

# Obliczenia nośności pali fundamentowych

wg PN-83/B-02482

(wersja zgodna z nr. 24.0.6)

Nazwa zadania : 1A.pfc

## • Dane :

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone  
**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych  
**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 120,00 (cm)  
**długość pala:** 12,00 (m) od poziomu -1,90 (m)  
**typ głowicy:** swobodna  
**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity  
**układ pali:** 21 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 6 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 2 razy  
**Podłoże gruntowe:** woda gruntowa poniżej poziomu -2,60 (m)  
brak warstw osiadających

Układ warstw :

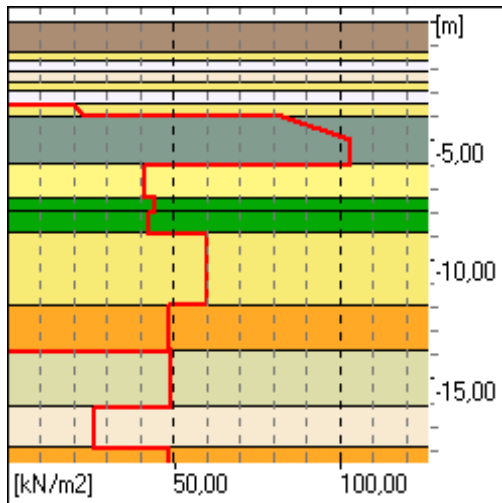
Rodzaj gruntu	$I_D/I_L$	$w_n$ [%]	$z$ [m]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Piasek drobny	0,30	28,00	-1,30	18,50	28,92	1511,54
Torf holoceniński	0,00	250,00	-1,70	11,00	0,00	0,00
Pył	0,15	22,00	-2,10	20,50	25,80	1025,00
Piasek drobny	0,30	28,00	-2,60	18,50	28,92	1511,54
Torf holoceniński	0,00	250,00	-2,90	11,00	0,00	0,00
Piasek drobny	0,30	28,00	-3,50	18,50	28,92	1511,54
Pospółka rzeczna	0,60	12,00	-4,00	19,00	102,59	4667,65
Piasek pylasty	0,60	16,00	-6,00	17,50	40,88	1904,41
Piasek gliniasty	0,15	13,00	-7,40	21,50	44,30	1620,00
Piasek gliniasty	0,20	13,00	-8,00	21,50	42,40	1510,00
Piasek drobny	0,65	24,00	-8,90	19,00	60,18	2638,24
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-11,90	22,00	48,10	1840,00
Gлина pylasta	0,02	20,00	-13,80	21,00	49,24	1906,00
Pył	0,15	22,00	-16,20	20,50	25,80	1025,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-17,90	22,00	48,10	1840,00

## • Nośność pojedynczego pala:

Wytrzymałości gruntu na pobocznicę pala wciskanego

Rodzaj gruntu	$z_{sr}$ [m]	$h$ [m]	$S_{si}$	$t_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_{si}$ [kN]
Torf holoceniński	-2,00	0,20	0,90	0,00	0,00
Pył	-2,35	0,50	0,90	0,00	0,00
Piasek drobny	-2,75	0,30	0,70	0,00	0,00
Torf holoceniński	-3,20	0,60	0,90	0,00	0,00
Piasek drobny	-3,75	0,50	0,70	21,69	25,76
Pospółka rzeczna	-4,50	1,00	0,90	92,33	281,94
Pospółka rzeczna	-5,50	1,00	0,90	102,59	313,27
Piasek pylasty	-6,70	1,40	0,70	40,88	135,94
Piasek gliniasty	-7,70	0,60	0,90	44,30	81,17
Piasek gliniasty	-8,45	0,90	0,90	42,40	116,53
Piasek drobny	-10,40	3,00	0,70	60,18	428,77
Gлина piaszczysta	-12,85	1,90	0,90	48,10	279,07
Gлина pylasta	-13,85	0,10	0,90	49,24	15,04

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego



Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :

$$q = 1906,00 \text{ (kN/m}^2) / S_{pi} = 1,00/$$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność Nt** (w gruncie nośnym)

$$3617,54 \text{ (kN) (Np = 1940,07, Ns = 1677,47)}$$

**Nośność Nw**

$$- 1238,89 \text{ (kN)}$$

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu

$$h_H = 0,00 \text{ (m)}$$

obliczeniowy poziom terenu:

$$z_0 = -1,90 \text{ (m)}$$

współczynnik podatności bocznej gruntu

$$k_x = 9968,21 \text{ (kN/m}^2)$$

zagłębienie pala w gruncie

$$h = 12,00 \text{ (m)}$$

zagłębienie sprężyste pala

$$h_s = 6,61 \text{ (m)}$$

pala pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność**

$$H_r = 2336,05 \text{ (kN)}$$

**moment Mmax od siły poziomej 100 kN**

$$264,58 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0$

$$= 55692,91 \text{ (kN/m}^2)$$

moduł ściśliwości pala  $E_t$

$$= 31000000,00 \text{ (kN/m}^2)$$

moduł odksz. w podstawie  $E_b$

$$= 46702,73 \text{ (kN/m}^2)$$

poziom warstw nieodksz.  $z_s$

$$= -104,00 \text{ (m)}$$

obliczenia dla pala w warstwie jednorodnej

$$I_{ok} (h/D, Ka) = I_{ok} (8,67, 556,62) = 1,41$$

$$R_A = 1,00$$

$$R_n = 1,00$$

**osiadanie s dla  $Q_n=1\ 000\ \text{kN}$  :**

$$2,4 \text{ (mm)}$$

(bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)

**przemieszczenie  $y_0$  dla  $H_n = 100\ \text{kN}$  :**

$$1,9 \text{ (mm)}$$

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 21$

współczynnik korekc.

$$m = 0,90$$

Najmniejsza odległość pali

$$r = 2,60 \text{ (m)}$$

Zasięg strefy naprężeń wokół pala :

wciskanego

$$R = 1,56 \text{ (m)}$$

$$m_1 = 0,94$$

wyciąganego

$$R_w = 1,80 \text{ (m)}$$

$$m_1 = 0,91$$

Nośność obliczeniowa pala (w grupie)

wciskanego

$$Q_r = 0,90 \cdot (0,94 \cdot 1677,47 + 1940,07) = 3171,78 \text{ (kN)}$$

wyciąganego

$$Q_{rw} = - 0,90 \cdot 0,91 \cdot 1238,89 = -1011,76 \text{ (kN)}$$

Ciężar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 213,58 \text{ (kN)}$

Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:  
 wciskany  $P_{max} = 2958,20 \text{ (kN)}$   
 wyciągany  $P_{min} = -1225,34 \text{ (kN)}$

• **Kombinacje obciążeń:**

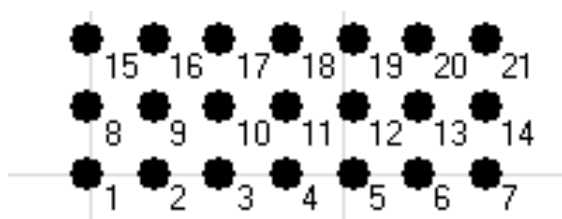
Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	35140,00	0,00	4746,30	25710,00	0,00
2	SGN	31756,00	0,00	8724,00	19355,00	0,00
3	SGN	30479,00	0,00	4585,00	14341,00	0,00

Punkt obciążenia układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$

Środek ciężkości układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$

Punkt sugerowany:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 3,33 \text{ (m)}$

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$Q_{max} = 2379,65 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$H = 226,01 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 2,46$  (pal nr 15)

Kombinacja SGN nr 2:

$Q_{max} = 2043,92 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$H = 415,43 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 2,08$  (pal nr 15)

Kombinacja SGN nr 3:

$Q_{max} = 1845,36 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$H = 218,33 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 1,75$  (pal nr 15)

Największa siła pionowa  $Q_{max} = 2379,65 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 2958,20 (kN))

Największa siła pozioma  $H_{max} = 415,43 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 2336,05 (kN))

Największy moment zginający  $M_{max} = 1099,15 \text{ (kN*m)}$

Największy stosunek  $Q_{max}/Q_{min} = 2,46$

**Wymagana dla nośności długość pala L = 10,01 (m)**

**Warunek nośności jest spełniony.**

# Obliczenia nośności pali fundamentowych

wg PN-83/B-02482

(wersja zgodna z nr. 24.0.6)

Nazwa zadania : 2A.pfc

## • Dane :

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone

**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych

**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 120,00 (cm)

**długość pala:** 12,00 (m) od poziomu -3,10 (m)

**typ głowicy:** swobodna

**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity

**układ pali:** 21 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 6 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 2 razy  
woda gruntowa poniżej poziomu -4,40 (m)  
brak warstw osiadających

**Podłoże gruntowe:**

Układ warstw :

Rodzaj gruntu	$I_D/I_L$	$w_n$ [%]	$z$ [m]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Gлина piaszczysta	0,18	12,00	-0,40	22,00	43,16	1554,00
Gлина piaszczysta	0,12	12,00	-1,00	22,00	45,44	1686,00
Piasek gliniasty	0,25	13,00	-2,90	21,50	40,50	1400,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-3,80	22,00	48,10	1840,00
Piasek gliniasty	0,30	16,00	-4,20	21,00	38,60	1290,00
Piasek średni	0,60	14,00	-4,40	18,50	68,44	3301,47
Piasek gliniasty	0,25	13,00	-4,90	21,50	40,50	1400,00
Gлина piaszczysta	0,02	12,00	-8,40	22,00	49,24	1906,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-17,00	22,00	48,10	1840,00

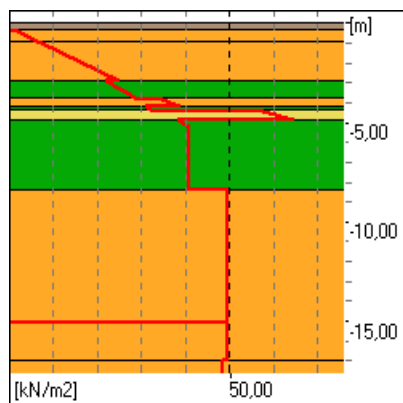
Do obliczeń przyjęto warstwę zastępczą o poziomie stropu  $z_0 = -0,20$  (m)

## • Nośność pojedynczego pala:

Wytrzymałości gruntu na pobocznicy pala wciskanego

Rodzaj gruntu	$z_{sr}$ [m]	$h$ [m]	$S_{si}$	$t_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_{si}$ [kN]
Piasek gliniasty	-3,45	0,70	0,90	26,29	56,20
Gлина piaszczysta	-4,00	0,40	0,90	36,52	44,60
Piasek gliniasty	-4,30	0,20	0,90	31,62	19,31
Piasek średni	-4,65	0,50	0,90	60,86	92,92
Piasek gliniasty	-5,05	0,30	0,90	39,27	36,45
Piasek gliniasty	-6,80	3,20	0,90	40,50	395,26
Gлина piaszczysta	-11,75	6,70	0,90	49,24	1007,42

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego



Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :  $q = 1906,00 \text{ (kN/m}^2\text{) } / S_{pi} = 1,00/$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność Nt** (w gruncie nośnym) 3592,23 (kN) (Np = 1940,07, Ns = 1652,16)  
**Nośność Nw** - 1196,28 (kN)

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu  $h_H = 0,00 \text{ (m)}$   
obliczeniowy poziom terenu:  $z_0 = -3,10 \text{ (m)}$   
współczynnik podatności bocznej gruntu  $k_x = 8861,18 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
zagłębienie pala w gruncie  $h = 12,00 \text{ (m)}$   
zagłębienie sprężyste pala  $h_s = 6,77 \text{ (m)}$   
pal pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność**  $H_r = 2093,34 \text{ (kN)}$   
**moment Mmax od siły poziomej 100 kN** **270,89 (kN\*m)**

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0 = 33361,75 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
moduł ściśliwości pala  $E_t = 31000000,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
moduł odksz. w podstawie  $E_b = 46702,73 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
poziom warstw nieodksz.  $z_s = -147,00 \text{ (m)}$   
obliczenia dla pala z warstwą mniej ściśliwą w poziomie podstawy  
 $I_{ok} (h/D, K_a) = I_{ok} (12,25, 929,21) = 1,57$   
 $R_A = 1,00$   
 $R_h = 0,94$

**osiadanie s dla Qn=1 000 kN : 3,0 (mm)**  
(bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)  
**przemieszczenie  $y_0$  dla Hn = 100 kN : 3,1 (mm)**

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 21$  współczynnik korekc.  $m = 0,90$   
Najmniejsza odległość pali  $r = 2,60 \text{ (m)}$   
Zasięg strefy naprężeń wokół pala :  
wciskanego  $R = 1,47 \text{ (m)}$   $m1 = 0,96$   
wyciąganego  $R_w = 1,80 \text{ (m)}$   $m1 = 0,91$   
Nośność obliczeniowa pala (w grupie)  
wciskanego  $Q_r = 0,90 \cdot (0,96 \cdot 1652,16 + 1940,07) = 3175,24 \text{ (kN)}$   
wyciąganego  $Q_{rw} = -0,90 \cdot 0,91 \cdot 1196,28 = -976,96 \text{ (kN)}$   
Ciężar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 220,90 \text{ (kN)}$

**Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:**

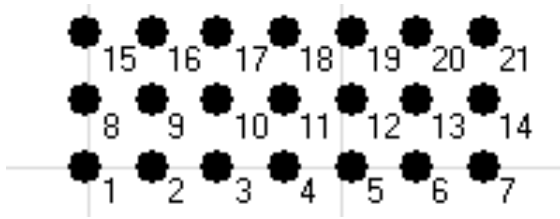
**wciskany  $P_{max} = 2954,35 \text{ (kN)}$**   
**wyciągany  $P_{min} = -1197,86 \text{ (kN)}$**

• Kombinacje obciążeń:

Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	35140,00	0,00	4746,30	25710,00	0,00
2	SGN	31756,00	0,00	8724,00	19355,00	0,00
3	SGN	30479,00	0,00	4585,00	14341,00	0,00

Punkt obciążenia układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$   
Środek ciężkości układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$   
Punkt sugerowany:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 3,33 \text{ (m)}$

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$$Q_{\max} = 2379,65 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$H = 226,01 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = 2,46 \quad (\text{pal nr 15})$$

Kombinacja SGN nr 2:

$$Q_{\max} = 2043,92 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$H = 415,43 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = 2,08 \quad (\text{pal nr 15})$$

Kombinacja SGN nr 3:

$$Q_{\max} = 1845,36 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$H = 218,33 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = 1,75 \quad (\text{pal nr 15})$$

$$\text{Największa siła pionowa} \quad Q_{\max} = 2379,65 \text{ (kN)} \quad (\text{dopuszczalna: } 2954,35 \text{ (kN)})$$

$$\text{Największa siła pozioma} \quad H_{\max} = 415,43 \text{ (kN)} \quad (\text{dopuszczalna: } 2093,34 \text{ (kN)})$$

$$\text{Największy moment zginający} \quad M_{\max} = 1125,33 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$\text{Największy stosunek} \quad Q_{\max}/Q_{\min} = 2,46$$

**Wymagana dla nośności długość pala  $L = 6,93 \text{ (m)}$**

**Warunek nośności jest spełniony.**

## Obliczenia nośności pali fundamentowych wg PN-83/B-02482

- Dane :**

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone  
**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych  
**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 150,00 (cm)  
**długość pala:** 13,00 (m) od poziomu -1,68 (m)  
**typ głowicy:** swobodna  
**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity  
**układ pali:** 16 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 3,20 (m) powtórzone 7 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 3,00 (m) powtórzone 1 raz  
**Podłoże gruntowe:** woda gruntowa poniżej poziomu -2,50 (m)  
brak warstw osiadających

Układ warstw :

Rodzaj gruntu	$I_p/I_L$	$w_n$ [%]	$z$ [m]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Piasek średni	0,50	14,00	-3,00	18,50	60,50	2875,00
Pospółka rzeczna	0,50	12,00	-4,60	19,00	92,00	4050,00
Gлина piaszczysta	0,30	17,00	-5,80	21,00	38,60	1290,00
Gлина piaszczysta	0,25	12,00	-6,20	22,00	40,50	1400,00
Piasek gliniasty	0,20	13,00	-7,20	21,50	42,40	1510,00
Piasek średni	0,65	14,00	-8,00	18,50	72,41	3514,71
Piasek drobny	0,60	24,00	-9,90	19,00	55,62	2483,82
Żwir rzeczny	0,67	4,00	-10,90	17,50	110,00	5100,00
Piasek średni	0,65	14,00	-14,00	18,50	72,41	3514,71
Żwir rzeczny	0,65	4,00	-15,50	17,50	107,88	4976,47
Piasek średni	0,65	14,00	-16,50	18,50	72,41	3514,71

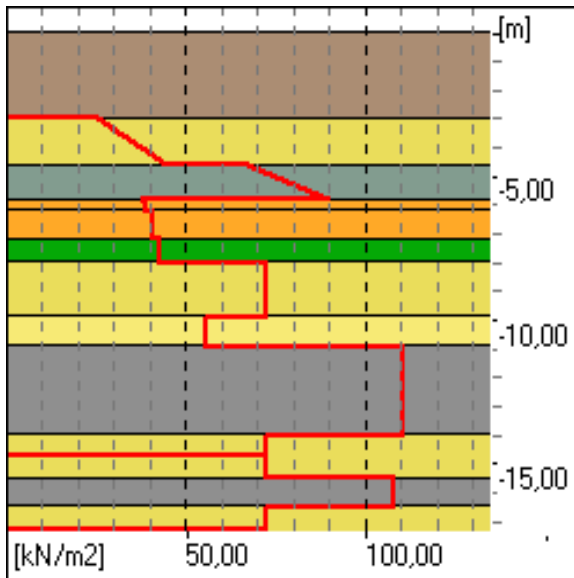
Do obliczeń przyjęto warstwę zastępczą o poziomie stropu  $z_0 = -0,94$  (m)

- Nośność pojedynczego pala:**

Wytrzymałości gruntu na pobocznicę pala wciskanego

Rodzaj gruntu	$z_{sr}$ [m]	$h$ [m]	$S_{si}$	$t_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_{si}$ [kN]
Nasyp niebudowlany	-2,34	1,32	0,90	0,00	0,00
Piasek średni	-3,80	1,60	0,90	34,63	211,51
Pospółka rzeczna	-5,20	1,20	0,90	78,42	359,22
Gлина piaszczysta	-5,87	0,14	0,90	38,07	20,02
Gлина piaszczysta	-6,07	0,26	0,90	38,60	38,63
Gлина piaszczysta	-6,70	1,00	0,90	40,50	154,59
Piasek gliniasty	-7,60	0,80	0,90	42,40	129,47
Piasek średni	-8,95	1,90	0,90	72,41	525,16
Piasek drobny	-10,40	1,00	0,70	55,62	165,12
Żwir rzeczny	-12,45	3,10	0,80	110,00	1156,99
Piasek średni	-14,34	0,68	0,90	72,41	187,95

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego



Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :  $q = 2234,16 \text{ (kN/m}^2\text{) } / S_{pi} = 1,00/$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność  $N_t$**  (w gruncie nośnym)  $6501,93 \text{ (kN)}$  ( $N_p = 3553,28$ ,  $N_s = 2948,66$ )  
**Nośność  $N_w$**   $- 2455,40 \text{ (kN)}$

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu  $h_H = 0,00 \text{ (m)}$   
 obliczeniowy poziom terenu:  $z_0 = -1,68 \text{ (m)}$   
 współczynnik podatności bocznej gruntu  $k_x = 9151,49 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 zagłębienie pala w gruncie  $h = 13,00 \text{ (m)}$   
 zagłębienie sprężyste pala  $h_s = 7,82 \text{ (m)}$   
 pal pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność  $H_r = 3959,34 \text{ (kN)}$**   
**moment  $M_{max}$  od siły poziomej 100 kN  $312,67 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$**

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0 = 86242,20 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł ściśliwości pala  $E_t = 31000000,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł odksz. w podstawie  $E_b = 102619,57 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 poziom warstw nieodksz.  $z_s = -116,80 \text{ (m)}$   
 obliczenia dla pala z warstwą mniej ściśliwą w poziomie podstawy  
 $I_{ok} ( h/D, K_a ) = I_{ok} ( 7,79, 359,45 ) = 1,36$   
 $R_A = 1,00$   
 $R_h = 0,97$

**osiadanie  $s$  dla  $Q_n=1\ 000 \text{ kN}$  :  $1,3 \text{ (mm)}$**   
 (bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)  
**przemieszczenie  $y_0$  dla  $H_n = 100 \text{ kN}$  :  $1,3 \text{ (mm)}$**

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 16$  współczynnik korekc.  $m = 0,90$   
 Najmniejsza odległość pali  $r = 3,00 \text{ (m)}$   
 Zasięg strefy naprężeń wokół pala :  
 wciskanego  $R = 1,96 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,92$   
 wyciąganego  $R_w = 2,05 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,91$   
 Nośność obliczeniowa pala (w grupie)  
 wciskanego  $Q_r = 0,90 \cdot (0,92 \cdot 2948,66 + 3553,28) = 5645,79 \text{ (kN)}$   
 wyciąganego  $Q_{rw} = - 0,90 \cdot 0,91 \cdot 2455,40 = -2012,23 \text{ (kN)}$   
 Ciężar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 362,70 \text{ (kN)}$



Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:

wciskany  $P_{max} = 5283,10$  (kN)  
wyciągany  $P_{min} = -2374,93$  (kN)

• **Kombinacje obciążeń:**

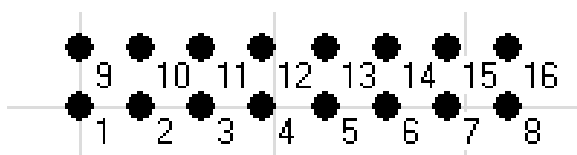
Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	24090,62	4149,88	2670,48	-31124,10	20028,60
2	SGN	36735,62	-788,22	-509,62	5911,65	-3822,12
3	SGN	20287,85	1859,28	1197,31	-13944,57	8979,86
4	SGN	31389,62	-2233,32	-1436,69	16749,92	-10775,16
5	SGN	32053,62	255,60	164,84	-1916,98	1236,27

Punkt obciążenia układu:  $x = 11,20$  (m),  $y = 1,50$  (m)

Środek ciężkości układu:  $x = 11,20$  (m),  $y = 1,50$  (m)

Punkt sugerowany:  $x = 11,00$  (m),  $y = 1,45$  (m)

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$Q_{max} = 3063,29$  (kN) (pal nr 16)

$H = 308,43$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = -58,95$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 2:

$Q_{max} = 2592,06$  (kN) (pal nr 1)

$H = 58,66$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 1,30$  (pal nr 16)

Kombinacja SGN nr 3:

$Q_{max} = 1965,94$  (kN) (pal nr 16)

$H = 138,22$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 3,45$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 4:

$Q_{max} = 2800,07$  (kN) (pal nr 1)

$H = 165,97$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 2,49$  (pal nr 16)

Kombinacja SGN nr 5:

$Q_{max} = 2099,32$  (kN) (pal nr 16)

$H = 19,01$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 1,10$  (pal nr 1)

Największa siła pionowa  $Q_{max} = 3063,29$  (kN) (dopuszczalna: 5283,10 (kN))

Największa siła pozioma  $H_{max} = 308,43$  (kN) (dopuszczalna: 3959,34 (kN))

Największy moment zginający  $M_{max} = 964,36$  (kN\*m)

Największy stosunek  $Q_{max}/Q_{min} = -58,95$

**Wymagana dla nośności długość pala  $L = 9,23$  (m)**

**Warunek nośności jest spełniony.**

## Obliczenia nośności pali fundamentowych wg PN-83/B-02482

- Dane :**

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone  
**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych  
**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 150,00 (cm)  
**długość pala:** 14,00 (m) od poziomu -2,44 (m)  
**typ głowicy:** swobodna  
**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity  
**układ pali:** 12 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 3,20 (m) powtórzone 5 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 3,00 (m) powtórzone 1 raz  
**Podłoże gruntowe:** woda gruntowa poniżej poziomu -4,20 (m)  
brak warstw osiadających

Układ warstw :

Rodzaj gruntu	$I_D/I_L$	$w_n$ [%]	$z$ [m]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Gлина piaszczysta	0,10	12,00	-0,60	22,00	46,20	1730,00
Gлина piaszczysta	0,28	17,00	-1,50	21,00	39,36	1334,00
Piasek gliniasty	0,20	13,00	-2,20	21,50	42,40	1510,00
Piasek średni	0,55	14,00	-4,20	18,50	64,47	3088,24
Piasek drobny	0,55	24,00	-5,40	19,00	51,06	2329,41
Żwir rzeczny	0,67	4,00	-6,20	17,50	110,00	5100,00
Piasek średni	0,65	14,00	-6,60	18,50	72,41	3514,71
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-9,70	22,00	48,10	1840,00
Gлина pylasta	0,10	20,00	-15,00	21,00	46,20	1730,00
Gлина piaszczysta	0,08	12,00	-16,00	22,00	46,96	1774,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-17,50	22,00	48,10	1840,00

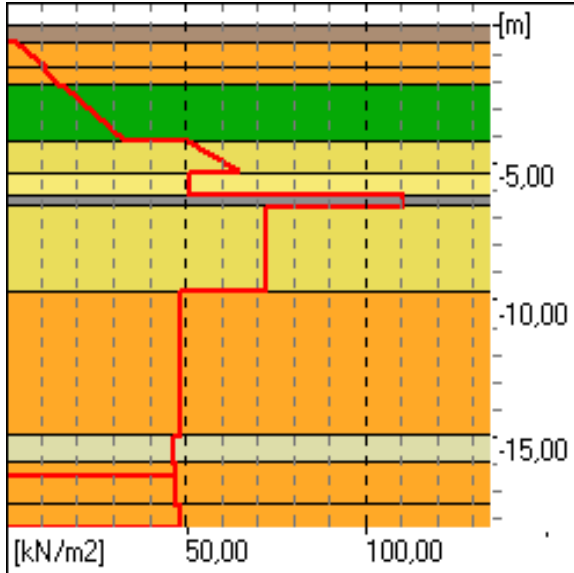
Do obliczeń przyjęto warstwę zastępczą o poziomie stropu  $z_0 = -0,31$  (m)

- Nośność pojedynczego pala:**

Wytrzymałości gruntu na pobocznicy pala wciskanego

Rodzaj gruntu	$z_{sr}$ [m]	$h$ [m]	$S_{si}$	$t_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_{si}$ [kN]
Piasek gliniasty	-3,32	1,76	0,90	25,56	171,70
Piasek średni	-4,75	1,11	0,90	57,34	242,07
Piasek średni	-5,35	0,09	0,90	64,47	23,14
Piasek drobny	-5,80	0,80	0,70	51,06	121,27
Żwir rzeczny	-6,40	0,40	0,80	110,00	149,29
Piasek średni	-8,15	3,10	0,90	72,41	856,83
Gлина piaszczysta	-12,35	5,30	0,90	48,10	973,08
Gлина pylasta	-15,50	1,00	0,90	46,20	176,35
Gлина piaszczysta	-16,22	0,44	0,90	46,96	78,87

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego



Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :  $q = 1774,00 \text{ (kN/m}^2\text{) } / S_{pi} = 1,00/$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność  $N_t$**  (w gruncie nośnym) 5614,01 (kN) ( $N_p = 2821,43$ ,  $N_s = 2792,59$ )  
**Nośność  $N_w$**  - 2094,22 (kN)

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu  $h_H = -0,00 \text{ (m)}$   
 obliczeniowy poziom terenu:  $z_0 = -2,44 \text{ (m)}$   
 współczynnik podatności bocznej gruntu  $k_x = 10803,46 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 zagłębienie pala w gruncie  $h = 14,00 \text{ (m)}$   
 zagłębienie sprężyste pala  $h_s = 7,67 \text{ (m)}$   
 pal pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność  $H_t = 4188,62 \text{ (kN)}$**   
**moment  $M_{max}$  od siły poziomej 100 kN 306,98 (kN\*m)**

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0 = 50180,55 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł ściśliwości pala  $E_t = 31000000,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł odksz. w podstawie  $E_b = 38725,33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 poziom warstw nieodksz.  $z_s = -158,40 \text{ (m)}$   
 obliczenia dla pala w warstwie jednorodnej  
 $I_{ok} ( h/D, K_a ) = I_{ok} ( 10,56, 617,77 ) = 1,54$   
 $R_A = 1,00$   
 $R_h = 1,00$

**osiadanie  $s$  dla  $Q_n=1\ 000 \text{ kN}$  : 1,9 (mm)**  
 (bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)  
**przemieszczenie  $y_0$  dla  $H_n = 100 \text{ kN}$  : 1,4 (mm)**

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 12$  współczynnik korekc.  $m = 0,90$   
 Najmniejsza odległość pali  $r = 3,00 \text{ (m)}$   
 Zasięg strefy naprężeń wokół pala :  
 wciskanego  $R = 1,95 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,92$

wyciąganego  $R_w = 2,15 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,90$   
 Nośność obliczeniowa pala (w grupie)  
 wciskanego  $Q_r = 0,90 \cdot (0,92 \cdot 2792,59 + 2821,43) = 4860,44 \text{ (kN)}$   
 wyciąganego  $Q_{rw} = -0,90 \cdot 0,90 \cdot 2094,22 = -1691,93 \text{ (kN)}$   
 Ciężar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 407,32 \text{ (kN)}$

**Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:**

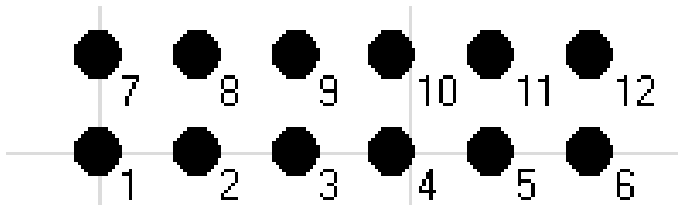
wciskany  $P_{max} = 4453,12 \text{ (kN)}$   
 wyciągany  $P_{min} = -2099,25 \text{ (kN)}$

• **Kombinacje obciążeń:**

Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	22039,16	3451,65	6707,28	-24887,37	50304,60
2	SGN	20462,70	-2447,75	-2067,79	18358,10	-15508,41
3	SGN	35598,95	-1015,16	-301,99	7613,67	-2264,91
4	SGN	18937,56	-1318,79	-752,34	9890,92	-5642,53
5	SGN	30620,16	1768,66	4200,26	-13264,92	31501,93
6	SGN	2811,00	3513,21	2385,53	-17891,47	26349,10
7	SGN	4639,61	-1568,54	-1057,71	7932,84	-11764,04

Punkt obciążenia układu:  $x = 8,00 \text{ (m)}$ ,  $y = 1,50 \text{ (m)}$   
 Środek ciężkości układu:  $x = 8,00 \text{ (m)}$ ,  $y = 1,50 \text{ (m)}$   
 Punkt sugerowany:  $x = 7,77 \text{ (m)}$ ,  $y = 1,39 \text{ (m)}$

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$Q_{max} = 4342,10 \text{ (kN)}$  (pal nr 12)  
 $H = 628,61 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = -6,49$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 2:

$Q_{max} = 3071,29 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $H = 267,02 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 9,06$  (pal nr 12)

Kombinacja SGN nr 3:

$Q_{max} = 3440,12 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $H = 88,26 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 1,38$  (pal nr 12)

Kombinacja SGN nr 4:

$Q_{max} = 2253,57 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $H = 126,52 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 2,50$  (pal nr 12)

Kombinacja SGN nr 5:

$Q_{max} = 3991,79 \text{ (kN)}$  (pal nr 12)  
 $H = 379,79 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 3,59$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 6:

$$Q_{\max} = 1816,37 \text{ (kN)} \quad (\text{pał nr 12})$$

$$H = 353,88 \text{ (kN)} \quad (\text{pał nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = -1,35 \quad (\text{pał nr 1})$$

Kombinacja SGN nr 7:

$$Q_{\max} = 1089,94 \text{ (kN)} \quad (\text{pał nr 1})$$

$$H = 157,65 \text{ (kN)} \quad (\text{pał nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = -3,44 \quad (\text{pał nr 12})$$

Największa siła pionowa  $Q_{\max} = 4342,10 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 4453,12 (kN))

Największa siła pozioma  $H_{\max} = 628,61 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 4188,62 (kN))

Największy moment zginający  $M_{\max} = 1929,69 \text{ (kN*m)}$

Największy stosunek  $Q_{\max}/Q_{\min} = -6,49$

**Wymagana dla nośności długość pała L = 11,96 (m)**

**Warunek nośności jest spełniony.**

# Obliczenia nośności pali fundamentowych

wg PN-83/B-02482

(wersja zgodna z nr. 24.0.6)

Nazwa zadania : 5A.pfc

## • Dane :

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone  
**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych  
**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 120,00 (cm)  
**długość pala:** 12,00 (m) od poziomu -1,90 (m)  
**typ głowicy:** swobodna  
**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity  
**układ pali:** 21 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 6 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 2 razy  
**Podłoże gruntowe:** woda gruntowa poniżej poziomu -2,70 (m)  
brak warstw osiadających

Układ warstw :

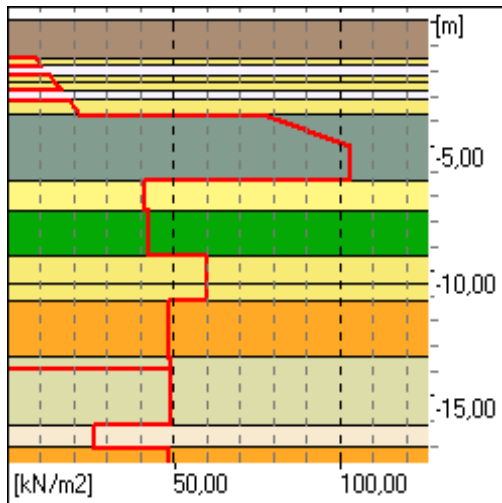
Rodzaj gruntu	I <sub>D</sub> /I <sub>L</sub>	w <sub>n</sub> [%]	z [m]	g [kN/m <sup>3</sup> ]	t [kN/m <sup>2</sup> ]	q [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Piasek drobny	0,30	28,00	-1,50	18,50	28,92	1511,54
Torf holoceniński	0,00	250,00	-1,80	11,00	0,00	0,00
Piasek drobny	0,30	28,00	-2,20	18,50	28,92	1511,54
Piasek drobny	0,30	28,00	-2,50	18,50	28,92	1511,54
Torf holoceniński	0,00	250,00	-2,80	11,00	0,00	0,00
Piasek drobny	0,30	28,00	-3,20	18,50	28,92	1511,54
Pospółka rzeczna	0,60	12,00	-3,80	19,00	102,59	4667,65
Piasek pylasty	0,60	16,00	-6,40	17,50	40,88	1904,41
Piasek gliniasty	0,20	13,00	-7,60	21,50	42,40	1510,00
Piasek drobny	0,65	24,00	-9,40	19,00	60,18	2638,24
Piasek drobny	0,65	24,00	-10,50	19,00	60,18	2638,24
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-11,20	22,00	48,10	1840,00
Gлина pylasta	0,02	20,00	-13,50	21,00	49,24	1906,00
Pył	0,15	22,00	-16,20	20,50	25,80	1025,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-17,10	22,00	48,10	1840,00

## • Nośność pojedynczego pala:

Wytrzymałości gruntu na pobocznicy pala wciskanego

Rodzaj gruntu	z <sub>sr</sub> [m]	h [m]	S <sub>si</sub>	t <sub>i</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	N <sub>si</sub> [kN]
Torf holoceniński	-2,05	0,30	0,90	0,00	0,00
Piasek drobny	-2,35	0,30	0,70	13,59	9,69
Piasek drobny	-2,65	0,30	0,70	15,33	10,92
Torf holoceniński	-3,00	0,40	0,90	0,00	0,00
Piasek drobny	-3,50	0,60	0,70	20,25	28,85
Pospółka rzeczna	-4,40	1,20	0,90	90,28	330,81
Pospółka rzeczna	-5,70	1,40	0,90	102,59	438,57
Piasek pylasty	-7,00	1,20	0,70	40,88	116,52
Piasek gliniasty	-8,50	1,80	0,90	42,40	233,05
Piasek drobny	-9,95	1,10	0,70	60,18	157,21
Piasek drobny	-10,85	0,70	0,70	60,18	100,05
Gлина piaszczysta	-12,35	2,30	0,90	48,10	337,82
Gлина pylasta	-13,70	0,40	0,90	49,24	60,14

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego



Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :

$$q = 1906,00 \text{ (kN/m}^2\text{)} / S_{pi} = 1,00/$$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność Nt** (w gruncie nośnym)

$$3763,71 \text{ (kN)} \text{ (} N_p = 1940,07, N_s = 1823,64\text{)}$$

**Nośność Nw**

$$- 1326,26 \text{ (kN)}$$

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu

$$h_H = 0,00 \text{ (m)}$$

obliczeniowy poziom terenu:

$$z_0 = -1,90 \text{ (m)}$$

współczynnik podatności bocznej gruntu

$$k_x = 9693,01 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

zagłębienie pala w gruncie

$$h = 12,00 \text{ (m)}$$

zagłębienie sprężyste pala

$$h_s = 6,65 \text{ (m)}$$

pala pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność**

$$H_r = 2449,42 \text{ (kN)}$$

**moment Mmax od siły poziomej 100 kN**

$$266,07 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0$

$$= 53169,33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

moduł ścisłości pala  $E_t$

$$= 31000000,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

moduł odksz. w podstawie  $E_b$

$$= 46702,73 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

poziom warstw nieodksz.  $z_s$

$$= -124,00 \text{ (m)}$$

obliczenia dla pala w warstwie jednorodnej

$$I_{ok} (h/D, Ka) = I_{ok} (10,33, 583,04) = 1,53$$

$$R_A = 1,00$$

$$R_n = 1,00$$

**osiadanie s dla  $Q_n=1\ 000\ \text{kN}$  :**

$$2,3 \text{ (mm)}$$

(bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)

**przemieszczenie  $y_0$  dla  $H_n = 100\ \text{kN}$  :**

$$2,0 \text{ (mm)}$$

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 21$

współczynnik korekc.

$$m = 0,90$$

Najmniejsza odległość pali

$$r = 2,60 \text{ (m)}$$

Zasięg strefy naprężeń wokół pala :

wciskanego

$$R = 1,69 \text{ (m)}$$

$$m_1 = 0,92$$

wyciąganego

$$R_w = 1,80 \text{ (m)}$$

$$m_1 = 0,91$$

Nośność obliczeniowa pala (w grupie)

wciskanego

$$Q_r = 0,90 \cdot (0,92 \cdot 1823,64 + 1940,07) = 3260,74 \text{ (kN)}$$

wyciąganego

$$Q_{rw} = - 0,90 \cdot 0,91 \cdot 1326,26 = -1083,11 \text{ (kN)}$$

Ciężar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 214,80 \text{ (kN)}$

Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:  
 wciskany  $P_{max} = 3045,94 \text{ (kN)}$   
 wyciągany  $P_{min} = -1297,91 \text{ (kN)}$

• **Kombinacje obciążeń:**

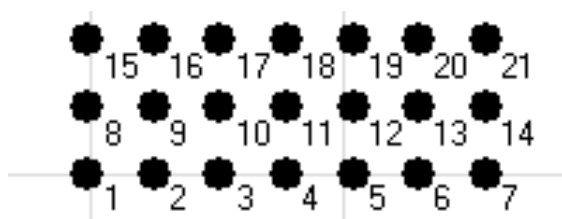
Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	35140,00	0,00	4746,30	25710,00	0,00
2	SGN	31756,00	0,00	8724,00	19355,00	0,00
3	SGN	30479,00	0,00	4585,00	14341,00	0,00

Punkt obciążenia układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$

Środek ciężkości układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$

Punkt sugerowany:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 3,33 \text{ (m)}$

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$Q_{max} = 2379,65 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$H = 226,01 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 2,46$  (pal nr 15)

Kombinacja SGN nr 2:

$Q_{max} = 2043,92 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$H = 415,43 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 2,08$  (pal nr 15)

Kombinacja SGN nr 3:

$Q_{max} = 1845,36 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$H = 218,33 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 1,75$  (pal nr 15)

Największa siła pionowa  $Q_{max} = 2379,65 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 3045,94 (kN))

Największa siła pozioma  $H_{max} = 415,43 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 2449,42 (kN))

Największy moment zginający  $M_{max} = 1105,32 \text{ (kN*m)}$

Największy stosunek  $Q_{max}/Q_{min} = 2,46$

**Wymagana dla nośności długość pala L = 9,31 (m)**

**Warunek nośności jest spełniony.**



## Obliczenia nośności pali fundamentowych wg PN-83/B-02482

- Dane :**

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone  
**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych  
**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 150,00 (cm)  
**długość pala:** 13,00 (m) od poziomu -1,68 (m)  
**typ głowicy:** swobodna  
**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity  
**układ pali:** 16 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 3,20 (m) powtórzone 7 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 3,00 (m) powtórzone 1 raz  
**Podłoże gruntowe:** woda gruntowa poniżej poziomu -2,50 (m)  
brak warstw osiadających

Układ warstw :

Rodzaj gruntu	$I_p/I_L$	$w_n$ [%]	$z$ [m]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Piasek średni	0,55	14,00	-2,50	18,50	64,47	3088,24
Pospółka rzeczna	0,60	12,00	-3,80	19,00	102,59	4667,65
Gлина piaszczysta	0,28	17,00	-5,40	21,00	39,36	1334,00
Piasek gliniasty	0,20	13,00	-6,60	21,50	42,40	1510,00
Piasek średni	0,65	14,00	-7,20	18,50	72,41	3514,71
Piasek drobny	0,60	24,00	-9,00	19,00	55,62	2483,82
Piasek drobny	0,60	24,00	-10,50	19,00	55,62	2483,82
Żwir rzeczny	0,67	4,00	-11,20	17,50	110,00	5100,00
Piasek średni	0,65	14,00	-14,20	18,50	72,41	3514,71
Piasek średni	0,65	14,00	-16,30	18,50	72,41	3514,71

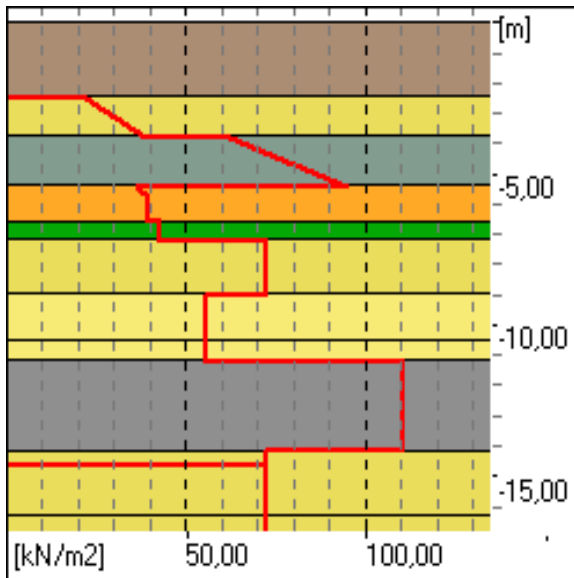
Do obliczeń przyjęto warstwę zastępczą o poziomie stropu  $z_0 = -0,78$  (m)

- Nośność pojedynczego pala:**

Wytrzymałości gruntu na pobocznicę pala wciskanego

Rodzaj gruntu	$z_{sr}$ [m]	$h$ [m]	$S_{si}$	$t_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_{si}$ [kN]
Nasyp niebudowlany	-2,09	0,82	0,90	0,00	0,00
Piasek średni	-3,15	1,30	0,90	30,54	151,54
Pospółka rzeczna	-4,60	1,60	0,90	78,35	478,48
Gлина piaszczysta	-5,59	0,38	0,90	37,86	55,13
Gлина piaszczysta	-6,19	0,82	0,90	39,36	122,97
Piasek gliniasty	-6,90	0,60	0,90	42,40	97,11
Piasek średni	-8,10	1,80	0,90	72,41	497,52
Piasek drobny	-9,75	1,50	0,70	55,62	247,68
Piasek drobny	-10,85	0,70	0,70	55,62	115,58
Żwir rzeczny	-12,70	3,00	0,80	110,00	1119,66
Piasek średni	-14,44	0,48	0,90	72,41	132,67

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego



Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :  $q = 2251,67 \text{ (kN/m}^2\text{) } / S_{pi} = 1,00/$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność  $N_t$**  (w gruncie nośnym) 6599,46 (kN) ( $N_p = 3581,12$ ,  $N_s = 3018,34$ )  
**Nośność  $N_w$**  - 2514,45 (kN)

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu  $h_H = 0,00 \text{ (m)}$   
 obliczeniowy poziom terenu:  $z_0 = -1,68 \text{ (m)}$   
 współczynnik podatności bocznej gruntu  $k_x = 10188,80 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 zagłębienie pala w gruncie  $h = 13,00 \text{ (m)}$   
 zagłębienie sprężyste pala  $h_s = 7,65 \text{ (m)}$   
 pal pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność  $H_r = 4198,67 \text{ (kN)}$**   
**moment  $M_{max}$  od siły poziomej 100 kN 306,03 (kN\*m)**

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0 = 87570,44 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł ściśliwości pala  $E_t = 31000000,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł odksz. w podstawie  $E_b = 102619,57 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 poziom warstw nieodksz.  $z_s = -121,80 \text{ (m)}$   
 obliczenia dla pala z warstwą mniej ściśliwą w poziomie podstawy  
 $I_{ok} ( h/D, K_a ) = I_{ok} ( 8,12, 354,00 ) = 1,39$   
 $R_A = 1,00$   
 $R_h = 0,97$

**osiadanie  $s$  dla  $Q_n = 1\ 000 \text{ kN}$  : 1,3 (mm)**

(bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)

**przemieszczenie  $y_0$  dla  $H_n = 100 \text{ kN}$  : 1,2 (mm)**

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 16$  współczynnik korekc.  $m = 0,90$   
 Najmniejsza odległość pali  $r = 3,00 \text{ (m)}$   
 Zasięg strefy naprężeń wokół pala :  
 wciskanego  $R = 2,02 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,91$   
 wyciąganego  $R_w = 2,05 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,91$   
 Nośność obliczeniowa pala (w grupie)  
 wciskanego  $Q_r = 0,90 \cdot (0,91 \cdot 3018,34 + 3581,12) = 5706,45 \text{ (kN)}$   
 wyciąganego  $Q_{rw} = -0,90 \cdot 0,91 \cdot 2514,45 = -2060,63 \text{ (kN)}$

Ciążar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 362,70$  (kN)

**Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:**

wciskany  $P_{max} = 5343,75$  (kN)  
wyciągany  $P_{min} = -2423,32$  (kN)

• **Kombinacje obciążeń:**

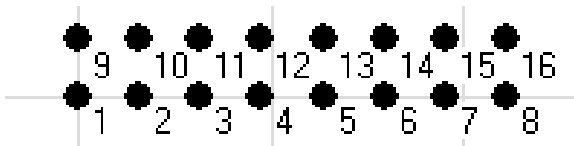
Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	24090,62	4149,88	2670,48	-31124,10	20028,60
2	SGN	36735,62	-788,22	-509,62	5911,65	-3822,12
3	SGN	20287,85	1859,28	1197,31	-13944,57	8979,86
4	SGN	31389,62	-2233,32	-1436,69	16749,92	-10775,16
5	SGN	32053,62	255,60	164,84	-1916,98	1236,27

Punkt obciążenia układu:  $x = 11,20$  (m),  $y = 1,50$  (m)

Środek ciężkości układu:  $x = 11,20$  (m),  $y = 1,50$  (m)

Punkt sugerowany:  $x = 11,00$  (m),  $y = 1,45$  (m)

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$Q_{max} = 3063,29$  (kN) (pal nr 16)

$H = 308,43$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = -58,95$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 2:

$Q_{max} = 2592,06$  (kN) (pal nr 1)

$H = 58,66$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 1,30$  (pal nr 16)

Kombinacja SGN nr 3:

$Q_{max} = 1965,94$  (kN) (pal nr 16)

$H = 138,22$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 3,45$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 4:

$Q_{max} = 2800,07$  (kN) (pal nr 1)

$H = 165,97$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 2,49$  (pal nr 16)

Kombinacja SGN nr 5:

$Q_{max} = 2099,32$  (kN) (pal nr 16)

$H = 19,01$  (kN) (pal nr 1)

$Q_{max}/Q_{min} = 1,10$  (pal nr 1)

Największa siła pionowa  $Q_{max} = 3063,29$  (kN) (dopuszczalna: 5343,75 (kN))

Największa siła pozioma  $H_{max} = 308,43$  (kN) (dopuszczalna: 4198,67 (kN))

Największy moment zginający  $M_{max} = 943,87$  (kN\*m)

Największy stosunek  $Q_{max}/Q_{min} = -58,95$

**Wymagana dla nośności długość pala  $L = 9,53$  (m)**

**Warunek nośności jest spełniony.**

## Obliczenia nośności pali fundamentowych wg PN-83/B-02482

- Dane :**

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone  
**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych  
**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 150,00 (cm)  
**długość pala:** 13,00 (m) od poziomu -2,54 (m)  
**typ głowicy:** swobodna  
**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity  
**układ pali:** 12 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 3,20 (m) powtórzone 5 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 3,00 (m) powtórzone 1 raz  
**Podłoże gruntowe:** woda gruntowa poniżej poziomu -2,30 (m)  
brak warstw osiadających

Układ warstw :

Rodzaj gruntu	$I_D/I_L$	$w_n$ [%]	$z$ [m]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Gлина piaszczysta	0,10	12,00	-0,60	22,00	46,20	1730,00
Piasek drobny	0,55	24,00	-2,30	19,00	51,06	2329,41
Piasek gliniasty	0,20	13,00	-3,00	21,50	42,40	1510,00
Piasek średni	0,60	14,00	-3,80	18,50	68,44	3301,47
Piasek drobny	0,60	24,00	-5,10	19,00	55,62	2483,82
Piasek średni	0,65	14,00	-6,50	18,50	72,41	3514,71
Żwir rzeczny	0,67	4,00	-8,00	17,50	110,00	5100,00
Gлина piaszczysta	0,08	12,00	-9,30	22,00	46,96	1774,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-9,50	22,00	48,10	1840,00
Gлина piaszczysta	0,08	12,00	-15,00	22,00	46,96	1774,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-17,30	22,00	48,10	1840,00

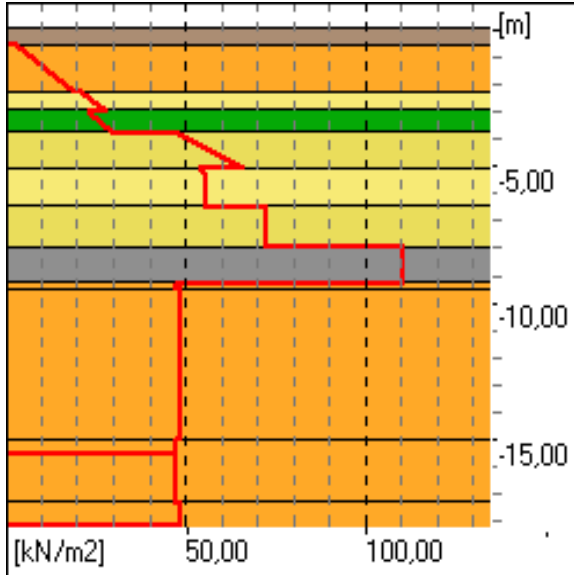
Do obliczeń przyjęto warstwę zastępczą o poziomie stropu  $z_0 = -0,31$  (m)

- Nośność pojedynczego pala:**

Wytrzymałości gruntu na pobocznicy pala wciskanego

Rodzaj gruntu	$z_{sr}$ [m]	$h$ [m]	$S_{si}$	$t_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_{si}$ [kN]
Piasek drobny	-2,77	0,46	0,70	25,16	34,36
Piasek gliniasty	-3,40	0,80	0,90	26,24	80,12
Piasek średni	-4,45	1,30	0,90	56,72	281,47
Piasek drobny	-5,20	0,21	0,70	54,47	33,31
Piasek drobny	-5,90	1,19	0,70	55,62	197,15
Piasek średni	-7,25	1,50	0,90	72,41	414,60
Żwir rzeczny	-8,65	1,30	0,80	110,00	485,19
Gлина piaszczysta	-9,40	0,20	0,90	46,96	35,85
Gлина piaszczysta	-12,25	5,50	0,90	48,10	1009,80
Gлина piaszczysta	-15,27	0,54	0,90	46,96	96,79

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego



Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :  $q = 1774,00 \text{ (kN/m}^2\text{) } / S_{pi} = 1,00/$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność  $N_t$**  (w gruncie nośnym) 5490,07 (kN) ( $N_p = 2821,43$ ,  $N_s = 2668,65$ )  
**Nośność  $N_w$**  - 2052,88 (kN)

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu  $h_H = 0,00 \text{ (m)}$   
 obliczeniowy poziom terenu:  $z_0 = -2,54 \text{ (m)}$   
 współczynnik podatności bocznej gruntu  $k_x = 11200,46 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 zagłębienie pala w gruncie  $h = 13,00 \text{ (m)}$   
 zagłębienie sprężyste pala  $h_s = 7,51 \text{ (m)}$   
 pal pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność  $H_t = 3919,47 \text{ (kN)}$**   
**moment  $M_{max}$  od siły poziomej 100 kN 300,29 (kN\*m)**

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0 = 54316,92 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł ściśliwości pala  $E_t = 31000000,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 moduł odksz. w podstawie  $E_b = 38725,33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 poziom warstw nieodksz.  $z_s = -149,40 \text{ (m)}$   
 obliczenia dla pala w warstwie jednorodnej  
 $I_{ok} ( h/D, Ka ) = I_{ok} ( 9,96, 570,72 ) = 1,51$   
 $R_A = 1,00$   
 $R_h = 1,00$

**osiadanie  $s$  dla  $Q_n=1\ 000 \text{ kN}$  : 1,9 (mm)**  
 (bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)  
**przemieszczenie  $y_0$  dla  $H_n = 100 \text{ kN}$  : 1,4 (mm)**

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 12$  współczynnik korekc.  $m = 0,90$   
 Najmniejsza odległość pali  $r = 3,00 \text{ (m)}$   
 Zasięg strefy naprężeń wokół pala :  
 wciskanego  $R = 1,92 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,93$

wyciąganego  $R_w = 2,05 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,91$   
 Nośność obliczeniowa pala (w grupie)  
 wciskanego  $Q_r = 0,90 \cdot (0,93 \cdot 2668,65 + 2821,43) = 4766,85 \text{ (kN)}$   
 wyciąganego  $Q_{rw} = -0,90 \cdot 0,91 \cdot 2052,88 = -1682,36 \text{ (kN)}$   
 Ciężar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 347,06 \text{ (kN)}$

**Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:**

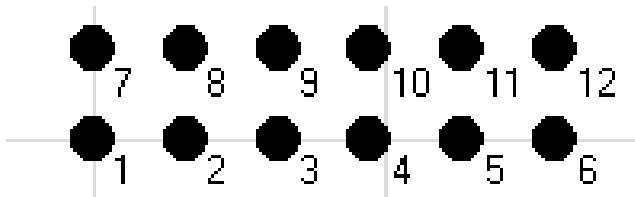
wciskany  $P_{max} = 4419,79 \text{ (kN)}$   
 wyciągany  $P_{min} = -2029,42 \text{ (kN)}$

• **Kombinacje obciążeń:**

Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	22039,16	3451,65	6707,28	-25887,37	50304,60
2	SGN	20462,70	-2447,75	-2067,79	18358,10	-15508,41
3	SGN	35598,95	-1015,16	-301,99	7613,67	-2264,91
4	SGN	18937,56	-1318,79	-752,34	9890,92	-5642,53
5	SGN	30620,16	1768,66	4200,26	-13264,92	31501,93
6	SGN	2811,00	3513,21	2385,53	-17891,47	26349,10
7	SGN	4639,61	-1568,54	-1057,71	7932,84	-11764,04

Punkt obciążenia układu:  $x = 8,00 \text{ (m)}$ ,  $y = 1,50 \text{ (m)}$   
 Środek ciężkości układu:  $x = 8,00 \text{ (m)}$ ,  $y = 1,50 \text{ (m)}$   
 Punkt sugerowany:  $x = 7,77 \text{ (m)}$ ,  $y = 1,38 \text{ (m)}$

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$Q_{max} = 4397,65 \text{ (kN)}$  (pal nr 12)  
 $H = 628,61 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = -6,07$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 2:

$Q_{max} = 3071,29 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $H = 267,02 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 9,06$  (pal nr 12)

Kombinacja SGN nr 3:

$Q_{max} = 3440,12 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $H = 88,26 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 1,38$  (pal nr 12)

Kombinacja SGN nr 4:

$Q_{max} = 2253,57 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $H = 126,52 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 2,50$  (pal nr 12)

Kombinacja SGN nr 5:

$Q_{max} = 3991,79 \text{ (kN)}$  (pal nr 12)  
 $H = 379,79 \text{ (kN)}$  (pal nr 1)  
 $Q_{max}/Q_{min} = 3,59$  (pal nr 1)

Kombinacja SGN nr 6:

$$Q_{\max} = 1816,37 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 12})$$

$$H = 353,88 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = -1,35 \quad (\text{pal nr 1})$$

Kombinacja SGN nr 7:

$$Q_{\max} = 1089,94 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$H = 157,65 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = -3,44 \quad (\text{pal nr 12})$$

Największa siła pionowa  $Q_{\max} = 4397,65 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 4419,79 (kN))

Największa siła pozioma  $H_{\max} = 628,61 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: 3919,47 (kN))

Największy moment zginający  $M_{\max} = 1887,62 \text{ (kN*m)}$

Największy stosunek  $Q_{\max}/Q_{\min} = -6,07$

**Wymagana dla nośności długość pała L = 11,87 (m)**

**Warunek nośności jest spełniony.**

## Obliczenia nośności pali fundamentowych wg PN-83/B-02482

Nazwa zadania : 8A.pfc

### • Dane :

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** wiercone  
**wykonanie:** w rurach obsadowych wyciąganych  
**przekrój pala:** kołowy, o średnicy 120,00 (cm)  
**długość pala:** 12,00 (m) od poziomu -3,00 (m)  
**typ głowicy:** swobodna  
**klasa betonu:** B 30, beton silnie ubity  
**układ pali:** 21 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 6 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 2,60 (m) powtórzone 2 razy  
**Podłoże gruntowe:** woda gruntowa poniżej poziomu -4,20 (m)  
brak warstw osiadających

Układ warstw :

Rodzaj gruntu	$I_D/I_L$	$w_n$ [%]	$z$ [m]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$t$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Nasyp niebudowlany	0,20	15,00	0,00	19,00	0,00	0,00
Gлина piaszczysta	0,15	12,00	-0,30	22,00	44,30	1620,00
Piasek gliniasty	0,20	13,00	-3,00	21,50	42,40	1510,00
Piasek gliniasty	0,25	13,00	-4,00	21,50	40,50	1400,00
Piasek średni	0,65	14,00	-4,20	18,50	72,41	3514,71
Piasek gliniasty	0,25	13,00	-5,20	21,50	40,50	1400,00
Piasek gliniasty	0,15	13,00	-6,00	21,50	44,30	1620,00
Piasek średni	0,65	14,00	-8,00	18,50	72,41	3514,71
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-9,10	22,00	48,10	1840,00
Gлина piaszczysta	0,02	12,00	-15,20	22,00	49,24	1906,00
Gлина piaszczysta	0,05	12,00	-16,50	22,00	48,10	1840,00

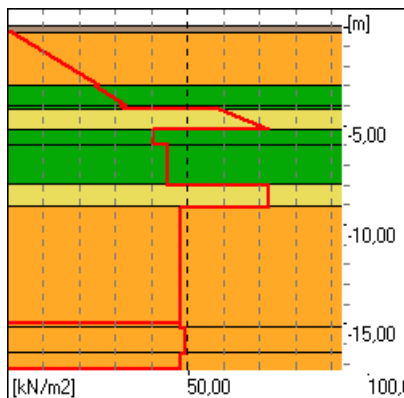
Do obliczeń przyjęto warstwę zastępczą o poziomie stropu  $z_0 = -0,15$  (m)

### • Nośność pojedynczego pala:

Wytrzymałości gruntu na pobocznicy pala wciskanego

Rodzaj gruntu	$z_{sr}$ [m]	$h$ [m]	$S_{si}$	$t_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$N_{si}$ [kN]
Piasek gliniasty	-3,50	1,00	0,90	28,38	86,67
Piasek gliniasty	-4,10	0,20	0,90	31,97	19,53
Piasek średni	-4,68	0,95	0,90	65,51	190,64
Piasek średni	-5,18	0,05	0,90	72,41	10,39
Piasek gliniasty	-5,60	0,80	0,90	40,50	98,94
Piasek gliniasty	-7,00	2,00	0,90	44,30	270,55
Piasek średni	-8,55	1,10	0,90	72,41	243,23
Gлина piaszczysta	-12,05	5,90	0,90	48,10	866,59

Wykres zmiany wytrzymałości wzdłuż pala wciskanego





Wytrzymałości gruntu pod podstawą pala :  $q = 1840,00 \text{ (kN/m}^2\text{) } / S_{pi} = 1,00/$

Nośność pala obciążonego siłą pionową

**Nośność Nt** (w gruncie nośnym) 3659,43 (kN) ( $N_p = 1872,89$ ,  $N_s = 1786,54$ )  
**Nośność Nw** - 1328,50 (kN)

Nośność pala obciążonego siłą poziomą

wysokość zaczepienia siły nad poz. terenu  $h_H = 0,00 \text{ (m)}$   
obliczeniowy poziom terenu:  $z_0 = -3,00 \text{ (m)}$   
współczynnik podatności bocznej gruntu  $k_x = 9934,79 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
zagłębienie pala w gruncie  $h = 12,00 \text{ (m)}$   
zagłębienie sprężyste pala  $h_s = 6,62 \text{ (m)}$   
pal pośredni ( $1,5 \cdot h_s < h < 3 \cdot h_s$ ), **nośność**  $H_r = 2197,31 \text{ (kN)}$   
**moment Mmax od siły poziomej 100 kN** **264,76 (kN\*m)**

• Przemieszczenia pojedynczego pala:

Parametry: moduł średni odksz. gruntu  $E_0 = 38997,73 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
moduł ściśliwości pala  $E_t = 31000000,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
moduł odksz. w podstawie  $E_b = 42408,77 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
poziom warstw nieodksz.  $z_s = -147,00 \text{ (m)}$   
obliczenia dla pala z warstwą mniej ściśliwą w poziomie podstawy  
 $I_{ok} ( h/D, K_a ) = I_{ok} ( 12,25, 794,92 ) = 1,60$   
 $R_A = 1,00$   
 $R_h = 0,99$

**osiadanie s dla  $Q_n=1\ 000 \text{ kN}$  : 2,8 (mm)**  
(bez uwzględniania tarcia negatywnego i ciężaru własnego)  
**przemieszczenie  $y_0$  dla  $H_n = 100 \text{ kN}$  : 2,5 (mm)**

• Nośność fundamentu palowego:

Liczba pali:  $n = 21$  współczynnik korekc.  $m = 0,90$   
Najmniejsza odległość pali  $r = 2,60 \text{ (m)}$   
Zasięg strefy naprężeń wokół pala :  
wciskanego  $R = 1,51 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,95$   
wyciąganego  $R_w = 1,80 \text{ (m)}$   $m_1 = 0,91$   
Nośność obliczeniowa pala (w grupie)  
wciskanego  $Q_r = 0,90 \cdot (0,95 \cdot 1786,54 + 1872,89) = 3217,88 \text{ (kN)}$   
wyciąganego  $Q_{rw} = -0,90 \cdot 0,91 \cdot 1328,50 = -1084,94 \text{ (kN)}$   
Ciężar obliczeniowy pala z uwzględnieniem wyporu wody:  $G_p = 219,68 \text{ (kN)}$

**Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:**

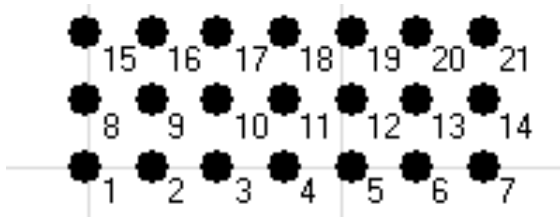
**wciskany  $P_{max} = 2998,21 \text{ (kN)}$**   
**wyciągany  $P_{min} = -1304,62 \text{ (kN)}$**

• Kombinacje obciążeń:

Nr	Typ	Q [kN]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kN*m]	M <sub>y</sub> [kN*m]
1	SGN	35140,00	0,00	4746,30	25710,00	0,00
2	SGN	31756,00	0,00	8724,00	19355,00	0,00
3	SGN	30479,00	0,00	4585,00	14341,00	0,00

Punkt obciążenia układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$   
Środek ciężkości układu:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 2,60 \text{ (m)}$   
Punkt sugerowany:  $x = 7,80 \text{ (m)}$ ,  $y = 3,33 \text{ (m)}$

Układ pali :



Wartości ekstremalne:

Kombinacja SGN nr 1:

$$Q_{\max} = 2379,65 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$H = 226,01 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = 2,46 \quad (\text{pal nr 15})$$

Kombinacja SGN nr 2:

$$Q_{\max} = 2043,92 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$H = 415,43 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = 2,08 \quad (\text{pal nr 15})$$

Kombinacja SGN nr 3:

$$Q_{\max} = 1845,36 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$H = 218,33 \text{ (kN)} \quad (\text{pal nr 1})$$

$$Q_{\max}/Q_{\min} = 1,75 \quad (\text{pal nr 15})$$

$$\text{Największa siła pionowa} \quad Q_{\max} = 2379,65 \text{ (kN)} \quad (\text{dopuszczalna: } 2998,21 \text{ (kN)})$$

$$\text{Największa siła pozioma} \quad H_{\max} = 415,43 \text{ (kN)} \quad (\text{dopuszczalna: } 2197,31 \text{ (kN)})$$

$$\text{Największy moment zginający} \quad M_{\max} = 1099,89 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$\text{Największy stosunek} \quad Q_{\max}/Q_{\min} = 2,46$$

**Wymagana dla nośności długość pala L = 6,68 (m)**

**Warunek nośności jest spełniony.**