

Formaty i relacje przestrzenne w QGIS

Tomasz Nycz

28 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

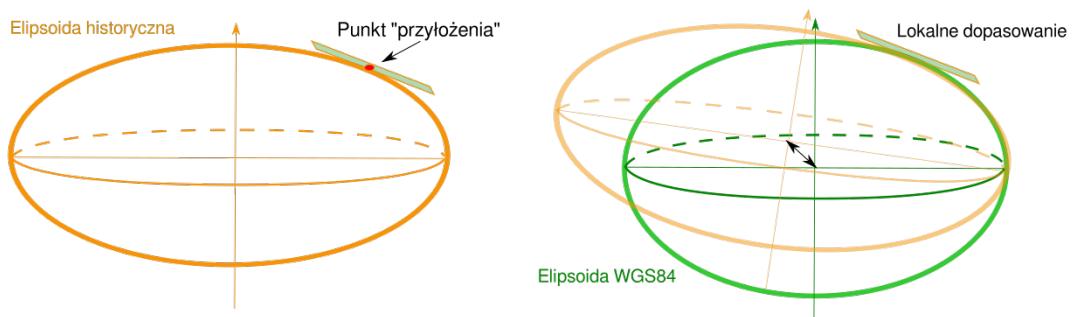
Rozdział 2

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.

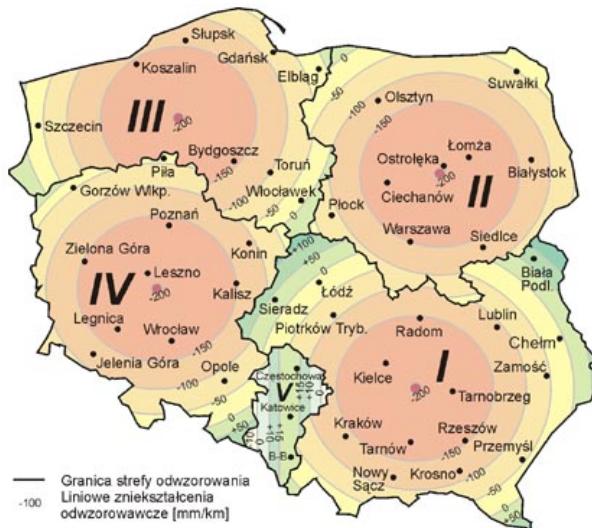
UTM, LAEA, LCC

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

Dawniej w naszym kraju stosowano wiele układów współrzędnych, o różnorodnych cechach. By wymienić choćby układ „42” oparty o odwzorowanie Gaussa-Krügera, elipsoidę Krassowskiego z punktem przyłożenia w Pułkowie. Na jego podstawie opracowano największy zbiór map topograficznych w skali 1:10000 naszego kraju. Należy pamiętać że występował on w dwóch różnych wariantach stref odwzorowawczych (pasów południkowych) - 6 i 3 stopniowych. Strefy 6° obowiązywały przy realizacji map w skali 1:10000 i mniejszych. W późniejszym okresie stworzono układ współrzędnych 1965. Cechował się on występowaniem 5 stref odwzorowawczych, z których cztery zrealizowane były w odwzorowaniu quasi-stereograficznym, zaś strefa 5, obejmująca obszar dawnego (przed 1975 rokiem) województwa śląskiego w odwzorowaniu Gaussa-Krügera. W związku z tym na styku stref nie ma możliwości łatwego śklejenia arkuszy mapy. Mogą one cechować się innym obrotem, oraz innymi zniekształceniami odwzorowawczymi w punkcie. W



Rysunek 2.2: Zniekształcenia odwzorowawcze stref układu 1965, źródło: Instrukcja O-1/O-2 z 2001 r.

obiegu występują również mapy archiwalne w układzie Borowa Góra (w województwie śląskim zasób ten, w dyspozycji Archiwum Państwowego w Katowicach, we współpracy z Wojewódzkim Ośrodkiem Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej został przetwo-

rzony do usługi WMS w układzie 1992), układzie Sucha Góra (dokumentacja górnicza i dawne mapy topograficzne pruskie).

2.4 Identyfikatory i parametry - rozpoznanie układu

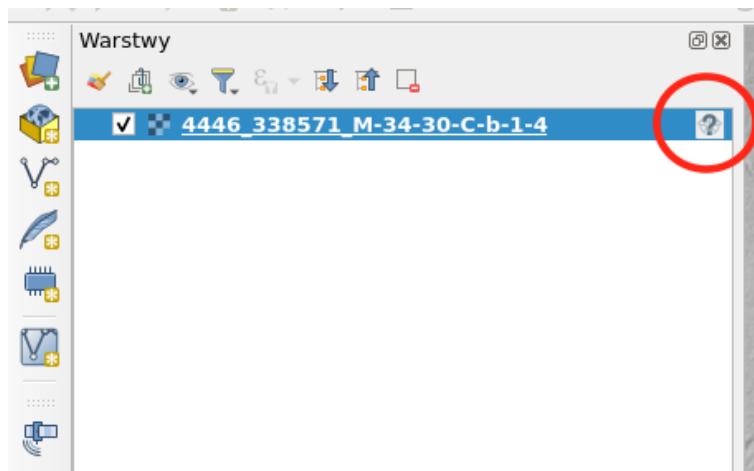
Aby ułatwić przyszłą pracę z układami współrzędnych w środowisku GIS zbierzymy tutaj niektóre parametry wspomnianych wcześniej układów

Nazwa układu	Kod EPSG
Układ 1992	2180
Układ 2000	2176,2177,2178, 2179
Układ 1965	3120 (I), 2172 (II), 2174 (III), 2174 (IV), 2175 (V)
Układ 1942 (strefy 3°)	3329 (5/ 15°), 3330 (6/ 18°) 3331 (7/ 21°) 3332 (8/ 24°)
Układ 1942 (Pułkowo) strefy 6°	3333 (3/ 15°), 3334 (4/ 21°)
LCC	3034
LAEA	3035
UTM	32633 (33N), 32634 (34N)

2.5 Ćwiczenia

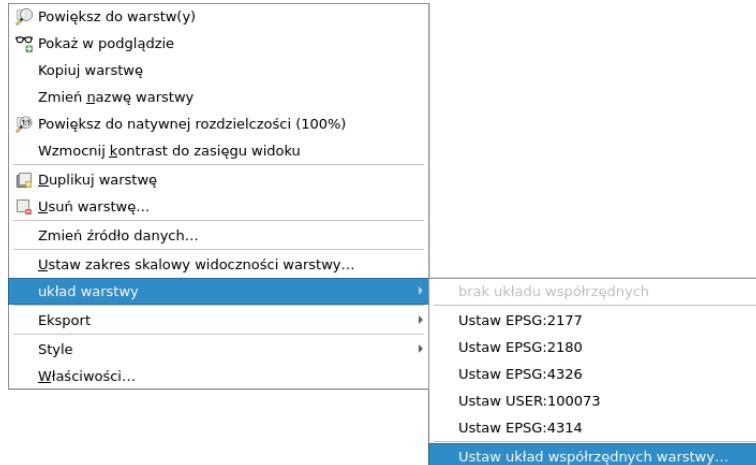
Przypisanie CRS warstwy rastrowej

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 *zapytania* znajdująca się po prawej stronie nazwy warstwy wyświetlonej na liście. Po naj-



Rysunek 2.3: Ostrzeżenie o braku zdefiniowanego CRS

chniąć 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.



Rysunek 2.4: Menu kontekstowe warstwy - Ustawienie CRS

Zmiana odwzorowania rastra

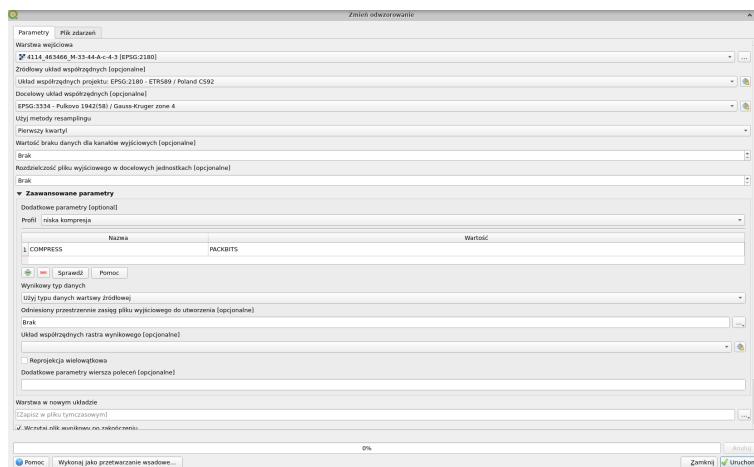
W kolejnym ćwiczeniu zmienimy odwzorowanie naszej warstwy rastrowej i zapiszemy nowy zbiór na dysku. Wykorzystamy uprzednio otwarty raster NMT. Nasze zadanie możemy wykonać na dwa sposoby. Pierwszym jest wykorzystanie algorytmu processingu **Zmień odwzorowanie**. Ukaże się nam okno algorytmu, w którym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

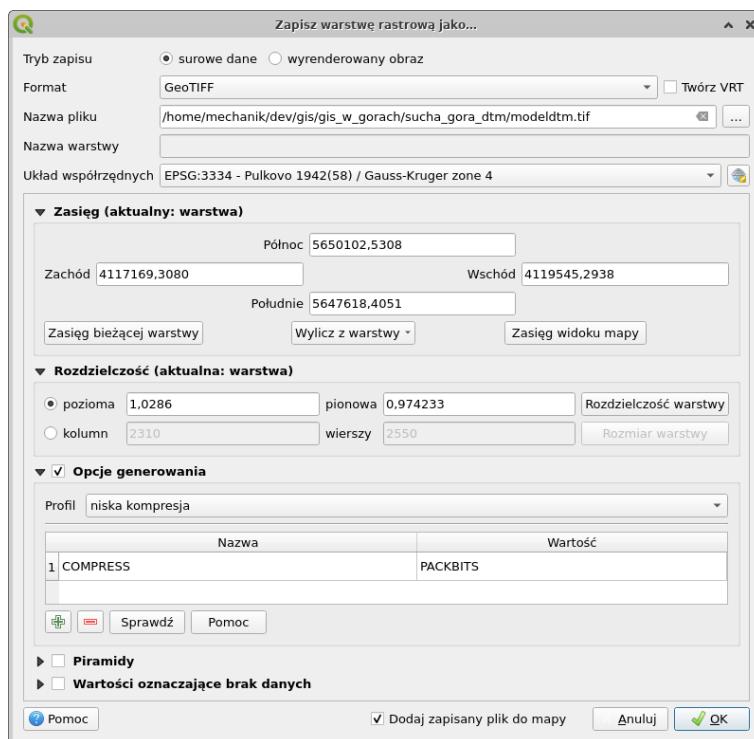
Po zatwierdzeniu następuje transformacja rastra, która zależnie od jego wielkości może potrwać nawet kilkadziesiąt sekund. Druga metodą polega na zapisaniu istniejącej warstwy przy pomocy menu kontekstowego Eksport -> Zapisz Jako. W tym wypadku również wskazujemy docelowy układ współrzędnych, ale także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

2.5. ĆWICZENIA

9



Rysunek 2.5: Zmiana odwzorowania rastra



Rysunek 2.6: Menu kontekstowe warstwy - Eksport Zapisz Jako

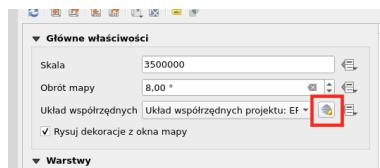
Przypisanie układu współrzędnych wydruku

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

1. Zaczniemy w pustym projekcie, od załadowania zbioru `/modul1/crs/wojewodztwa.shp`.

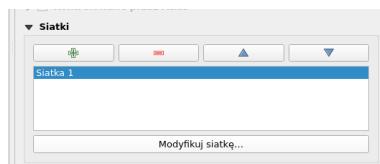
Są to granice województw pochodzące z Państwowego Rejestru Granic, w układzie współrzędnych 92.

2. W kolejnym kroku uruchamiamy Menedżer wydruków i Nowy Wydruk (Ctrl+P)



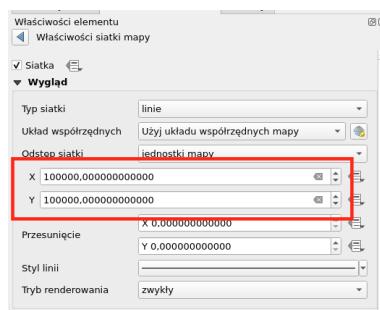
Rysunek 2.7: Właściwości mapy - zmiana układu i skali

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 2.8: 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 2.9: Właściwości siatki

6. Na koniec zmierzymy 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

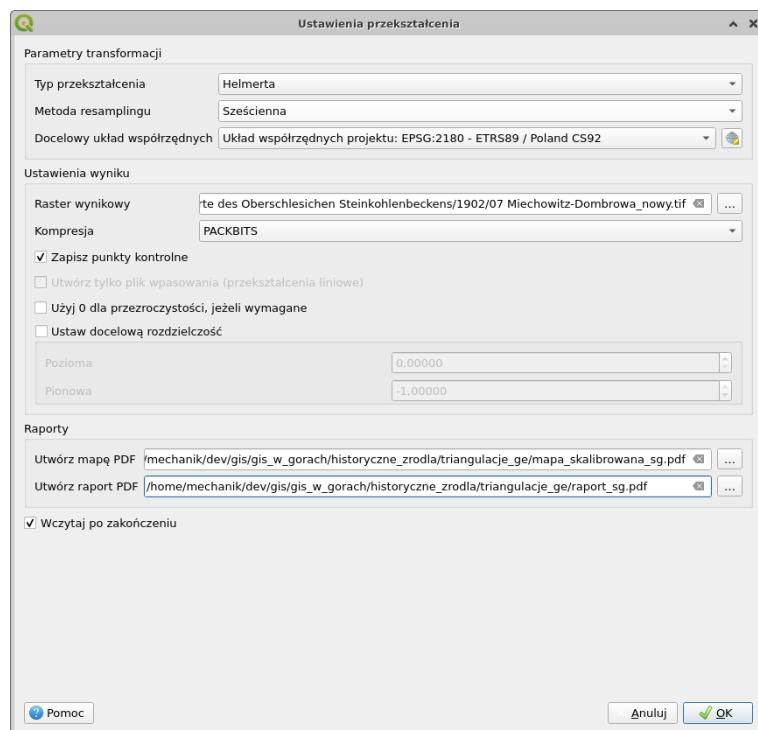
Praca z archiwalnymi rastrami

3.1 Wprowadzenie

W niektórych przypadkach do prac w projekcie musimy dołączyć dane starsze, nie wytworzzone w systemie GIS - np. tradycyjne mapy topograficzne, górnicze, czy plany i szkice. Aby tu uczynić musimy wykonać operację nadania georeferencji rastra, nazywanej również kalibracją rastra. W wyniku tej operacji do pliku w formacie GeoTIFF oprócz informacji graficznej dołączona zostanie również informacja o współrzędnych geograficznych narożników obrazu. Jeśli jednak dane archiwalne cechują się niską jakością (np. źle wykonane skanowanie mapy), konieczne będzie w tym kroku również jej wpasowanie w taki sposób, aby współrzędne w obrębie całego arkusza zmieniały się liniowo. Całość tych zadań realizuje wtyczka Georeferencer GDAL, która w standardowej instalacji QGIS jest domyślnie zainstalowana i aktywowana. Odnaleźć ją możemy w menu Raster. Jeśli uruchomimy wtyczkę i przejdziemy do ustawień przekształcenia (ikonka trybiku, lub menu Ustawienia), możemy zauważać, że do naszej pracy będądziemy potrzebowali pewnych informacji. Pierwszą jest docelowy układ współrzędnych. Warto tu zaznaczyć, że nie musimy on być zbieżny z układem współrzędnych i odwzorowaniem pierwotnym. Pod warunkiem odpowiedniej ilości punktów kontrolnych, operacja transformacji graficznej może dać całkiem dobre wyniki. Kolejną jest typ przekształcenia z następującymi cechami:

Typ	Opis	Ilość GCP
Liniowa	Podstawowy, najprostszy tryb, polegający wyłącznie na translacji, bez zmiany skali i obrotu.	3
Helmerta	Transformacja Helmerta w jej klasycznej postaci, to jest translacja wraz ze zmianą skali i obrotem. Przy dobrej jakości skanie, oraz zgodności odwzorowań pierwotnego i docelowego, jest to metoda najszybsza.	4
Wielomiany 1-3	Transformacja wielomianowa jest najczęściej stosowaną. Wielomian drugiego stopnia pozwala na wprowadzenie poza zmianami opisanymi w transformacji Helmerta, również krzywiznę.	5-10
Funkcja sklejana (TPS)	Thin Plate Spline pozwala na wyrównywanie lokalnych deformacji, szczególnie przy bardzo złej jakości skanach.	3
Odwzorowane (rzutowe)	Tryb podobny do liniowego, z możliwością obrotu	3

Punkty kontrolne (GCP) możemy wprowadzać w oparciu o współrzędne numeryczne

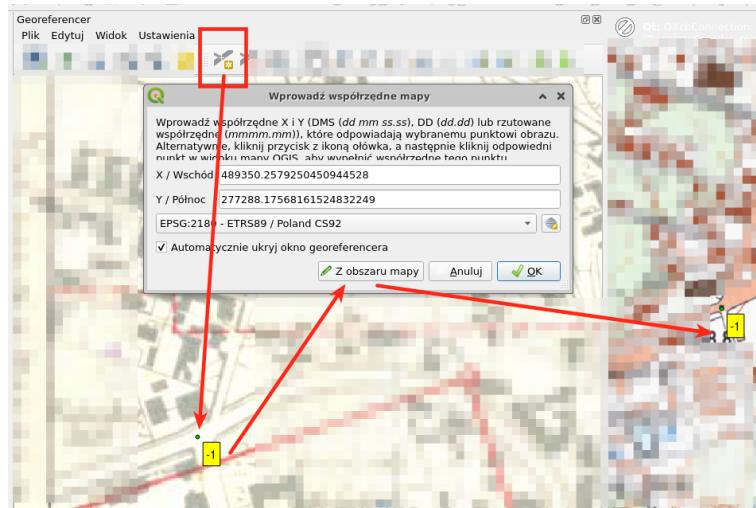


Rysunek 3.1: Ustawienia przekształcenia

lub poprzez wskazanie na mapie współczesnej (warstwie rastrowej lub wektorowej o wcześniej nadanej georeferencji). Szczególnym rozwinięciem tej drugiej metody jest kalibracji na „narożniki mapy”.

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.

Tabela punktów kontrolnych							
Widoczny	ID	Źródłowy X	Źródłowy Y	Docelowy X	Docelowy Y	dX (jednostki mapy)	dY (jednostki mapy)
✓	0	939.443	-5141.27	489350	277288	0.36621	2.36112
✓	1	1532.22	-5380.29	489854	277093	2.83428	-7.55113
✓	2	1360.76	-4958.02	489714	277446	1.28531	-3.15068
✓	3	938.168	-3757.15	489577	278444	-11.3963	13.8563
✓	4	3533.66	-1548.56	491569	280311	-1.08951	-5.51561
Błąd oszacowania (jednostki mapy)							
Błąd średni: 12.9831							

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

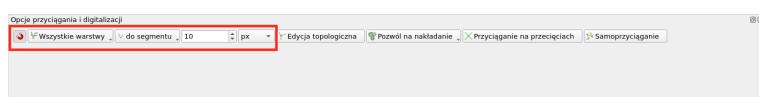
W tym ćwiczeniu skalibrujemy dawną mapę górniczą Głównej Kluczowej Sztolni Dziedzicznej, która wykonana była w odwzorowaniu Cassiniego, ale bez wskazanych współrzędnych, nie znamy też układu. Konieczne więc będzie zastosowanie metody kalibracji na punkty wspólne.

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 Zabrze
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

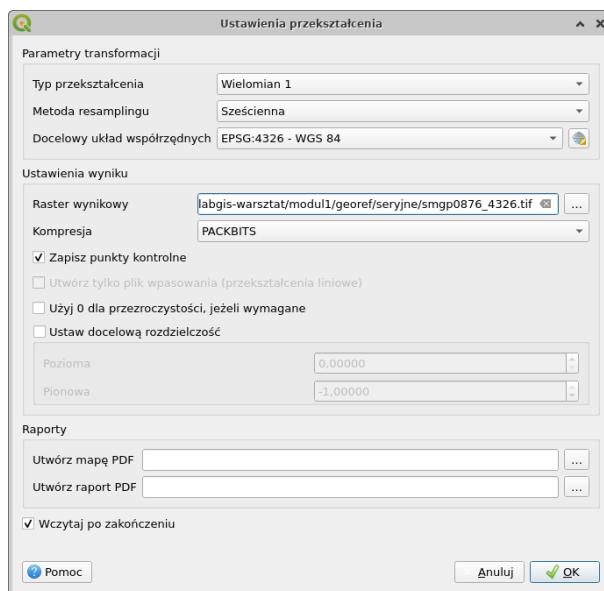
3. Uruchamiamy narzędzie **Utwórz Siatkę** z menu Wektor -> Narzędzia badawcze

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.

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

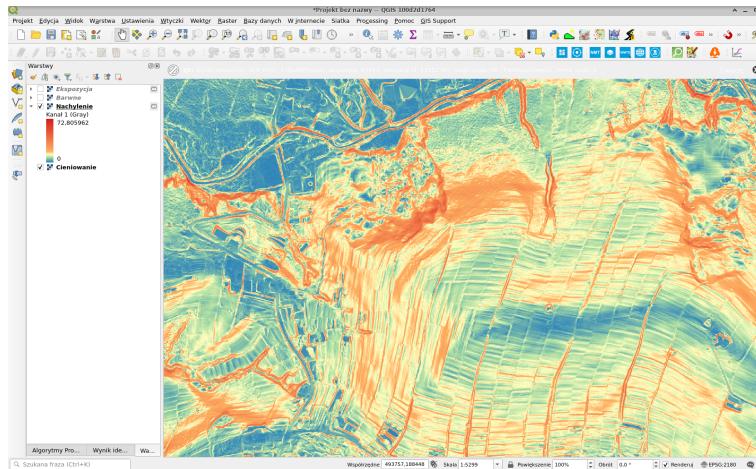
Z danych NMT możemy uzyskać wiele produktów pochodnych, wśród których najczęściej wykorzystywany jest mapa spadków, ekspozycji, wskaźniki szorstkości, wskaźniki pozycji topograficznej. Zaprezentuję tutaj kilka z nich.

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:

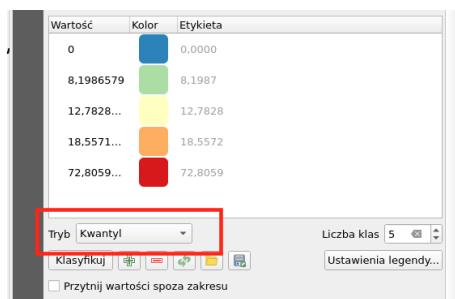
- możliwość wskazania skali dla współrzędnej Z (np. gdy wyrażona jest w stopach)
- obliczenia przy granicach, czyli sposób obliczania wartości nachylenia dla tych komórek rastra, które ze względu na położenie nie są otoczone z każdej strony conajmniej jedną inną komórką.
- wyrażenie wartości spadku w 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

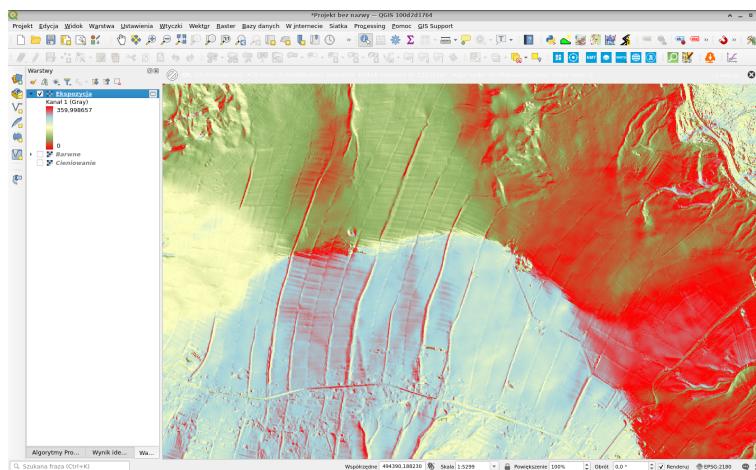
W przypadku wizualizacji mapy spadków (nachylenia) warto w ustawieniach stylizacji warstwy wskazać tryb klasyfikacji na **Kwantyl**



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 Identyfikatory i parametry - rozpoznawanie układu	7
2.5 Ćwiczenia	7
3 Praca z archiwalnymi rastrami	12
3.1 Wprowadzenie	12
3.2 Referencja do punktów wspólnych	14
3.3 Referencja do narożników mapy	14
3.4 Ćwiczenia	16
4 Referencja liniowa	19
4.1 Wprowadzenie	19
4.2 Przygotowanie zbioru liniowego	19
4.3 Wyszukiwanie lokalizacji	19
4.4 Ćwiczenia	19
II Analiza	20
5 Numeryczny model terenu - wprowadzenie	21
5.1 Mapa spadków	21
5.2 Mapa ekspozycji	22
5.3 Inne wskaźniki topograficzne	23
5.4 Ćwiczenia	23
6 Widoczność obiektów	25

6.1 Dominanty krajobrazu	25
6.2 Osie widokowe	25
6.3 Ćwiczenia	25
7 Nasłonecznienie	26
7.1 Mapa nasłonecznienia	26
7.2 Zmiana warunków	26
7.3 Potencjał solarny	26
7.4 Ćwiczenia	26
8 Wskaźniki urbanizacyjne	27
8.1 Powierzchnia zabudowy	27
8.2 Wskaźnik intensywności zabudowy	27
8.3 Powierzchnia biologicznie czynna	27
8.4 Ćwiczenia	27
9 Publikacja w internecie	28
9.1 GeoPDF	28
9.2 Strona html z osadzoną mapą	28
9.3 Geoportal Lizmap/QWC	28
9.4 Usługi w chmurze	28
9.5 Ćwiczenia	28
Bibliografia	31

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.