ...

Nazwa warstwy: Lasy_zadrzewinia_Dęblin

Układ współrzędnych: ETRF2000-PL / CS92 🌐

Kodowanie: UTF-8

Zapisz tylko zaznaczone obiekty

► **Wybierz pola do eksportu i opcje eksportu**

Persist layer metadata

▼ **Geometria**

Typ geometrii: automatycznie

Wymuś tryb multi

Uwzględnij wymiar Z

► Zasięg (aktualny: brak)

► **Opcje warstwy**

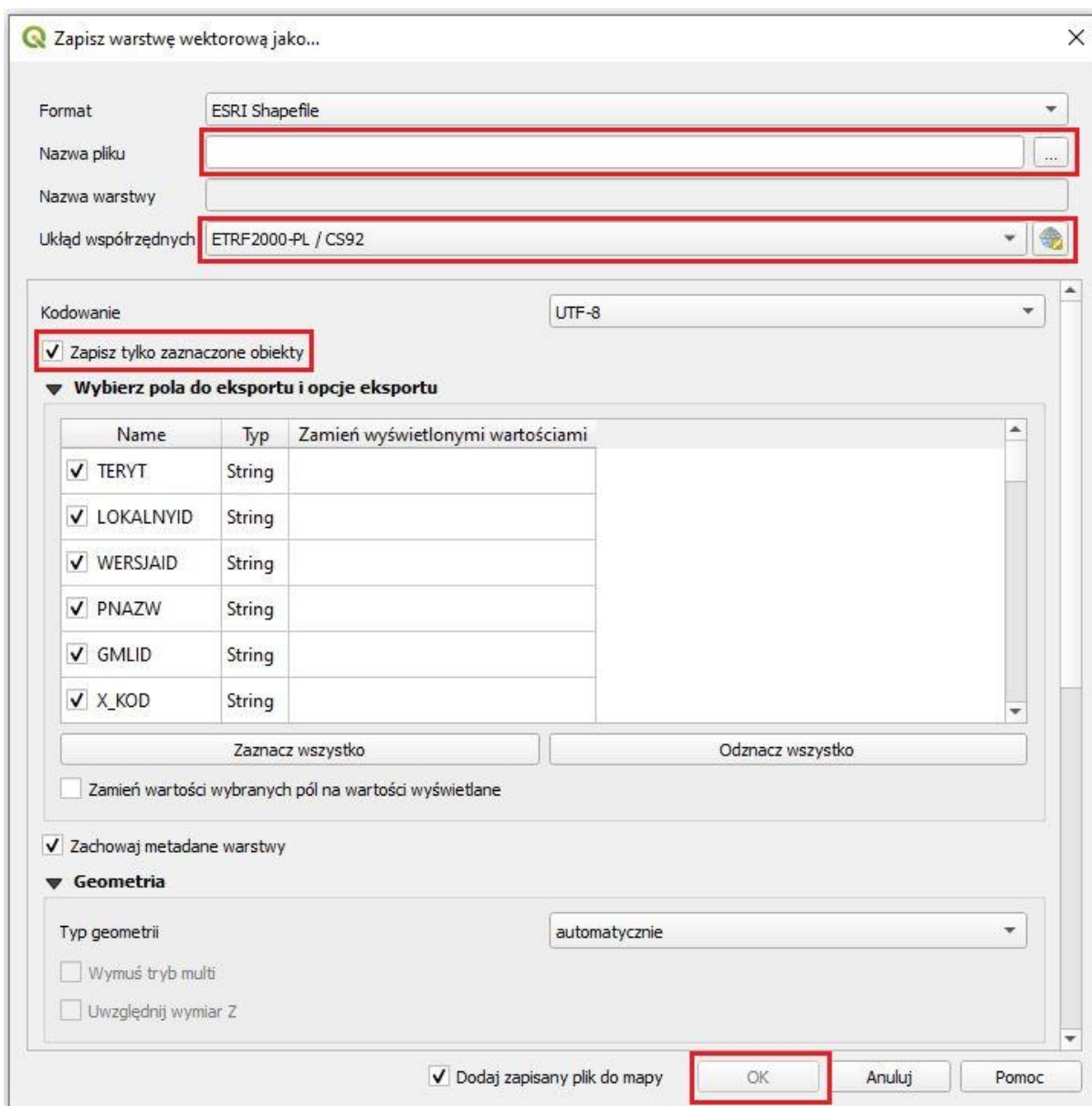
► **Opcje danych**

Dodaj zapisany plik do mapy OK Anuluj Pomoc

- Po wykonaniu eksportu utworzona tabela w formacie .XLSX znajduje się w wybranym podczas zapisu folderze.

3. Eksport wybranych obiektów warstwy

1. Najprostszym sposobem zaznaczenia obiektów jest otwarcie tabeli atrybutów warstwy. Aby wybrać obiekt w tabeli, należy kliknąć na numer wiersza znajdujący się z lewej strony. Wybrany obiekt w tabeli zostanie podświetlony na niebiesko.
2. Aby wyeksportować zaznaczone, wybrane obiekty warstwy, należy kliknąć prawym przyciskiem myszy na wybraną warstwę: **Eksport/Zapisz obiekty jako**. Następnie w oknie dialogowym należy sprawdzić, czy ustawiony układ współrzędnych jest prawidłowy (ETRF2000-PL / CS92), kolejno kliknąć ikonę trzech kropek i wybrać miejsce zapisu, a także nazwę, pamiętając o tym, że nazwa nie może zawierać polskich znaków i spacji.
3. **WAŻNE!** Należy pamiętać, aby zaznaczyć pole „**Zapisz tylko zaznaczone obiekty**”, w przeciwnym razie zapisze się warstwa ze wszystkimi obiektami, a nie tylko tymi wybranymi. Następnie kliknąć „**OK**”. Zapisana warstwa zostanie dodana do projektu, do panelu warstw, po lewej stronie.



Zapisz warstwę wektorową jako...

Format: ESRI Shapefile

Nazwa pliku: [input field]

Nazwa warstwy: [input field]

Układ współrzędnych: ETRF2000-PL / CS92

Kodowanie: UTF-8

Zapisz tylko zaznaczone obiekty

▼ Wybierz pola do eksportu i opcje eksportu

Name	Typ	Zamień wyświetlonymi wartościami
<input checked="" type="checkbox"/> TERYT	String	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> LOKALNYID	String	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> WERSJAID	String	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> PNAZW	String	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> GMLID	String	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> X_KOD	String	<input checked="" type="checkbox"/>

Zaznacz wszystko Odznacz wszystko

Zamień wartości wybranych pól na wartości wyświetlane

Zachowaj metadane warstwy

▼ Geometria

Typ geometrii: automatycznie

Wymuś tryb multi

Uwzględnij wymiar Z

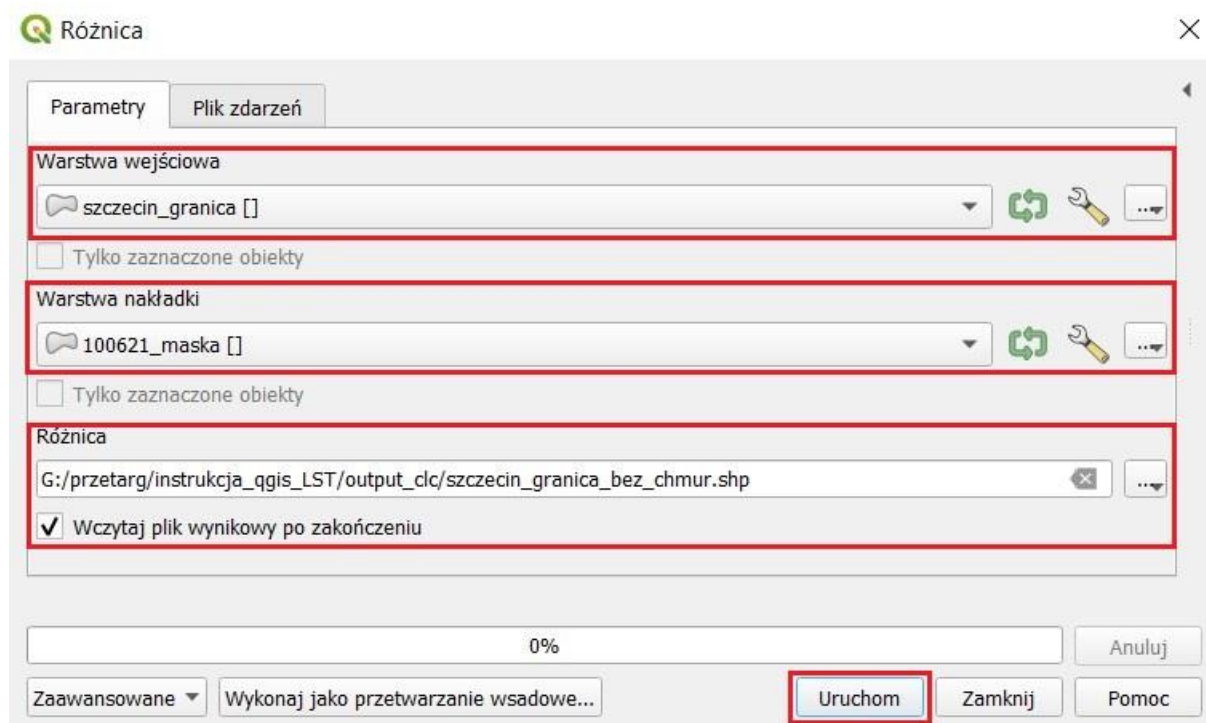
Dodaj zapisany plik do mapy **OK** Anuluj Pomoc

6. Narzędzie różnica

QGIS – narzędzie „Różnica”

Algorytm wyodrębnia obiekty z warstwy wejściowej, które znajdują się na zewnątrz lub częściowo pokrywają się z obiektami w warstwie nakładki. Atrybuty obiektów nie są modyfikowane, chociaż takie właściwości jak powierzchnia lub długość obiektów zostaną zmodyfikowane przez operację różnicy. Jeśli takie właściwości są przechowywane jako atrybuty, to te atrybuty będą musiały być zaktualizowane ręcznie. W celu wyodrębnienia warstwy należy wykonać następujące kroki:

1. Dodanie warstw wektorowych (shapefile) do projektu oprogramowania GIS: warstwy wejściowej (np. granicy miasta), czyli warstwy, którą chcemy ograniczyć do warstwy nakładki oraz warstwy nakładki, np. warstwy maski chmur do granicy, której chcemy ograniczyć warstwę wejściową (*Poradnik techniczny* → *Pierwsze kroki*).
2. Wyodrębnienie warstwy. Otrzymujemy warstwę wynikową, która zawiera tylko obiekty nienależące do warstwy wycinającej. Należy kliknąć w górnym pasku: **Wektor/Narzędzia geoprocesingu/Różnica**.
3. W oknie dialogowym należy wskazać **warstwę wejściową** (np. „szczecin_granica”) oraz **warstwę nakładki** – „100621_maska”. W oknie dialogowym należy również wskazać miejsce zapisu utworzonej warstwy poprzez kliknięcie „**Zapisz do pliku**”, zapisz jako typ: „**SHP**”.
4. Następnie należy kliknąć „**Uruchom**”. Po wykonaniu przycięcia wynikowa warstwa wektorowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „**Zamknij**”.



7. Narzędzie selekcji

QGIS – narzędzie „Zaznacz obiekty używając wyrażenia”

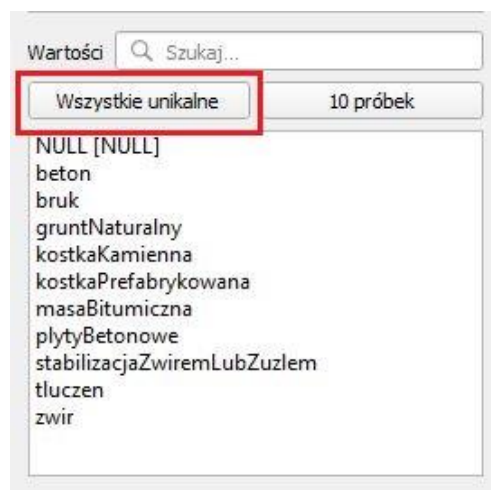
Oprócz podstawowych narzędzi selekcji, takich jak wskazanie obiektu na mapie lub podświetlenie rekordu w tabeli atrybutów, w QGIS jest dodatkowe narzędzie selekcji przestrzennej i atrybutowej. Narzędzie umożliwia wybranie większej liczby obiektów na podstawie analizy danych pod kątem spełnienia warunków przez atrybuty. Kluczowym etapem w selekcji jest zastosowanie wyrażenia, które wyznacza, w jaki sposób będą wybierane obiekty z tabeli. Wynikowe rekordy mogą być eksportowane i zapisane jako odrębna warstwa.

Selekcja według kilku atrybutów

1. W celu otworzenia narzędzia selekcji należy otworzyć tabelę atrybutów warstwy i wybrać ikonę „Zaznacz obiekty używając wyrażenia”.



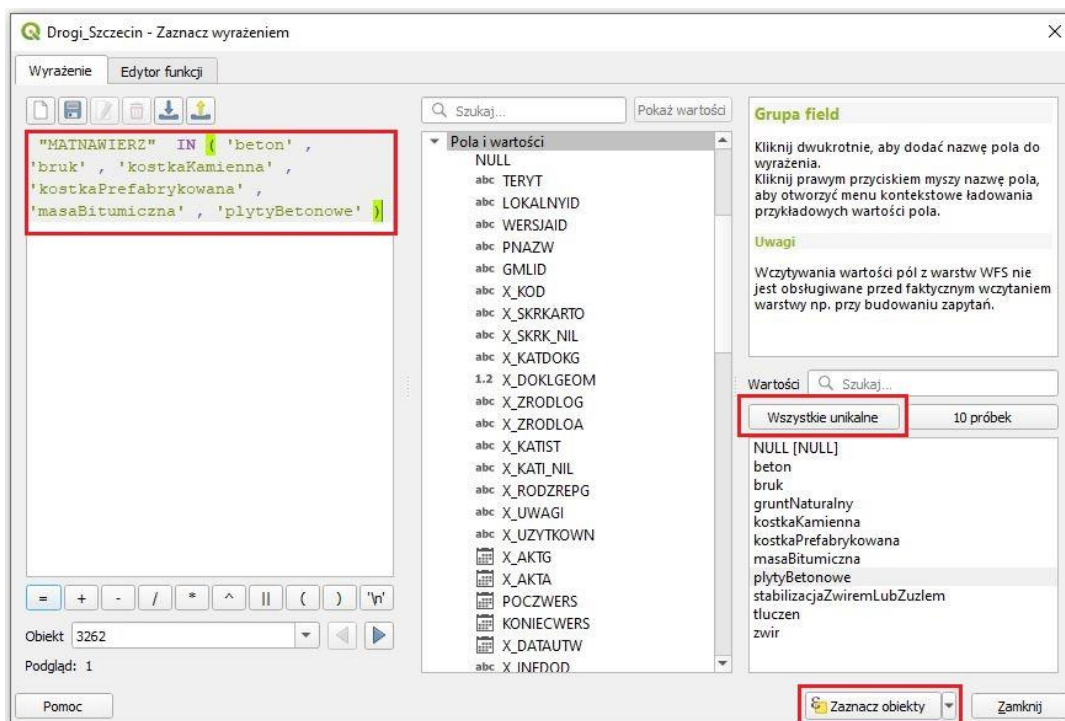
2. Następnie w oknie dialogowym należy wpisać wyrażenie, które pozwoli wyodrębnić z warstwy „drogi” wszystkie obiekty o nawierzchni nieprzepuszczalnej. W pierwszej kolejności należy rozwinąć kategorię „Pola i wartości” i dwa razy kliknąć „MATNAWIERZ”. Nazwa pola powinna pojawić się w oknie wyrażenia po lewej stronie. Następnie należy rozwinąć kategorię „Operatory” i dwa razy kliknąć na operator „IN”. Kolejno ponownie trzeba rozwinąć „Pola i wartości” i kliknąć tylko jeden raz „MATNAWIERZ”, a następnie „Wszystkie unikalne”. W ten sposób poniżej wyświetlą się wszystkie wartości zawarte w kolumnie „MATNAWIERZ”.



3. W następnym kroku trzeba wybrać i dodać do wyrażenia składowe „MATNAWIERZ”, aby zaznaczyć wszystkie drogi o nawierzchni nieprzepuszczalnej. Tutaj również, aby wybrać element i dodać go do okna wyrażenia, trzeba kliknąć na ten element dwa razy. Wyrażenie powinno wyglądać w następujący sposób:

"MATNAWIERZ" IN ('beton' , 'bruk' , 'kostkaKamienna' , 'kostkaPrefabrykowana' , 'masaBitumiczna' , 'plytyBetonowe')

4. WAŻNE! Wymienione atrybuty należy wprowadzić w nawiasie i po każdym stosować przecinek.
5. Po prawidłowo wprowadzonym wyrażeniu należy kliknąć **„Zaznacz obiekty”**, wtedy w tabeli atrybutów będą na niebiesko zaznaczone wiersze, które kolejno można wyeksportować.



Selekcja jednym atrybutem

1. Należy otworzyć tabelę atrybutów warstwy i, tak jak wcześniej, narzędzie **„Zaznacz obiekty używając wyrażenia”**. Aby wyszczególnić obiekty w warstwie po jednym atrybucie, np. „lasy” z warstwy „lasy i zadrzewienia”. W kolejnym kroku należy rozwinąć **„Pola i wartości”** i dwa razy kliknąć na „RODZAJ”, następnie kliknąć **„Wszystkie unikalne”**, aby wyświetlić atrybuty zawarte w „RODZAJ”. Przejść do okna wyrażenia, wprowadzić znak „=” i dwa razy kliknąć na „las” w wartościach unikalnych. Wyrażenie powinno wyglądać w następujący sposób: „RODZAJ” = 'las'
2. Po prawidłowo wprowadzonym wyrażeniu należy kliknąć **„Zaznacz obiekty”** i wtedy w tabeli atrybutów będą na niebiesko zaznaczone wiersze, które kolejno można wyeksportować.

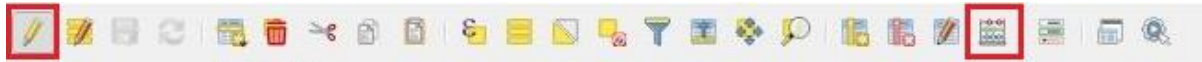
The screenshot shows a software window titled "Lasy i zadrzewienia - Zaznacz wyrażeniem". The interface includes a toolbar at the top with icons for save, print, and help. Below the toolbar is a text input field containing the expression `"RODZAJ" = 'las'`. To the right of the input field is a search bar labeled "Szukaj..." and a "Pokaż wartości" button. A central list of fields is displayed, with "RODZAJ" selected. The list includes various codes and names such as KOD250K, KOD250_NIL, KOD500K, KOD500_NIL, KOD1000K, KOD1000_NI, RODZAJ, GATUNEKDRZ, GATDRZ_NIL, KATEGORIA, NAZWA, PRNG_LOKID, PRNG_PNAZW, PRNG_WERID, BD500_ID, BD500_PNA, BD500_WEID, 1.2 area, Rastry, Tablice, tekst, Warstwy mapy, Wiersz i atrybuty, Wyrażenia warunkowe, and Zmienne. On the right side, there is a "Grupa field" section with instructions: "Kliknij dwukrotnie, aby dodać nazwę pola do wyrażenia. Kliknij prawym przyciskiem myszy nazwę pola, aby otworzyć menu kontekstowe ładowania przykładowych wartości pola." Below this is an "Uwagi" section with a note: "Wczytywanie wartości pól z warstw WFS nie jest obsługiwane przed faktycznym wczytaniem warstwy np. przy budowaniu zapytań." A "Wartości" section contains a search bar, a "Wszystkie unikalne" button (highlighted in red), and a "10 próbek" button. Below the buttons, the text "las zadrzewienie zagajnik" is visible. At the bottom right, a "Zaznacz obiekty" button (highlighted in red) and a "Zamknij" button are present. The bottom left shows "Obiekt: 3262" and "Podgląd: 1".

8. Obliczanie powierzchni

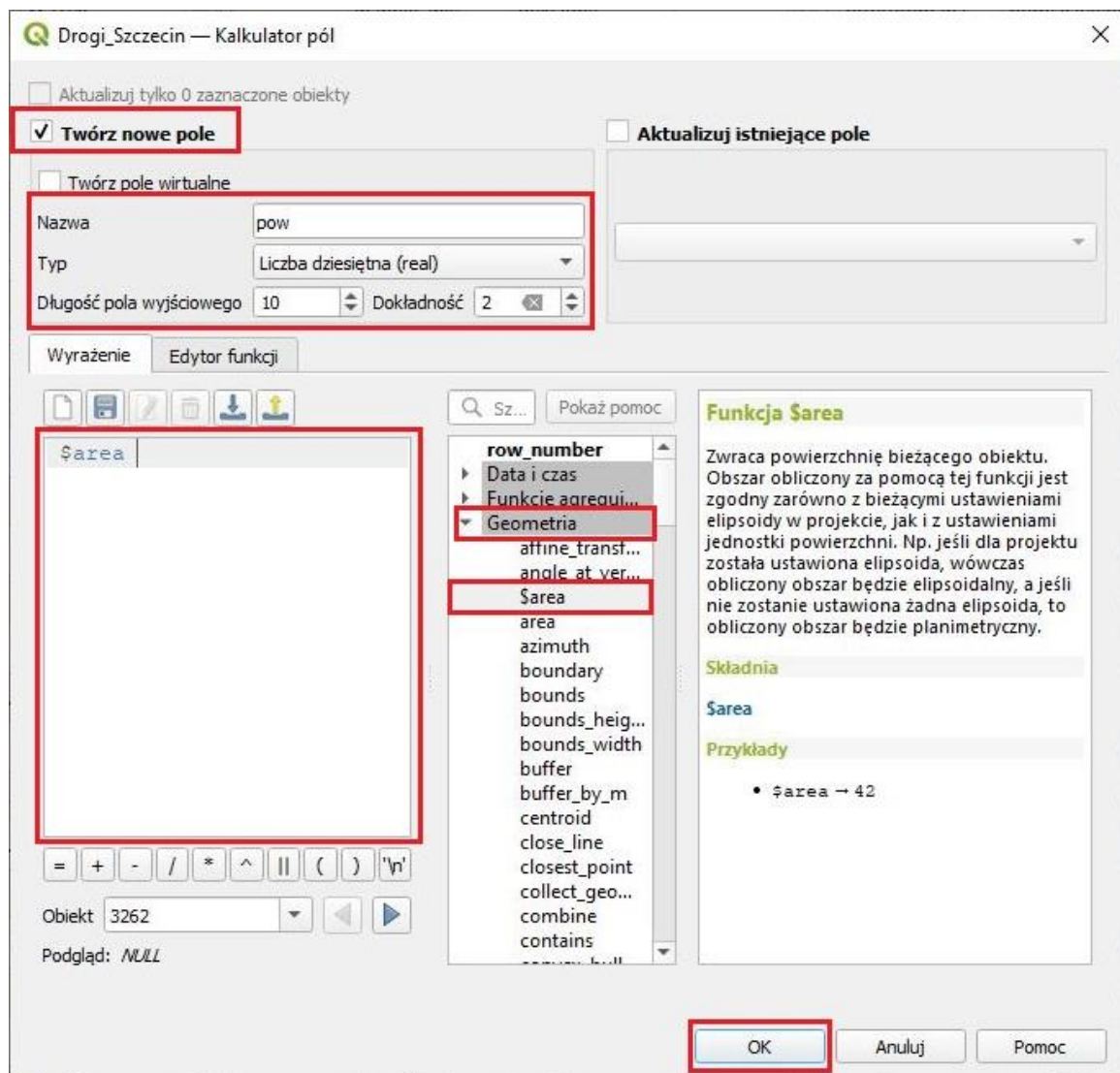
QGIS – „Kalkulator pól”

Kalkulator pól pozwala przeprowadzać operacje na danych i zapisywać ich wynik w tabeli atrybutów. Dostępnych jest kilkadziesiąt funkcji opartych na danych tekstowych i liczbowych.

1. Chcąc obliczyć powierzchnię, należy prawym przyciskiem myszy kliknąć na warstwę „**Otwórz tabelę atrybutów**” i kliknąć ikonę żółtego ołówka, aby wprowadzić warstwę w tryb edycji. W następnej kolejności kliknąć ikonę z liczydłem, co spowoduje otwarcie się kalkulatora pól.



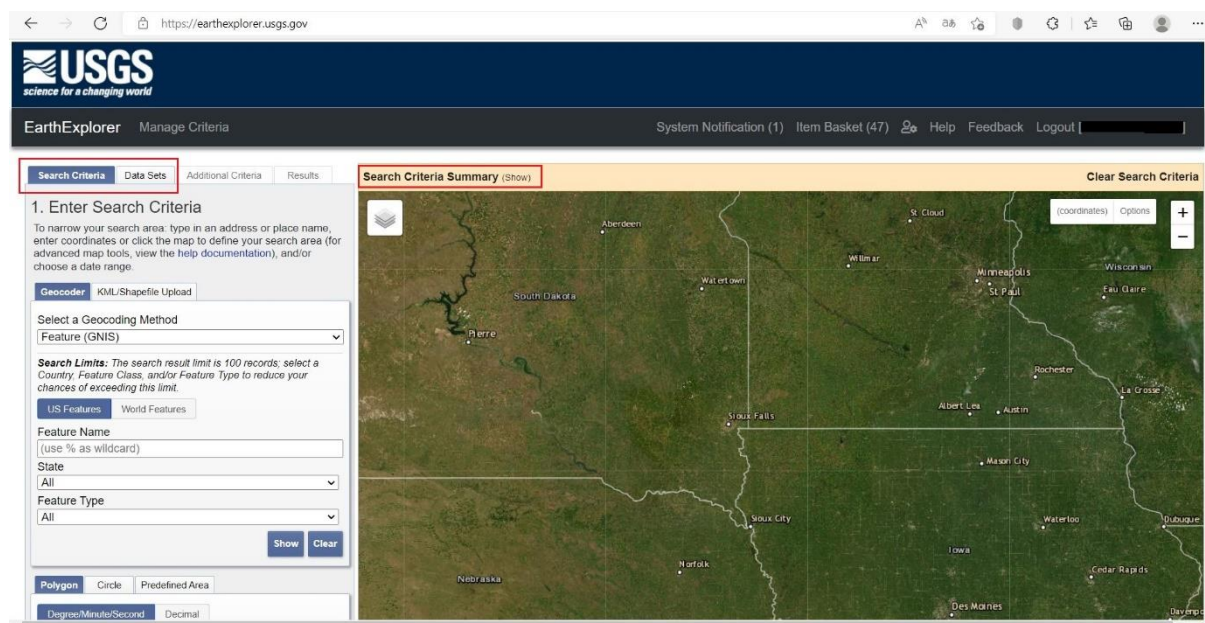
2. W oknie kalkulatora pól należy zaznaczyć „**Twórz nowe pole**” i wpisać w nazwie „pow”, a także wybrać odpowiedni typ pola: „**Liczba dziesiętna**”.
3. Następnie w środkowej części tabeli wybrać „**Geometria**” i dwa razy kliknąć „**\$area**”. Wyrażenie pojawi się w polu po lewej stronie. W ostatnim kroku należy kliknąć „**Ok**”.
4. **WAŻNE!** Program QGIS poda wartość powierzchni w [m²], dlatego żeby otrzymać powierzchnię w [ha] trzeba wartość podzielić przez 10 000 (zgodnie z funkcjonującym przelicznikiem jednostek). W tym wypadku wyrażenie powinno wyglądać następująco: „**\$area/10000**”.



9. Pobieranie obrazów satelitarnych

Aby móc wykorzystać obrazy satelitarne do oszacowania temperatury powierzchni czynnej (TPC), obraz musi spełniać dwa podstawowe kryteria. Po pierwsze, obraz satelitarny musi mieć odpowiednią rozdzielczość spektralną, czyli rejestrować promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie podczerwieni termalnej. Po drugie, musi być wolny od zachmurzenia. Chmury uniemożliwiają obliczenie TPC. Czujnik satelity nie przenika przez chmury i obliczona zostaje temperatura chmury na obrazie. Niemniej jednak biorąc pod uwagę fakt słabej rozdzielczości czasowej (16 dni) oraz tego, że ok. 70% dni w roku w Polsce jest zachmurzonych, pozyskanie obrazu bez chmur może być trudne lub niemożliwe. W związku z tym przyjmuje się, że jeżeli w obrębie obszaru badań wystąpi niewielka chmura (zachmurzenie poniżej 5% dla obszaru badań³), możemy wykorzystać taki obraz i poddać go maskowaniu, czyli usunięciu chmury. Dla analiz powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła czy chłodu na podstawie zestawu obrazów satelitarnych ważny jest odpowiedni wybór scen satelitarnych do obliczenia uśrednionego obrazu temperatury powierzchni czynnej (TPC/LST). Zebrane do tego celu obrazy powinny reprezentować różne terminy rejestracji, tak aby odzwierciedlały one różny stopień wegetacji roślinności (tereny rolne przed i po żniwach) oraz różne warunki meteorologiczne. Należy mieć na uwadze fakt, aby obrazy zarejestrowane w drugiej połowie sierpnia nie dominowały w zbiorze danych. Jeżeli wykorzystamy zbyt dużą ilość obrazów zarejestrowanych po żniwach, odniesienie termiczne terenów rolnych będzie miało duży wpływ na temperaturę całego obszaru badań. W celu pobrania obrazu satelitarnego należy wykonać następujące kroki:

1. Rejestracja na stronie <https://earthexplorer.usgs.gov/> (ryc. 1). W pierwszej kolejności trzeba założyć konto na podanej stronie. W prawym górnym rogu znajduje się przycisk „Login”, należy w niego wejść, a wyświetli się strona do logowania; na samym dole strony, poniżej przycisku „Sign In” znajduje się przycisk „Create New Account”, klikając w niego, należy założyć konto. Po dokonaniu rejestracji należy zalogować się na stronie poprzez wpisanie swojego loginu i hasła i zatwierdzić, klikając „Sign In”.



Ryc. 1. Widok strony <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

³ Renc A., Łupikaszka E., Błaszczuk M., 2022. Spatial structure of the surface heat and cold island in summer based on Landsat 8 imagery in southern Poland. *Ecological indicators*, 142 (2022), 109181. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109181>

2. Pobranie obrazu satelitarnego Landsat 8 dla sezonu letniego (czerwiec, lipiec, sierpień). W tym celu należy postępować zgodnie z krokami 2.1 – 2.4.

2.1. W polu „Enter Search Criteria” zakładki „Search Criteria” (ryc. 1) należy wprowadzić następujące informacje:

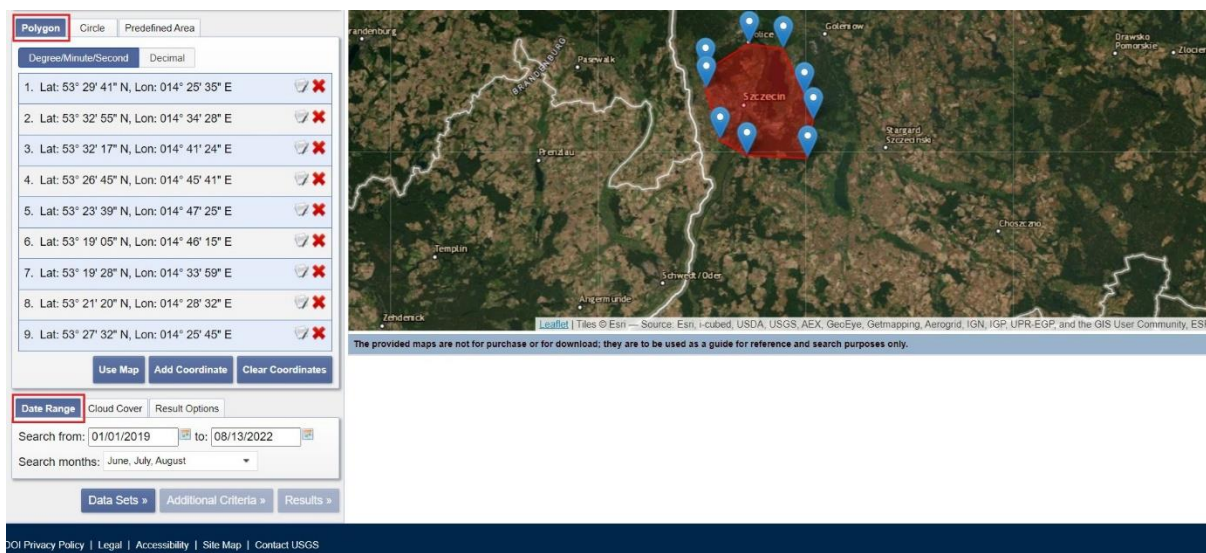
- Zlokalizowanie obszaru badań. Można to zrobić w następujący sposób:

a) Jeżeli znany jest numer ścieżki (path) i rzędu (row) obrazu dla wyszukiwanego obszaru zainteresowania: **Geocoder/Select a Geocoding Method/ Path/Row → Show** (dla Szczecina path 192, row 023), lub

b) Wpisując kraj lub nazwę miejscowości: **Geocoder/Select a Geocoding Method/ Address/Place → Show**. Poniżej pojawi się tabela dla szukanego miejsca wraz ze współrzędnymi, aby przejść do lokalizacji, należy kliknąć dwukrotnie myszą w wybraną lokalizację w tabeli, lub c) Wybierając poniżej opcje „Polygon” lub „Circle” (ryc. 2), można samodzielnie znaczyć obszar zainteresowania. Aby to zrobić, należy przesuwać się za pomocą kursora myszki po interaktywnym oknie „Search Criteria Summary” (ryc. 1), następnie przybliżyć się do wybranego obszaru/miasta i narysować poligon.

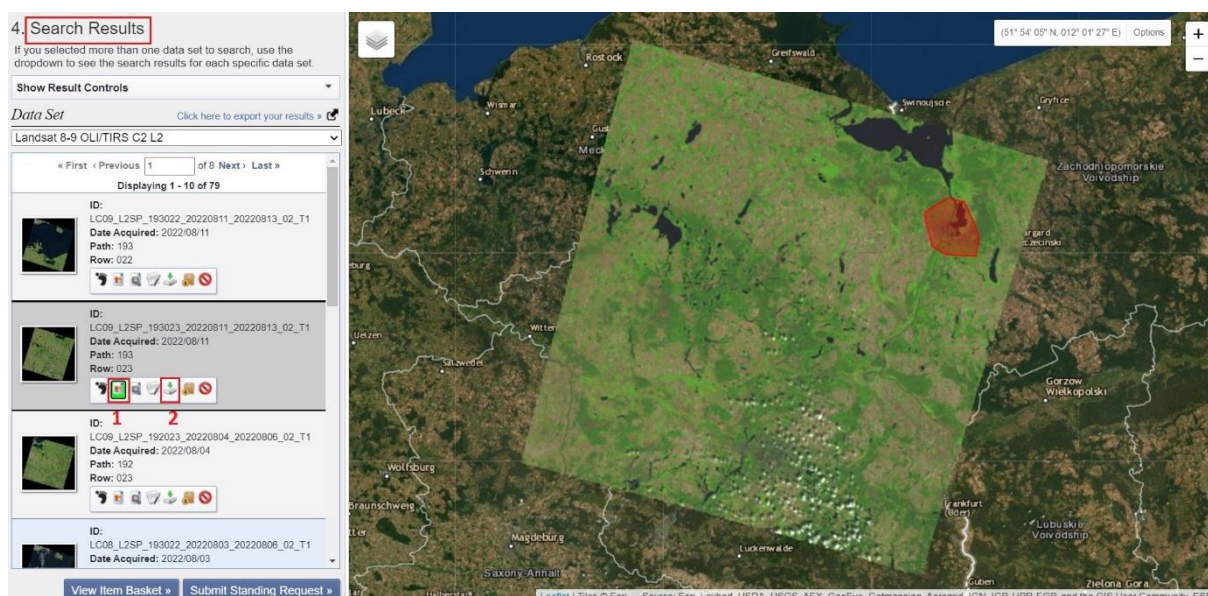
- Wybranie okresu badawczego

Zakładka „Data Range” (ryc. 2) → ustalenie zakresu czasowego. W opcji „Search Month” można wybrać konkretne miesiące, dla których szukamy obrazów. Z kolei w zakładce „Cloud Cover” można ustalić maksymalne pokrycie przez chmury na obrazach (od 0 do 100%). Należy jednak pamiętać, że pokrycie przez chmury dotyczy całej sceny, a nie zaznaczonego obszaru badań. Nie zalecamy uzupełniania tego okna, ponieważ często w łatwy sposób można pominąć użyteczne dla wybranego miasta sceny, które w znacznym stopniu są zachmurzone, a w obrębie szukanego obszaru badań zachmurzenie nie wystąpiło.



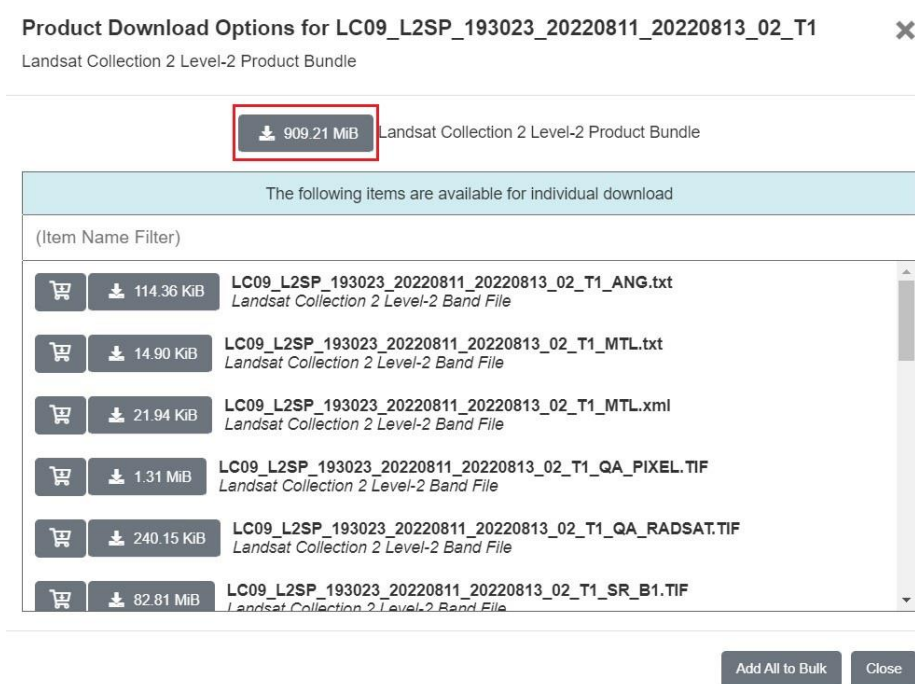
The screenshot shows the Earth Explorer interface. On the left, the 'Polygon' tool is active, displaying a table of coordinates for a red polygon drawn on a satellite map of Szczecin. The table lists 9 vertices with their latitude and longitude coordinates. Below the table are buttons for 'Use Map', 'Add Coordinate', and 'Clear Coordinates'. The 'Date Range' filter is also visible, showing a search period from 01/01/2019 to 08/13/2022, with search months set to June, July, and August. The map on the right shows the city of Szczecin and surrounding areas with a red polygon overlaid.

Ryc. 2. Opcja wyszukiwania Polygon oraz zakładka Data Range strony <https://earthexplorer.usgs.gov/>



Ryc. 3. Widok zakładki z wynikami Search Results <https://earthexplorer.usgs.gov/>

- 2.2. W polu „Select Your Data Set(s)” zakładki „Data Sets” (ryc. 1) należy wybrać produkty Landsat 8-9OLI/TIRS C2 L1 z zakładki Landsat/ Landsat Collection 2 Level-1. Następnie kliknąć „Results”.
- 2.3. W polu „Search Results” zakładki „Results” wyświetlą się wyniki. Aby wyświetlić dany obraz, należy kliknąć „Show Browse Overlay” (patrz (1) → ryc. 3). Aby pobrać dany obraz, należy wcisnąć „Download Options” (patrz (2) → ryc. 3).
- 2.4. Wyświetli się okno dialogowe „Download Options”, a w nim różne opcje plików do pobrania. Należy wybrać „Landsat Collection 2 Level-1 Product Bundle”. Wyświetli się kolejne okno dialogowe, z którego należy pobrać całość plików o pojemności 902.21 MB (ryc. 4). Waga plików będzie się różniła w zależności od wybranej sceny satelitarnej Landsat. Najprawdopodobniej (często po chwili) otworzy się nowa karta przeglądarki, gdzie należy wskazać miejsce zapisu produktu. Po pobraniu obrazów należy je wypakować z folderu .zip.



Ryc. 4. Okno dialogowe plików Landsat Collection 2 Level-1 Product Bundle <https://earthexplorer.usgs.gov/>

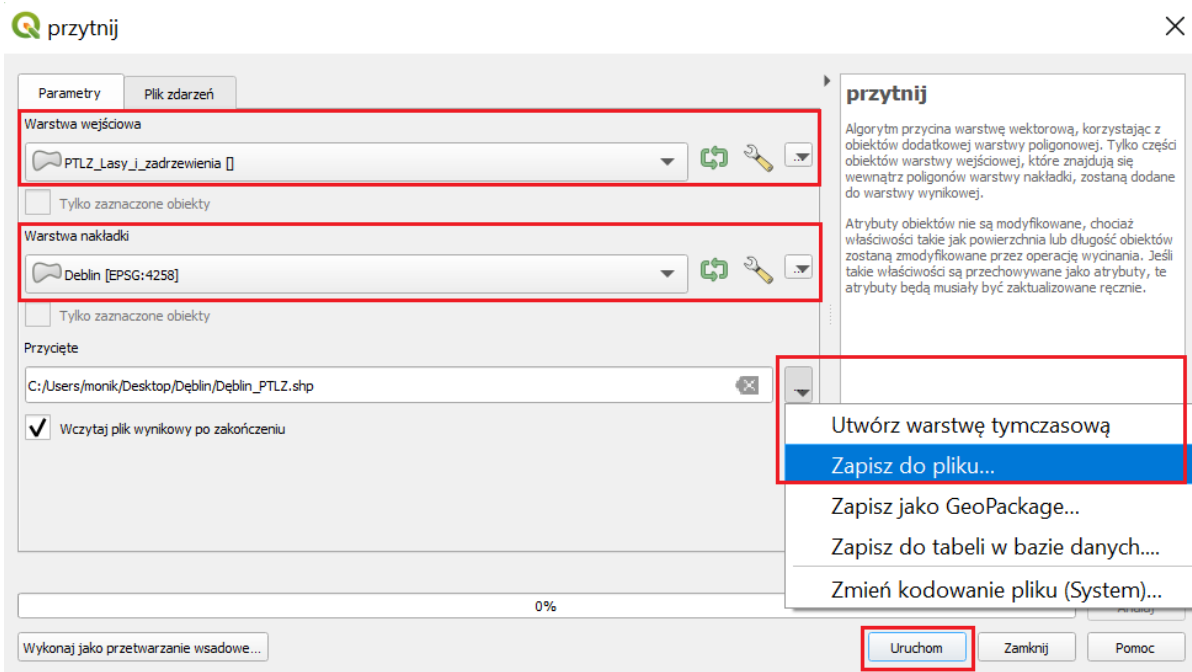
10. Przycięcie warstw

QGIS – narzędzie „Przytnij”

Algorytm przycina warstwę wektorową, korzystając z obiektów dodatkowej warstwy poligonowej. Tylko części obiektów warstwy wejściowej, które znajdują się wewnątrz poligonów warstwy nakładki, zostaną dodane do warstwy wynikowej. Atrybuty obiektów nie są modyfikowane, chociaż takie właściwości jak powierzchnia lub długość obiektów zostaną zmodyfikowane przez operację wycinania. Jeśli takie właściwości są przechowywane jako atrybuty, te atrybuty będą musiały być zaktualizowane ręcznie.

W celu przycięcia warstw należy wykonać następujące kroki:

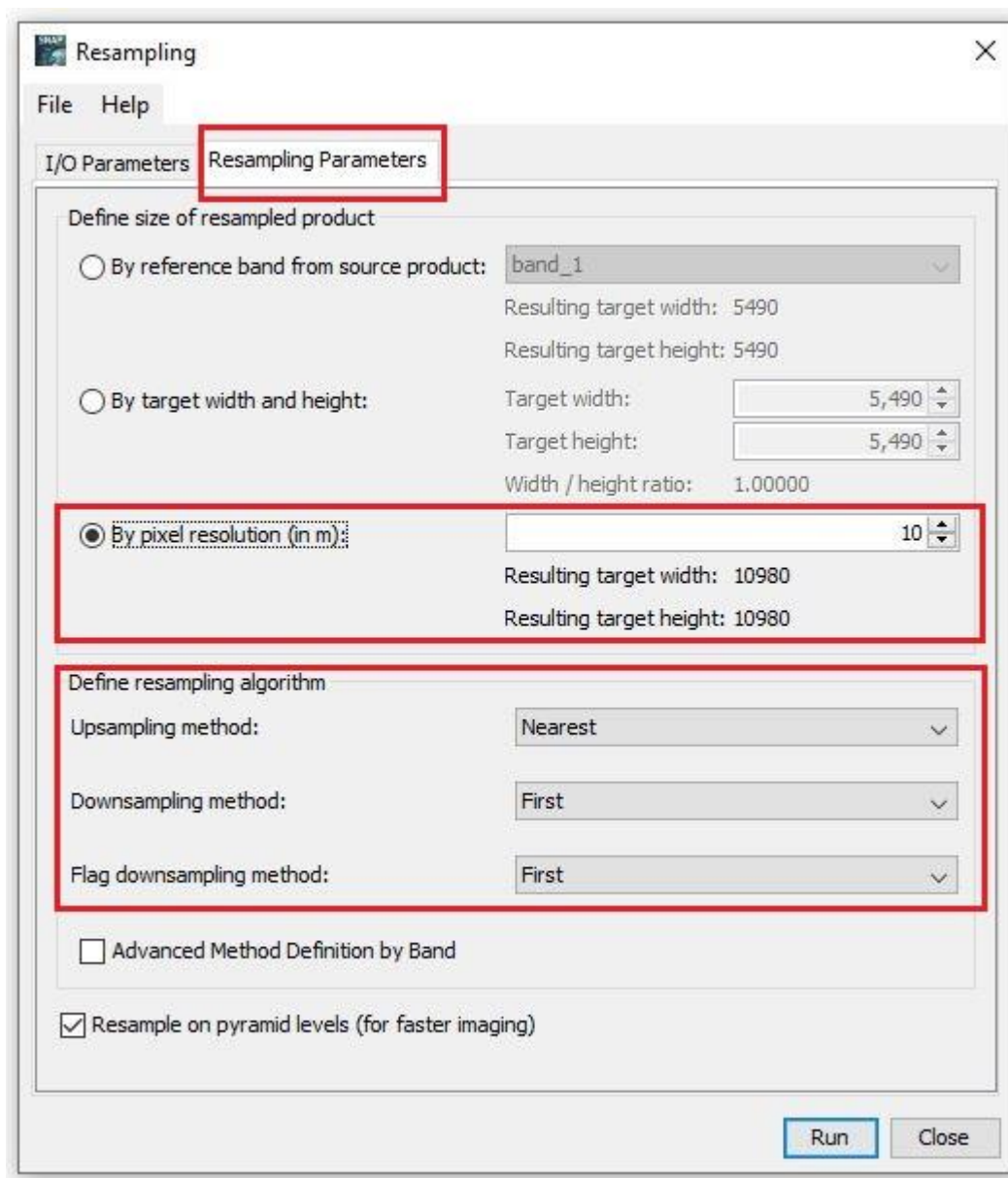
1. Przycięcie warstw. Należy kliknąć w górnym pasku: **Wektor/Narzędzia geoprocesingu/Przytnij**.
2. W oknie dialogowym należy wskazać warstwę wejściową (np. PTLZ_Lasy_I_zadrzewienia), czyli warstwę, dla której ma zostać wykonane przycięcie, oraz warstwę nakładki, np. warstwę wybranego miasta. W oknie dialogowym należy również wskazać miejsce zapisu utworzonej warstwy poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”, zapisz jako typ: „SHP”.
3. Następnie należy kliknąć „Uruchom”. Po wykonaniu przycięcia wynikowa warstwa wektorowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „Zamknij”.



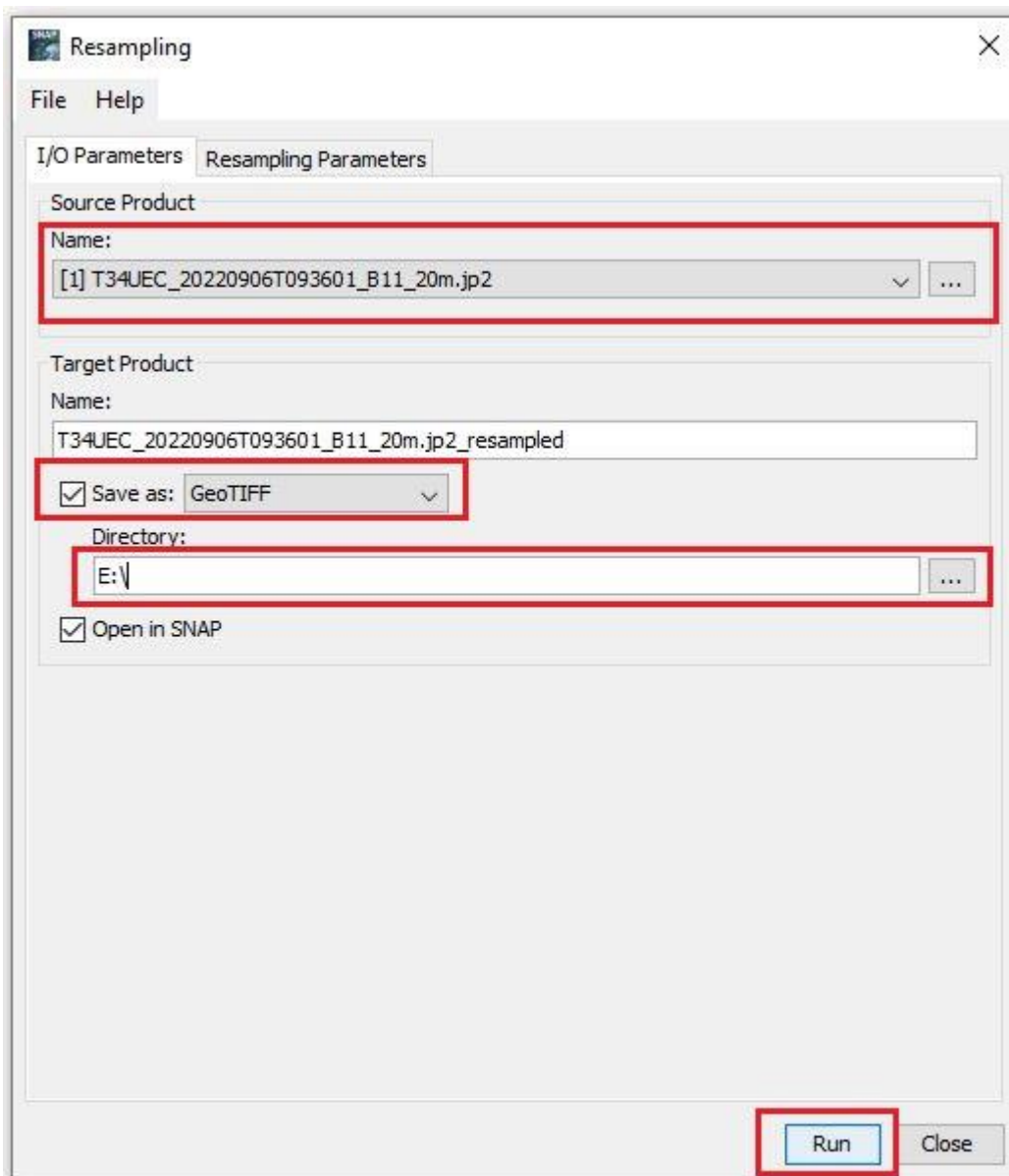
13. Resampling w programie SNAP

Niektóre kanały satelity Sentinel-2 mają inną rozdzielczość niż pozostałe, jednak są potrzebne do użycia wskaźnika np. NDBI. Aby móc użyć kanału o innej rozdzielczości, w pierwszej kolejności należy przetworzyć go za pomocą narzędzia „Resampling” i utworzyć nowy obraz o wskazanej rozdzielczości, takiej samej jak pozostałe obrazy satelity.

1. Należy uruchomić program SNAP (wersja 9.00 <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>). W programie SNAP należy kliknąć: **file/open product**.
2. Następnie należy wejść do folderu zapisu danych Sentinel 2 i kolejno wejść do folderu: GRANULE/L2A_T33UYR_A036970_20220721T095041/IMG_DATA /R20m i zaznaczyć obraz kanału 11 (B11) i kliknąć „open”.
3. Kolejno w górnym pasku wybrać: **Raster/Geometric Operations/Resampling**.
4. W oknie dialogowym należy wybrać zakładkę „Resampling Parameters”, zaznaczyć opcję „By pixel resolutionn (in m)” i wpisać 10. W opcji „Upsampling method” wybrać „nearest”.



- Następnie należy wrócić do zakładki „I/O Parameters” i zaznaczyć „Save as” i wybrać „GeoTIFF” oraz miejsce zapisu przerobionego obrazu satelitarnego, kliknąć „Run”. W efekcie zostanie utworzony obraz kanału 11 o rozdzielczości 10 m.

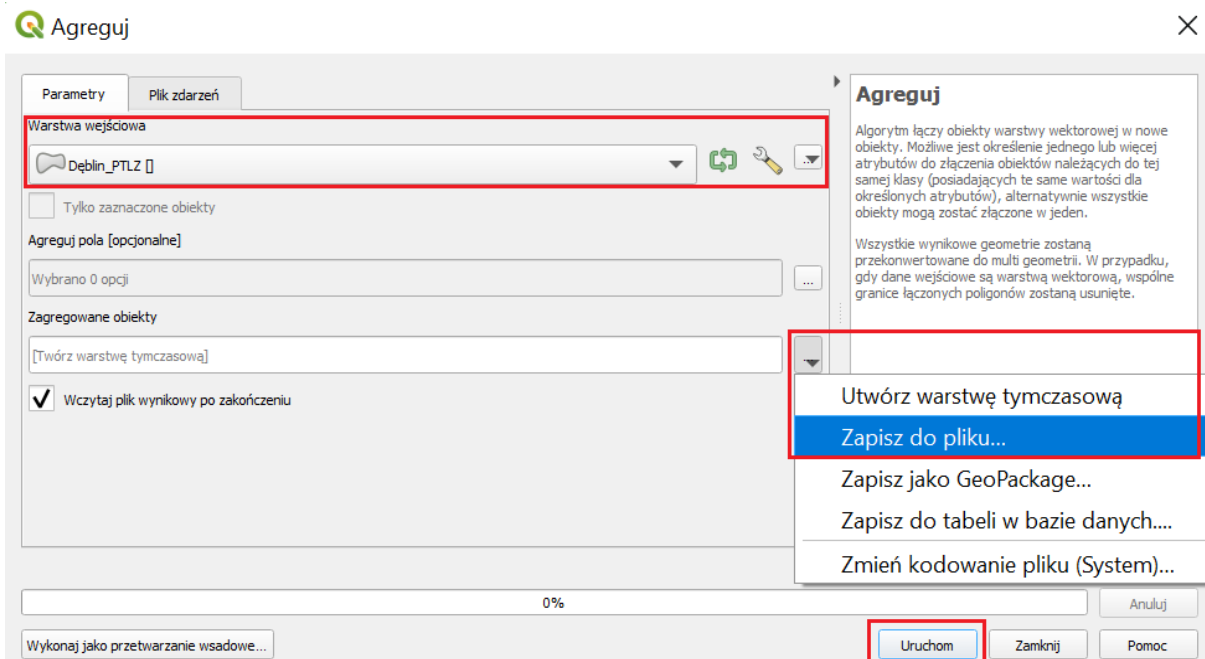


14. Rozbij geometrie typu multipart na jednoczęściowe

QGIS – narzędzie „Rozbij geometrie typu multipart na jednoczęściowe”

Algorytm konwertuje warstwę z geometriami typu multipart na nową warstwę, której geometrie są jednoczęściowe. Obiekty z geometriami typu multipart są dzielone na tyle obiektów, z ilu części składa się pierwotna geometria i do każdej z nich przypisywane są takie same atrybuty. W celu rozbicia geometrii multipart na jednoczęściowe należy wykonać następujące kroki:

1. Rozbicie geometrii typu multipart na jednoczęściowe. Należy kliknąć w górnym pasku: **Wektor/Narzędzia geometrii/ Rozbij geometrie typu multipart na jednoczęściowe**.
2. W oknie dialogowym należy wskazać warstwę wejściową (np. Agreguj_dęblin), dla której ma zostać wykonany proces rozbicia obiektów. W oknie dialogowym należy również wskazać miejsce zapisu utworzonej warstwy poprzez kliknięcie „**Zapisz do pliku**”, zapisz jako typ: „**.SHP**”.
3. Następnie należy kliknąć „**Uruchom**”. Po wykonaniu rozbicia wynikowa warstwa wektorowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „**Zamknij**”.



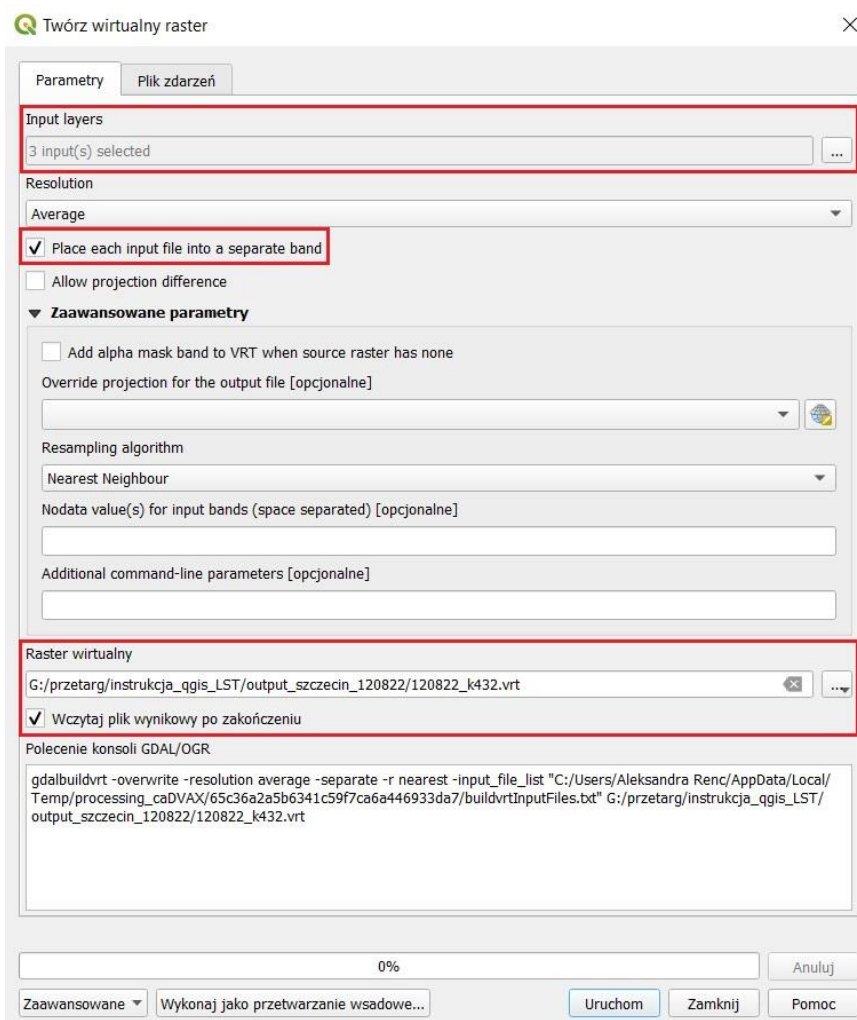
15. Twórz wirtualny raster

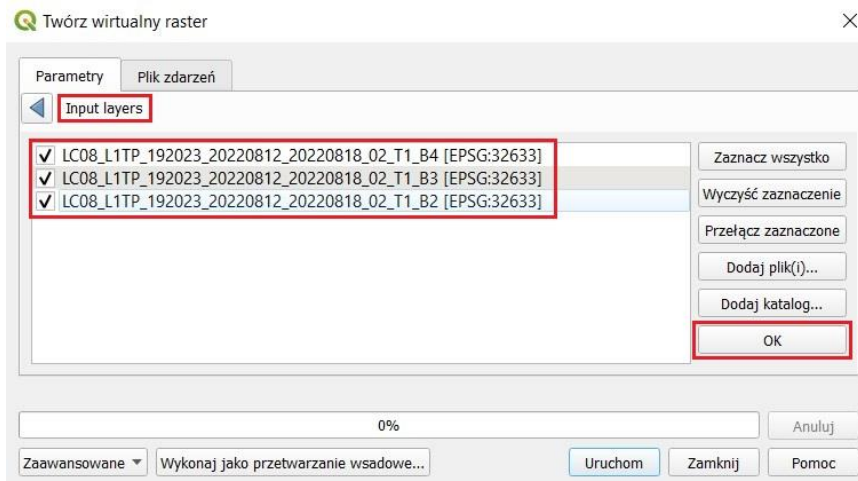
QGIS – narzędzie „Twórz wirtualny raster”

Narzędzie „**Twórz wirtualny raster**” umożliwia stworzenie zbiorów danych rastrowych. Z dowolnych trzech składowych (kanałów) obrazu wielospektralnego można tworzyć różne kompozycje barwne (RGB). W celu stworzenia wirtualnego rastra przedstawiającego kompozycję spektralną w barwach zbliżonych do naturalnych należy wykonać następujące kroki:

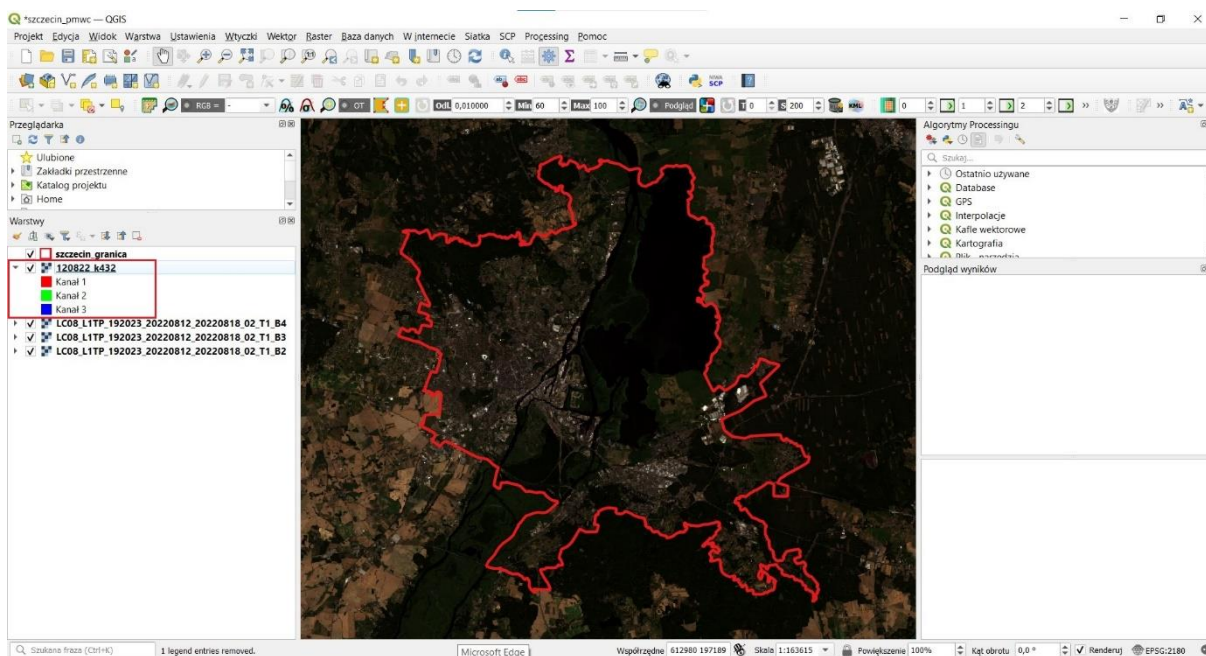
1. Dodanie następujących warstw rastrowych (tif) do projektu oprogramowania GIS:
 - kanał 2 – BLUE (LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B2),
 - kanał 3 – GREEN (LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B3),
 - kanał 4 – RED (LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B4)

(*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).
2. Stworzenie wirtualnego rastra (np. „120822_k432”). Należy kliknąć w górnym pasku: **Raster/Różne/Twórz wirtualny raster**.
3. W oknie dialogowym, w polu „**Input layers**” należy wskazać rastry, na podstawie których chcemy stworzyć jeden raster. W ten sposób narzędzie otworzy drugie okno dialogowe, w którym należy zaznaczyć wszystkie dodane do projektu rastry jako „**Input layers**” i przesunąć je odpowiednio, tak aby raster kanału 4 był pierwszy, raster kanału 3 drugi i raster kanału 2 ostatni. Następnie wrócić do pierwszego okna dialogowego poprzez kliknięcie opcji „**OK**”. Dalej zaznaczyć opcję „**Place each input file into a separate band**”.





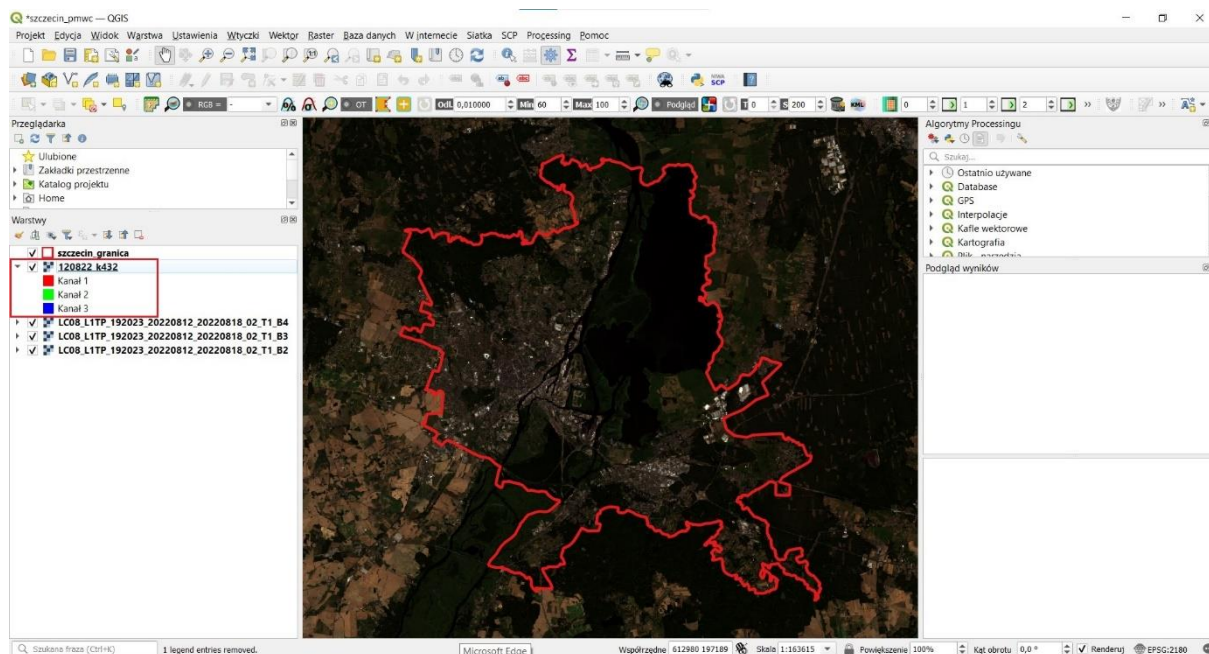
4. W polu „Raster wirtualny” należy wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie **vrt** poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”.
5. Następnie należy kliknąć „Uruchom”.
6. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „Zamknij”.
7. Po wykonaniu procesu warstwa rastrowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. W ten sposób powstała kompozycja spektralna w barwach zbliżonych do naturalnych.



16. Weryfikacja obrazów satelitarnych

Obraz użyteczny z punktu widzenia szacowania temperatury powierzchni czynnej (TPC/LST) to taki, dla którego w obrębie obszaru badań nie występuje zachmurzenie. Z tego względu należy pobierać obrazy bez zachmurzenia lub pokryte chmurami w niewielkim stopniu (<5% obszaru badań). Jednak w przypadku zdecydowania się na przetwarzanie obrazów z niewielką ilością chmur, obraz należy wymaskować. Wymaskowanie oznacza ręczne usunięcie chmur z obrazu. Czasami jednak zdarza się tak, że pobierając obraz ze strony <https://earthexplorer.usgs.gov/>, wydaje się, że obraz jest bez zachmurzenia lub zachmurzenie jest niewielkie, a podczas dodania warstw rastrowych odpowiednich kanałów spektralnych do oprogramowania GIS okazuje się, że obszar badań jest przestonięty chmurą typu Cirrus, niewidoczną podczas pobierania obrazu ze strony. Może również zdarzyć się tak, że chmur typu Cumulus jest za wiele lub znajdują się w strategicznych punktach miasta (centrum), co za tym idzie maskowanie przyniesie stratę zbyt wielu informacji i obraz taki należy odrzucić. W celu weryfikacji obrazu satelitarnego w oprogramowaniu GIS należy wykonać następujące kroki:

1. Dodanie warstwy wektorowej (shapefile) do projektu oprogramowania GIS. Zaznaczenie wybranego miasta z warstwy jednostek administracyjnych PRG i wyeksportowanie go. Stworzenie warstwy „szczecin_granica” (*Poradnik techniczny → Eksport wybranych obiektów warstwy*).
2. Pobranie obrazów satelitarnych z sezonu letniego (VI – VIII) – USGS (*Poradnik techniczny → Pobieranie obrazów satelitarnych*).
3. Stworzenie kompozycji w barwach zbliżonych do naturalnych dla aktualnie weryfikowanego obrazu satelitarnego (*Poradnik techniczny → Twórz wirtualny raster*). Stworzenie kompozycji w barwach zbliżonych do naturalnych pozwoli łatwo zweryfikować, czy w obrębie obszaru badań występują chmury.

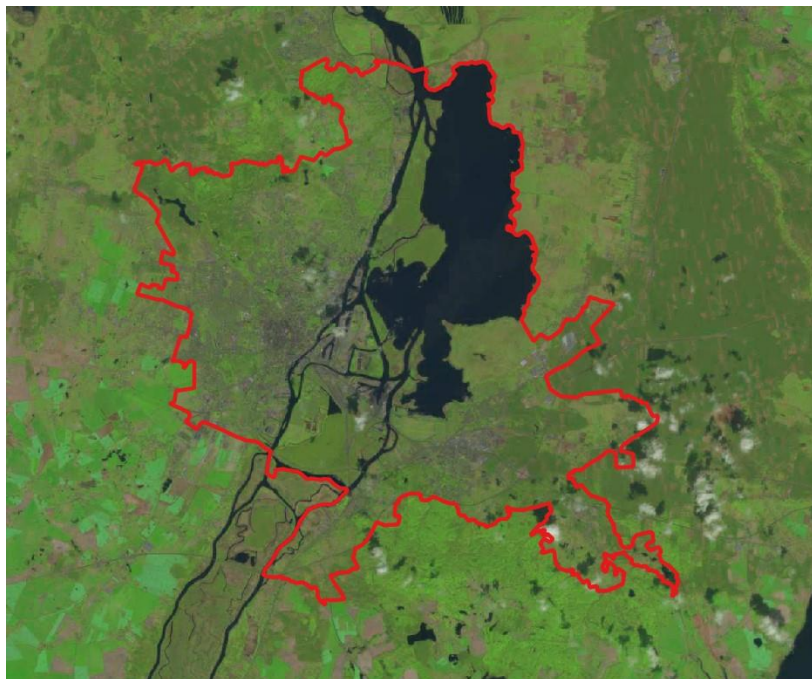


4. Jeżeli w obrębie obszaru badań znajdzie się niewielka chmura, należy wykonać maskowanie. Maskowanie polega na stworzeniu nowej warstwy poligonowej powierzchni zajmowanej przez chmury. Następnie warstwę granicy miasta należy dociąć do warstwy maski chmur za pomocą narzędzia „Różnica”, tak aby otrzymać warstwę granicy miasta bez miejsca, gdzie wystąpiło zachmurzenie (*Poradnik techniczny → Narzędzie różnica*). Na końcu warstwę rastrową przetworzoną do postaci LST należy dociąć do nowej granicy miasta z wyeliminowanym

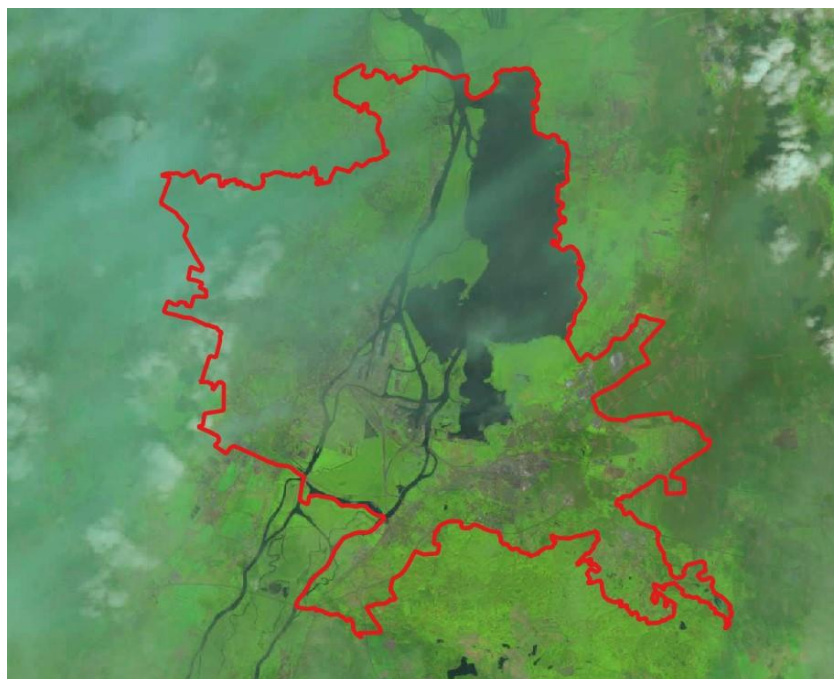
miejszem wystąpienia zachmurzenia (*Poradnik techniczny* → *Przycięcie warstwy rastrowej do maski*).

5. Przykładowe obrazy:

a) nadające się do maskowania (<5% chmur dla obszaru badań):



b) nienadające się do maskowania:

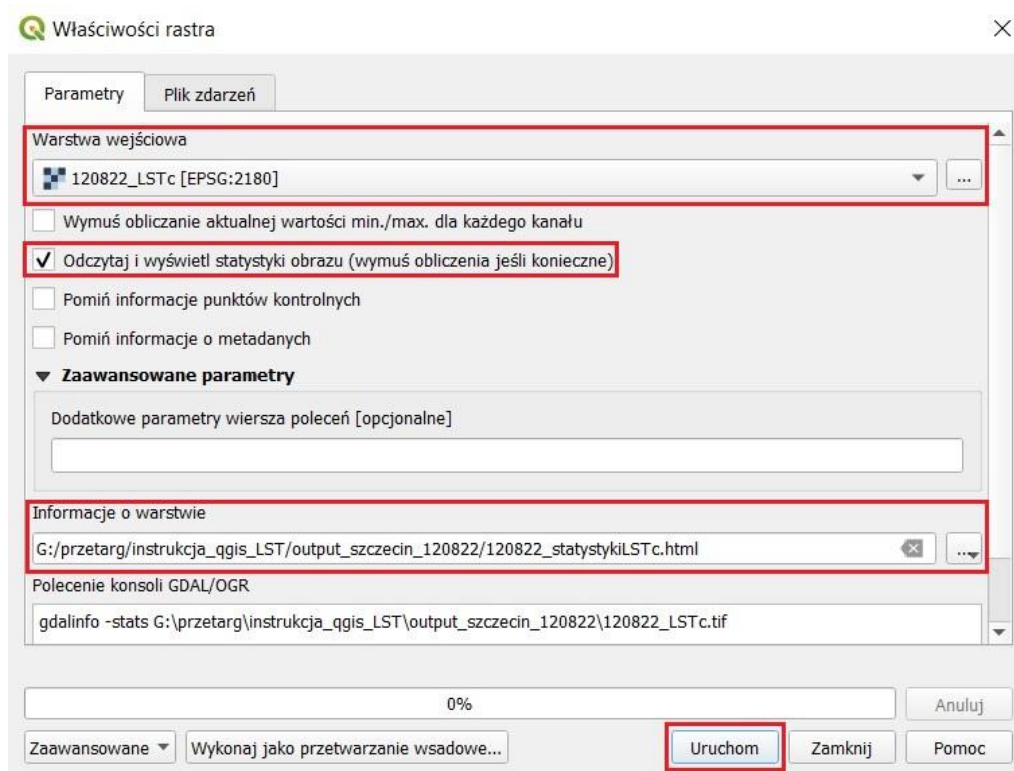


17. Właściwości rastra

QGIS – narzędzie „Właściwości rastra”

Narzędzie „Właściwości rastra” umożliwia obliczenie różnych szczegółowych informacji na temat warstwy rastrowej m.in. wartości minimalnej, maksymalnej, średniej czy odchylenia standardowego. W celu obliczenia tych statystyk należy wykonać następujące kroki:

1. Dodanie warstwy rastrowej (tif) do projektu oprogramowania GIS, dla której chcemy obliczyć statystyki (*Poradnik techniczny* → *Pierwsze kroki*).
2. Obliczenie statystyk dla wybranego rastra (np. „120822_LSTc”). Należy kliknąć w górnym pasku: **Raster/Różne/Właściwości rastra**.
3. W oknie dialogowym należy wskazać **warstwę wejściową** (np. „120822_LSTc”) oraz zaznaczyć opcję **„Odczytaj i wyświetl statystyki obrazu (wymuś obliczenia jeśli konieczne)”**.
4. W polu **„Informacje o warstwie”** należy wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie **html**, poprzez kliknięcie **„Zapisz do pliku”**.
5. Następnie należy kliknąć **„Uruchom”**.



6. Wyświetli się okno dialogowe zakończonego procesu, w którym pojawią się informacje o wybranych statystykach dla rastra. Już na tym etapie można odczytać informacje na temat wartości minimalnej, maksymalnej, średniej i odchylenia standardowego dla rastra „120822_LSTc”.
7. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku **„Zamknij”**.

Właściwości rastra

Parametry Plik zdarzeń

```
Upper Right ( 220818.192, 614959.361) ( 14d48'21.57"E, 53d19'33.43"N)
Lower Right ( 220818.192, 614959.361) ( 14d48'21.57"E, 53d19'33.43"N)
Center ( 209273.464, 627181.632) ( 14d37'18.69"E, 53d25'45.54"N)
Band 1 Block=769x2 Type=Float32, ColorInterp=Gray
Min=21.894 Max=49.847
Minimum=21.894, Maximum=49.847, Mean=29.767, StdDev=4.959
NoData Value=-3.4028235e+38
Metadata:
STATISTICS_MAXIMUM=49.846580505371
STATISTICS_MEAN=29.767085604857
STATISTICS_MINIMUM=21.893701553345
STATISTICS_STDDEV=4.9594926495116
STATISTICS_VALID_PERCENT=53.3
Proces zakończony powodzeniem
Execution completed in 0.50 seconds
Results:
{'OUTPUT': 'G:/przetarg/instrukcja_qgis_LST/
output_szczecin_120822/120822_statystykiLSTc.html'}
```

Wczytywanie warstw wynikowych
Algorithm 'Właściwości rastra' finished
HTML output has been generated by this algorithm.
Open the results dialog to check it.

0%

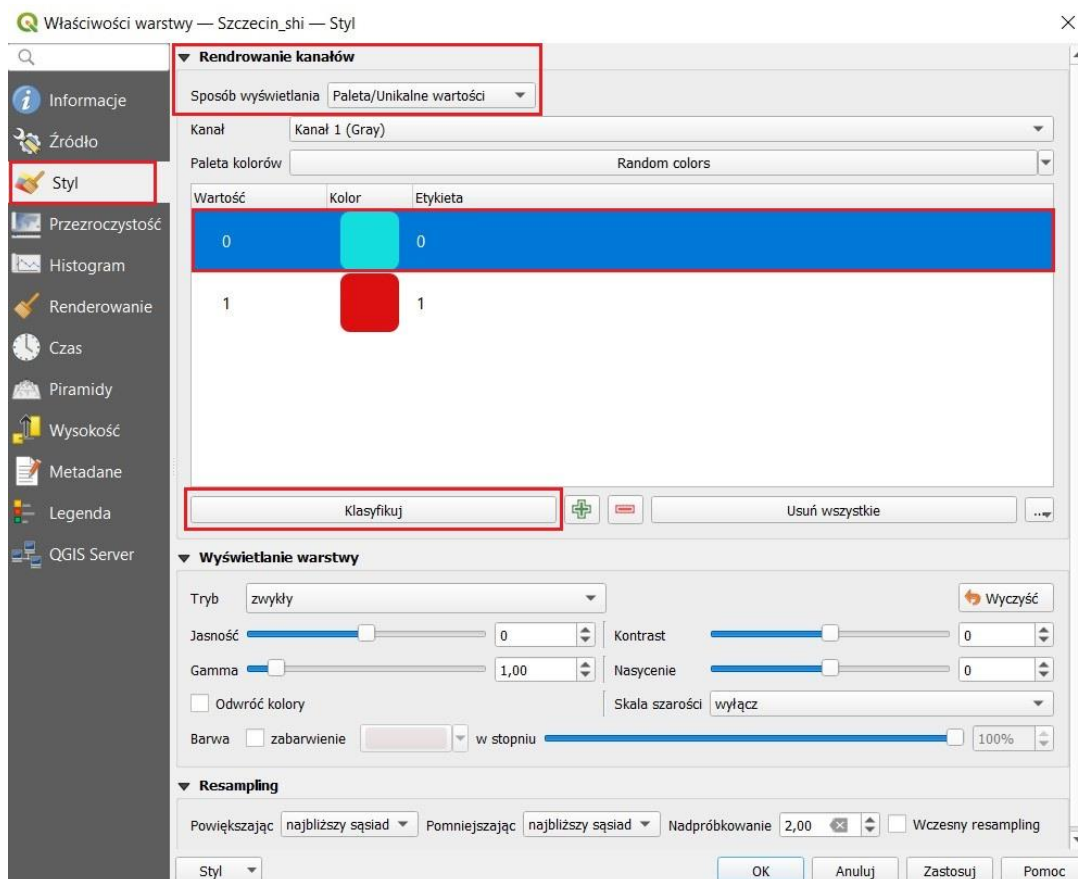
Zaawansowane Wykonaj jako przetwarzanie wsadowe... Zmień parametry **Zamknij** Pomoc Anuluj

18. Wyodrębnienie klas rastra

QGIS – „zmiana sposobu wyświetlania warstwy”

Tworząc nowe rastry za pomocą warunku (np. $x > y$), nowo powstałej warstwie rastrowej są nadawane dwie wartości. Warstwa wynikowa rastra przedstawia wartości, dla których warunek został spełniony (1) oraz wartości, dla których warunek nie został spełniony (0). W celu wyodrębnienia wybranej wartości warstwy rastrowej należy wykonać następujące kroki:

1. Dodanie warstwy rastrowej (tif) do projektu oprogramowania GIS, dla której chcemy wyodrębnić wybraną klasę rastra (*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).
2. Zmiana sposobu wyświetlania wybranego rastra (np. „Szczecin_shi”). Należy wejść we właściwości warstwy rastrowej „Szczecin_shi” (*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).
3. W oknie dialogowym „Właściwości warstwy Szczecin_shi”, należy przejść do zakładki „Styl”.
4. W polu „Sposób wyświetlania” zakładki „Renderowanie kanałów” należy wybrać opcję „Paleta/Unikalne wartości” a następnie przycisk „Klasyfikuj”. Wyświetlą się wszystkie wartości jakie przyjęła warstwa rastrowa.



5. Następnie należy zaznaczyć tę wartość rastra, którą chcemy usunąć. W tym celu należy zaznaczyć wartość „0” i kliknąć ikonę **czerwonego minusa**. W ten sposób pozostanie tylko jedna, wybrana wartość rastra.
6. Aby zmienić sposób wyświetlenia warstwy rastrowej „Szczecin_shi”, należy kliknąć „OK”.

Właściwości warstwy — Szczecin_shi — Styl


Informacje
Źródło
Styl
Przezroczystość
Histogram
Renderowanie
Czas
Piramidy
Wysokość
Metadane
Legenda
QGIS Server



Rendrowanie kanałów

Sposób wyświetlania: Paleta/Unikalne wartości

Kanał: Kanał 1 (Gray)

Paleta kolorów: Random colors

Wartość	Kolor	Etykieta
1		1

Klasyfikuj   Usuń wszystkie ...

Wyświetlanie warstwy

Tryb: zwykły Wyczyść

Jasność: 0 Kontrast: 0

Gamma: 1,00 Nasylenie: 0

Odwróć kolory Skala szarości: wyłącz

Barwa: zabarwienie w stopniu 100%

Resampling

Powiększając: najbliższy sąsiad Pomniejszając: najbliższy sąsiad Nadpróbkowanie: 2,00 Wczesny resampling

Styl OK Anuluj Zastosuj Pomoc

19. Wyznaczanie bufora

QGIS – narzędzie „otoczka”

Algorytm oblicza obszar bufora dla wszystkich obiektów warstwy wejściowej, wykorzystując stałą lub zmienną szerokość bufora. W celu utworzenia bufora należy wykonać następujące kroki:

1. Wyznaczanie bufora. Należy kliknąć w górnym pasku: **Wektor/Narzędzia geoprocessingu/otoczka**.
2. W oknie dialogowym należy wybrać warstwę, dla której ma zostać utworzony bufor (np. Dęblin_PTLZ), oraz określić odległość bufora (np. 500 m). Pozostałe opcje są wypełnione automatycznie (segmenty, styl, limit fazy).

otoczka

Parametry Plik zdarzeń

Warstwa wejściowa
Dęblin_PTLZ []

Tylko zaznaczone obiekty

Odległość
500,000000 metry

Segmenty
5

Styl zakończenia
Zaokrąglony

Styl połączenia
Zaokrąglony

Limit fazy (uciosu)
2,000000

Agreguj wyniki

Bufor
[Utwórz warstwę tymczasową]

Wczytaj plik wynikowy po zakończeniu

0%

Wykonaj jako przetwarzanie wsadowe...

otoczka

Algorytm oblicza obszar bufora dla wszystkich obiektów warstwy wejściowej wykorzystując stałą lub zmienną szerokość bufora.

Parametr liczby segmentów określa stopień zaokrąglenia załamania bufora.

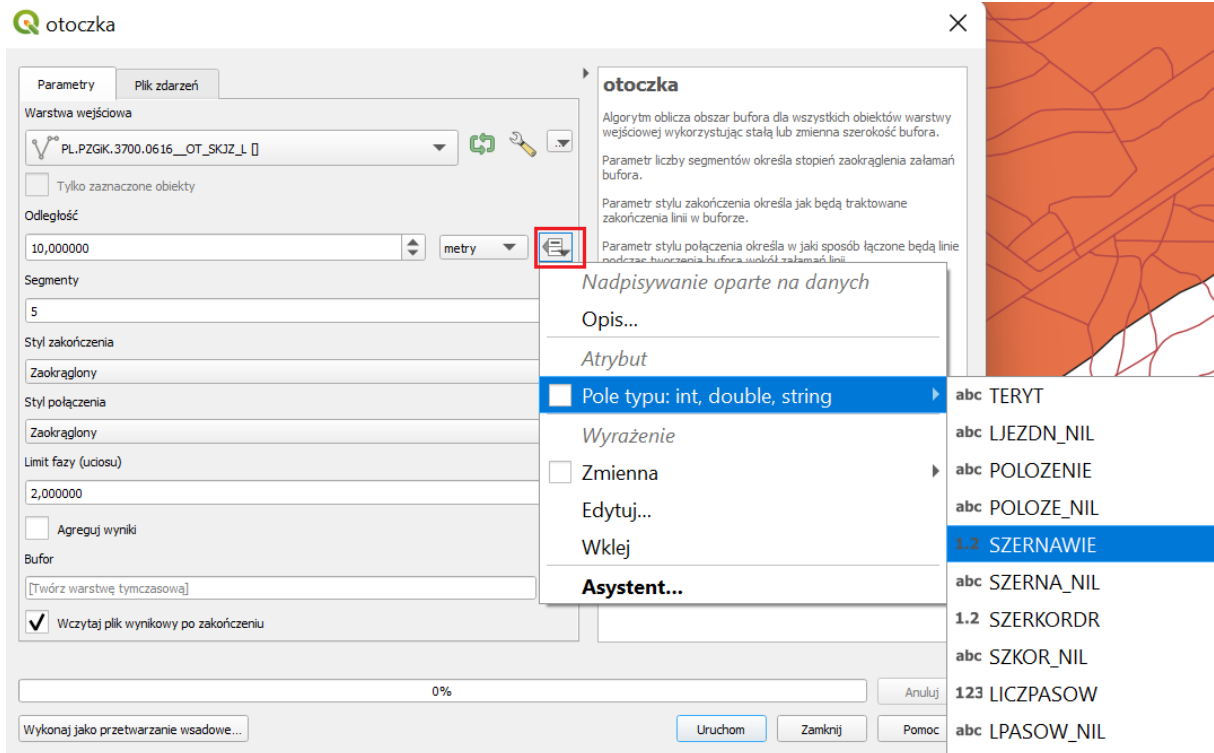
Parametr stylu zakończenia określa jak będą traktowane zakończenia linii w buforze.

Parametr stylu połączenia określa w jaki sposób łączone będą linie podczas tworzenia bufora wokół załamania linii.

Parametr limitu fazy (uciosu) może być zastosowany tylko dla ostrych połączeń i określa maksymalną odległość od buforowanego załamania podczas tworzenia ostrych połączeń.

Utwórz warstwę tymczasową
Zapisz do pliku...
Zapisz jako GeoPackage...
Zapisz do tabeli w bazie danych...
Dołącz do warstwy...
Zmień kodowanie pliku (System)...

- W celu utworzenia bufora na podstawie informacji zawartej w tabeli atrybutów, należy wybrać nazwę kolumny z tabeli atrybutów, w której jest wskazana potrzebna wartość liczbowa.



- W oknie dialogowym należy również wskazać miejsce zapisu utworzonej warstwy poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”, zapisz jako typ: „SHP”.
- Następnie należy kliknąć „Uruchom”. Po wykonaniu bufora wynikowa warstwa wektorowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „Zamknij”.

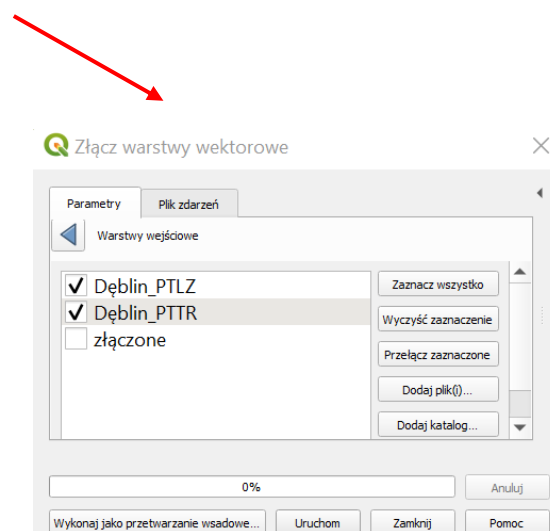
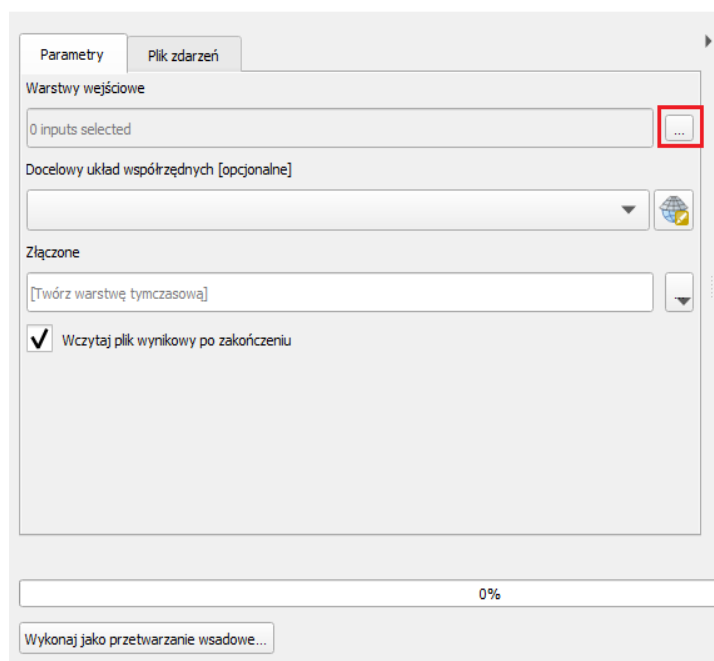
20. Złączenie warstw wektorowych

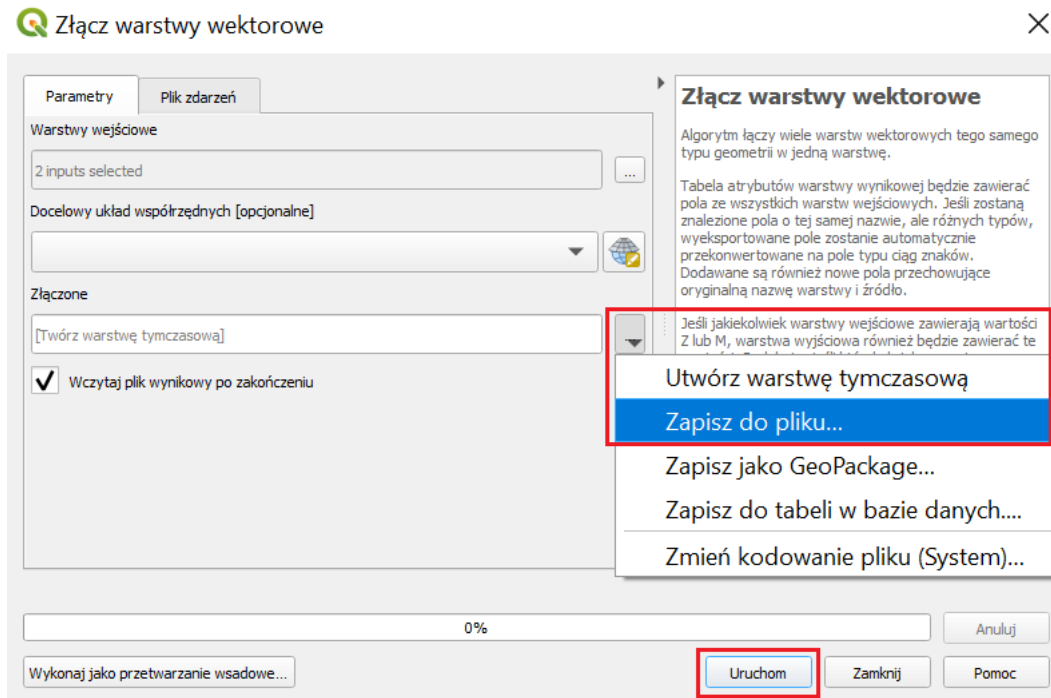
QGIS – narzędzie „Złącz warstwy wektorowe”

Algorytm łączy wiele warstw wektorowych tego samego typu geometrii w jedną warstwę. Tabela atrybutów warstwy wynikowej będzie zawierać pola ze wszystkich warstw wejściowych. Jeśli zostaną znalezione pola o tej samej nazwie, ale różnych typów, wyeksportowane pole zostanie automatycznie przekonwertowane na pole typu ciąg znaków. Dodawane są również nowe pola przechowujące oryginalną nazwę warstwy i źródło. Jeśli jakiegokolwiek warstwy wejściowe zawierają wartości Z lub M, warstwa wyjściowa również będzie zawierać te wartości. Podobnie, jeśli którakolwiek z warstw wejściowych jest typu multi, warstwa wyjściowa będzie również warstwą multi. W celu złączenia warstw należy wykonać następujące kroki:

1. Złączenie warstw wektorowych. Należy kliknąć w górnym pasku: **Wektor/Narzędzia zarządzania danymi/ Złącz warstwy wektorowe**.
2. W oknie dialogowym należy wybrać warstwy które mają zostać złączone (np. Dęblin_PTLZ oraz Dęblin_PTTR), poprzez kliknięcie w przycisk „...”.
3. W oknie dialogowym należy również wskazać miejsce zapisu utworzonej warstwy poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”, zapisz jako typ: „SHP”.

Złącz warstwy wektorowe





4. Następnie należy kliknąć „Uruchom”. Po wykonaniu złączenia wynikowa warstwa wektorowa zostanie automatycznie dodana do panelu warstw. Okno dialogowe można zamknąć za pomocą przycisku „Zamknij”.

III. Procedura otrzymywania LST

Procedura otrzymywania Land Surface Temperature (LST) została przeprowadzona na podstawie obrazu satelitarnego Landsat 8, który posiada sceny o rozmiarze 185x180km, a czas jego rewizycji wynosi 16 dni. Satelita rejestruje promieniowanie emitowane przez ziemię za pomocą czujnika Thermal Infrared Sensor (TIRS), który rejestruje obraz powierzchni ziemi w dwóch kanałach termalnych posiadających rozdzielczość przestrzenną 100 m, jednak obraz dostarczany jest dla użytkowników z rozdzielczością przestrzenną 30 m. Ze względu na dużą niepewność kalibracji kanału 11, United States Geological Survey (USGS) rekomenduje używanie kanału 10 dla szacowania LST⁴. Aby dokładnie oszacować LST konieczne jest uwzględnienie korekcji atmosferycznej oraz emisyjności różnych powierzchni. W związku z tym do oszacowania LST została wybrana metoda Single-Channel Algorithm⁵, która oparta jest na koncepcji funkcji atmosferycznych uwzględniającej korekcję atmosferyczną. Atmosfera w istotny sposób wpływa na czujnik satelity, który rejestruje promieniowanie podczerwone emitowane przez ziemię, zakłócając jego precyzyjny pomiar. Stąd zastosowanie korekcji atmosferycznej dla termalnego obrazu satelitarnego jest kluczowe, aby oszacować wiarygodny pomiar LST. Temperatura radiacyjna (TB) to wielkość zarejestrowanej przez satelitę temperatury emitowanej przez ziemię przy założeniu emisyjności jednostkowej. Obliczenie TB jest możliwe dzięki zastosowaniu Prawa Plancka, które opisuje emisję promieniowania elektromagnetycznego przez ciało doskonale czarne, choć warto pamiętać, że takie ciało nie istnieje w rzeczywistości. Aby dokładnie oszacować temperaturę powierzchni ziemi, konieczne jest uwzględnienie emisyjności różnych powierzchni, ich nieuwzględnienie może prowadzić do powstania błędów w określaniu rzeczywistych temperatur powierzchni ziemi⁶. Na podstawie metody progów NDVI (Normalized Difference Vegetation Index Thresholds Method), zaproponowanej przez Sobrino i Raissouni⁷, można oszacować emisyjność powierzchni czynnej. Ze względu na prostotę estymacji, która nie wymaga zastosowania dodatkowego czujnika satelitarnego, szacowanie emisyjności powierzchni ziemi metodą progów NDVI jest powszechnie stosowana w naukowej literaturze światowej. W celu oszacowania LST należy wykonać następujące kroki:

1. Stworzenie nowego projektu. Przed rozpoczęciem przetwarzania należy ustawić odpowiedni dla Polski układ współrzędnych geodezyjnych ETRS 1989 oraz katalog wyjściowy projektu na output_szczecin_120822 (**Ustawienia/Opcje/Processing/Ogólne**) (*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).
2. Pobranie warstwy granic jednostek administracyjnych PRG, zgodnie z instrukcją wskazaną na stronie: <https://www.geoportal.gov.pl/dane/panstwowy-rejestr-granic>. Po pobraniu paczki danych trzeba ją wypakować z folderu .zip
3. Dodanie warstwy wektorowej (shapefile) do projektu oprogramowania GIS. Zaznaczenie wybranego miasta z warstwy jednostek administracyjnych PRG i wyeksportowanie go. Stworzenie warstwy „szczecin_granica” (*Poradnik techniczny → Eksport wybranych obiektów warstwy*).

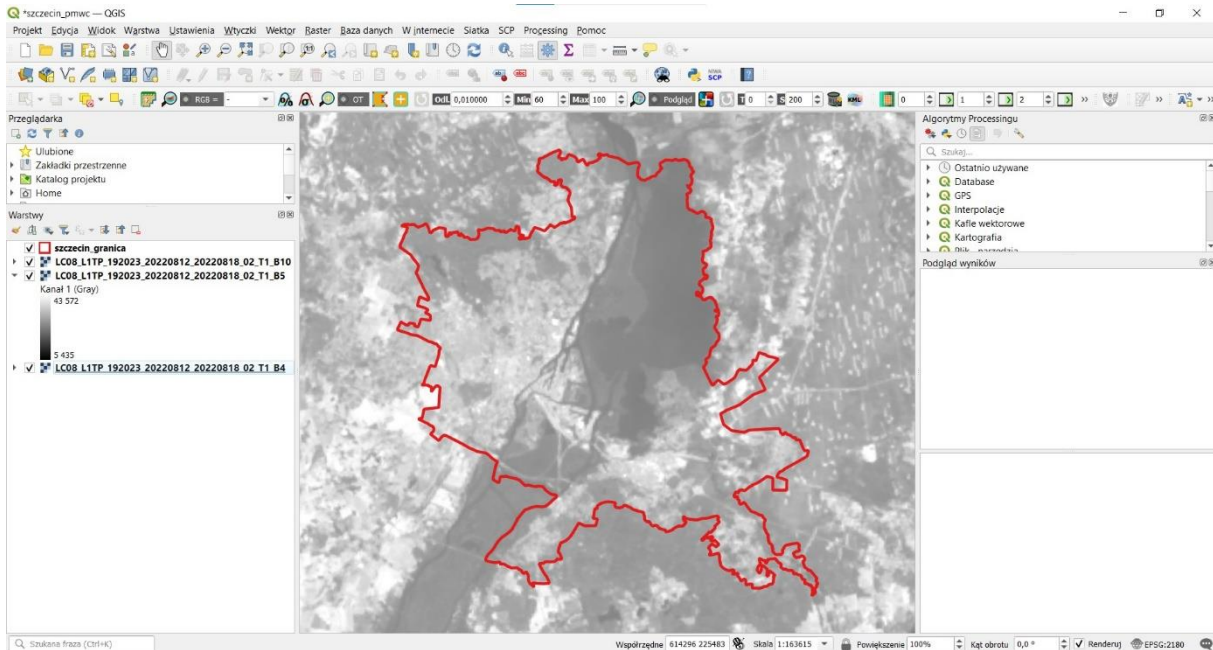
⁴Podręcznik Landsat 8: <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook>

⁵ Jimenez-Munoz J., Cristobal J., Sobrino J., Soria G., Ninyerola M., Pons X., 2009. Revision of the Single-Channel Algorithm for Landsat Thermal-Infrared DATA. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 47, no. 1.

⁶ Stathopoulou, M., Cartalis, C., 2007. Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: an application to major cities in Greece. Sol. Energy. 81 (3), 358–368.

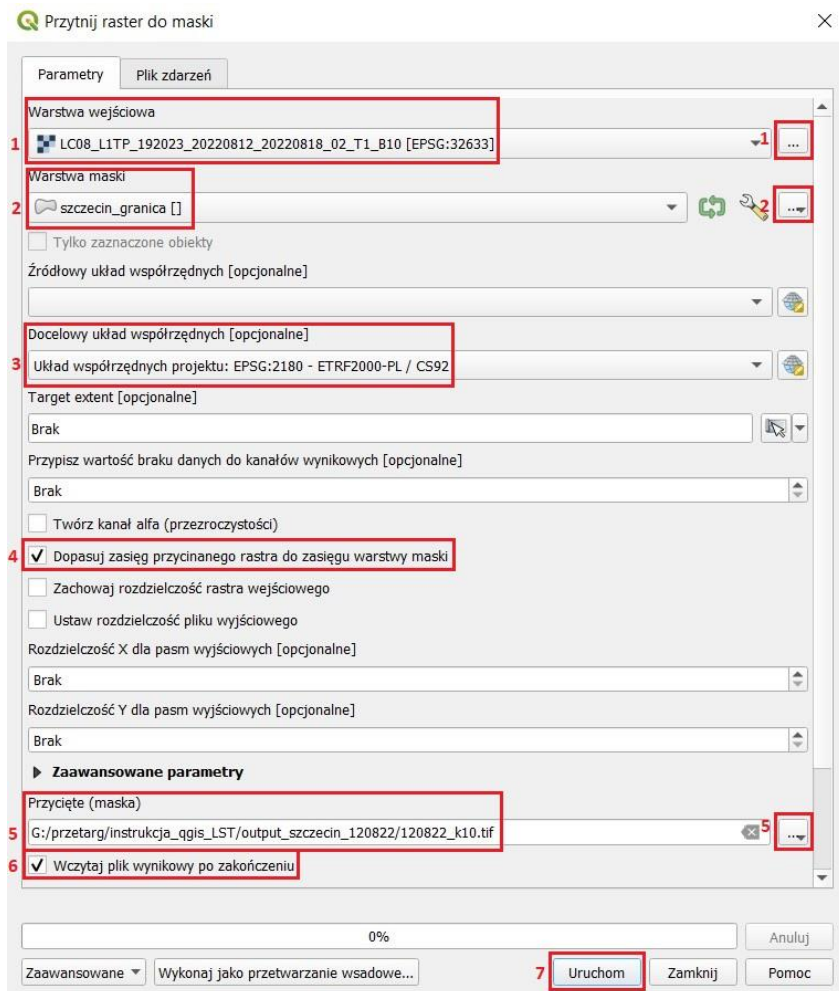
⁷ Sobrino, J., Jimenez-Munoz, J., Soria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., 2008. Land Surface Emissivity Retrieval from different VNIR and TIR sensor. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 46, no.2.

4. Pobranie obrazów satelitarnych z sezonu letniego (VI – VIII) – USGS (*Poradnik techniczny* → *Pobieranie obrazów satelitarnych*).
5. Dodanie odpowiednich warstw rastrowych satelity Landsat do projektu oprogramowania GIS. Weryfikacja użyteczności pobranych obrazów satelitarnych (*Poradnik techniczny* → *Weryfikacja obrazów satelitarnych*).
6. Dodanie kanału 4 (*LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B4*), 5 (*LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B5*) i 10 (*LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B10*), pobranego i zweryfikowanego obrazu satelitarnego (ryc. 1).

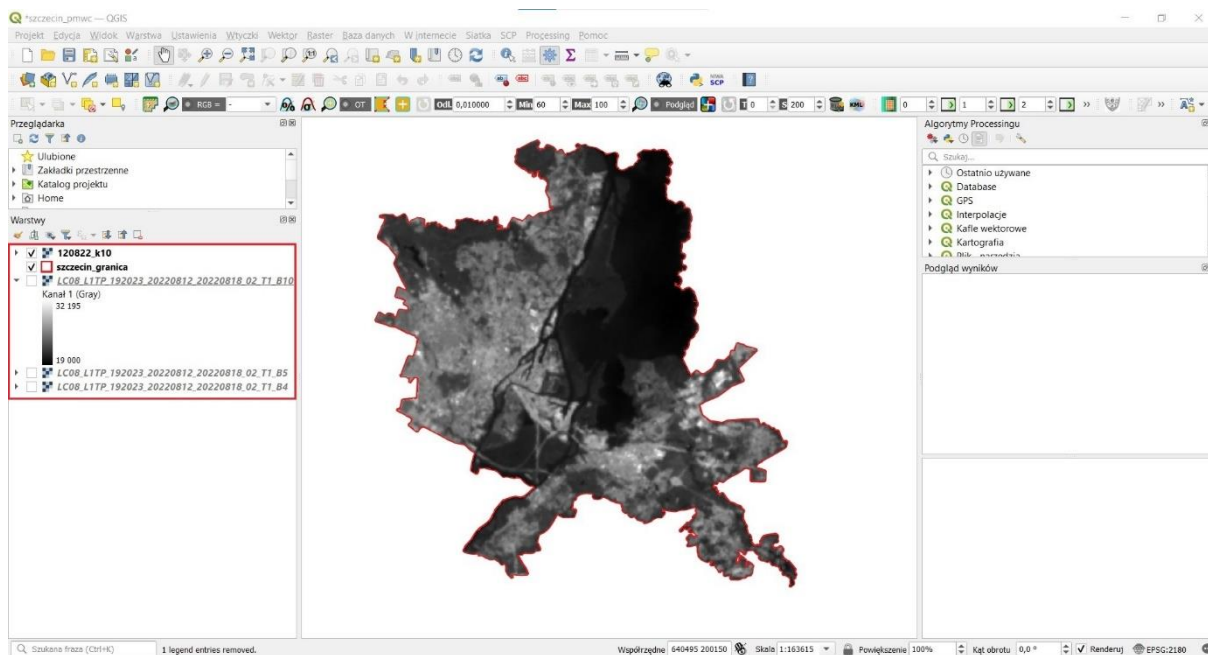


Ryc. 1. Widok dodanych warstw rastrowych obrazu Landsat 8 (path:192, row:023) do projektu

7. Docięcie warstwy rastrowej kanału 10 do granicy warstwy wektorowej „szczecin_granica”.
 - 7.1. W tym celu należy wybrać narzędzie „Przytnij raster do maski” z zakładki znajdującej się w górnym pasku projektu: **Raster/Cięcie/Przytnij raster do maski**.
 - 7.2. W oknie dialogowym, w polu „Warstwa wejściowa” należy wskazać raster „LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B10” (patrz (1) → ryc. 2) i „szczecin_granica” jako „Warstwa maski” (patrz (2) → ryc. 2).
 - 7.3. W polu „Docelowy układ współrzędnych” wybrać układ współrzędnych projektu: EPSG 2180 (patrz (3) → ryc. 2) i zaznaczyć opcję „Dopasuj zasięg przycinanego rastra do zasięgu warstwy maski” oraz „Wczytaj plik wynikowy po zakończeniu” (patrz (4 i 6) → ryc. 2).
 - 7.4. W polu „Przycięte (maska)” należy wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie .tif poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”.
 - 7.5. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_k10” w folderze *output_szczecin_120822* (patrz (5) → ryc. 2). Zakończ, klikając „Uruchom” (patrz (7) → ryc. 2). Warstwę wynikową „120822_k10” przedstawia ryc. 3.

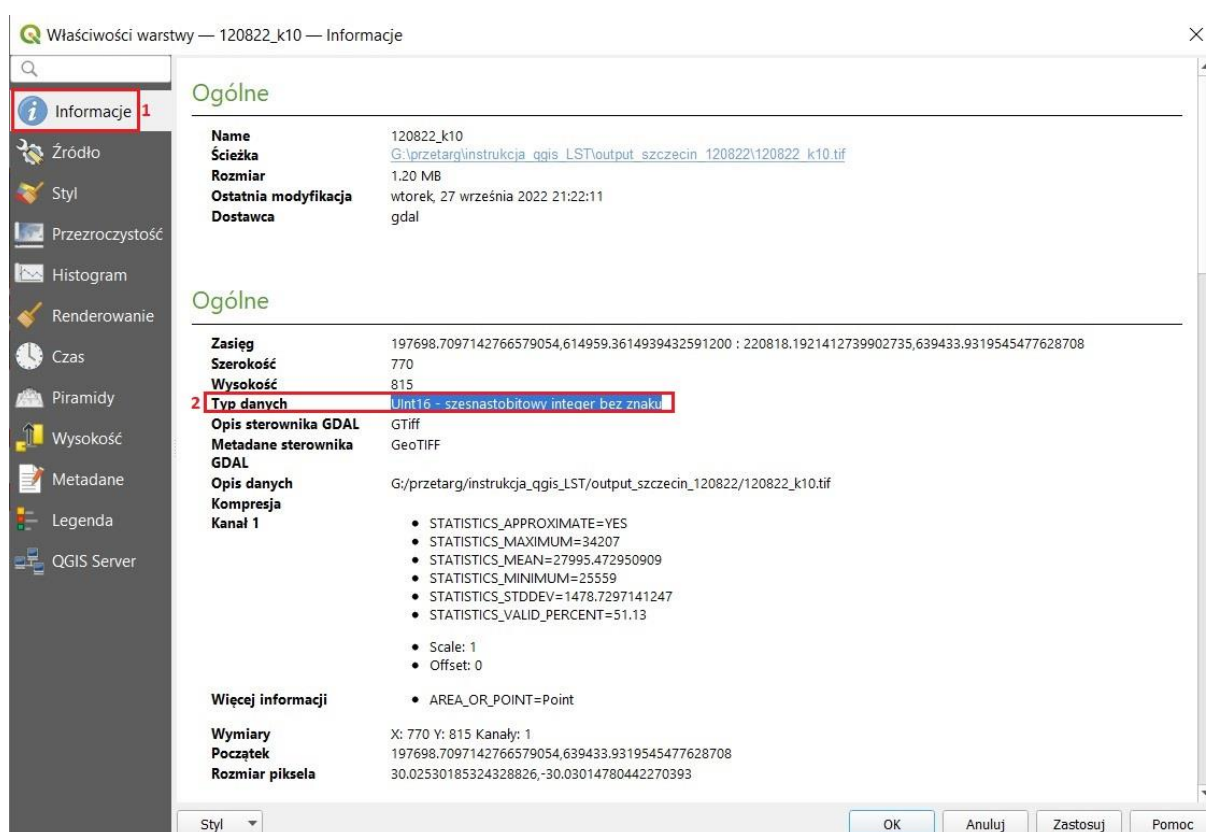


Ryc. 2. Widok okna narzędzia Przytnij raster do maski



Ryc. 3. Widok warstwy „120822_k10” w projekcie

8. Czynności z pkt. 7 należy powtórzyć dla warstw:
„LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B4” (warstwa wynikowa: „120822_k4”) i „LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B5” (warstwa wynikowa: „120822_k5”).
9. Zbędne warstwy należy usunąć z projektu:
- „LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B4”,
 - „LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B5”,
 - „LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_B10”,
(Poradnik techniczny → Pierwsze kroki).
10. Landsat 8 wykonuje zobrazowania powierzchni terenu mierząc ich energię (radiancje energetyczną), która jest kodowana w 16-bitowym formacie liczby całkowitej (Digital Number DN). Informacje te można sprawdzić, wchodząc we właściwości warstwy „120822_k10” w zakładkę „Informacje” (patrz (1) → ryc. 4) i „Typ danych” (patrz (2) → ryc. 4). Wartości te są niemianowane, dlatego aby móc obliczyć wartość radiancji energetycznej (radiance), należy zamienić 16-bitowy format rastra na 32-bitowy.



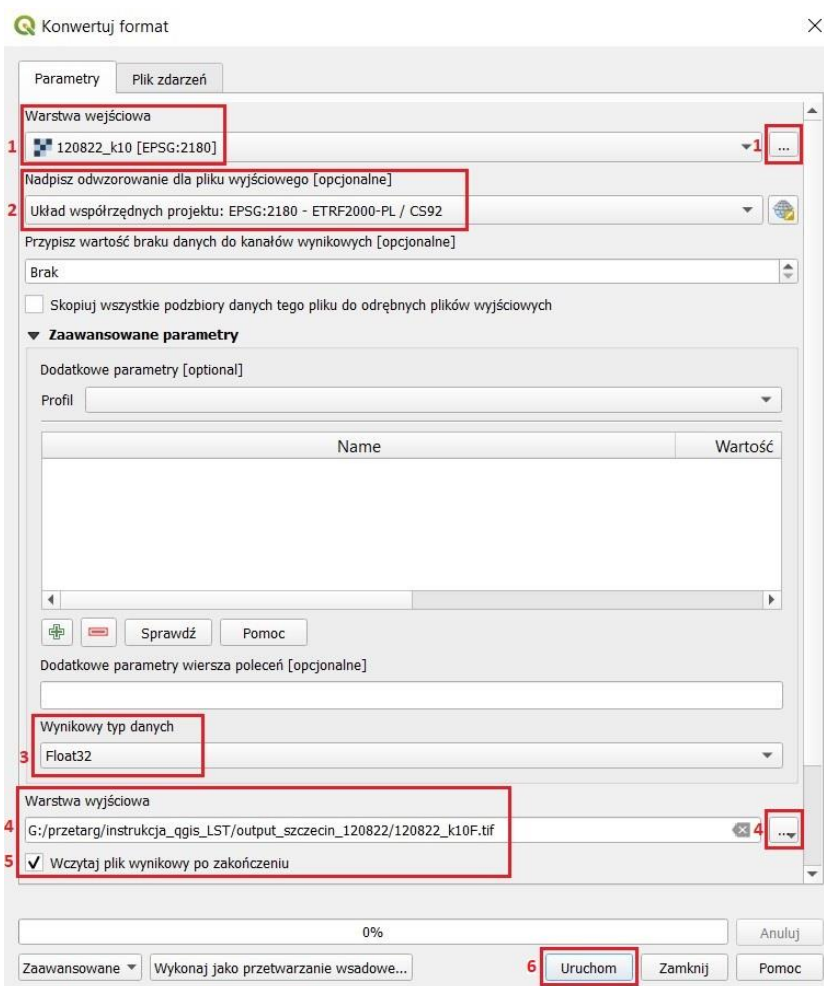
Ryc. 4. Właściwości warstwy „120822_k10”

11. Zmiana formatu warstwy rastrowej „120822_k10”.
- 11.1. W tym celu należy wybrać narzędzie „Konwertuj format” z zakładki znajdującej się w górnym pasku projektu: **Raster/Konwersja/Konwertuj format**.
- 11.2. W oknie dialogowym, w polu „Warstwa wejściowa” należy wskazać raster „120822_k10” (patrz (1) → ryc. 5).
- 11.3. W polu „Nadpisz odwzorowanie dla pliku wyjściowego” należy wybrać układ współrzędnych projektu: EPSG 2180 (patrz (2) → ryc. 5), a w polu „Wynikowy typ danych” wybrać „Float32” (patrz (3) → ryc. 5), który znajduje się w zakładce „Zaawansowane parametry”.

11.4. W polu „Warstwa wyjściowa” należy wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie **tif**, poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_k10F” w folderze *output_szczecin_120822* (patrz (4) → ryc. 5) oraz zaznaczyć opcję „Wczytaj plik wynikowy po zakończeniu” (patrz (5) → ryc. 5).

11.5. Zakończ klikając „Uruchom” (patrz (6) → ryc. 5). Warstwę wynikową przedstawiono na ryc. 6.

12. Czynności z pkt. 11 należy powtórzyć dla warstw: „120822_k4” (warstwa wynikowa: „120822_k4F”) i „120822_k5” (warstwa wynikowa: „120822_k5F”). Warstwa wynikowa „120822_k4F” przyjmuje wartości od 6193 do 22588; „120822_k5F” przyjmuje wartości od 5449 do 25186; „120822_k10F” przyjmuje wartości od 25564 do 33620 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarnego) (ryc. 6).

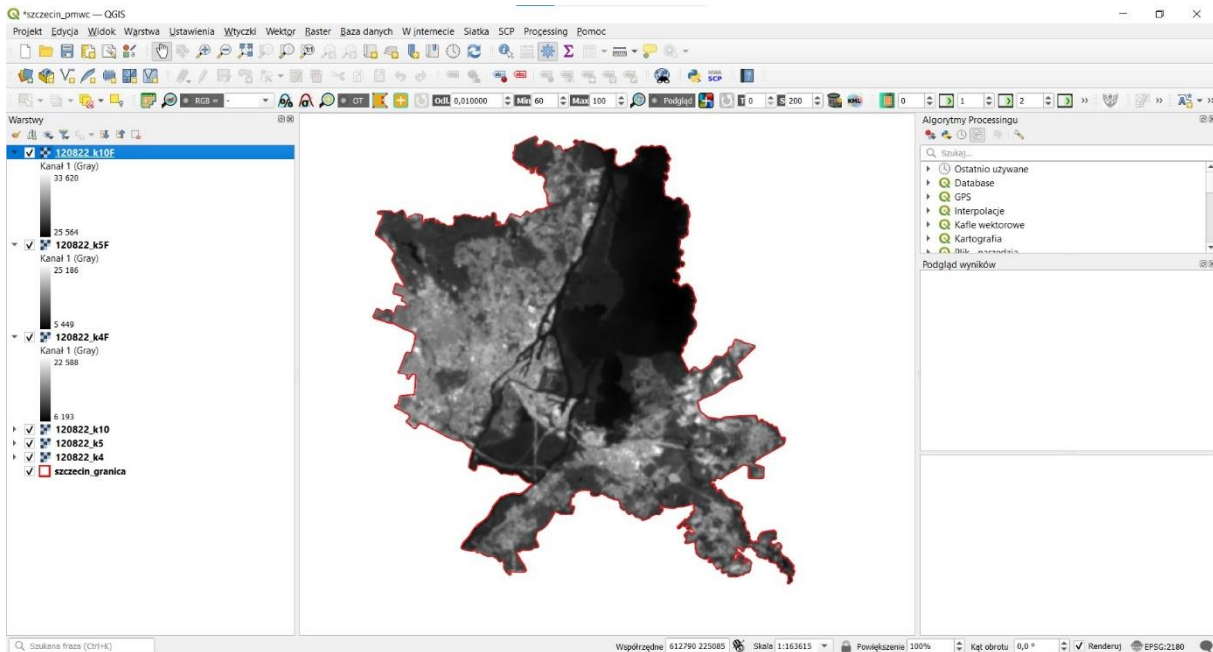


Ryc. 5. Widok okna narzędzia Konwertuj format

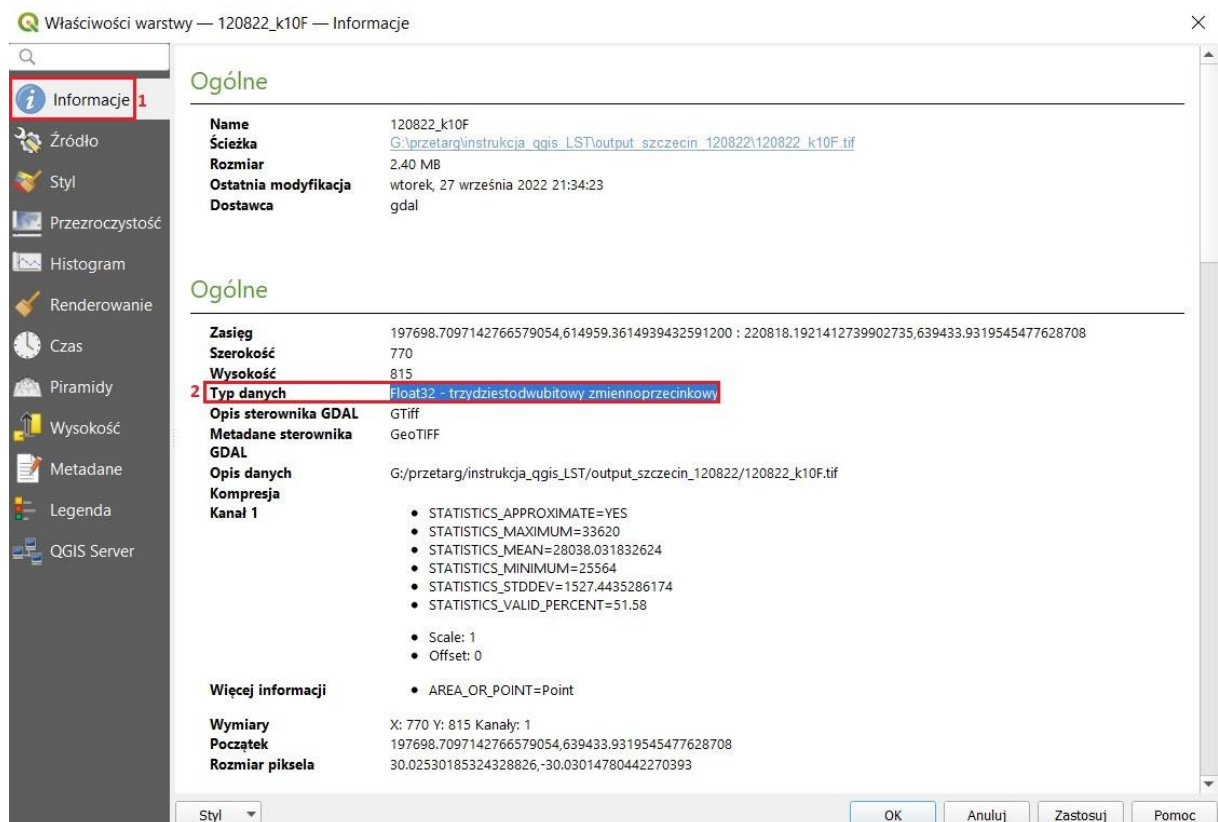
13. Zbędne warstwy należy usunąć z projektu:

- „120822_k4”,
- „120822_k5”,
- „120822_k10” (*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).

14. Sprawdzenie, czy konwersja przebiegła pomyślnie (ryc. 7). W tym celu postępuj jak w pkt. 10



Ryc. 6. Widok warstwy „120822_k10F” w projekcie



Ryc. 7. Właściwości warstwy „120822_k10”

15. Pierwszym krokiem w procesie przetwarzania obrazów do postaci LST⁸ jest przeliczenie wartości DN na wartość radiancji energetycznej – energii na górnej granicy atmosfery za pomocą współczynników przeskalowania radiacji, które znajdują się w pliku metadanych obrazu

⁸Procedura przetwarzania obrazów do postaci brightness temperature: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>

satelitarnego („LC08_L1TP_192023_20220812_20220818_02_T1_MTL”). Niezbędne do tego celu dane dla różnych czujników satelity Landsat zostały zestawione w tabeli 1.

Tab.1. Dane dla wybranych kanałów spektralnych różnych czujników satelity Landsat

Czujnik	Kanał	M_L	A_L	K1	K2	b_v^9
Landsat 5 TM	6	0.055375	1.18243	607.76	1260.56	1256
Landsat 7 ETM+	6 vcid1	0.067087	-0.06709	666.09	1282.71	1277
	6 vcid2	0.037205	3.16280			
Landsat 8 TIRS	10	0.0003342	0.1	774.8853	1321.0789	1324
Landsat 9 TIRS	10	0.00038	0.1	799.0284	1329.2405	1324

Objaśnienia: M_L – mnożnikowy współczynnik przeliczeniowy przeskalowania radiancji z metadanych, A_L – addytywny współczynnik przeliczeniowy przeskalowania radiancji z metadanych, K1 – stała kalibracyjna termalnego obrazu satelitarnego z metadanych, K2 – stała kalibracyjna termalnego obrazu satelitarnego z metadanych, $b_v = c2/\lambda$, gdzie λ = efektywna długość fali kanału termalnego [μ], $c2=h*c/\sigma$ [K], gdzie h to stała Plancka (6.626×10^{-34} J s), c to prędkość światła w próżni (2.998×10^8 m/s) i σ to stała Boltzmanna (1.38×10^{-23} J/K).

16. Obliczenie radiancji spektralnej kanału termalnego (L_λ) (1) według następującego równania:

$$L_\lambda = 0.0003342 * "120822_k10F" + 0.1 \quad (1)$$

$$L_\lambda = M_L * DN + A_L, \text{ gdzie}$$

L_λ – radiancja spektralna na górnej granicy atmosfery [$Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$]

M_L – współczynnik przeliczeniowy kanału 10

DN – 32 bitowa wartość cyfrowa kanału termalnego

A_L – współczynnik przeliczeniowy kanału 10

16.1. W tym celu należy wybrać narzędzie „**Kalkulator rastra**” z zakładki w górnym pasku projektu: **Raster/Kalkulator rastra**.

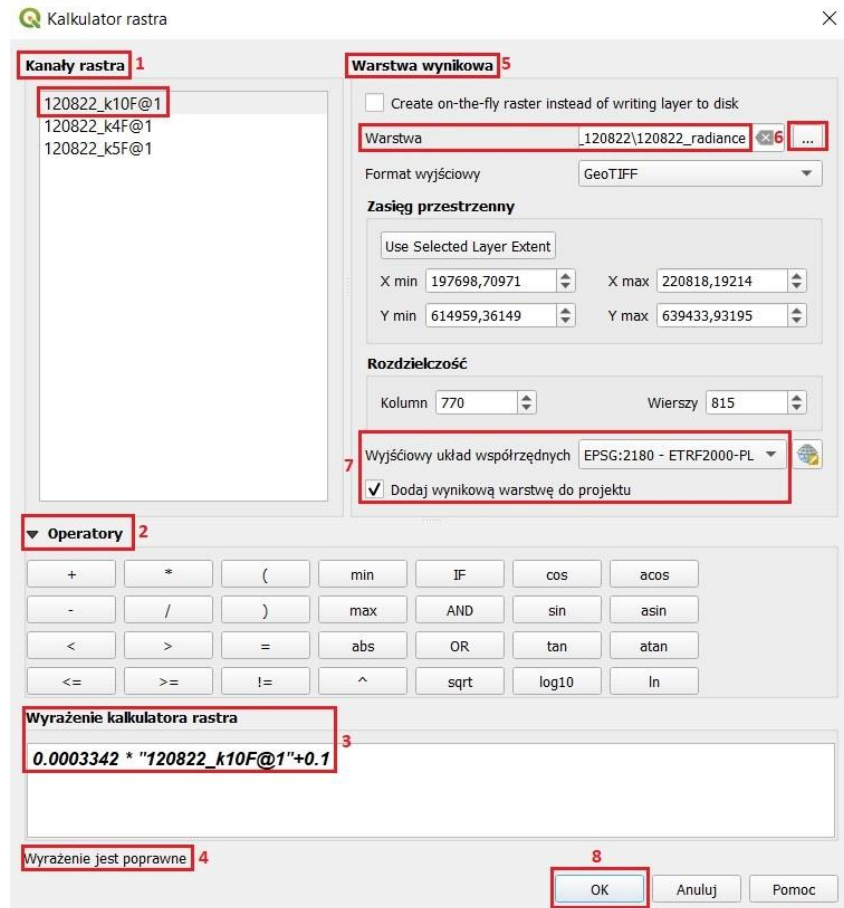
16.2. W polu „**Kanały rastra**” znajdują się wszystkie dodane do projektu warstwy rastrowe (patrz (1) → ryc. 8), aby któraś z nich znalazła się w polu „**Wyrażenie kalkulatora rastra**” (patrz (3) → ryc. 8), należy na nią kliknąć dwukrotnie prawym przyciskiem myszy. Wpisując odpowiednie wyrażenie można używać **operatorów** dostępnych w narzędziu (patrz (2) → ryc. 8) lub wpisać je z poziomu klawiatury; należy pamiętać, aby w narzędziu tym używać kropek zamiast przecinków. Należy uzupełnić pole „**Wyrażenie kalkulatora rastra**” według równania (1) (patrz (3) → ryc. 8). Narzędzie kalkulatora rastrów podpowiada, czy wyrażenie zostało wpisane poprawnie czy nie (patrz (4) → ryc. 8).

16.3. Jeżeli wyrażenie jest poprawne, należy przejść do pola „**Warstwa wynikowa**” i wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie **GeoTIFF**, poprzez kliknięcie „**Zapisz do pliku**”. Warstwę wynikową zapisać jako „**120822_radiance**” w folderze *output_szczecin_120822* (patrz (5 i 6) → ryc. 8).

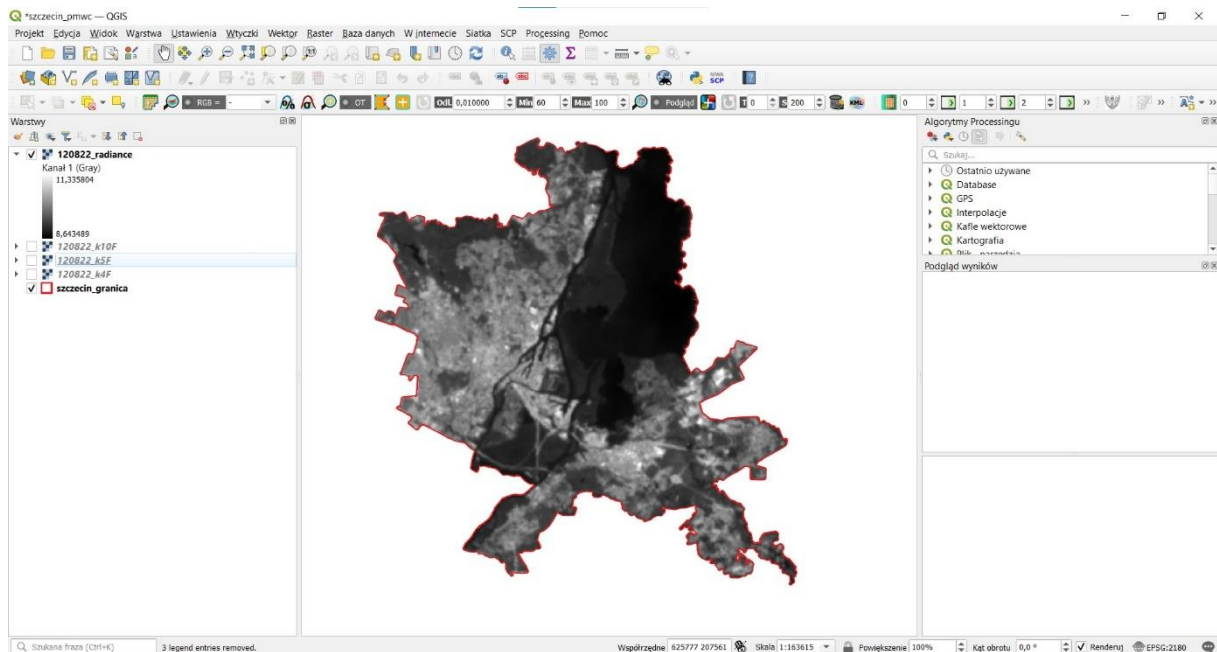
16.4. W polu „**Wyjściowy układ współrzędnych**” należy wybrać EPSG2180 oraz zaznaczyć opcję „**Wczytaj plik wynikowy po zakończeniu**” (patrz (7) → ryc. 8). Zakończ, klikając „**OK**” (patrz (8) → ryc. 8). Warstwa wynikowa „**120822_radiance**” przedstawiona na ryc. 9 przyjmuje wartości od

⁹ Jimenez-Munoz J., Sobrino J., Skokovic D., Mattar C., Cristobal J., 2014. Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 11, no. 10.

8,643489 do 11,335804 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarneho).



Ryc. 8. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia radiancji spektralnej (L_s)



Ryc. 9. Widok warstwy „120822_radiance” w projekcie

17. Obliczenie temperatury radiacyjnej (TB) (2) według następującego równania:

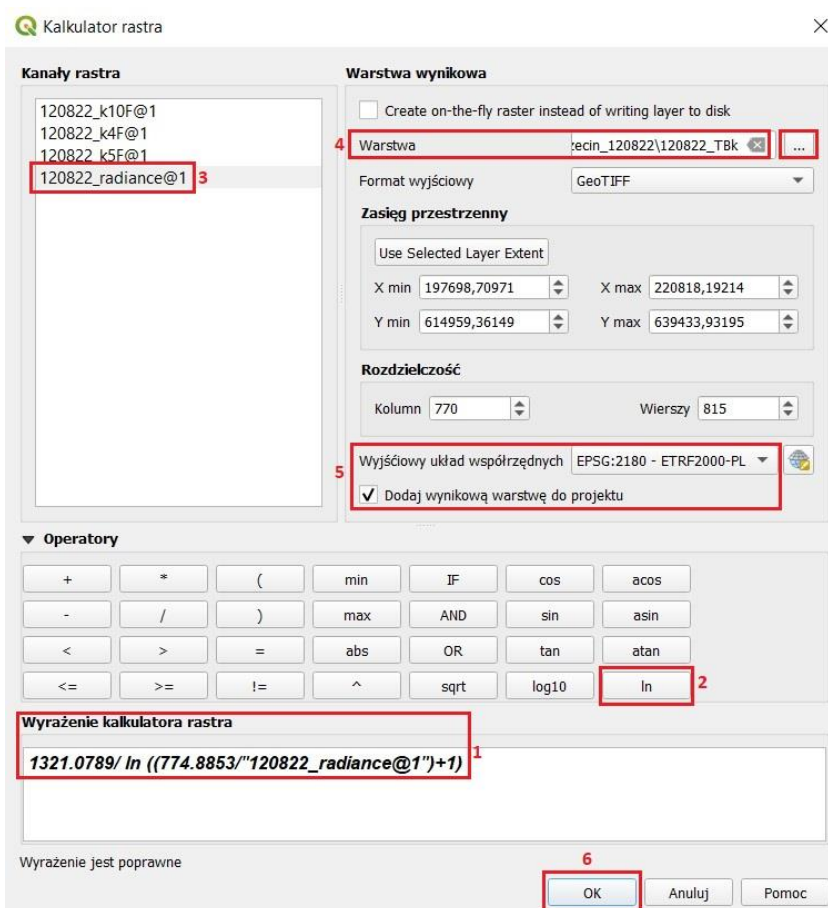
$$TB = 1321.0789 / \ln((774.8853 / L_{\lambda}) + 1) \quad (2)$$

$$TB = K_2 / \ln((K_1 / L_{\lambda}) + 1), \text{ gdzie}$$

K_1 i K_2 – stałe kalibracyjne 10 kanału termalnego

L_{λ} – radiancja spektralna [$\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$]

W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania (2) (ryc. 10), a warstwę wynikową nazwać „120822_TBk”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od 293,117035 do 311,628723 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarnego).



Ryc. 10. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia temperatury radiacyjnej (TBk)

18. Obliczenie parametru γ (3) według następującego równania:

$$\gamma = "120822_TBk"'^2 / (1324 * "120822_radiance"') \quad (3)$$

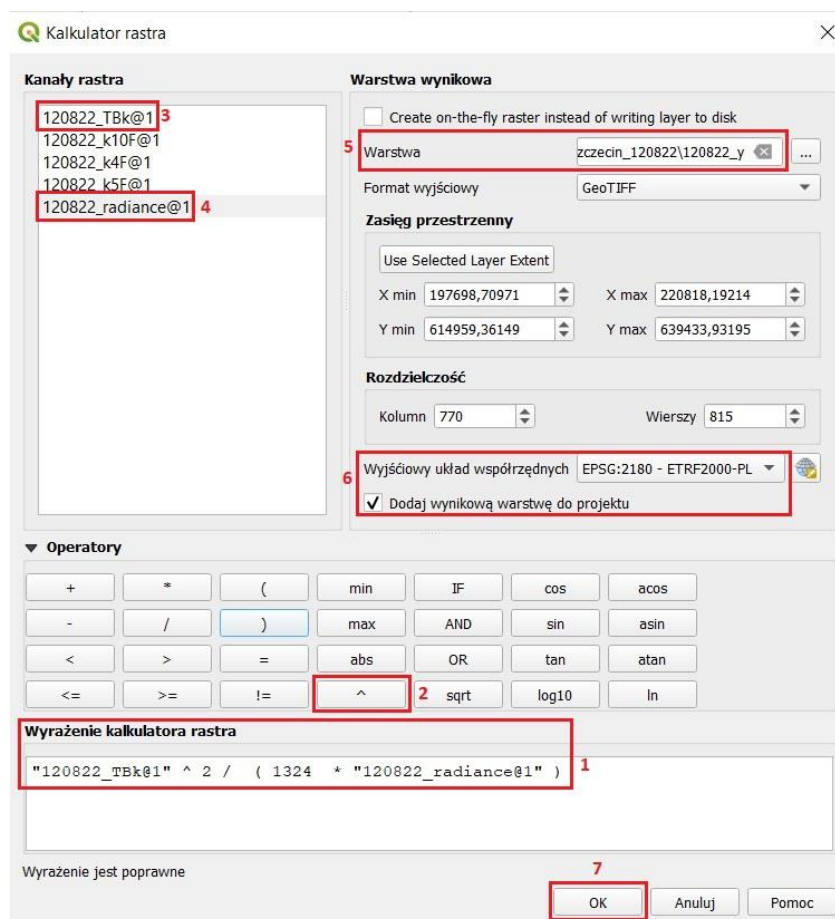
$$\gamma = TBk^2 / (by * L_{\lambda}) \text{ gdzie,}$$

L_{λ} – radiancja spektralna [$\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$]

by – parametr przeliczeniowy [K]

TBk – temperatura radiacyjna [K]

W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania (3) (ryc. 11), a warstwę wynikową nazwać „120822_y”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od 6,470452 do 7,507668 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarnego).



Ryc. 11. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia parametru δ

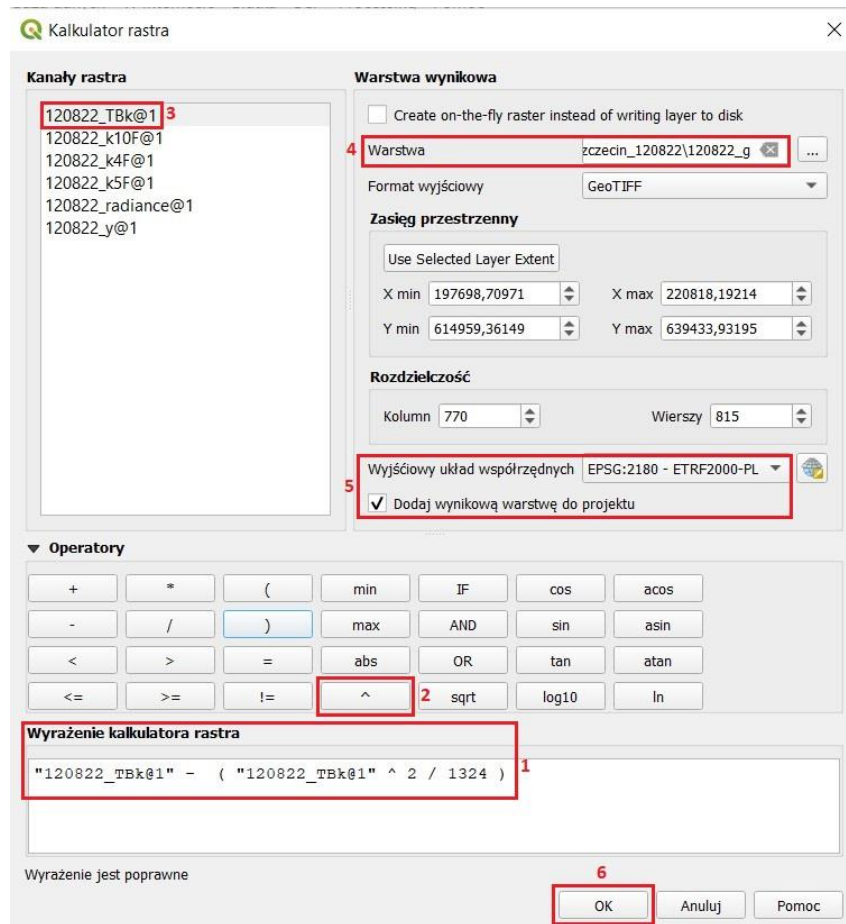
19. Obliczenie parametru δ (4) według odpowiedniego równania:

$$\delta = "120822_TBk" - ("120822_TBk^2 / 1324) \quad (4)$$

$$\delta = TBk / (TBk^2 / by) \text{ gdzie,}$$

by – parametr przeliczeniowy [K]
TBk – temperatura radiacyjna [K]

W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania (4) (ryc. 12), a warstwę wynikową nazwać „120822_g”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od 228,224594 do 238,280945 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarnego).



Ryc. 12. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenie parametru δ

20. Obliczenie NDVI (4) według odpowiedniego równania:

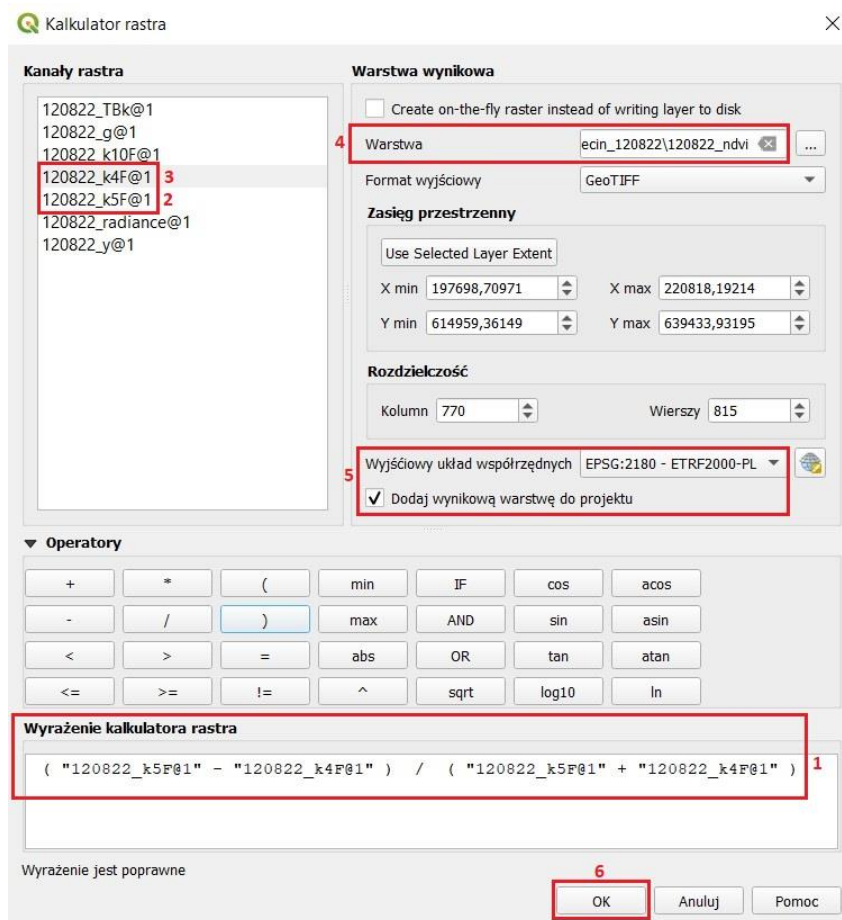
$$\text{NDVI} = (120822_k5F - 120822_k4F) / (120822_k5F + 120822_k4F) \quad (5)$$

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \text{ gdzie,}$$

RED - reprezentuje kanał spektralny w zakresie czerwieni (kanał 4 dla Landsat 8)

NIR - reprezentuje kanał spektralny w zakresie bliskiej podczerwieni (kanał 5 dla Landsat 8)

W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania (5) (ryc. 13), a warstwę wynikową nazwać „120822_ndvi”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od -0,096055 do 0,573044 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarnego; NDVI przyjmuje wartości w zakresie od -1 do +1).



Ryc. 13. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia NDVI

21. Zbędne warstwy należy usunąć z projektu:

- „120822_k4F”,
- „120822_k5F”,
- „120822_k10F”,
- „120822_TBk” (*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).

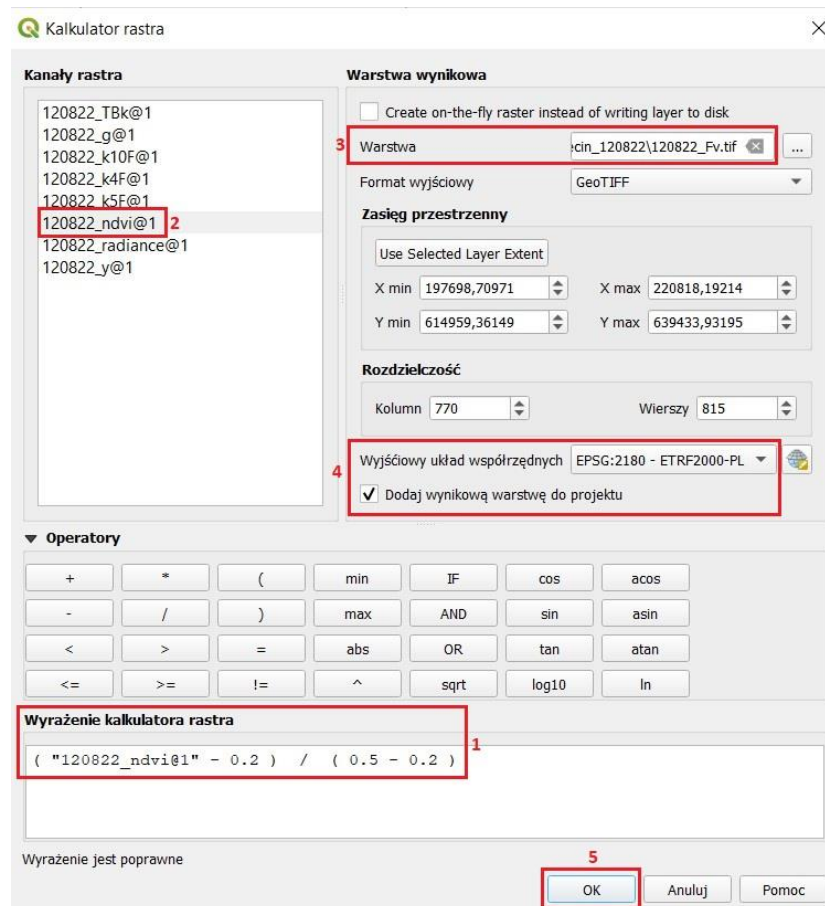
22. Obliczenie stopnia pokrycia powierzchni przez roślinność (Fv) (6) według odpowiedniego równania:

$$F_v = ((\text{NDVI} - 0.2) / (0.5 - 0.2))^2 \quad (6)$$

$$F_v = ((\text{NDVI}_v - \text{NDVI}_s) / (\text{NDVI}_v - \text{NDVI}_s))^2 \text{ gdzie,}$$

NDVIs i NDVIv reprezentują wartości NDVI odpowiednio dla gleby (0.2) i roślinności (0.5).

W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania (6) (ryc. 14), a warstwę wynikową nazwać „120822_Fv”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od 0 do 1,546239 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarnego).



Ryc. 14. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia stopnia pokrycia powierzchni przez roślinność (Fv)

23. Obliczenie emisyjność powierzchni ziemi (ϵ) (7) dla pikseli mieszanych (NDVI = 0.2 – 0.5) według odpowiedniego równania:

$$\epsilon = 0.004 * F_v + 0.986 \quad (7)$$

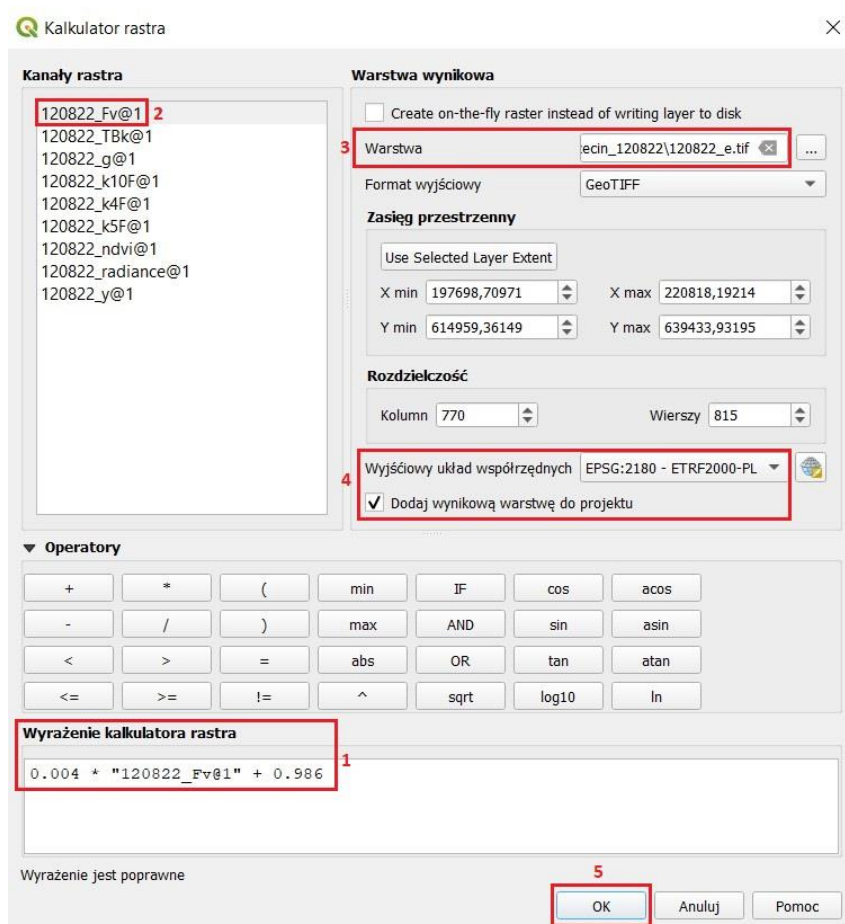
$$\epsilon = m * F_v + n \text{ gdzie,}$$

$$m = \epsilon_v - \epsilon_s - (1 - \epsilon_s)F_{ev}$$

$$n = \epsilon_s + (1 - \epsilon_s)F_{ev}$$

gdzie ϵ_v i ϵ_s to odpowiednio emisyjność roślinności (0.99) i gleby (0.97), a F to współczynnik szorstkości terenu przyjmujący średnią wartość 0.55

W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania (7) (ryc. 15), a warstwę wynikową nazwać „120822_e”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od 0,986 do 0,992185 (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarnego).



Ryc. 15. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia emisyjności powierzchni ziemi (e)

Tab. 2. Wartości emisyjności dla różnych rodzajów powierzchni reprezentowanych przez dany zakres NDVI.

Wartość NDVI	Wartość emisyjności	Rodzaj powierzchni
NDVI < 0.0	0.99	woda
0.0 ≤ NDVI < 0.2	0.96	naga gleba, gleba, powierzchnie nieprzepuszczalne
0.2 ≤ NDVI ≤ 0.5	0.004 * Fv + 0.986	piksele mieszane
NDVI > 0.5	0.99	roślinność

24. Emisyjność obliczona według równania (7) przypisuje wartości emisyjności tzw. pikselom mieszanym, czyli takim, które nie są powierzchniami jednorodnymi, a mixem różnego rodzaju powierzchni (roślinności, wody, terenów nieprzepuszczalnych). Pozostałym pikselom reprezentującym NDVI z zakresu <0.0, 0.0-0.2 i >0.5 należy zmienić wartości emisyjności według Tabeli 2. W tym celu w pierwszej kolejności należy wykonać reklasyfikację warstwy rastrowej „120822_ndvi”.

24.1. W tym celu należy wybrać narzędzie „Reklasyfikacja (według tabeli)” w górnym pasku projektu z zakładki: **Processing/Panel Algorytmów**. „Panel Algorytmów” pojawi się w prawej części projektu w formie tabeli. W liście filtrującej należy wprowadzić nazwę wyszukiwanego algorytmu tj. reklasyfikacja lub odnaleźć narzędzie w zakładce: **Panelu Algorytmów/Raster-analiza**.

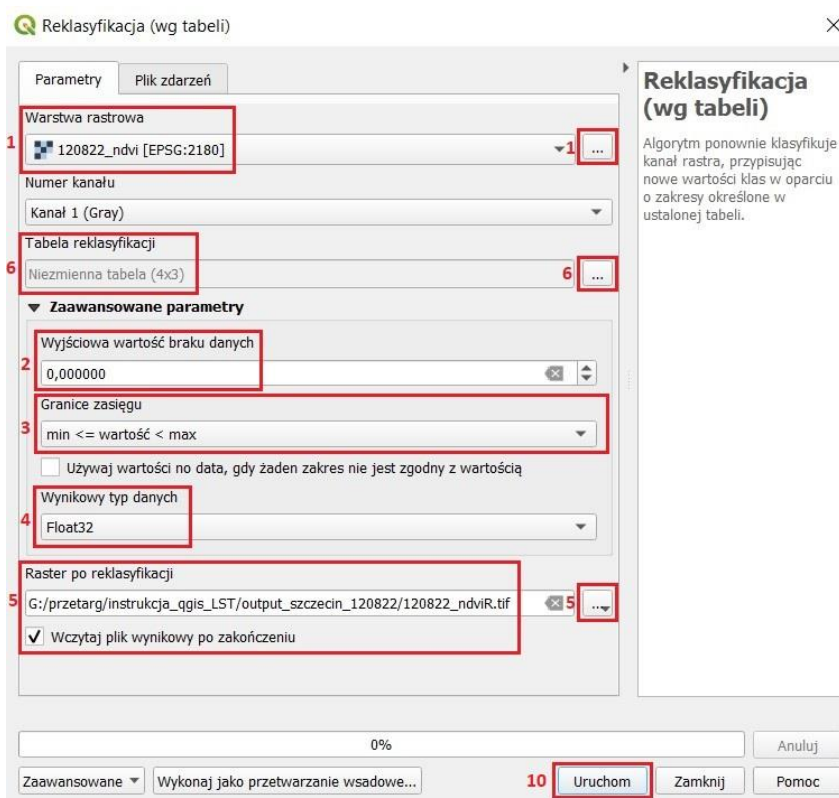
24.2. W oknie dialogowym, w polu „Warstwa rastrowa” należy wskazać raster „120822_ndvi” (patrz (1) → ryc. 16a).

24.3. Następnie, rozwijając zakładkę „Zaawansowane parametry”, ustawić 0 w polu „Wyjściowa wartość braku danych” (patrz (2) → ryc. 16a); w polu „Granice zasięgu” ustawić opcje „min <= wartość < max” (patrz (3) → ryc. 16a).

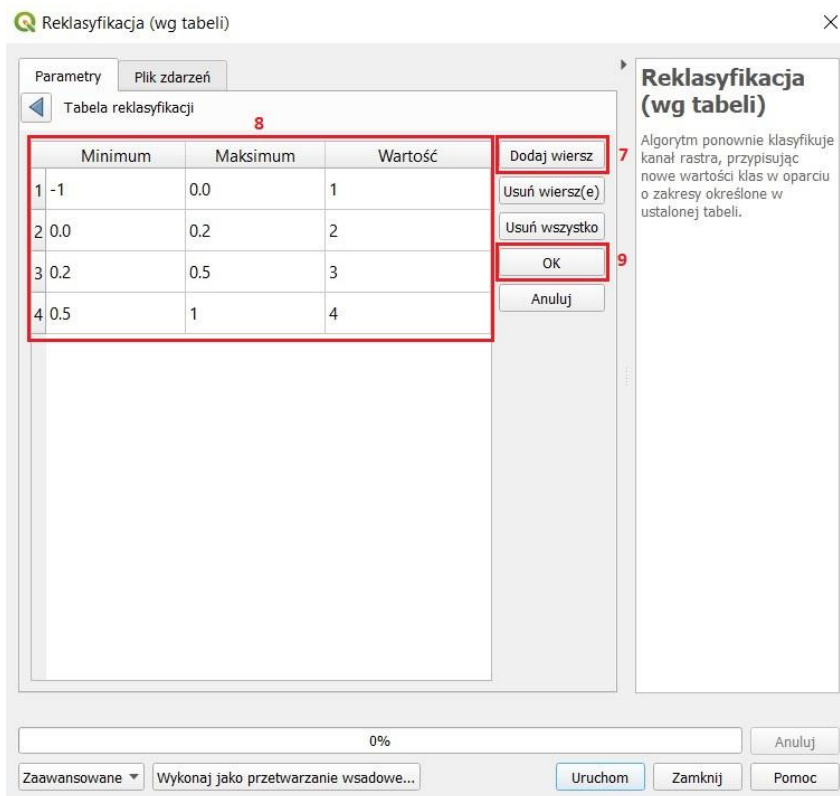
24.4. W polu „Wynikowy typ danych” wybrać „Float32” (patrz (4) → ryc. 16a). W polu „Raster po reklasyfikacji” należy wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie **tif**, poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”. Warstwę wynikową zapisać jako „120822_ndviR” w folderze output_szczecin_120822 oraz zaznaczyć opcję „Wczytaj plik wynikowy po zakończeniu” (patrz (5) → ryc. 16a).

24.5. Następnie przejść do pola „Tabela reklasyfikacji” (patrz (6) → ryc. 16a) i kliknąć ikonę **trzech kropek** (patrz (6) → ryc. 16a), która otworzy tabele reklasyfikacji. Stworzyć tabele z 4 wierszami, dodając kolejno następne wiersze klikając opcję „Dodaj wiersz” (patrz (7) → ryc. 16b) i uzupełnić ją według wzoru (patrz (8) → ryc. 16b). Zakończyć klikając „OK” (patrz (9) → ryc. 16b); nastąpi powrót do pierwotnego okna narzędzia Reklasyfikacji (wg tabeli), gdzie w polu „Tabela reklasyfikacji” pojawi się informacja „Niezmienna tabela 4x3” (patrz (6) → ryc. 16a).

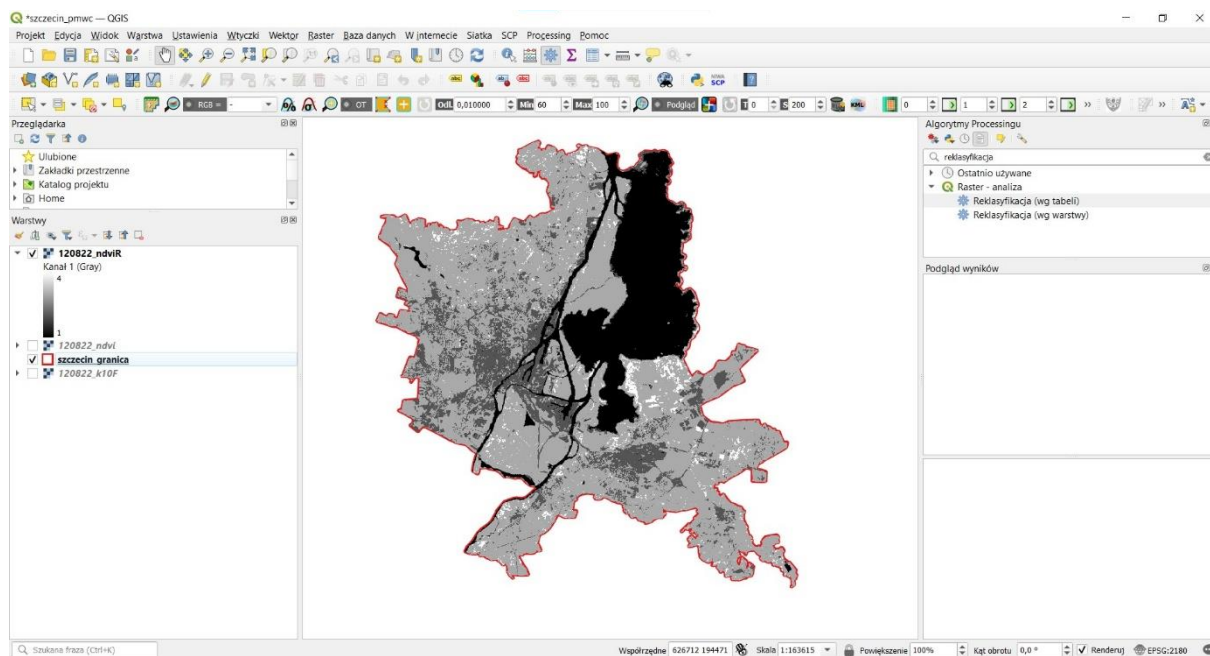
24.6. Zakończyć klikając „Uruchom” (patrz (10) → ryc. 16a). Warstwa wynikowa „120822_ndviR” przedstawiona na rycinie 17 przyjmuje wartości od 1 do 4.



Ryc. 16a. Widok okna narzędzia Reklasyfikacja (wg tabeli) cz.1



Ryc. 16b. Widok okna narzędzia Reklasyfikacja (wg tabeli) cz.2



Ryc. 17. Widok warstwy „120822_ndvi_vektor” w projekcie

25. Zamiana warstwy rastrowej „120822_ndviR” na warstwę wektorową.

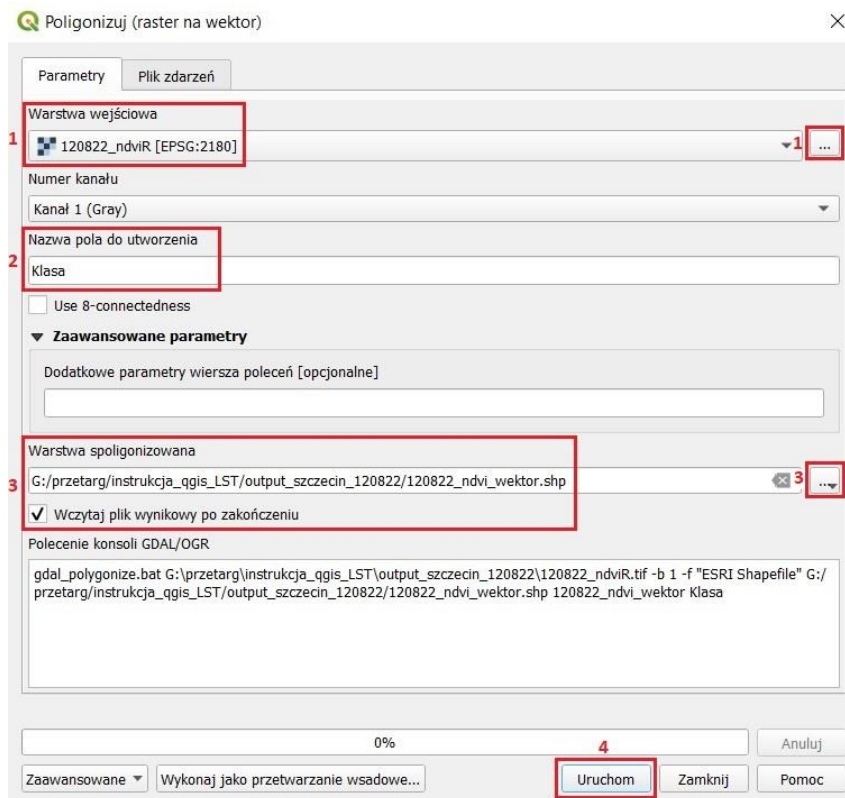
25.1. W tym celu należy wybrać narzędzie „Poligonizuj” z zakładki znajdującej się w górnym pasku projektu: **Raster/Konwersja/Poligonizuj (raster na wektor)**.

25.2. W oknie dialogowym, w polu „Warstwa wejściowa” należy wskazać raster „120822_ndviR” (patrz (1) → ryc. 18).

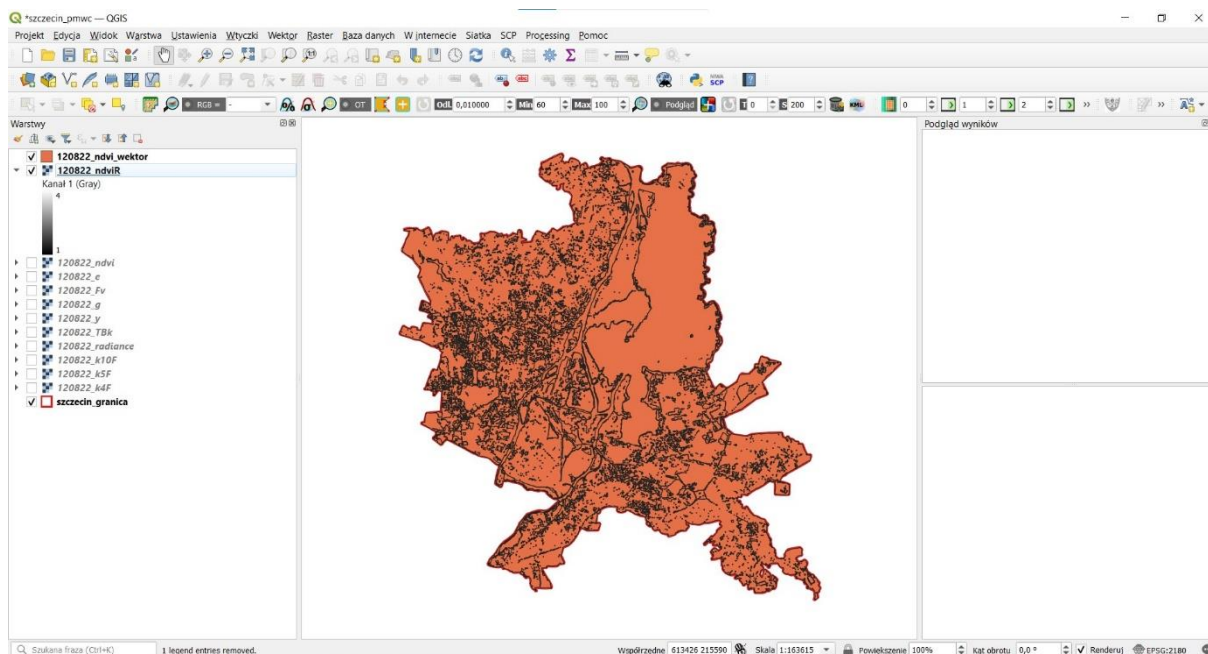
25.3. W polu „Nazwa pola do utworzenia” wpisać nazwę np. „Klasa”, według, której wartości warstwy rastrowej zostaną przypisane do tabeli atrybutów nowo stworzonej warstwy wektorowej (patrz (2) → ryc. 18).

25.4. W polu „Warstwa spoligonizowana” należy wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie **shp**, poprzez kliknięcie „Zapisz do pliku”. Warstwę wynikową zapisać jako „120822_ndvi_wektor” w folderze output_szczecin_120822 oraz zaznaczyć opcję „Wczytaj plik wynikowy po zakończeniu” (patrz (3) → ryc. 18).

25.5. Zakończ klikając „Uruchom” (patrz (4) → ryc. 18). Warstwę wynikową przedstawiono na ryc. 19.

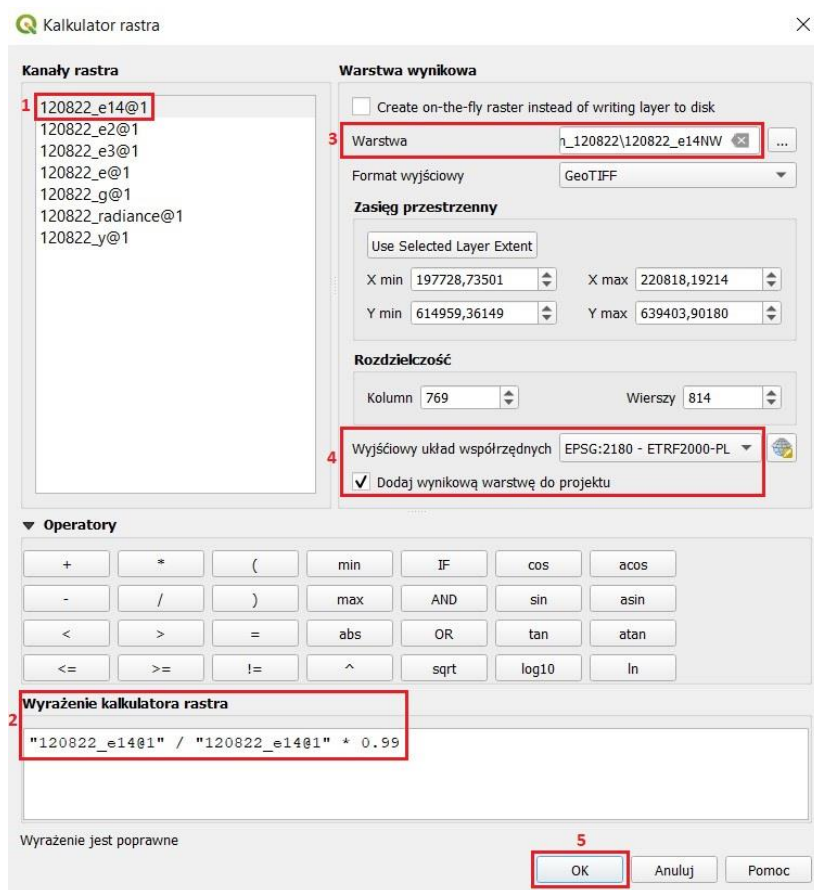


Ryc. 18. Widok okna narzędzia Poligonizuj



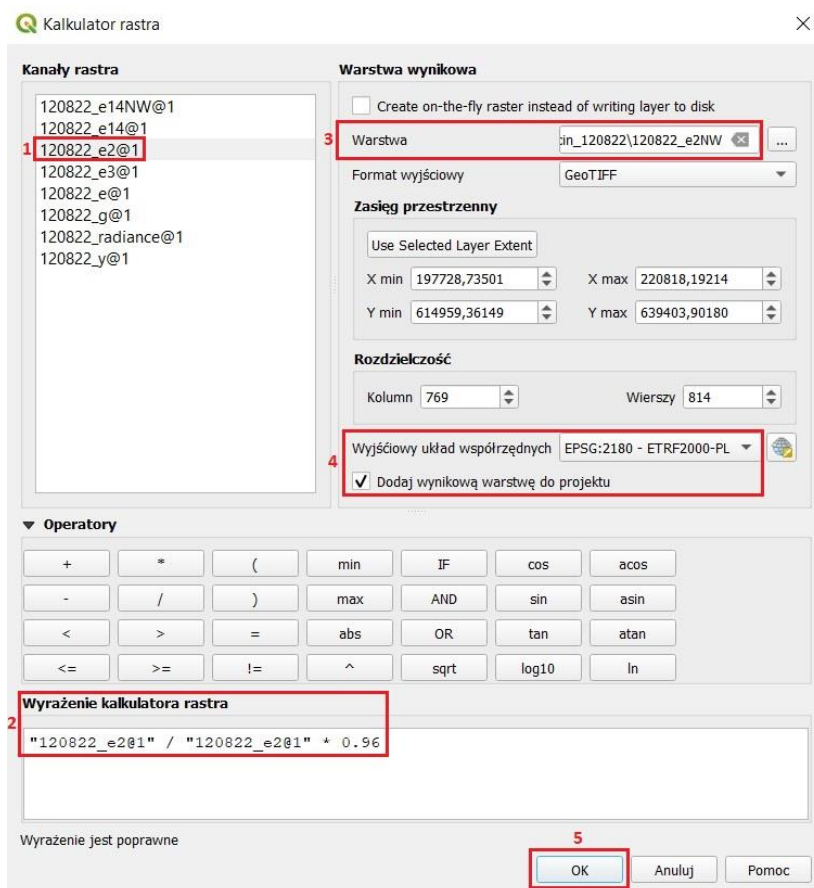
Ryc. 19. Widok warstwy „120822_ndvi_vektor” w projekcie

26. Agregacja utworzonej warstwy „120822_ndvi_vektor” według pola agregacji „klasa”. Zabieg ten pozwala na połączenie wszystkich warstw wektorowych w jedną według klas. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_ndvi_vektor_A” (*Poradnik techniczny → Agregacja obiektów*).
27. Zaznaczenie klas 1 i 4 z warstwy „120822_ndvi_vektor_A” i ich wyeksportowanie. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_ndvi_14” (*Poradnik techniczny → Eksport wybranych obiektów warstwy*). Następnie zaznaczenie klasy 2 z warstwy „120822_ndvi_vektor_A” i jej wyeksportowanie. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_ndvi_2”. Zaznaczenie klasy 3 z warstwy „120822_ndvi_vektor_A” i wyeksportowanie jej. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_ndvi_3”.
28. Zbędne warstwy należy usunąć z projektu:
 - „120822_TBk”,
 - „120822_Fv”,
 - „120822_ndvi”,
 - „120822_ndviR”,
 - „120822_ndvi_vektor”,
 - „120822_ndvi_vektor_A” (*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).
29. Docięcie warstwy rastrowej „120822_e” do granicy warstwy wektorowej „120822_ndvi_14” (objaśnione w pkt. 7). Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_e14”. Następnie docięcie warstwy rastrowej „120822_e” do granicy warstwy wektorowej „120822_ndvi_2”. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_e2”. Docięcie warstwy rastrowej „120822_e” do granicy warstwy wektorowej „120822_ndvi_3”. Warstwę wynikową należy zapisać jako „120822_e3”.
30. Nadanie nowych wartości emisyjności warstwie rastrowej „120822_e14” zgodnie z tabelą 2. W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania „120822_e14@1” / "120822_e14@1" * 0.99” (ryc. 20), a warstwę wynikową nazwać „120822_e14NW”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości 0,99.



Ryc. 20. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia „120822_e14NW”

31. Nadanie nowych wartości emisyjności warstwie rastrowej „120822_e2” zgodnie z tabelą 2. W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania „120822_e2@1” / „120822_e2@1” * 0.96” (ryc. 21), a warstwę wynikową nazwać „120822_e2NW”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości 0,96.



Ryc. 21. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia „120822_e2NW”

32. Połączenie rastrow z przypisanymi nowymi wartościami emisyjności oraz rastra z klasy 3, dla którego emisyjność nie została zmieniona w jedną warstwę rastrową.

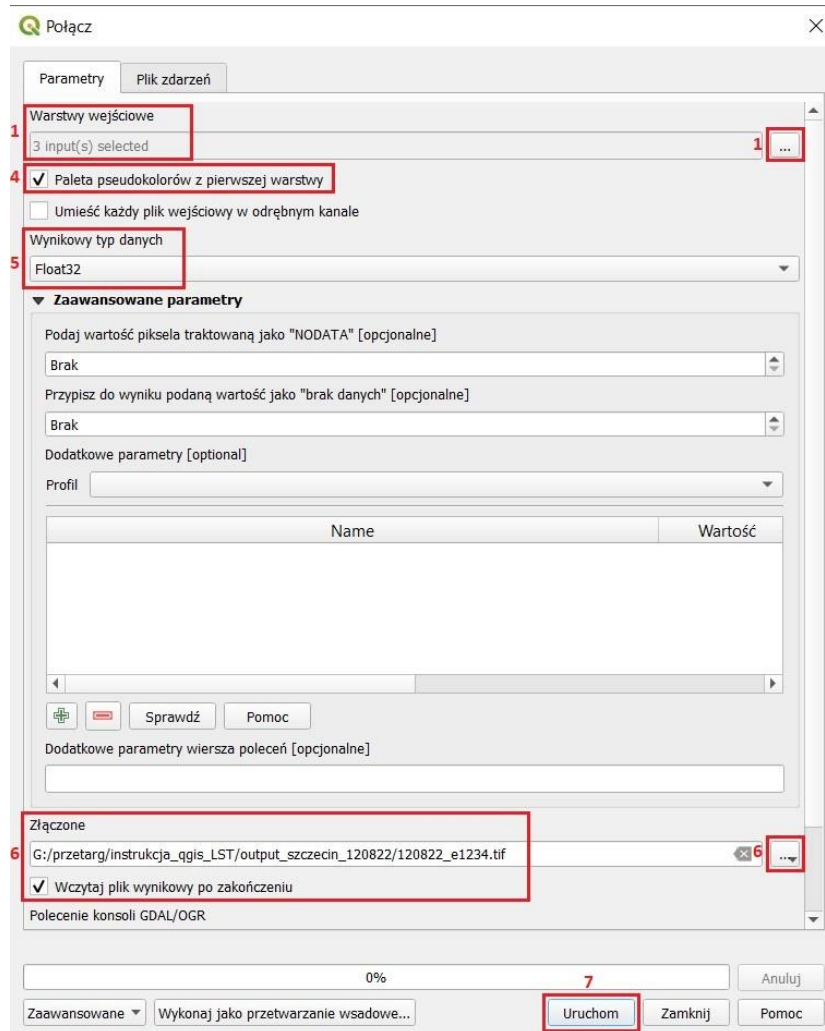
32.1. W tym celu należy wybrać narzędzie „**Połącz**” z zakładki znajdującej się w górnym pasku projektu: **Raster/Różne/Połącz**.

32.2. W oknie dialogowym, w polu „**Warstwy wejściowe**” należy wskazać rastry do połączenia (patrz (1)→ ryc. 22a). W ten sposób, narzędzie otworzy drugie okno dialogowe, w którym należy zaznaczyć raster „120822_e14NW”, „120822_e2NW” i „120822_e3” jako „**Warstwa wejściowa**” (patrz (2)→ ryc. 22b). Następnie wrócić do pierwszego okna dialogowego poprzez kliknięcie opcji „**OK**” (patrz (3)→ ryc. 22b).

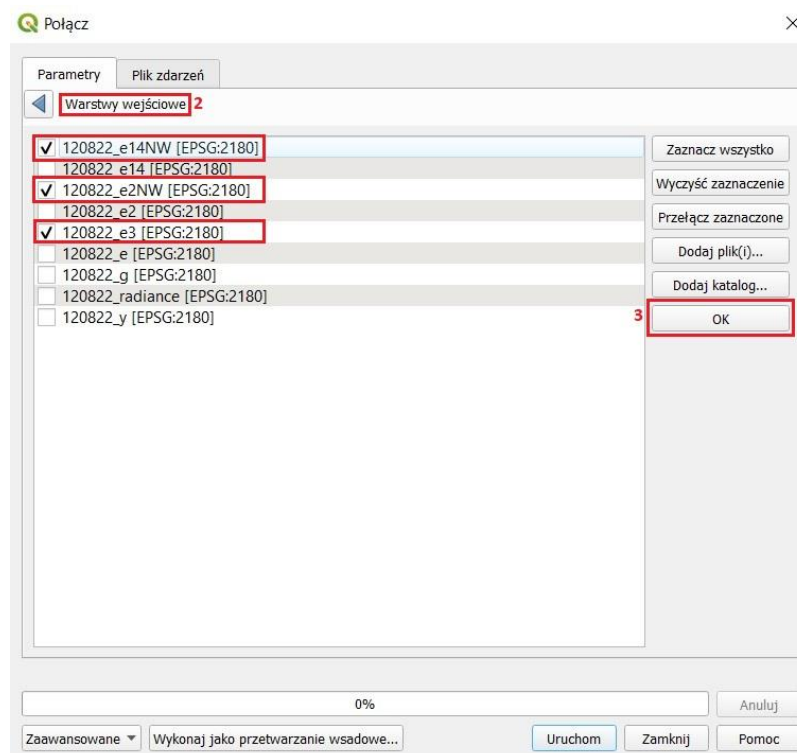
32.3. Dalej zaznaczyć opcję „**Paleta pseudokolorów z pierwszej warstwy**” oraz ustawić „**Wynikowy typ danych**” jako „**Float32**” (patrz (4 i 5)→ ryc. 22a).

32.4. W polu „**Złączone**” należy wskazać miejsce zapisu utworzonego pliku w formacie **.tif** poprzez kliknięcie „**Zapisz do pliku**”. Warstwę wynikową zapisz jako „120822_e1234” w folderze output_szczecin_120822 oraz zaznaczyć opcję „**Wczytaj plik wynikowy po zakończeniu**” (patrz (6)→ ryc. 22a).

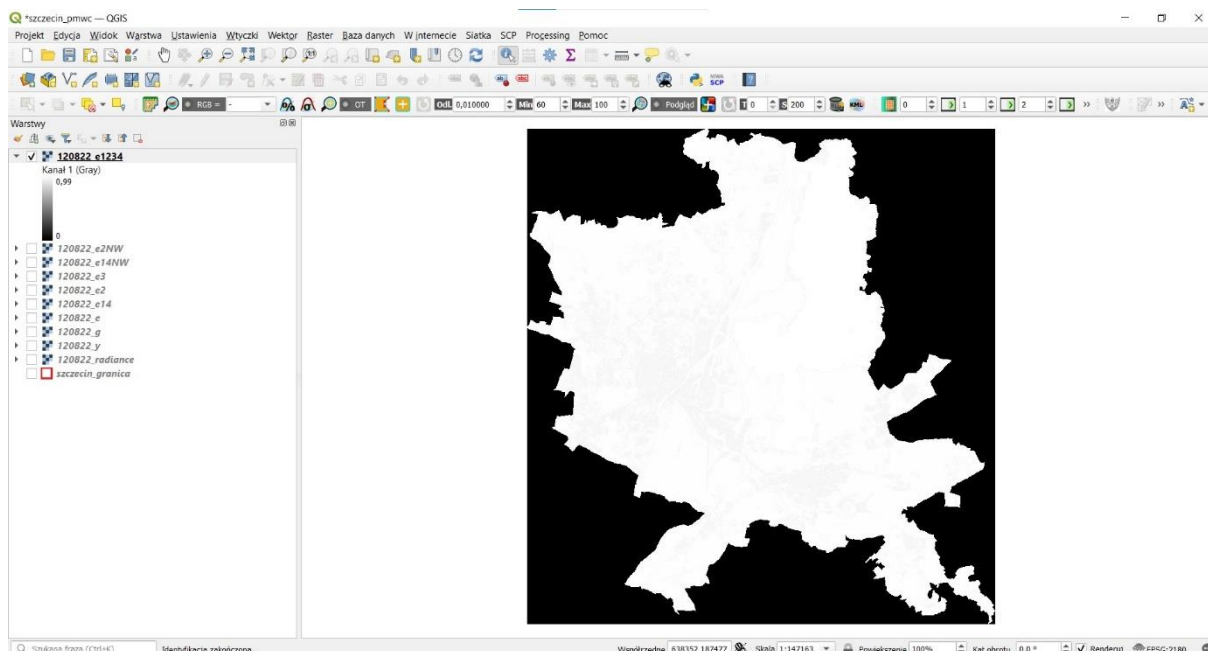
32.5. Zakończ klikając „**Uruchom**” (patrz (7)→ ryc. 22a). Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od 0 do 0,99. Warstwę wynikową przedstawiono na ryc. 23.



Ryc. 22a. Widok okna narzędzia Połącz

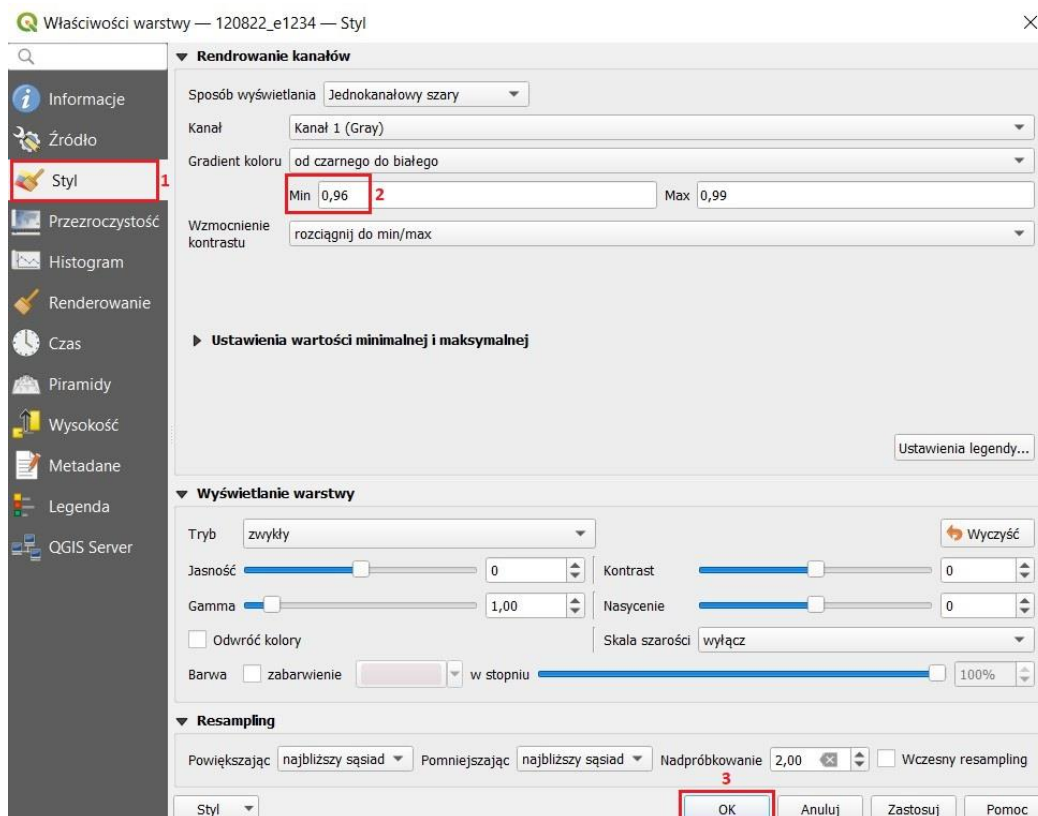


Ryc. 22b. Widok okna narzędzia Połącz

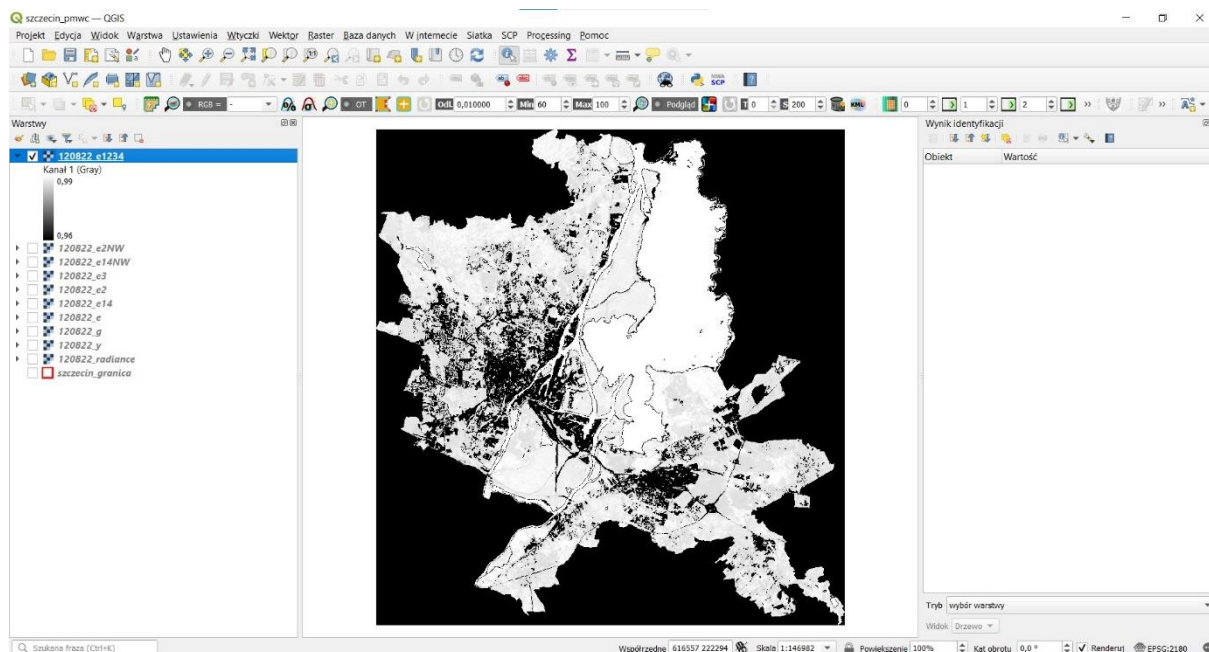


Ryc. 23. Widok warstwy „120822_e1234” w projekcie

33. Zmiana sposobu wyświetlania rastra „120822_e1234”. W tym celu należy wejść we właściwości warstwy „120822_e1234” (*Poradnik techniczny* → *Pierwsze kroki*) i w zakładce „Styl” zmienić wartość minimalną na **0.96** (ryc. 24). Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od 0,96 do 0,99. Warstwę wynikową przedstawiono na ryc. 25.



Ryc. 24. Właściwości warstwy „120822_e1234”



Ryc. 25. Widok warstwy „120822_e1234” w projekcie

34. Zbędne warstwy należy usunąć z projektu:

- „120822_e14”,
- „120822_e2”,
- „120822_e3”,
- „120822_e14NW”,
- „120822_e2NW” (*Poradnik techniczny → Pierwsze kroki*).

35. Obliczenie temperatury powierzchni czynnej (LSTk) (8) z uwzględnieniem korekcji wpływu atmosfery, według następującego równania:

$$\gamma * ((1 / "120822_e1234") * (1.27 * "120822_radiance" - 4.91) + 2.78) + "g" \quad (8)$$

$$\gamma * [(1 / \epsilon) * (\psi_1 * L_\lambda + \psi_2) + \psi_3] + \delta$$

$$\psi_1 = 1/0.79, \quad \psi_2 = -2.78 - (1.68 / 0.79), \quad \psi_3 = 2.78$$

$$\psi_1 = 1/\tau, \quad \psi_2 = -L^\downarrow - (L^\uparrow / \tau), \quad \psi_3 = L^\downarrow \text{ gdzie,}$$

γ – parametr przeliczeniowy

ϵ – emisyjność powierzchni ziemi

L_λ – radiancja spektralna na górnej granicy atmosfery [$\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$]

δ – parametr przeliczeniowy

ψ – parametry atmosferyczne

τ – transmisja atmosferyczna

L^\uparrow – efektywne promieniowanie pasmowe upwellingu

L^\downarrow – efektywne promieniowanie pasmowe downwellingu

W celu poznania parametrów atmosferycznych należy wejść na stronę <https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> i uzupełnić ją analogicznie jak na ryc. 26:

Enter the parameters for which you wish calculate atmospheric transmission and upwelling radiance:

Year: 2022	Month: 8	Day: 12
GMT Hour: 9	Minute: 56	
Latitude: +53.4289 <small>+ is North, - is South</small>	Longitude: +14.5530 <small>+ is East, - is West</small>	
<input type="radio"/> Use atmospheric profile for closest integer lat/long help <input checked="" type="radio"/> Use interpolated atmospheric profile for given lat/long help		
<input checked="" type="radio"/> Use mid-latitude summer standard atmosphere for upper atmospheric profile help <input type="radio"/> Use mid-latitude winter standard atmosphere for upper atmospheric profile help		
<input type="radio"/> Use Landsat-9 TIRS Band 10 spectral response curve <input checked="" type="radio"/> Use Landsat-8 TIRS Band 10 spectral response curve <input type="radio"/> Use Landsat-7 Band 6 spectral response curve <input type="radio"/> Use Landsat-5 Band 6 spectral response curve <input type="radio"/> Output only atmospheric profile, do not calculate effective radiances		
Optional: Surface Conditions <small>(If you do not enter surface conditions, model predicted surface conditions will be used. If you do enter surface conditions, all four conditions must be entered.)</small>		
Altitude (km): 0.025	Pressure (mb): 1023.3	
Temperature (C): 26.7	Relative Humidity (%): 37	
Results will be sent to the following address: Email: <input type="text"/>		
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Clear Fields"/>		

Ryc. 26. Narzędzie do obliczenia parametrów atmosferycznych - <https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

Narzędzie wymaga podania informacji na temat:

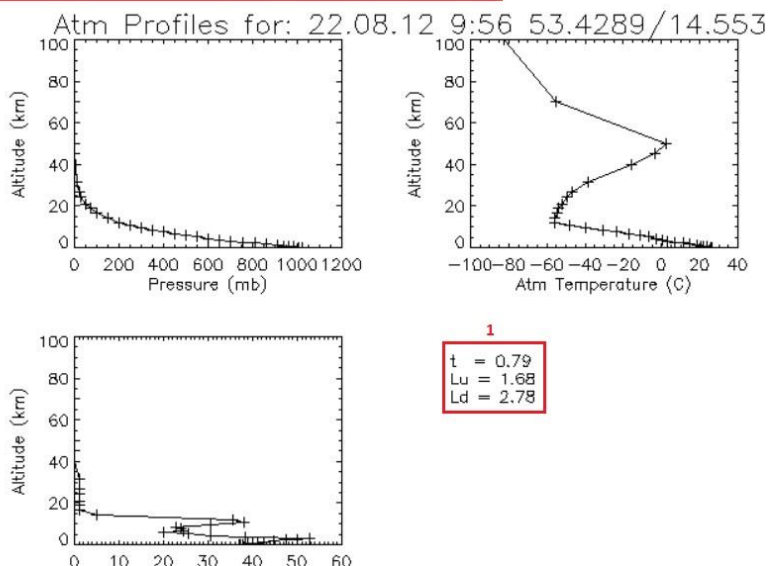
- daty rejestracji obrazu satelitarnego,
- godziny rejestracji obrazu satelitarnego (dostępny w pliku **MTL** obrazu),
- współrzędnych geograficznych dla miasta (dostępne np. w <https://dateandtime.info/pl/citycoordinates.php?id=3083829>)
- średniej wysokości nad poziomem w kilometrach (dostępne np. w <https://dateandtime.info/pl/citycoordinates.php?id=3083829>),
- temperatury (°C),
- ciśnienia atmosferycznego (mb),
- wilgotności względnej (%).

Po wypełnieniu narzędzia i podaniu maila należy kliknąć „**Calculate**”. Po chwili na stronie pojawią się wyliczone parametry atmosferyczne (ryc. 27). Parametry zostaną także przesłane na podanego maila.

Atmospheric Correction Parameter Calculator

Date (yyyy-mm-dd): 2022-08-12
 Input Lat/Long: 53.429/ 14.553
 GMT Time: 9:56
 L8 TIRS Band 10 Spectral Response Curve
 Mid-latitude summer standard atmosphere
 User input surface conditions
 Surface altitude (km): 0.025
 Surface pressure (mb): 1023.300
 Surface temperature (C): 26.700
 Surface relative humidity (%): 37.000

Band average atmospheric transmission: 0.79
 Effective bandpass upwelling radiance: 1.68 W/m²/sr/um
 Effective bandpass downwelling radiance: 2.78 W/m²/sr/um



Ryc. 27. Wynik obliczeń kalkulatora parametrów atmosferycznych - <https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

W celu poznania wartości temperatury powietrza, ciśnienia atmosferycznego i wilgotności względnej należy wejść na stronę <http://ogimet.com/resynops.phtml.en>. W pierwszej kolejności należy wpisać datę rejestracji obrazu satelitarnego, dla którego szacuje się LST oraz godzinę, dla której sprawdzamy parametry, następnie kliknąć „send” (ryc. 28a). Wyświetlą się informacje o danych meteorologicznych z depesz SYNOP dla 61 stacji IMGW w Polsce. Należy odszukać stację meteorologiczną najbliższą dla miasta i kliknąć w nią (ryc. 28b). Odczytać wartości wymienionych elementów meteorologicznych dla godziny 10 UTC (ryc. 28c).

Ryc. 28a. Zakładka Country summaries serwisu OGIMET - <http://ogimet.com/resynops.phtml.en>.

OGIMET

Synop summary for 61 stations in Poland

OGIMET synop based Daily summary by state
08/12/2022 10:00 UTC

Day before: (2022/08/11) 10:00 UTC Day after: (2022/08/13) 10:00 UTC

Station	Temperature (C)			Td. Med (C)	Hr. Med (%)	Wind (km/h)			Pres. s.lev (Hp)	Prec. (mm)	TotCl Oct	Low Cl Oct	Sun D-1 (h)	Vis Km	Daily weather summary
	Max	Min	Med			Dir.	Int.	Gust							
Petrobaltic Beta	20.5	18.6	19.6	14.3	72.1	S	10.8	---	1025.5	---	---	---	---	---	
Kolobrzeg	21.8	13.4	18.5	14.2	76.5	E	10.3	28.8	1024.2	0.0	1.8	0.3	13.8	20.0	
Koszalin	26.8	14.6	20.9	10.9	54.3	ENE	8.3	---	1024.3	0.0	1.4	0.3	13.5	41.8	
Ustka	22.5	13.9	19.0	12.6	66.6	ENE	12.9	---	1024.7	0.0	0.9	0.1	13.7	30.2	
Leba	24.0	9.1	17.9	12.1	71.3	ENE	9.6	---	1025.0	0.0	0.6	0.3	14.1	32.6	
Lebork	26.7	9.1	18.9	10.4	63.8	ENE	7.2	---	1024.6	0.0	---	---	14.3	30.5	
Hel	23.7	14.6	18.6	14.2	77.7	E	9.2	---	1025.4	0.0	0.6	0.4	14.3	43.8	
Gdansk-Swibno	23.0	13.4	19.0	13.8	72.7	NNE	9.2	---	1025.1	Tr	0.9	1.4	13.8	25.2	
Elblag-Milejewo	24.5	15.3	19.3	11.7	62.3	ENE	7.7	---	1025.2	0.0	1.1	1.8	13.3	20.0	
Ketrzyn	26.1	11.4	19.6	11.8	64.6	ENE	5.7	---	1024.8	0.0	2.3	3.2	12.4	28.6	
Suwalki	24.6	11.3	18.9	11.5	66.0	NE	7.2	---	1025.2	Tr	0.6	1.7	13.5	32.0	
Swinoujscie	24.3	13.2	19.6	14.9	75.3	ENE	10.8	---	1024.0	0.0	1.6	0.5	13.8	43.5	
Szczecin	28.0	10.9	20.8	11.6	59.5	NNE	6.8	---	1023.5	Tr	1.5	0.0	13.8	32.6	
Resko	27.7	10.2	19.9	10.0	57.3	NNE	6.5	---	1023.9	0.0	---	---	14.4	20.0	

Ryc. 28b. Wartość wybranych elementów meteorologicznych w 12/08/2022 dla stacji w Polsce - <http://ogimet.com/resynops.phtml.en>.

OGIMET

12205: Szczecin (Poland)
Latitude: 53-24N Longitude: 014-37E Altitude: 1 m.

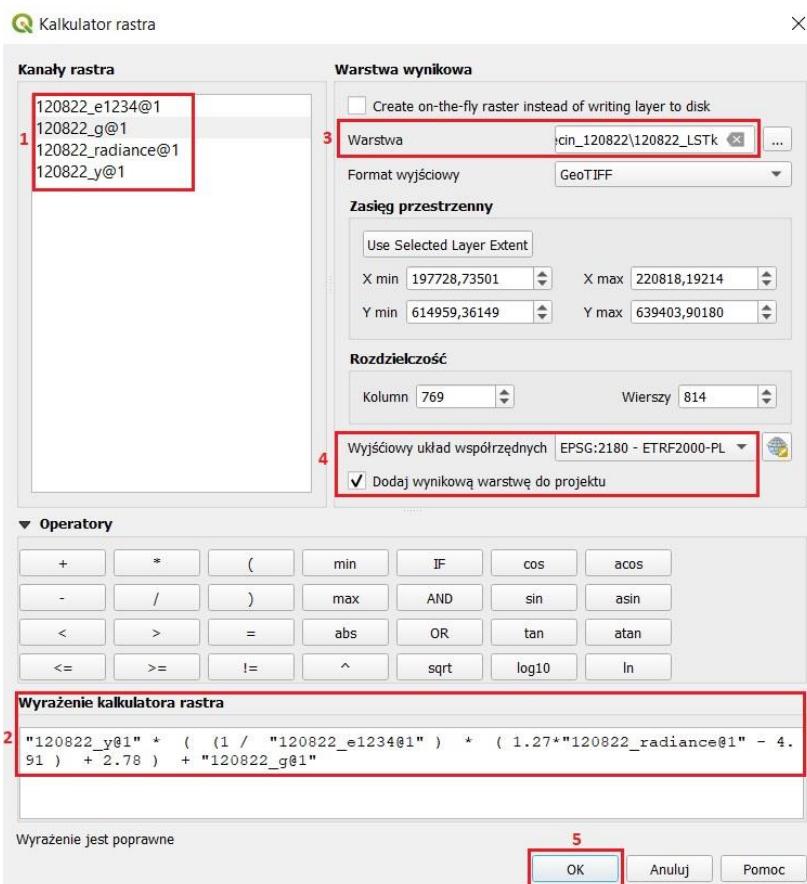
Decoded synop data. (10:58 mean solar time)
Time interval: 2 days before 2022/08/12 at 10:00 UTC.

Date	T (C)	Td (C)	Hr (%)	Tmax (C)	Tmin (C)	ddd	ff kmh	PO hPa	P sea hPa	P Tnd	Prec (mm)	N t h	Inso D-1	Vis km	WW	W1	W2
08/12/2022 10:00	26.7	10.8	37	---	---	NE	7.2	1022.4	1023.3	-0.5	---	0	---	35.0			
08/12/2022 09:00	24.6	13.8	51	---	---	N	7.2	1022.7	1023.6	-0.2	---	0	---	35.0			
08/12/2022 08:00	22.8	13.6	56	---	---	NNE	3.6	1022.9	1023.8	+0.2	---	0	---	35.0			
08/12/2022 07:00	20.6	12.0	58	---	---	NNE	3.6	1022.9	1023.8	+0.6	---	0	---	30.0			
08/12/2022 06:00	18.8	10.9	60	23.7	10.9	E	3.6	1022.9	1023.8	+0.6	Tr/12h	0	13.8	35.0			
08/12/2022 05:00	14.4	12.3	87	---	---	E	3.6	1022.7	1023.6	+0.4	---	0	---	27.0			
08/12/2022 04:00	12.2	10.4	89	---	---	CAL	0.0	1022.3	1023.2	+0.0	---	-	---	29.0			

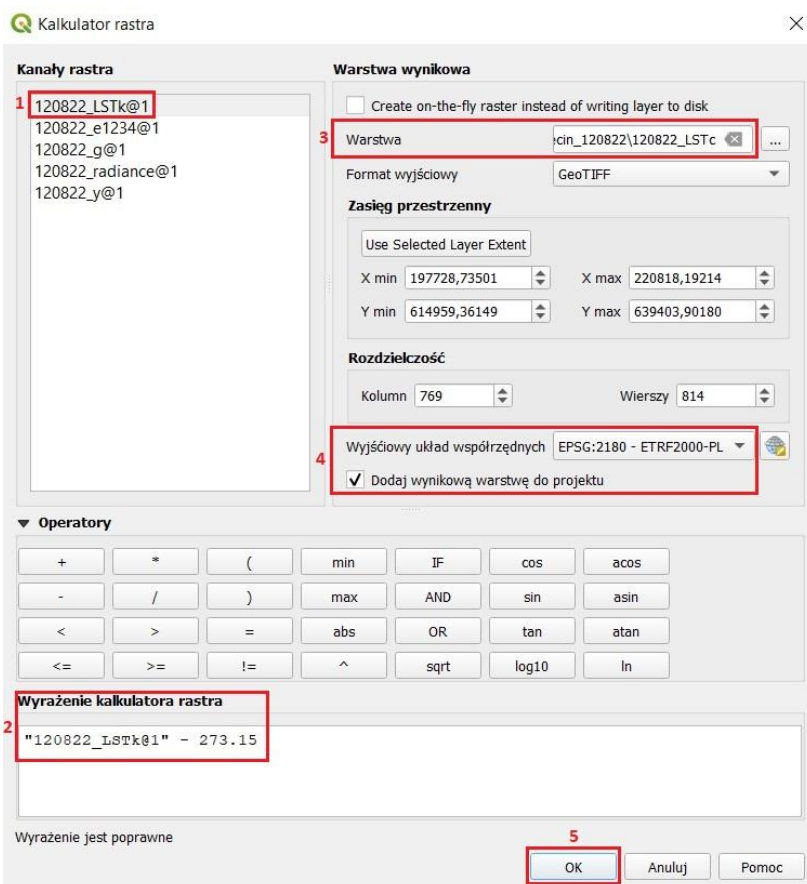
Ryc. 28c. Wartość wybranych elementów meteorologicznych 12/08/2022 o godzinie 10 UTC w dla stacji Szczecin - <http://ogimet.com/resynops.phtml.en>.

Po wyliczeniu parametrów atmosferycznych należy przejść do obliczenia temperatury powierzchni czynnej (LSTk). W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania (8) (ryc. 29), a warstwę wynikową nazwać „120822_LSTk”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości od ok. 295,1 do 320,6 K (wartości będą się różnić w zależności od wykorzystanego obrazu satelitarne).

36. Obliczenie temperatury powierzchni czynnej w stopniach Celsjusza. W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania „120822_LSTk@1” – 273.15” (ryc. 30), a warstwę wynikową nazwać „120822_LST”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości ok. 21,96 do 47,50°C.

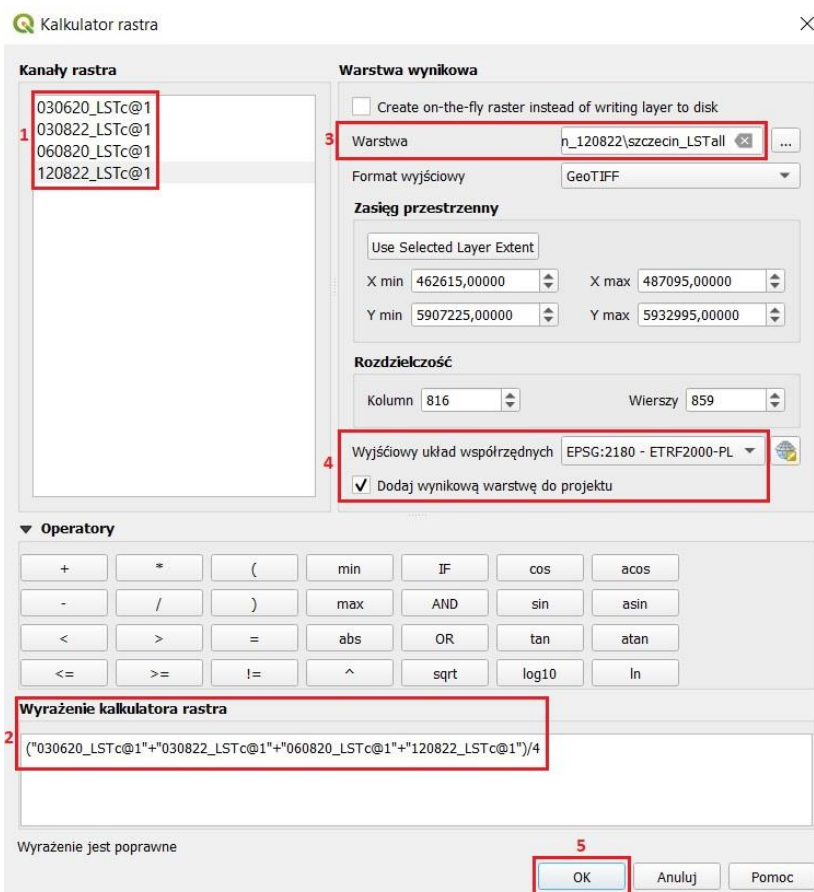


Ryc. 29. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia temperatury powierzchni czynnej w Kelwinach (LSTk)




Ryc. 30. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia temperatury powierzchni czynnej w stopniach Celsjusza (LSTc)

37. Powtarzając kroki 1–37 należy obliczyć wszystkie zgromadzone i zweryfikowane obrazy satelitarne dla miasta.
38. Obliczenie średniej temperatury powierzchni czynnej w stopniach Celsjusza dla miasta. W tym celu należy wybrać narzędzie „Kalkulator rastra” (objaśnione w pkt. 16) z zakładki: **Raster/Kalkulator rastra** i uzupełnić pole „Wyrażenie kalkulatora rastra” według równania „(”030620_LSTc@1”+”030822_LSTc@1”+”060820_LSTc@1”+”120822_LSTc@1”)/4” (ryc. 31), a warstwę wynikową nazwać „szczecin_LSTall”. Warstwa wynikowa przyjmuje wartości ok. 19,45 do 46,14°C.



Ryc. 31. Widok okna narzędzia Kalkulator rastra dla obliczenia rastra średniej LST dla miasta

39. Wszystkie warstwy z wyjątkiem „szczecin_LSTall” należy usunąć z projektu (*Poradnik techniczny* → *Pierwsze kroki*).
40. Za pomocą narzędzia „Informacje o obiekcie”, które znajdują się w górnym pasku projektu, można sprawdzić wartości poszczególnych pikseli. W tym celu należy kliknąć ikonę , a następnie kliknąć w jakikolwiek piksel rastra. W prawej części projektu pojawi się tabela z wynikami identyfikacji.

Autorzy: Katarzyna Banaszak, Monika Gajda, Agnieszka Hobot, Monika Mazur, Aleksandra Renc

Opracowane dla Ministerstwa Klimatu i Środowiska przez „Pectore-Eco” Sp. z o.o.

Data publikacji: listopad 2022 r.

Niniejszy materiał został sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej.

Za jego treść odpowiada wyłącznie Ministerstwo Klimatu i Środowiska.