



PaleKx wersja 5.0

Program **PaleKx** służy do obliczania sił przekrojowych oraz przemieszczenia pali fundamentowych we współpracy z podłożem gruntowym.

Obliczanie sił przekrojowych z uwzględnieniem efektu uplastycznienia gruntu oraz wymiarowanie zbrojenia pala.

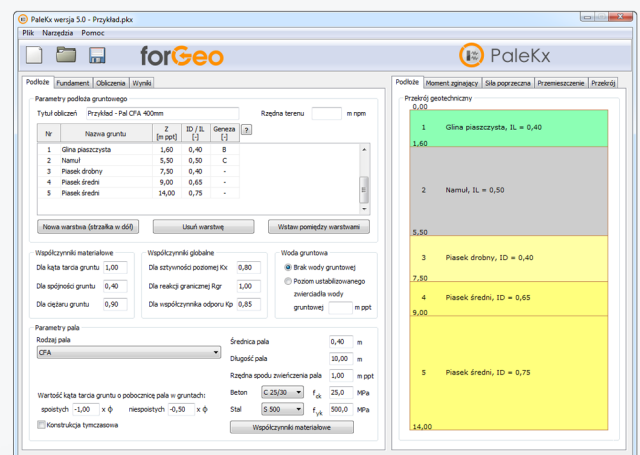
Zakres obliczeń

Program służy do obliczania **sił przekrojowych** oraz **przemieszczenia pali** we współpracy z podłożem gruntowym pod obciążeniem poziomym i momentem zginającym. Obliczenia wykonywane są z uwzględnieniem efektu **uplastycznienia gruntu** i odwzorowują rzeczywistą współpracę pali fundamentowych z podłożem gruntowym.

Program wyposażono w autorski **schemat fundamentu palowego** umożliwiający odwzorowanie rzeczywistego układu pali w projektowanym fundamencie.

Program wyznacza nośność konstrukcyjną trzonu pala. **Obliczenia zbrojenia pala** przepro-

wadzone są wariantowo jednocześnie dla **różnych średnic prętów zbrojeniowych**. Umożliwia to optymalny dobór rodzaju zbrojenia.



Metoda obliczeń

Obliczenia przeprowadzane są zgodnie z propozycją Mieczysława Koseckiego: **Statyka ustrojów palowych** - zasady obliczania konstrukcji palowych metodą uogólnioną.

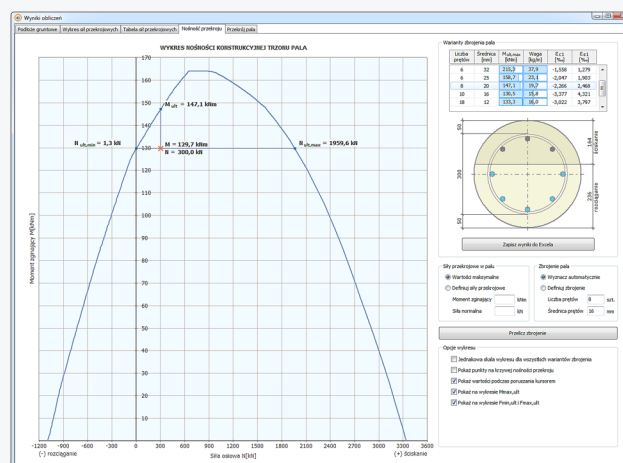
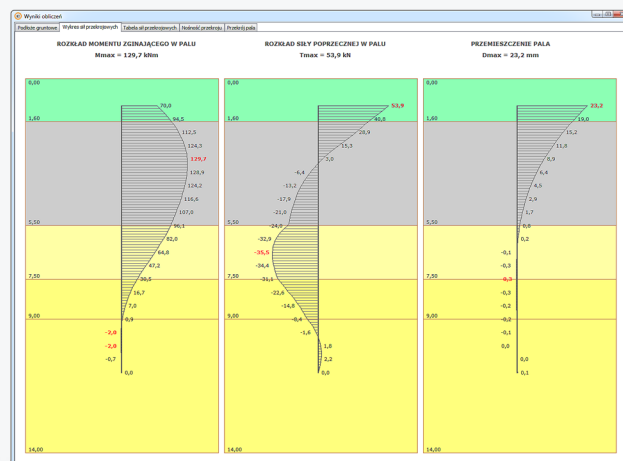
W programie zawarto propozycję Jakuba Kowalskiego **różnicującą wyniki** w zależności od umiejscowienia pala w fundamencie.

Do przeprowadzenia obliczeń wystarczające są **podstawowe parametry** obejmujące rodzaj gruntu oraz stopień I_D / I_L .

Do wymiarowania zbrojenia zastosowano **model odkształceniowy** z uwzględnieniem nieliniowych związków pomiędzy odkształceniami a naprężeniami w strefie ściskanej.

Prezentacja wyników

- ➔ Charakterystyka podłoża gruntowego prezentowana jest jako rozkład **modułu sztywności poziomej** gruntu i **oporu granicznego** gruntu. Wyniki obliczeń sił przekrojowych wyświetlane są w postaci rozkładu **momentu zginającego** i **siły poprzecznej** na długości pala. Prezentowany jest także wykres **przemieszczenia pala**.
- ➔ Wyniki **obliczeń zbrojenia** pala wyświetlane są wariantowo dla różnych średnic prętów zbrojeniowych. Prezentowany jest **wykres nośności konstrukcyjnej** trzonu pala z oznaczeniem granicznej wartości momentu zginającego oraz sił osiowych.
- ➔ Część tekstowa obejmuje zestawienie **maksymalnych i minimalnych** wartości sił przekrojowych oraz przemieszczenia pala. **Zestawienie tabelaryczne** zawiera szczegółowe wyniki obliczeń w poszczególnych węzłach na długości pala. Wyniki obliczeń zbrojenia pala zawierają szczegółowe parametry dla betonu i stali. Obejmują m.in. wartości **naprężeń** i **odkształceń** w betonie i stali.



Wydruk wyników

Program umożliwia wydruk części tekstowej oraz części graficznej przepracowanych obliczeń.

Część tekstowa wydruku obejmuje parametry gruntu i fundamentu palowego, obciążenie pała, wartości sił przekrojowych i przemieszczenia, zbrojenie pała oraz zestawienia tabelaryczne wyników.

forGeo PaleKx 5.0
Wyniki sił przekrojowych i przemieszczenia pała

Tytuł obliczeń
Przykład - Pał CFA 400mm

PARAMETRY GRUNTU

Nr	Nazwa gruntu	Z	γ	γ'	δ	φ	c	E _s	S _u	q
[m]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	Głina piaszczysta	1,60	0,40	21,0	11,0	14,6	-14,6	24,5	18,83	0,90
2	Namul	5,50	0,50	17,0	7,0	10,0	-10,0	8,8	5,00	0,90
3	Piaszek drobny	7,50	0,40	17,5	9,0	30,0	-15,0	0,0	39,18	0,90
4	Piaszek średni	9,00	0,65	18,5	10,0	34,0	-17,0	0,0	99,90	0,90
5	Piaszek średni	14,00	0,75	19,0	10,5	34,7	-17,4	0,0	117,00	0,90

2. Woda gruntowa: brak wody gruntu

3. Współczynniki materiałowe gruntu:

- Współczynnik dla kąta tarcia wewnętrznego $\delta = 1,00$
- Współczynnik dla kąta tarcia zewnętrznego $\alpha = 0,40$
- Współczynnik dla oporu obciążeniowego gruntu $\gamma = 0,90$

4. Współczynniki kształtu i wielkości przekroju pała:

- Współczynnik kształtu przekroju poprzecznego pała $K = 1,20$
- Współczynnik korekcyjny wpływu średnicy pała $\alpha_0 = 1,00$
- Współczynnik charakteru oporu bocznego gruntu $\alpha_1 = 0,85$

5. Współczynniki globalne:

- Współczynnik dla rozkładu pionowego $K_0 = 0,80$
- Współczynnik dla reakcji granicznej $R_0 = 1,00$
- Współczynnik dla oporu gruntu $K_0 = 0,85$

PARAMETRY PAŁA

- Rodzaj pała: CFA
- Technologia wykonania pała: 0,40 m
- Średnica pała: 10,00 m
- Różnica spodu zwierciadła pała: 1,00 m
- Klasa betonu: C-20/20
- Klasa stali: S500
- Przeznaczenie fundamentu palowego: konstrukcja stała

OBCIĄŻENIA PAŁA

1. Obciążenia obliczeniowe w głowicy pała:

- Moment zginający: 70,0 kNm
- Obciążenie pionowe: 55,0 kN

2. Współczynniki bezpieczeństwa dla obciążeń:

- Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń statycznych $\gamma_c = 1,35$
- Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń zmiennych $\gamma_q = 1,50$

© Jakub Roch-Kowalski www.forggeo.pl

forGeo PaleKx 5.0
Wyniki sił przekrojowych i przemieszczenia pała

3. Całkowity współczynnik bezpieczeństwa:

- Stosunek obciążeń zmiennych do obciążeń całkowitych $Q/(G+Q) = 0,50$
- Całkowity współczynnik bezpieczeństwa dla obciążeń $\gamma_{(G+Q)} = 1,42$

WYNIKI OBŁICZEŃ

1. Stan graniczny rektoryczny (SGR): **129,7 kNm**

- Maksymalny moment zginający
- Maksymalna siła poprzeczna

2. Stan graniczny użytkowości (SGU): **23,2 mm**

- Przemieszczenie głowicy pała

ZBROJENIE PAŁA

Zbrojenie pała Ø 20mm

Przekrój pała:

- Liczba prętów $n = 8$ szt.
- Średnica prętów $d = 20$ mm
- Powierzchnia przekroju zbrojenia $A_s = 251$ cm²
- Waga prętów $W = 19,7$ kg/m
- Średnica zbrojenia $s = 50$ mm
- Rozstaw prętów (przekrój) $s = 81$ mm

Materiały:

- Granica plastyczności stali $f_{yk} = 500$ MPa
- Wytrzymałość betonu na ściskanie $f_{td} = 25$ MPa
- Współczynnik materiałowy stali $\gamma_s = 1,15$
- Współczynnik materiałowy betonu $\gamma_c = 1,40$
- Współczynnik redukcji betonu $\alpha_{cc} = 1,00$

Obliczeniowe siły przekrojowe:

- Maksymalny moment zginający $M = 129,7$ kNm
- Siła normalna (ściskanie) $N = 300,0$ kN

Wyniki zbrojenia dla obliczeniowych sił przekrojowych:

- Wypadowa naprężenie w zbrojeniu rozciągającym $F_{td} = 439,6$ kN
- Wypadowa naprężenie w zbrojeniu ściskającym $F_{td} = 191,6$ kN
- Odległość wypadkowej naprężenia F_{td} od osi pała $z_{td} = 91$ mm
- Odległość wypadkowej naprężenia F_{td} od osi pała $z_{td} = 111$ mm
- Obciążeniowa zbrojenia w kierunku rozciągającym $c_{td} = 2,47$ %

Wyniki betonu dla obliczeniowych sił przekrojowych:

- Wypadowa naprężenie w kierunku rozciągającym $x_{td} = 164$ mm
- Wypadowa naprężenie ściskającym w betonie $F_{td} = 148,2$ kN
- Odległość wypadkowej naprężenia F_{td} od osi pała $z_{td} = 125$ mm
- Obciążeniowa zbrojenia w kierunku ściskającym $c_{td} = 2,27$ %

Graniczne siły przekrojowe:

- Graniczny moment zginający odpowiadający obliczeniowej sile normalnej: $M_{lim} = 147,1$ kNm $N = 300,0$ kN $\rightarrow c_{td} = 4,37$ % $c_{td} = 3,50$ %

© Jakub Roch-Kowalski www.forggeo.pl

forGeo PaleKx 5.0
Wyniki sił przekrojowych i przemieszczenia pała

WYNIKI SZCZEGÓŁOWE

Zestawienie charakterystyki gruntu oraz wyników w poszczególnych węzłach

Nr węzła	Różnica wpału [m]	Długość pała [m]	Średnica pozioma [mm]	Opór statyczny [kN]	Reakcja w podporze [kN]	Schemat statyczny [kN]	Moment zginający [kNm]	Siła poprzeczna [kN]	Przemieszczenie [mm]
1	1,00	0,00	71	1,09	1,09	1,09	1,09	70,0	53,9
2	1,10	0,10	152	2,31	2,31	2,31	2,31	75,4	22,3
3	1,20	0,20	166	2,47	2,47	2,47	2,47	80,6	21,5
4	1,30	0,30	180	2,63	2,63	2,63	2,63	85,5	20,6
5	1,40	0,40	194	2,78	2,78	2,78	2,78	90,1	19,8
6	1,50	0,50	208	2,94	2,94	2,94	2,94	94,5	19,0
7	1,60	0,60	164	2,58	2,58	2,58	2,58	98,6	18,2
8	1,70	0,70	110	2,18	2,18	2,18	2,18	102,4	17,4
9	1,80	0,80	110	2,27	2,27	2,27	2,27	106,0	16,6
10	1,90	0,90	110	2,37	2,37	2,37	2,37	109,4	15,9
11	2,00	1,00	110	2,46	2,46	2,46	2,46	112,5	15,2
12	2,10	1,10	110	2,55	2,55	2,55	2,55	115,4	14,4
13	2,20	1,20	110	2,65	2,65	2,65	2,65	118,0	13,7
14	2,30	1,30	110	2,75	2,75	2,75	2,75	120,4	13,1
15	2,40	1,40	110	2,85	2,85	2,85	2,85	122,5	12,4
16	2,50	1,50	110	2,94	2,94	2,94	2,94	124,3	11,8
17	2,60	1,60	110	3,04	3,04	3,04	3,04	125,6	11,2
18	2,70	1,70	110	3,13	3,13	3,13	3,13	127,1	10,6
19	2,80	1,80	110	3,23	3,23	3,23	3,23	128,1	10,0
20	2,90	1,90	110	3,32	3,32	3,32	3,32	128,6	9,4
21	3,00	2,00	110	3,42	3,42	3,42	3,42	129,4	8,9
22	3,10	2,10	110	3,52	3,52	3,52	3,52	129,7	8,4
23	3,20	2,20	110	3,61	3,61	3,61	3,61	129,7	-1,1
24	3,30	2,30	110	3,71	3,71	3,71	3,71	129,6	-3,0
25	3,40	2,40	110	3,80	3,80	3,80	3,80	129,3	-4,7
26	3,50	2,50	110	3,90	3,90	3,90	3,90	128,9	-6,4
27	3,60	2,60	110	3,99	3,99	3,99	3,99	128,2	-7,9
28	3,70	2,70	110	4,09	4,09	4,09	4,09	127,4	-9,4
29	3,80	2,80	110	4,19	4,19	4,19	4,19	126,5	-10,7
30	3,90	2,90	110	4,29	4,29	4,29	4,29	125,4	-12,0
31	4,00	3,00	110	4,38	4,38	4,38	4,38	124,2	-13,2
32	4,10	3,10	110	4,47	4,47	4,47	4,47	122,9	-14,3
33	4,20	3,20	110	4,57	4,57	4,57	4,57	121,5	-15,3

© Jakub Roch-Kowalski www.forggeo.pl

Część graficzna zawiera parametry gruntu oraz rozkład momentu zginającego, siły poprzecznej i przemieszczenia pała.

Część graficzna wydruku obejmuje także wykres nośności konstrukcyjnej trzonu pała oraz graniczne siły przekrojowe.

forGeo PaleKx 5.0
Wyniki sił przekrojowych i przemieszczenia pała

ROZKŁAD MOMENTU ZGINAJĄCEGO W PAŁU
M_{max} = 129,7 kNm

ROZKŁAD SIŁY POPRZECZNEJ W PAŁU
T_{max} = 53,9 kN

PRZEMIESZCZENIE PAŁA
D_{max} = 23,2 mm

© Jakub Roch-Kowalski www.forggeo.pl

forGeo PaleKx 5.0
Wyniki sił przekrojowych i przemieszczenia pała

WYKRES NOŚNOŚCI KONSTRUKCYJNEJ TRZONU PAŁA

ZBROJENIE PAŁA Ø 20mm

Obliczeniowe siły przekrojowe:

- Maksymalny moment zginający $M = 129,7$ kNm
- Siła normalna (ściskanie) $N = 300,0$ kN

Graniczne siły przekrojowe:

- Maksymalny moment zginający $M_{lim} = 147,1$ kNm $c_{td} = 4,37$ % $c_{td} = 3,50$ %
- Maksymalna siła poprzeczna $T_{lim} = 13,3$ kN $c_{td} = 5,74$ % $c_{td} = 3,50$ %
- Maksymalna siła poprzeczna $T_{lim} = 199,6$ kN $c_{td} = 5,31$ % $c_{td} = 3,50$ %

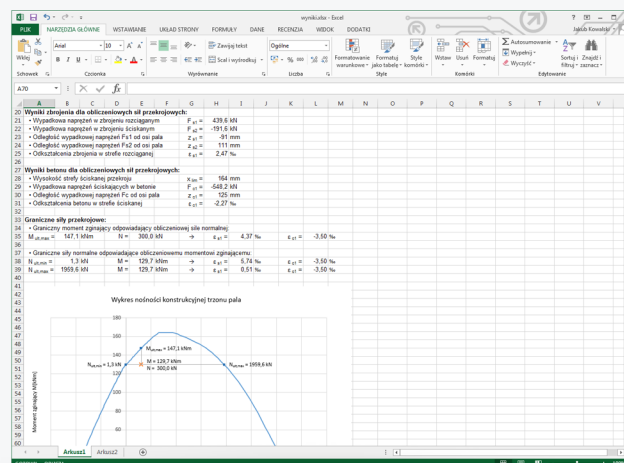
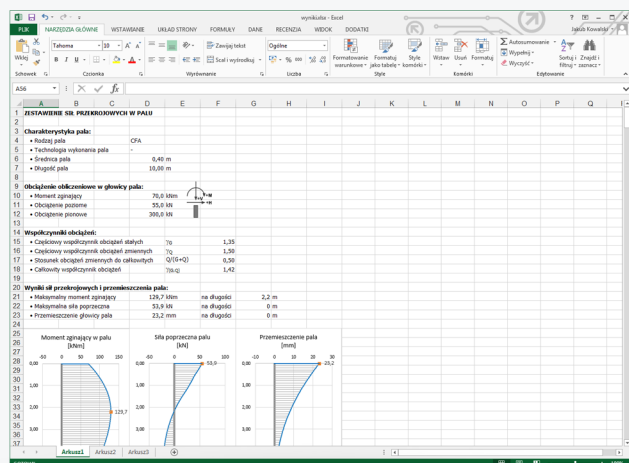
© Jakub Roch-Kowalski www.forggeo.pl

Eksport wyników

Program umożliwia eksport wyników obliczeń do Excela. Dostępny jest także zapis profilu gruntowego do programu AutoCad.

Eksport do Excela

Zapis wyników sił przekrojowych obejmuje zestawienie tabelaryczne wartości oraz wykresy rozkładu momentu zginającego, siły poprzecznej i przemieszczenia pała. Zapis obliczeń zbrojenia obejmuje natomiast wyniki obliczeń dla betonu i stali oraz krzywą nośności konstrukcyjnej trzonu pała.



Eksport do programu AutoCAD

Rysunek przedstawia przekrój gruntowy wraz z parametrami poszczególnych warstw oraz oznaczeniem wody gruntowej.

