|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | AIM Specyfikacja przetargowa – Modelowanie 3D |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Wersja | Data | Autor | Opis |
| 01 | 14-12-2020 | KAKI | Pierwsza wersja |
| 02 | 5-02-2021 | KAKI | Drzewo strukturalne i metadane do obiektu |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Spis treści

[1. Wprowadzenie 3](#_Toc63419703)

[1.1. Słownik pojęć, skróty i definicje 3](#_Toc63419704)

[1.2. Modelowanie 3D a inwentaryzacja obiektów przemysłowych 4](#_Toc63419705)

[1.3. Cyfrowy bliźniak 5](#_Toc63419706)

[1.4. Georeferencyjny model 3D i *master plan* 6](#_Toc63419707)

[1.5. Typy modeli 3D 7](#_Toc63419708)

[1.6. Poziomy szczegółowości 8](#_Toc63419709)

[2. Definicja wymogów projektowych 9](#_Toc63419710)

[2.1. Wymagania projektowe wobec kupującego 9](#_Toc63419711)

[2.2. Wymagania projektowe wobec wykonawcy 10](#_Toc63419712)

[2.2.1. Formaty plików 10](#_Toc63419713)

[2.2.2. Modelowanie 3D obiektów 10](#_Toc63419714)

[2.2.3. Warstwy i kolorystyka 12](#_Toc63419715)

[2.2.4. Drzewo strukturalne 14](#_Toc63419716)

[2.2.5. Metadane 17](#_Toc63419717)

[2.2.6. Pliki georeferencyjne 19](#_Toc63419718)

[2.2.7. Integracja chmury punktów i modeli 3D 19](#_Toc63419719)

[2.2.8. Raport 19](#_Toc63419720)

[2.2.9. Szkolenie 19](#_Toc63419721)

[2.2.10. Aktualizacja 20](#_Toc63419722)

[3. Dostarczanie danych z MODELOWANIA 3D 20](#_Toc63419723)

[3.1. Dostarczanie danych 20](#_Toc63419724)

[3.2. Publikowanie modeli 3D 21](#_Toc63419725)

[3.3. Struktura katalogów 21](#_Toc63419726)

# Wprowadzenie

Modelowanie 3D jest wymagającym procesem w cyfryzacji obiektów przemysłowych w związku z tym we wstępie do tej specyfikacji opisane jest podstawowe słownictwo, skróty i definicje (1.1), koncepcje (inwentaryzacji obiektów przemysłowych (1.2), cyfrowego bliźniaka (1.3), georeferencyjnego modelu 3D (1.4) oraz *master planu* pokazującego połączone modele 3D w jednym układzie współrzędnych (1.4)). Przedstawione zostały różne typy modeli 3D (1.5) ze wskazaniem na typ, który jest rekomendowany do utworzenia podczas modelowania 3D. W celu sprawnej realizacji modelowania 3D konieczne jest jeszcze omówienie poziomów szczegółowości wraz ze wskazaniem rekomendowanego poziomu (1.6).

## Słownik pojęć, skróty i definicje

W tym dokumencie będą stosowane następujące skróty (Tabela 1) oraz wykaz trudniejszych pojęć zastosowanych w tekście tej specyfikacji przetargowej (Tabela 2).

Tabela 1 Wykaz skrótów zastosowanych w tej specyfikacji.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Skrót** | **Rozwinięcie skrótu** | **Objaśnienie** |
| AE&C | Architecture, Engineering  & Construction | Typ oprogramowania do prac związanych z architekturą, pracami inżynierskimi i konstrukcyjnymi. |
| AMP | ArcelorMittal Poland | Nazwa firmy |
| AIM | Automation, Industrial  IT and Models | Nazwa Wydziału w AMP: Automatyka, Informatyka Przemysłowa i Modele |
| BIM | Building Information Modelling | Modelowanie informacji o budowaniu. Jest to cyfrowy zapis fizycznych i funkcjonalnych właściwości obiektu budowlanego, w formie parametrycznej, służący jako źródło wiedzy i wszelkich danych o obiekcie, w pełni dostępny dla uczestników procesu inwestycyjnego i stanowiący niezawodną podstawę dla podejmowania decyzji w trakcie cyklu funkcjonowania, od pierwszej koncepcji aż do rozbiórki budynku. |
| EPSG | European Petroleum Survey Group | Była organizacja naukowa związana z europejskim przemysłem paliwowym; opracowała bazę danych m.in. o ukł. współrz. |
| GESUT | Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu | Rejestr publiczny prowadzony na podstawie Prawa geodezyjnego i kartograficznego, definiowany jako system informacyjny zapewniający gromadzenie, aktualizację i udostępnianie informacji o sieciach uzbrojenia terenu. |
| GIS | Geographic Information System | System Informacji Geograficznej - system informacyjny służący do wprowadzania, gromadzenia, przetwarzania oraz wizualizacji danych geograficznych. |
| LoD | Level of Details | Poziom szczegółowości; poziom skomplikowania trójwymiarowego obiektu znajdującego się w odpowiedniej odległości od punktu widzenia; nie mylić z poziomem zaawansowana (także LoD (ang. *Level of Development*)). |
| P&ID | Piping and Instrumentation Diagram/Drawing | Schemat w procesie produkcyjnym pokazujący orurowanie pojedynczego systemu, jego części lub nawet konkretnego detalu wraz z urządzeniami i oprzyrządowaniem. |
| PPM | PPM | Numer projektu stosowany przez Dział Inwestycji w AMP. |
| RGB | Red Green Blue | Jeden z modeli przestrzeni barw. |
| TLS | Terrestrial Laser Scanning | Naziemny Skaning Laserowy |
| VR | Virtual Reality | Wirtualna rzeczywistość |

Tabela 2 Wykaz pojęć stosowanych w tej specyfikacji wraz z wyjaśnieniami.

|  |  |
| --- | --- |
| **Pojęcie** | **Wyjaśnienie** |
| georeferencyjny | Posiadający określone współrzędne. |
| master plan | Całościowy plan zakładu przemysłowego zawierający docelowo wszystkie modele 3D obiektów. |
| mesh | Zapis modelu 3D w postaci siatki trójkątów. |
| solid | Zapis modelu 3D w postaci modelu bryłowego. |
| surface | Zapis modelu 3D w postaci modelu powierzchniowego. |
| wireframe | Zapis modelu 3D w postaci modelu szkieletowego. |

## Modelowanie 3D a inwentaryzacja obiektów przemysłowych

**Modelowanie 3D,** w tej specyfikacji, rozumiane jest jako **tworzenie modeli 3D na podstawie chmur punktów** utworzonych w procesie skaningu laserowego. Z reguły jest to naziemny skaning laserowy (TLS) z uwagi na jego dokładność. W AMP obowiązują **specyfikacje techniczne** do naziemnego skanowania laserowego (TLS) oraz do metrologii (http://amp3d/docx), gdzie już wyszczególnione są wymagania jak należy przygotować chmury punktów, aby je wykorzystać w modelowaniu 3D.

Obiekty przemysłowe na ogół posiadają bardzo skomplikowaną budowę, tj. instalacje, różnego rodzaju systemy, urządzenia, konstrukcje stalowe itd. W większości przypadków, brak jest jakiejkolwiek dokładnej dokumentacji informującej o przestrzennym i rzeczywistym wyglądzie obiektów (np. przebiegu instalacji). **Inwentaryzacja obiektów przemysłowych** metodą tradycyjną jest nieefektywna i bardzo droga, ze względu na bardzo dużą pracochłonność. Technologia **skanowania laserowego** jest obecnie najszybszą i najdokładniejszą metodą inwentaryzacji. Ta technika pomiarowa szczególnie dobrze sprawdza się w skomplikowanych obiektach w przemyśle oraz pozwala na utworzenie modeli 3D - aktualnych na dzień skanowania laserowego. Wykorzystanie skanowania 3D przed przeprowadzeniem modernizacji lub po instalacji nowych systemów znacząco ułatwia proces projektowania. Przy wykorzystaniu oprogramowania typu **AE&C** można dokładnie zaprojektować przebieg poszczególnych elementów unikając kolizji z istniejącymi obiektami. Taka ścieżka projektowania, znacznie zmniejsza nakład pracy, a przede wszystkim zmniejsza koszty modernizacji do minimum.

W procesie inwentaryzacji obiektów przemysłowych konieczne staje się pozyskanie skanowania 3D, a później modelu 3D. Posiadanie **aktualnych i georeferencyjnych** modeli 3D pozwala na szybkie przekazanie danych do firm projektowych. Co więcej, modele 3D są łatwiejsze w obsłudze niż chmury punktów. Chmury punktów zawierają bardzo dużą liczbę punktów i są niekiedy mało czytelne. Uproszczeniem prezentacji chmur punktów jest właśnie **model 3D**. Tabela 3 przedstawia porównanie chmury punktów i modelu 3D fragmentu instalacji przemysłowej z perspektywy lotu ptaka, natomiast Tabela 4 ilustruje podobne porównanie chmur punktów i modelu 3D, ale w formie widoków panoramicznych (w perspektywy widoku człowieka). Połączony model 3D i chmura punktów pozwala zweryfikować dokładność i kompletność utworzenia modelu 3D.

Tabela 3 Porównanie chmury punktów z modelem 3D (widok „z lotu ptaka”). Źródło: blommaritime.com

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Chmura punktów** | **Model 3D** | **Połączony model 3D z chmurą punktów** |
|  |  |  |

Bardzo ważny aspekt w digitalizacji hut AMP to nie tylko tworzenie modeli 3D kolejnych obiektów, ale umiejętność wykorzystania modeli 3D w przyszłości. Tworzenie modeli 3D nie może być tylko inwentaryzacja obiektów przemysłowych, ale musi być bazą pod modyfikacje i inne prace projektowe. Modele 3D zredukują wtedy wydatki przeznaczone na prace projektowe oraz wpłyną na czytelność nowo utworzonej dokumentacji technicznej.

Tabela 4 Porównanie chmury punktów z modelem 3D (widok panoramiczny). Źródło: blommaritime.com

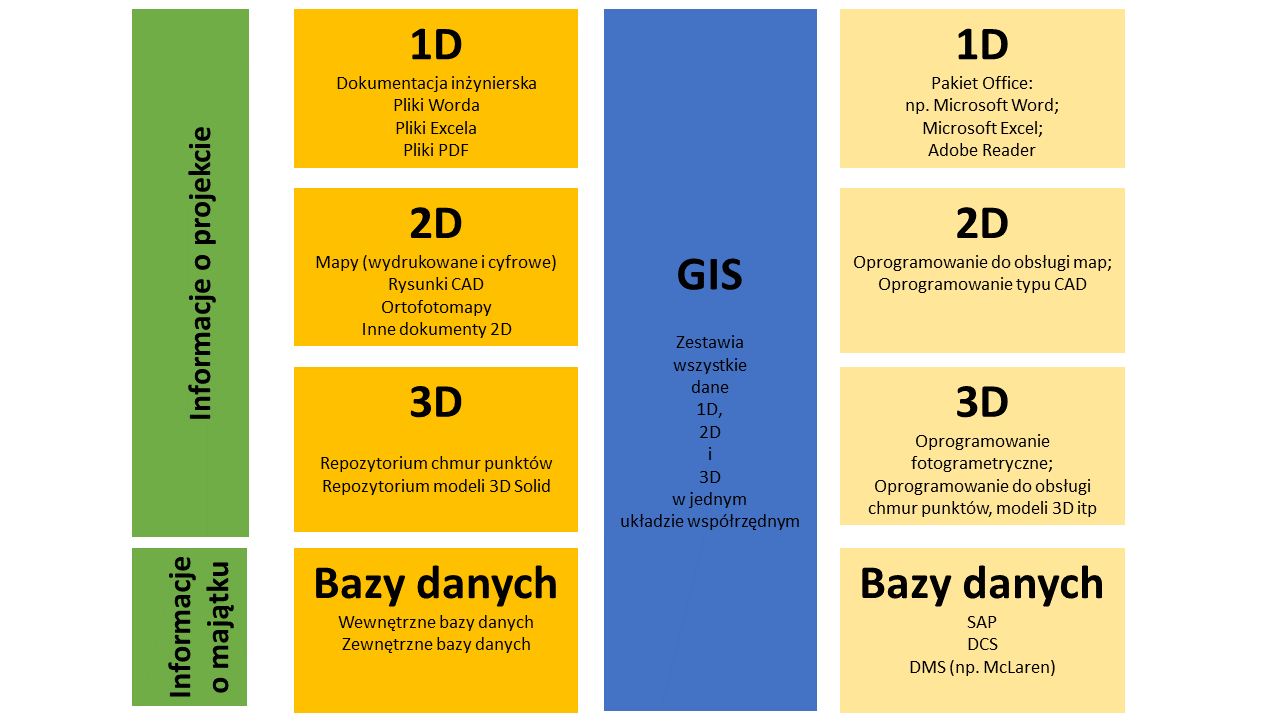
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Chmura punktów** | **Model 3D** | **Połączony model 3D z chmurą punktów** |
|  |  |  |

## 

## Cyfrowy bliźniak

Pojęcie **cyfrowego bliźniaka** (ang. *digital twin)* odnosi się do cyfrowej kopii fizycznego obiektu, procesu i systemu. Bazą tego pojęcia jest koncepcja wirtualnego ekwiwalentu świata fizycznego. Trójwymiarowe modele obiektów są niezbędne do utworzenia cyfrowego bliźniaka. Wykorzystanie tej koncepcji w hutach AMP pozwoli na dokładniejsze analizy, rozwój planowania i zarządzania zasobami w istniejących oddziałach naszego przedsiębiorstwa poprzez przekształcenie ich w dokładną replikę cyfrową.

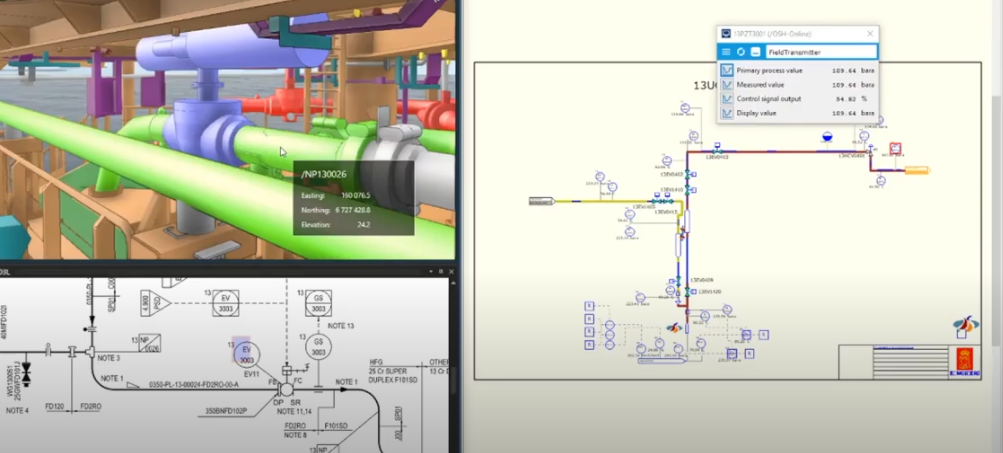
W procesie tworzenia **cyfrowego bliźniaka** niezbędne jest zebranie dokumentacji **1D**, wszelkich opracowań **2D** i modeli **3D** budynków oraz chmur punktów. Następnie w celu integracji zebranych danych 1D, 2D i 3D wykorzystywany jest system GIS, który wykorzystuje fakt, że utworzone chmury punktów i modele 3D posiadają odpowiednie układy współrzędnych zgodne z układami EPSG. Na rysunku 2 przedstawiono ideę integracji różnych danych z bazami danych. Wyróżniony został moduł dotyczący 3D, gdyż jest on właśnie szczegółowo uwzględniony w tej specyfikacji do modelowania 3D. Po prawej stronie diagramu przedstawiono potencjalne oprogramowanie, które służy do obsługi tych danych.



Rysunek 2 Koncepcja integracji danych 1D, 2D i 3D oraz baz danych znajdujących się w AMP w celu utworzenia cyfrowego bliźniaka. Wyszczególnione są modele 3D omówione w tej specyfikacji.

Modele 3D pozwalają znacznie zredukować problemy typowe dla obiektów przemysłowych oraz pozwalają zarządzać obiektami w hucie poprzez prowadzenie **symulacji** i **analiz** na cyfrowych bliźniakach. Dodatkowo, modele 3D umożliwiają wykorzystanie wyników symulacji i analiz do **poprawy działania** czy **modernizacji** fragmentów instalacji przemysłowych. Analizując wirtualne modele 3D i powiązane z nimi duże zbiory danych 1D i 2D odpowiednie jednostki zlokalizowane w hucie mogą być lepiej przygotowane do rozwiązywania problemów.

W przyszłości AMP będzie dążyło do wykorzystania inteligentnych modeli 3D, które będą powiązane z inteligentnymi dokumentami i schematami (**P&ID**). Naciśnięcie wybranego obiektu w modelu 3D spowoduje wyświetlenie powiązanych z tym obiektem dokumentów 1D i 2D oraz ich otwarcie bez żmudnego przeszukiwania archiwalnych plików na dyskach komputerowych (Rysunek 4).

****

Rysunek 4 Modele 3D w cyfrowym bliźniaku powiązane są z dokumentacją 1D i 2D.   
Źródło: https://www.youtube.com/watch?v=y6ZfYuor9Os

## Georeferencyjny model 3D i *master plan*

Inwentaryzacja obiektów przemysłowych związana z procesem modelowania 3D musi zawierać:

* georeferencyjną chmurę punktów (tworzona przez naziemny skaning laserowy);
* georeferencyjny model3Dz odpowiednim typem modelu (1.5) i poziomem szczegółowości (1.6);
* rysunki DWG, rzuty, przekroje (jako wyniki obróbki chmury punktów oraz efekt prac nad modelowaniem 3D);
* georeferencyjne ortofotomapy dla każdego zinwentaryzowanego poziomu.

Posiadając te dane będzie możliwe budowanie tzw. ***master planu*** (Rysunek 6), który będzie integrował modele 3D różnych obiektów lub fragmentów instalacji w jedną całość. W tym celu należy ujednolicić proces tworzenia modeli 3D poprzez zdefiniowanie typów modeli 3D (1.5) i poziomów szczegółowości (1.6).



Rysunek 6 Rysunek ilustracyjny połączonych modeli 3D w tzw. master plan. Źródło: https://www.turbosquid.com

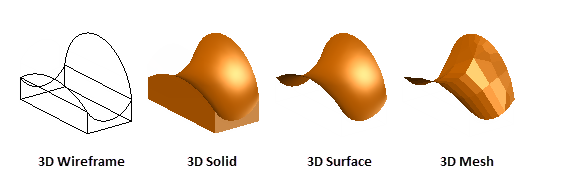
Oprogramowanie, które jest w stanie połączyć te wymienione dane to Autodesk Navisworks, który otwiera pliki NWD, NWC i NWF. Możliwe jest też utworzenie tzw. master planu   
i wyświetlenie do w **VR** roomie w AMU DG. Wyróżniamy kilka wersji oprogramowania Autodesk Navisworks. **Autodesk Navisworks Manage (**płatna licencja znajdująca się w pakiecie Autodesk AE&C; licencję posiada AIM) to kompleksowe rozwiązanie do weryfikacji projektu, które usprawnia koordynację i wykonywanie analiz oraz przekazywanie założeń projektowych i przewidywań odnośnie możliwości wybudowania obiektu. Wielobranżowe dane projektowe stworzone w różnorodnych aplikacjach do modelowania informacji o budynku (BIM), cyfrowego prototypowania i projektowania procesów technologicznych można połączyć w pojedynczy, zintegrowany model. Narzędzia do wykrywania i korygowania kolizji pomagają projektantom i specjalistom budowlanym przewidywać potencjalne problemy i unikać ich jeszcze przed przystąpieniem do budowy, co zmniejsza ilość kosztownych opóźnień i poprawek. Program łączy funkcje koordynacji modelu z możliwością tworzenia harmonogramów i zestawień ilościowych, a tym samym ułatwia przeprowadzanie symulacji   
i analiz kosztów oraz czasu trwania poszczególnych działań. Całościowe modele projektu można publikować i swobodnie przeglądać przy użyciu bezpłatnej aplikacji **Autodesk Navisworks Freedom** (bezpłatne narzędzie, z którego mogą korzystać pracownicy AMP).

Podstawową cechą programu Navisworks jest możliwość **łączenie plików 3D** pochodzących z różnych programów i następnie analiza tak powstałego zbioru danych (kolizje, wymiary, itd.). Program konwertuje pliki otrzymane z programów zewnętrznych na własny format, **nie umożliwiający edycji plików**, ale za to charakteryzujące się bardzo dużą wydajnością przetwarzania. Skonwertowane pliki umożliwiają pracę na bardzo dużych złożeniach wielokrotnie przewyższających swoją wielkością złożenia możliwe do obróbki w typowych programach służących do projektowania.

## Typy modeli 3D

Rozróżniamy podstawowe modele 3D (Rysunek 7):

* model 3D Wireframe;
* model 3D Solid;
* model 3D Surface;
* model 3D Mesh.

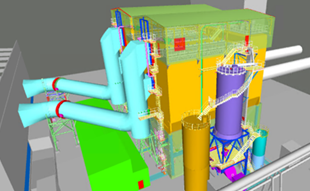


Rysunek 7 Typy modeli 3D wg. firmy Autodesk. Źródło: https://knowledge.autodesk.com

Poniżej przedstawione są podstawowe cechy **modelu 3D Solid**, który w odróżnieniu od innych, jest rekomendowany do stosowania w AMP. Model 3D Solid został wybrany z uwagi na następujące właściwości:

* wydajny w użyciu;
* łatwy w przy wykorzystywaniu obiektów takich jak rury;
* oferuje możliwości wykonywania przekrojów;
* składa się obiektów takich jak: bloki, cylindry, stożki, sfery, rury;
* najbardziej realny sposób odzwierciedlenia rzeczywistych obiektów;
* przedstawia pełną i kompletną reprezentację obiektu;
* model być przekonwertowany na model 3D Wireframe;
* łatwo można wygenerować model 3D skomplikowanych elementów;
* wymaga zwiększonej pamięci komputerowej i miejsca na dysku na przechowywanie danych;
* umożliwia otwieranie plików w darmowej przeglądarce do modeli 3D dostępnej za darmo na komputerach pracowników AMP – tj. Navisworks Freedom.

Rysunek 8 przedstawia przykładowy model 3D Solid obiektu z huty AMP. Modele 3D Mesh, 3D Wireframe i 3D Surface nie są rekomendowane i nie zostały opisane w tej specyfikacji.



Rysunek 8 Przykładowy model 3D Solid. Źródło: AMP.

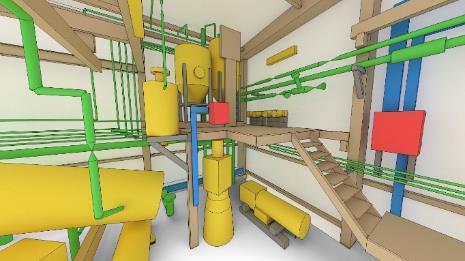
## Poziomy szczegółowości

Dzięki wykorzystaniu technologii pomiarowych tj. skanowania laserowego 3D oraz fotogrametrii, pozyskujemy kompletne dane przestrzenne. Na podstawie chmury punktów tworzone są modele 3D na różnych **poziomach szczegółowości**.

Podejmując pracę z chmurą punktów, na początku, trzeba zdefiniować jak dokładnie ma być wymodelowany obiekt. Jest to określone poprzez poziomy szczegółowości, które są różnie określane w różnych krajach. W Stanach Zjednoczonych można się spotkać z poziomami określanymi jako LoD100, LoD200, LoD300, LoD400, natomiast w Wielkiej Brytanii stosowane są głównie określenia LoD1, LoD2 i LoD3. W AMP przyjmujemy sposób określania poziomów szczegółowości odpowiadający poziomom LoD1, LoD2 i LoD3 i nazwane są w następujące sposób:

* niski poziom szczegółowości (odpowiada LoD1) (Rysunek 9);
* średni poziom szczegółowości (odpowiada LoD2) (Rysunek 10);
* wysoki poziom szczegółowości (odpowiada LoD3) (Rysunek 11).

Rysunki 9-11 ilustrują przykładowe różnice w modelowaniu 3D na różnych poziomach szczegółowości. W AMP rekomendowany jest **średni poziom dokładności** z uwagi na optymalne rozwiązanie pomiędzy czasem opracowania modelu 3D a liczbą szczegółów pokazanych na modelach 3D.



Rysunek 9 Niski poziom szczegółowości. Źródło: https://www.3deling.pl



Rysunek 10 Średni poziom szczegółowości. Źródło: https://www.3deling.pl



Rysunek 11 Wysoki poziom szczegółowości. Źródło: https://www.3deling.pl

# Definicja wymogów projektowych

Zebranie poniższych informacji pozwoli precyzyjnie przygotować się kupującemu na usługę modelowania 3D i wybrać najbardziej optymalny do potrzeb Zakładu model 3D.

## Wymagania projektowe wobec kupującego

Odpowiedzi na poniższe pytania muszą być przesłane do AIM. Kupujący musi skopiować tabelę do nowego dokumentu Worda, uzupełnić ją i odesłać do AIM.

|  |  |
| --- | --- |
| **Zagadnienie do modelowania 3D** | **Odpowiedź kupującego** |
| 1. Podaj nazwy obiektów. |  |
| 1. Podaj lokalizację Oddziału AMP. |  |
| 1. Określ liczbę obiektów. |  |
| 1. Opisz cel. |  |
| 1. Określ, do czego ma być wykorzystywany model 3D. |  |
| 1. Czy był przeprowadzany skaning laserowy? Jeśli tak, to podaj szczegóły. |  |
| 1. Czy po przeprowadzonym skaningu laserowym nastąpiły modyfikacje? Jeśli tak, to podaj szczegóły. |  |
| 1. Czy obiekt był w przeszłości poddany procesowi modelowania 3D? Jeśli tak, to podaj szczegóły. |  |
| 1. Określ dokładność modelowania 3D i wyjaśnij, dlaczego taka dokładność jest wymagana. |  |
| 1. Zaznacz na dowolnej mapie (może to być zrzut z OpenstreetMap.org położeniem obiektu na terenie huty. |  |
| 1. Określ poziom (kondygnację) położenia obiektu do modelowania 3D. |  |
| 1. Określ częstotliwość wykonywania i aktualizacji modeli 3D (ile razy w ciągu najbliższych 5 lat może pojawić się potrzeba wykonania kolejnego skaningu laserowego i modelowania 3D?). |  |
| 1. Opisz, które miejsca są ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa i kompletności modelowania 3D. |  |
| 1. Określ typ modelu, który ma być dostarczony (patrz 1.4). Dotyczy: jeśli inny niż model 3D Solid. |  |
| 1. Określ poziom szczegółowości (patrz 1.5). Dotyczy: jeśli inny niż średni poziom szczegółowości. |  |
| 1. Podaj oprogramowanie, które jest wykorzystywane w Zakładzie (do pracy z modelami 3D). |  |
| 1. Określ wymogi firmy zewnętrznej (jeśli dotyczy). |  |
| 1. Podaj normy ISO lub inne normy oraz standardy, które pozwolą wymodelować obiekty w trzech wymiarach obiekty. |  |
| 1. Określ, które elementy muszą być obowiązkowo wymodelowane. |  |
| 1. W osobnym pliku ZIP prześlij zdjęcia obiektów (maszyn, urządzeń) i zaznacz na nich obszary, które muszą być wymodelowane. |  |

Obowiązkowa jest **aktualizacja modeli 3D** **do 1 roku** po wykonaniu modelowania 3D. Kupujący ma **obowiązek** poinformować wykonawcę i AIM o modernizacji instalacji.

Kupujący musi zdefiniować punkt odniesienia, który jest dobrze widoczny na miejscu i dobrze reprezentowany w chmurze punktów. Ten punkt odniesienia musi zostać zmaterializowany na miejscu np. punktem osnowy lub reperem i nie może zmieniać położenia. Dodatkowe punkty referencyjne muszą zostać zainstalowane przez AM w każdym obszarze, który został zeskanowany za pomocą naziemnego skanera laserowego.

## Wymagania projektowe wobec wykonawcy

Modelowanie 3D jest złożonym procesem, szczególnie wtedy gdy modele 3D są budowane na podstawie chmur punktów. W kolejnych podrozdziałach wyróżniono formaty plików (2.2.1), sposób modelowania obiektów w trzech wymiarach (2.2.2), zdefiniowano niezbędne warstwy i kolorystykę (2.2.3) oraz metadane niezbędne do umieszczenia w pliku NWD (2.2.4). Dodatkowo, wykonawca musi wziąć pod uwagę wymagania dotyczące plików georeferencyjnych (2.2.5), integracji chmury punktów z modelami 3D (2.2.6), raportów (2.2.7), szkoleń (2.2.8) i aktualizacji modeli 3D (2.2.9).

### Formaty plików

Modele 3D muszą być dostarczane w formacie **NWD** ze zintegrowanymi plikami **DWG**, a także NWC i NWF. Pliki DWG muszą być dostępne także jako osobne pliki.

Wymagania dotyczące plików NWD:

* pełne drzewo hierarchiczne z zawartym plikiem NWD;
* model bryłowy (model 3D Solid);
* jednostka: metry;
* zdefiniowany i zastosowany układ EPSG zgodnie z lokalizacją obiektu (EPSG 2177 dla DG&Śląsk oraz EPSG2178 dla KR);
* nie zawiera wczytanej chmury punktów, ale powinien umożliwiać integrację w oprogramowaniu Navisworks.

### Modelowanie 3D obiektów

W celu utworzenia tzw. *master planu* należy określić sposób modelowania 3D różnich typów obiektów. Na przykład, istotną kwestią jest utrzymanie wymiarów kołnierzy na połączeniach rurociągowych (wymiary pozwolą zdefiniować rodzaj kołnierza). Modelowanie konstrukcji stalowej musi być prowadzone wg. profili. Jeśli znane są parametry i atrybuty poszczególnych elementów muszą być dodawane do obiektów. Modele 3D muszą być modelowane zgodnie ze **średnim poziomem szczegółowości**. Tabele 5-8 przedstawiają podstawowe różnice pomiędzy modelowaniem 3D wybranych elementów w trzech poziomach szczegółowości. Pomimo rekomendowane średniego poziomu szczegółowości podane są też dwa pozostałe poziomy w celu rozróżnienia sposobu modelowania 3D.

Tabela 5 Porównanie modelowania 3D połączenia kołnierzowego na trzech   
poziomach szczegółowości. Źródło: http://www.blommaritime.com

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Niski poziom  szczegółowości** | **Średni poziom szczegółowości** | **Wysoki poziom  szczegółowości** |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Połączenie kołnierzowe zamodelowane jako jeden cylinder. | Połączenie kołnierzowe reprezentowane przez dwa cylindry, siłownik zaworu zgrubnie zamodelowany. | W stosunku do niskiego poziomu szczegółowości, dodatkowo zamodelowane śruby, siłownik zaworu zbudowany z większej liczby elementów. |

Tabela 6 Porównanie modelowania systemu wentylacji na trzech   
poziomach szczegółowości. Źródło: http://www.blommaritime.com

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Niski poziom szczegółowości** | **Średni poziom szczegółowości** | **Wysoki poziom szczegółowości** |
|  |  |  |
| System wentylacji modelowany jako prostopadłościany. | System wentylacji modelowany jako łączenia dokładnie odwzorowane. | System wentylacji modelowany jako prostopadłościany, detale oraz łączenia dokładnie odwzorowane. |

Tabela 7 Porównanie modelowania struktury obiektów na trzech   
poziomach szczegółowości. Źródło: http://www.blommaritime.com

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Niski poziom szczegółowości** | **Średni poziom szczegółowości** | **Wysoki poziom szczegółowości** |
|  |  |  |
| Wszystkie elementy reprezentowane poprzez prostopadłościany. | Wszystkie elementy konstrukcji zamodelowane z rozróżnieniem rodzaju i wielkości profili. | Wszystkie elementy konstrukcji zamodelowane z rozróżnieniem rodzaju i wielkości profili, łącznie z elementami drugorzędnymi, zajmującymi przestrzeń, np. takimi jak blachy węzłowe. Zobrazowane odkształcenia konstrukcji. |

Tabela 8 Porównanie modelowania wsporników rur na trzech poziomach szczegółowości.  
Źródło: http://www.blommaritime.com

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Niski poziom szczegółowości** | **Średni poziom szczegółowości** | **Wysoki poziom szczegółowości** |
|  |  |  |
| Prosta reprezentacja wspornika za pomocą prostopadłościanów bez klamer na rurze. | Klamra przedstawiona za pomocą cylindra, wspornik jako profil. | Dokładne odwzorowanie klamry  i wspornika rury. |

### Warstwy i kolorystyka

Projekt musi zawierać ściśle określone warstwy o określonej kolorystyce (Tabela 9). Nazwa warstwy musi zawierać trzycyfrowy numer na początku nazwy i być widoczna w drzewie hierarchicznym w Navisworks. W przypadku nie uwzględnienia jakiejś warstwy należy dodać nową warstwę wraz z odpowiednim numerem odpowiadającym danemu typowi obiektów (np. warstwy związane z orurowaniem zawierają numerację: 100, 101, 102). Tabela 9 przedstawia zestawy nazw z wybraną kolorystyką. Obowiązkowe jest stosowanie angielskich nazw (patrz punkt 2.2.4). Tabela 10 ilustruje porównanie w wyświetlaniu warstw GIS i GESUT.

Tabela 9 Zestawienie nazw warstw wraz z kolorystyką.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nazwa warstwy / zestawy warstw** | **Kolor RGB** |
| 010 GIS | Zgodnie z GIS |
| 020 GESUT | Zgodnie z Tabelą 11 |
| 030 Chmura punktów | n.d. |
| 100 Rury | 195,195,10 |
| 101 Elementy orurowania (kołnierze, zawory, instrumenty itp.) | 200,100,20 |
| 102 Konstrukcje wsporcze rurociągów | 0,200,0 |
| 200 Urządzenia (zbiorniki, pompy, silniki, filtry itp.) | 0,255,255 |
| 201 Zbiorniki | 0,0,255 |
| 202 Pompy | 200,200,30 |
| 203 Silniki | 250,200,200 |
| 204 Filtry | 200,200,200 |
| 300 Elektryka | 255,0,255 |
| 301 Korytka kablowe | 255,125,0 |
| 302 Konstrukcje wsporcze korytek kablowych | 255,125,90 |
| 303 Szafy elektryczne/ sterownicze | 255,100,50 |
| 304 Oświetlenie | 255,255,0 |
| 400 Budynki | 0,0,175 |
| 401 Struktury | 10,255,0 |
| 402 Schody | 255,30,30 |
| 403 Barierki | 200,195,0 |
| 404 Kraty pomostowe | 0,0,190 |
| 405 Architektura | 0,0,220 |
| 406 Drabiny | 200,190,20 |
| 407 Fundamenty | 20,0,255 |
| 408 Ściany | 50,50,190 |
| 500 Drogi | 100,100,100 |
| 600 Gaz | 200,200,0 |
| 700 Ochrona przeciwpożarowa | 240,0,0 |
| 800 Hydraulika | 100,150,200 |
| 900 Pneumatyka | 100,100,150 |
| 1000 HVAC | 0,200,50 |

Wszystkie rury muszą być zawarte w modelu 3D. Jednak rury (zestaw: 100 rur) o średnicy nominalnej poniżej ND 50 można modelować z niskim poziomem szczegółowości. Oczywiście zależy to od przeznaczenia modelu i należy skonsultować się z kupującym.

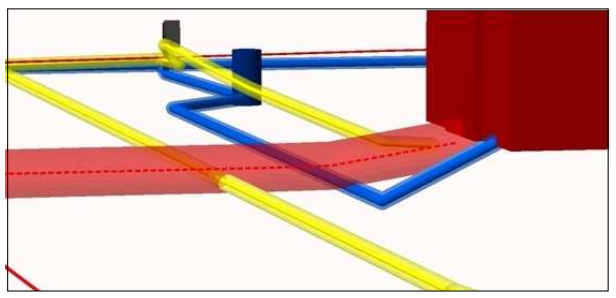
Tabela 10 Zestawienie wyświetlania modelu 3D bez i z wastwą GESUT i GIS. Źródło: Model 3D z AMG.

|  |  |
| --- | --- |
| **Model 3D bez warstw GIS i GESUT** | **Model 3D z warstwami GESUT i GIS** |
|  |  |

W celu rozróżnienia różnych obiektów sieciowych znajdujących się modelu 3D należy zastosować następujące kolory. Tabela 11 przedstawia kolory stosowane w instrukcji GESUT. Rysunek 12 ilustruje wybrane obiekty sieciowe w trzech wymiarach w wybranych kolorach.

Tabela 11 Wybrane kolory sieci. Utworzone na podstawie instrukcji GESUT.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nr** | **Rodzaj** | **Kolor** | **Oznaczenie RGB** |
| 1 | Sieć wodociągowa | niebieski | 0,0,255 |
| 2 | Sieć kanalizacyjna | brązowy | 165 42 42 |
| 3 | Sieć gazowa | żółty | 255 255 0 |
| 4 | Sieć ciepłownicza | fioletowy | 238 130 238 |
| 5 | Sieć elektro-energetyczna | czerwony | 255 0 0 |
| 6 | Sieć telekomunikacyjna | pomarańczowy | 255 165 0 |
| 7 | Sieć niezydentyfikowana | zielony | 0 128 0 |
| 8 | Sieć projektowana | jasno zielony | 152 251 152 |
| 9 | Sieć komputerowa | czarny/biały | 0 0 0 / 255 255 255 |

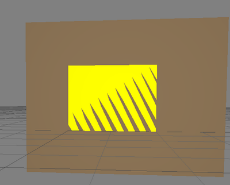


Rysunek 12 Przedstawienie kolorów obiektów sieciowych. Źródło: http://rg.ptip.org.pl/index.php/rg/article/viewFile/RG2014-4-MrozWisniewskaFijalkowska/1570

Wszelkie zmiany zastosowane w zestawach warstw i kolorystyce muszą się znaleźć w **raporcie technicznym**.

#### **Z-fighting**

Obowiązkowe jest usunięcie podwójnych brył w celu uniknięcia efektu wskazanego na rysunku 13. W tym celu należy usunąć lub ukryć pokrywające się obiekty, albo w ostateczności nadać im te same kolory.



Rysunek 13 Problem tzw. Z-fighting powstaje w przypadku nakładania się   
na siebie minimum dwóch brył.

### Drzewo strukturalne

Pierwszy poziom master planu jest podzielony przez dostawcę inżynierii 3D w następujący sposób (lista nie jest wyczerpująca; przykład z WP2):

* BP Proper
* Water cooling
* Gas Cleaning
* CH Didusting
* BF Charger.

Struktura ta musi umożliwiać efektywną integrację części podwykonawcy w modelu 3D. Drugi poziom drzewa strukturalnego musi być wykonany według obszaru. Każdy obszar musi być podzielony działaniami i szczegółowymi działaniami, aby dotrzeć do części, która ma zostać wzniesiona. Drzewo strukturalne należy dostosować pod kątem określonego zakresu każdego wykonawcy modelowania 3D. Każdy wykonawca zajmujący się modelowaniem 3D musi przesłać swoje drzewo strukturalne do AM/AIM do zatwierdzenia przed modelowaniem 3D. Nazwy na trzecim poziomie muszą zawierać 4-cyfrowy kod (patrz tabela 9) i 4-elementowy kod (2 litery + 2 cyfry).

Legenda drzewa strukturalnego (wszystkie nazwy muszą być w języku angielskim):

* **First level**
  + **Second level**
    - * **100 Third level**
        + **101 Third level**

**Third level element AB01**

* + - * + **102 Third level**

**Third level element CD01**

Opis:

**AB01, CD01 – pierwsza litera trzeciego poziomu definiuje kategorię; druga litera – dowolna wolna:**

Piping (P)

Equipment (E)

Electricity (C)

Buildings (B)

Przykład drzewa strukturalnego:

* **BP Proper**
  + **BF Top**
  + **BF Inside**
    - **BF Top**
      * **010 GIS**
      * **020 GESUT**
      * **030 Point cloud**
      * **…**
      * **100 Piping**
        + **101 Piping components**

Flange PF01

Flange Part01 PN01

…

Valve PV01

Valve Part01 PP01

…

Instrument PM01

Instrument Part01 PE01

…

* + - * + **102 Piping support structures**

Piping support PS01

Piping support Line PU01

Piping Support Part 01 PR01

Piping Support Part 02 PR01

…

* + - * + Pipe PP01

Line PL01

Isometric PI01

Isometric PI02

…

* + - * **200 Equipment**
        + **201 Tanks**
        + **202 Pumps**
        + **203 Motors**
        + **204 Filters**
        + **…**
        + Equipment EE01

Equipment Subpart 01 ES01

Equipment Subpart 02 ES02

…

* + - * + Temporary Equipment ET01

Crane EC01

Steel Structure Temp ER01

Scaffolding EA01

…

* + - * **300 Electricity**
        + **301 Cable trays**

Cable trays CC01

ControlCommand CM01

Cable trays CT01

Cable trays CT02

…

* + - * + **302 Support structures for cable trays**

Cable trays Support CO01

Cable trays Support CR01

Cable trays Support CR01

…

* + - * + **303 Electrical/control cabinets**

Electrical Cabinet CE01

Electronic Cabinet CB01

Electronic Cabinet CB01

…

* + - * + **304 Lighting**

Lighting CL01

Lighting Cabinet CQ01

Lighting Cabinet CQ01

…

* + - * **400 Buildings**
        + **401 Structure**

Structure BS01

Structure PreFabPart01 BF01

Structure PreFabPart02 BF02

…

* + - * + **402 Stairs**

Stairs Element BR01

Stairs PreFabPart01 BA01

Stairs PreFabPart02 BA02

…

* + - * + **403 Railings**

Railings Element BN01

Railings PreFabPart01 BR01

Railings PreFabPart02 BR02

…

* + - * + **404 Gratings**

Gratings Element BG01

Gratings PreFabPart01 BP01

Gratings PreFabPart02 BP02

…

* + - * + **405 Architecture**

Architecture Element BE01

Architecture PreFabPart01 BC01

Architecture PreFabPart02 BC02

…

* + - * + **406 Ladders**

Ladders Element BL01

Ladders PreFabPart01 BX01

Ladders PreFabPart02 BX02

…

* + - * + **407 Foundations**

Foundations Element BO01

Foundations PreFabPart01 BV01

Foundations PreFabPart02 BV02

…

* + - * + **408 Walls**

Walls Element BW01

Walls PreFabPart01 BZ01

Walls PreFabPart02 BZ02

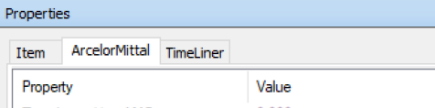
…

* + - * **500 Gas**
      * **600 Fluids**
      * **700 Fire Prevention**
      * **800 Hydraulic**
      * **900 Pneumatic**
      * **1000 HVAC**
    - **Bosh&Body**
    - **Tuyeres and heard**
  + **BF Tower**
    - **Under CastFloor**
    - **Tuyeres Zone**
    - **Body**
  + **CastHouse**
    - **TH1**
    - **TH3**
    - **TH4**
  + **StockHouse**
  + **Tunnel**
  + **Pumphouse**
  + **Cooling Farm**
  + **Dusttank**
  + **Scrubber**
  + **BF gaz Line**
  + **Cooling tower**
  + **Wind Stove**
* **Water colling**
* **Gas cleaning**
* **CH Didusting**
* **BF Charger**
* **Other**

### Metadane

#### Metadane projektowe

W pliku Navisworksa NWD w panelu Właściwości należy utworzyć zakładkę ArcelorMittal z podstawowymi informacjami o realizowanym projekcie (Rysunek 14). Tabela 12 zestawia metadane, które muszą być zawarte w opisie projektu. Metadane o projekcie powinny być widoczne w Navisworks Freedom w oknie właściwości w drzewie strukturalnym pod punktem ArcelorMittal (Rysunek 15). Nie należy umieszczać nazw strukturalnych, których nie ma na modelu 3D (Rysunek 16). Informacja o metadanych musi być także zawarta w raporcie technicznym.



Rysunek 14 Zakładka utworzona we właściwościach pliku Navisworksa.

Tabela 12 Zestawienie metadanych, które muszą się znaleźć we właściwościach projektu.

|  |  |
| --- | --- |
| **Właściwość** | **Wartość** |
| Nazwa pliku |  |
| Nr PPM[[1]](#footnote-1) | Numer uzyskany z Działu Inwestycji AMP |
| Kierownik Projektu AMP | Nazwisko, Imię |
| Nazwa firmy realizującej projekt |  |
| Kierownik Projektu ze strony firmy realizującej projekt | Nazwisko, Imię |
| Dane kontaktowe do kierownika projektu ze strony firmy realizującej projekt |  |
| Zakład |  |
| Obszar |  |
| Data skanowania (ew. zakres dat) | RRRR.MM.DD-RRRR.MM.DD |
| EPSG | 4 cyfrowy kod (np. 2178) |
| Uwagi |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Rysunek 15 Zrzut ekranu z właściwości projektu pliku NWD. | Rysunek 16 Zestawy(sets) nazw strukturalnych widoczne w drzewie strukturalnym w Navisworks Freedom. |

#### Metadane obiektu

Każdy modelowany obiekt musi mieć określone metadane. Celem tych metadanych jest ułatwienie oszacowania przedmiaru robót dla każdego działania i zmniejszenie szczegółowego harmonogramu inżynieryjnego. Za definicję metadanych odpowiedzialny jest wykonawca inżynierii 3D, ale wymagane minimum jest opisane w Tabeli 13. Nazwy muszą być w języku angielskim.

Tabela 13 Podsumowanie metadanych obiektów dostępnych we właściwościach obiektu.

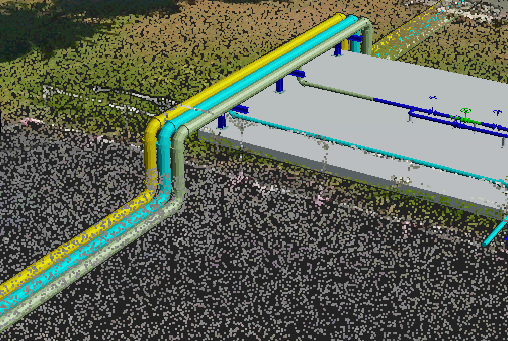
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Item** | **Meta1** | **Meta2** | **Meta3** | **Meta4** | **Meta5** | **Meta6** | **Meta7** | **Meta8** |
| Equipment | Functional Ref | Designation | Drawing | Weight |  |  |  |  |
| Equipment Sub Part | Reference | Designation | Ref of Equip | Drawing | Weight |  |  |  |
| Steel Structure | Reference | Materials | Weight |  |  |  |  |  |
| Steel Structure Sub Part | Reference | Ref of steel structure | Materials | Weight |  |  |  |  |
| Piping Isometric | Reference | Function Ref of the Line | Fluid | DN | PS | TS | Piping class | Length |
| Piping support | Reference | Materials | Weight |  |  |  |  |  |
| Piping support Sub part | Reference | Ref of piping sup. | Materials |  |  |  |  |  |
| Piping Bulk | Type | Designation | Piping class | DN1 | DN2 | DN3 | Length |  |
| Valves&Instrum | Functional Ref | Designation | Piping class | DN |  |  |  |  |
| Cable Tray | Reference | Type | Section | Materials | Lenght | HV/LV/CC |  |  |
| Cable Tray support | Reference | Type | Materials | Weight |  |  |  |  |
| Electric Cabinet | Reference | Designation | Drawing | Weight |  |  |  |  |
| Foundation | Reference | Designation |  |  |  |  |  |  |

### Pliki georeferencyjne

Oprócz georeferencjnego modelu 3D wykonawca musi dostarczyć georeferencyjne **ortofotomapy** (lub ortoobrazy) dla każdego zinwentaryzowanego poziomu w formacie **GeoTIFF**. Dodatkowo, do projektu należy wykonać georeferencyjne **rzuty, przekroje** zgodnie z zamówieniem kupującego. Georeferencyjna **chmura punktów** musi być dostarczona razem z projektem modelowania 3D, jeśli nie została dostarczona do AMP razem z projektem TLS.

### Integracja chmury punktów i modeli 3D

Obowiązkowe jest też utworzenie w darmowej przeglądarce do chmur punktów prezentacji obejmującej integrację chmur punktów z utworzonymi modelami 3D. Rysunek 14 przedstawia połączoną chmurę punktów z modelem 3D rurociągu. Aplikacja PoTree umożliwia taką integrację i jest rozwiązaniem open-sourcowym. Ważny jest fakt przeprowadzenia integracji w jednym układzie EPSG zgodnym z lokalizacją Oddziału.



Rysunek 14 Integracja chmury punktów z modelami 3D rurociągów w aplikacji open-source’owej PoTree.

### Raport

**Raport techniczny** musi dotyczyć przeprowadzonych prac związanych z modelowaniem 3D wraz z opisem zastosowanych parametrów (np. kolory, poziom szczegółowości). Raport musi zawierać rysunki objaśniające proces modelowania 3D.

W raporcie musi się znaleźć informacja o:

1. **terminach** skanowania laserowego, które posłużyło do modelowania 3D;
2. terminach modelowania 3D;
3. **metadanych** (patrz 3.2.3)
4. informacjach o zastosowanym **układzie współrzędnych** EPSG;
5. **wnioskach** dotyczące modelowania 3D i rekomendacje do kolejnych procesów modelowania 3D;
6. **uwagach** do modelowania 3D;
7. przeprowadzonych **aktualizacjach** - w przypadku przeprowadzenia aktualizacji modelu 3D należy dołączyć **raport z dokładności wpasowania** nowej chmury w większą (starszą) chmurę punktów.

### Szkolenie

**Szkolenie** musi być przeprowadzone po zakończeniu prac związanych z modelowaniem 3D w taki sposób, aby pracownicy AMP, którzy będą wykorzystywać pozyskane dane, mogli korzystać z utworzonych modeli 3D. Szkolenie powinno być przeznaczone dla 3-4 osób w liczbie min. 4 godzin w siedzibie AMP lub przez spotkanie w aplikacji Microsoft Teams. Szkolenie powinno być tak przygotowane, aby pracownicy AMP mogli je odtworzyć na swoich służbowych komputerach.

Kupujący musi zobowiązać pracowników, którzy będą korzystali z modeli 3D do zainstalowania darmowej aplikacji Navisworks Freedom przed szkoleniem.

### Aktualizacja

Wykonawca musi wykonać aktualizację modelu 3D **w ciągu 1 roku** od dnia dostarczenia ostatniego pliku do AMP. Firma wykonująca aktualizację wykonuje skanowanie 3D fragmentu instalacji, która uległa zmianie i następnie dopasowuje nową chmurę punktów w starą chmurę punktów, na podstawie, której następuje aktualizacja modelu 3D.

W przypadku dokonywania aktualizacji modeli 3D Wykonawca dostarcza:

* zaktualizowane chmurę punktów
* zaktualizowany model 3D;
* zaktualizowaną przeglądarkę 3d;
* raport z dokładności wpasowania nowej chmury w większą (starszą) chmurę punktów.

**Wszystkie szczegóły muszą być uzgodnione i zatwierdzone przez AIM.**

**Wszelkie odstępstwa od normy muszą zostać zatwierdzone przez AIM.**

# Dostarczanie danych z MODELOWANIA 3D

## Dostarczanie danych

Proces dostarczania danych do AMP odbywa się w następujący sposób:

1. po zakończeniu modelowania 3D pierwszego fragmentu obiektu / części obiektu, przetworzone dane muszą zostać dostarczone do AIM w celu **sprawdzenia**, czy spełniają one specyfikację do modelowania 3D;
2. pierwsza dostawa plików musi się odbyć przez **FTP**;
3. poniżej wymienione pliki muszą być dostarczone na **twardym dysku**:
   * + modele danych w **formatach**:
     + natywnych w tym katalogi;
       - DWG;
       - NWD z zintegrowanymi plikami DWG oraz NWF i NWC;
       - GeoTIFF;
       - chmury punktów w formacie E57 strukturalnym (jeśli chmura punktów nie była dostarcza do AMP wraz z projektem TLS);
     + **raporty i notatki** w formacie PDF;
4. dla każdego obiektu należy na **mapce** zaznaczyć położenie obiektu (format PDF);
5. końcowe dostarczenie danych musi być zapisane na **zewnętrznym dysku** twardy (2,5 "lub 3,5" USB 3.0); dysk twardy nie zostanie zwrócony przez AIM;
6. **nazwy plików** muszą zawierać datę odpowiadającą wykonanemu modelowaniu 3D;
7. **identyfikator** w pliku musi zawierać następującą sekwencję cyfr:

**YYMMDD\_XXXX**

gdzie:  
**YY** – rok (np. 20)  
**MM** – miesiąc (np. 10)  
**DD** – dzień (np. 09)  
**XXXX** – unikalny numer (np. 0001).

1. przy tworzeniu nazw plików należy wziąć pod uwagę możliwość aktualizacji modelu 3D w przyszłości.

## Publikowanie modeli 3D

* 1. przygotowany projekt musi zostać przygotowany do udostępnienia **bezpłatnie** w intranecie **na serwerze AMP3D**;
  2. projekt musi otwierać się na **komputerach** będących w zasobach większości pracowników AMP) preferowany program to Navisworks Freedom) oraz za pomocą aplikacji PoTree;
  3. publikowanie modeli 3D na serwerach **poza AMP** jest niedozwolone;
  4. oglądający projekt musi być w stanie wykonywać podstawowe operacje w **Autodesk Navisworks Freedom** (obrót obiektu, wycinanie fragmentu modelu, tworzenie przekrojów).

## Struktura katalogów

Struktura katalogów kopiowana z zewnętrznego dysku na serwer AMP musi być w takiej kolejności:

+++ 3D model (nazwa projektu powinna zacząć się od zawarcia daty w następującym formacie: YYYYMMDD\_)

++ 01 NWD

++ 02 DWG

++ 03 NWF

++ 04 NWC

++ 05 TIF

++ 06 E57

++ 07 Native

+++ Reports

++ PDF

+++ Intranet data

++ 01 PoTree

1. Numer PPM należy pozyskać z Działu Inwestycji [↑](#footnote-ref-1)