

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Zastosowanie GIS w badaniach przyrodniczych, ArcGIS Pro, Ćwiczenie 5

Wizualizacja jaskini znajdującej się pod miastem

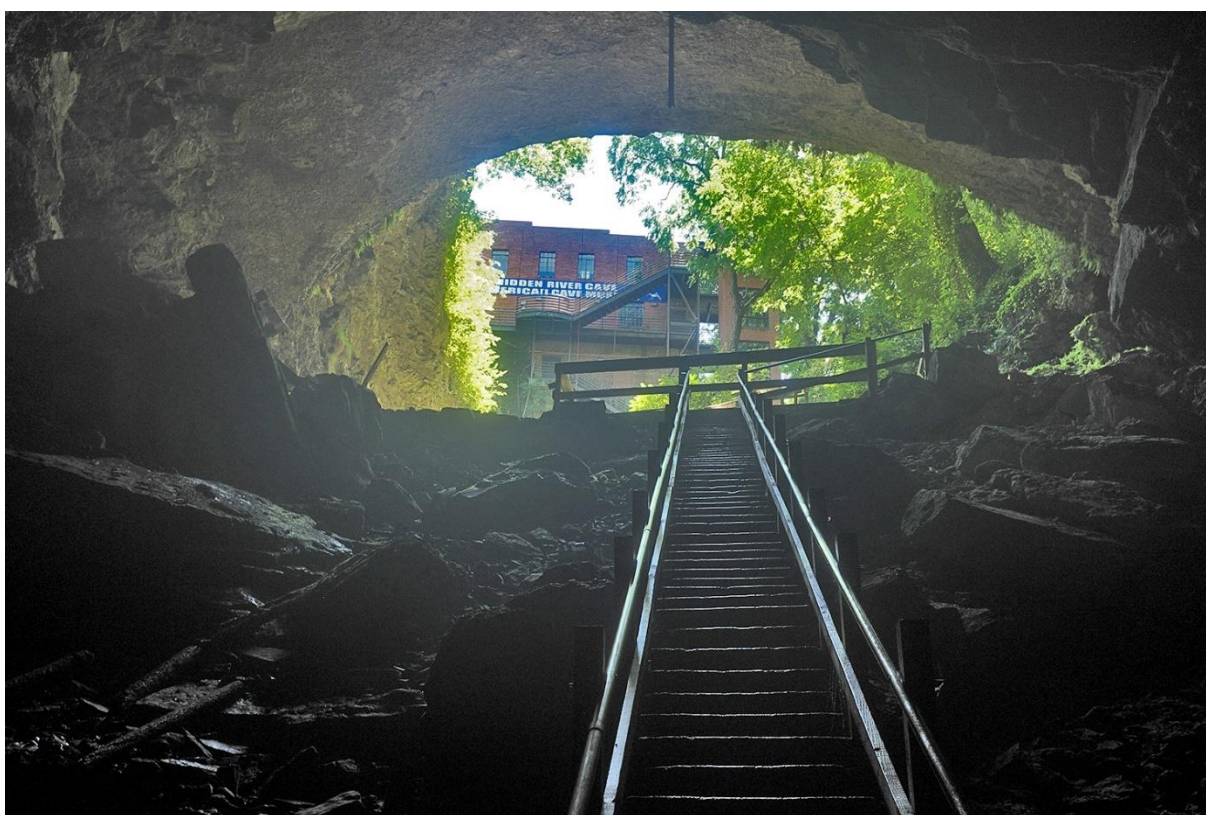
Tworzenie NMT typu TIN, przekroje morfologiczne, analiza linii wzroku

Na podstawie materiałów szkoleniowych ESRI
Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH

<http://home.agh.edu.pl/bartus>
21.10.2025 09:23:00

Wprowadzenie

Miasto Horse Cave (Kentucky, USA) jest usytuowane ponad jaskinią, która niegdyś służyła miastu jako źródło wody pitnej oraz elektrownia wodna ([Ryc. 1](#)). Niestety płynące wody podziemne zostały zanieczyszczone przez ścieki pochodzące z gospodarstw domowych oraz ścieki przemysłowe. Przeprowadzone badania wykazały również związek pomiędzy wysypiskiem śmieci a skażeniem wód podziemnych. W wyniku powstania w 1989 roku nowej instalacji kanalizacyjnej oraz dzięki wspólnym wysiłkom fundacji: *Cave Research Foundation* i stowarzyszenia *American Cave Conservation Association* (ACCA), wody podziemne są czystsze i wstęp do jaskini został przywrócony. Obecnie opisywana jaskinia jest trasą turystyczną i edukacyjną wykorzystywaną przez ACCA.



Ryc. 1. Jaskinia Hidden River Cave/American Cave w miasteczku Horse Cave (Kentucky, USA); Wikipedia

Ćwiczenie będzie polegało na stworzeniu trójwymiarowej wizualizacji miasta wraz z występującą pod nim jaskinią. Pomoże ona w lepszym zrozumieniu przestrzennej koegzystencji miasta i obiektu. Dodatkowo zostanie przeprowadzona prosta analiza morfologii terenu.

Dane wykorzystywane w tym ćwiczeniu zostały udostępnione przez ACCA. Ćwiczenie pochodzi z zasobów firmy ESRI.

Wymagane oprogramowanie: ArcGIS Pro.

Ćwiczenie 4

Zagadnienia:

- Tworzenie i praca z NMT w formacie TIN przy użyciu *ArcGIS Pro*.
- Nakładanie (drapowanie) warstw na utworzony model NMT.
- Konstrukcja i symbolizacja zbioru danych TIN w celu dokładnej reprezentacji modelu 3D.
- Tworzenie profili morfologicznych.
- Analiza widoczności wzdłuż linii wzroku.

1. Zapoznanie się z danymi

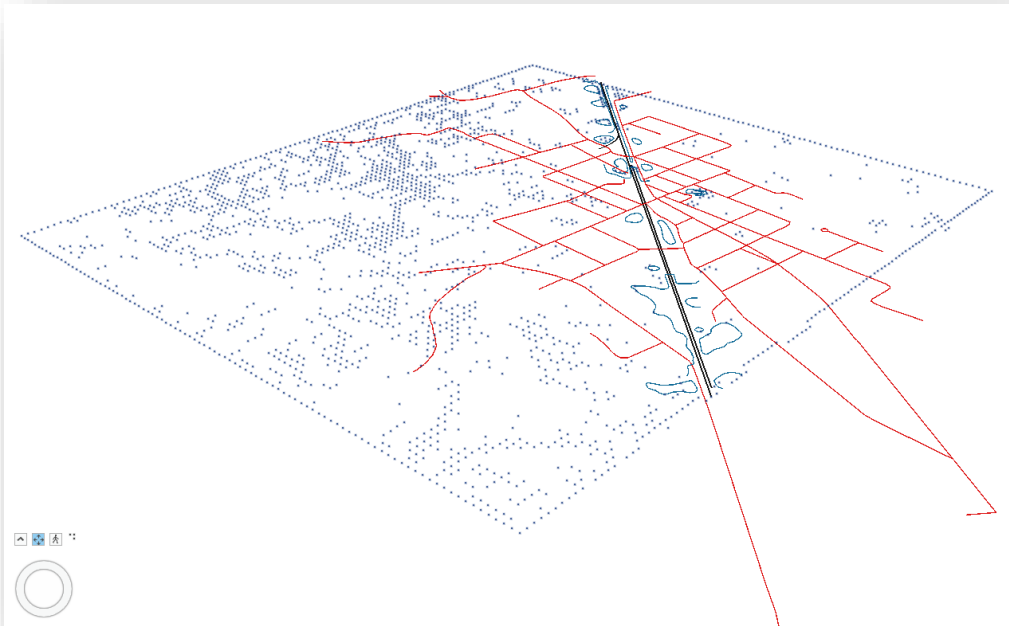
Na początku zostanie otworzona scena *HorseCave* pokazująca jaskinię oraz dodatkowe warstwy dotyczące terenu. Dane ukształtowania terenu zostaną wykorzystane do utworzenia NMT w postaci TIN oraz rozciągnięcia (*drape*) na nim innych warstw w celu zobrazowania położenia jaskini i miasta.

- 1.1. Ze wskazanej [lokalizacji](#) pobierz dane do ćwiczenia.
- 1.2. Do swojej domowej lokalizacji przenieś wypakowane archiwum z folderem ...\\Imię_Nazwisko\\3DAnalyst\\.
- 1.3. W folderze ...\\3DAnalyst\\ utwórz podfolder \\src\\.
- 1.4. Do utworzonego folderu \\src\\ przenieś archiwum ćwiczeniowe (3DAnalyst.zip).

Dane do ćwiczenia znajdują się w podfolderze ...\\3DAnalyst\\HorseCave\\.

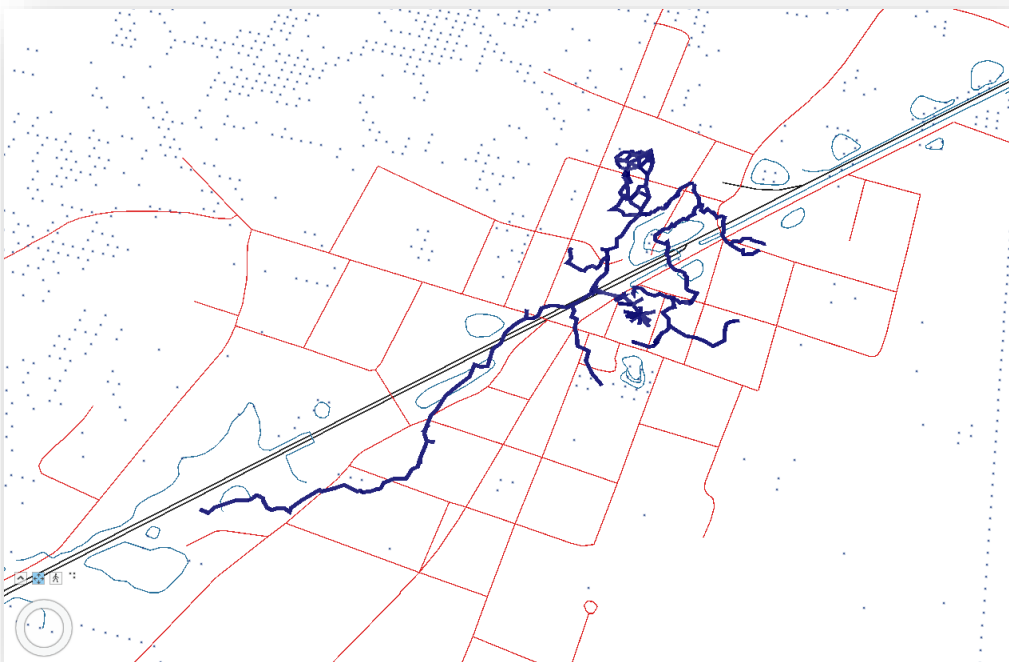
- 1.5. Uruchom plik projektowy *HorseCave.aprx*.

ArcGIS Pro zostanie otworzony w szablonie **Local Scene** umożliwiającym tworzenie lokalnych projektów 3D. Otwarta scena zawiera warstwy z lokalizacją punktów wysokościowych (*vipoints*), dróg (*roads*), torów kolejowych (*railroad*), istotnych danych hipsograficznych (*brklines*), przebiegiem jaskini znajdującej się pod miastem (*Cavesurvey*) oraz zdjęcie lotnicze ([Ryc. 2](#)). W panelu zawartości widoczność niektórych warstw jest wyłączona.



Ryc. 2. Scena z lokalizacją dróg, torów kolejowych, punktami wysokościowymi oraz warstwą istotnych linii hipsometrycznych

- 1.6. W panelu zawartości włącz wyświetlanie warstwy Cavesurvey.
- 1.7. W panelu zawartości kliknij ppm na warstwie Cavesurvey i z menu kontekstowego wybierz polecenie *Zoom to Layer (Powiększ do warstwy)* (Ryc. 3).



Ryc. 3. Przebieg korytarzy jaskini Hidden River Cave pod miastem

- 1.8. Naciśnij kółeczko myszy i przesunij kursor do góry i na dół. Widać, że warstwa jaskini jest wyświetlana w przestrzeni 3D.

Dane dotyczące jaskini zawierają współrzędną Z, dzięki której rysowane są automatycznie w 3D. Zgodnie z oglądaną sceną, znajdują się one poniżej pozostałych danych, które mają przypisaną wysokość domyślną równą 0 m n.p.m. W kolejnym etapie ćwiczenia zostanie zbudowany numeryczny model terenu TIN, na który nałożone zostaną ulice i zdjęcie lotnicze miasta.

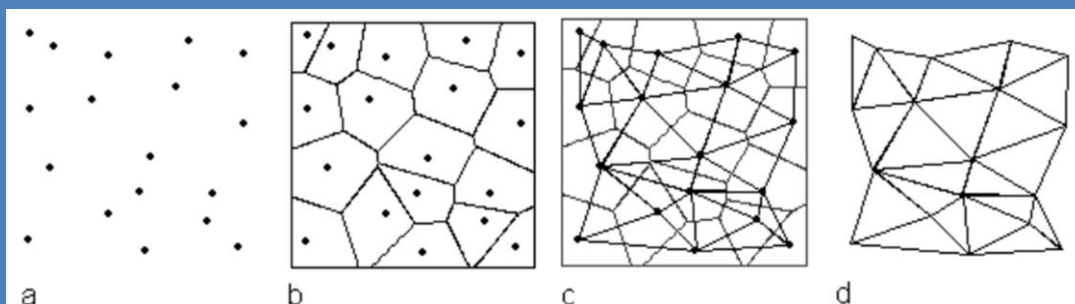
2. Utworzenie modelu TIN z danych punktowych

W tej części ćwiczenia na podstawie dyskretnej, nieregularnej sieci punktów o znanej wysokości n.p.m. utworzymy ciągłą powierzchnię **Numerycznego Modelu Terenu** (NMT). Do jego utworzenia zastosujemy model *Triangular Irregular Networks* (TIN).

Triangular Irregular Networks (TIN)

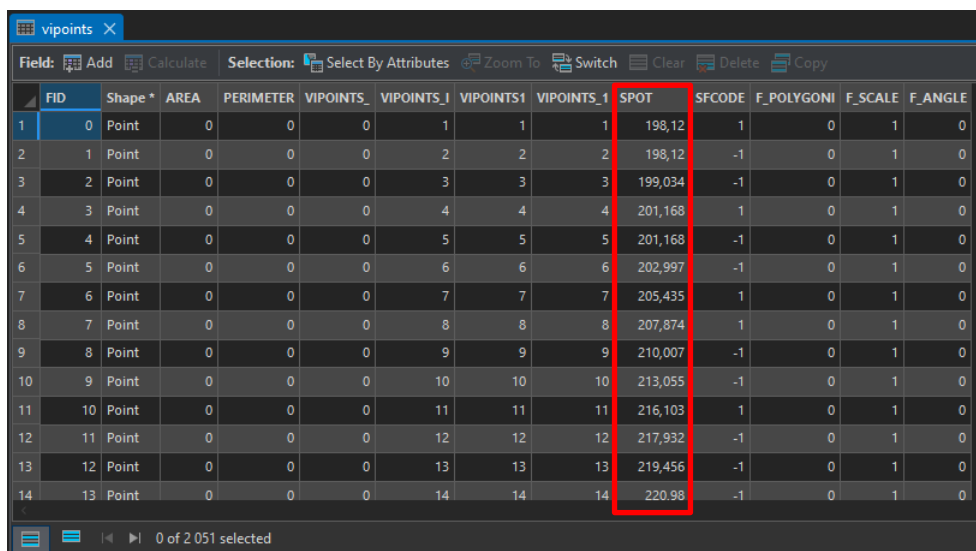
to sposób reprezentowania powierzchni trójwymiarowych za pomocą trójkątów. Jest to technika używana w kartografii i GIS do modelowania terenu. TIN składa się z wielu połączonych trójkątów. Każdy trójkąt jest określony przez trzy wierzchołki (punkty), które mają znane współrzędne X, Y (położenie na płaszczyźnie) oraz Z (wysokość). Konstrukcja sieci odbywa się z zastosowaniem **triangulacji Delanuaya**. Trójkąty tworzone są w ten sposób aby żaden z punktów nie należących do niego nie był położony wewnątrz okręgu opisanego na trójkącie. W praktyce konstrukcja sieci trójkątów przebiega w 4 etapach:

- Mamy punkty ze znanymi wartościami wysokości,
- punkty są otaczane poligonami Thiessen'a (Voronoi),
- punkty, dla których wieloboki Thiessen'a posiadają wspólne krawędzie są ze sobą łączone,
- w rezultacie powstaje siatka trójkątów.



TIN pozwala na dokładne przedstawienie nierówności terenu, takich jak wzgórza, doliny i stoki. Modele TIN są mniej powszechnie dostępne niż modele powierzchni rastrowych i zazwyczaj są droższe w budowie i przetwarzaniu. Koszt uzyskania dobrych danych źródłowych może być wysoki, a przetwarzanie sieci TIN ze względu na złożoną strukturę danych jest zazwyczaj mniej wydajne niż przetwarzanie danych rastrowych.

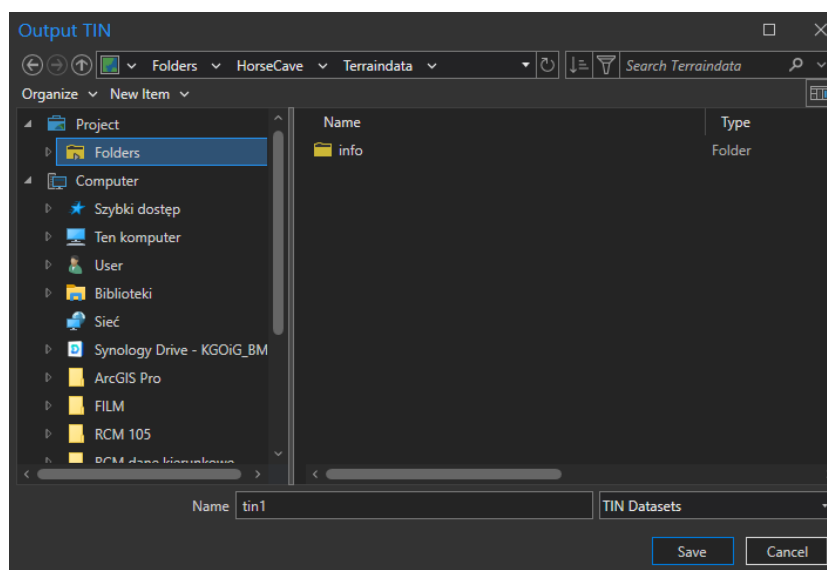
Danymi wejściowymi dla modelu TIN będzie klasa obiektów punktowych *vipoints*, która w tabeli atrybutów posiada pole *SPOT* reprezentujące wysokość n.p.m. każdego punktu (Ryc. 4).



	FID	Shape	AREA	PERIMETER	VIPOINTS_	VIPOINTS_I	VIPOINTS1	VIPOINTS_1	SPOT	SFCODE	F_POLYGONI	F_SCALE	F_ANGLE
1	0	Point	0	0	0	1	1	1	198,12	1	0	1	0
2	1	Point	0	0	0	2	2	2	198,12	-1	0	1	0
3	2	Point	0	0	0	3	3	3	199,034	-1	0	1	0
4	3	Point	0	0	0	4	4	4	201,168	1	0	1	0
5	4	Point	0	0	0	5	5	5	201,168	-1	0	1	0
6	5	Point	0	0	0	6	6	6	202,997	-1	0	1	0
7	6	Point	0	0	0	7	7	7	205,435	1	0	1	0
8	7	Point	0	0	0	8	8	8	207,874	1	0	1	0
9	8	Point	0	0	0	9	9	9	210,007	-1	0	1	0
10	9	Point	0	0	0	10	10	10	213,055	-1	0	1	0
11	10	Point	0	0	0	11	11	11	216,103	1	0	1	0
12	11	Point	0	0	0	12	12	12	217,932	-1	0	1	0
13	12	Point	0	0	0	13	13	13	219,456	-1	0	1	0
14	13	Point	0	0	0	14	14	14	220,98	-1	0	1	0

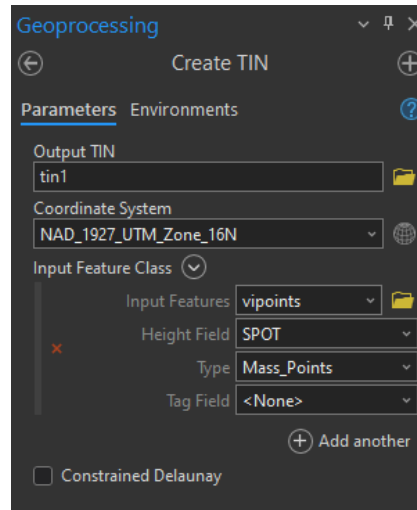
Ryc. 4. Tabela atrybutowa klasy obiektów punktowych pomiaru wysokości *vipoints*; ramką zaznaczono wartości atrybutu *SPOT* zawierające dane wysokościowe

- 2.1. Aby zbudować model TIN, na karcie *Analysis (Analiza)*, w grupie *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* przejdź do zakładki *Toolboxes (Skrzynki narzędziowe)* i uruchom *3D Analyst Tools > TIN Dataset > Create TIN*.
- 2.2. W panelu *Geoprocessing – Create TIN* ustaw lokalizację zbioru wynikowego tworzonego modelu TIN. W tym celu obok pola *Output TIN (Wyjście TIN)* kliknij ikonę *Browse (Przeglądaj)*, a następnie wybierz podfolder *...\HorseCave\Terraindata* i w polu *Name (Nazwa)* wpisz nazwę wynikowego zbioru *tin1*, a następnie kliknij przycisk *Save* (Ryc. 5).



Ryc. 5. Definiowanie położenia i nazwy wyjściowego zbioru TIN

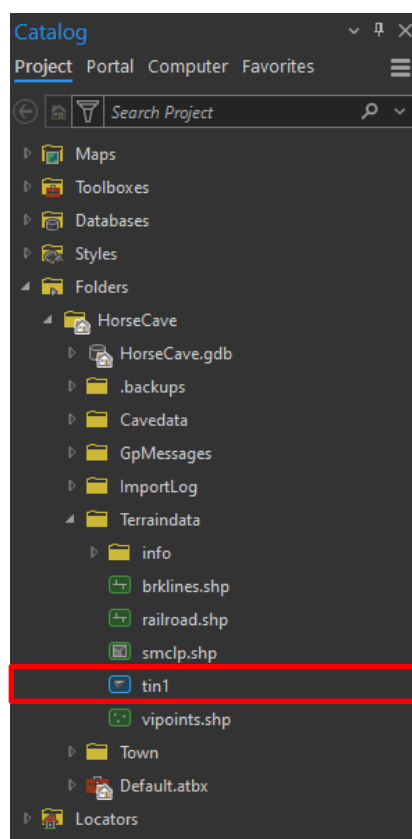
- 2.1. W polu *Coordinate System (Układ współrzędnych)* zdefiniuj układ warstwy jako pochodny z warstwy *vipoints* (Ryc. 6).
- 2.2. Z listy *Input Features (Obiekty wejściowe)* wybierz zbiór *vipoints*.
- 2.3. Jako pole zawierające dane wysokości (*Height Field*) wskaż atrybut *SPOT*.
- 2.4. Zwróć uwagę aby jako *Typ (Type)* wybrano opcję punktów masowych (*Mass Points*).



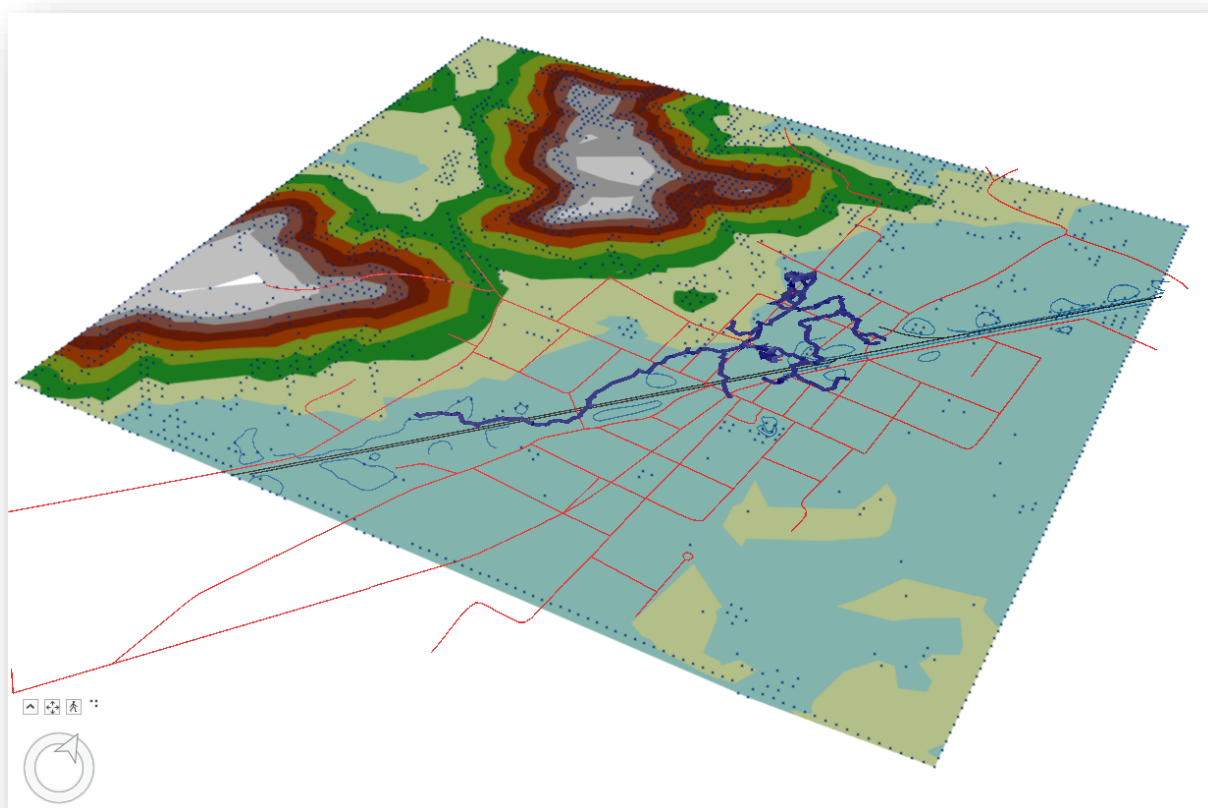
Ryc. 6. Panel Geoprocessing – Create TIN

- 2.5. Aby uruchomić narzędzie kliknij przycisk *Run*.

Model TIN został utworzony (Ryc. 7) i dodany do sceny (Ryc. 8). Zwróć uwagę, że jest on na mapie wyświetlony pod warstwą *Cavesurvey*.



Ryc. 7. Położenie utworzonego zbioru Tin1



Ryc. 8. Scena z dodaną warstwą modelu TIN

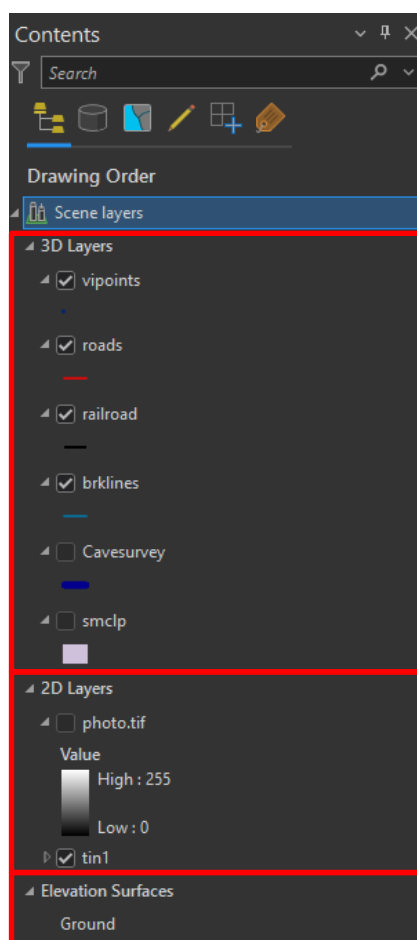
Jak widać na [Ryc. 8](#) dane NMT nie wyświetlają się w przestrzeni 3D (mapa jest płaska). W kolejnym etapie ćwiczenia zmienimy to.

3. Sceny ArcGIS Pro

Sceny to typ szablonów pracy ArcGIS Pro, które zostały zoptymalizowane do wyświetlania dużych ilości danych 3D. Obiekty na scenach są w panelu *Contents* wyświetlane w specjalnych folderach porządkujących wyświetlane treści. Dane 2D są w panelu *Contents* wyświetlane w kategorii **Layers 2D** (*Warstwy 2D*), a warstwy 3D znajdują się w kategorii **Layers 3D** (*Warstwy 3D*). Warstwy *.kml* mają w scenach własną kategorię – **KML Layers** (*Warstwy KML*), ponieważ warstwa KML może w tym samym pliku zawierać zarówno obiekty 2D, jak i 3D.

Sceny obsługują także definicje jednej lub większej liczby powierzchni wysokościowych (*elevation surfaces*). Każda scena ma wstępnie zdefiniowaną warstwę powierzchni wysokości o nazwie **Ground** (*Podłoże, grunt*), której nie można usunąć. Domyślną warstwą źródłową wysokości dla tej powierzchni jest usługa obrazu wysokości *WorldElevation3D/Terrain3D*. Jeśli nie masz połączenia z Internetem, nie będziesz mieć dostępu do tej usługi, a wysokość gruntu będzie wynosić 0. Opcjonalnie możesz dodać lokalne źródło wysokości do powierzchni wysokości gruntu. Użytkownik może zdefiniować dowolną ilość innych powierzchni wysokości, np. *Geologia 1*, *Geologia 2*, *Ozon* itd. Każda powierzchnia może mieć wiele źródeł danych, które ją opisują, w tym rastry, modele TIN i inne.

Spójrzmy na nasz projekt. W panelu *Contents* widzimy, że warstwy zostały rozmieszczone w trzech folderach: *3D Layers*, *2D Layers* oraz *Elevation Surfaces* ([Ryc. 9](#)).

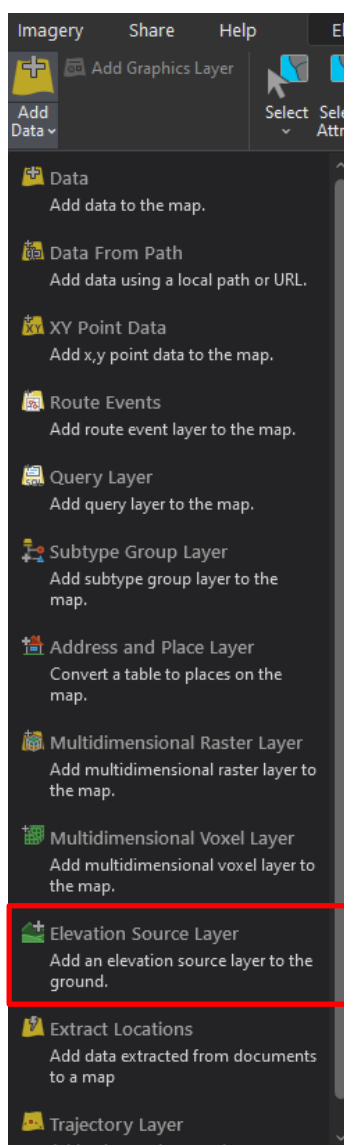


Ryc. 9. Panel *Contents* z widocznymi grupami warstw sceny: *3D Layers*, *2D Layers* oraz *Elevation Surfaces*

4. Dodanie źródła wysokości dla podłoża

Jak już wspomniano, powierzchnia gruntu może zawierać jedną lub więcej warstw źródłowych wysokości. Aby dodać swoją warstwę źródłową wysokości wykonaj następujące kroki:

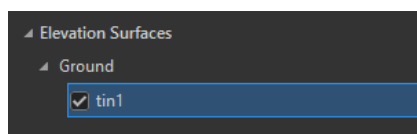
- 4.1. Na karcie *Map (Mapa)*, w grupie *Layer (Warstwa)* rozwiń menu *Add data (Dodaj dane)*. Z listy rozwijanej wybierz polecenie *Elevation Source Layer (Warstwa źródłowa wysokości)* ([Ryc. 10](#)).



Ryc. 10. Lista rozwijana *Add data*; ramką zaznaczono polecenie *Elevation Source Layer*

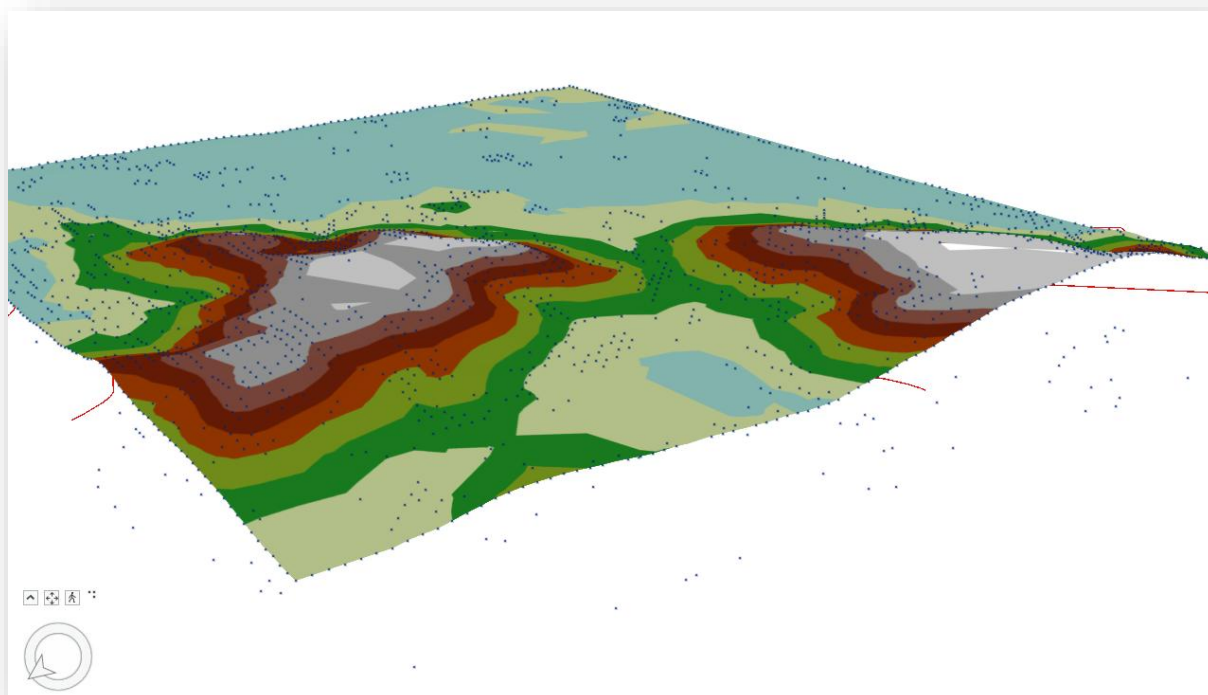
- 4.2. W oknie dialogowym *Add Elevation Source Layer* (Dodaj warstwę źródłową wysokości) wskaż warstwę `tin1` i naciśnij przycisk *OK*.

Źródło wysokości zostaje dodane do podłoża (Ryc. 11).



Ryc. 11. Fragment panelu *Contents* z dodaną warstwą źródłową wysokości

Jednocześnie na scenie możemy zauważyć, że model TIN zostaje wyświetlony w przestrzeni 3D (Ryc. 12).



Ryc. 12. Scena z warstwą modelu TIN w przestrzeni 3D

5. Dodanie warstw do modelu TIN

Wygenerowane nieregularne sieci triangulacyjne (TIN) mogą być edytowane. Użytkownik może do nich dodawać wszelkie dodatkowe dane, które poprawią jakość renderowanego NMT. Jeśli masz powierzchnię TIN reprezentującą obszar badań i dane, które pokazują, jak ona zmieniła się od czasu utworzenia TIN, możesz dodać te cechy do TIN i opcjonalnie zapisać taką siatkę jako nowy model TIN. Może to obejmować klasy obiektów liniowych, które reprezentują drogi lub nowe dane wysokościowe, takie jak klasy obiektów punktowych, które pokazują wyrobiska górnicze.

W tej części ćwiczenia aby poprawić jakość renderowanego modelu TIN dodamy do niego obiekty warstw o geometrii liniowej. Warstwa `railroad` zostanie dodana jako miękka linia nieciągłości (*soft breaklines*) – będzie ona zauważalna na powierzchni TIN ale nie będzie miała bardzo wyraźnego wpływu na jej kształt. Warstwa `brklines` zostanie dodana jako twarda linia nieciągłości (*hard breaklines*) – będzie ona uwzględniana w ponownym przeliczeniu modelu TIN. Na końcu zostanie dodana warstwa poligonowa `smclp` w celu wygładzenia krawędzi bocznych modelu TIN.

Typ obiektu powierzchni (SF_Type)

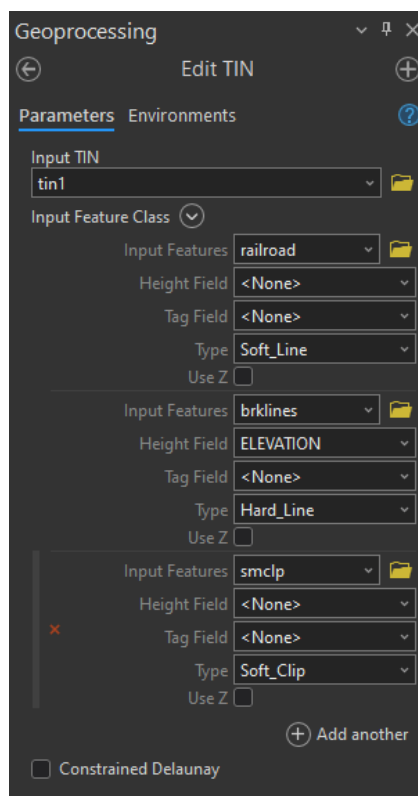
Typ obiektu powierzchni w narzędziach geoprzetwarzania jest nazywany *SF_type*. Klasa obiektu dodana do powierzchni TIN może być różnie zdefiniowana. Typ obiektu (*SF_type*) powierzchni pomaga zdefiniować powierzchnię TIN i kategoryzuje obiekty wejściowe zgodnie z zachowaniami powiązanymi z ich typami wektorów. Punkty, np. można dodawać tylko jako Punkty masowe (*Mass points*). Są one dodawane do modelu jako pojedyncze węzły w TIN. Obiekty liniowe mogą być reprezentowane jako twarde (*hard breaklines*) lub miękkie linie podziału (*soft breaklines*), a poligony mogą być *hardclip*, *softclip*, *hardreplace*, *softreplace*, *harderase*, *softerase*, *hardvaluefill* lub *softvaluefill*.

Kwalifikatory twarde (*hard*) i miękkie (*soft*) dla typów obiektów liniowych i poligonowych są używane do wskazania, czy w ich lokalizacji na powierzchni występuje wyraźne (ostre) załamanie nachylenia. Twarda linia jest wyraźnym załamaniem nachylenia, podczas gdy miękka linia jest reprezentowana na powierzchni jako bardziej stopniowa zmiana nachylenia.

Poligony przycinające (*Clip polygons*) wyznaczają obszar danych lub strefę interpolacji sieci TIN. Ich granice są wymuszane w triangulacji jako linie załamania. Trójkąty wypadające poza poligony są maskowane. Stają się jeśli chodzi o interpolację *NoData*. Poligony wymazywania (*Erase polygons*) również wpływają na obszar danych sieci TIN. Ich granice są wymuszane w triangulacji jako linie załamania. Następnie trójkąty wypadające wewnątrz poligonów są maskowane. Poligony zastępujące (*Replace polygons*) są używane do definiowania płaskich obszarów. Ich granice są wymuszane w triangulacji jako linie załamania przy użyciu stałej wysokości. Wszystkie węzły wewnątrz poligonów mają swoje wartości z ustawione na tę samą stałą.

- 5.1. Aby dodać do istniejącego modelu TIN dodatkowe dane poprawiające jego jakość, na karcie *Analysis (Analiza)*, w grupie *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* przejdź do zakładki *Toolboxes (Skrzynki narzędziowe)* i uruchom *3D Analyst Tools > TIN Dataset > Edit TIN*.
- 5.2. W panelu *Geoprocessing Edit TIN* ustaw odpowiednio: *Input TIN:* *tin1*. Na liście *Input Feature Class (Wejściowa klasa obiektów)*, z listy rozwijalnej *Input Feature (Obiekty wejściowe)* wybierz warstwę *railroad*. W polu *Type* wybierz: *Soft_Line* (Ryc. 13).
- 5.3. Aby móc zdefiniować kolejną warstwę kliknij przycisk *Add another (Dodaj inną)*.
- 5.4. W analogiczny sposób dodaj warstwy *brklines* oraz *smclp*. Dla warstwy *brklines* sprawdź czy jest ustawione: *Height Field (Pole wysokości)*:

ELEVATION (powinno zostać rozpoznane automatycznie przez program) oraz *Type: Hard_Line*. Dla warstwy *smclp* ustaw: *Type: Soft_Clip* (Ryc. 13).



Ryc. 13. Ustawienia dodatkowych danych dodawanych do TIN

Powyższe ustawienia definiują parametry warstw, które chcesz dodać do modelu TIN w celu jego poprawienia oraz to w jaki sposób mają one być włączone do procesu triangulacji.

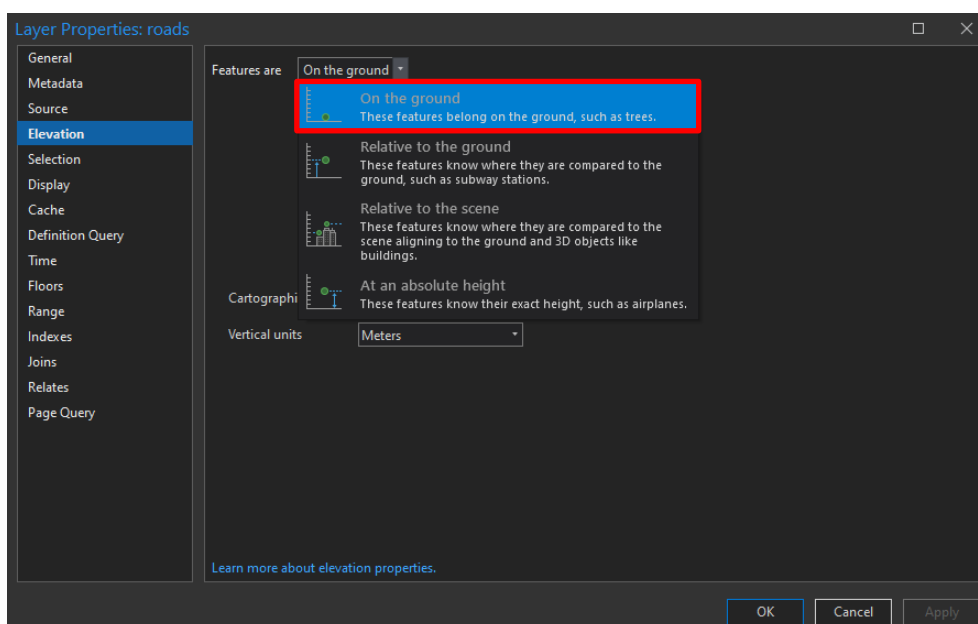
5.5. Kliknij przycisk *Run*.

Po chwili render TIN zostaje podmieniony poprawioną wersją.

6. Ustawienie wysokości bazowej dla warstw wektorowych

Warstwy obiektów wektorowych takie jak sieć dróg oraz linie kolejowe są obecnie wyświetlane w przestrzeni 2D, pod powierzchnią modelu TIN (Ryc. 12). Oczywiście, tak nie powinno być. W tym etapie ćwiczenia, wykorzystując model TIN, zostanie ustawiona wysokość bazowa dla dróg i torów kolejowych.

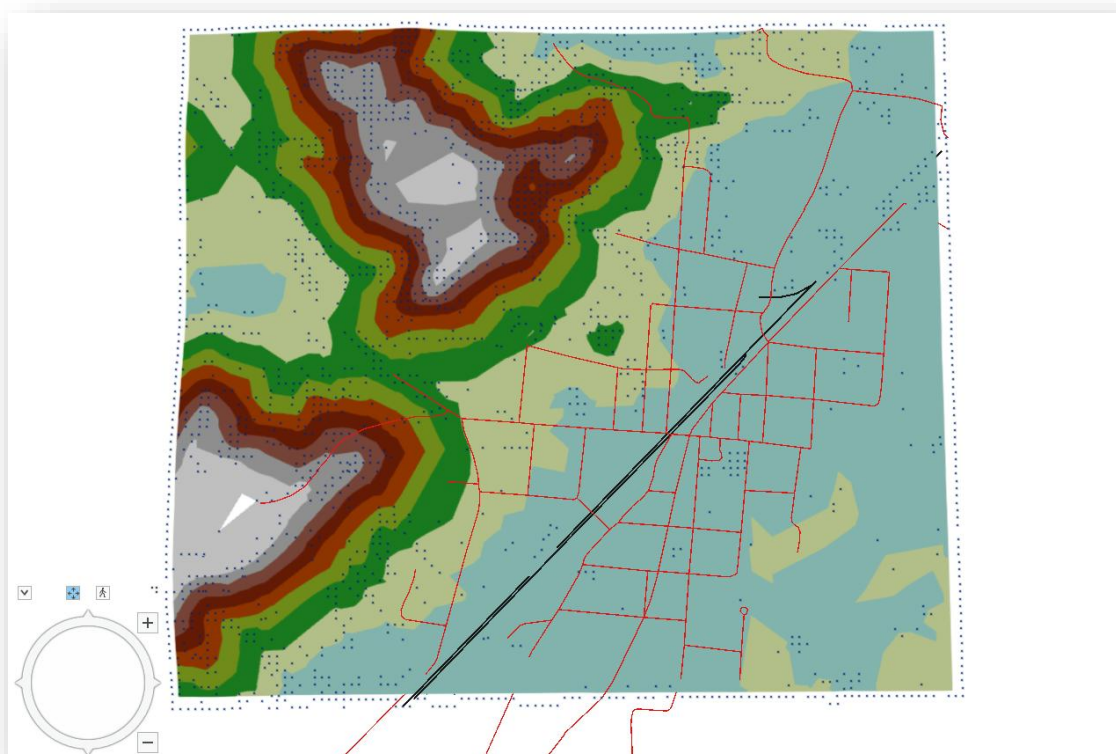
- 6.1. Aby otworzyć okno *Właściwości warstwy (Properties)*, w panelu zawartości kliknij dwukrotnie na warstwę *roads*.
- 6.2. W oknie *Layer Properties: roads* wybierz zakładkę *Elevation (Wysokość)*.
- 6.3. W polu *Feature are (Obiekty są)* wybierz opcję *On the ground (Na powierzchni gruntu)*, a następnie kliknij przycisk *OK* (Ryc. 14).



Ryc. 14. Okno dialogowe *Layer Properties: roads* z opcjami wyboru renderowania warstwy

Warstwa dróg zostaje wydrapowana (nałożona) na model TIN i obecnie położenie dróg nawiązuje do wysokości NMT.

- 6.4. W analogiczny sposób przypisz wysokości dla warstwy `railroad` i wdrapuj je na powierzchni gruntu (Ryc. 15).



Ryc. 15. Model TIN z wydrapowanymi warstwami dróg i kolei

7. Ustawienie wysokości bazowej dla warstw rastrowych

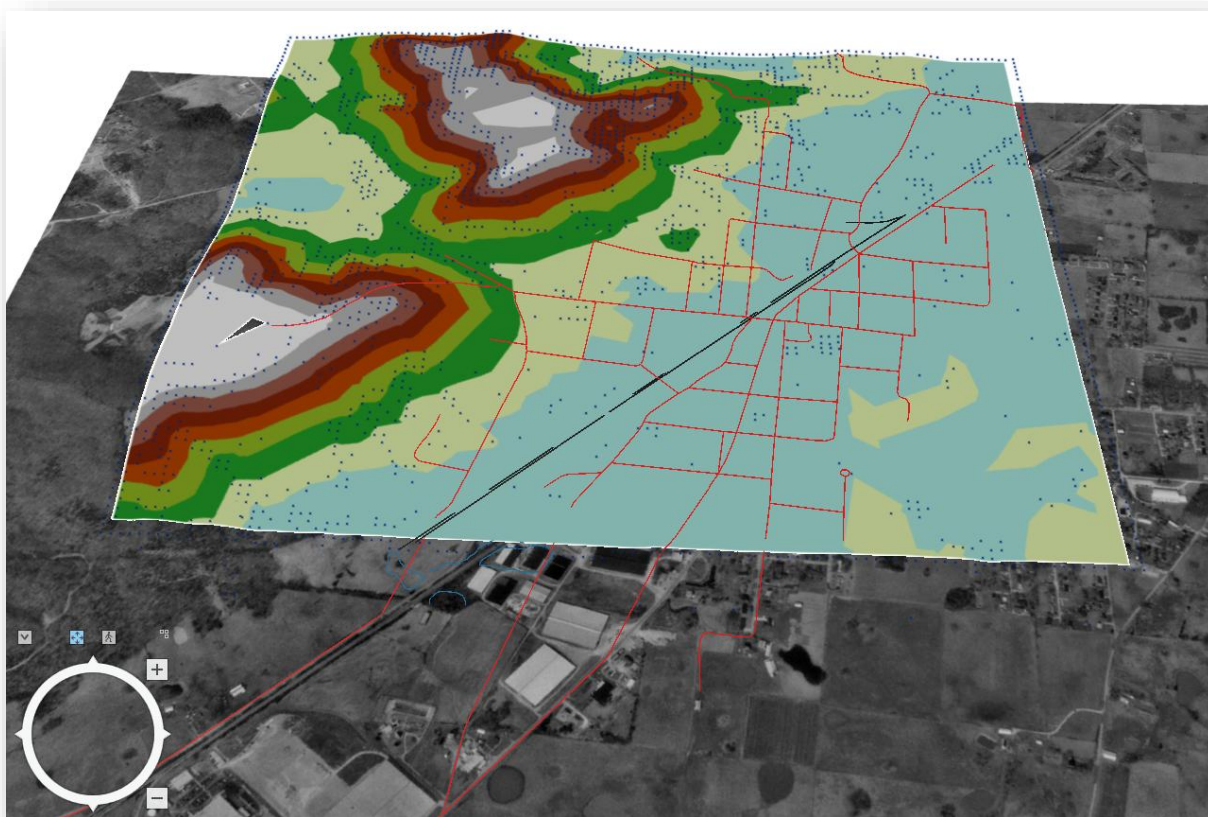
Zdjęcie lotnicze może bardzo pomóc w wizualizacji położenia jaskini względem topografii miasta. W tym celu zdjęcie lotnicze zostanie wydrapowane na modelu TIN z równoczesnym ustawieniem przezroczystości.

7.1. W panelu *Contents* włącz widoczność warstwy `photo.tif`.

Zdjęcie lotnicze nie jest obecnie wydrapowane na modelu TIN i jest wyświetlane w przestrzeni 2D pod jego powierzchnią (Ryc. 16).

7.2. Wyświetl właściwości warstwy `photo.tif`. Przejdź do zakładki *Elevation*. Jeśli to konieczne, w polu *Feature are* (*Obiekty są*) wybierz opcję *On the ground* (*Na powierzchni gruntu*), a następnie kliknij przycisk *OK*.

7.3. Jeśli nie odniosło to żadnego skutku, przejdź do punktu 7.4.



Ryc. 16. Model TIN z dodanym zdjęciem lotniczym; widoczny jest brak powiązania `photo.tif` z powierzchnią terenu

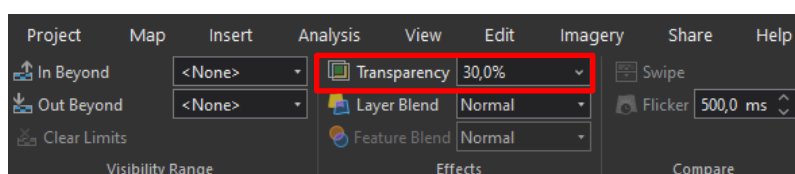
7.4. W panelu *Contents* usuń warstwę `photo.tif`, a następnie dodaj ją ponownie z folderu `.../Town/`.

Warstwa `photo.tif` została poprawnie wydrapowana na modelu TIN (Ryc. 17).



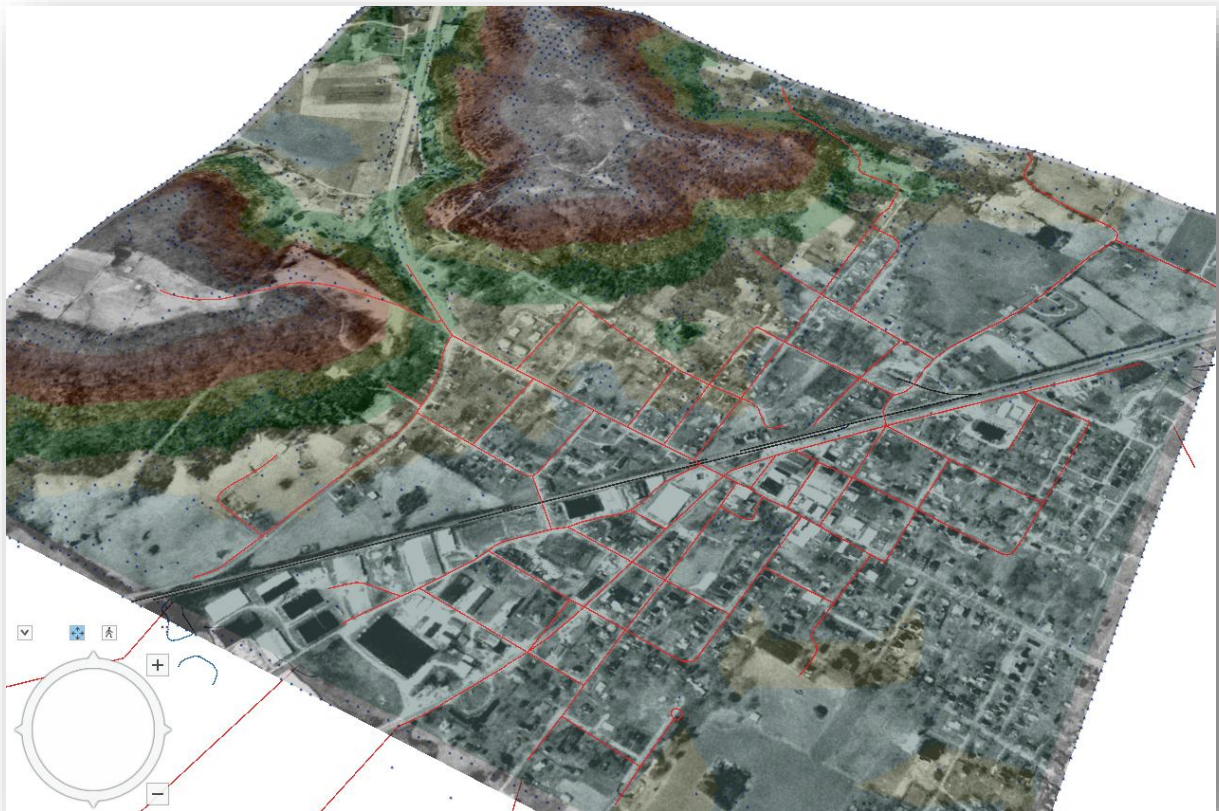
Ryc. 17. Zdjęcie lotnicze wydrapowane na modelu TIN

- 7.5. Aby dodać zdjęciu lotniczemu przezroczystość, zaznacz w panelu *Contents* warstwę *photo.tif*, a następnie wybierz na wstążce kartę *Raster Layer* (Warstwa rastrowa). Na karcie *Effects* (Efekty), w polu *Transparency* (Przezroczystość) wpisz 30% (Ryc. 18).



Ryc. 18. Karta *Raster Layer*; ramką zaznaczono opcję nadawania warstwie przezroczystości

Zdjęcie lotnicze jest teraz wyświetlane z przezroczystością na poziomie 30%. Spod niego przebiega obraz warstwy *tin1* (Ryc. 19).

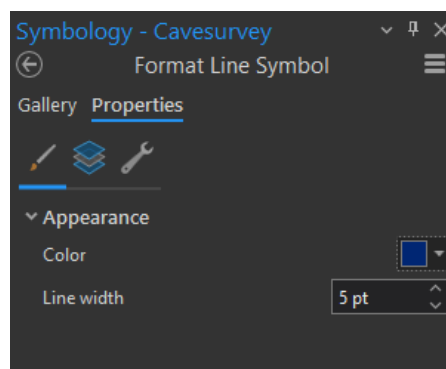


Ryc. 19. Model TIN z przezroczystym zdjęciem lotniczym

8. Ustawienie widoczności poszczególnych warstw na scenie

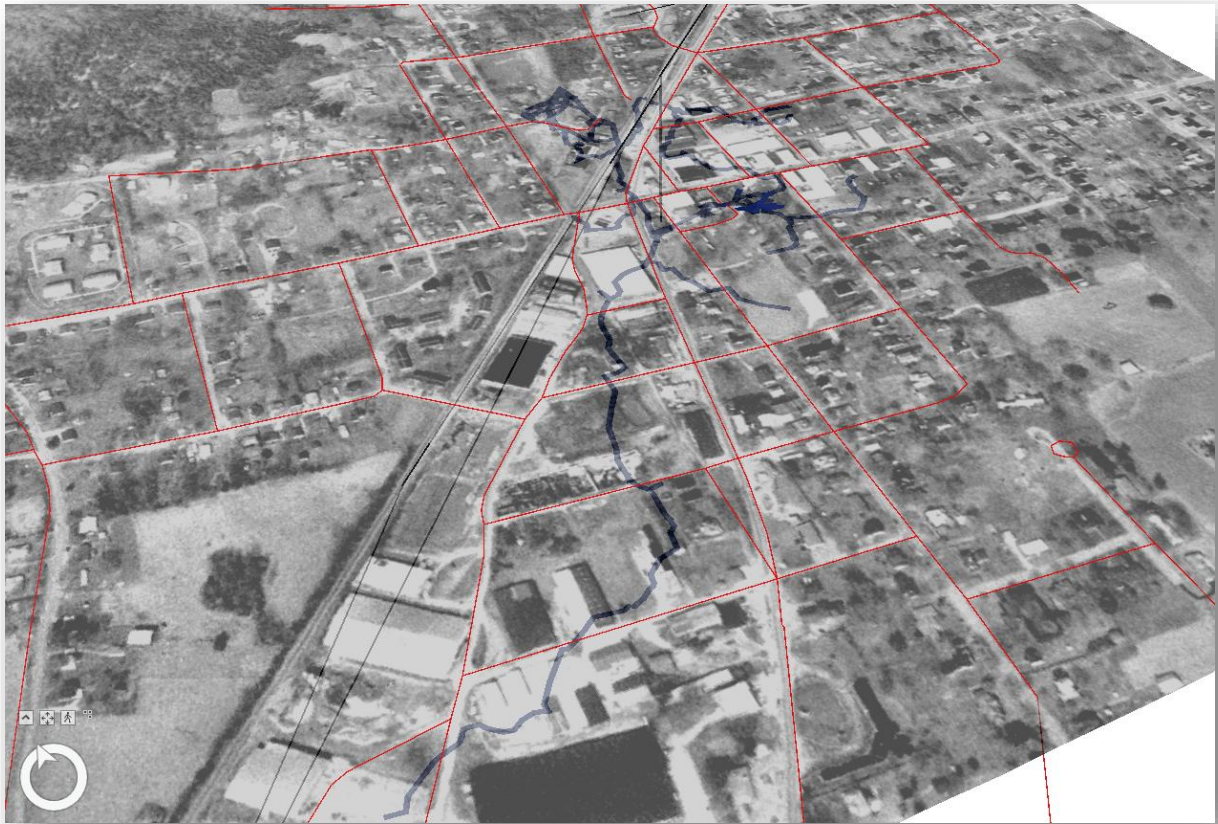
W celu ustawienia sceny do dalszej pracy wyłączymy widoczność niektórych warstw oraz zwiększymy grubość linii symbolizującej warstwę jaskini.

- 8.1. W panelu *Contents* odznacz wyświetlanie warstw: `vipoints`, `brklines` i `tin1`.
- 8.2. W panelu zawartości kliknij lkm na symbol linii dla warstwy `Cavesurvey`.
- 8.3. W oknie *Symbology* – `Cavesurvey` ustaw kolor linii na `Dark Navy` i szerokość: 5 (Ryc. 20).



Ryc. 20. Panel *Symbology* – `Cavesurvey`

Na scenie widać teraz trójwymiarową jaskinię pod miastem i jej położenie względem obiektów znajdujących się na powierzchni terenu ([Ryc. 21](#)).



Ryc. 21. Wizualizacja jaskini pod miastem Horse Cave

- 8.4. Wykonaliśmy projekt wizualizacji obszaru miasta wraz z jaskinią. Zachowaj projekt.

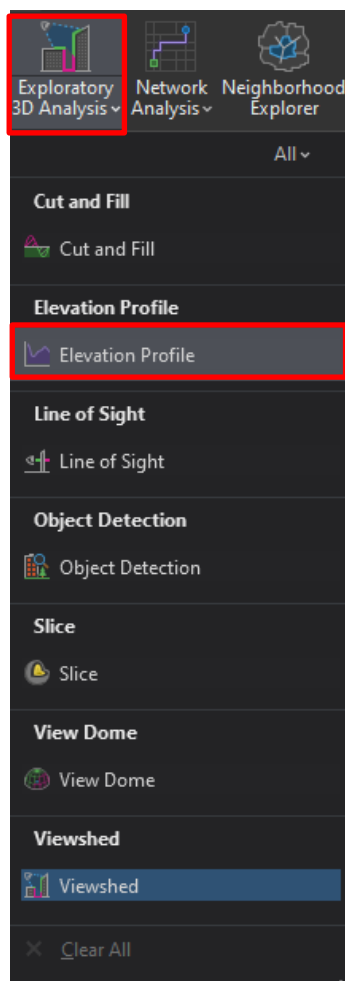
W kolejnych krokach ćwiczenia zajmiemy się analizą morfologii tego terenu.

9. Utworzenie profilu terenu

Jaskinia przebiega wzdłuż dna doliny. W celu zbadania kształtu doliny zostanie utworzony poprzeczny profil morfologiczny. Do wyznaczenia profilu potrzebna jest linia 3D (graficzna lub zapisana w tabeli). W tym ćwiczeniu korzystając z modelu TIN interaktywnie wskażemy linię przekroju.

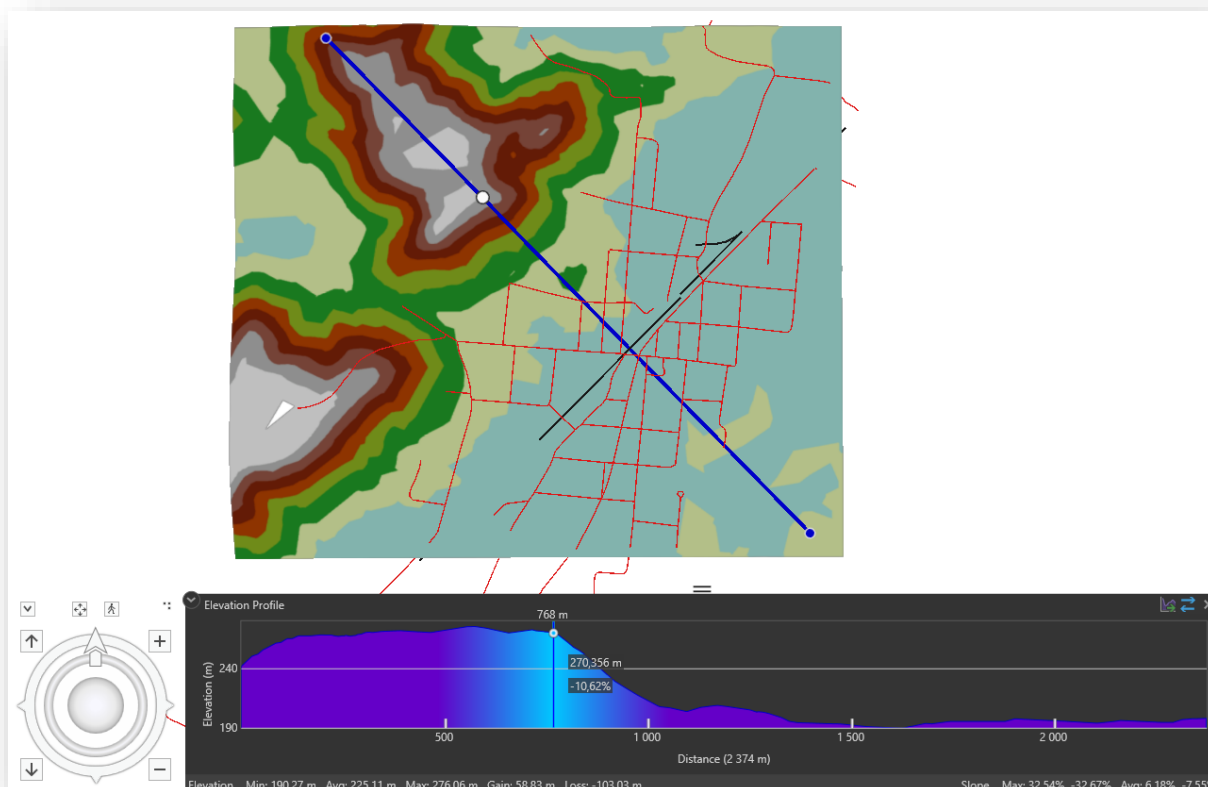
- 9.1. W panelu *Contents* wyłącz widoczność warstw `photo.tif` oraz `Cavesurvey` i włącz widoczność modelu TIN `tin1`.
- 9.2. Na wstążce aplikacji przejdź do karty *Analysis (Analiza)*.

- 9.3. W grupie *Workflows (Procedury robocze)* rozwiń listę *Exploratory 3D Analysis (Analiza eksploracyjna 3D)*. Z powyższej listy wybierz polecenie *Elevation Profile (Profil wysokościowy)* ([Ryc. 22](#)).



Ryc. 22. Narzędzia *Exploratory 3D Analysis*; ramką zaznaczono narzędzie tworzenia przekrojów morfologicznych *Elevation Profile*

- 9.4. Zgodnie z [Ryc. 23](#) kliknij lpm w lewym górnym rogu TIN-u, a następnie w celu wyznaczenia drugiego punktu linii przekroju i zakończenia rysowania kliknij podwójnie lpm w prawym dolnym rogu modelu. Wzdłuż wyznaczonej linii zostanie narysowany profil rzeźby terenu.

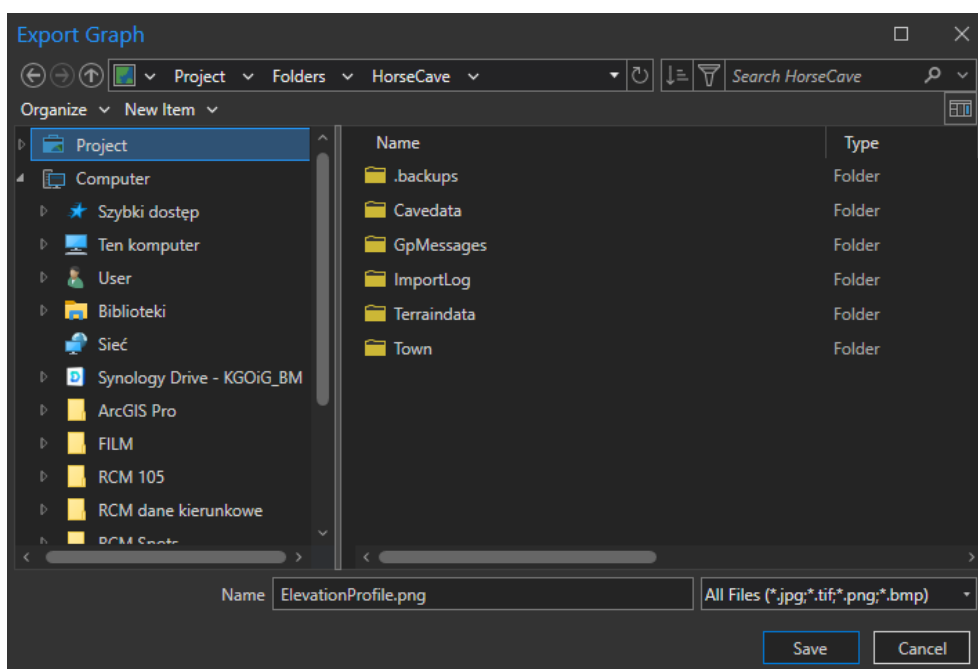


Ryc. 23. Model TIN z wyrysowaną linią przekroju morfologicznego

Narzędzie pobiera dane dotyczące wysokości z modelu TIN i wyrysowuje przekrój morfologiczny. Przesuwając kursor po linii przekroju możemy obserwować położenie tego miejsca na mapie.

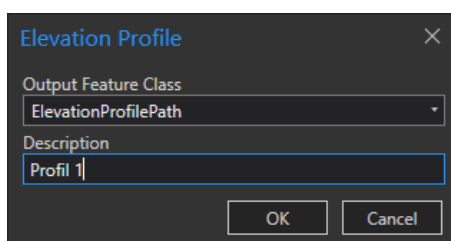
Obraz przekroju można wyeksportować do formatów: obrazu (grafiki), liniowej klasy obiektów, do tabeli geobazy lub tekstowej tabeli w formacie .csv.

- 9.5. Wyeksportuj utworzony przekrój do formatu graficznego .png. Nadaj plikowi nazwę `ElevationProfile` i następnie naciśnij przycisk **Save** (Ryc. 24).



Ryc. 24. Okno eksportu profilu morfologicznego do formatu .png

- 9.6. Na karcie *Edit (Edycja)* włącz tryb edycji.
- 9.7. Wyeksportuj ścieżkę przekroju do domyślnej projektowej geobazy i klasy obiektów liniowych o nazwie `ElevationProfilePath`. Możesz dla linii przekroju dodać dodatkowy opis (Ryc. 25).



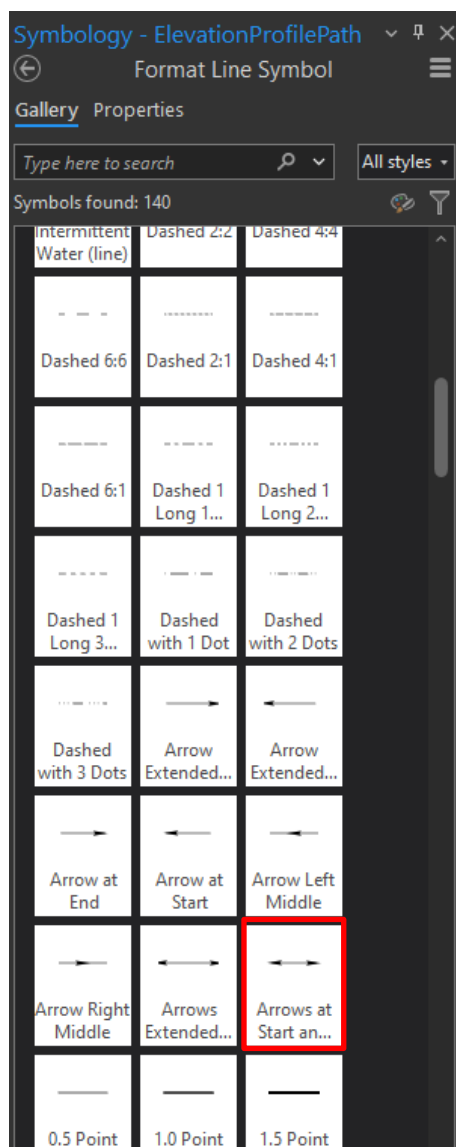
Ryc. 25. Okno dialogowe eksportu ścieżki przekroju do klasy obiektów liniowych `ElevationProfilePath`

10. Utworzenie układu z mapą i profilem morfologicznym

W tej części ćwiczenia utworzymy układ, do którego dodamy mapę z modelem TIN i linią przekroju oraz przekrój morfologiczny. Zaczniemy od stworzenia mapy.

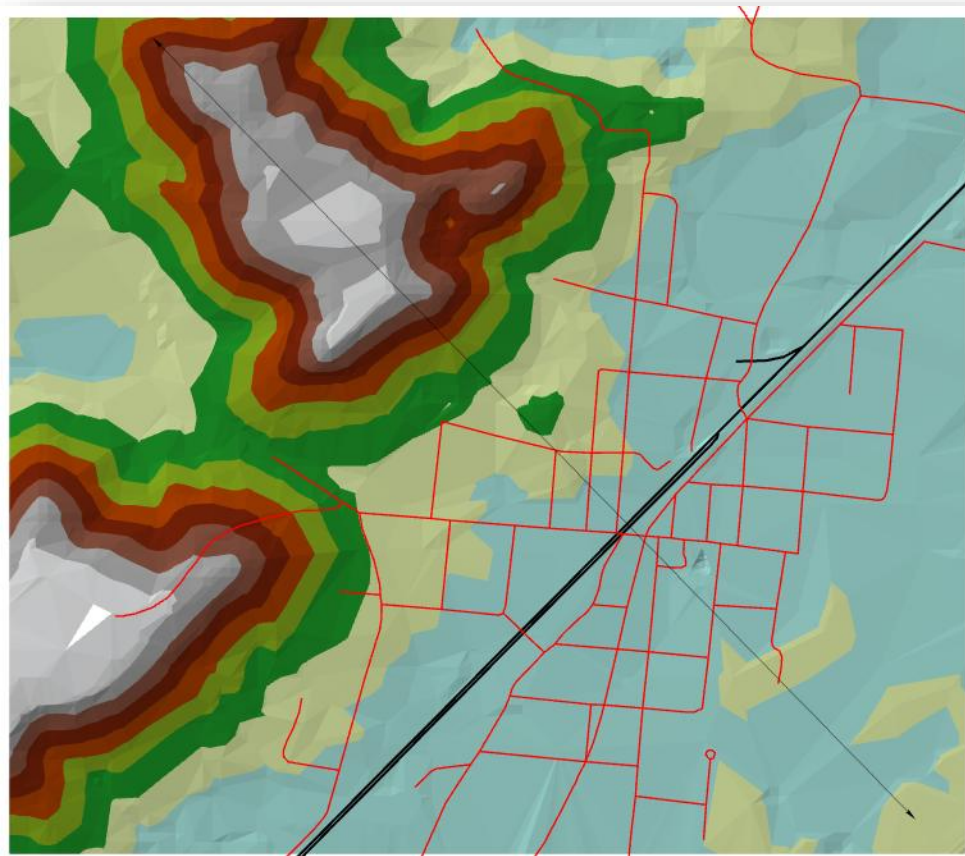
- 10.1. Na wstążce aplikacji, na karcie *Insert (Wstaw)*, w grupie *Project (Projekt)* wybierz polecenie *New map (Nowa mapa)*.
- 10.2. Zmień nazwę utworzonej mapy na `Morphology`.
- 10.3. Skopiuj ze sceny `Scene Layers` warstwy `ElevationProfilePath`, `roads`, `railroad` oraz `tin1`.
- 10.4. Wklej skopiowane warstwy do utworzonej mapy `Morphology`.

- 10.5. Zmień styl linii przekroju morfologicznego na "Arrow at Start and End" ([Ryc. 26](#)).



Ryc. 26. Galeria stylów dla obiektów liniowych; ramką zaznaczono styl „Arrow at Start and End”

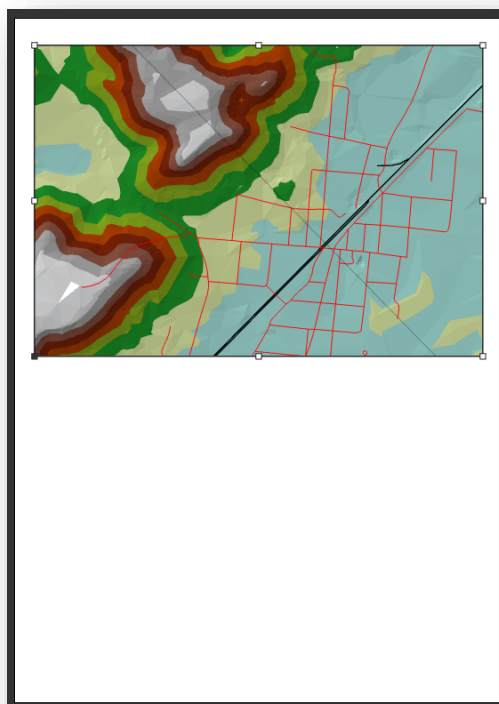
Mapę po zmianie stylu linii przekroju morfologicznego przedstawia [Ryc. 27](#).



Ryc. 27. Model TIN z wyrysowaną linią przekroju morfologicznego

Mamy gotowe plik graficzny przekroju oraz mapę. Pora na utworzenie układu, który oba te elementy połączy.

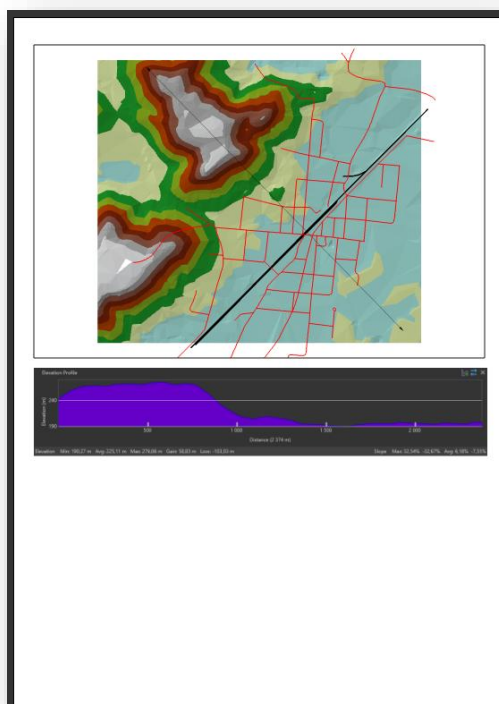
- 10.6. Na wstążce aplikacji, na karcie *Insert (Wstaw)*, w grupie *Project (Projekt)* wybierz polecenie *New Layout (Nowy układ)*.
- 10.7. Jako format układu wybierz A4 w układzie pionowym (*portrait*).
- 10.8. Na karcie *Insert*, w grupie *Map Frames (Ramki map)* rozwiń polecenie *Map Frame (Ramka mapy)*. Z listy dostępnych map wybierz mapę *Morphology*, a następnie zakresł w górnej części układu kwadrat ramki (Ryc. 28).



Ryc. 28. Ramka mapy Morphology dodana do układu

10.9. Zmień skalę mapy na 1:15 000.

10.10. W dolnej części mapy dodaj plik graficzny `ElevationProfile.png` ([Ryc. 29](#)).



Ryc. 29. Układ po dodaniu pliku graficznego z przekrojem morfologicznym

Właśnie utworzyliśmy układ z przedstawiający mapę i przekrój morfologiczny. Jeśli w swoich pracach chciałbyś zamieścić przekrój w innym stylu – należy dane przekroju wyeksportować do pliku `.csv` i następnie przetwarzać go w innych programach do tworzenia wykresów, np. MS Excel, GS Grapher lub innych.

- 10.11. Zamknij mapę `Morphology` oraz utworzony układ.
- 10.12. Wróć do sceny `Scene layers`.
- 10.13. Zamknij utworzony przekrój morfologiczny.
- 10.14. Wyłącz widoczność warstwy `ElevationProfilePath`.
- 10.15. Zachowaj projekt.

W ostatnim wątku tego ćwiczenia przeprowadzimy prostą analizę widoczności.

11. Analiza widoczności

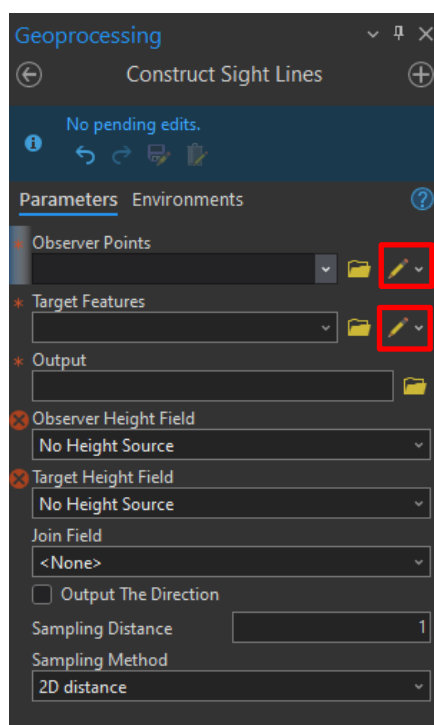
Inną metodą analizy ukształtowania terenu jest utworzenie linii wzroku (*Line of sight*). Linia wzroku pokazuje wzdłuż zdefiniowanych linii, które obszary są widoczne, a które są ukryte dla wzroku. Linia łącząca punkt obserwatora i punkt docelowy zostanie podzielona na sekcje, które pokażą fragmenty widoczne oraz niewidoczne – znajdujące się za przeszkodami terenowymi.

Aby wykonać pełnowartościową analizę musimy stworzyć dwie klasy obiektów punktowych:

- Punkty obserwacyjne (*Observer points*)
- Obiekty docelowe (*Target features*)

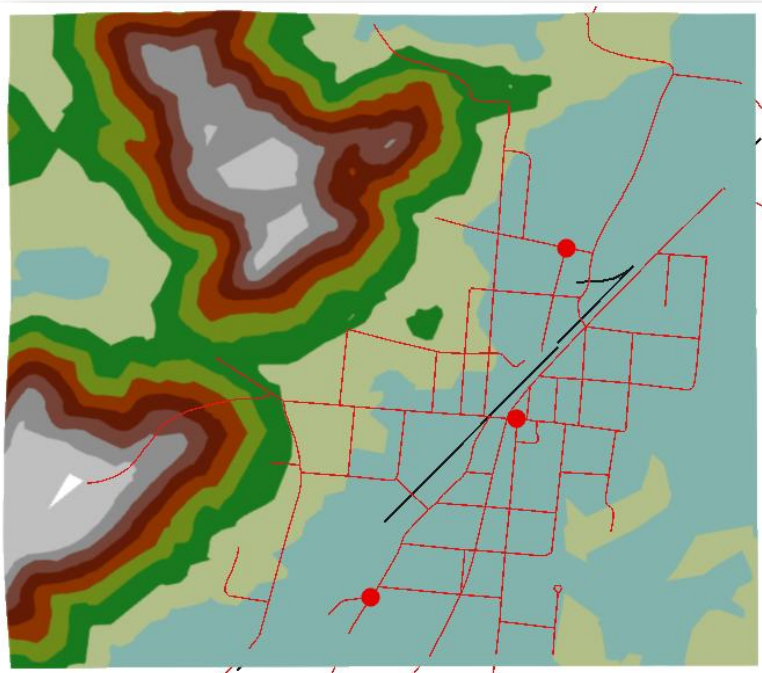
Pozwolą nam one na automatyczną konstrukcję linii wzroku.

- 11.1. Na wstążce wejdź na kartę *Analysis (Analiza)*. Wybierz zakładkę *Tools (Narzędzia)* i odszukaj narzędzie *3D Analyst Tools > Visibility > Construct Sight Lines* ([Ryc. 30](#)).



Ryc. 30. Narzędzie *Geoprocessing* – *Construct Sight Lines*; ramkami zaznaczono podnarzędzia konstrukcji klas punktów obserwacji oraz docelowych

- 11.2. Aby utworzyć klasę punktów obserwacji kliknij narzędzie oznaczone ołówkiem znajdujące się obok pola *Observer Points* (*Punkty obserwacji*) (Ryc. 30).
- 11.3. Utwórz punkty obserwacji zaznaczone na Ryc. 31 na czerwono.



Ryc. 31. Model TIN z zaznaczonymi punktami obserwacji (czerwone)

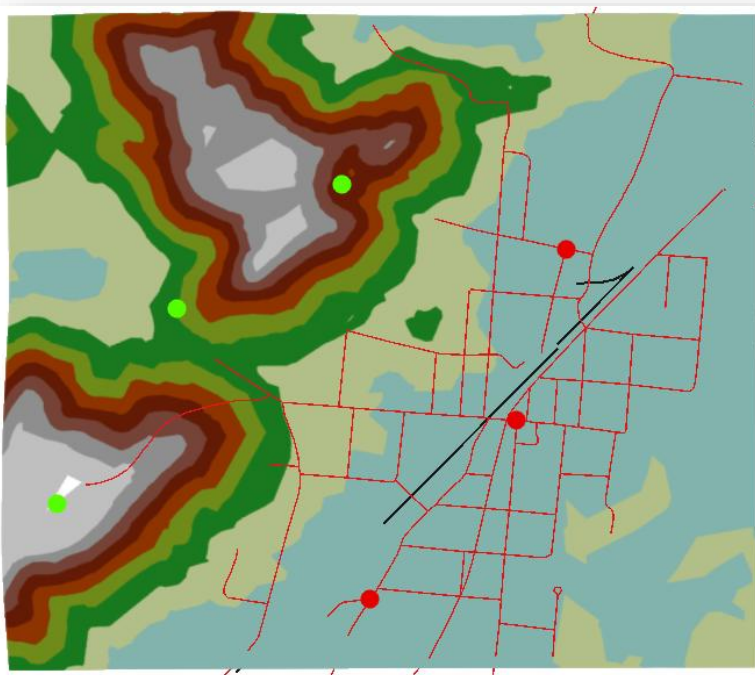
- 11.4. Po wprowadzeniu wszystkich trzech punktów zatwierdź edycję przyciskiem *Finish* (Ryc. 32).



Ryc. 32. Podręczne menu edycji; ramką zaznaczono przycisk *Finish*

Narzędzie w domyślnej geobazie projektowej utworzy klasę obiektów `Points_2` o aliasie `Construct Sight Lines Observer Points (Points)`.

- 11.5. Aby utworzyć klasę punktów docelowych kliknij narzędzie oznaczone ołówkiem znajdujące się obok pola *Target Features (Obiekty docelowe)* (Ryc. 30).
- 11.6. Utwórz punkty docelowe zaznaczone na Ryc. 33 na zielono.

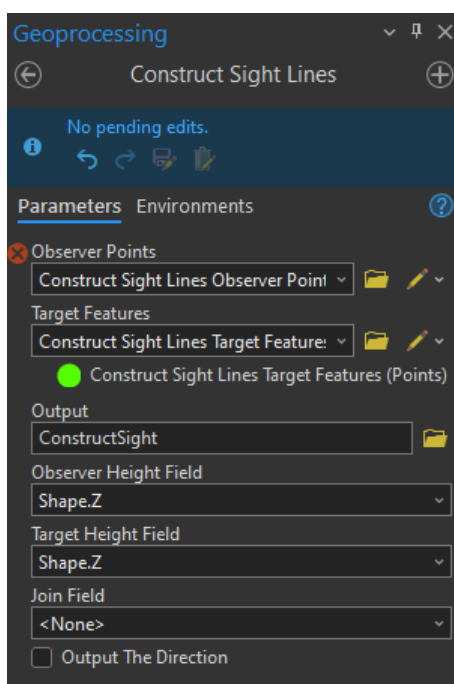


Ryc. 33. Model TIN z zaznaczonymi punktami obserwacji (czerwone) oraz punktami docelowymi (zielone)

- 11.7. Po wprowadzeniu wszystkich trzech punktów zatwierdź edycję przyciskiem *Finish* (Ryc. 32).

Narzędzie w domyślnej geobazie projektowej utworzy klasę obiektów `Points_2_1` o aliasie `Construct Sight Lines Target Features (Points)`.

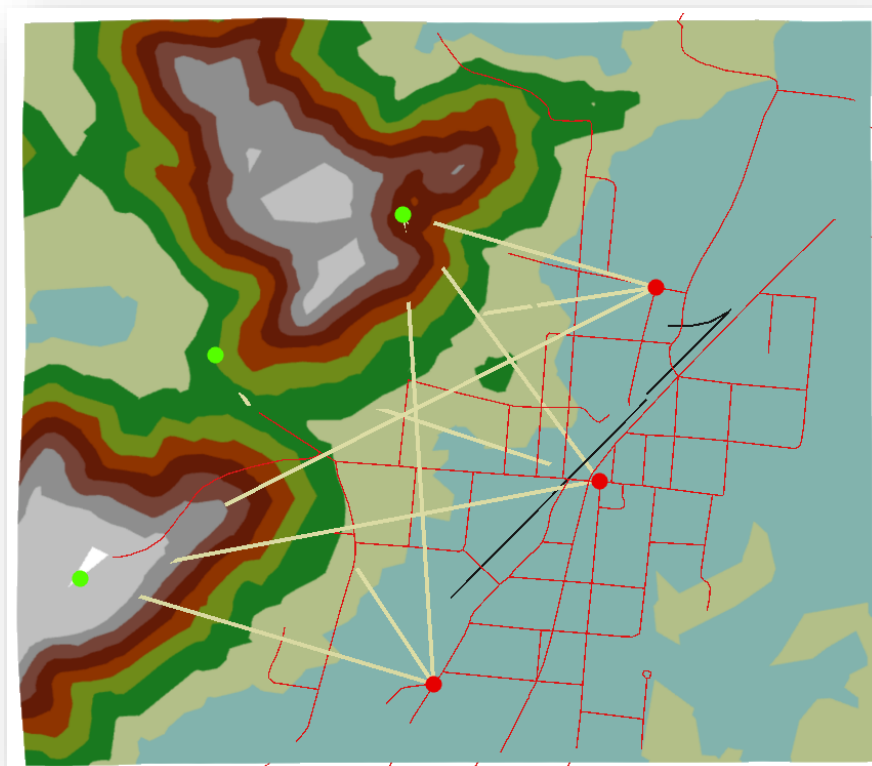
- 11.8. W polu `Output` wprowadź nazwę wyjściowej, liniowej klasy obiektów – `ConstructSight` (Ryc. 34).



Ryc. 34. Narzędzie konstrukcji linii wzroku

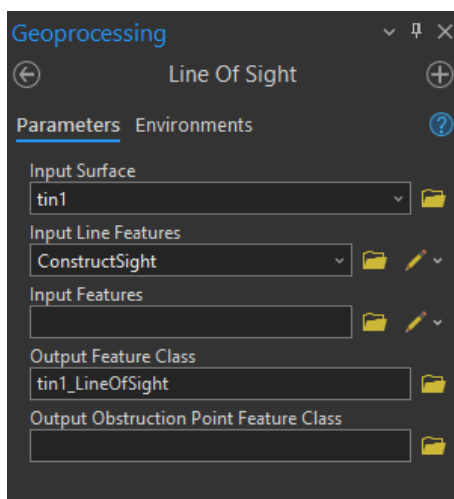
11.9. Aby uruchomić narzędzie konstrukcji linii wzroku naciśnij przycisk *Run*.

Narzędzie utworzy sieć 9 linii łączących każdy punkt obserwacyjny z każdym punktem docelowym (Ryc. 35).



Ryc. 35. Model TIN z wyznaczonymi liniami wzroku

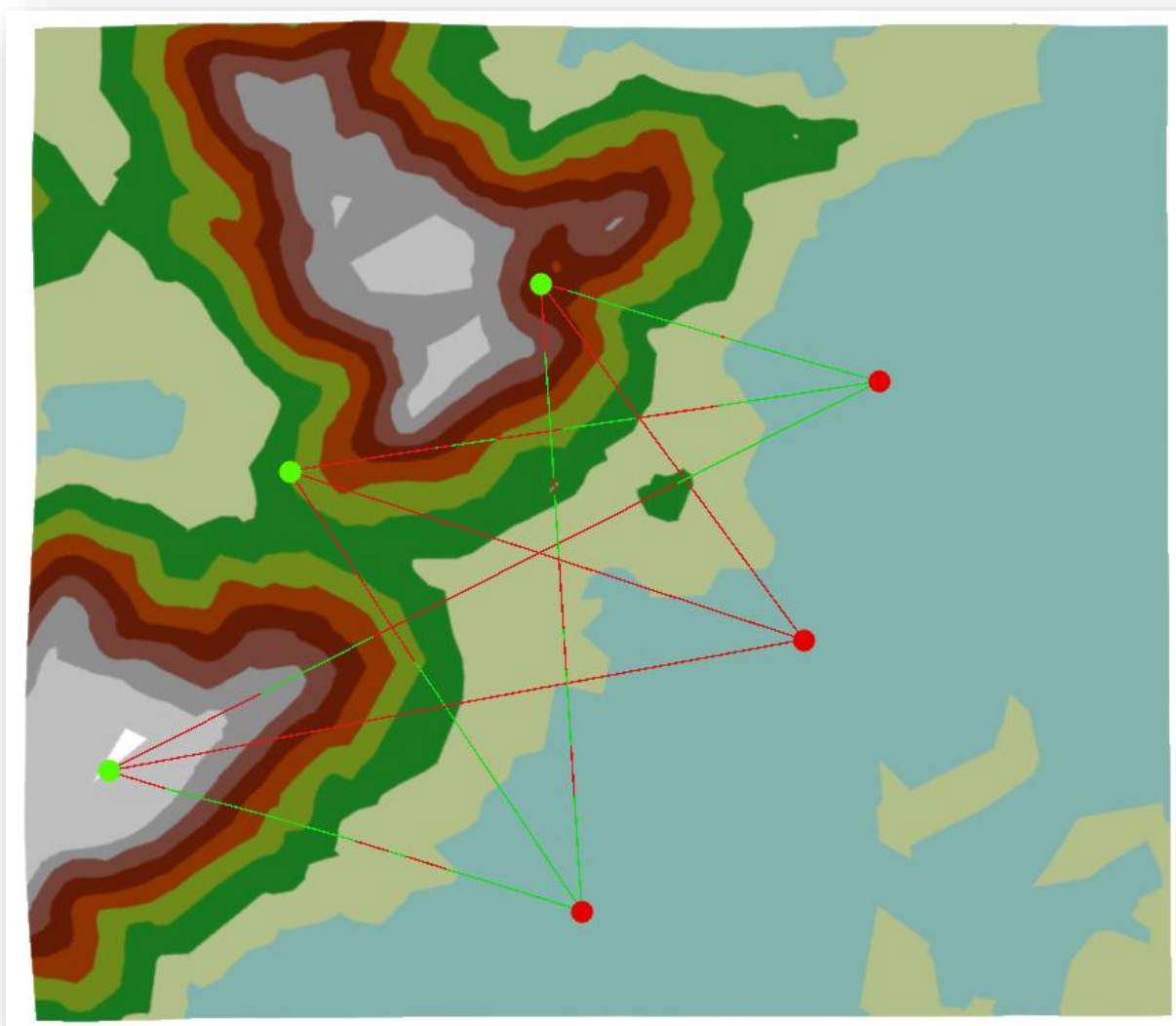
- 11.10. Na wstążce aplikacji przejdź do karty *Analysis (Analiza)*. W grupie *Geoprocessing (Geoprzetwarzanie)* wyszukaj narzędzie *3D Analyst Tools > Visibility > Line Of Sight*.
- 11.11. Jako *Input Surface (Powierzchnia wejściowa)* wybierz model `tin1`. Jako *Input Line Features (Wejściowe obiekty linii)* wybierz utworzoną klasę linii wzroku `ConstructSight`. *Zbiór wyjściowy (Output Features)* zapisz do geobazy jako `tin1_LineOfSight` (Ryc. 36).



Ryc. 36. Panel narzędzia *Geoprocessing* – *Line Of Sight*

- 11.12. Aby uruchomić narzędzie naciśnij przycisk *Run*.
- 11.13. Wyłącz widoczność warstw `ConstructSight`, `roads` i `railroad`.

W wyniku działania narzędzia *Line Of Sight* otrzymujemy liniową klasę obiektów wskazującą za pomocą kolorów, które części krajobrazu będą z punktów obserwacji widoczne, a które nie (Ryc. 37).



Ryc. 37. Model TIN z wyznaczonymi liniami widoczności

Linia widoczności są obliczone w taki sposób, aby pokazać, które obszary są z perspektywy obserwatora widoczne. Punkty czerwone symbolizują lokalizację obserwatorów, natomiast punkty zielone wyznaczają docelowe miejsca obserwacji. Zielone segmenty utworzonych linii pokazują tereny, które są widoczne dla obserwatorów, natomiast czerwone segmenty linii nie są dla nich widoczne.

Wykonaliśmy prosty projekt analizy morfologii obszaru miasta.

11.14. Zapisz projekt i zamknij ArcGIS Pro.