

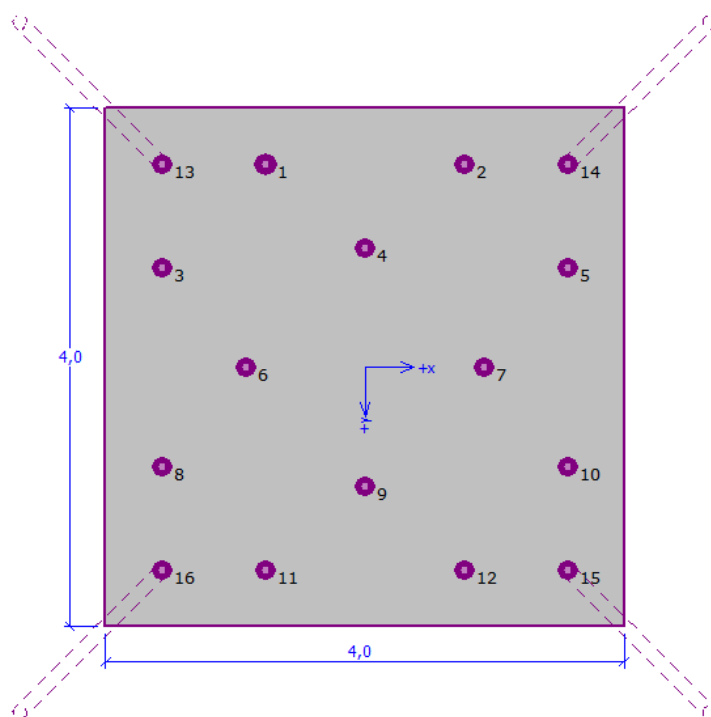
Analiza fundamentu na mikropalach

Program: Grupa pali
Plik powiązany: Demo_manual_en_36.gsp

Celem niniejszego przewodnika jest przedstawienie wykorzystania programu GEO5 GRUPA PALI do analizy posadowienia w postaci mikropali.

Zadanie

Przeprowadzić analizę fundamentu na mikropalach zgodnie z normą *EN 1997 – DA2* stanowiącego posadowienie żurawia wieżowego. Schemat fundamentu z mikropalami przedstawiono na rysunku nr 1. Współrzędne oraz kąt nachylenia poszczególnych mikropali zebrano w tabeli nr 1. Mikropale zaprojektowano z profili TK 108 x 20 ze stali gatunku S355. Całkowita długość mikropali wynosi 7.0 m, w ich budowie można wyróżnić trzy zasadnicze części. Na końcu mikropala znajduje się buława o średnicy 0.3 m oraz długości 3.0 m. Następnie jest długość wolna o długości 3.0 m oraz głowica pala długości 1.0 m pozwalająca na połączenie pala z oczepem. Profil geologiczny podłoża dla niniejszego zadania przedstawiono w tabeli nr 2. Nie stwierdzono występowania wody gruntowej. W celu wyznaczenia sztywności sprężyn pionowych wzdłuż buławy mikropala wprowadzimy moduł reakcji na ścinanie o wartości $k_v = 45.00 \text{ MN/m}^3$, który będzie stały na długości buławy pala oraz wartość sztywności sprężyny w podstawie mikropala jako $k_p = 5.00 \text{ MN/m}$. Średnie graniczne tarcie na poboczniczy buławy mikropala określone zostało podczas badania geologicznego i wynosi $q_{sav} = 280.00 \text{ kPa}$.



Rysunek 1 Schemat fundamentu na mikropalach

Nr mikropala	X	Y	Nachylenie
	[m]	[m]	[°]
1	-0.77	-1.57	0.00
2	0.77	-1.57	0.00
3	-1.57	-0.77	0.00
4	0.00	-0.92	0.00
5	1.57	-0.77	0.00
6	-0.92	0.00	0.00
7	0.92	0.00	0.00
8	-1.57	0.77	0.00
9	0.00	0.92	0.00
10	1.57	0.77	0.00
11	-0.77	1.57	0.00
12	0.77	1.57	0.00
13	-1.57	-1.57	15.00
14	1.57	-1.57	15.00
15	1.57	1.57	15.00
16	-1.57	1.57	15.00

Tabela 1 Współrzędne i nachylenie mikropali

Grunt	Profil podłoża [m]	γ [kN/m ³]	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	ν [-]	E_{def} [MPa]
Warstwa 1 (Cl)	0.00 – 1.90	21.00	19.00	30.00	0.40	10.00
Warstwa 2 (Si)	1.90 – 3.10	20.00	21.00	12.00	0.40	4.00
Warstwa 3 (fSaGr)	3.10 – 4.90	19.00	35.50	0.00	0.25	95.00
Warstwa 4 (fGr)	4.90 – 6.50	20.00	38.50	0.00	0.20	210.00
Warstwa 5 (Cl)	> 6.50	20.50	15.00	5.00	0.42	3.00

Tabela 2 Parametry gruntowe – wartości efektywne

Obciążenie użytkowe niezbędne do obliczenia kąta obrotu oraz osiadania oцепu pali zebrano w tabeli nr 3. Obciążenie obliczeniowe przedstawione zostało w tabeli nr 4. Przyjmuje się, że siły są przyłożone w środku górnej płaszczyzny oцепu pali. Obciążenie obliczeniowe od ciężaru własnego mikropala o wymiarach 4.0 m x 4.0 m x 1.2 m jest uwzględniane automatycznie.

Obciążenie	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
Wartość	609.00	2111.00	2111.00	47.00	47.00

Tabela 3 Obciążenie użytkowe

Obciążenie	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
Wartość	822.00	2850.00	2850.00	63.00	63.00

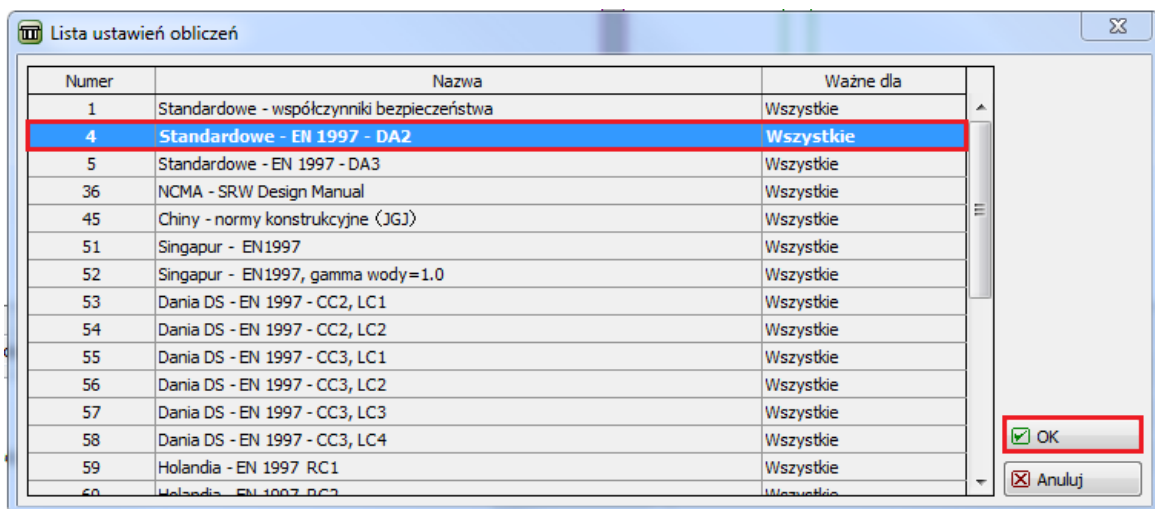
Tabela 4 Obciążenie obliczeniowe

Rozwiązanie

Aby wykonać zadanie skorzystamy z programu Grupa Pali z pakietu oprogramowania geotechnicznego GEO5. Przeanalizujemy wpływ obciążenia na grupę pali, a następnie zwymiarujemy najbardziej wyłożony mikropal. Przewodnik przedstawia kolejne kroki wykonania niniejszego przykładu.

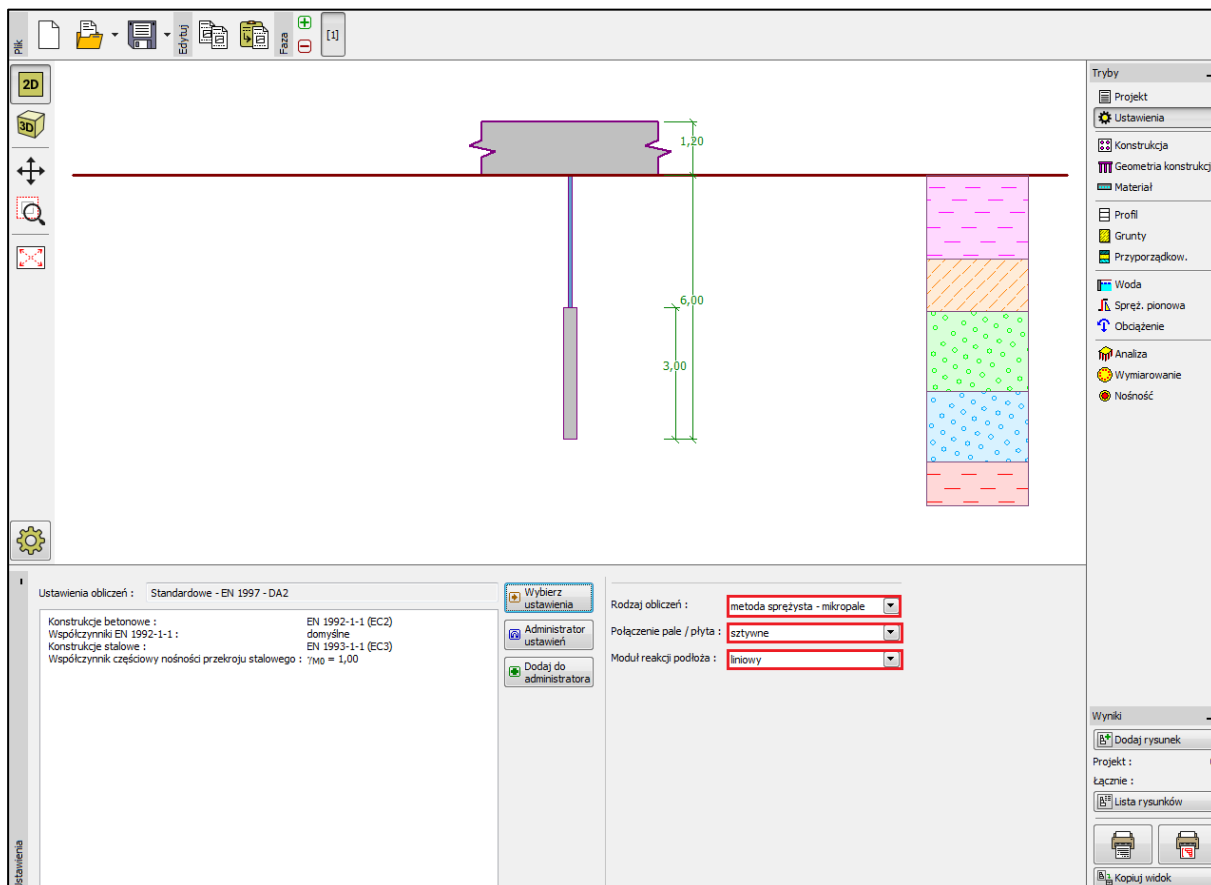
Analizę grupy mikropali przeprowadzimy z wykorzystaniem tzw. metody sprężystej, która zakłada model pala w postaci belki na podłożu sprężystym. Każdy mikropal dzielony jest na dziesięć części (dyskretyzowany), a dla każdej z nich obliczane są osobno wartości sprężyn pionowych i poziomych. Zakłada się, że oцеп palowy jest nieskończenie sztywny. Rozwiązanie uzyskiwane jest dzięki wykorzystaniu metody elementów skończonych (MES) w wersji przemieszczeniowej.

W ramce "Ustawienia" naciśniemy przycisk "Wybierz ustawienia" a następnie wybierzemy z listy dostępnych ustawień obliczeń numer 4 – "Standardowe – EN 1997 – DA2".



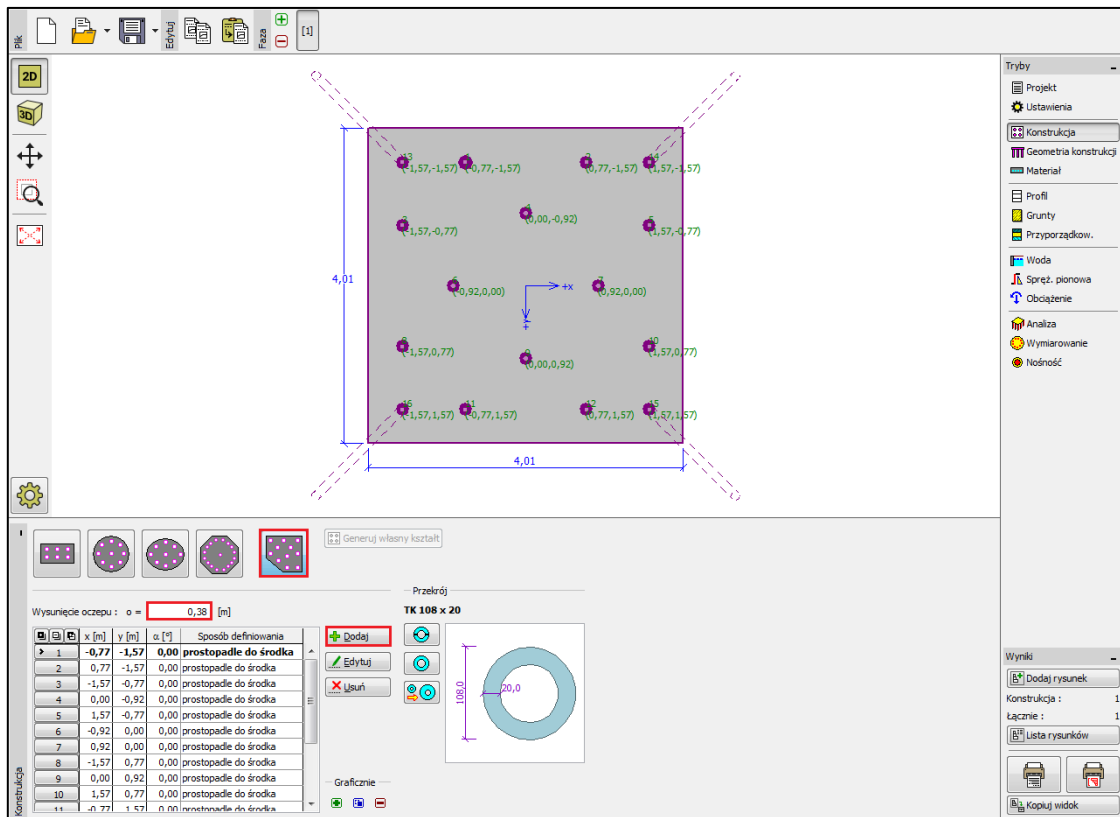
Okno dialogowe "Lista ustawień obliczeń"

Kolejnym krokiem do wykonania jest zmiana rodzaju prowadzonych obliczeń na “Metoda sprężysta – mikropale”. Przyjmujemy założenie, że połączenie mikropali z ocepem jest “sztywne”. Ostatnim krokiem w tej ramce jest wybranie ustawień dla modułu reakcji podłoża, który opisuje zachowanie mikropali w kierunku poziomym. W tym przypadku przyjmujemy do obliczeń opcję “liniowy” dla modułu reakcji podłoża (zostanie obliczony zgodnie z metodą Bowles’a). Więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1.



Ramka “Ustawienia”

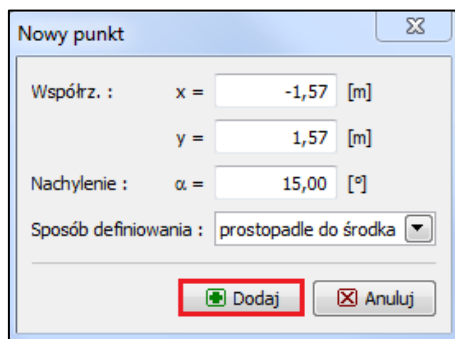
W dalszej kolejności, w ramce “Konstrukcja” wybierzemy opcję “dowolny kształt” dla geometrii oczepu w planie. Wprowadzimy wysunięcie oczepu o wartości $o = 0.38\text{ m}$. Następnie możemy dodać kolejne mikropale zgodnie z danymi w tabeli nr 1 wybierając przycisk “Dodaj”.



Ramka “Konstrukcja”

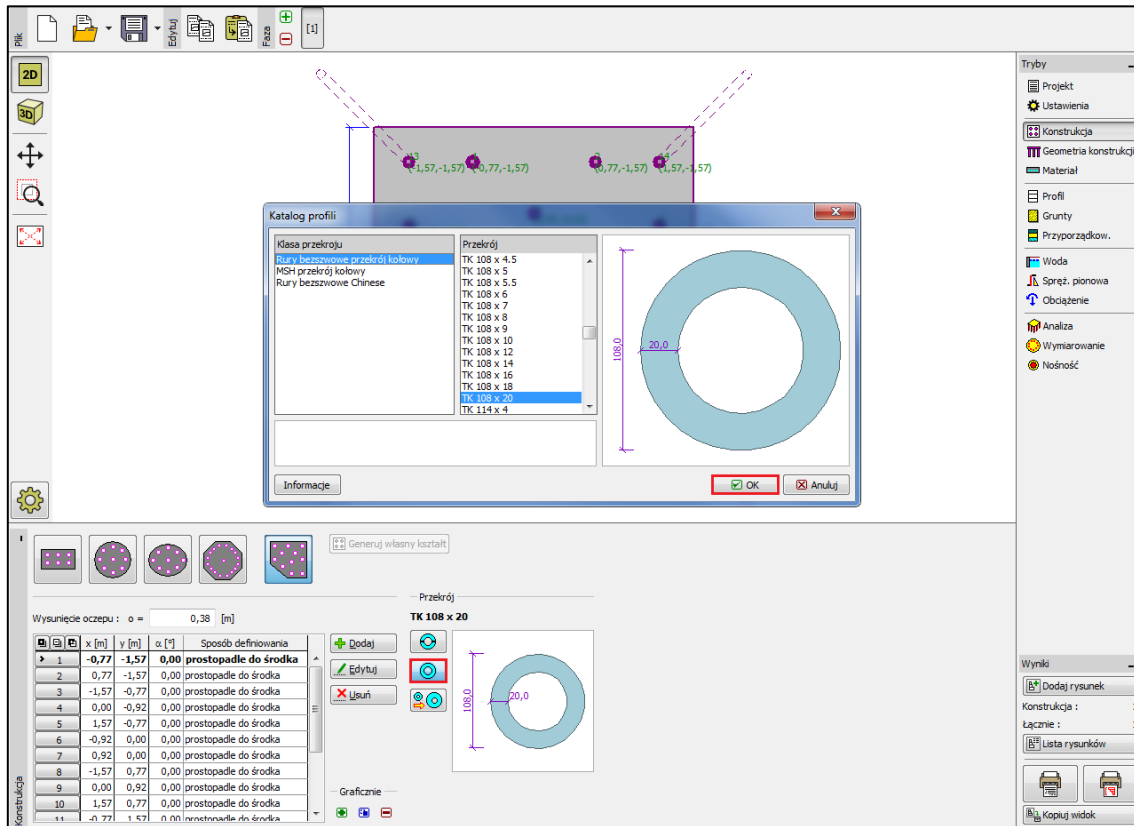
Uwaga: Wysunięcie oczepu “o” jest odległością mierzoną od zewnętrznej krawędzi mikropala do krawędzi oczepu.

Po wybraniu przycisku “Dodaj” pojawi się okno dialogowe “Nowy punkt”. Wprowadzimy tutaj współrzędne x i y oraz kąt nachylenia poszczególnych mikropali. Wartości współrzędnych oraz kątów nachylenia mikropali zebrano w tabeli nr 1. Nowy mikropal dodajemy wybierając przycisk “Dodaj”.



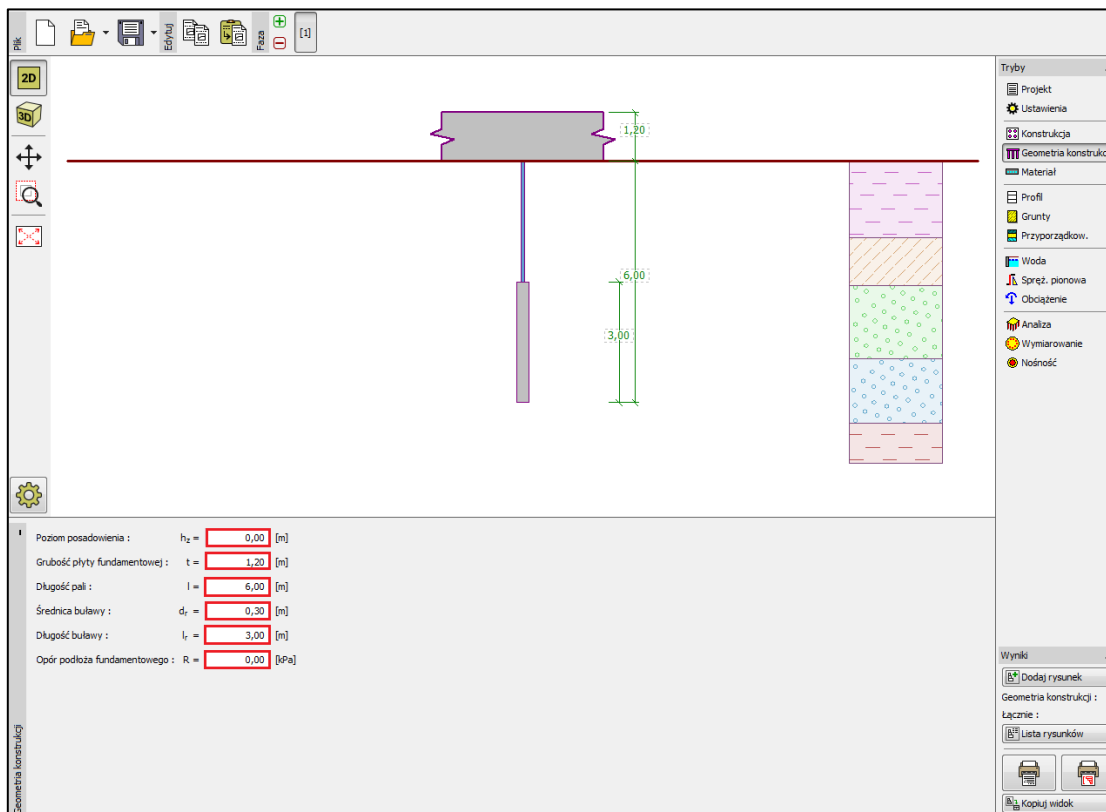
Okno dialogowe “Nowy punkt” (mikropal nr 16)

Profil mikropala wybierzemy w oknie "Katalog profili". W ramce "Klasa przekroju" zaznaczymy opcję "Rury bezszwowe przekrój kołowy", a w ramce "Przekrój" wybierzemy profil TK 108x20.



Okno dialogowe "Katalog profili"

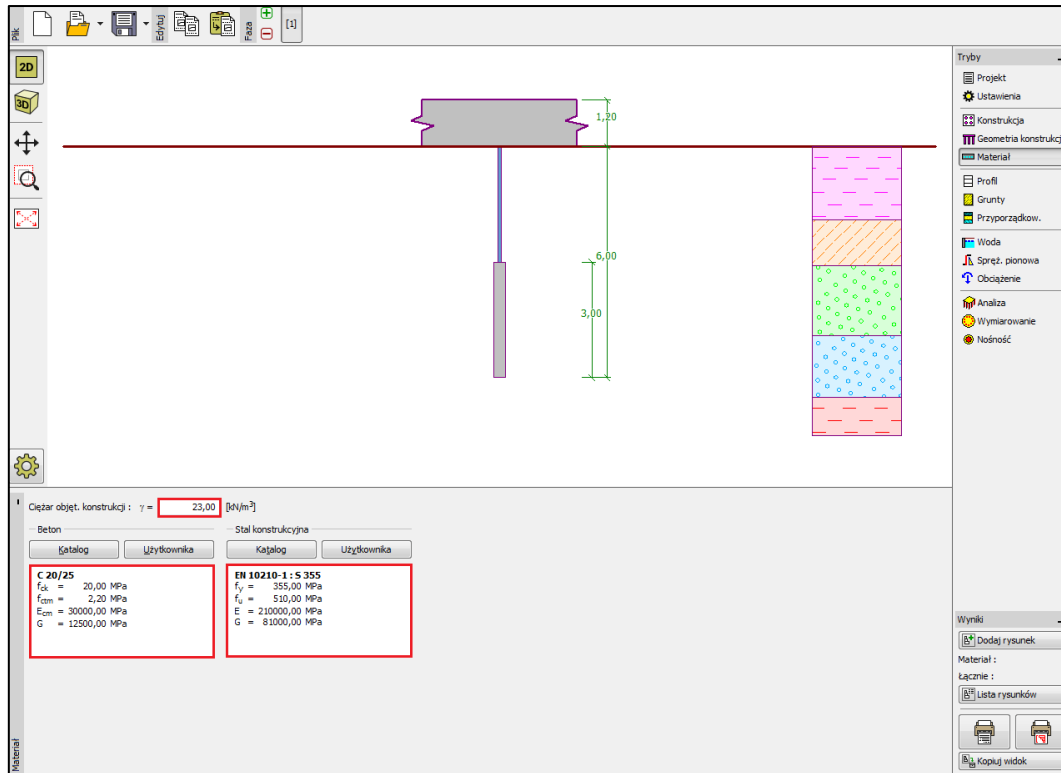
W ramce “Geometria” wprowadzimy następujące parametry modelowanej konstrukcji: „poziom posadowienia = 0.00 m”, „grubość płyty fundamentowej $t = 1.20\text{ m}$ ”, „długość pali $l = 6.00\text{ m}$ ”, „średnica buławy $d_r = 0.30\text{ m}$ ”, „długość buławy $l_r = 3.00\text{ m}$ ”. Na samym końcu można również określić “opór podłoża fundamentowego”, ale w analizowanym przykładzie założone zostało nienośne podłoże gruntowe, czyli opór podłoża fundamentowego wynosi $R = 0.00\text{ kPa}$.



Ramka “Geometria”

Uwaga: Opór podłoża fundamentowego jest bardzo ważny i ma duży wpływ na wyniki prowadzonych obliczeń. Wartość oporu podłoża gruntowego zależy od rodzaju gruntu, sposobu wykonywania konstrukcji (nowobudowana, czy istniejąca konstrukcja) oraz historii obciążenia. Wartość siły oporu $N_R = A \cdot R$ jest odejmowana od wprowadzonych obciążeń dla wszystkich przypadków.

W ramce **“Material”** zdefiniujemy parametry materiałowe konstrukcji. Dla oczepu palowego wprowadzamy ciężar objętościowy ($\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$) oraz klasę betonu C20/25 (do wymiarowania), natomiast dla mikropali parametry stali zgodnie z normą *EN 10210 – 1: S355*. Klasy betonu oraz gatunki stali dostępne są po wybraniu przycisku **“Katalog”**.



Ramka **“Material”**

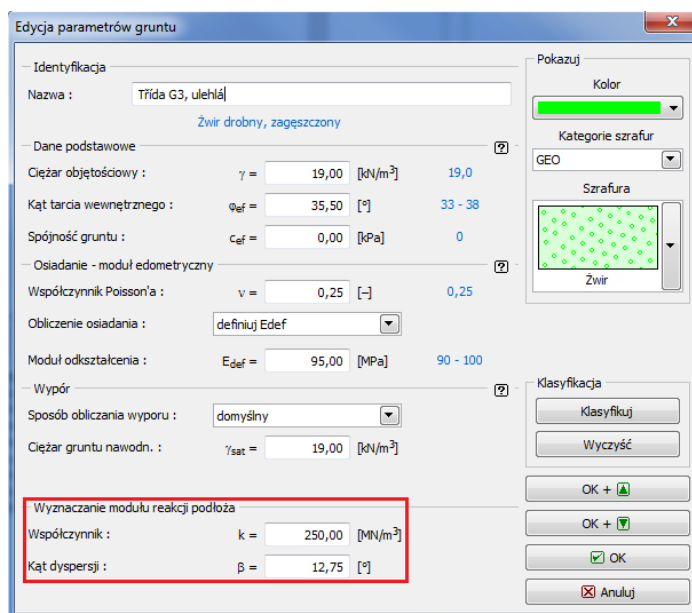
W ramce "Obciążenie" wprowadzamy poszczególne obciążenia. Wartości obciążenia użytkowego zebrano w tabeli nr 3, natomiast obciążenie obliczeniowe przedstawione zostało w tabeli nr 4.

Nr	Obciążenie	Nazwa obciążenia	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	M _z [kNm]	Oblicz.
1	Tak	Zařízení_Návrhové	822,00	2850,00	2850,00	63,00	63,00	0,00	✓
2	Tak	Zařízení_Užitné	609,00	2111,00	2111,00	47,00	47,00	0,00	

Ramka "Obciążenie"

Profil geologiczny podłoża gruntowego wprowadza się w ramach “Profil”, “Grunty” oraz “Przyporządkowanie”. W ramce “Profil” zdefiniowany zostanie układ wyróżnionych wydzieleń geotechnicznych, w ramce “Grunty” - parametry materiałowe gruntów. Ostatnim krokiem jest przejście do ramki “Przyporządkowanie”, w której należy przyporządkować grunty do wprowadzonych wcześniej warstw geologicznych. Profil geologiczny podłoża gruntowego wraz z parametrami materiałowymi poszczególnych gruntów zebrano w tabeli nr 2.

W oknie dialogowym “Edycja parametrów gruntu” należy zdefiniować parametry pozwalające na wyznaczenie modułu reakcji podłoża. Przedział wartości współczynnika k oraz sposób wyznaczania kąta dyspersji β przedstawiono w pomocy do programu (naciśnij przycisk F1) w rozdziale “liniowy rozkład modułu reakcji podłoża”.



Okno dialogowe “Edycja parametrów gruntu”

The screenshot displays the GEO5 software interface. The main workspace shows a cross-section of a foundation with a width of 1.20m and a depth of 6.00m. The soil profile consists of five layers, each with a specific height and soil class. The bottom panel shows the 'Przyporządkowanie' (Assignment) settings, including a table of soil layers and their properties.

Warstwa	Wysokość [m]	Przyporządkowany grunt
1	1,20	Třída F6, konzistence pevná, $S_r < 0,8$
2	1,20	Třída F5, konzistence tuhá
3	1,80	Třída G3, ulehla
4	1,60	Třída G2, ulehla
5		Třída F8, konzistence tuhá

Ramka "Przyporządkowanie"

W ramce “Sprężyny pionowe” określony będzie sposób zachowania mikropąla w kierunku pionowym. Obciążenie z mikropąla przekazywane jest na grunt przez jego podstawę oraz tarcie na poboczniczy.

The screenshot displays the GEO5 software interface. The main window shows a 2D model of a vertical pile with a height of 6.00 m. The pile is positioned at a horizontal distance of 0.00 m from the left edge of the model. The ground surface is at 0.00 m, and the pile extends down to 6.00 m. The soil is represented by a pink hatched area extending to a depth of 45.00 m and a width of 45.00 m. The horizontal axis is labeled with 0, 45.00, and 60.00 [MN/m²].

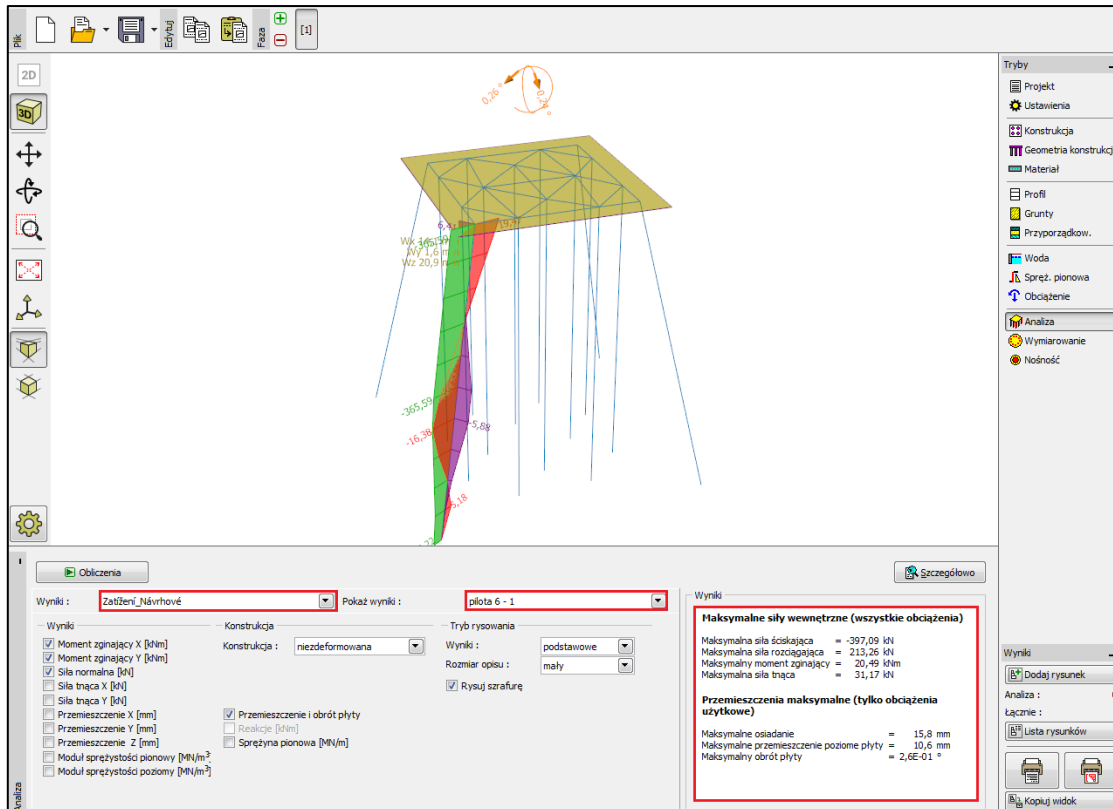
Below the model, the "Sprężyna w podstawie" (Spring at base) section is visible, showing a value of $k_p = 5,00$ [MN/m]. A table lists the properties of the vertical springs:

Nr	Głębokość h [m]	Moduł reakcji na ścianie k_v [MN/m ³]
1	0,00	0,00
2	3,00	0,00
3	3,01	45,00
4	6,00	45,00

The right sidebar contains various toolbars and panels, including "Tryby" (Modes) with options like Projekt, Ustawienia, Konstrukcja, Geometria konstrukcji, Materiał, Profil, Grunty, and Przeporządkow., and "Wyniki" (Results) with options like Dodaj rysunek, Spręż. pionowa, Łączenie, Lista rysunków, and Kopiuj widok.

Ramka “Sprężyny pionowe”

W ramce "Analiza" przeprowadzane są obliczenia zdefiniowanego zadania. Wyniki, w postaci sił wewnętrznych, przemieszczeń itp., wyświetlane są dla jednego lub wszystkich mikropali. Z prawej strony okna wyświetlane są ekstremalne siły wewnętrzne (dla wszystkich przypadków obciążeń) oraz maksymalne przemieszczenia (tylko dla przypadków obciążeń użytkowych) całej konstrukcji. Poniższy rysunek ilustruje wyniki obliczeń mikropala nr 16.

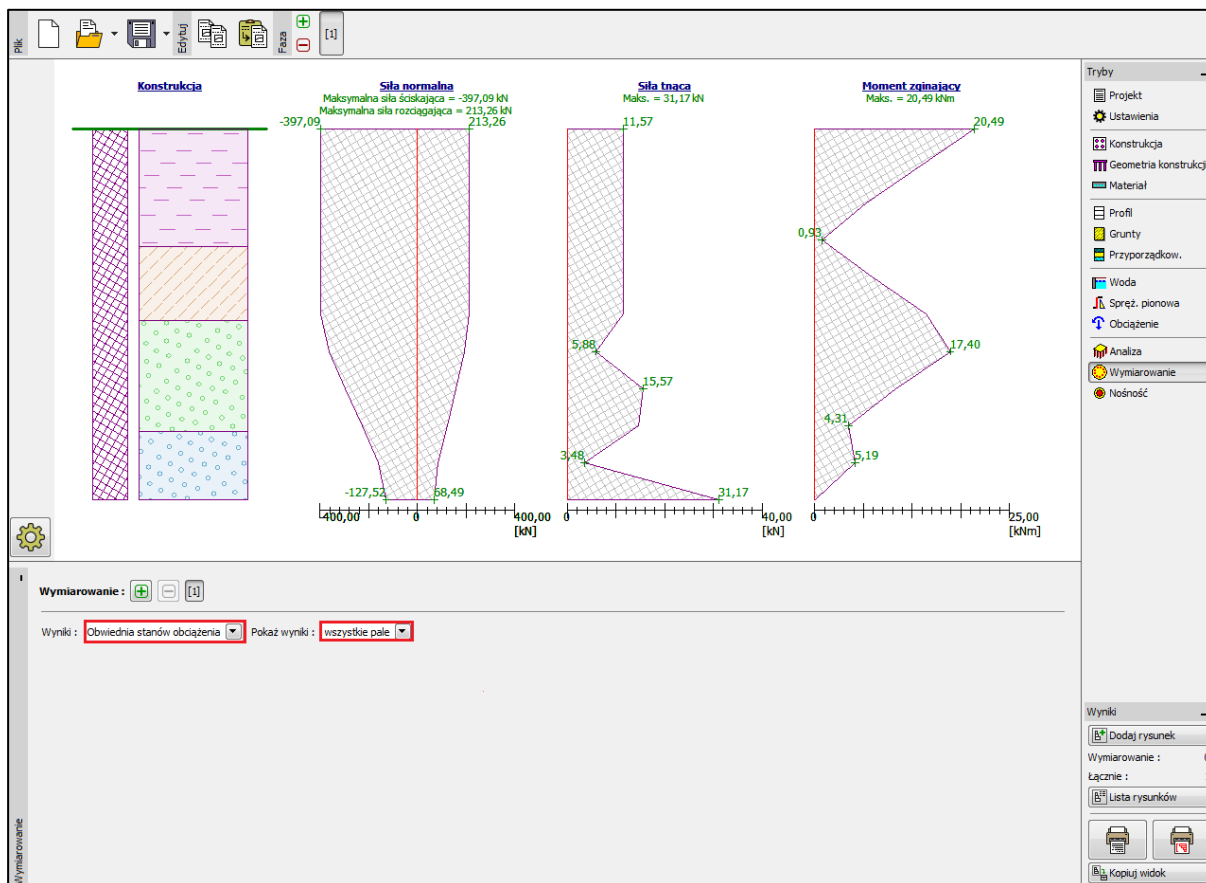


Ramka "Analiza"

Wyniki obliczeń dla ustawień początkowych (w celu uzyskania maksymalnych przemieszczeń) są następujące:

- *Maksymalne osiadanie* 15.8 mm
- *Maksymalne przemieszczenie poziome oczepu palowego* 10.6 mm
- *Maksymalny kąt obrotu oczepu palowego* $2.6E - 01^\circ$

W ramce “Wymiarowanie” wyświetlane są siły wewnętrzne z wybranego przypadku obciążenia lub z obwiedni przypadków obciążeń. Wyniki obliczeń mogą być wyświetlane dla dowolnego pala. Uzyskane siły wewnętrzne równe są siłom wypadkowym obliczonym ze składowych sił na kierunku X oraz Y. Przedstawiony poniżej rysunek obrazuje siły wewnętrzne uzyskane dla obwiedni stanów obciążenia dla wszystkich mikropali.



Ramka “Wymiarowanie”

W celu przeprowadzenia obliczeń przekroju oraz butawy mikropala należy uruchomić program GEO5 Mikropal. Program ten można uruchomić bezpośrednio z programu Grupa pali wybierając przycisk “Nośność”. Wszystkie wyniki oraz dane zostaną automatycznie zaimportowane do programu Mikropal.

Obliczenia przekroju zespolonego mikropala przeprowadzane są w ramce “Analiza przekroju”. Obliczenia przeprowadzane są automatycznie dla najbardziej wyciężonego mikropala. Problem korozji zostaje w tym przypadku pominięty, gdyż analizowany fundament jest obiektem tymczasowym.

Analiza stateczności wewnętrznej przekroju

$$N_{crd} = 3646.39 \text{ kN} \geq N_{\max} = 397.09 \text{ kN}$$

Stateczność wewnętrzna przekroju mikropala SPEŁNIA WYMAGANIA

Analiza nośności przekroju zespolonego

$$f_{y,d} = 236.67 \text{ MPa} \geq \sigma_s = 171.96 \text{ MPa}$$

Zespolony przekrój mikropala SPEŁNIA WYMAGANIA

Ramka “Analiza przekroju”

Analiza nośności buławy mikropala przeprowadzana jest w ramce “Analiza buławy” według metody Lizzi.

Uwaga: Metoda prowadzenia obliczeń nośności buławy może zostać zmieniona w ramce “Ustawienia” poprzez wybranie odpowiedniej opcji ustawień dotyczącej mikropali (w programie Mikropl).

Sprawdzenie nośności pala ściskanego

$$R_s = 633.35 \text{ kN} \geq N_{\max} = 397.09 \text{ kN} \quad - \text{ Nośność poboczniczy mikropala}$$

$$R_d = 422.23 \text{ kN} \geq N_{\max} = 397.09 \text{ kN} \quad - \text{ Nośność buławy mikropala}$$

Nośność mikropala ściskanego SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie nośności pala rozciąganego

$$R_s = 633.35 \text{ kN} \geq N_{\max} = 213.26 \text{ kN} \quad - \text{ Nośność poboczniczy mikropala}$$

$$R_d = 422.23 \text{ kN} \geq N_{\max} = 213.26 \text{ kN} \quad - \text{ Nośność buławy mikropala}$$

Nośność mikropala rozciąganego SPEŁNIA WYMAGANIA

Obliczenia:

Tarcie na poboczniczy buławy

Średnie graniczne tarcie na poboczniczy $q_{sav} = 280,00$ [kPa]

Nr	Współrzędna [m]	Tarcie q [kPa]

Wymiarowanie buławy
Metoda obliczeniowa - metoda Lizi.
Współczynnik wpływu średnicy buławy = 0,80
Średnie graniczne tarcie na poboczniczy $q_{sav} = 280,00$ kPa

Analiza mikropala ściskanego
Nośność poboczniczy mikropala $R_s = 633,35$ kN
Nośność obliczeniowa buławy mikropala $R_d = 422,23$ kN
Maksymalna siła normalna $N_{max} = 397,09$ kN

Nośność mikropala ściskanego **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Analiza mikropala rozciągane
Nośność poboczniczy mikropala $R_s = 633,35$ kN
Nośność obliczeniowa buławy mikropala $R_d = 422,23$ kN
Maksymalna siła rozciągająca $N_{max} = 213,26$ kN

Nośność mikropala rozciągane **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Wyniki

Zakończ i prześlij dane

Zakończ bez transferu danych

Ramka "Analiza buławy"

Ostatnim krokiem jest zapisanie wyników poprzez wybranie przycisku "Zakończ i prześlij dane", co pokazano na powyższym rysunku.

Podsumowanie

Wartości maksymalnego osiadania, przemieszczenia poziomego oraz kąta obrotu oczepu palowego nie przekraczają wartości dopuszczalnych.

Zaprojektowany mikropal składający się z buławy oraz żerdzi wykonanej z profilu TK 108/20 ze stali konstrukcyjnej S355 spełnia wymagania stawiane przez normę EN 1997 – DA2.