



PaleCPT 5.0

Instrukcja użytkowania

ZAWARTOŚĆ INSTRUKCJI UŻYTKOWANIA:

1. WPROWADZENIE	3
2. TERMINOLOGIA	3
3. PRZEZNACZENIE PROGRAMU	3
4. WPROWADZENIE DANYCH – ZAKŁADKA DANE	4
4.1 WPROWADZANIE DANYCH BEZPOŚREDNIO W PROGRAMIE	4
4.2 PRZYGOTOWANIE DANYCH W SZABLONIE EXCELA	5
4.3 ODCZYT DANYCH Z WYKRESU SONDOWANIA CPT	8
5. PODGLĄD WPROWADZONYCH DANYCH – ZAKŁADKA WYKRES	12
6. PARAMETRY OBLICZEŃ – ZAKŁADKA OBLICZENIA	13
7. ZASADY OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALA	16
7.1 ZASADY OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALA WEDŁUG METODY EAP	16
7.2 ZASADY OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALA WEDŁUG METODY LCPC	17
8. WYNIKI OBLICZEŃ NOŚNOŚCI PALA – ZAKŁADKA NOŚNOŚĆ	19
9. WYNIKI OBLICZEŃ OSIADANIA PALA – ZAKŁADKA OSIADANIE	20
10. PREZENTACJA WYNIKÓW SZCZEGÓŁOWYCH OBLICZEŃ	22

1. WPROWADZENIE

Program forGeo PaleCPT wersja 5.0 służy do obliczania nośności oraz osiadania pali osiowo wciskanych i wyciąganych na podstawie sódowań statycznych CPT. Obliczenia nośności pali przeprowadzane są na podstawie dwóch wiodących metod europejskich – metody niemieckiej EAP oraz metody francuskiej LCPC.

2. TERMINOLOGIA

W dalszej części opisu przyjęto następujące skróty:

- program – Program forGeo PaleCPT wersja 5.0
- EAP – Zalecenia Niemieckiego Towarzystwa Geotechnicznego – Recommendation on Piling, Wydawca: Wilhelm Ernst & Sohn, Niemcy, Berlin 2014.
- LCPC – Propozycja M. Bustamante i L. Gianeeselli – Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT, Drugie Europejskie Sympozjum Badań Penetracyjnych, Amsterdam 1982.

3. PRZEZNACZENIE PROGRAMU

Program służy do obliczania stanu granicznego nośności pali fundamentowych osiowo wciskanych i wyciąganych na podstawie sódowań statycznych CPT. Obliczenia przeprowadzane są na podstawie dwóch wiodących metod europejskich – metody niemieckiej EAP oraz metody francuskiej LCPC. Metoda niemiecka EAP bazuje na zaleceniach Niemieckiego Towarzystwa Geotechnicznego natomiast metoda francuska LCPC na propozycji M. Bustamante i L. Gianeeselli. Parametrem wiodącym w obliczeniach jest opór stożka sondy q_c . W metodzie EAP dla gruntów spoiстых wykorzystywana jest wytrzymałość gruntu na ścinanie $c_u(s_u)$.

Obliczenia nośności przeprowadzane są dla pali wciskanych i wyciąganych, jednocześnie dla obu metod. Wyniki obliczeń prezentowane są graficznie jako rozkład nośności pala wraz z głębokością. Program dokonuje analizy warunków gruntowych pod podstawą pala. Podgląd graficzny rozkładu nośności pala prezentowany jest jednocześnie dla obu metod, co ułatwia dobór właściwej długości pala w analizowanych warunkach gruntowych.

Dodatkowo program oblicza osiadanie pala zgodnie z metodą EAP. Prezentowana jest krzywa osiadania zarówno w fazie eksploatacji (tj. z uwzględnieniem ewentualnego tarcia negatywnego gruntu) oraz podczas próbnego obciążenia statycznego (tj. z pominięciem ewentualnego tarcia negatywnego gruntu).

4. WPROWADZENIE DANYCH – ZAKŁADKA DANE

W zależności od formy danych sondowania CPT jaką dysponuje Użytkownik możliwe są następujące sposoby wprowadzania danych do programu:

- (4.1) Wprowadzenie danych bezpośrednio w programie poprzez wypełnienie tablicy parametrów gruntu.
- (4.2) Przygotowanie danych w szablonie Excela, a następnie wczytanie szablonu do programu. Użytkownik wykorzystuje szablon do przygotowania danych gruntowych (dla gruntów spoistych wyznaczana jest wytrzymałości na ścinanie).
- (4.3) Odczyt danych z graficznego wykresu sondowania CPT. Posiadając pliki sondowania w formacie graficznym (np. PDF, JPG, BMP) użytkownik importuje dane z ekranu do szablonu Excela, a następnie wczuje do programu.

Poniżej omówiono poszczególne sposoby wprowadzania danych.


4.1 Wprowadzanie danych bezpośrednio w programie

Parametry podłoża gruntowego

Dane | Wykres | Obliczenia | Nośność | Osiadanie

Parametry podłoża gruntowego

Tytuł obliczeń



Z [m ppt]	qc [MPa]	cu (su) [kPa]	Rodzaj gruntu
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Woda gruntowa

Brak wody gruntowej

Poziom ustabilizowanego zwierciadła wody gruntowej m ppt

Grunt nienośny

Brak gruntu nienośnego

Grunt nienośny występuje od do m ppt

Tarcie negatywne gruntu

Brak tarcia negatywnego

Tarcie negatywne występuje od do m ppt

Tytuł obliczeń – tytuł charakteryzujący analizowany projekt/przekrój geotechniczny

Tabela parametrów gruntu:

- Z [m ppt]** – należy podać rzędną gruntu
- q_c [MPa]** – należy podać jednostkowy opór stożka sondy
- c_u (s_u) [kPa]** – należy podać wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu
- Rodzaj gruntu** – należy określić rodzaj gruntu (grunt spoisty lub niespoisty)

Do edycji tabeli parametrów gruntu służą następujące przyciski:

- |◀ – przechodzi na początek tabeli (do pierwszej rzędnej Z)
 - ◀ – przechodzi o jeden wiersz do góry (do poprzedniej rzędnej Z)
 - ▶ – przechodzi o jeden wiersz w dół (do następnej rzędnej Z)
 - ▶| – przechodzi na koniec tabeli (do ostatniej rzędnej Z)
 - +
 -
- wstawia dodatkową rzędną pomiędzy istniejącymi (przycisk nie służy do dodawania kolejnych rzędnych na końcu tabeli – tworzenie nowych rzędnych wykonujemy poprzez ustawienie kursora na końcu tabeli i naciśnięcie na klawiaturze ⏴ „strzałki w dół”)
- usuwa bieżącą rzędną Z

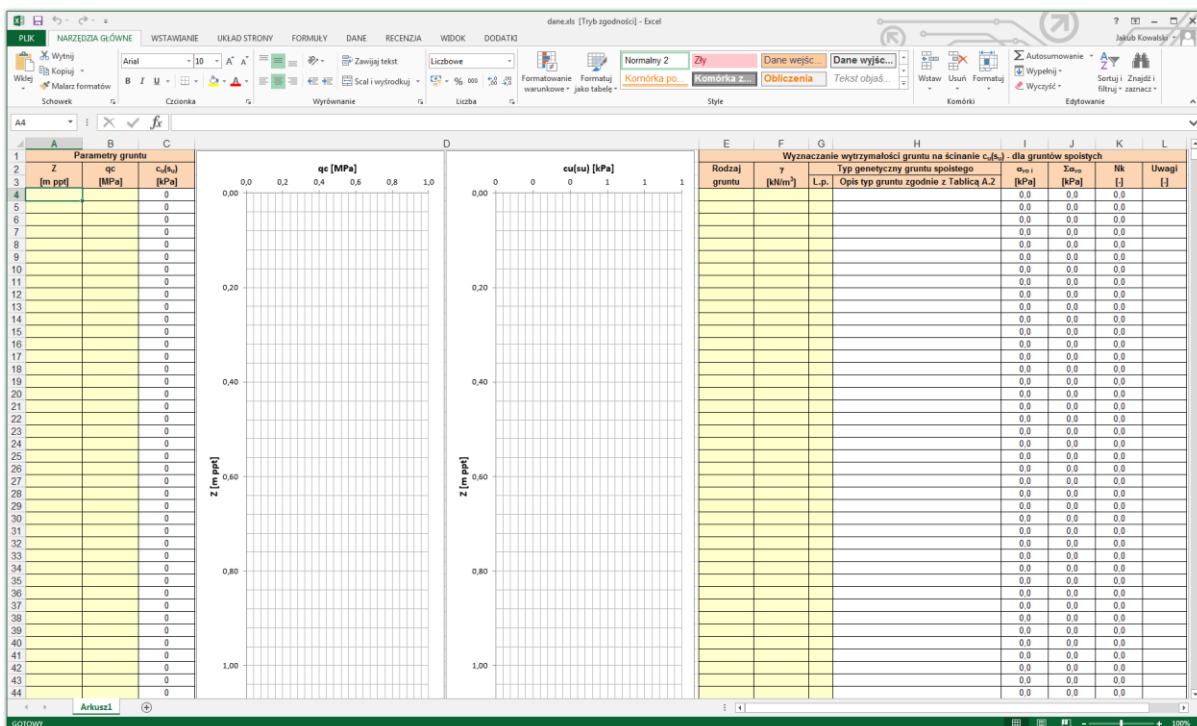
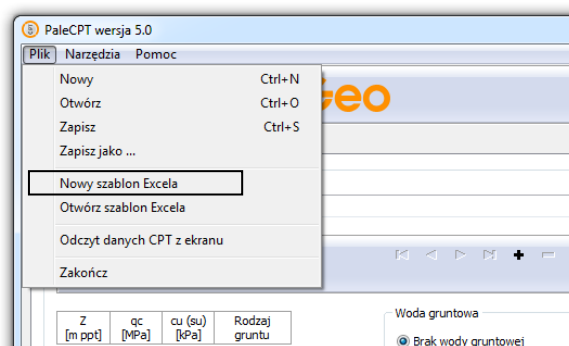
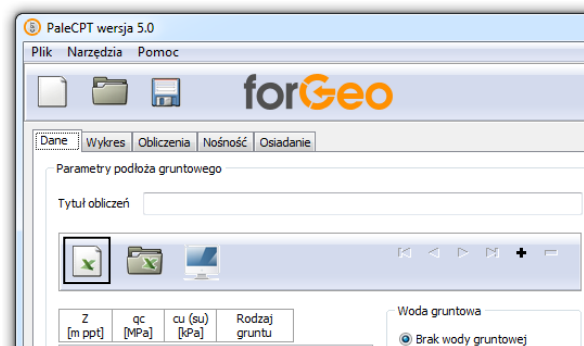
Woda gruntowa – w przypadku występowania wody gruntowej należy podać rzędną ustabilizowanego zwierciadła wody gruntowej.

Grunt nienośny – w przypadku występowania gruntu nienośnego należy podać zakres rzędnych, w obrębie których występuje grunt nienośny. Grunt nienośny jest pomijany w obliczeniach nośności (np. świeży nasyp).

Tarcie negatywne gruntu – w przypadku występowania tarcia negatywnego gruntu należy podać zakres rzędnych, w obrębie których występuje tarcie negatywne.

4.2 Przygotowanie danych w szablonie Excela

PaleCPT jest zintegrowany z programem Excel. Istnienie możliwości przygotowania danych gruntowych w Excelu poprzez wypełnienie szablonu, który umożliwi obliczanie wytrzymałości gruntu na ścinanie. Otwarcie szablonu następuje poprzez naciśnięcie przycisku na pasku szybkiego wyboru lub wybraniu z menu głównego **Nowy szablon Excela**.



Połączenie programu z szablonem Excela ma na celu zwiększenie elastyczności w zakresie przygotowania oraz wprowadzania danych gruntowych. W przypadku gruntów spoistych szablon Excela umożliwi obliczenie wytrzymałości gruntu na ścinanie **c_u (s_u)**. W szablonie przyjęto następujące oznaczenia kolorystyczne. Pola zaznaczone kolorem żółtym umożliwiają ich edycję przez Użytkownika (wprowadzanie danych). Pola zaznaczone kolorem białym zawierają formuły, które automatycznie obliczają poszczególne wartości. W związku z tym pola te zostały zablokowane przed przypadkowym skasowaniem formuł.

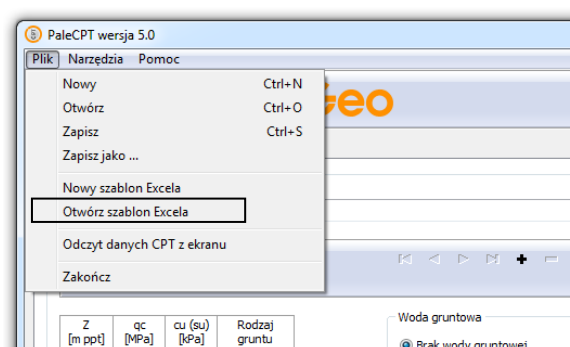
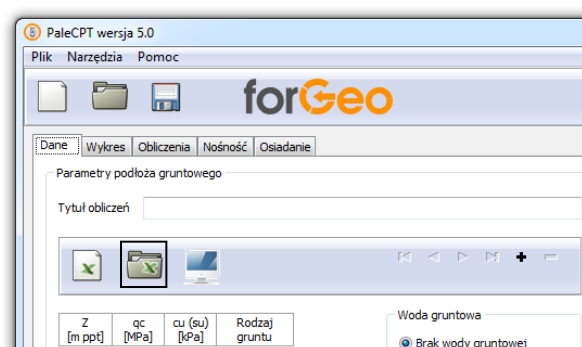
Oznaczenie kolumn szablonu parametrów gruntu:

- Z [m ppt]** – należy podać rzędną gruntu
- qc [MPa]** – należy podać jednostkowy opór stożka sondy
- cu (s_u) [kPa]** – automatycznie obliczana wytrzymałość gruntu na ścinanie (zgodnie z normą PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe.)
- Rodzaj gruntu** – należy określić rodzaj gruntu (grunt spoisty lub niespoisty)

Pozostałe kolumny należy określić wyłącznie w przypadku występowania gruntów spoistych celem wyznaczenia wytrzymałości gruntu na ścinanie **c_u (S_u)**. W przypadku występowania jedynie gruntów niespoistych określanie poniższych parametrów jest zbędne:

- γ [kN/m^3]** – należy podać ciężar objętościowy gruntu; w przypadku występowania wody gruntowej dla gruntów zlokalizowanych poniżej zwierciadła wody należy określić ciężar gruntu nasyconego wodą (tj. bez pomniejszania ciężaru gruntu o wypór wody)
- Typ genetyczny gruntu** – należy określić typ genetyczny gruntu spoistego zgodnie z klasyfikacją wg PN-B-04452:2002. Poszczególne typy genetyczne oznaczone są w normie cyframi od 1 do 6:
 - 1 – gliny pokrywowe i zwałowe zlodowacenia Wisły nieskonsolidowane lodowcem;
 - 2 – gliny zwałowe starsze skonsolidowane;
 - 3 – utwory zastoiskowe czwartorzędowe iły pylaste, gliny pylaste;
 - 4 – iły plioceńskie i mioceńskie;
 - 5 – lessy;
 - 6 – gytie;
- $\sigma_{vo i}$ [kPa]** – automatycznie obliczane naprężenie pionowe pomiędzy sąsiednimi rzędnymi **Z**
- $\Sigma\sigma_{vo i}$ [kPa]** – automatycznie obliczane całkowite naprężenie pionowe na rzędnej **Z**
- N_k [-]** – automatycznie obliczany współczynnik N_k (zgodnie z normą PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe.)
- Uwagi [-]** – weryfikacja wprowadzonych danych (stanowi wskazówkę dla użytkownika)

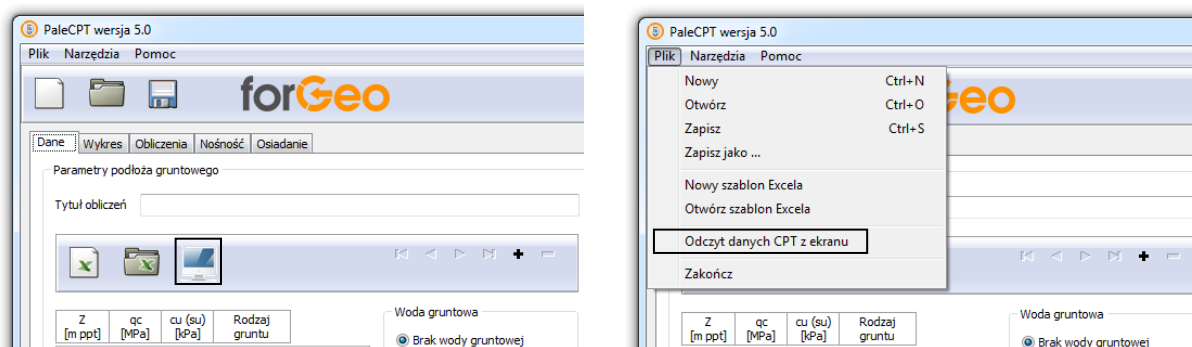
Po wprowadzeniu i zapisaniu danych należy wczytać szablon Excela do programu PaleCPT poprzez naciśnięcie przycisku na pasku szybkiego wyboru lub wybraniu z menu głównego **Otwórz szablon Excela**.



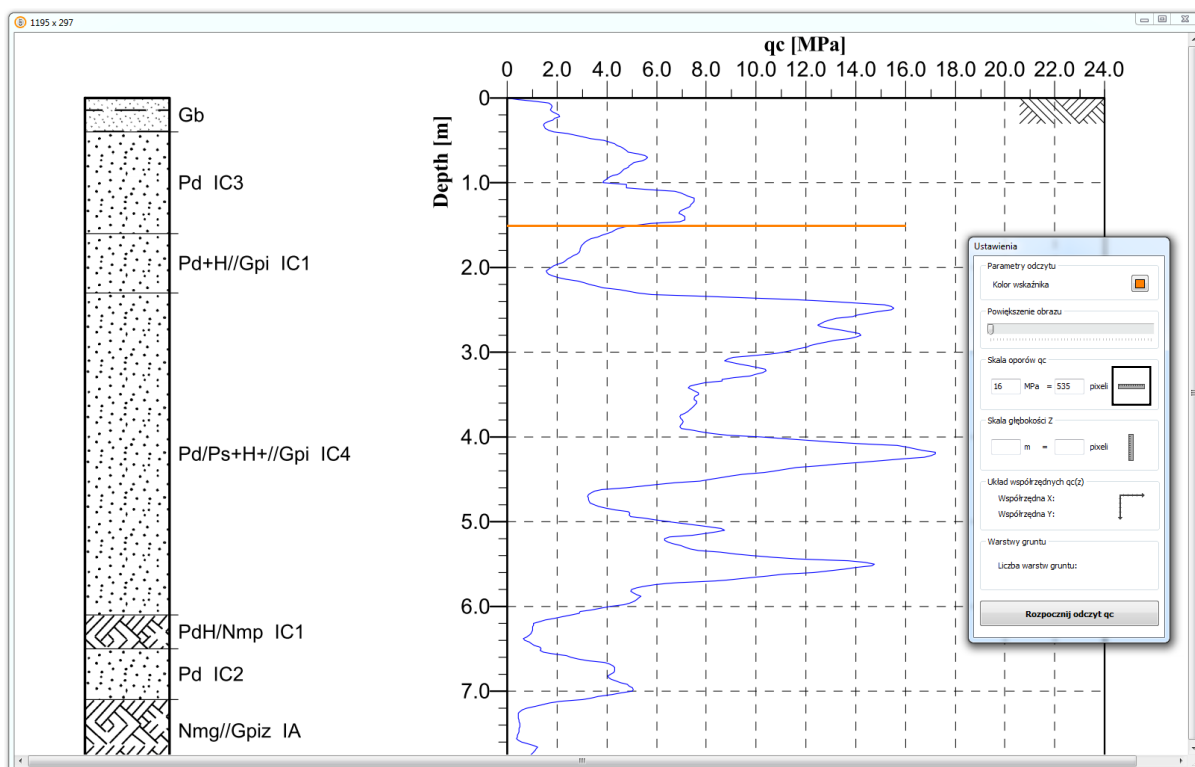
4.3 Odczyt danych z wykresu sondowania CPT

Program umożliwia odczyt danych z dowolnego wykresu graficznego sondowania CPT. Wykresy sondowania w postaci plików z rozszerzeniem JPG, BMP lub GIF mogą być bezpośrednio wczytane do programu. W przypadku dysponowania innym formatem wykresu (np. PDF, DWG, obraz wklejony do Worda lub każdy inny) należy w pierwszej kolejności zapisać bieżący widok ekranu wciskając na klawiaturze klawisz „Print Screen” (zrzut ekranu do schowka systemowego).

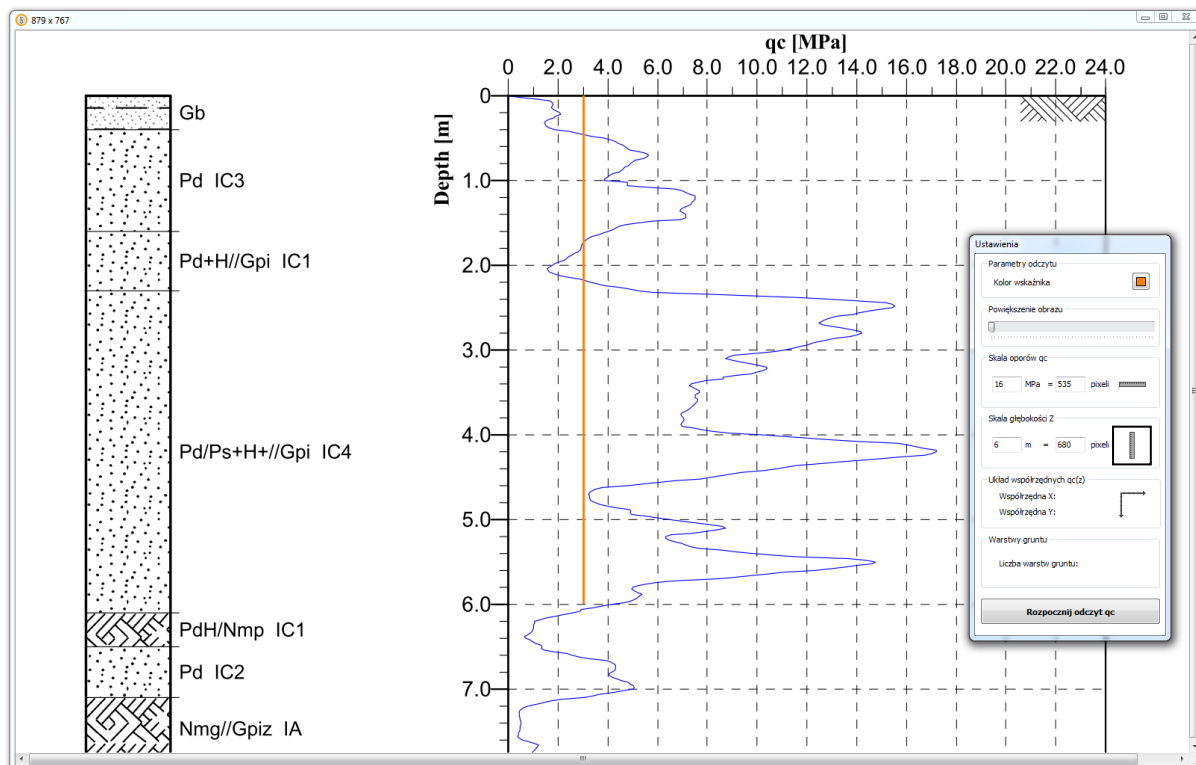
Otwarcie modułu do odczytu danych z ekranu następuje poprzez naciśnięcie przycisku na pasku szybkiego wyboru lub wybraniu z menu głównego **Odczyt danych CPT z ekranu**.



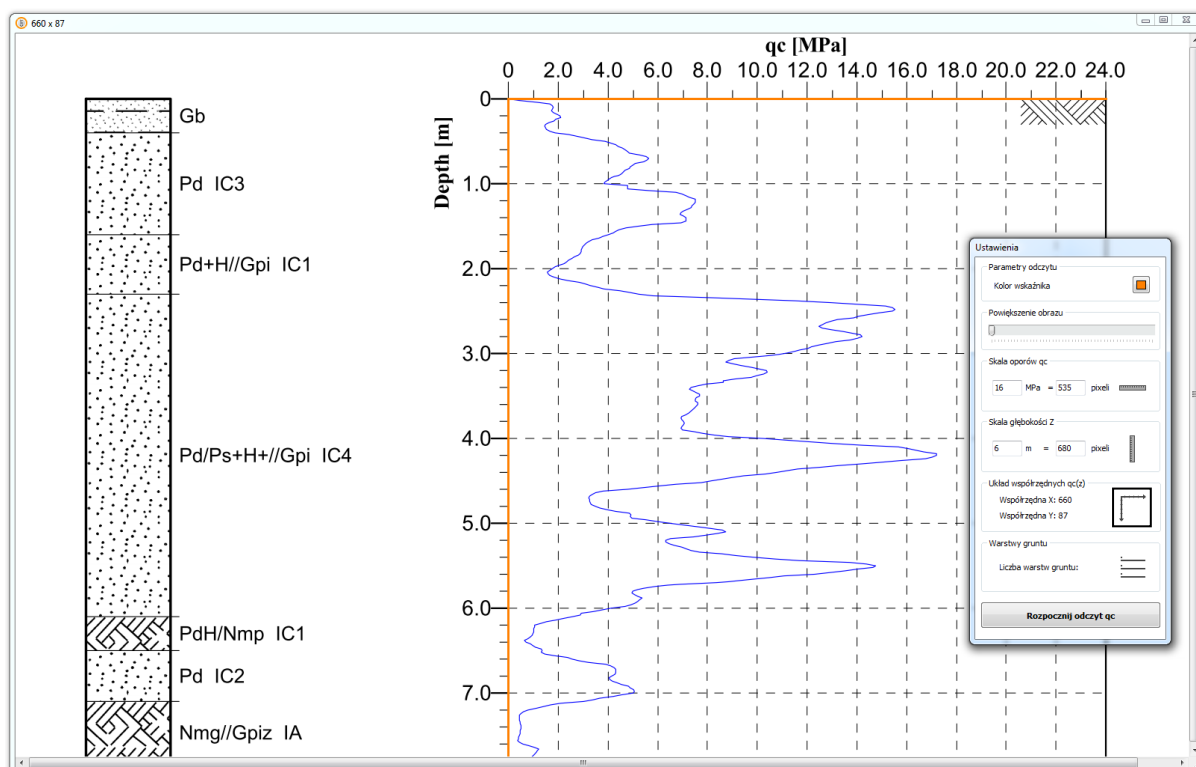
Po wczytaniu pliku graficznego (lub widoku ekranu) przystępujemy do skalowania wykresu. Skalowanie oporów **qc** odbywa się poprzez naciśnięcie klawisza z symbolem „linijki poziomej” oraz wskazanie charakterystycznej długości (na przykładzie poniżej wskazano odcinek równy wartości 16,0 MPa, któremu odpowiada 535 pixeli).



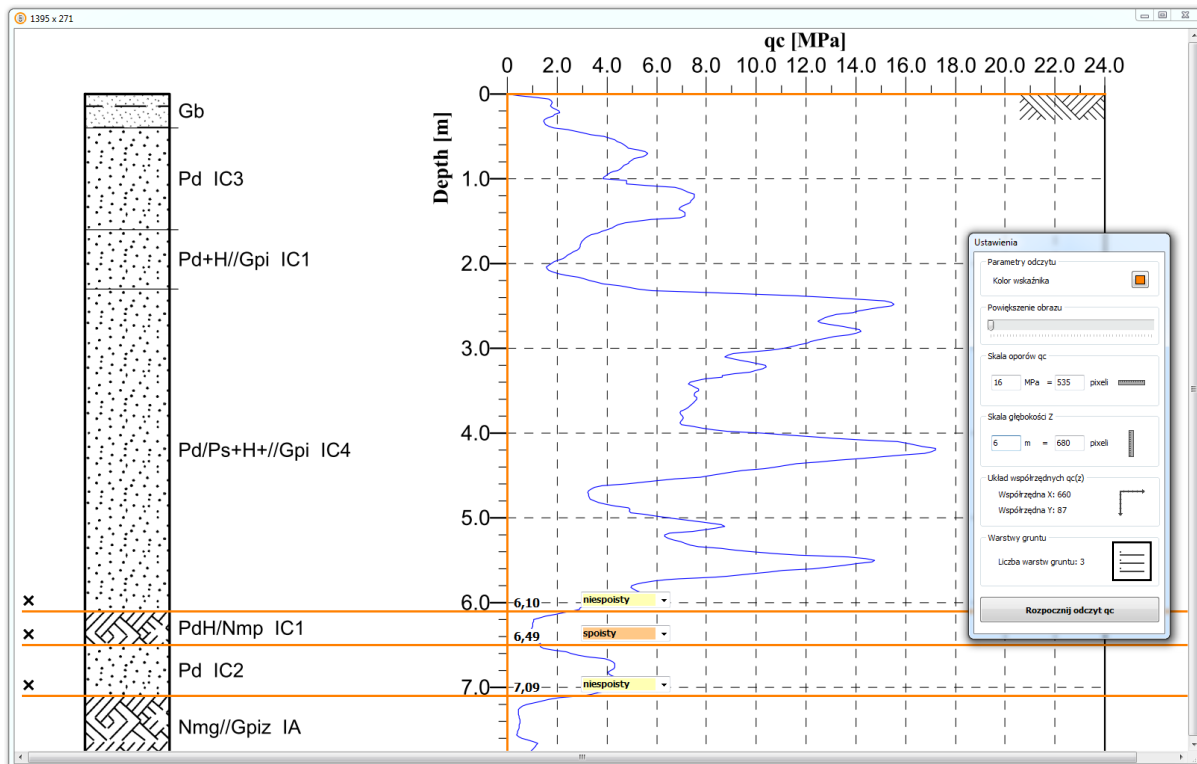
Skalowanie głębokości **Z** odbywa się poprzez naciśnięcie klawisza z symbolem „linijki pionowej” oraz wskazanie charakterystycznej długości (na przykładzie poniżej wskazano odcinek równy wartości 6,0 m, któremu odpowiada 680 pixeli).



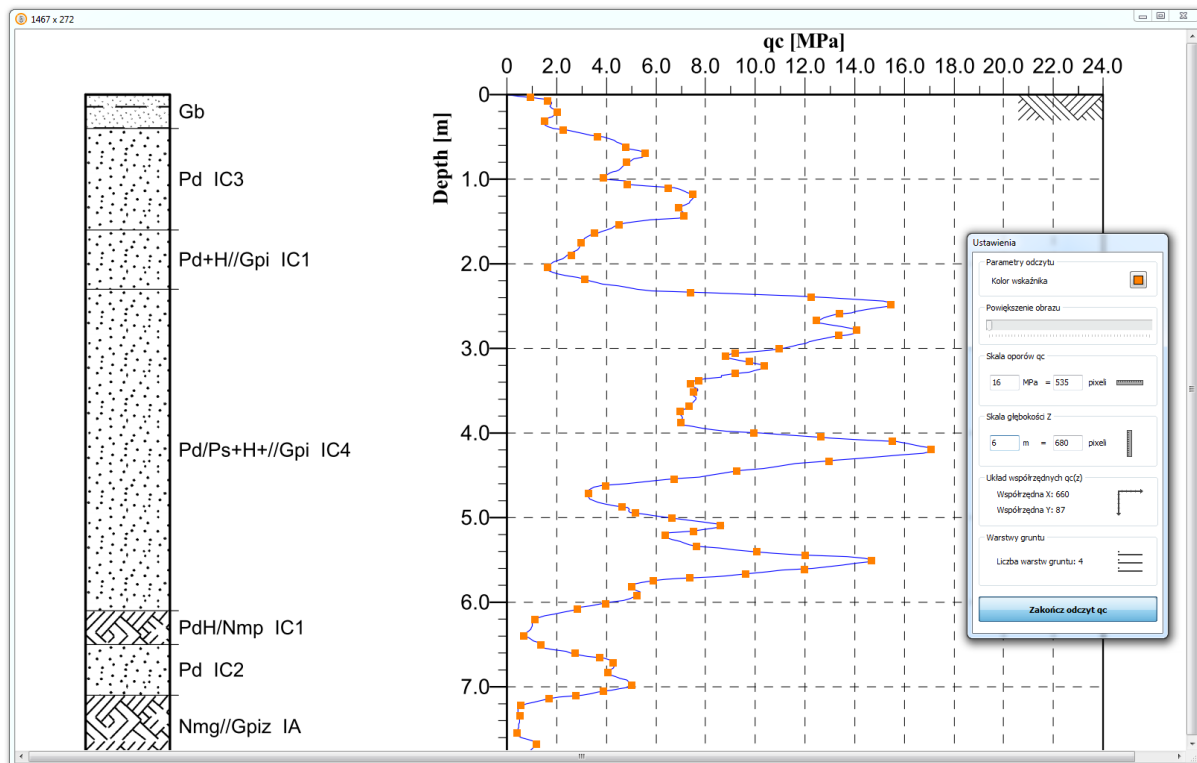
Określenie początku wykresu sondowania odbywa się poprzez naciśnięcie klawisza z symbolem „układu współrzędnych” oraz wskazanie punktu przecięcia się osi poziomej i pionowej – tj. punkt [0,0].



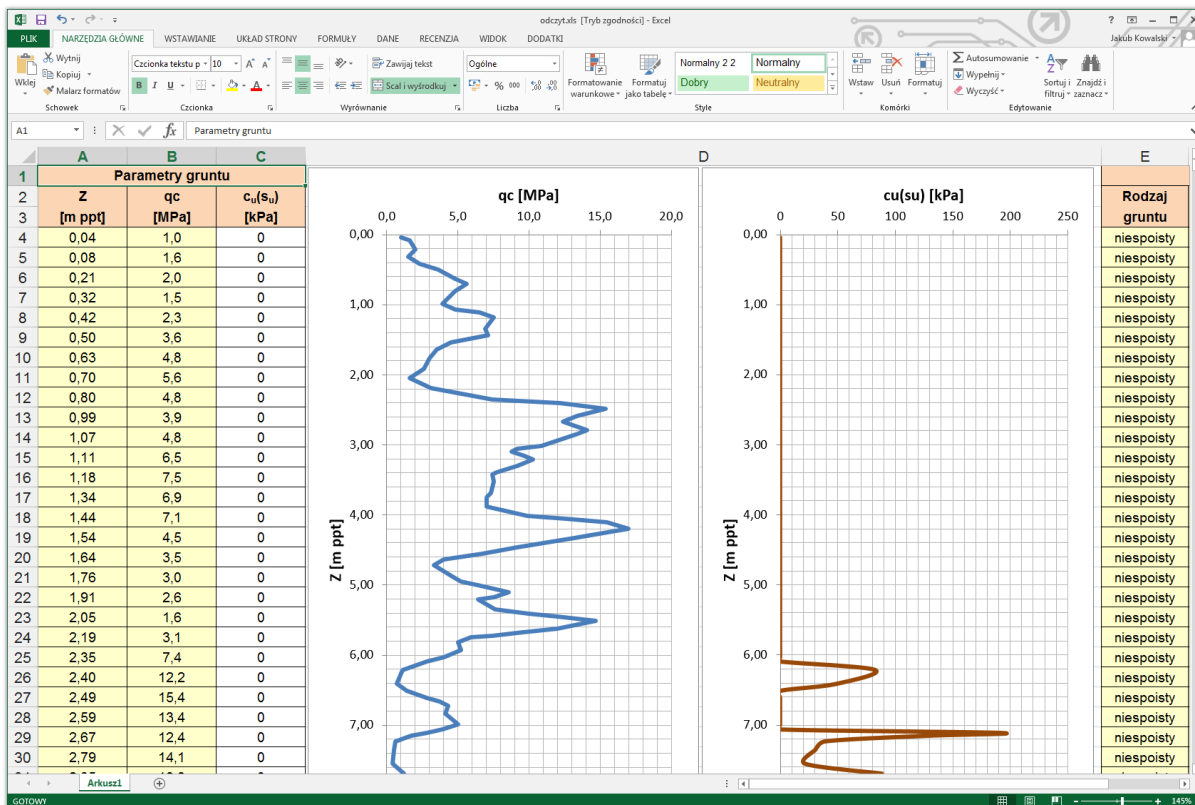
Określenie warstw gruntów spoistych i niespoistych odbywa się poprzez naciśnięcie klawisza z symbolem „warstwy gruntu” oraz wskazanie charakterystycznych rzędnych zmiany rodzaju gruntu.



Odczyt danych z wykresu sondowania następuje po naciśnięciu klawisza **Rozpocznij odczyt qc**. Klikając myszką należy wskazać charakterystyczne punkty na wykresie sondowania.

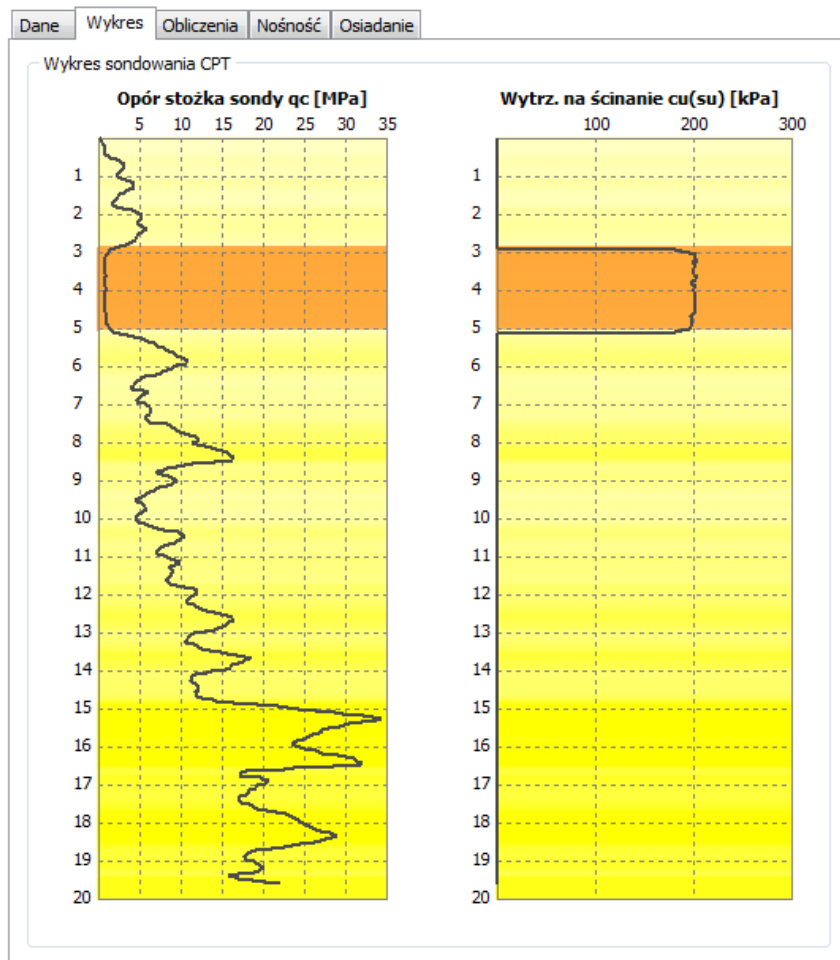


Zakończenie odczytu następuje naciśnięciu klawisza **Zakończ odczyt qc**. Wówczas dane zostaną zapisane do Excela.



5. PODGLĄD WPROWADZONYCH DANYCH – ZAKŁADKA WYKRES

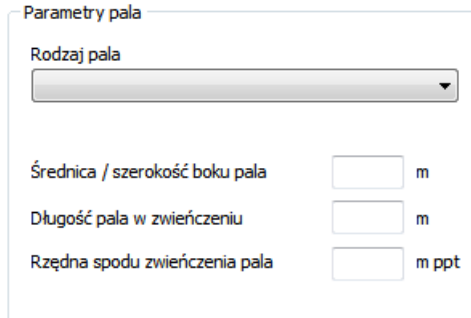
W zakładce prezentowany jest rozkład oporów stożka sondy q_c oraz wytrzymałości gruntu na ścinanie c_u (s_u). Podgląd graficzny ułatwia weryfikację wprowadzonych danych.



Dla odróżnienia rodzaju gruntu przyjęto odpowiednio kolor pomarańczowy dla gruntów spoistych oraz kolor żółty dla gruntów niespoistych. Intensywność koloru dostosowano do wytrzymałości gruntu. Dla gruntów niespoistych wytrzymałość na ścinanie c_u (s_u) automatycznie przyjmuje wartość zero.

6. PARAMETRY OBLICZEŃ – ZAKŁADKA OBLICZENIA

Parametry pala – należy określić rodzaj oraz średnicę pala oraz charakterystyczne rzędne.



Rodzaj pala – zgodnie z wytycznymi obu metod dostępne są następujące rodzaje pali:

- wbijany żelbetowy prefabrykowany;
- wbijany z rury stalowej z dnem zamkniętym;
- wbijany z rury stalowej z dnem otwartym;
- wiercony;
- wkręcany.

Współczynnik poszerzenia trzonu pala – współczynnik dostępny jest dla pala wierconego. Oprócz klasycznych pali wierconych współczynnik umożliwia obliczanie również nośności innych pali – jak np. pale CFA. Współczynnik określa poszerzenie średnicy trzonu pala w stosunku do średnicy nominalnej narzędzia wiertniczego. Dla pali CFA dopuszcza się przyjmowanie współczynnika równego $1,05 \div 1,10$.

Średnica pala / szerokość boku pala – w przypadku pali o przekroju okrągłym należy określić średnicę trzonu pala natomiast w przypadku pali o przekroju kwadratowym należy określić szerokość boku pala.

Długość pala w zwieńczeniu – należy podać długość pala zagłębioną w zwieńczeniu fundamentu, która nie ma udziału w nośności. W zależności od rodzaju pala długość w zwieńczeniu może obejmować:

- W przypadku pali in-situ wykonywanych na budowie (np. pale wiercone) długość pala w zwieńczeniu jest zazwyczaj niewielka i obejmuje odcinek pala przeznaczony do „wtopienia” w zwieńczeniu – np. 10cm gdyż istnieje możliwość wystawienia zbrojenia z głowicy pala np. na kolejne 60 cm).
- W przypadku pali z rur stalowych dostarczanych na budowę jako rury długość pala w zwieńczeniu obejmuje odcinek pala przeznaczony do zakotwienia w zwieńczeniu (np. 70cm).
- W przypadku żelbetowych pali prefabrykowanych dostarczanych na budowę jako „gotowe” elementy długość pala w zwieńczeniu obejmuje zarówno odcinek pala przeznaczony do „wtopienia” w zwieńczeniu (np. 5cm) oraz dodatkowo odcinek pala przeznaczone do rozkucia celem odsłonięcia zbrojenia (np. 55cm) – razem długość prefabrykatu w zwieńczeniu wynosi wówczas 60 cm.

Uwaga – niezależnie od rodzaju pala długość w zwieńczeniu nie jest uwzględniana w obliczeniach nośności.

Rzędna spodu zwieńczenia pala – należy podać rzędną spodu zwieńczenia pala.

Grunty słabe – należy określić, czy w obliczeniach nośności zostaną pominięte, czy uwzględnienie tzw. grunty słabonośne.

Grunty słabe według metody EAP:

- grunty spoiste o wytrzymałości na ścinanie $c_u(s_u)$ mniejszej od 100 kPa dla nośności podstawy oraz mniejszej od 60 kPa dla nośności poboczniczy;
- grunty niespoiste o oporze stożka sondy q_c mniejszym od 7500 kPa.

Grunty słabe według metody LCPC:

- grunty spoiste o oporze stożka sondy q_c mniejszym od 1000 kPa;
- grunty niespoiste o oporze stożka sondy q_c mniejszym od 5000 kPa.

Pomiń grunty słabe – obliczenia zostaną wykonane zgodnie z wytycznymi obu metod. Wówczas grunty słabonośne są pomijane w obliczeniach – opory poboczniczy i podstawy pała dla gruntów słabonośnych wynoszą zero.

Uwzględnij grunty słabe – obliczenia zostaną wykonane z uwzględnieniem gruntów słabonośnych. Wytrzymałość gruntów słabonośnych obliczana jest jako interpolacja liniowa wytrzymałości gruntów nośnych.

Opory gruntu wg EAP – należy określić współczynniki definiujące wytrzymałość gruntu w odniesieniu do wartości minimalnej i maksymalnej określonej w metodzie EAP. Współczynnik równy 1,0 odpowiada wartości maksymalnej natomiast 0,0 wartości minimalnej oporów gruntu. Dla wartości pośrednich z przedziału od 0,0 do 1,0 współczynnik określa następująca zależność:

$\max \cdot \text{wsp} + (1 - \text{wsp}) \cdot \text{nim}$, gdzie:

wsp – współczynniki oporów dla gruntów spoistych oraz niespoistych z przedziału od 0,0 do 1,0;

max – maksymalna wytrzymałość gruntu zgodnie z wytycznymi EAP;

min – minimalna wytrzymałość gruntu zgodnie z wytycznymi EAP.

Współczynniki obciążeń – należy określić wytyczne normowe dla wartości współczynników obciążeń. W programie zdefiniowano typowe współczynniki bezpieczeństwa dla obciążeń zawarte w Eurokodzie 7 i DIN 1054. Dodatkowo istnieje możliwość określenia własnych współczynników obciążeń poprzez wybranie wartości Inne. Na podstawie współczynników obciążeń program automatycznie wyznacza wartości charakterystyczne obciążeń wykorzystywane w obliczeniach osiadania pała.

Współczynniki obciążeń

Współczynniki obciążeń zgodnie z: **EC7, DIN1054**

Częściowe współczynniki obciążeń		Całkowity współczynnik obciążeń	
Obciążenia stałe	γ_G 1,35	Stosunek obciążeń zmiennych do obciążeń	$Q/(G+Q)$ 0,50
Obciążenia zmienne	γ_Q 1,50	Całkowity wsp. obciążeń	$\gamma_{(G,Q)}$ 1,42

Częściowe współczynniki obciążeń

- Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń stałych γ_G 1,35
- Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń zmiennych γ_Q 1,50

Całkowity współczynnik obciążeń

- Stosunek obciążeń zmiennych do obciążeń całkowitych $Q/(G+Q)$ 0,50
- Całkowity współczynnik obciążeń wyznaczony wg poniższej zależności:

$$\gamma_{(G,Q)} = \frac{Q}{G+Q} \cdot \gamma_Q + \left(1 - \frac{Q}{G+Q}\right) \cdot \gamma_G$$

Współczynniki nośności – współczynniki nośności dotyczą pali wciskanych i wyciąganych. W przypadku pali wciskanych współczynniki nośności obejmują oddzielnie podstawę i pobocznice pala.

Współczynniki nośności

Metoda EAP		Metoda LCPC	
Podstawa	γ_b 1,40	Podstawa	γ_b 2,00
Pobocznica	γ_s 1,40	Pobocznica	γ_s 1,50
Wyciąganie	γ_t 2,00	Wyciąganie	γ_t 2,00

- **Podstawa** γ_b współczynnik dla nośności podstawy pala (dotyczy pali wciskanych)
- **Pobocznica** γ_s współczynnik dla nośności pobocznic pala (dotyczy pali wciskanych)
- **Wyciąganie** γ_t współczynnik dla nośności pala na wyciąganie

7. ZASADY OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALA

7.1. ZASADY OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALA WEDŁUG METODY EAP

Nośność pala na wciskanie

Obliczeniowa nośność osiowa pala wciskanego **Rc(d)**

$$R_{C(d)} = \frac{R_{b(k)} + R_{s(k)} - T_{(k)}}{\gamma_{Pc}}$$

- nośność charakterystyczna podstawy pala: $R_{b(k)} = \eta_b \cdot q_{b(k)} \cdot A_b$
- nośność charakterystyczna poboczniczy pala: $R_{s(k)} = \sum \eta_s \cdot q_{s_i(k)} \cdot A_{s_i}$
- charakterystyczne tarcie negatywne gruntu: $T_{(k)} = \sum \eta_s \cdot q_{s_i(k)} \cdot A_{s_i}$

Nośność pala na wyciąganie

Obliczeniowa nośność osiowa pala wyciąganego **Rt(d)**

$$R_{t(d)} = \frac{R_{s(k)}}{\gamma_{Pt}}$$

- nośność charakterystyczna poboczniczy pala: $R_{s(k)} = \sum \eta_s \cdot q_{s_i(k)} \cdot A_{s_i}$

gdzie:

- η_b – współczynnik korygujący dla nośności podstawy pala – zgodnie z tabelicą 5.5 wytycznych EAP
- η_s – współczynnik korygujący dla nośności poboczniczy pala – zgodnie z tabelicą 5.5 wytycznych EAP
- $q_{b(k)}$ – charakterystyczny opór jednostkowy pod podstawą pala przy osiadaniu równym 0.1xD dla pali o przekroju okrągłym lub 0.1x1.13xB dla pali o przekroju kwadratowym (D – średnica pala, B – szerokość boku pala). W programie wyznaczono minimalne i maksymalne wartości oporów **qb** przy osiadaniu pośrednim oraz granicznym – zgodnie z tabelicami 5.1÷5.4, 5.12÷5.15, 5.20÷5.23 wytycznych EAP. Program oblicza przedział nośności pala na podstawie **qb_01_nim** oraz **qb_01_max** (patrz strona 21) oraz nośność pala z uwzględnieniem określonych przez Użytkownika współczynników **oporów gruntu wg EAP** (patrz strona 14)
- $q_{s(k)}$ – charakterystyczny opór jednostkowy na poboczniczy pala przy osiadaniu równym 0.1xD dla pali o przekroju okrągłym lub 0.1x1.13xB dla pali o przekroju kwadratowym (D – średnica pala, B – szerokość boku pala). W programie wyznaczono minimalne i maksymalne wartości oporów **qs** przy osiadaniu pośrednim

oraz granicznym – zgodnie z tablicami 5.1÷5.4, 5.12÷5.15, 5.20÷5.23 wytycznych EAP. Program oblicza przedział nośności pala na podstawie **qs_01_nim** oraz **qs_01_max** (patrz strona 21) oraz nośność pala z uwzględnieniem określonych przez Użytkownika współczynników **oporów gruntu wg EAP** (patrz strona 14)

- Ab** – pole przekroju poprzecznego podstawy pala
- Asi** – pole poboczniczy pala
- γ_{Pc} – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla nośności pala na wciskanie
- γ_{Pt} – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla nośności pala na wyciąganie

7.2. ZASADY OBLICZENIA NOŚNOŚCI PALA WEDŁUG METODY LCPC

Nośność pala na wciskanie

Obliczeniowa nośność osiowa pala wciskanego **Rc(d)**

$$R_{C(d)} = \frac{R_{b_{ult}} + R_{s_{ult}} - T_{ult}}{\gamma_{Pc}}$$

- nośność graniczna podstawy pala: $R_{b_{ult}} = q_b \cdot A_b$
- nośność graniczna poboczniczy pala: $R_{s_{ult}} = \sum q_{si} \cdot A_{si}$
- graniczne tarcie negatywne gruntu: $T_{ult} = \sum q_{si} \cdot A_{si}$

Nośność pala na wyciąganie

Obliczeniowa nośność osiowa pala wyciąganego **Rt(d)**

$$R_{T(d)} = \frac{R_{s_{ult}}}{\gamma_{Pt}}$$

- nośność graniczna poboczniczy pala: $R_{s_{ult}} = \sum q_{si} \cdot A_{si}$

gdzie:

- qb** – graniczny opór jednostkowy pod podstawą pala $q_b = k_c \cdot q_{ca}$
- kc** – współczynnik nośności pod podstawą pala
- qca** – uśredniony opór stożka sondy pod podstawą pala
- qs** – graniczny opór jednostkowy na poboczniczy pala $q_s = \min\left(\frac{q_c}{\alpha}, q_{smax}\right)$
- qc** – opór stożka sondy
- α** – współczynnik nośności poboczniczy pala
- qsmax** – maksymalny opór jednostkowy na poboczniczy pala

- A_b** – pole przekroju poprzecznego podstawy pala
- A_{si}** – pole poboczniczy pala
- γ_{Pc}** – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla nośności pala na wciskanie
- γ_{Pt}** – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla nośności pala na wyciąganie

8. WYNIKI OBLICZEŃ NOŚNOŚCI – ZAKŁADKA NOŚNOŚĆ

Wyniki nośności pala – prezentowane są w formie tabelarycznej oraz graficznej. Tabela wyników zawiera zestawienie obliczeniowych wartości nośności pala. Prezentacja graficzna obejmuje rozkład nośności pala w całym zdefiniowanym podłożu gruntowym jednocześnie dla obu metod obliczeniowych (EAP i LCPC).

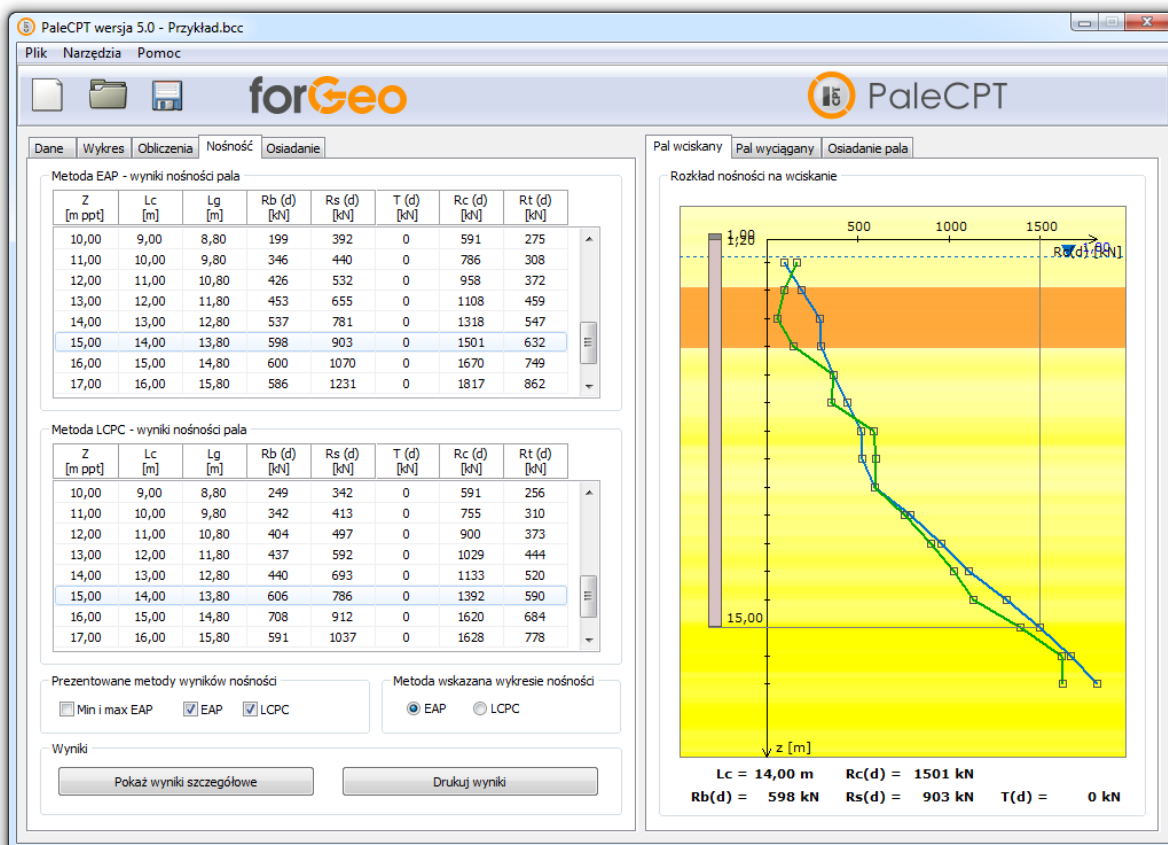


Tabela wyników nośności pala:

- Z [m ppt]** – rzędna podstawy pala
- Lc [m]** – długość całkowita pala (włączając długość pala w zwieńczeniu)
- Lg [m]** – długość pala zagłębiona w gruncie (z pominięciem długości pala w zwieńczeniu)
- Rb(d) [kN]** – obliczeniowa nośność podstawy pala
- Rs(d) [kN]** – obliczeniowa nośność poboczniczy pala
- T(d) [kN]** – obliczeniowe tarcie negatywne gruntu
- Rc(d) [kN]** – obliczeniowa nośność pala na wciskanie
- Rt(d) [kN]** – obliczeniowa nośność pala na wyciąganie

9. WYNIKI OBLICZEŃ OSIADANIA PALA – ZAKŁADKA OSIADANIE

Wyniki osiadania pala – prezentowane są w formie tabelarycznej oraz graficznej. Obliczenia osiadania przeprowadzane są zgodnie z metodą EAP. Tabela wyników zawiera zestawienie wartości osiadania pala dla obciążeń pośrednich oraz obciążenia charakterystycznego. Prezentacja graficzna obejmuje krzywą osiadania pala wraz ze wskazaniem osiadania od obciążenia charakterystycznego.

Wyświetlane są wyniki osiadania pala podczas próbnego obciążenia oraz podczas eksploatacji:

Osiadanie pala podczas próbnego obciążenia – osiadanie pala obliczane jest bez uwzględnienia ewentualnego tarcia negatywnego gruntu. Przyjęto założenie, że pomimo uwzględnienia w obliczeniach tarcia negatywnego, jego wpływ na osiadanie pala podczas próbnego obciążenia jest pomijany. Tarcie negatywne gruntu może wystąpić dopiero w fazie eksploatacji.

Osiadanie pala podczas eksploatacji – osiadanie pala obliczane jest z uwzględnieniem ewentualnego tarcia negatywnego gruntu określonego przez Użytkownika.

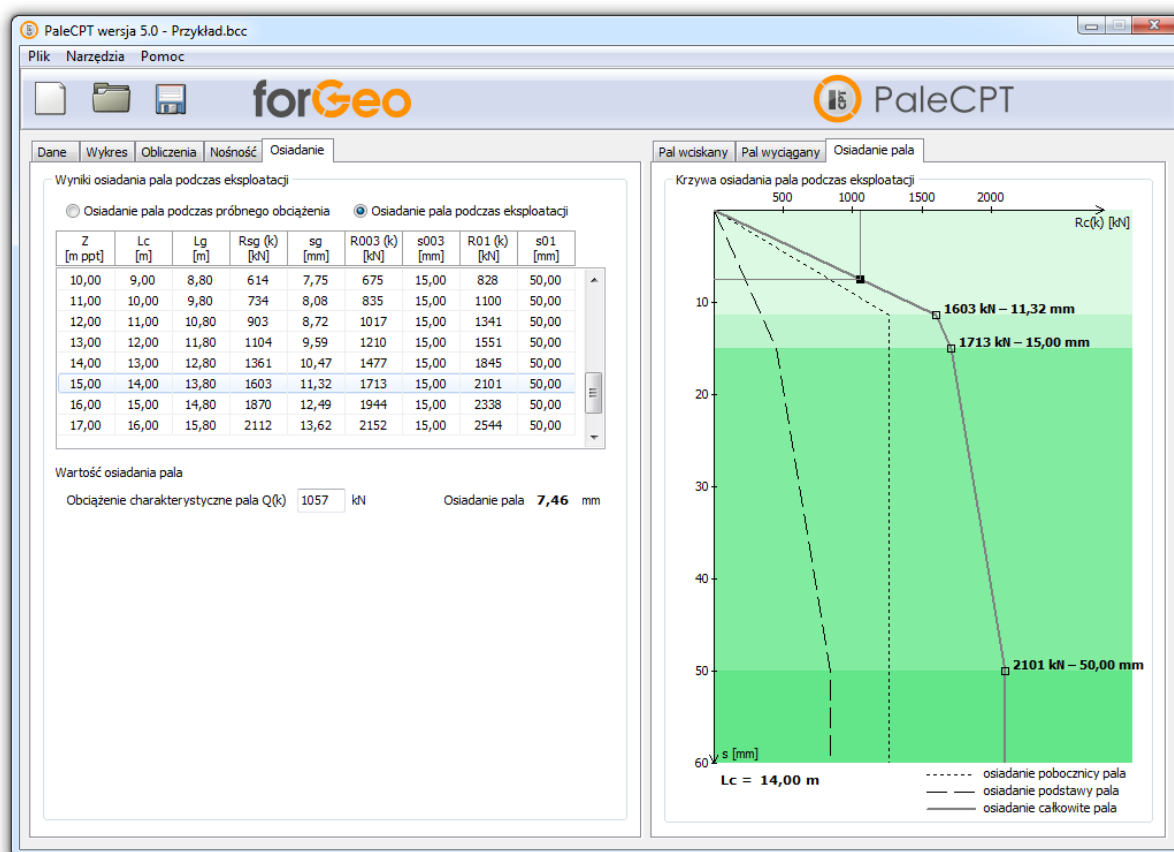


Tabela osiadania pala:

- Z [m ppt]** – rzędna podstawy pala
- Lc [m]** – długość całkowita pala (włączając długość pala w zwieńczeniu)

- Lg [m]** – długość pala zagłębiona w gruncie (z pominięciem długości pala w zwięźczeniu)
- Rsg(k) [kN]** – nośność charakterystyczna pala przy osiadaniu o wartości Ssg
- Ssg [mm]** – osiadanie pala przy obciążeniu o wartości Rsg(k)
- R0035(k) lub R003 (k) [kN]** – nośność charakterystyczna pala przy osiadaniu o wartości odpowiednio: dla pali wbijanych S0035 natomiast dla pali wierconych S003
- S0035 lub S003 [mm]** – osiadanie pala przy obciążeniu o wartości odpowiednio: dla pali wbijanych R0035(k) natomiast dla pali wierconych R003(k)
- R01(k) [kN]** – nośność charakterystyczna pala przy osiadaniu o wartości S01
- S01 [mm]** – osiadanie pala przy obciążeniu o wartości R01(k)

Wartość osiadania pala – określa wartości osiadania pala przy obciążeniu charakterystycznym.

Wartość osiadania pala

Obciążenie charakterystyczne pala Q(k) kN Osiadanie pala **7,46** mm

Obciążenie charakterystyczne **Q(k)** wyznaczane jest automatycznie według zależności: $Q_{(k)} = \frac{R_{c(d)}}{\gamma_{(G,Q)}}$

Istnieje możliwość zdefiniowania **dowolnej wartości obciążenia** charakterystycznego, dla której program określi wartość osiadania i oznaczy osiadanie na krzywej.

10. PREZENTACJA WYNIKÓW SZCZEGÓŁOWYCH OBLICZEŃ

Pokaż wyniki szczegółowe – przycisk umożliwia wyświetlenie tabeli parametrów pośrednich dla metody EAP oraz metody LCPC.

Tabela parametrów pośrednich dla metody EAP

Wartości oporów jednostkowych oraz nośności podstawy

Z [m ppt]	H [m]	qc [MPa]	cu [kPa]	qs_sg_max [kPa]	qs_sg_min [kPa]	qs_01_max [kPa]	qs_01_min [kPa]	qs_sg_tn_max [kPa]	qs_sg_tn_min [kPa]	qs_01_tn_max [kPa]	qs_01_tn_min [kPa]	ob_003_max [kPa]	ob_003_min [kPa]	ob_01_max [kPa]	ob_01_min [kPa]	Rb_003_max [kN]	Rb_003_min [kN]	Rb_01_max [kN]	Rb_01_min [kN]		
14,95	0,01	22,32	0,00	162,0	123,3	162,0	123,3	162,0	123,3	162,0	123,3	2 642,4	2 009,3	4 952,3	3 732,5	517,9	393,8	455,9	970,6	731,6	851,1
14,96	0,01	22,64	0,00	162,9	124,1	162,9	124,1	162,9	124,1	162,9	124,1	2 678,3	2 037,4	4 992,9	3 763,8	524,9	399,3	462,1	978,6	737,7	858,1
14,97	0,01	22,95	0,00	163,8	124,9	163,8	124,9	163,8	124,9	163,8	124,9	2 714,3	2 065,5	5 033,5	3 795,0	532,0	404,8	468,4	986,6	743,8	865,2
14,98	0,01	23,26	0,00	164,8	125,7	164,8	125,7	164,8	125,7	164,8	125,7	2 750,2	2 093,6	5 074,1	3 826,3	539,0	410,4	474,7	994,5	749,9	872,2
14,99	0,01	23,57	0,00	165,7	126,4	165,7	126,4	165,7	126,4	165,7	126,4	2 786,1	2 121,8	5 114,8	3 857,5	546,1	415,9	481,0	1 002,5	756,1	879,3
15,00	0,01	23,89	0,00	166,7	127,2	166,7	127,2	166,7	127,2	166,7	127,2	2 822,1	2 149,9	5 155,4	3 888,8	553,1	421,4	487,3	1 010,5	762,2	886,3
15,01	0,01	24,20	0,00	167,6	128,0	167,6	128,0	167,6	128,0	167,6	128,0	2 858,0	2 178,0	5 196,0	3 920,0	560,2	426,9	493,5	1 018,4	768,3	893,4
15,02	0,01	24,64	0,00	168,1	128,4	168,1	128,4	168,1	128,4	168,1	128,4	2 896,4	2 192,4	5 216,8	3 936,0	563,8	429,7	496,7	1 022,5	771,5	897,0
15,03	0,01	25,08	0,00	168,6	128,8	168,6	128,8	168,6	128,8	168,6	128,8	2 894,8	2 206,8	5 237,6	3 952,0	567,4	432,5	500,0	1 026,6	774,6	900,6
15,04	0,01	25,52	0,00	169,0	129,2	169,0	129,2	169,0	129,2	169,0	129,2	2 913,2	2 221,2	5 258,4	3 968,0	571,0	435,4	503,2	1 030,6	777,7	904,2
15,05	0,01	25,96	0,00	169,5	129,6	169,5	129,6	169,5	129,6	169,5	129,6	2 931,6	2 235,6	5 279,2	3 984,0	574,6	438,2	506,4	1 034,7	780,9	907,8
15,06	0,01	26,40	0,00	170,0	130,0	170,0	130,0	170,0	130,0	170,0	130,0	2 950,0	2 250,0	5 300,0	4 000,0	578,2	441,0	509,6	1 038,8	784,0	911,4

Wartości nośności poboczniczy

Z [m ppt]	H [m]	qc [MPa]	cu [kPa]	Rs_sg_max [kN]	Rs_sg_min [kN]	Rs_01_max [kN]	Rs_01_min [kN]	Rs_sg [kN]	Rs_01 [kN]	Rs_sg_tn_max [kN]	Rs_sg_tn_min [kN]	Rs_01_tn_max [kN]	Rs_01_tn_min [kN]	Rs_01 [kN]
14,95	0,01	22,32	0,00	2,545	1,937	2,545	1,937	1 442,9	1 061,6	1 252,1	1 442,9	1 061,6	1 252,1	1 252,1
14,96	0,01	22,64	0,00	2,559	1,950	2,559	1,950	1 445,5	1 063,5	1 254,4	1 445,5	1 063,5	1 254,4	1 254,4
14,97	0,01	22,95	0,00	2,574	1,962	2,574	1,962	1 448,1	1 065,5	1 256,6	1 448,1	1 065,5	1 256,6	1 256,6
14,98	0,01	23,26	0,00	2,589	1,974	2,589	1,974	1 450,7	1 067,5	1 258,9	1 450,7	1 067,5	1 258,9	1 258,9
14,99	0,01	23,57	0,00	2,604	1,986	2,604	1,986	1 453,3	1 069,5	1 261,2	1 453,3	1 069,5	1 261,2	1 261,2
15,00	0,01	23,89	0,00	2,618	1,999	2,618	1,999	1 455,9	1 071,5	1 263,5	1 455,9	1 071,5	1 263,5	1 263,5
15,01	0,01	24,20	0,00	2,633	2,011	2,633	2,011	1 458,5	1 073,5	1 265,8	1 458,5	1 073,5	1 265,8	1 265,8
15,02	0,01	24,64	0,00	2,641	2,017	2,641	2,017	1 461,1	1 075,5	1 268,2	1 461,1	1 075,5	1 268,2	1 268,2
15,03	0,01	25,08	0,00	2,648	2,023	2,648	2,023	1 463,8	1 077,5	1 270,5	1 463,8	1 077,5	1 270,5	1 270,5
15,04	0,01	25,52	0,00	2,656	2,030	2,656	2,030	1 466,5	1 079,5	1 272,8	1 466,5	1 079,5	1 272,8	1 272,8
15,05	0,01	25,96	0,00	2,663	2,036	2,663	2,036	1 469,1	1 081,6	1 275,2	1 469,1	1 081,6	1 275,2	1 275,2
15,06	0,01	26,40	0,00	2,671	2,042	2,671	2,042	1 471,8	1 083,6	1 277,6	1 471,8	1 083,6	1 277,6	1 277,6

Tabela **Wartości oporów jednostkowych oraz nośności podstawy:**

- Z [m ppt]** – rzędna gruntu
- H [m]** – miąższość gruntu
- qc [MPa]** – opór stożka sondy
- cu [MPa]** – wytrzymałość gruntu na ścinanie
- qs_sg_max [kPa]** – maksymalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu na poboczniczy pała przy osiadaniu Ssg
- qs_sg_min [kPa]** – minimalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu na poboczniczy pała przy osiadaniu Ssg
- qs_01_max [kPa]** – maksymalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu na poboczniczy pała przy osiadaniu S01
- qs_01_min [kPa]** – minimalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu na poboczniczy pała przy osiadaniu S01
- qs_sg_tn_max [kPa]** – maksymalne charakterystyczne jednostkowe tarcie negatywne gruntu na poboczniczy pała przy osiadaniu Ssg
- qs_sg_tn_min [kPa]** – minimalne charakterystyczne jednostkowe tarcie negatywne gruntu na poboczniczy pała przy osiadaniu Ssg

qs_01_tn_max [kPa]	– maksymalne charakterystyczne jednostkowe tarcie negatywne gruntu na poboczniczy pala przy osiadaniu S01
qs_01_tn_min [kPa]	– minimalne charakterystyczne jednostkowe tarcie negatywne gruntu na poboczniczy pala przy osiadaniu S01
qb_0035_max lub qb_003_max [kPa]	– maksymalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu odpowiednio: dla pali wbijanych S0035 natomiast dla pali wierconych S003
qb_0035_min lub qb_003_min [kPa]	– minimalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu odpowiednio: dla pali wbijanych S0035 natomiast dla pali wierconych S003
qb_01_max [kPa]	– maksymalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu S01
qb_01_min [kPa]	– minimalny charakterystyczny opór jednostkowy gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu S01
Rb_0035_max lub Rb_003_max [kN]	– maksymalny opór gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu odpowiednio: dla pali wbijanych S0035 natomiast dla pali wierconych S003
Rb_0035_min lub Rb_003_min [kN]	– minimalny opór gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu odpowiednio: dla pali wbijanych S0035 natomiast dla pali wierconych S003
Rb_0035 [kN] lub Rb_003 [kN]	– przyjęty opór gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu odpowiednio: dla pali wbijanych S0035 natomiast dla pali wierconych S003
Rb_01_max [kN]	– maksymalny opór gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu S01
Rb_01_min [kN]	– minimalny opór gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu S01
Rb_01 [kN]	– przyjęty opór gruntu pod podstawą pala przy osiadaniu S01

Tabela Wartości nośności poboczniczy:

Z [m ppt]	– rzędna gruntu
H [m]	– miąższość gruntu
qc [MPa]	– opór stożka sondy
cu [MPa]	– wytrzymałość gruntu na ścinanie
Rsi_sg_max [kN]	– opór gruntu na poboczniczy pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu Ssg
Rsi_sg_min [kN]	– minimalny opór gruntu na poboczniczy pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu Ssg

Rsi_01_max [kN]	– maksymalny opór gruntu na pobocznicę pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu S01
Rsi_01_min [kN]	– minimalny opór gruntu na pobocznicę pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu S01
Rs_sg_max [kN]	– maksymalny opór gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu Ssg
Rs_sg_min [kN]	– minimalny opór gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu Ssg
Rs_sg [kN]	– przyjęty opór gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu Ssg
Rs_01_max [kN]	– maksymalny opór gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu S01
Rs_01_min [kN]	– minimalny opór gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu S01
Rs_01 [kN]	– przyjęty opór gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu S01
Rsi_sg_tn_max [kN]	– maksymalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu Ssg
Rsi_sg_tn_min [kN]	– minimalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu Ssg
Rsi_01_tn_max [kN]	– maksymalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu S01
Rsi_01_tn_min [kN]	– minimalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z przy osiadaniu S01
Rs_sg_tn_max [kN]	– maksymalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu Ssg
Rs_sg_tn_min [kN]	– minimalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu Ssg
Rs_sg_tn [kN]	– przyjęte tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu Ssg
Rs_01_tn_max [kN]	– maksymalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu S01
Rs_01_tn_min [kN]	– minimalne tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu S01
Rs_01_tn [kN]	– przyjęte tarcie negatywne gruntu na pobocznicę pala przy osiadaniu S01

Tabela parametrów pośrednich dla metody LCPC

Wartości oporów jednostkowych oraz nośności podstawy

Z [m ppt]	H [m]	qc [MPa]	cu [kPa]	alfa	qs_max [kPa]	qs [kPa]	qs_tn [kPa]	kc [-]	Rsi [kPa]	Rs [kN]	Rsi_tn [kPa]	Rs_tn [kN]
14,95	0,01	22,32	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 169,8		
14,96	0,01	22,64	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 171,7		
14,97	0,01	22,95	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 173,5		
14,98	0,01	23,26	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 175,4		
14,99	0,01	23,57	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 177,3		
15,00	0,01	23,89	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 179,2		
15,01	0,01	24,20	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 181,1		
15,02	0,01	24,64	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 183,0		
15,03	0,01	25,08	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 184,9		
15,04	0,01	25,52	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 186,7		
15,05	0,01	25,96	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 188,6		
15,06	0,01	26,40	0,00	150	120,0	120,0	120,0	0,30	1,885	1 190,5		

Wartości nośności poboczniczy

Z [m ppt]	Lc [m]	Lg [m]	qca [kPa]	qcm [kPa]	Rb [kN]	Rs [kN]	Rs_tn [kN]
7,00	6,00	5,80	2 400,2	2 313,4	453,4	191,7	0,0
8,00	7,00	6,80	3 875,4	3 927,5	769,8	302,4	0,0
9,00	8,00	7,80	3 232,6	3 129,5	613,4	441,9	0,0
10,00	9,00	8,80	2 643,9	2 544,5	498,7	512,4	0,0
11,00	10,00	9,80	3 488,9	3 488,9	683,8	619,3	0,0
12,00	11,00	10,80	4 119,7	4 119,7	807,5	745,0	0,0
13,00	12,00	11,80	4 456,7	4 456,7	873,5	888,0	0,0
14,00	13,00	12,80	4 492,8	4 492,8	880,6	1 039,1	0,0
15,00	14,00	13,80	6 105,0	6 182,0	1 211,7	1 179,2	0,0
16,00	15,00	14,80	7 229,0	7 229,0	1 416,9	1 367,7	0,0
17,00	16,00	15,80	6 035,3	6 035,3	1 182,9	1 555,4	0,0

Tabela Wartości oporów jednostkowych oraz nośności podstawy:

- Z [m ppt]** – rzędna gruntu
- H [m]** – miąższość gruntu
- qc [MPa]** – opór stożka sondy
- cu [MPa]** – wytrzymałość gruntu na ścinanie
- alfa [-]** – współczynnik redukcji oporów stożka sondy qc dla wyznaczenia oporów poboczniczy pala
- qs_max [kPa]** – maksymalny opór jednostkowy gruntu na poboczniczy pala
- qs [kPa]** – opór jednostkowy gruntu na poboczniczy pala
- qs_tn [kPa]** – jednostkowe tarcie negatywne gruntu na poboczniczy pala
- kc** – współczynnik redukcji oporów stożka sondy dla wyznaczenia oporów podstawy pala
- Rsi [kPa]** – opór gruntu na poboczniczy pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z
- Rs [kN]** – opór gruntu na poboczniczy pala
- Rsi_tn [kPa]** – tarcie negatywne gruntu na poboczniczy pala pomiędzy sąsiednimi rzędnymi Z
- Rs_tn [kN]** – tarcie negatywne gruntu

Tabela Wartości nośności poboczniczy:

- Z [m ppt]** – rzędna gruntu
- Lc [m]** – długość całkowita pala (włączając długość pala w zwieńczeniu)
- Lg [m]** – długość pala zagłębiona w gruncie (z pominięciem długości pala w zwieńczeniu)

- qca [kPa]** – uśredniony opór stożka sondy pod podstawą pala
- qcm [kPa]** – zmodyfikowany uśredniony opór stożka sondy pod podstawą pala
- Rb [kN]** – opór gruntu pod podstawą pala
- Rs [kN]** – opór gruntu na pobocznicy pala
- Rs_tn [kN]** – tarcie negatywne gruntu na pobocznicy pala

Drukuj wyniki – drukuje wyniki wykonanych obliczeń. Program umożliwia wydruk części tekstowej oraz części graficznej obliczeń obejmujące zarówno nośność jak również osiadanie pala.

Część tekstowa wydruku obejmuje parametry gruntu i fundamentu palowego. Program umożliwia wydruk nośności pala oraz osiadania pala podczas próbnego obciążenia i eksploatacji.

Część graficzna wydruku obejmuje wykres rozkładu nośności pala wraz z głębokością oraz krzywą osiadania pala podczas próbnego obciążenia i eksploatacji.

Autor programu
Jakub Roch Kowalski

kwiecień 2017