

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

# Tworzenie NMT typu TIN

Zastosowanie GIS w badaniach przyrodniczych, Ćwiczenie 4

Na podstawie materiałów szkoleniowych ESRI.  
Wyłącznie do użytku wewnętrznego AGH.

2021-10-26

## Wprowadzenie

Miasto Horse Cave (Kentucky, USA) jest usytuowane ponad jaskinią, która niegdyś służyła miastu jako źródło wody pitnej oraz elektrownia wodna. 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 wspólnych wysiłków 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.

Dane wykorzystywane w tym ćwiczeniu zostały udostępnione przez ACCA.

Wymagane oprogramowanie: ArcGIS 10.X for Desktop (ArcView, ArcEditor, lub ArcInfo).

## Ćwiczenie 3

Zagadnienia:

- Tworzenie i praca z NMT w formacie TIN przy użyciu *ArcScene* i *ArcMap*.
- Nakładanie (drapowanie) zdjęć na utworzony model NMT.
- Konstrukcja i symbolizacja zbioru danych TIN w celu dokładnej reprezentacji modelu 3D.
- Tworzenie profili terenu.

### 1. Zapoznanie się z danymi

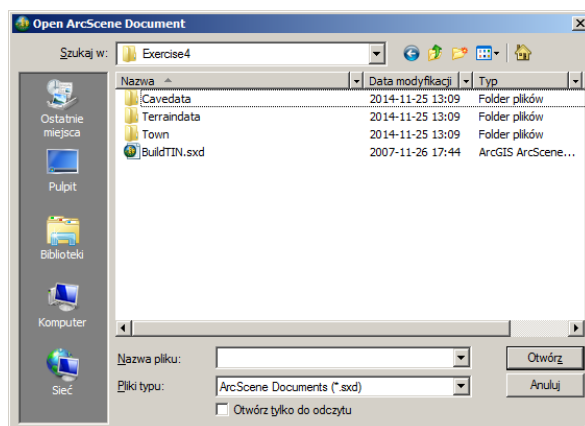
Na początku zostanie otworzona scena *BuildTIN* pokazująca jaskinię oraz dodatkowe warstwy dotyczące terenu. Dane ukształtowania terenu zostaną wykorzystane do utworzenia NMT w postaci TIN oraz rozciągnięcia (ang.: *drape*) na nim innych warstw w celu zobrazowania położenia jaskini i miasta.

Pierwszym krokiem przed przystąpieniem do analiz jest pobranie danych, które znajdują się w [tutaj](#).

- 1.1. Do swojej domowej lokalizacji przenieś wypakowane archiwum z folderem `\3DAnalyst\`.
- 1.2. W folderze `\3DAnalyst\` utwórz podfolder `\src\`.
- 1.3. Do utworzonego folderu `\src\` przenieś archiwum ćwiczeniowe (`3DAnalyst.zip`).

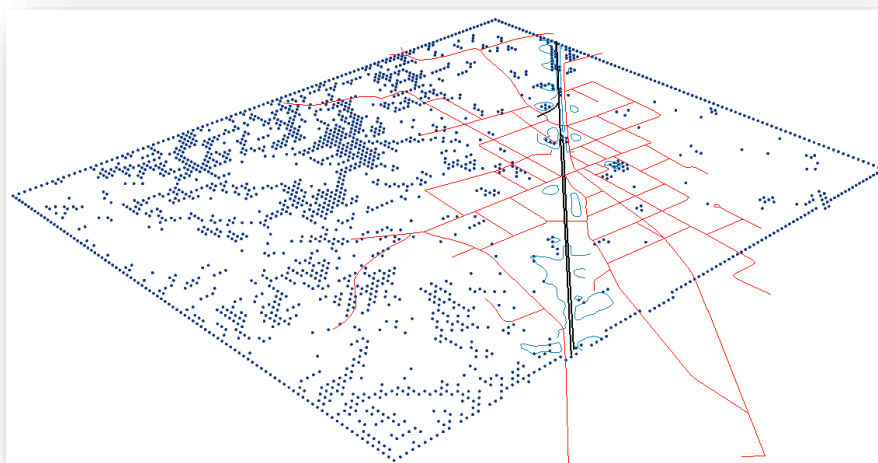
Dane do ćwiczenia znajdują się w podfolderze /Exercise4/.

- 1.4. Uruchom aplikację *ArcScene*.
- 1.5. W oknie uruchamiania aplikacji *ArcScene* odszukaj pozycję *Istniejące sceny* (*Existing Scenes*), a następnie wybierz polecenie *Wyszukaj więcej* (*Browse for more*). Odszukaj na dysku komputera katalog, w którym znajdują się dane do ćwiczenia (/Exercise4/) i wskaż plik mapy o nazwie *BuildTIN.sxd* (Fig. 1).



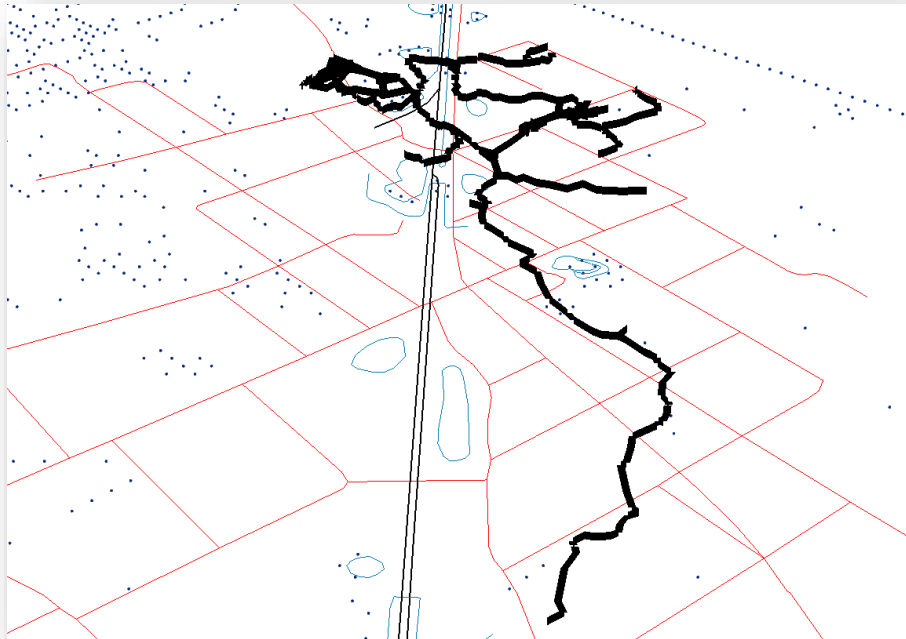
**Fig. 1. Okno dialogowe dodawania istniejącego dokumentu sceny**

- 1.1. Program otworzy scenę, która zawiera warstwę z lokalizacją dróg, torów kolejowych, punktami wysokościowymi oraz warstwę z istotnymi konturami (Fig. 2). W tabeli zawartości widoczność niektórych warstw jest wyłączona.



**Fig. 2. Scena z lokalizacją dróg, torów kolejowych, punktami wysokościowymi oraz warstwą istotnych linii konturowych**

- 1.2. W tabeli zawartości włącz wyświetlanie warstwy *Cavesurvey*
- 1.3. W tabeli zawartości kliknij ppm na warstwie *Cavesurvey* i wybierz *Powiększ do zasięgu warstwy* (*Zoom to Layer*) (Fig. 3).



**Fig. 3. Scena w zasięgu klasy Cavesurvey**

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 wysokości równą 0. W kolejnym etapie ćwiczenia zostanie zbudowany model TIN, na który nałożone zostaną ulice i zdjęcie miasta.

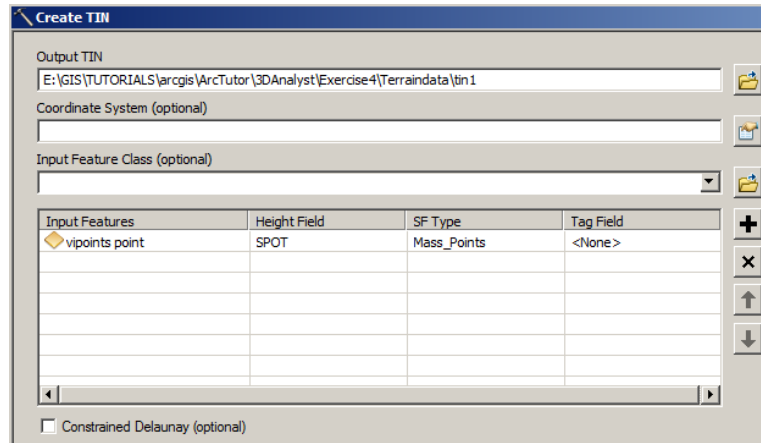
## 2. Utworzenie modelu TIN z danych punktowych

Danymi wejściowymi jest klasa punktowa `vipoints point`, która w tabeli atrybutów posiada pole `SPOT` reprezentujące wysokość każdego punktu (Fig. 4).

FID	Shape	AREA	PERIMETER	VIPOINTS#	VIPOINTS-ID	VIPOINTS	VIPOINTS I	SPOT	SFCODE	\$POLYGONID	\$SCALE	\$A
1	Point	0	0	0	1	1	1	198.12	1	0	1	
2	Point	0	0	0	2	2	2	198.12	-1	0	1	
3	Point	0	0	0	3	3	3	198.034	-1	0	1	
4	Point	0	0	0	4	4	4	201.168	1	0	1	
5	Point	0	0	0	5	5	5	201.168	-1	0	1	
6	Point	0	0	0	6	6	6	202.997	-1	0	1	
7	Point	0	0	0	7	7	7	205.435	1	0	1	
8	Point	0	0	0	8	8	8	207.874	1	0	1	
9	Point	0	0	0	9	9	9	210.007	-1	0	1	
10	Point	0	0	0	10	10	10	213.055	-1	0	1	
11	Point	0	0	0	11	11	11	216.103	1	0	1	
12	Point	0	0	0	12	12	12	217.932	-1	0	1	
13	Point	0	0	0	13	13	13	219.456	-1	0	1	
14	Point	0	0	0	14	14	14	220.98	-1	0	1	
15	Point	0	0	0	15	15	15	221.59	-1	0	1	
16	Point	0	0	0	16	16	16	223.114	-1	0	1	
17	Point	0	0	0	17	17	17	224.638	-1	0	1	

**Fig. 4. Tabela atrybutowa klasy punktów pomiaru wysokości `vipoints point`**

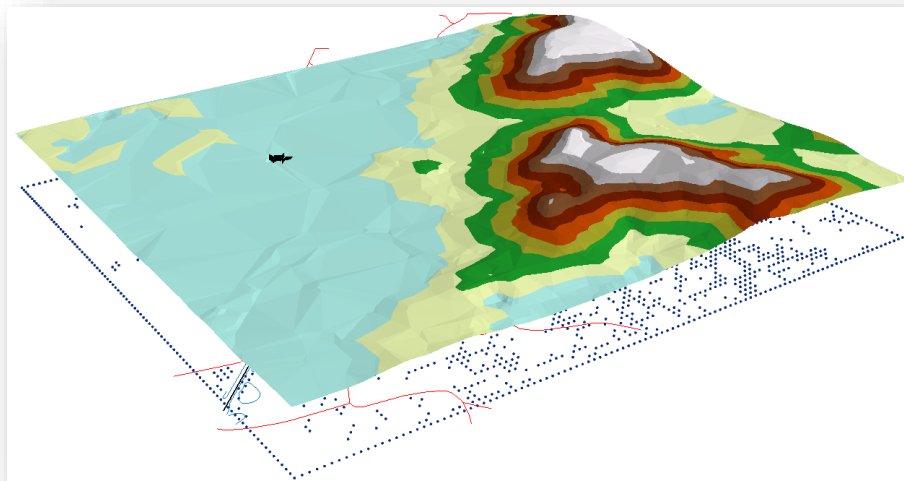
- 2.1. Uruchom *Toolboxes* > *System Toolboxes* > *3D Analyst Tools* > *Data Management* > *TIN* > *Create TIN*.
- 2.2. W oknie *Create TIN* ustaw lokalizację zbioru wynikowego modelu TIN. W tym celu kliknij ikonę *Home*, a następnie, w podfolderze *Exercise4* wybierz *Terraindata\tin1* i kliknij *Save*.
- 2.3. Jako wejściową klasę obiektów wybierz z listy rozwijanej *vipoints point*.
- 2.4. Jako pole wysokości wskaż *SPOT* (Fig. 5).



**Fig. 5. Okno dialogowe *Create TIN***

- 2.5. Kliknij *OK*.

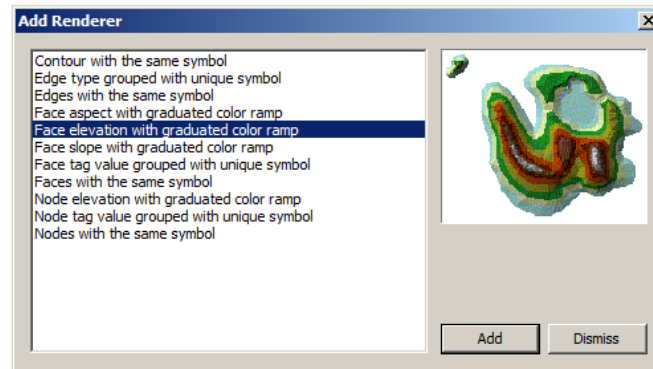
Model TIN został utworzony i dodany do sceny. Zwróć uwagę, że jest on na mapie wyświetlony ponad warstwą *Cavesurvey* (Fig. 6).



**Fig. 6. Scena z dodaną warstwą modelu TIN**

Jeżeli sposób wyświetlania nowopowstałej warstwy *tin1* nie jest zgodny z powyższym, dokonaj następujących modyfikacji.

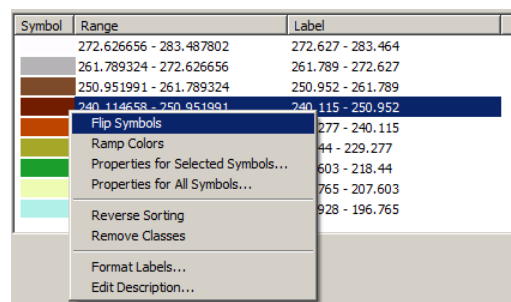
- 2.6. W tabeli zawartości kliknij ppm na warstwie `tin1`, a następnie wybierz Properties > Symbology.
- 2.7. W polu *Show* jest tylko jeden rodzaj symbolizacji zatytułowany `Faces`.
- 2.8. Kliknij *Add* i z dostępnych możliwych sposobów prezentacji danych wybierz opcję: *Face Elevation with graduated color ramp* (Fig. 7).



**Fig. 7. Okno dialogowe *Add renderer***

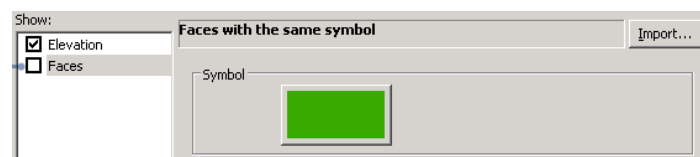
- 2.9. Kliknij *Add*, a następnie w celu wyjścia z okna naciśnij *Dismiss*.

Jeżeli najwyższy przedział wysokości ma przypisany kolor jasnoniebieski, kliknij ppm na wybrany symbol i wybierz pozycję *Flip Symbols* (*Odwróć symbole*) (Fig. 8).



**Fig. 8. Odwracanie kolejności symbolizacji kategorii**

- 2.10. W celu uaktywnienia ustawionej symbolizacji odznacz górną pozycję `faces`.



- 2.11. W celu zamknięcia okna *Layer Properties* (*Właściwości warstwy tematycznej*) Kliknij przycisk *OK*.

### 3. Dodanie warstw do modelu TIN

Kolejnym krokiem jest dodanie do modelu linii nieciągłości. Warstwa `railroad` zostanie dodana jako miękka linia nieciągłości (*soft breaklines*) – będzie ona widoczna na

powierzchni, ale nie będzie miała 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.

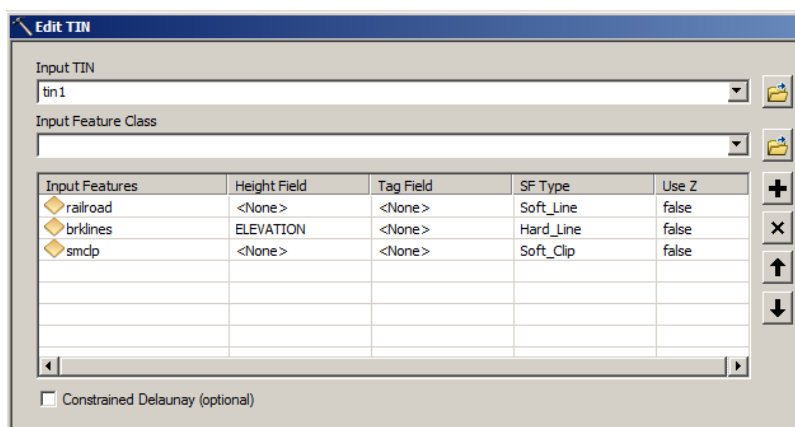
- 3.1. W *Catalog* kliknij dwukrotnie na narzędziu *Toolboxes > System Toolboxes > 3D Analyst Tools > Data Management > TIN > Edit TIN*.

W oknie dialogowym *Edit TIN* ustaw odpowiednio:

*Input TIN*: `tin1`

*Input Feature Class (Wejściowa klasa obiektów)*: `railroad`

- 3.2. Z listy rozwijalnej wybierz warstwę `railroad`, zostanie ona dodana do tabelki. W tabelce kliknij na pozycję *Height Field (Pole wysokości)*. Z rozwijalnej listy wybierz `<None>` oraz w polu *SF\_type*: `Soft_Line`.
- 3.3. 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 i będzie uwzględniane podczas obliczeń) oraz *TypSF*: `Hard_Line`. Dla warstwy `smclp` ustaw: *Height Field (Pole wysokości)*: `<None>` oraz *TypSF*: `Soft_Clip` (Fig. 9).



**Fig. 9. Ustawienia warstw dodawanych do renderu TIN**

Powyższe ustawienia definiują cechy warstw, które chcesz dodać do modelu TIN oraz w jaki sposób mają one być włączone do procesu triangulacji.

- 3.4. Kliknij *OK*.

#### 4. Ustawienie cech wysokości dla warstw wektorowych na podstawie modelu TIN

W tym etapie ćwiczenia, wykorzystując model TIN zostanie ustawiona wysokość bazowa dla dróg i torów kolejowych.

- 4.1. W tabeli zawartości, w celu otwarcia okna *Właściwości Warstwy (Properties)*, kliknij dwukrotnie na warstwę `roads`.
- 4.2. W oknie *Properties* wybierz zakładkę *Base Heights (Wysokości bazowe)*.
- 4.3. W polu *Elevation from surfaces (Wysokość z powierzchni)* wybierz opcję *Floating on a custom surface (Udrapowanie na zadanej powierzchni)* i z rozwijalnej listy wybierz model `tin1` (Fig. 10).

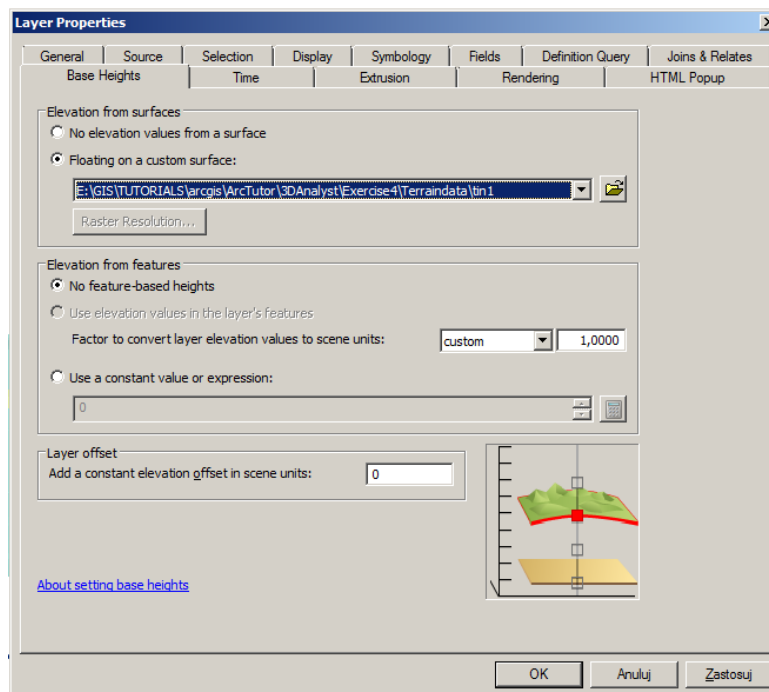


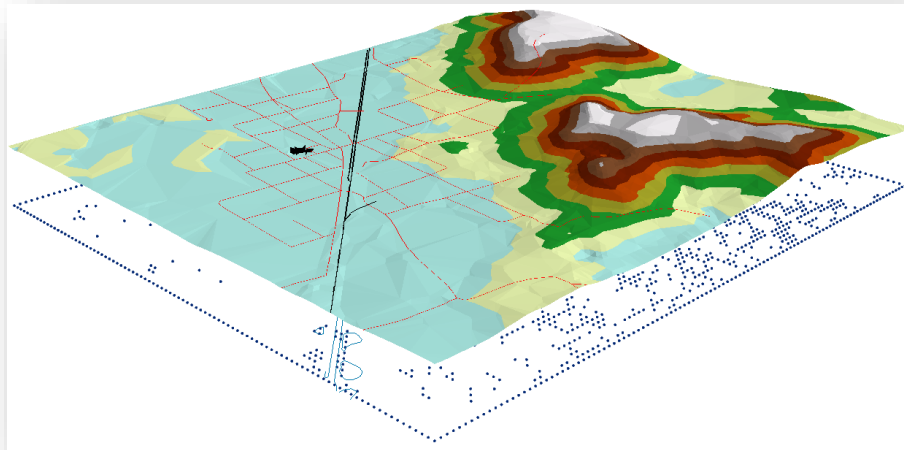
Fig. 10. Okno dialogowe *Layer Properties* z zakładką *Base Heights*

- 4.4. Kliknij *OK*.

Warstwa dróg została udrapowana (nałożona) na modelu TIN.

- 4.5. W analogiczny sposób przypisz wysokości dla warstwy `railroad` i wdrapuj je na modelu `tin1` (Fig. 11).



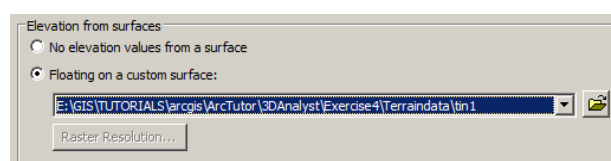


**Fig. 11. Model TIN z udrapowanymi warstwami dróg i kolei**

## 5. Ustawienie cech wysokości dla warstw rastrowych na podstawie modelu TIN

Wykorzystując zdjęcie lotnicze można pokazać umiejscowienie jaskini względem elementów pokrycia terenu. W tym celu zdjęcie lotnicze zostanie udrapowane na modelu TIN z równoczesnym ustawieniem przeźroczystości.

- 5.1. W tabeli zawartości, w celu otwarcia okna *Właściwości warstwy* kliknij dwukrotnie na warstwę `photo.tif`.
- 5.2. W oknie *Properties* wybierz zakładkę *Wysokości bazowe*.
- 5.3. W polu *Wysokość z powierzchni* ponownie wybierz opcję *Udrapowanie na zadanej powierzchni* i z rozwijalnej listy wybierz model `tin1` (Fig. 12).



**Fig. 12. Fragment okna dialogowego *Layer Properties* z zakładką *Base Heights***

- 5.4. W oknie *Właściwości warstwy tematycznej* wybierz zakładkę *Display* (Wyświetlanie).
- 5.5. W pozycji *Transparency* (Przeźroczystość) wpisz 30% (Fig. 13).

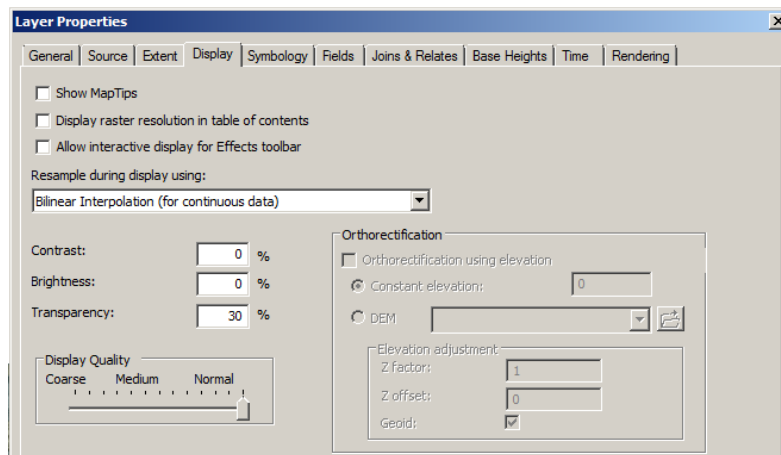


Fig. 13. Okno dialogowe *Layer Properties* z zakładką *Display*

- 5.6. Kliknij OK.
- 5.7. W tabeli zawartości ustaw widoczność warstwy *photo.tif*.

Zdjęcie lotnicze jest wyświetlane z przeźroczystością na poziomie 30%. W widoku mapy widać przebicia warstwy *tin1*. Wynika to z tego, że obie te warstwy mają ustawiony taki sam priorytet wyświetlania. Jeśli chcesz, żeby warstwa *tin1* była wyświetlana pod zdjęciem, możesz zmienić we *Właściwościach warstwy tematycznej* warstwy *tin1*, w zakładce *Rendering* (Renderowanie), w priorytet kreślenia na wartość 10 (najniższy) (Fig. 14, Fig. 15).

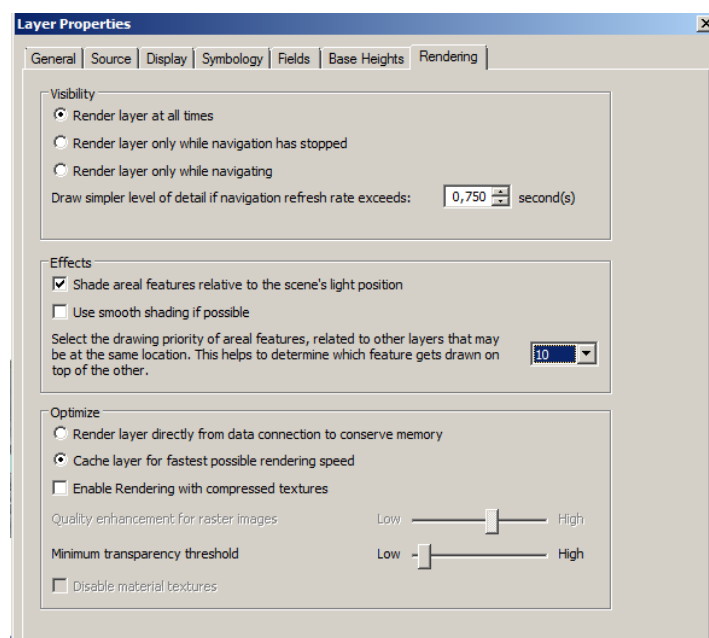
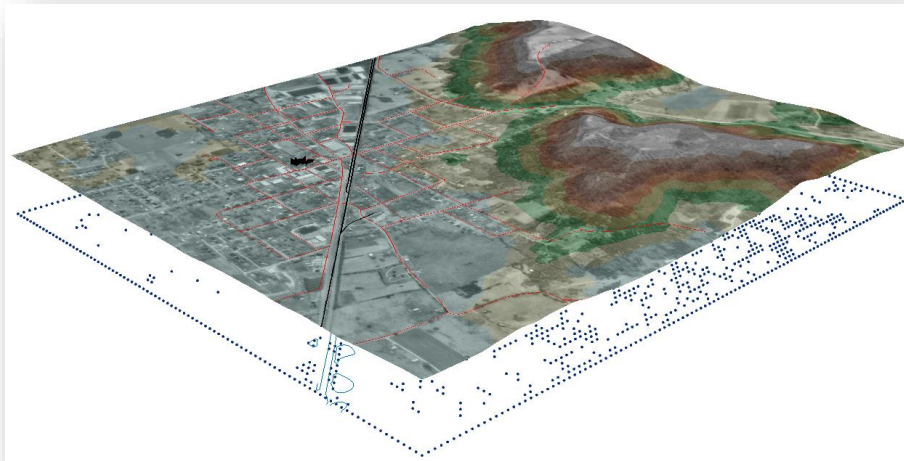


Fig. 14. Okno dialogowe *Layer Properties* warstwy *tin1* z zakładką *Rendering*

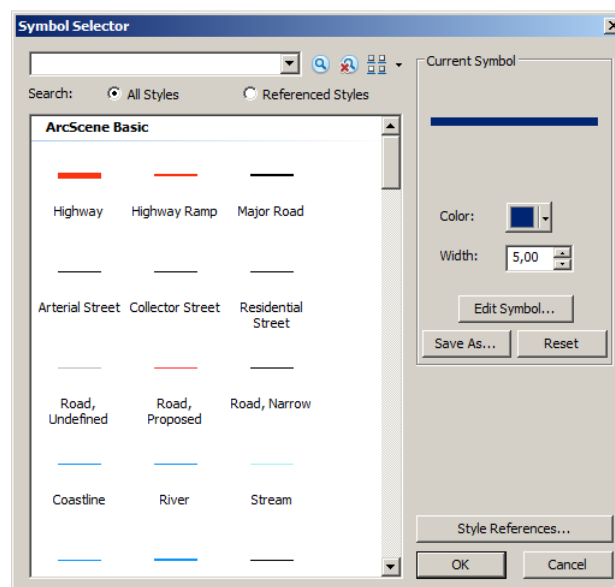


**Fig. 15. Model TIN z udrapowanym zdjęciem lotniczym**

## 6. Ustawienie widoczności poszczególnych warstw na scenie

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

- 6.1. W tabeli zawartości odznacz wyświetlanie dla warstw: vipoints point, brklines, tin1.
- 6.2. W tabeli zawartości kliknij lkm na symbol linii dla warstwy Cavesurvey.
- 6.3. W oknie *Symbol Selector* (Sektor Symboli) ustaw kolor linii na Dark Navy i szerokość: 5.
- 6.4. Kliknij OK.



**Fig. 16. Okno dialogowe Selektora symboli dla warstwy Cavesurvey**

Na scenie widać teraz trójwymiarową jaskinię pod miastem i jej położenie względem obiektów znajdujących się na powierzchni terenu (Fig. 17).

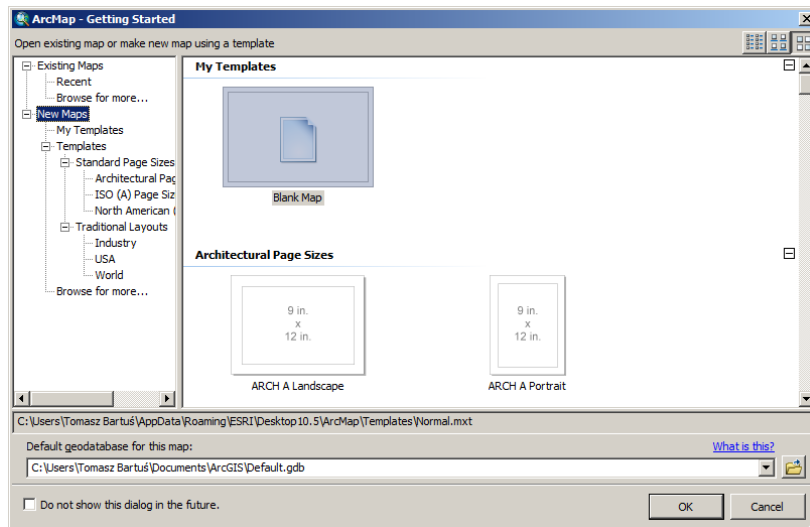


**Fig. 17. Wizualizacja jaskini pod miastem Horse Cave (Kentucky, USA)**

## 7. Utworzenie profilu terenu

Jaskinia przebiega wzdłuż dna doliny. W celu zbadania kształtu doliny zostanie utworzony profil wzdłuż modelu TIN. Do wyznaczenia profilu potrzebna jest linia 3D (graficzna lub zapisana w tabeli). W tym ćwiczeniu użyjemy ArcMap, w celu zaznaczenia na mapie TIN poszukiwanej linii 3D.

- 7.1. Otwórz aplikację *ArcMap*.
- 7.2. W oknie *ArcMap Getting Started* (*ArcMap - Uruchomienie aplikacji*) wybierz: *New maps* (Nowe mapy) > *Blank map* (Pusta mapa) (Fig. 18).



**Fig. 18. Okno dialogowe aplikacji ArcMap ArcMap - Getting Started**

Domyślna geobaza dla mapy: ... \3DAnalyst\3D\_Default.gdb.

Geobaza będzie służyła do przechowywania wyjściowych danych przestrzennych wygenerowanych w dalszych krokach.

7.3. Kliknij *OK*.

Kolejnym krokiem będzie dodanie paska narzędziowego *3D Analyst*.

7.4. Wybierz *Customize (Dostosuj) > Toolbars (Paski narzędziowe) > 3DAnalyst*.

7.5. Wybierz *Customize (Dostosuj) > Extensions (Rozszerzenia)* i sprawdź czy jest zaznaczona opcja *3D Analyst*. Jeśli nie to ją zaznacz.

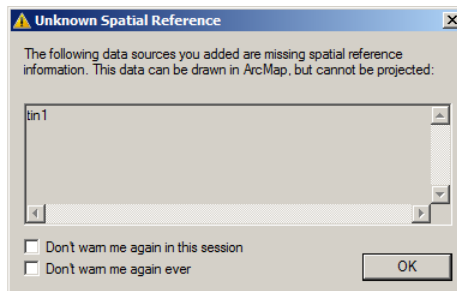
7.6. Kliknij *Zamknij*

Otwórz *Catalog* i nawiguj się do folderu z danymi: ... \3DAnalyst\_2.

We wskazanej ścieżce znajdują się dane utworzone w ćwiczeniu.

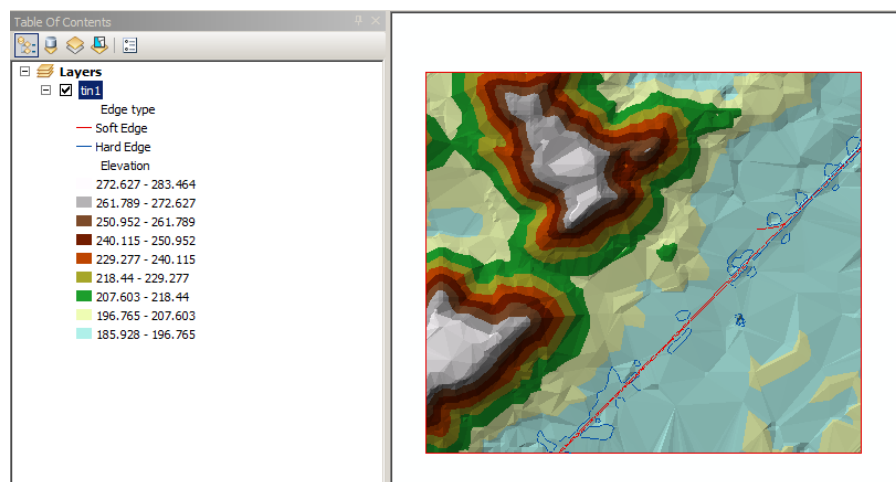
7.7. Kliknij folder *Terraindata* i metodą przeciągnij/upuść dodaj do mapy warstwę *tin1*.

7.8. Jeśli pojawi się komunikat o nieznanym odniesieniu przestrzennym (Fig. 19) kliknij *OK*.



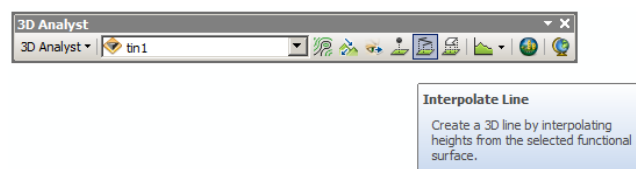
**Fig. 19. Monit o nieznanym układzie współrzędnych klasy tin1**

Warstwa tin1 została dodana do nowej sceny (Fig. 20).



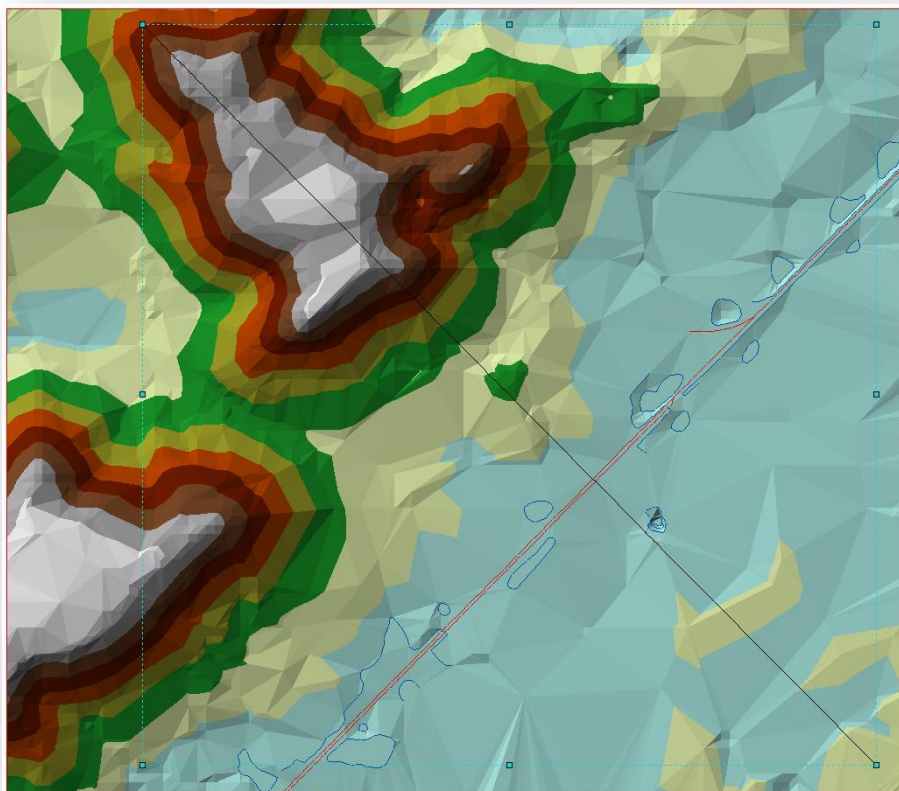
**Fig. 20. Warstwa tin1 dodana do sceny ArcMap**

- 7.9. Z paska narzędziowego *3D Analyst* wybierz narzędzie *Interpolate Line* (Interpoluj linię) (Fig. 21).



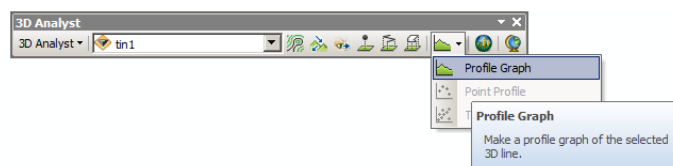
**Fig. 21. Pasek narzędziowy 3D Analyst z wybranym narzędziem Interpolate Line**

- 7.10. Zgodnie z Fig. 22 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. Wzdłuż wyznaczonej linii zostanie narysowany profil rzeźby terenu.



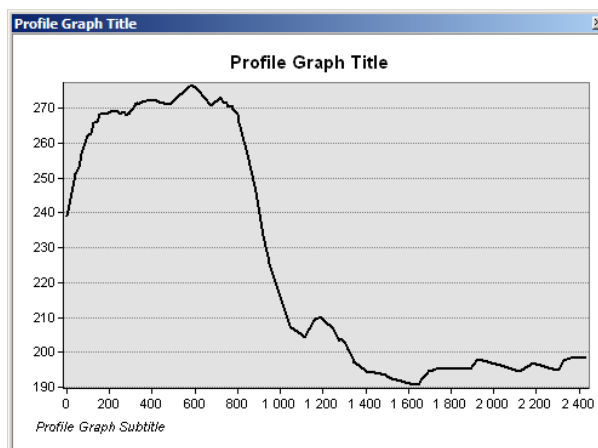
**Fig. 22. Model TIN z wyrysowaną linią przekroju morfologicznego**

7.11. Z paska narzędziowego **3D Analyst** wybierz narzędzie **Wykres profilu**



**Fig. 23. Pasek narzędziowy 3D Analyst z wybranym narzędziem Profile Graph**

Narzędzie utworzyło wykres profilu morfologicznego (Fig. 24).

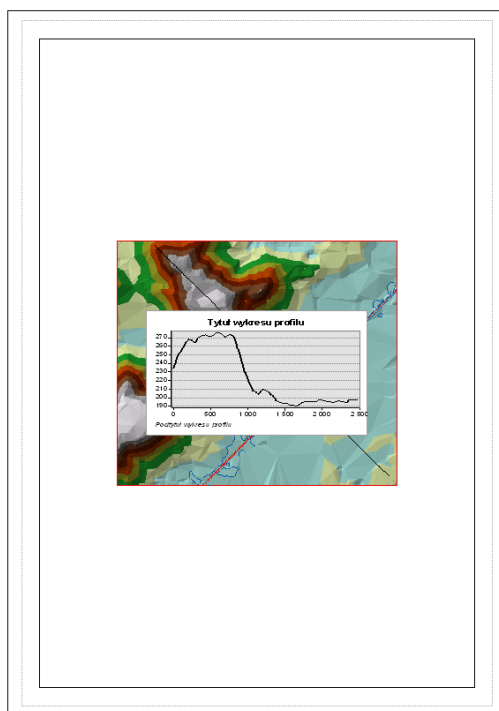


**Fig. 24. Profil morfologiczny utworzony z modelu TIN wzdłuż wyznaczonej linii przekroju**



W otrzymanym profilu można dowolnie modyfikować: tytuł, podtytuł oraz inne cechy profilu. Można również go zapisać, wyeksportować, wydrukować oraz zapisać w schowku. Sam profil może być również dodany jako osobna warstwa na mapę.

- 7.12. Kliknij ppm na Tytuł wykresu profilu i wybierz *Add to Layout (Dodaj do kompozycji)* (Fig. 25).



**Fig. 25. Przekrój dodany do widoku kompozycji**

Widok mapy automatycznie zostanie przeniesiony do *Layout View (Widoku kompozycji)*. W celu przełączania *Widok danych/Widok kompozycji* można użyć ikon znajdujących się na dole widoku mapy po lewej stronie.

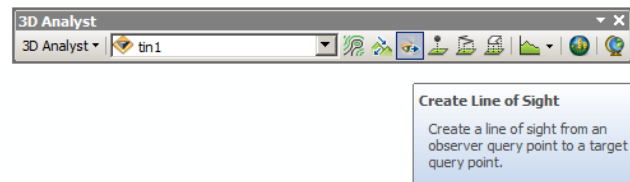
- 7.13. Zamknij okno profilu morfologicznego.  
7.14. Wróć do Widoku danych.

## 8. Tworzenie linii widoczności

Inną metodą poznania ukształtowania terenu jest utworzenie linii widoczności. Linia widoczności pokazuje, które obszary są widoczne, a które są ukryte wzdłuż linii ze zdefiniowanego punktu obserwacji.

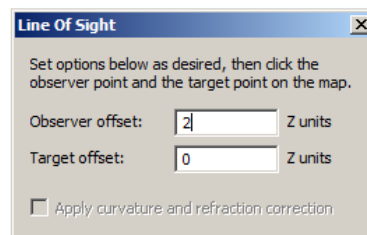
- 8.1. Z paska narzędziowego *3D Analyst* kliknij w narzędzie *Twórz linię widoczności* (Fig. 26).





**Fig. 26. Pasek narzędziowy 3D Analyst z wybranym narzędziem *Create Line of Sight* (Linii widoczności)**

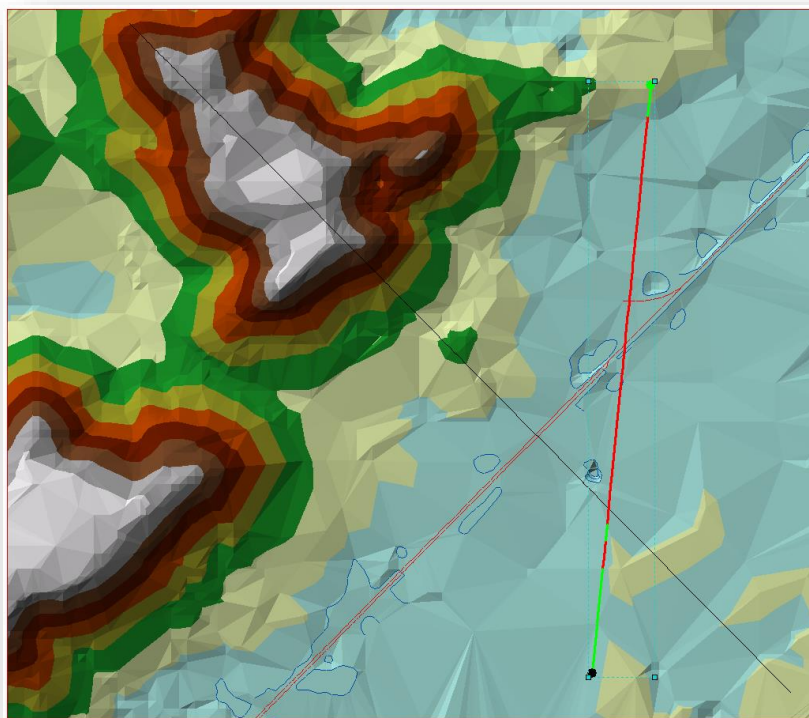
8.2. W polu *Observer offset* (Przesunięcie obserwatora) wpisz 2.



**Fig. 27. Okno dialogowe *Line of Sight***

Linia widoczności będzie obliczona w taki sposób, aby pokazać, które obszary są widoczne z perspektywy obserwatora z wysokości 2 m (wysokość ludzkiego oka).

8.3. Kliknij lpm punkt początkowy linii położony w południowo-wschodniej części obszaru, a następnie punkt końcowy w północno-wschodniej części obszaru (patrz: [Fig. 28](#)).



**Fig. 28. Model TIN z wyrysowaną linią widoczności**

Punkt początkowy (czarny) symbolizuje lokalizację obserwatora, natomiast punkt końcowy (zielony) wyznacza kierunek obserwacji. Zielone segmenty utworzonej linii pokazują tereny, które są widoczne dla obserwatora, natomiast czerwone segmenty linii nie są widoczne dla obserwatora.

8.4. Zamknij okno dialogowe *Linia widoczności*.

Linia widoczności, tak samo jak inne obiekty graficzne liniowe mogą być kopiowane z *ArcMap* do *ArcScene*.

8.5. Kliknij w głównym pasku narzędziowym *Edit (Edycja) > Select All Elements (Wybierz wszystkie elementy)*.

Narysowane linie (linia przekroju oraz linia widoczności) zostały zaznaczone.

8.6. W głównym pasku narzędziowym kliknij *Edit (Edycja) > Copy (Kopiuj)*.

8.7. Wróć do *ArcScene* i w głównym pasku narzędziowym wybierz *Edit (Edycja) > Paste (Wklej)*.

Linie powinny zostać wklejone na scenę.

8.8. Jeśli to konieczne odznacz wklejone linie klikając lpm w dowolnym miejscu na scenie.

8.9. Zapisz projekt w *ArcScene* i zamknij program.

8.10. Zamknij *Arcmap*.