

Formaty i relacje przestrzenne w QGIS

Tomasz Nycz

27 kwietnia 2021

Część I

Odniesienia przestrzenne

Rozdział 1

Zbiory danych przestrzennych

1.1 Wymagania prawne

GML

1.2 GeoPackage - następca Shapefile

Tworzenie zbioru Geopackage

Połączenie ze zbiorem

1.3 Baza danych w GeoPackage

Dodawanie wielu warstw

Dołączanie projektu

Dołączanie symboli i stylów

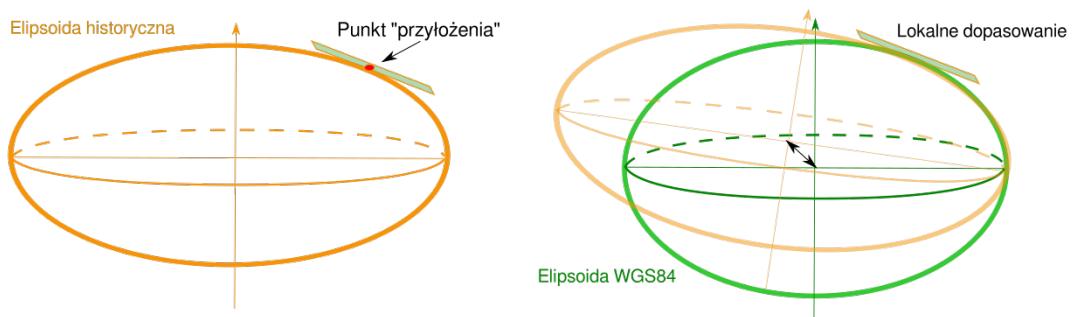
Rozdział 2

Układy współrzędnych

2.1 CRS i układ współrzędnych

W środowisku GIS możemy spotkać się z pojęciami CRS, odwzorowania kartograficznego, układu współrzędnych, oraz tzw. datum czy gridshift. Do dalszej komfortowej pracy konieczne jest zapoznanie się z nimi, oraz ich wzajemnymi powiązaniami.

- **Coordinate Reference System** - system odniesień przestrzennych. Jest to zbiór parametrów opisujących wszelkie cechy odniesień przestrzennych konieczne do poprawnego wskazania unikalnego miejsca w odniesieniu do powierzchni Ziemi. Należą do nich odwzorowanie kartograficzne, elipsoida, tzw. datum, południk i równoleżnik początkowy, oraz jednostki miary (stopnie, metry, sążnie, etc.)
- **Odwzorowanie kartograficzne** - jest to matematyczna realizacja sposobu odwzorowania elipsoidy obrotowej na płaszczyźnie mapy (lub zwizualizowania pseudo-trójwymiarowego w kartografii komputerowej). W praktyce europejskiej spotkamy się z odwzorowaniami: poprzecznym Mercatora, Gaussa-Krügera, azymutalnym Lamberta. W mapach obecnie archiwalnych popularne były również odwzorowania quasi-stereograficzne (WIG i GUGIK80) i Cassiniego-Soldnera. Można też było się spotkać z odwzorowaniami wielościennymi (np. wczesne edycje Messstichblatt).
- **Elipsoida** - to bryła powstała w wyniku obrotu elipsy wokół jej osi symetrii. Ziemię uznajemy w dużym uproszczeniu za elipsoidę obrotową (choć jej kształt jest dużo bardziej skomplikowany - nazywany geoidą). Ruch obrotowy Ziemi sprawia, że średnica równika jest o 43 km większa niż średnica pomiędzy biegunami. W czasach gdy kształt i rozmiary naszej planety były dopiero poznawane, powstało wiele opracowań opisujących parametry półosi wielkiej (a), półosi malej (b), oraz spłaszczenia (1/f). W naszych dalszych pracach będziemy wykorzystywać elipsoidy Bessela, Krassowskiego, oraz WGS84(GRS80).
- **Datum** - to geodezyjny układ odniesienia, opisujący kształt geoidy globalnie (np. systemy ETRS89/2000), jak również bardziej lokalnie (Pułkowo, Rauenberg, Hermannskogel). Obecnie w praktyce GIS geodezyjne układy odniesienia opisują translację względem geocentrycznego układu ETRF 89.



Rysunek 2.1: Datum - Transformacja między układami odniesienia (za [Affek, 2013])

- EPSG - Rejestr i baza danych o układach odniesień (SRS i CRS), dawniej prowadzony przez **European Petroleum Survey Group**, obecnie Komitet Geomatyczny IOGP. Znajdują się w nim opisy parametrów elipsoid, południków zerowych, oraz całych CRS. Zamiennie z pojęciem kodu EPSG używa się terminu SRID - trochę szerszego, zawierającego również definicje własne producentów oprogramowania. Tabelę kodów EPSG przydatnych w codziennej pracy znajdziesz na końcu tego rozdziału. Można również skorzystać z wyszukiwarek kodu np. <https://epsg.org/search/map>

Pozostałe parametry używane przy definiowaniu CRS opiszemy bezpośrednio przy stosowanych układach współrzędnych.

2.2 Uwarunkowania prawne

Wymagania prawne co do stosowanych układów odniesienia zdefiniowane są w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. 2012 poz. 1247)¹.

¹<http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20120001247>

§ 15. 1 i 2 rozporządzenia

§ 15. 1. Państwowy system odniesień przestrzennych stosuje się w pracach geodezyjnych i kartograficznych oraz przy tworzeniu zbiorów danych przestrzennych przez organy władzy publicznej, przy czym:

1. układ współrzędnych PL-LAEA stosuje się na potrzeby analiz przestrzennych i sprawozdawczości na poziomie ogólnoeuropejskim;
2. układ współrzędnych PL-LCC stosuje się na potrzeby wydawania map w skali 1:500 000 i w mniejszych skalach;
3. układ współrzędnych PL-UTM stosuje się na potrzeby wydawania standar-dowych opracowań kartograficznych w skalach od 1:10 000 do 1:250 000, wydawania map morskich oraz wydawania innych map przeznaczonych na potrzeby bezpieczeństwa i obronności państwa;
4. układ współrzędnych PL-2000 stosuje się na potrzeby wykonywania map w skalach większych od 1:10 000 – w szczególności mapy ewidencyjnej i mapy zasadniczej.

2. W pracach geodezyjnych i kartograficznych innych niż wymienione w ust. 1 pkt 1–4 stosuje się układ współrzędnych PL-UTM lub układ współrzędnych PL-1992.

PL-1992

Układ (w dalszej części skryptu będziemy używać nazwy układ 92) oparty jest o odwzorowanie Gaussa-Krügera z południkiem osiowym 19E. Praktyczna stosowalność układu między 14E i 24.30E. Współrzędna wschodnia (X) na południku osiowym przyjmuje wartość 500000, zaś współrzędna północna -5300000. Zniekształcenie skali na południku osiowym przyjmuje wartość 0,9993 (co przekłada się na skurcz -0,7m/km).

PL-2000

Układ PL-2000 (dalej w skrócie będziemy nazywać go 2000, ze wskazaniem strefy), tak jak układ 92 oparty jest o odwzorowanie Gaussa-Krügera, z tą różnicą że utworzono tu cztery strefy południkowe 15, 18, 21, 24 oraz przypisano im numery 5, 6, 7, 8. Współrzędna wschodnia na południku osiowym w każdej strefie przyjmuje wartość (500000 + n*1000000). Dla strefy 5 (15E) będzie to +5500000,00. Jak widzimy na podstawie pierw-szej cyfry współrzędnej wschodniej możemy ustalić numer strefy. Współczynnik skali to 0,999923.

UTM, LAEA, LCC

Układ współrzędnych PL-LAEA oparty jest o odwzorowanie azymutalne równopo-wierzchniowe Lamberta, z południkiem początkowym 10E, równoleżnikiem 52N, współ-

rzędne początkowe +4321000, +3210000. Układ współrzędnych PL-LCC oparty jest o odwzorowanie stożkowe równokątne Lamberta, z równoleżnikami siecznymi 35 i 65. Początek układu współrzędnych to punkt o współrzędnych geograficznych 10E, 52N i współrzędnych kartezjańskich + 4000000, +2800000. Układ PL-UTM to realizacja światowego układu współrzędnych UTM opartego o odwzorowanie poprzeczne Merkatora w trzech strefach południkowych z południkami 15, 21, 27 oznaczane odpowiednio numerami 33, 34, 35.

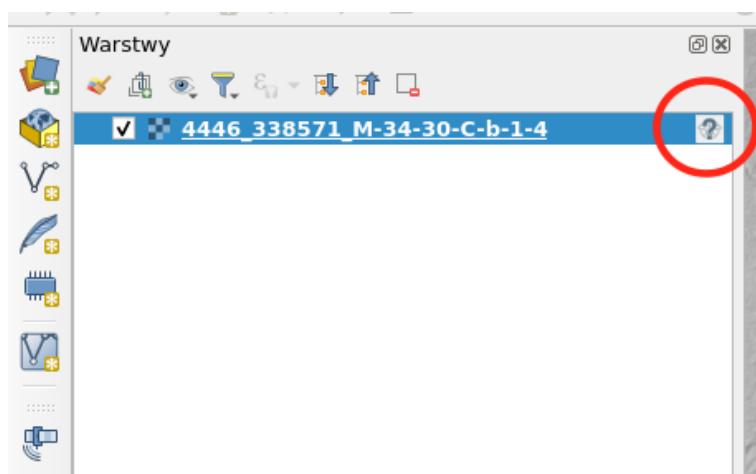
2.3 Starsze układy współrzędnych

LAEA 3035

2.4 Ćwiczenia

Przypisanie CRS warstwy rastrowej

W tym ćwiczeniu wykorzystamy zbiory numerycznego modelu terenu w formacie ASCII GRID (.asc) udostępniane poprzez Główny Urząd Geodezji i Kartografii. W katalogu "/modul1/crs/dtm" znajdziemy przykładowe pliki w takim formacie. Otwieramy okno **Data Source Manager**, z paska narzędzi lub przy pomocy skrótu (Ctrl+L) i wskazujemy w zakładce przeglądarka nasz plik rastrowy z dysku. Zwróć uwagę na ikonkę znaku **zapytania** znajdująca się po prawej stronie nazwy warstwy wyświetlanej na liście. Po naj-

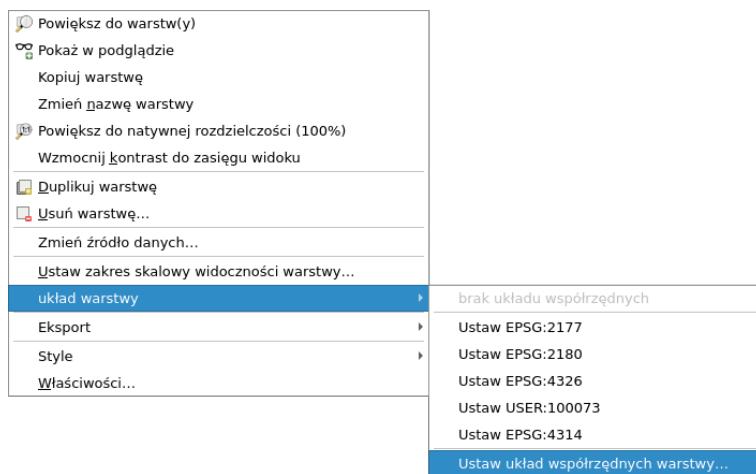


Rysunek 2.2: Ostrzeżenie o braku zdefiniowanego CRS

chaniu na ten symbol i kliknięciu otworzy się nam okno **Wybór układu współrzędnych**. W polu filtra możemy szybko odszukać potrzebny nam układ - w tym wypadku *ETRS89 / Poland CS92* o kodzie EPSG:2180. Po zatwierdzeniu OK wracamy do głównego okna mapy.

2.4. ĆWICZENIA

7



Rysunek 2.3: Menu kontekstowe warstwy - Ustawienie CRS

Zmiana odwzorowania rastra

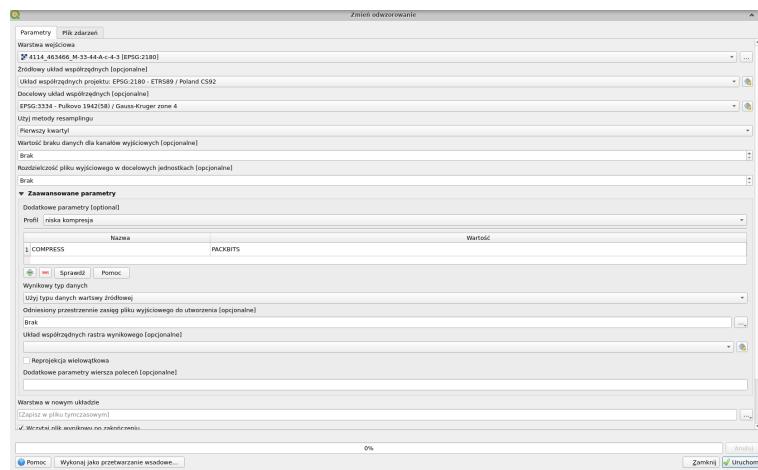
W kolejnym ćwiczeniu zmienimy odwzorowanie naszej warstwy rastrowej i zapiszemy nowy zbiór na dysku. Wykorzystamy uprzednio otwarty raster NMT. Nasze zadanie możemy wykonać na dwa sposoby. Pierwszym jest wykorzystanie algorytmu processingu **Zmień odwzorowanie**. Ukaże się nam okno algorytmu, w którym wskazujemy kolejno:

1. warstwę wejściową
2. źródłowy układ współrzędnych
3. docelowy układ współrzędnych
4. metodę resamplingu
5. możliwe jest zdefiniowanie wartości NODATA
6. dodatkowe parametry GDAL (np. kafelkowanie, typ kompresji)
7. czy warstwa wyjściowa ma być zapisana na dysk, czy tylko wyświetlona jako tymczasowa

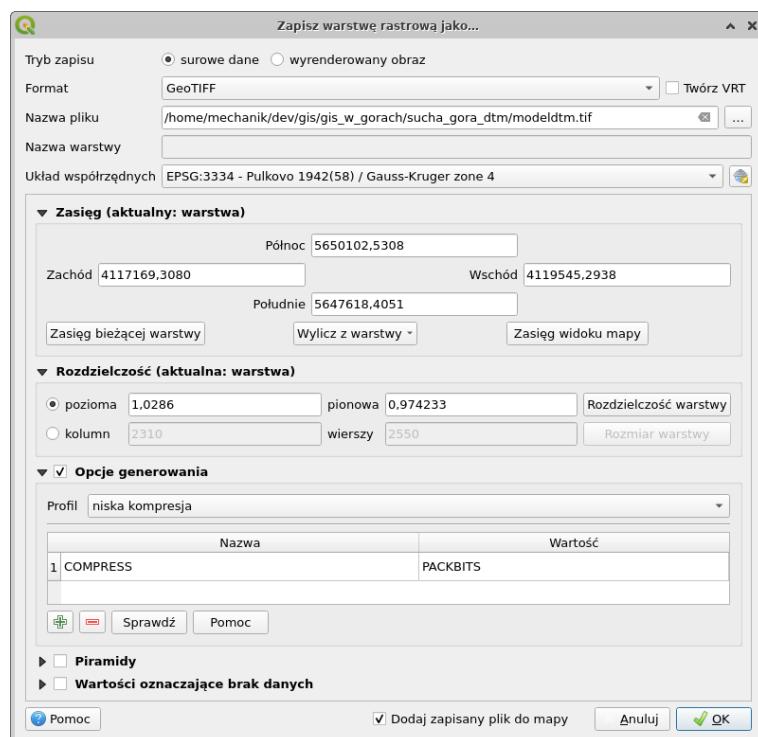
Po zatwierdzeniu następuje transformacja rastra, która zależnie od jego wielkości może potrwać nawet kilkadziesiąt sekund. Druga metodą polega na zapisaniu istniejącej warstwy przy pomocy menu kontekstowego Eksport -> Zapisz Jako. W tym wypadku również wskazujemy docelowy układ współrzędnych, ale także możemy wygodnie wskazać docelową rozdzielcość rastra.

Przypisanie układu współrzędnych wydruku

W ostatnim zadaniu tej sekcji przygotujemy arkusz wydruku mapy w odwzorowaniu azymutalnym Lamberta.

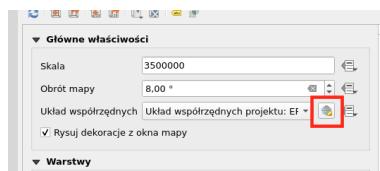


Rysunek 2.4: Zmiana odwzorowania rastra



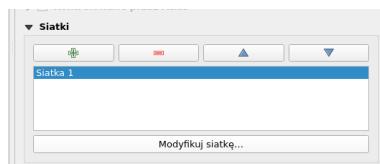
Rysunek 2.5: Menu kontekstowe warstwy - Eksport Zapisz Jako

1. Zaczniemy w pustym projekcie, od załadowania zbioru */modul1/crs/prg/wojewodztwa.shp*. Są to granice województw pochodzące z Państwowego Rejestru Granic, w układzie współrzędnych 92.
2. W kolejnym kroku uruchamiamy Menedżer wydruków i Nowy Wydruk (Ctrl+P)



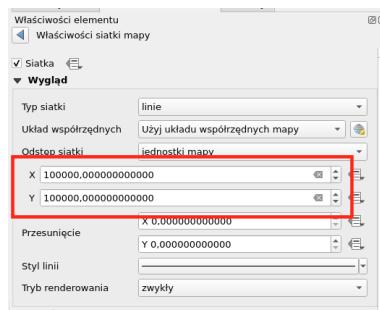
Rysunek 2.6: Właściwości mapy - zmiana układu i skali

3. Na arkuszu osadzamy obiekt mapy, we właściwościach po prawej stronie ustawiamy skalę 1:3500000, oraz obrót 9 stopni, a następnie klikamy w symbol globusu poniżej (zobacz na ilustracji) i wskazujemy układ o symbolu EPSG:3035 (ETRS89-extended/LAEA Europe).
4. W zakładce Siatka klikamy w ikonkę plusa, a następnie w przycisk Modyfikuj siatkę.



Rysunek 2.7: Zakładka Siatka - tworzenie nowej siatki kartograficznej

5. W ustawieniach Siatki (na ilustracji) wprowadzamy odstęp X i Y (wyrażony w jednostkach układu współrzędnych, tutaj metrach).



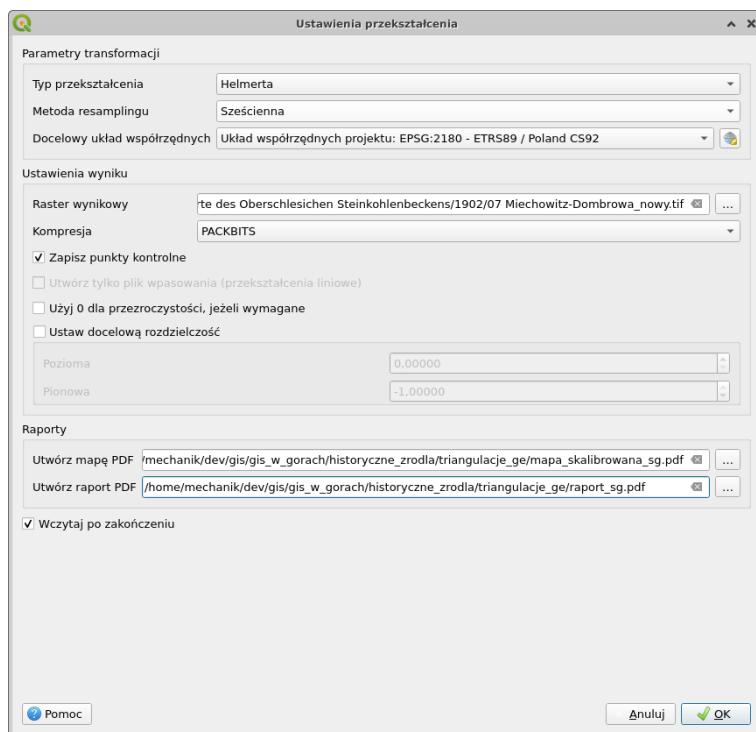
Rysunek 2.8: Właściwości siatki

6. Na koniec zmieńmy odwzorowanie naszej mapy na stożkowe Lamberta (w oknie filtra wyboru układu użyjemy EPSG:3034, ETRS89-extended/LCC Europe), oraz skalę na 1:15000000, aby stwierdzić zniekształcenie linii południkowych.

Rozdział 3

Praca z archiwalnymi rastrami

3.1 Wprowadzenie

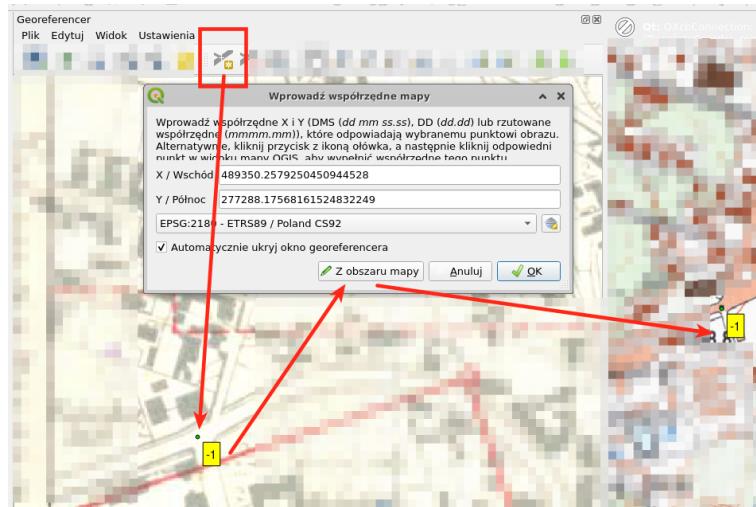


Rysunek 3.1: Ustawienia Georeferencera

3.2 Referencja do punktów wspólnych

Podstawowa metoda wyznaczania punktów kontrolnych to zaznaczenie punktu na mapie archiwalnej i wprowadzenie w pojawiającym się oknie współrzędnych, lub wskazanie

„Z obszaru mapy” czyli z materiału współczesnego, z nadaną georeferencją. Po dodaniu



Rysunek 3.2: Dodawanie punktu

odpowiedniej ilości punktów, zależnie od metody transformacji, możemy zobaczyć informację o błędzie średnim kalibracji, oraz przesunięciach dx, dy konkretnych punktów. Na podstawie tabeli możemy podjąć decyzję o poprawie lokalizacji punktu, lub jego usunięciu jako niepewnego.

Widoczny	ID	Źródłowy X	Źródłowy Y	Docelowy X	Docelowy Y	dX (jednostki mapy)	dY (jednostki mapy)	Błąd oszacowania (jednostki mapy)
✓	0	939.443	-5141.27	489350	277288	8.36621	2.36112	8.693
✓	1	1532.22	-5380.29	489854	277093	2.83428	-7.55113	8.06552
✓	2	1360.76	-4958.02	489714	277446	1.28531	-3.15068	3.40276
✓	3	938.168	-3757.15	489377	278444	-11.3963	13.8563	17.94048
✓	4	3533.66	-1548.56	491569	280311	-1.08951	-5.51561	5.62219

Kąt obrót: 0.0 ° Przekształt: Helmerta Przesunięcie (488597, 281632) Skala (0.843466, 0.843466) Obrót: -0.40117 Błąd średni: 12.9831 2936.-2011 brak

Rysunek 3.3: Tabela punktów kontrolnych

3.3 Referencja do narożników mapy

Druga z metod pracy polega na wstępny przygotowaniu siatki skorowidzowej, z punktami w współrzędnych narożników mapy. Ta metoda doskonale sprawdza się przy kalibracji map seryjnych, np. geologicznych, czy dawnych Messtichblattach, przy założeniu że skan mapy został wykonany przy dużej staranności (brak skurczu papieru, pofalowań, w miarę możliwości utrzymanie pionu). Przy takich założeniach sprawdzamy rozpiętość przestrzenną arkusza i przy pomocy narzędzia **Siatka** z menu Wektor -> Analiza tworzymy siatkę prostokątów, w układzie współrzędnych dawnej mapy, z

wskazaniem współrzędnych początkowych, oraz offsetu. Następnie włączamy przyciąganie do obiektów (menu Projekt -> Ustawienia Przyciągania) i wskazujemy jako miarę przyciągania np. 10 px. To pozwoli na bardzo sprawne i szybkie dodawanie nowych punktów, a w konsekwencji bardzo wydajną pracę.

3.4 Ćwiczenia

Kalibracja dawnej mapy górniczej

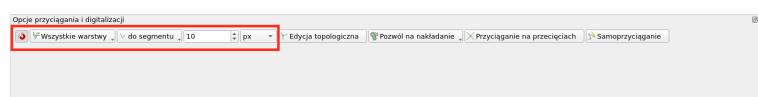
W tym ćwiczeniu skalibrujemy dawną mapę górniczą Głównej Kluczowej Sztolni Dziedzicznej, która wykonana była w odwzorowaniu Cassiniego, ale bez wskazanych współrzędnych, nie znamy też układu. Konieczne więc będzie zastosowanie metody kalibracji na punkty wspólne.

1. Uruchamiamy Georeferencer z menu Raster
2. W ustawieniach przekształcenia wskazujemy układ współrzędnych PUWG 1992 (CS92 Poland, EPSG:2180)
3. Jako metody przekształcenia użyjemy Helmerta
4. W oknie głównym mapy otworzymy warstwę WMS mapy topograficznej i przybliżymy na obszar Zabrza
5. Poprzez obserwację mapy oryginalnej i współczesnej wyszukamy punkty wspólne (co najmniej 5)
6. W ustawieniach przekształcenia wskażemy plik docelowy, plik raportu i plik mapy pdf, oraz konieczność otworzenia warstwy po zakończeniu
7. Zatwierdzamy nasze przekształcenie symbolem zielonego trójkąta (Play)

Kalibracja mapy seryjnej na siatkę

W tym przypadku wykorzystamy dwa arkusze seryjnej Szczegółowej Mapy Geologicznej PIG <http://geologia.pgi.gov.pl/> wykonane w oparciu o układ 42 i cięcie Międzynarodowej Mapy Świata. Nosi ona oznaczenia zarówno siatki kilometrowej w układzie 42 jak i współrzędnych geograficznych. Na tej podstawie przygotujemy w pierwszej kolejności siatkę prostokątów skorowidzu. Później przechodzimy do samej kalibracji.

1. W menu Projekt uruchamiamy Ustawienia przyciągania
2. Wprowadzamy ustawienie przyciągania do wierzchołków, oraz odległość 10 pikseli



Rysunek 3.4: Ustawienia przyciągania

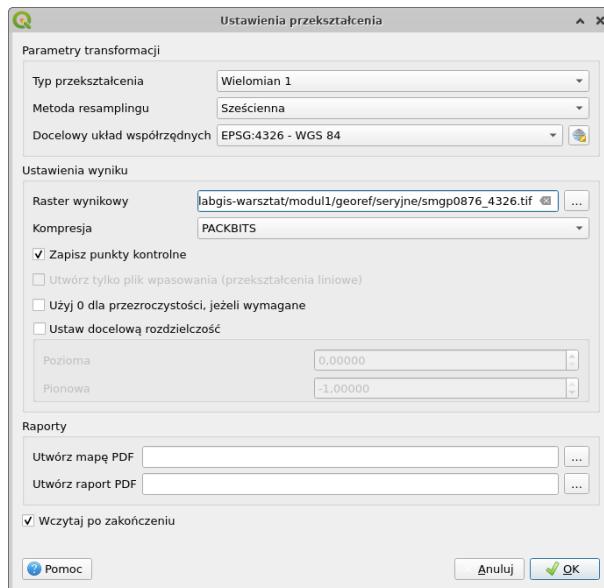
3. Uruchamiamy narzędzie **Utwórz Siatkę** z menu Wektor -> Narzędzia badawcze

4. Wprowadzamy parametry: Typ siatki Prostokąt (Poligon), Zasięg siatki 18.50,19.0,50.3333,51.00 [EPSG:4326], Odstęp w poziomie 0,25 (czyli 15'), Odstęp w pionie 0,3333 (10'), pokrycie poziome i pionowe zostawiamy 0, wskazujemy układ współrzędnych EPSG:4326 i pozostałe pola pozostawiamy bez zmian



Rysunek 3.5: Ustawienia przyciągania

5. W Georeferencerze GDAL z menu Plik wybieramy funkcję Resetuj Georeferencer
 6. Następnie otwieramy pierwszą z map znajdujących się w katalogu /modul1/georef/seryjne
 7. Wybieramy ustawienia przekształcenia, wprowadzamy nazwę pliku wynikowego, przekształcenie Wielomian 1



Rysunek 3.6: Ustawienia przekształcenia

8. Zaznaczamy kolejno cztery narożniki na mapie archiwalnej i w oknie mapy odpowiadający obiekt z siatki skorowidzowej.

9. Zatwierdzamy zmiany przy pomocy Wykonaj przekształcenie
10. Powtarzamy operację od punktu 5 dla drugiej z map

Rozdział 4

Referencja liniowa

4.1 Wprowadzenie

4.2 Przygotowanie zbioru liniowego

4.3 Wyszukiwanie lokalizacji

4.4 Ćwiczenia

Część II

Analiza

Rozdział 5

Numeryczny model terenu - wprowadzenie

Pojęciem **Numerycznego modelu terenu** (NMT) określamy zbiory danych przestrzennych najczęściej w formacie rastrowym, zawierające informacje o ukształtowaniu powierzchni terenu. Wraz z **Numerycznym Modelem Pokrycia Terenu** (NMPT) powstają obecnie z danych Lotniczego Skaningu Laserowego (ALS/LiDAR). Po klasyfikacji (przy pomocy filtrów morfologicznych) chmury punktów ALS uzyskuje się informacje o pokryciu terenu budynkami i budowlami, wysoką, średnią i niską roślinnością.

$$NMT = NMPT - \text{Obiekty} \quad (5.1)$$

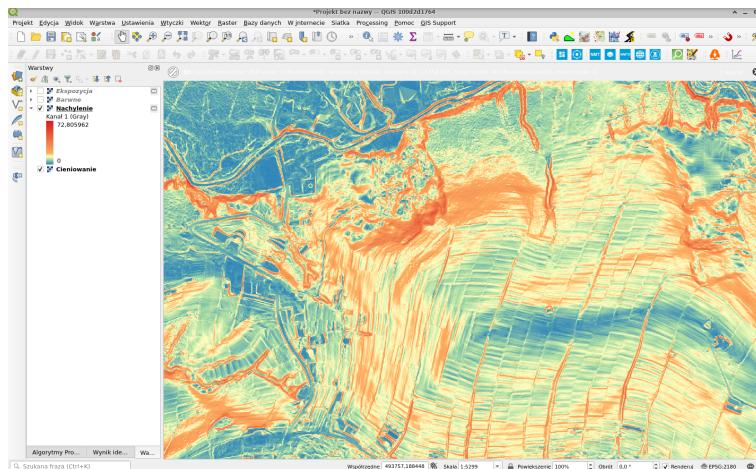
Z danych NMT możemy uzyskać wiele produktów pochodnych, wśród których najczęściej wykorzystywany jest mapa spadków, ekspozycji, wskaźniki szorstkości, wskaźniki pozycji topograficznej. Zaprezentuję tutaj kilka z nich.

5.1 Mapa spadków

Mapa spadków przedstawia informację o największym nachyleniu pomiędzy sąsiadującymi komórkami rastra. W QGIS zainstalowanym z pakietu OSGEO4W możemy wygenerować mapę spadków przy pomocy biblioteki GDAL, pakietu GRASS lub SAGA GIS. Wszystkie te algorytmy są dostępne z poziomu narzędzi *Processingu*. Podstawowym, najprostszym jest algorytm GDAL - znajdziemy go w grupie *GDAL -> Raster-Analiza*. Do wyboru mamy tutaj:

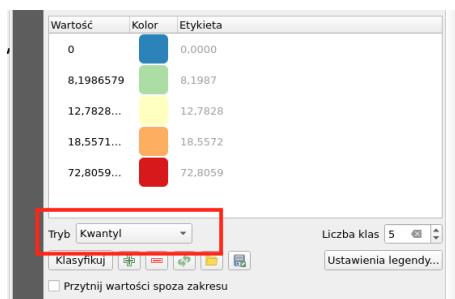
- możliwość wskazania skali dla współrzędnej Z (np. gdy wyrażona jest w stopach)
- obliczenia przy granicach, czyli sposób obliczania wartości nachylenia dla tych komórek rastra, które ze względu na położenie nie są otoczone z każdej strony conajmniej jedną inną komórką.
- wyrażenie wartości spadku w procentach a nie stopniach. Polega to na założeniu że nachylenie, przy którym deniwelacja między dwoma punktami jest równa odległości kartezańskiej, wynosi 100%. Warunek taki spełniony jest dla kąta 45° .

- Formuła Zevenbergen-Thorne zamiast Horn'a. Pierwsza z nich lepiej sprawdza się w obliczeniach terenów o łagodnych zmianach powierzchni, zaś druga w warunkach bardzo zróżnicowanego krajobrazu. Formuła Horn'a używa tzw. okna 3x3.



Rysunek 5.1: Mapa spadków

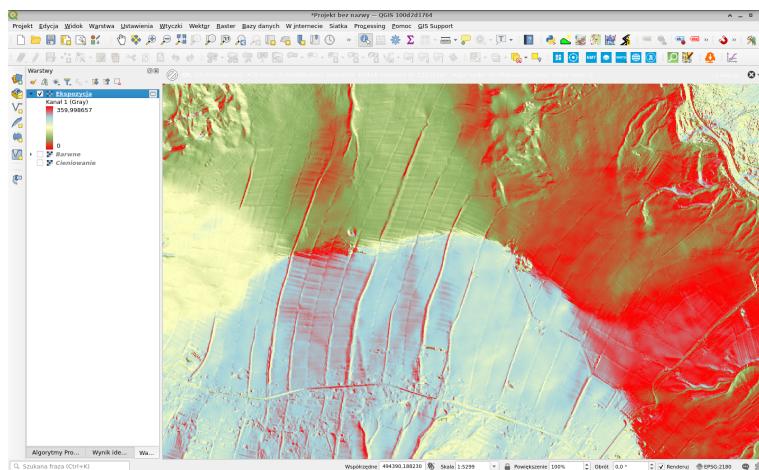
W przypadku wizualizacji mapy spadków (nachylenia) warto w ustawieniach stylizacji warstwy wskazać tryb klasyfikacji na **Kwantyl**



Rysunek 5.2: Tryb klasyfikacji - kwantyl

5.2 Mapa ekspozycji

Drugi ze wskaźników który chciałbym przedstawić to mapa ekspozycji. Przy pomocy takich samych algorytmów matematycznych oraz opcji wyliczany jest dominujący kierunek pomiędzy badaną komórką rastra a czterema lub osmioma sąsiednimi. Kierunek ten może być wyrażony w stopniach liczonych od 0° w kierunku północnym, zgodnie ze wskazówkami zegara. Istnieje również możliwość wyliczenia wartości wyrażonej jako sinus kąta.



Rysunek 5.3: Mapa ekspozycji

5.3 Inne wskaźniki topograficzne

Wśród setek algorytmów i wskaźników topograficznych spróbujmy wskazać te które w najprostszy sposób opiszą nam przestrzeń.

5.4 Ćwiczenia

Wyznaczenie strefy narażonej osuwiskowo

Stok narciarski

Wyszukanie stoku o ekspozycji północnej oraz nachylonego 10-30 stopni, wykorzystanie fuzzy logic. W tym celu wykorzystamy model numeryczny dla gminy Istebna.

1. W czystym projekcie dodajemy warstwę wirtualnego rastra z katalogu /modul2/nmt/stok
2. Wykonujemy analizę mapy spadków (nachylenia), przy pomocy narzędzi Geoprocessingu. W zakładce Processing wyszukujemy grupę GDAL, następnie Raster - Analiza. Ustawienia domyślne są wystarczające dla naszych potrzeb.
3. Następnie przygotowujemy mapę ekspozycji stoku - w grupie GDAL odszukujemy narzędzia Ekspozycja i również stosujemy ustawienia domyślne.
4. Tak przygotowane mapy posłużą nam jako wejście do algorytmu Fuzzify Raster (Gaussian Membership). Function Midpoint ustawiamy w przypadku nachylenia na 23 stopnie, zaś function spread możemy regulować w zakresie 0-1. Spróbujmy ustawić wartość 0,07 (siedem setnych). Im wartość niższa, tym łagodniejszy dzwon Gaussa.
5. Rastry wyjściowe po funkcji Fuzzy możemy teraz dodać do siebie Kalkulatorem rastra

6. W ostatnim kroku przy pomocy narzędzi r.to.vect zamienimy mapę rasterową na wektorową.

Rozdział 6

Widoczność obiektów

6.1 Dominanty krajobrazu

6.2 Osie widokowe

6.3 Ćwiczenia

Rozdział 7

Nasłonecznienie

7.1 Mapa nasłonecznienia

7.2 Zmiana warunków

7.3 Potencjał solarny

7.4 Ćwiczenia

Strefy cienia

Jakość powierzchni dachowych dla fotowoltaiki

Rozdział 8

Wskaźniki urbanizacyjne

8.1 Powierzchnia zabudowy

8.2 Wskaźnik intensywności zabudowy

8.3 Powierzchnia biologicznie czynna

8.4 Ćwiczenia

Wyliczanie powierzchni zabudowy

Rozdział 9

Publikacja w internecie

9.1 GeoPDF

9.2 Strona html z osadzoną mapą

9.3 Geoportal Lizmap/QWC

9.4 Usługi w chmurze

9.5 Ćwiczenia

Nowa droga rowerowa

Plan zagospodarowania

Spis treści

I Odniesienia przestrzenne	1
1 Zbiory danych przestrzennych	2
1.1 Wymagania prawne	2
1.2 GeoPackage - następca Shapefile	2
1.3 Baza danych w GeoPackage	2
2 Układy współrzędnych	3
2.1 CRS i układ współrzędnych	3
2.2 Uwarunkowania prawne	4
2.3 Starsze układy współrzędnych	6
2.4 Ćwiczenia	6
3 Praca z archiwalnymi rastrami	10
3.1 Wprowadzenie	10
3.2 Referencja do punktów wspólnych	10
3.3 Referencja do narożników mapy	11
3.4 Ćwiczenia	13
4 Referencja liniowa	16
4.1 Wprowadzenie	16
4.2 Przygotowanie zbioru liniowego	16
4.3 Wyszukiwanie lokalizacji	16
4.4 Ćwiczenia	16
II Analiza	17
5 Numeryczny model terenu - wprowadzenie	18
5.1 Mapa spadków	18
5.2 Mapa ekspozycji	19
5.3 Inne wskaźniki topograficzne	20
5.4 Ćwiczenia	20
6 Widoczność obiektów	22
6.1 Dominanty krajobrazu	22

SPIS TREŚCI	27
6.2 Osie widokowe	22
6.3 Ćwiczenia	22
7 Nasłonecznienie	23
7.1 Mapa nasłonecznienia	23
7.2 Zmiana warunków	23
7.3 Potencjał solarny	23
7.4 Ćwiczenia	23
8 Wskaźniki urbanizacyjne	24
8.1 Powierzchnia zabudowy	24
8.2 Wskaźnik intensywności zabudowy	24
8.3 Powierzchnia biologicznie czynna	24
8.4 Ćwiczenia	24
9 Publikacja w internecie	25
9.1 GeoPDF	25
9.2 Strona html z osadzoną mapą	25
9.3 Geoportal Lizmap/QWC	25
9.4 Usługi w chmurze	25
9.5 Ćwiczenia	25
Bibliografia	28

Bibliografia

A. Affek. Georeferencing of historical maps using gis, as exemplified by the austrian military surveys of galicia. online, 2013. URL http://rcin.org.pl/igipz/Content/40957/WA51_58447_r2013-t86-no4_G-Polonica-Affek.pdf.