

Analiza nośności pionowej oraz osiadania pali projektowanych z wykorzystaniem wyników sondowań CPT

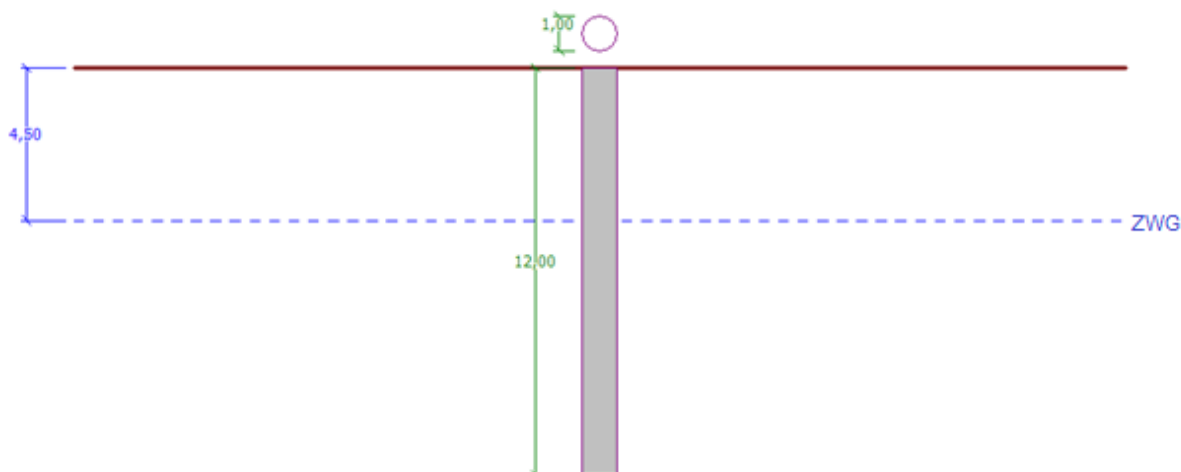
Program: Pal CPT

Plik powiązany: Demo_manual_15.gpn

Celem niniejszego przewodnika jest wyjaśnienie funkcjonowania programu GEO5 PAL CPT.

Sformułowanie problemu

Ogólne sformułowanie problemu zostało przedstawione w rozdziale 12 (*Przewodnik Inżyniera nr 12 Pale fundamentowe – wprowadzenie*). Niniejszy Przewodnik przedstawia analizę nośności i osiadania pojedynczego pala oraz grupy pali zgodnie z normą EN 1997-2.

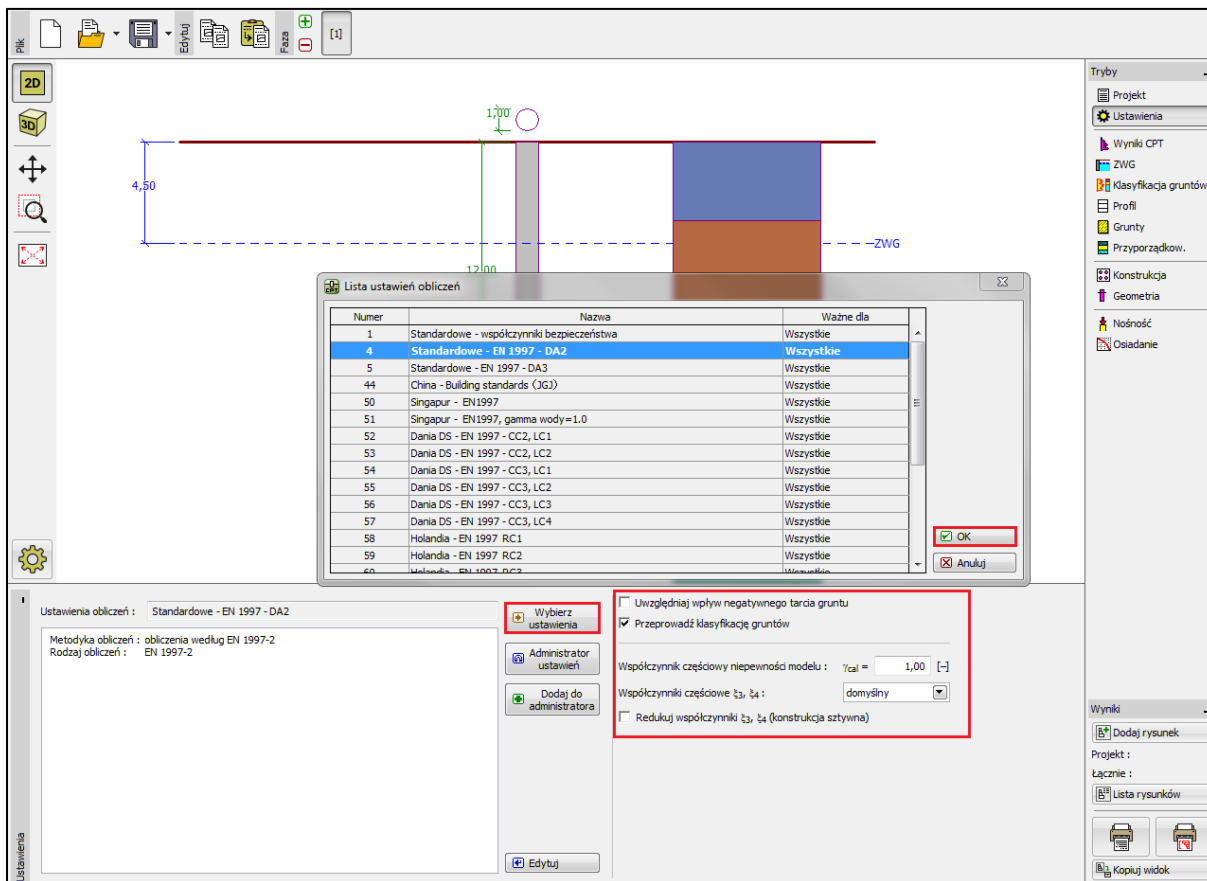


Schemat zadania – pojedynczy pal projektowany z wykorzystaniem wyników sondowań CPT

Rozwiązanie

W celu wykonania zadania skorzystaj z programu GEO5 Pal CPT. Przewodnik przedstawia kolejne kroki rozwiązania tego przykładu.

W ramce "Ustawienia" naciśnij przycisk "Wybierz ustawienia" (w środku dolnej części ekranu), a następnie wybierz z listy dostępnych ustawień obliczeń "Standardowe – EN 1997". Podejście obliczeniowe nie ma znaczenia, gdyż obliczenia będą prowadzone zgodnie z normą EN 1997-2: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.



Ramka "Ustawienia"

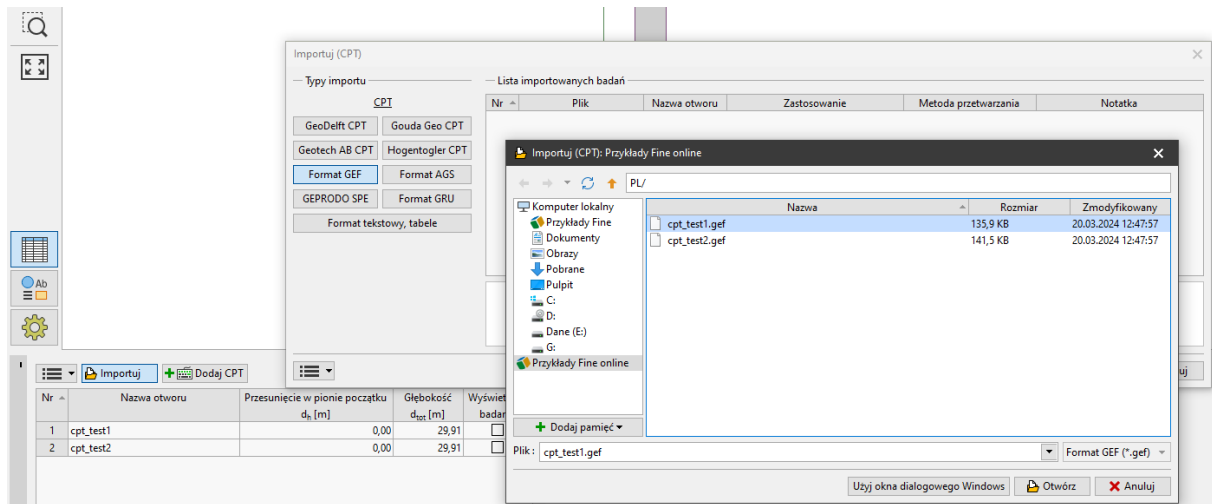
W pierwszej analizie przeprowadzimy obliczenia pojedynczego pała, nie musimy więc definiować redukcji współczynników korelacyjnych ξ_3, ξ_4 . Nie będziemy także uwzględniać wpływu negatywnego tarcia gruntu na pobocznicę. W ramce Ustawienia, istnieje także możliwość zdefiniowania *współczynnika częściowego niepewności modelu*, który jest wykorzystywany do redukcji całkowitej nośności pała – pozostawimy jednak w tym przypadku domyślną wartość 1.0.

W ramce tej, dokonamy natomiast wyboru opcji "Przeprowadź klasyfikację gruntów". Zapewni to, że wszystkie parametry gruntów zostaną automatycznie przypisane w całym zadaniu na podstawie wykonanych badań CPT.

Uwaga: Współczynniki korelacyjne ξ_3, ξ_4 , a także całkowita nośność pała, zależą od liczby przeprowadzonych badań CPT. Im większa liczba przeprowadzonych sondowań CPT, tym wartość współczynników korelacyjnych jest mniejsza. W naszym zadaniu, w przypadku dostępnych dwóch badań CPT, współczynniki korelacyjne wynoszą odpowiednio $\xi_3 = 1.35$, $\xi_4 = 1.27$ zgodnie z Tabelą

A.10 – Współczynniki korelacyjne do wyznaczania nośności charakterystycznej pali zamieszczoną w normie EN 1997-1 (Część A.3.3.3).

Następnie przejdziemy do ramki „Badania CPT” i zaimportujemy do programu wykonane badania CPT korzystając najpierw z przycisku „Importuj” a następnie „Dodaj”.



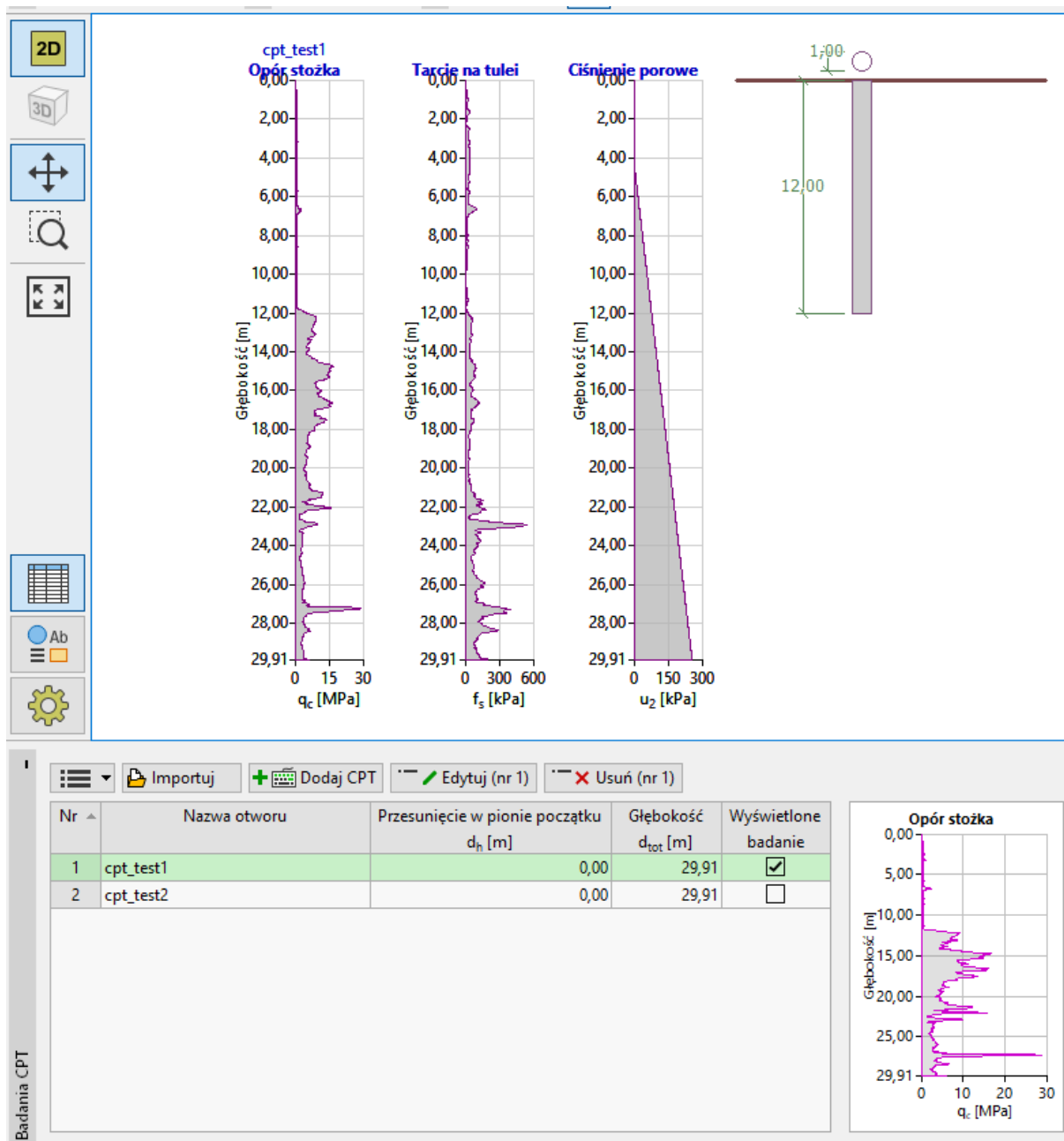
Ramka „Badania CPT”

Uwaga: Pliki do zaimportowania (cpt_test1.gef, cpt_test2.gef) są zawarte w pakiecie instalacyjnym GEO5 i można je znaleźć w folderze FINE, w dokumentach publicznych.

Uwaga: Sondowania CPT można importować w różnych formatach. W analizowanym przykładzie, wykorzystany będzie format holenderski - GEF. Więcej informacji na ten temat można uzyskać w pomocy programu – naciśnij przycisk F1 lub sprawdź [online](#).

Uwaga: Istnieje także możliwość ręcznego wprowadzenia badania CPT za pomocą przycisku „Dodaj CPT”. Ponieważ liczba punktów pomiarowych jest zwykle znacząca, najczęściej stosuje się jednak import badań.

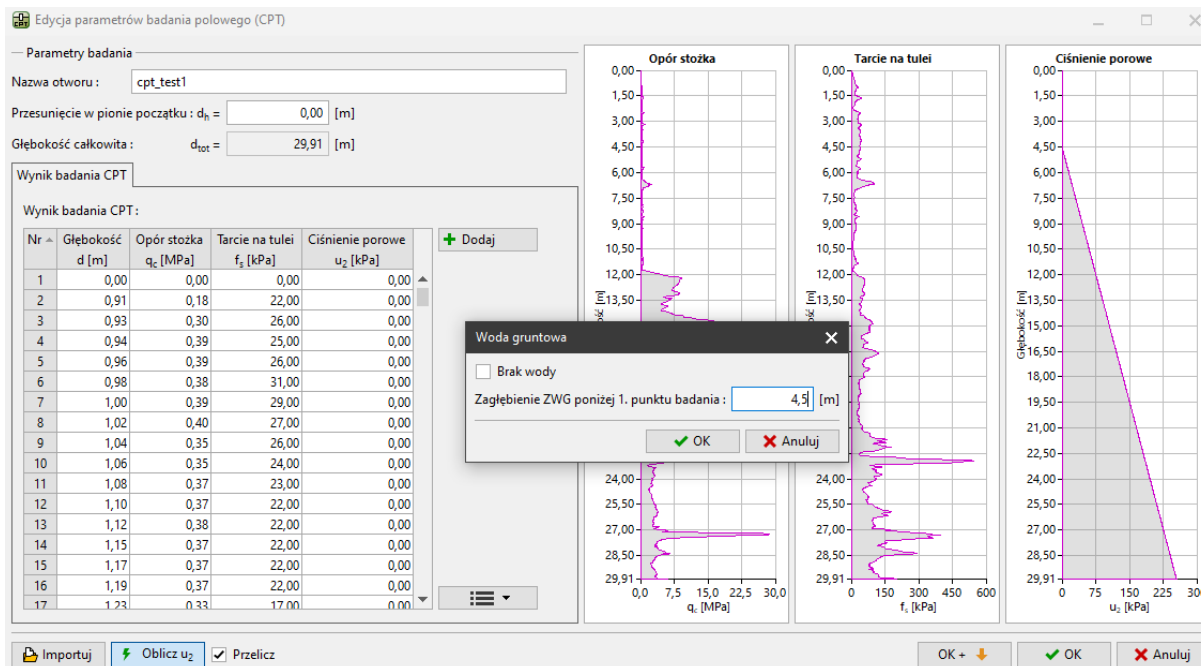
Kliknięcie przycisku „OK”, powoduje wczytanie badań i wykresy wartości pomierzonych zostają wyświetlone na ekranie.



Ramka "Badania CPT" – zaimportowane badania

Uwaga: Badania CPT można podzielić na dwa rodzaje. Badania standardowe CPT, w których mierzone są opór na stożku (q_c) i tarcie na pobocznicach (f_s) oraz bardziej szczegółowe badania nazywane CPTu, w których dodatkowo mierzone jest ciśnienie porowe. Badania CPTu są bardziej wymagające technicznie oraz bardziej kosztowne. Jednakże znajomość ciśnienia porowego (u) jest niezbędna do prawidłowego sklasyfikowania gruntu na podstawie badań CPT. Jeśli w zadaniu znany jest poziom zwierciadła wody gruntowej ciśnienia porowe mogą być wyznaczone automatycznie przez program. Procedura ta wyjaśniona została poniżej.

Wciśnięcie przycisku “Edytuj” spowoduje wyświetlenie okna dialogowego ze szczegółowymi wynikami wybranego badania.

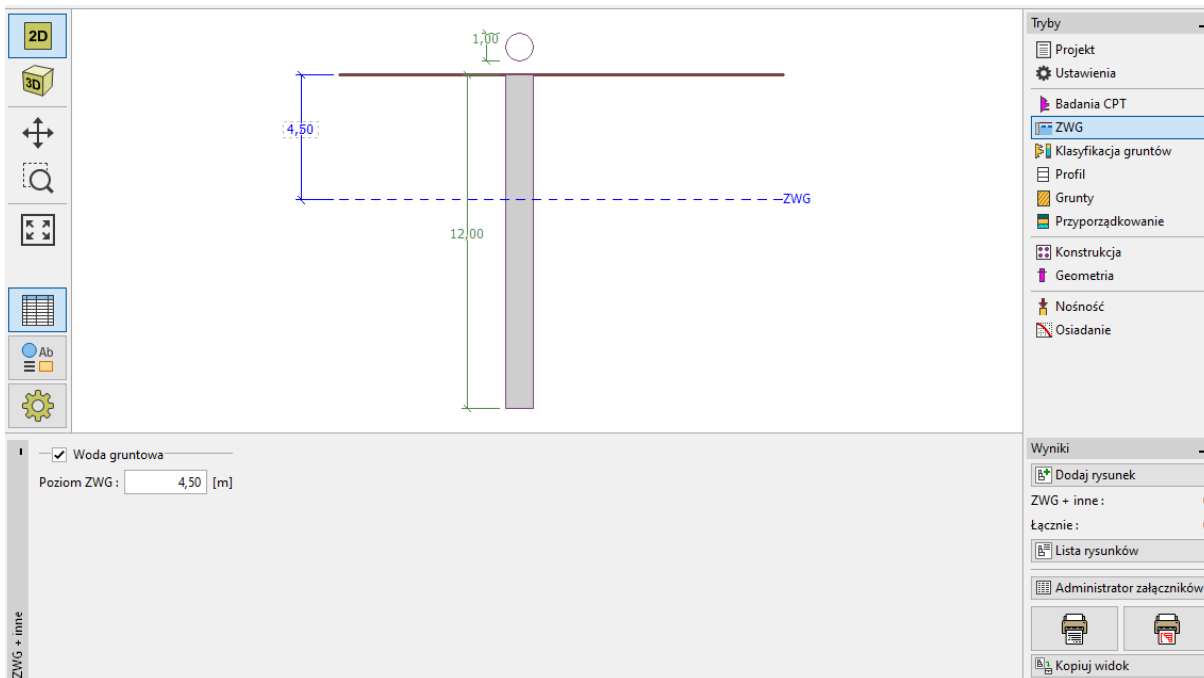


Ramka “Badania CPT” – wyznaczenie ciśnienia porowego

W oknie tym klikamy przycisk “Oblicz u₂”, a następnie definiujemy poziom zwierciadła wody gruntowej 4,5 m ppt.

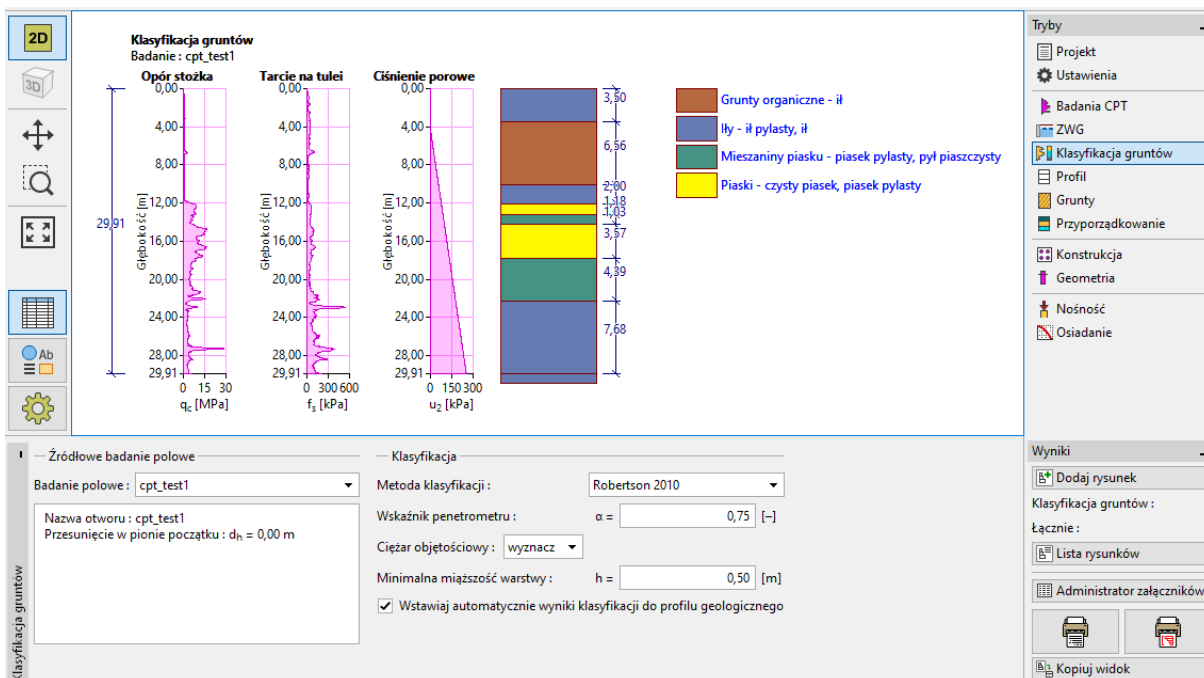
W ten sposób wyznaczmy ciśnienia porowe w obydwu badaniach CPT.

Należy podkreślić, że konieczne będzie również zdefiniowanie zwierciadła wody gruntowej w ramce “ZWG”.



Ramka "ZWG"

W tym momencie można przejść do ramki "Klasyfikacja gruntów".



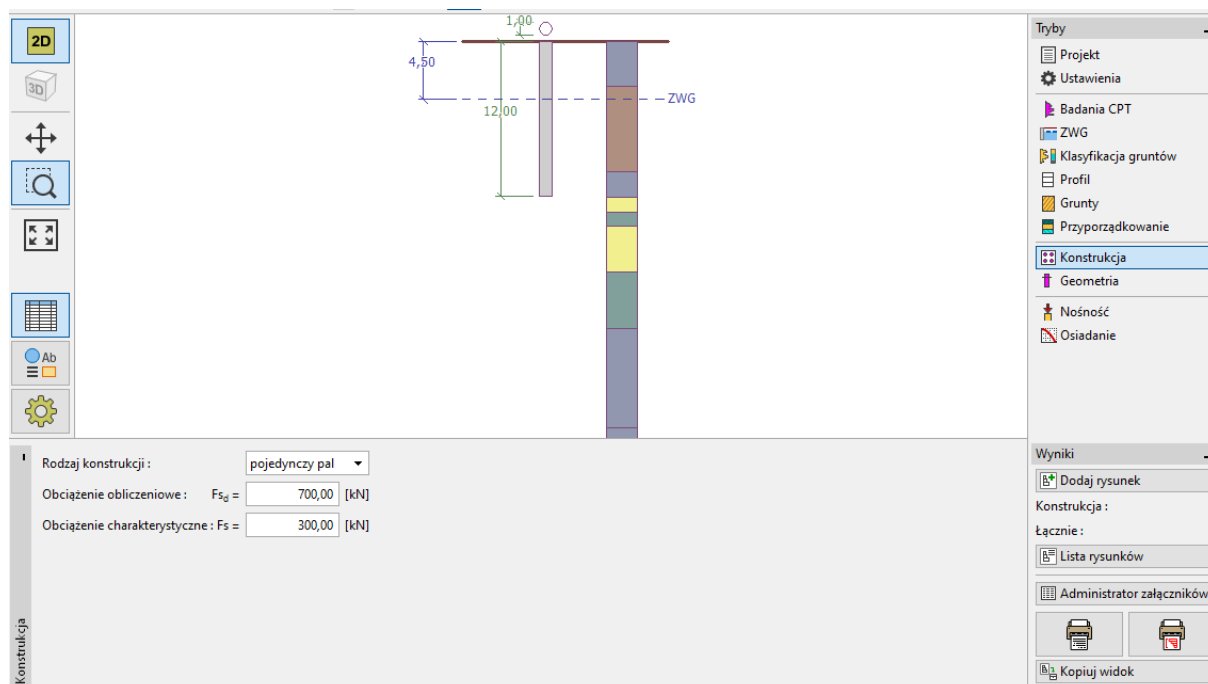
Ramka "Klasyfikacja gruntów"

Wybieramy klasyfikację według Robertsona (2010). Pozostawiamy wartość domyślną wskaźnika penetrometru równą 0,75 oraz wybieramy opcję wyznaczania ciężaru objętościowego na podstawie sondowania CPT. Definiujemy także minimalną miąższość warstwy jako 0,5 m w celu uzyskania przejrzystego obrazu profilu geologicznego. Więcej informacji na ten temat można uzyskać w pomocy programu – naciśnij przycisk F1 lub sprawdź [online](#).

Uwaga: Klasyfikacja gruntów przeprowadzana jest zawsze tylko dla jednego sondowania CPT – należy je określić w oknie “Źródłowe badanie polowe”.

Ramki “Profil”, “Grunty” oraz “Przyporządkowanie” mogą być pominięte – wszystkie dane zostaną automatycznie wypełnione na podstawie wartości uzyskanych z badań CPT.

W ramce “Konstrukcja” jako rodzaj konstrukcji wybieramy z okna rozwijanego opcję “pojedynczy pal”. Następnie definiujemy maksymalną wartość obciążenia pionowego oddziałującego na pal, zgodnie z poniższym rysunkiem. Obciążenie obliczeniowe wykorzystywane jest do analizy nośności pala, a obciążenie charakterystyczne do analizy osiadań.



Ramka „Konstrukcja”

Przejdziemy teraz do ramki "Geometria", zdefiniujemy materiał oraz przekrój pała, a także podstawowe wymiary, tj. średnicę i zagłębienie pała w gruncie. Następnie określimy technologię wykonania pała. W analizowanym przypadku przyjmujemy pały wiercone bez obudowy lub w zawieszinie ilowej.

Współczynnik nośności podstawy pała α_p wyznaczany jest automatycznie (domyślna opcja *wyznacz*).

Ramka „Geometria”

Następnie przejdziemy do analizy nośności pionowej pojedynczego pała wybierając ramkę "Nośność", w której przedstawione zostały wyniki obliczeń.

Analiza dla: wszystkie badania

Wyniki

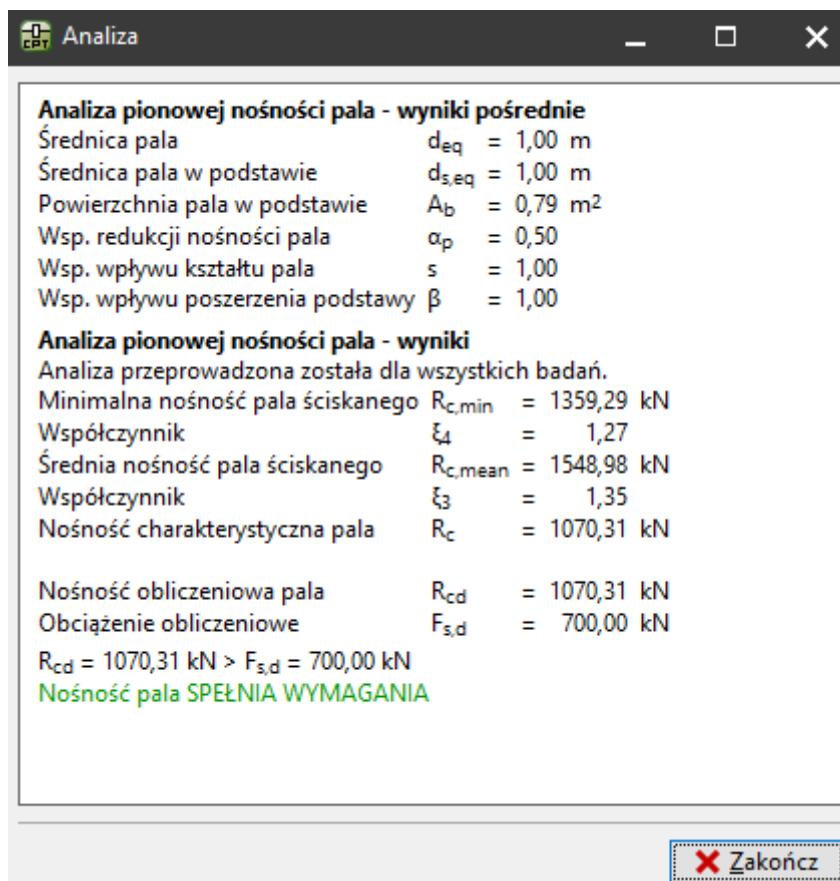
Analiza pionowej nośności pała - wyniki
 Analiza przeprowadzona została dla wszystkich badań.

Minimalna nośność pała ściskanego	$R_{c,min}$	=	1359,29 kN
Współczynnik	ξ_1	=	1,27
Średnia nośność pała ściskanego	$R_{c,mean}$	=	1548,98 kN
Współczynnik	ξ_3	=	1,35
Nośność charakterystyczna pała	R_c	=	1070,31 kN
Nośność obliczeniowa pała	R_{cd}	=	1070,31 kN
Obciążenie obliczeniowe	$F_{d,d}$	=	700,00 kN

$R_{cd} = 1070,31 \text{ kN} > F_{d,d} = 700,00 \text{ kN}$
Nośność pała SPEŁNIA WYMAGANIA

Ramka „Nośność”

Pośrednie wyniki obliczeń nośności pionowej pojedynczego pala można wyświetlić klikając na przycisk „Szczegółowo”.



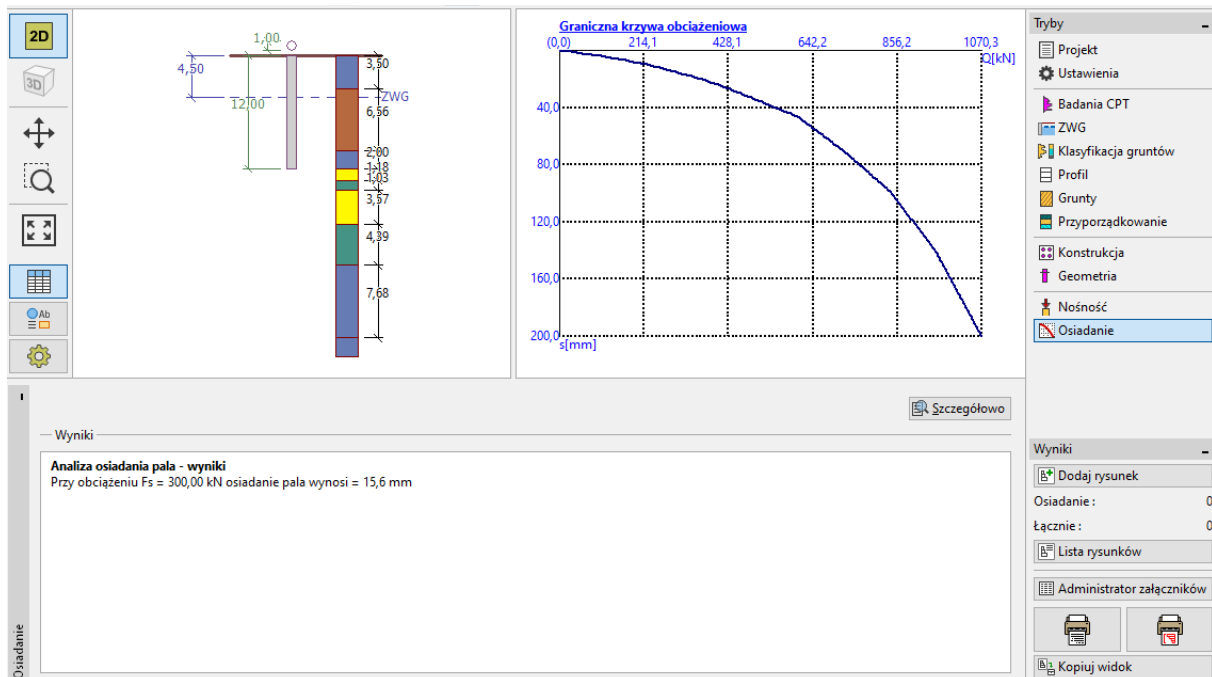
Okno dialogowe “Analiza” (Szczegółowo) – Nośność pionowa

Uwaga: Analiza nośności pionowej może być przeprowadzona dla jednego wybranego badania lub dla wszystkich badań.

Nośność pionowa pojedynczego pala $R_{c,d}$ jest sumą tarcia pobocznicy oraz oporu podstawy pala (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1). W celu spełnienia warunku niezawodności, wartość ta musi być większa od wartości działającego obciążenia obliczeniowego $F_{s,d}$.

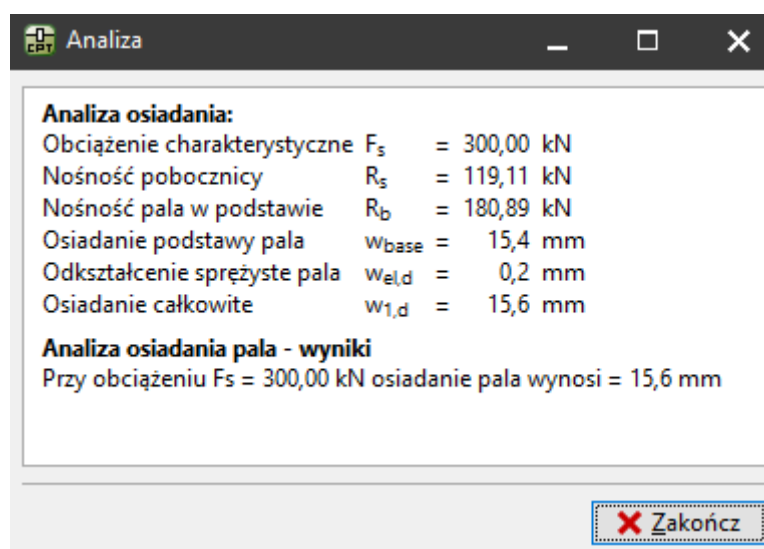
– **EN 1997-2:** $R_{c,d} = 1070,31 \text{ kN} > F_{s,d} = 700,0 \text{ kN}$ **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Następnie przejdziemy do ramki "Osiadanie", w której przedstawiona jest graniczna krzywa obciążeniowa pala oraz wyświetlone są wyniki obliczeń osiadań. Wartość całkowitego osiadania pala wynosi $w_{1,d} = 15,6 \text{ mm}$ przy obciążeniu charakterystycznym $F_s = 300 \text{ kN}$.



Ramka „Osiedadanie” – graniczna krzywa obciążeniowa dla pala

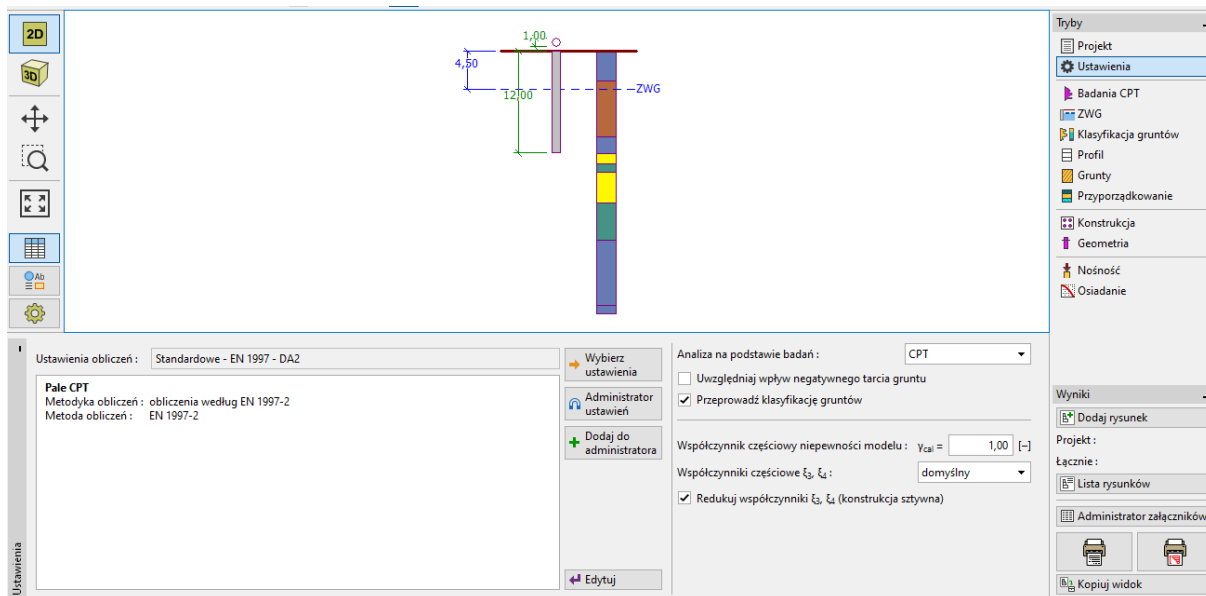
Szczegółowe wyniki obliczeń osiadania pojedynczego pala można wyświetlić klikając na przycisk „Szczegółowo”.



Okno dialogowe „Analiza (Szczegółowo)” – Osiedadanie

Grupa pali

Kolejnym krokiem będzie przeprowadzenie obliczeń grupy pali ze sztywnym ocepem. W ramce "Ustawienia" wybierz opcję "Redukuj współczynniki ξ_3, ξ_4 (konstrukcja sztywna)".



Ramka „Ustawienia”

Następnie, przejdziemy do ramki "Konstrukcja", w której zdefiniujemy parametry niezbędne do analizy grupy pali. Przyjmijmy, że projektowany fundament palowy (pale zwieńczone ocepem) stanowi **sztywną konstrukcję**, co powoduje, że **pale osiadają równomiernie**. Następnie wprowadzimy liczbę pali w grupie $n = 4$.

Rodzaj konstrukcji: grupa pali

Sztywność konstrukcji: sztywna

Definiuj grupę pali

Liczba pali: 4

Obciążenie obliczeniowe: $F_{sd} = 700,00$ [kN]

Obciążenie charakterystyczne: $F_s = 300,00$ [kN]

Ramka „Konstrukcja”

Pozostałe ramki nie wymagają wprowadzania żadnych zmian.

Powróćmy teraz do ramki “Nośność”, w której przedstawione są wyniki obliczeń.

Analiza dla: wszystkie badania

Wyniki

Analiza pionowej nośności pala - wyniki
 Analiza przeprowadzona została dla wszystkich badań.

Minimalna nośność pala ściskanego	$R_{c,min}$	=	1359,29 kN
Współczynnik	ξ_4	=	1,15
Srednia nośność pala ściskanego	$R_{c,mean}$	=	1548,98 kN
Współczynnik	ξ_3	=	1,23
Nośność charakterystyczna pala	R_c	=	1177,34 kN
Nośność obliczeniowa pala	R_{cd}	=	4709,37 kN
Obciążenie obliczeniowe	F_{sd}	=	2800,00 kN

$R_{cd} = 4709,37$ kN > $F_{sd} = 2800,00$ kN
Nośność pala SPEŁNIA WYMAGANIA

Okno dialogowe „Nośność” – Nośność pionowa pala

– **EN 1997-2:** $R_{c,d} = 4709.37 \text{ kN} > F_{s,d} = 2800.0 \text{ kN}$ **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Wnioski

Analizowana nośność pionowa pojedynczego pala i grupy pali spełnia wymagania projektowe. Główną zaletą projektowania z wykorzystaniem badań CPT jest szybkość oraz jednoznaczność wyników. Procedura projektowa jest dokładnie opisana w normie EN 1997-2: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego, a definiowanie, często niejednoznaczne, parametrów wytrzymałościowych gruntów nie jest w tym wypadku konieczne.