

Moduł Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

Podręcznik użytkownika

2012-04-25

Spis treści

256.	FUNDAMENTY BEZPOŚREDNIE EUROKOD PN-EN.....	4
256.1.	WIADOMOŚCI OGÓLNE.....	4
256.2.	WYMIAROWANIE WG PN-EN 1997-1 EUROKOD 7.....	4
256.3.	WPROWADZANIE DANYCH.....	6
256.3.1.	Zakładka „Geometria”.....	7
256.3.1.1	Ława fundamentowa.....	7
256.3.1.2	Stopa prostopadłościenna.....	8
256.3.1.3	Stopa trapezowa.....	8
256.3.1.4	Stopa kielichowa.....	9
256.3.1.5	Stopa schodkowa.....	10
256.3.1.6	Stopa kołowa.....	11
256.3.2.	Zakładka „Warunki gruntowe”.....	11
256.3.3.	Zakładka „Obciążenia”.....	12
256.3.4.	Zakładka „Material”.....	13
256.4.	EKRAN GRAFICZNY MODUŁU „FUNDAMENTY BEZPOŚREDNIE EUROKOD PN-EN”.....	14
256.5.	OKNO DRZEWA PROJEKTU.....	14
256.6.	OKNO WIDOKU 3D.....	15
256.7.	OKNO KONFIGURACJI RAPORTU.....	15
	PRZYKŁADOWY RAPORT.....	16

Wydawca

ArCADiasoft Chudzik sp. j.

ul. Sienkiewicza 85/87

90-057 Łódź

www.arcadiasoft.pl

Prawa autorskie

Zwracamy Państwu uwagę na to, że stosowane w podręczniku określenia software'owe i hardware'owe oraz nazwy markowe danych firm są prawnie chronione.

Program komputerowy oraz podręcznik użytkownika zostały opracowane z najwyższą starannością i przy zachowaniu wszelkich możliwych środków kontrolnych.

Pomimo tego nie można całkowicie wykluczyć wystąpienia błędów.

Pragniemy w związku z tym zwrócić uwagę na to, że nie możemy udzielić gwarancji, jak również ponosić prawnej odpowiedzialności za wynikłe stąd skutki.

Za podanie nam ewentualnych błędów będziemy wdzięczni.

256. Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

256.1. Wiadomości ogólne

Moduł **Konstruktor** – **Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN** przeznaczony jest do kompleksowego projektowania pojedynczych żelbetowych stóp i ław fundamentowych usytuowanych bezpośrednio na gruncie. Za pomocą programu można wykonać projekt następujących podstawowych typów fundamentów:

- Ławy żelbetowej.
- Stopy żelbetowej prostopadłościowej.
- Stopy żelbetowej trapezowej.
- Stopy żelbetowej kielichowej.
- Stopy żelbetowej schodkowej.
- Stopy żelbetowej kołowej.

W ogólnym przypadku program może wykonać następujące obliczenia i sprawdzenia:

- Sprawdzenie nośności gruntu w dwóch kierunkach, w poziomie posadowienia i na stropie każdej warstwy gruntu dla wszystkich schematów obciążeń, zgodnie z PN EN 1997-1 Eurokod 7
- Sprawdzenie warunku normowego dotyczącego wielkości mimośrodów.
- Wymiarowanie bloku fundamentu na zginanie wywołane odporem gruntu, liczone dla ekstremalnych naprężeń w kierunku x i y (wg PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2) wraz ze sprawdzeniem warunków konstrukcyjnych na zbrojenie minimalne i odpowiednim doбором prętów.
- Sprawdzenie stateczności na obrót dla kolejnych schematów obciążeń.
- Sprawdzenie przebiegu w przekrojach charakterystycznych fundamentu.
- Obliczenia średniej wartości osiadania pierwotnego i wtórnego bloku fundamentu na podłożu warstwowym dla wszystkich schematów obciążeń metodą naprężeń (zgodną z Eurokodem) zawartą w PN-81/B-03020 „Grunty budowlane – Posadowienie bezpośrednie budowli”.
- Dla stopy kielichowej wykonuje wymiarowanie zbrojenia poziomego i pionowego kielicha wraz z odpowiednim doбором prętów.

Poza szerokim zakresem obliczeń moduł dodatkowo charakteryzuje się następującymi parametrami:

- Uwzględnia piezometryczny poziom wody gruntowej
- Program pozwala na uwzględnienie dodatkowych mimośrów w usytuowaniu oddziaływań na fundamencie.
- Ergonomicznością i prostotą obsługi.

256.2. Wymiarowanie wg PN-EN 1997-1 Eurokod 7

Dokument „PN-EN 1997-1 Eurokod 7” zwany dalej „normą” jest obszernym zbiorem przepisów i wymagań dotyczących projektowania geotechnicznego. Wprowadza on konieczność znacznie bardziej obszernej analizy stanów granicznych nośności i użyteczności fundamentów konstrukcji budowlanych.

Norma rozróżnia sposób projektowania, zależnie od trzech kategorii geotechnicznych. Wyróżnione zostały proste przypadki, które można bezpiecznie rozwiązać w oparciu jakościowe badania gruntu i doświadczenie (kategoria geotechniczna 1) oraz przypadki standardowe (kategoria geotechniczna 2) i skomplikowane (kategoria geotechniczna 3). Program ma zastosowanie głównie w przypadku kategorii 2.

Norma wprowadza następujące, podstawowe stany graniczne:

- STR – zniszczenie lub nadmierna deformacja fundamentów, w którym decydującą rolę odgrywa wytrzymałość fundamentów lub elementów konstrukcji współpracujących z podłożem gruntowym
- GEO - zniszczenie lub nadmierna deformacja podłoża gruntowego, w którym podstawowe znaczenie ma wytrzymałość podłoża
- STA – utrata stateczności globalnej lub nadmierne deformacje gruntu, w którym również decydujące są parametry wytrzymałościowe gruntu
- UPL – zniszczenie przez wypiętrzenie fundamentu, np. na skutek wyporu wody, gdzie decydujące znaczenie ma ciężar konstrukcji
- HYD – zniszczenie spowodowane ciśnieniem sphywowym (nadmiernym spadkiem hydraulicznym)

Stan STR najczęściej zostaje usatysfakcjonowany poprzez odpowiedni dobór zbrojenia fundamentu.

Stan GEO można przestawić jako zestawienie poniższych warunków dotyczących podłoża pod fundamentem:

- wyczerpania nośności na skutek przebiecia lub wypierania
- utraty stateczności na skutek przesunięcia (poślizg)
- utraty ogólnej stateczności podłoża pod obiektem
- łącznej utraty stateczności podłoża i zniszczenia konstrukcji
- zniszczenia konstrukcji na skutek przemieszczenia fundamentu
- nadmiernych osiadań
- nadmiernych wypiętrzeń spowodowanych pęcznieniem, przemarzaniem lub innymi przyczynami
- niedopuszczalnych drgań

Fundamenty bezpośrednio Eurokod PN-EN

Przy czym pierwszych pięć warunków wywodzi się ze stanów granicznych nośności, a pozostałe są stanami granicznymi użytkowości.

Szczęśliwie w większości przypadków obliczenia sprowadzają się do sprawdzenia pierwszych dwóch warunków.

Stany STA, UPL, HYD nie będą rozpatrywane.

W normie zostały wprowadzone dwa podstawowe typy warunków zachowania się gruntu pod obciążeniem: warunki „**z odpływem**” i warunki „**bez odpływu**”.

Obliczenia i wyniki dla warunków „**z odpływem**” przeprowadzane i wyświetlane są zawsze. Jeżeli spójność efektywna danej warstwy będzie większa od 5kPa ($c' > 5.0$ kPa) i będzie znajdowała się poniżej zwierciadła wody gruntowej, program przeprowadzi także obliczenia dla warunków „**bez odpływu**”.

Przy projektowaniu norma podaje trzy podejścia obliczeniowe które można stosować równorzędnie. Polski załącznik preferuje podejście 2., dlatego też w programie obliczenia prowadzone są zgodnie z nim. Charakteryzujący je warunek nośności przyjmuje postać:

$$E_d = E (\gamma_f F_{rep}, \gamma_f G_k) \leq R (X_k) / \gamma_m = R_d$$

Zapis ten oznacza, że przy wyznaczaniu wartości obliczeniowych oddziaływań gruntowych stosować się będzie częściowy współczynnik oddziaływania, a wartość charakterystyczna oddziaływania gruntu wyznaczona będzie na podstawie wartości charakterystycznych parametrów gruntowych. Również opór graniczny gruntu wyznaczany będzie na podstawie wartości charakterystycznych parametrów gruntu, a jego wartość charakterystyczna będzie dzielona przez częściowy współczynnik materiałowy do oporu granicznego gruntu.

Należy pamiętać, iż jedynie kompleksowe stosowanie norm Europejskich w całym procesie modelowania konstrukcji jest miarodajne i zabrania się stosowania współbieżnie Eurokodów i np. dotychczasowych norm krajowych (patrz uwaga poniżej).

Uwaga:

Ze względu na inne podejście do częściowych współczynników bezpieczeństwa po stronie obciążeń i wytrzymałości materiału w normach PN i PN-EN, nie wolno w ramach jednego projektu stosować jednocześnie do wymiarowania podpór i elementów normy PN i PN-EN. Zawsze powinien być stosowany albo zestaw norm PN, albo zestaw PN-EN.

Norma nie wymaga minimalnego zagłębienia fundamentu w gruncie, równego 0,5 m. Istnieje natomiast ogólne wymaganie, zabezpieczenia podłoża pod fundamentem przed podmyciem. Dlatego, jeżeli nie stosuje się innych zabezpieczeń przed rozmyciem podłoża (np. na skutek wód opadowych, czy awarii instalacji wodnej) wymagane zagłębienia fundamentu 0,5 m powinno się zachować.

Norma nie stawia w zasadzie ograniczeń co do rozmiarów mimośrodów obciążeń, wymaga jedynie aby przy mimośrodkach większych od 1/3 wymiaru fundamentu, przy ocenie nośności, szczególnie dokładnie analizować obliczeniowe wartości obciążeń oraz uwzględnić niekorzystne odchyłki w wymiarach fundamentu (zaleca się dodawać 0,10 m).

Obliczenia osiadań prowadzone są według metody naprężeń, zgodnie z polską normą PN-81/B-03020. Program wyznacza średnie osiadania pod fundamentem, tangensy kątów obrotu względem osi x, y oraz maksymalną przechyłkę.

Grunt zalegający pod stopą fundamentową jest dzielony na warstwy, których grubość nie przekracza $0,5 \times B$ oraz uwzględnia się naturalny rozkład warstw geotechnicznych. Naprężenia pionowe w dowolnym punkcie pod fundamentem obliczane są wg normowego wzoru Boussinesqua:

$$\sigma_z = \frac{3 \times Q}{2 \times \pi} \times \frac{z^3}{R_0^5}, \text{ gdzie } Q = \sigma(x_s, y_s) \times dx \times dy,$$

przy uwzględnieniu rozkładu naprężeń pod całym fundamentem. Dla uzyskania poprawnych wyników wymaga się aby był

spełniony warunek $R_0 \geq 2 \times b$. Z tego powodu grubość pierwszej warstwy nie powinna być mniejsza niż 0,4 m. Następnie wyznaczone są osiadania pierwotne i wtórne zgodnie z wzorami 20 i 21 wyżej wspomnianej normy. Osiadania wtórne są uwzględniane tylko w przypadku gdy czas wznoszenia budowli (od wykonania wykopów fundamentowych do zakończenia stanu surowego, z montażem urządzeń stanowiących obciążenia) jest dłuższy niż 1 rok. Osiadanie w poszczególnej warstwie jest sumą osiadania wtórnego i pierwotnego. Sumowanie osiadań poszczególnych warstw w celu wyznaczenia całkowitego

osiadania fundamentu przeprowadzane jest do głębokości z_{max} , na której jest spełniony warunek:

$$\sigma_{z_{max}d} \leq 0,2 \times \sigma_{z_{max}\rho}.$$

W przypadku gdy głębokość z_{max} wypada w obrębie warstwy geotechnicznej o module ściśliwości M_0 przynajmniej dwukrotnie mniejszym niż w warstwie geotechnicznej zalegającej bezpośrednio głębiej, to głębokość ta jest zwiększona do spągu warstwy słabszej. W ten sposób wyznaczone są osiadania dla siatki punktów równomiernie rozłożonych pod fundamentem. Następnie powierzchnia osiadań aproksymowana jest do płaszczyzny przy użyciu metody najmniejszych kwadratów. Współczynniki tej płaszczyzny są tangensami kątów obrotu względem poszczególnych osi, oraz średnim osiadaniami.

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

256.3. Wprowadzanie danych


Nawiasy klamrowe używane poniżej oznaczają, że parametr bądź wielkość w nich zawarta jest:

[...] jednostką, w jakiej podawana jest poszczególna wielkość,

<...> parametrem opcjonalnym, tj. takim, który w pewnych sytuacjach może nie występować,

{...} zakresem, w jakim występuje dana wielkość.

Głównym oknem do wprowadzania danych w module Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN jest okno dialogowe *Fundamenty bezpośrednie* składające się z szeregu zakładek: Geometria, Warunki gruntowe, Obciążenia.

Aby Włączyć/wyłączyć okienko dialogowe *Fundamenty bezpośrednie* naciskamy przycisk , lub z menu **WIDOK** wybierz polecenie **Okno do wprowadzania danych**.

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

256.3.1. Zakładka „Geometria”

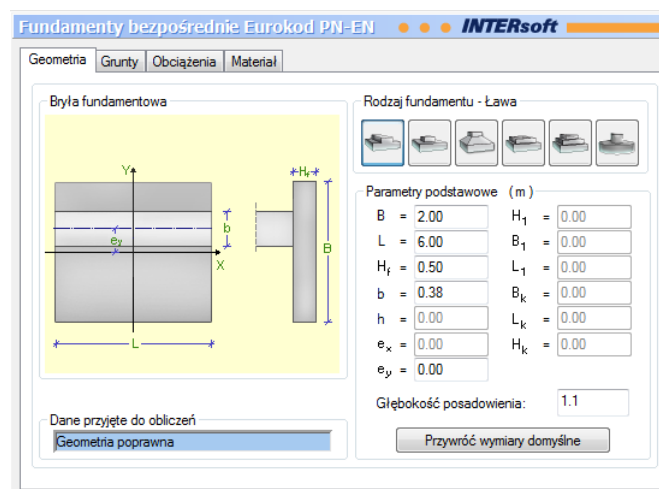
Okienko wprowadzania geometrii fundamentu składa się z następujących elementów:

- Okna rysunku bryły fundamentu wraz z opisem oznaczeń.
- Grupy ikon wyboru rodzaju fundamentu.
- Okna podstawowych parametrów geometrycznych.
- Przycisku przywracającego wartości domyślne dla danego typu fundamentu.
- Okienka poprawności geometrycznej danych przyjętych do obliczeń.

W przypadku wprowadzenia danych geometrycznych niezgodnych z ich zakresem w okienku dolnym zakładki pojawia się odpowiedni komunikat: „Geometria niepoprawna – brak rysunku”, co oznacza, że program nie może wykonać skalowalnego rysunku w dole ekranu i przejść danych do obliczeń. W ramach modułu przewidziano następujące typy brył fundamentowych:

- Ława fundamentowa.
- Stopa fundamentowa prostopadłościenna.
- Stopa fundamentowa trapezowa.
- Stopa fundamentowa kielichowa.
- Stopa fundamentowa 3-schodkowa.
- Stopa fundamentowa kołowa.

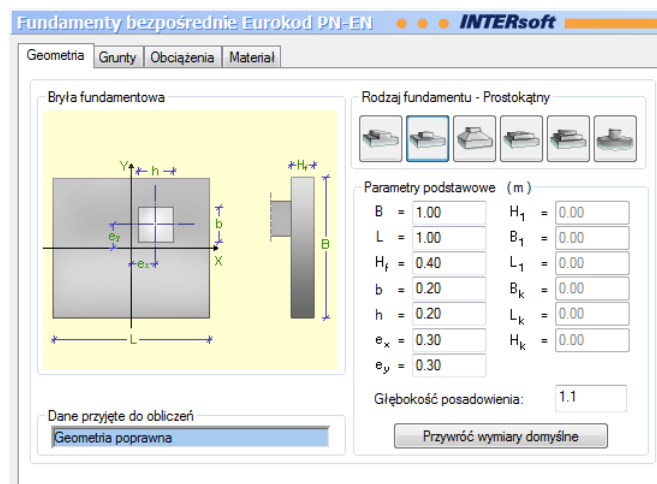
256.3.1.1 Ława fundamentowa



Parametry podstawowe:

Parametr B :	[m] Szerokość ławy.	{B>0}
Parametr L :	[m] Długość ławy.	{L>0}
Parametr H_f :	[m] Wysokość ławy.	{ H _f >0}
Parametr b :	[m] Szerokość ściany na ławie.	{b>0; b<B}
Parametr e_y :	[m] Mimośród ustawienia ściany na ławie. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y <(0.5 x B – b/2)}
Głębokość posadowienia:	[m] Poziom spodu fundamentu liczony od poziomu terenu	{ > 0}

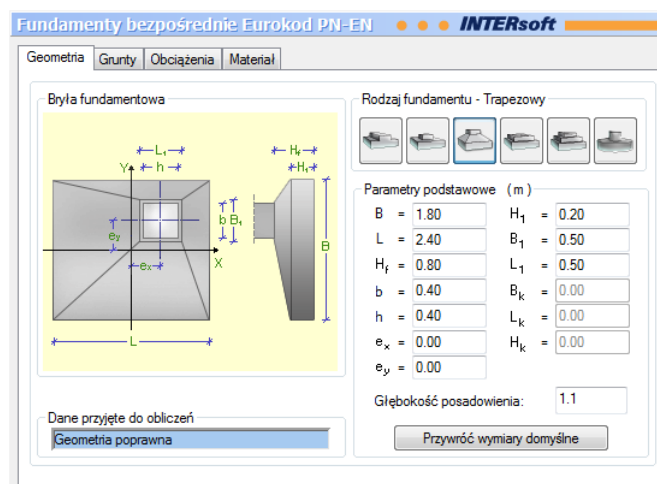
256.3.1.2 Stopa prostokątna



Parametry podstawowe:

Parametr B:	[m]	Szerokość stopy.	{B>0}
Parametr L:	[m]	Długość stopy.	{L>0}
Parametr H _f :	[m]	Wysokość stopy.	{ H _f >0}
Parametr b:	[m]	Szerokość słupa na stopie.	{b>0; b<B}
Parametr h:	[m]	Wysokość słupa na stopie.	{h>0; b<L}
Parametr e _y :	[m]	Mimośrodek ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y <(0.5 x B – b/2)}
Parametr e _x :	[m]	Mimośrodek ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _x <(0.5 x L – h/2)}
Głębokość posadowienia:	[m]	Poziom spodu fundamentu liczony od poziomu terenu	{ > 0}

256.3.1.3 Stopa trapezowa



Parametry podstawowe:

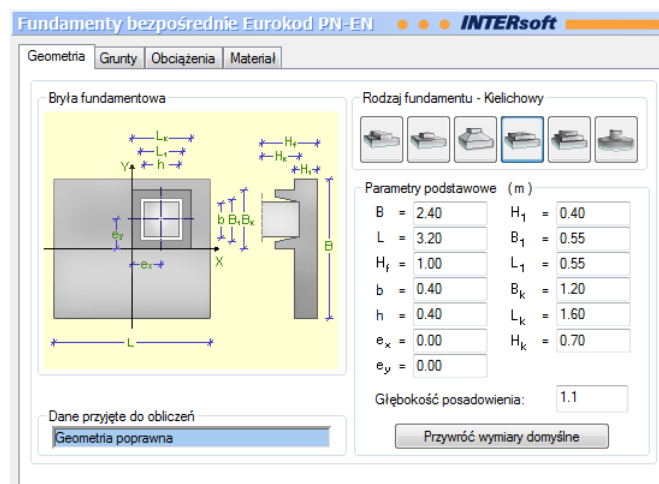
Parametr B:	[m]	Szerokość stopy.	{B>0}
Parametr L:	[m]	Długość stopy.	{L>0}
Parametr H _f :	[m]	Wysokość stopy.	{ H _f >0}
Parametr b:	[m]	Szerokość słupa na stopie.	{b>0; b<B}
Parametr h:	[m]	Wysokość słupa na stopie.	{h>0; b<L}
Parametr e _y :	[m]	Mimośrodek ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y <(0.5 x B – b/2)}

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

Parametr e_x :	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	$\{ e_x < (0.5 \times L - h/2) \}$
Parametr H_1 :	[m]	Wysokość podstawy stopy.	$\{ 0 < H_1 < H_f \}$
Parametr B_1 :	[m]	Szerokość górnej odsadzki w kierunku y.	$\{ B_1 > b; B_1 < B \}$
Parametr L_1 :	[m]	Długość górnej odsadzki w kierunku x.	$\{ L_1 > h; L_1 < L \}$
Głębokość posadowienia:	[m]	Poziom spodu fundamentu liczony od poziomu terenu	$\{ > 0 \}$

Parametry B_1 i L_1 są zawsze symetrycznie ustawione względem odpowiednich osi słupa.

256.3.1.4 Stopa kielichowa



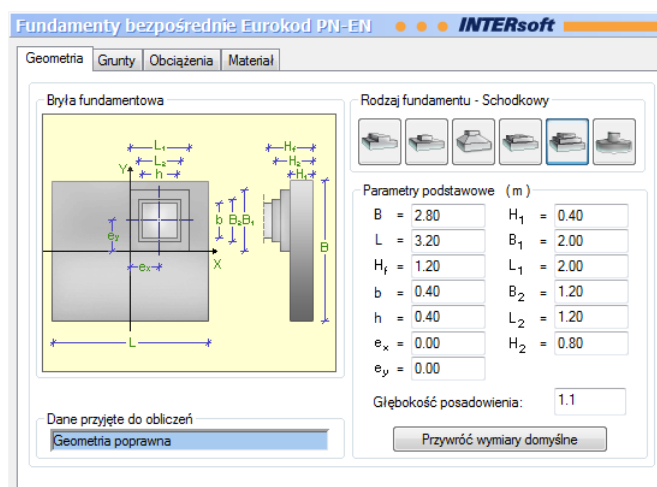
Parametry podstawowe:

Parametr B :	[m]	Szerokość stopy.	$\{ B > 0 \}$
Parametr L :	[m]	Długość stopy.	$\{ L > 0 \}$
Parametr H_1 :	[m]	Wysokość stopy.	$\{ H_1 > 0 \}$
Parametr b :	[m]	Szerokość słupa na stopie.	$\{ b > 0; b < B \}$
Parametr h :	[m]	Wysokość słupa na stopie.	$\{ h > 0; h < L \}$
Parametr e_y :	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	$\{ e_y < (0.5 \times B - B_k / 2) \}$
Parametr e_x :	[m]	Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	$\{ e_x < (0.5 \times L - L_k / 2) \}$
Parametr H_1 :	[m]	Wysokość podstawy stopy.	$\{ 0 < H_1 < H_f \}$
Parametr B_1 :	[m]	Szerokość otworu kielicha w kierunku y.	$\{ B_1 \geq b + 0.15; B_1 < B_k - 0.30 \}$
Parametr L_1 :	[m]	Długość otworu kielicha w kierunku x.	$\{ L_1 \geq h + 0.15; L_1 < L_k - 0.30 \}$
Parametr B_k :	[m]	Szerokość kielicha w kierunku y.	$\{ B_k > B_1 + 0.30; B_k < B \}$
Parametr L_k :	[m]	Długość kielicha w kierunku x.	$\{ L_k > L_1 + 0.30; L_k < L \}$
Parametr H_k :	[m]	Głębokość kielicha.	$\{ \max(h, b) < H_k; H_k = < H_f - 0.20 \}$
Głębokość posadowienia:	[m]	Poziom spodu fundamentu liczony od poziomu terenu	$\{ > 0 \}$

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

Parametry B_1 ; L_1 ; B_2 ; L_2 są zawsze symetrycznie ustawione względem odpowiednich osi słupa. Minimalny luz w otworze kielicha przy jego wlocie wynosi 7.5 cm z każdej strony. Minimalna grubość ścian kielicha wynosi 15 cm. Minimalna wysokość materiału fundamentu pod słupem wynosi 20cm.

256.3.1.5 Stopa schodkowa

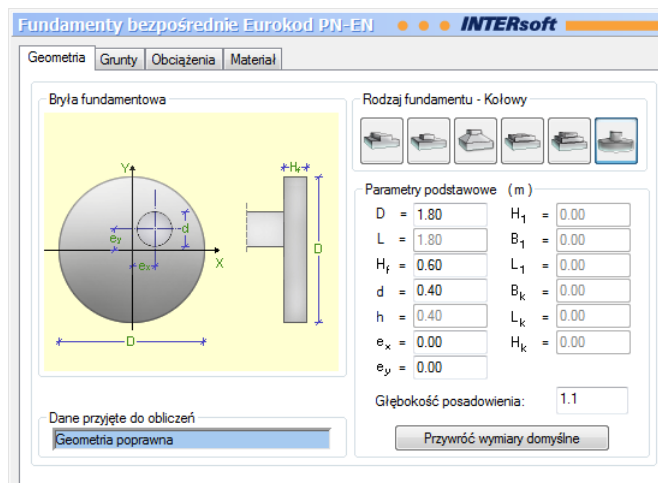


Parametry podstawowe:

Parametr B :	[m] Szerokość stopy.	$\{B>0\}$
Parametr L :	[m] Długość stopy.	$\{L>0\}$
Parametr H_f :	[m] Wysokość stopy.	$\{H_f > 0\}$
Parametr b :	[m] Szerokość słupa na stopie.	$\{b>0; b<B\}$
Parametr h :	[m] Wysokość słupa na stopie.	$\{h>0; b<L\}$
Parametr e_y :	[m] Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	$\{ e_y < (0.5 \times B - B_1 / 2)\}$
Parametr e_x :	[m] Mimośród ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	$\{ e_x < (0.5 \times L - L_1 / 2)\}$
Parametr H₁ :	[m] Wysokość dolnego cokołu.	$\{0 < H_1 < H_2\}$
Parametr B₁ :	[m] Szerokość środkowego cokołu w kierunku y.	$\{B_1 > B_2; B_1 < B\}$
Parametr L₁ :	[m] Długość środkowego cokołu w kierunku x.	$\{L_1 \geq L_2; L_1 < L\}$
Parametr B₂ :	[m] Szerokość górnego cokołu w kierunku y.	$\{B_2 > b; B_2 < B_1\}$
Parametr L₂ :	[m] Długość górnego cokołu w kierunku x.	$\{L_2 > h; L_2 < L_1\}$
Parametr H₂ :	[m] Wysokość dolnego i środkowego cokołu łącznie.	$\{H_1 < H_2; H_2 < H_f\}$
Głębokość posadowienia:	[m] Poziom spodu fundamentu liczony od poziomu terenu	$\{> 0\}$

Parametry B_1 ; L_1 ; B_2 ; L_2 są zawsze symetrycznie ustawione względem odpowiednich osi słupa.

256.3.1.6 Stopa kołowa

**Parametry podstawowe:**

Parametr D :	[m]	Średnica stopy.	{D>0}
Parametr H_f :	[m]	Wysokość stopy.	{ H _f >0}
Parametr d :	[m]	Średnica słupa, lub średnica zastępcza słupa prostokątnego.	{d>0; d<D}
Parametr e_y :	[m]	Mimośrodek ustawienia słupa wzdłuż osi y. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _y < (0.5 x D – d /2)}
Parametr e_x :	[m]	Mimośrodek ustawienia słupa wzdłuż osi x. Wartość dodatnia zgodnie z kierunkiem osi.	{ e _x < (0.5 x D – d/2)}
Głębokość posadowienia:	[m]	Poziom spodu fundamentu liczony od poziomu terenu	{ > 0}

W ramach obliczeń fundamentu kołowego przewidziano możliwość mimośrodowego ustawienia na nim jedynie słupa okrągłego. W przypadku gdyby użytkownik projektował ustawienie na stopie kołowej, słupa kwadratowego lub prostokątnego, zalecane jest podanie przy obliczeniach średnicy okrągłego słupa zastępczego o takiej samej powierzchni jak projektowany.

Prostokątna siatka zbrojeniowa stopy kołowej zaprojektowana jest w ten sposób, że jest ona niezależna od kierunku maksymalnego naprężenia pod fundamentem. Nie zachodzi więc konieczność regulowania ustawienia siatki względem maksymalnych sił, co pozwala na budowie uniknąć pomyłek w jej ułożeniu (dowolne obrócenie siatki w poziomie jej ułożenia nie powoduje obawy o niewłaściwe zazbrojenie bloku fundamentu).

Przy obliczeniach fundamentów zwłaszcza kołowych należy pamiętać, że blok fundamentu traktowany jest przez program jako bryła sztywna i obliczanie tym programem fundamentów okrągłych pod kominy lub zbiorniki okrągłe może prowadzić do niewłaściwych wyników (tu zalecany jest raczej program MES np. Plato 4.0). Oczywiście w niektórych przypadkach takich fundamentów, a zwłaszcza w pewnym zakresie obliczeń, program może być wykorzystany jako pierwsze przybliżenie.

256.3.2. Zakładka „Warunki gruntowe”

Zakładka **Grunty** pozwala na określenie podstawowych parametrów warstw geotechnicznych. Za pomocą przycisków Dodaj/Usuń dodajemy kolejną warstwę, lub usuwamy zaznaczoną. W polu **poziom wody gruntowej** można zdefiniować piezometryczny poziom wody gruntowej. Wartość 0.0 jest zarezerwowana dla warunków braku wody w zadaniu. W przypadku, gdy jedna z warstw poniżej fundamentu zostanie przedzielona zwierciadłem wody gruntowej, program podczas obliczeń sprawdzi zarówno część warstwy bez wody jak i tę nawodnioną. Program w obliczeniach wykorzystuje zdefiniowany układ warstw do głębokości posadowienia lub dwukrotnej szerokości fundamentu poniżej poziomu posadowienia. Jeżeli użytkownik nie zdefiniuje przebiegu warstw do wystarczającej głębokości, program automatycznie zwiększy miąższość ostatniej warstwy.

Lp.	Nazwa	H [m]	Gm [kN/m ³]	Phi [Deg]	C [kPa]	Cu [kPa]	M0 [kPa]	M [kPa]
1	Piasek średni (MSa)	3.0	18.0	28.0	0.0	73.0	27000.0	40500.0
2	Pył średni (MS)	3.0	19.0	22.0	5.0	39.0	15000.0	22500.0

Poziom wody gruntowej (PPW) 2.0 [m]

Opis parametrów poszczególnych warstw gruntowych:

Nazwa gruntu:	[-]	Pole określające nazwę warstwy, pozwala na wybranie gruntu z predefiniowaną charakterystyką.	
H:	[m]	Mięszkość warstwy	{Wartość > 0}
γ :	[kN/m ³]	Ciężar objętościowy gruntu.	{ $\gamma > 0$ }
ϕ' :	[°]	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	{ $0 < \phi' < 45^\circ$ }
c' :	[kPa]	Efektywna spójność	{ $c' > 0$ }
c_u' :	[-]	Wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach bez odpływu.	{ $c_u' > 0$ }
M0:	[kPa]	Wartość charakterystyczna edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej (ogólnej).	{ $M_0 > 0$ }
M:	[kPa]	Wartość charakterystyczna edometrycznego modułu ścisłości wtórnej (sprężystej).	{ $M > 0$ }

256.3.3. Zakładka „Obciążenia”

Nazwa	V [kN]	MB [kNm]	ML [kNm]	HB [kN]	HL [kN]
1 - stałe	500.00	100.00	100.00	0.00	0.00
1 - zmienne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Zakładka „Obciążenia” przewidziana została do wprowadzania obciążeń przyłożonych na fundamentach w osiach słupa lub ściany. Dla wszelkich obciążeń działających na stopę w innych punktach, należy dokonać ich „sprowadzenia” do osi słupa (ściany). Siła pionowa V wprowadzana jako dodatnia jest skierowana w dół do fundamentu. Reguła dotycząca momentów i sił tnących jest taka, iż obciążenie z danym indeksem B lub L działa w płaszczyźnie danego wymiaru. Konsekwencją tego jest fakt iż np. siła HB pomnożona przez wysokość fundamentu oraz moment MB będą się sumować.

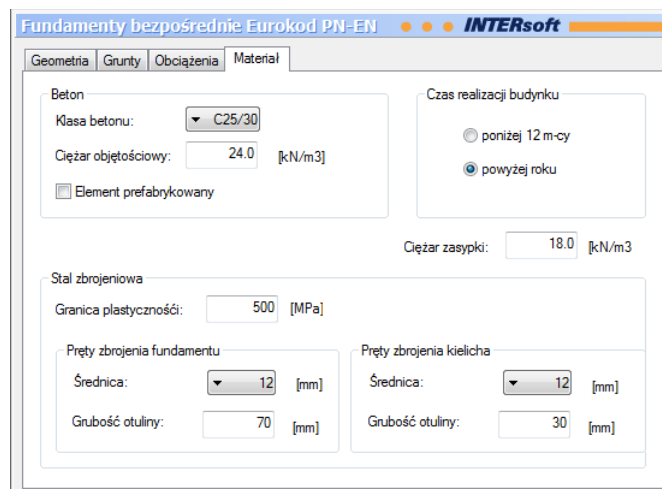
Moduł pozwala na wprowadzanie obciążeń dwojakiego rodzaju:

- Charakterystyczne rozdzielone (zmienne/stałe) – obciążenia zadane w ten sposób podczas obliczeń są odpowiednio wyznaczane (przez współczynniki obciążeń γ_F zależnie od sprawdzanego stanu) i sumowane.

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

- Kompletny zestaw (ULS/SLS) – wartości obciążeń zadanych w ten sposób powinny już zawierać odpowiednie współczynniki obciążeń, gdyż do obliczeń będą brane wprost. Do stanów nośności wartości ULS, do stanów użyteczności SLS.

256.3.4. Zakładka „Material”





Klasa betonu	[-]	Określa klasę betonu dla fundamentu	{C12/15-C90/105}
Ciężar objętościowy	[kN/m3]	Ciężar betonu bloku fundamentu.	{>0}
Ciężar zasypki	[kN/m3]	Wartość charakterystyczna ciężaru zasypki.	{>=0}
Granica plastyczności	[MPa]	Charakterystyczna granica plastyczności stali prętów zbrojeniowych	{>0}
Pręty zbrojenia fundamentu (kielicha) - średnica	[mm]	Definiuje średnicę prętów wymaganych obliczeniowo (dla kielicha)	{8-32}
Pręty zbrojenia fundamentu (kielicha) – grubość otuliny	[mm]	Średnia otulina zbrojenia dolnego fundamentu (kielicha)	{>0}

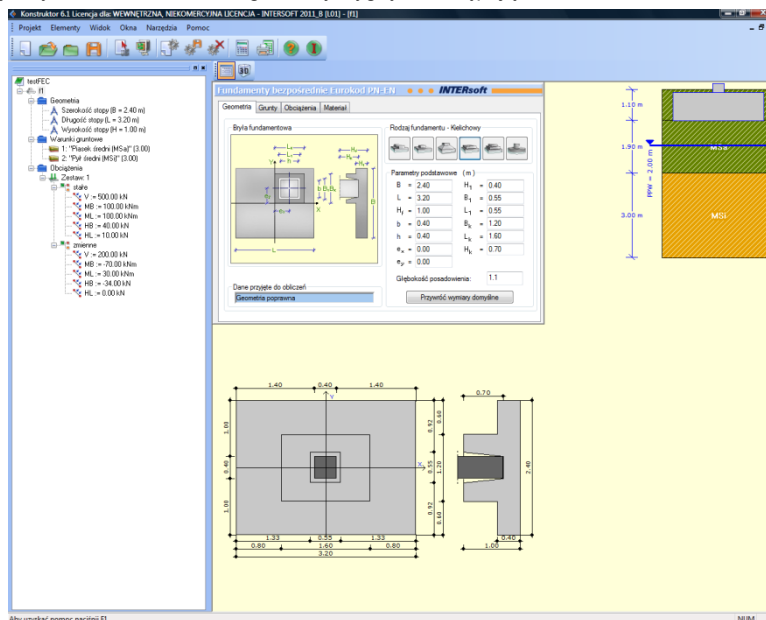
Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

256.4. Ekran graficzny modułu „Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN”

Ekran graficzny modułu „Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN” składa się z obszaru rysunku, paska narzędziowego, drzewa projektu oraz okien: zakładki, widoku 3D. W pasku umieszczono dwie ikony służące do sterowania widokiem ekranu:

	- Ikona włącza lub wyłącza okno zakładki
	- Ikona włącza lub wyłącza okno widoku 3D

Po włączeniu obu powyższych elementów ekran graficzny wygląda następująco:

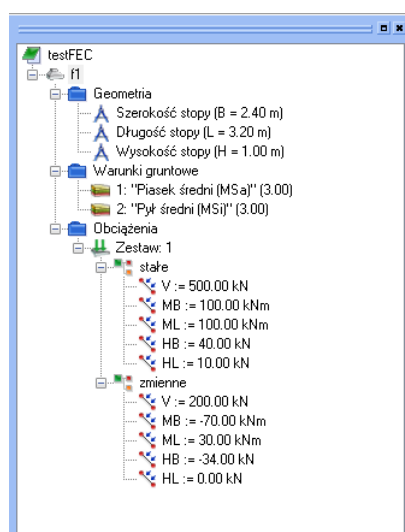


W prawym górnym rogu ekranu widoczny jest skalowany profil uwarstwienia gruntu pod fundamentem (widok w płaszczyźnie osi x – przekrój fundamentu uproszczony) wraz z opisem grubości poszczególnych warstw. Natomiast w dolnej części pokazany jest skalowany widok z góry oraz przekrój (lub widok z boku) wprowadzonej bryły fundamentu wraz z wymiarami. W przypadku otwarcia okna Konstruktora na pełnym ekranie monitora, rysunek został tak opracowany aby przy włączeniu zakładki był widoczny w całości. W innym przypadku może on być schowany częściowo pod zakładkami. Wszelkie zmiany geometryczne akceptowane przez program na bieżąco uwzględniane są na widokach (przekroju) wraz z odpowiednią korektą wymiarów.

UWAGA:

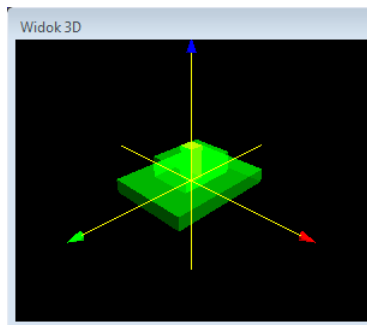
Brak rysunku oznacza, że dane geometryczne wprowadzone są niepoprawnie i nie mogą być wykonane obliczenia fundamentu.

256.5. Okno drzewa projektu



Z lewej strony ekranu znajduje się „drzewo” projektu w którym opisane są wszystkie elementy składające się na dany projekt wraz z odpowiednim podziałem na typy danych i ich poszczególne wartości.

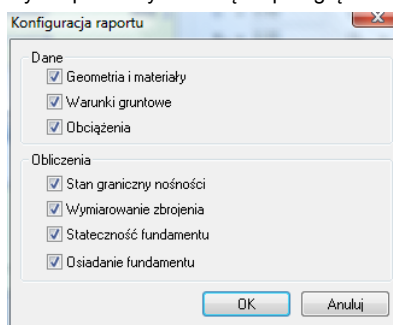
256.6. Okno widoku 3D



Okno widoku 3D pozwala na trójwymiarową prezentację geometrii bloku fundamentowego wraz z możliwością jego przybliżania, oddalania i obracania.

256.7. Okno konfiguracji raportu

W oknie konfiguracji raportu użytkownik może zdecydować jakie dane i wyniki mają być wyliczone i umieszczone w raporcie. Wywołanie okna następuje automatycznie po uruchomieniu obliczeń. Wybrane dane i wyniki przekazywane są do przeglądarki plików html.



W programie można uzyskać następujące typy danych i wyników:

Dane:

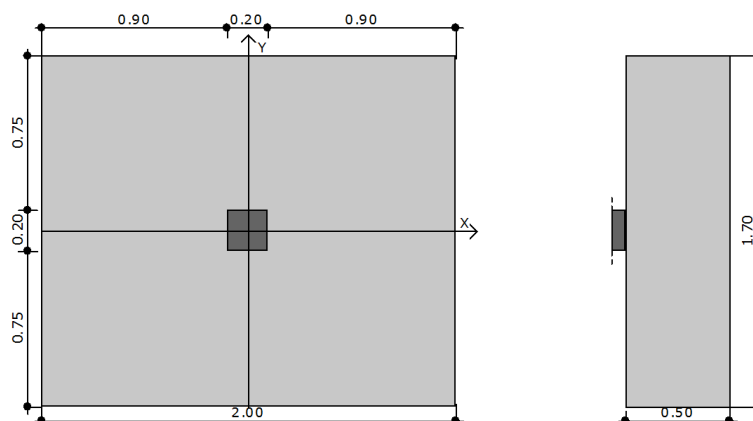
- **Geometria i materiały** – obejmuje wykaz wszystkich wprowadzonych danych geometrycznych, skalowany rysunek geometrii wraz z wymiarowaniem oraz podstawowe parametry materiałowe
- **Warunki gruntowe** – obejmuje rysunek uwarstwionego podłoża, parametry geotechniczne poszczególnych warstw
- **Obciążenia** – obejmuje wykaz poszczególnych zestawów obciążeń

Wyniki:

- **Stan graniczny nośności** – obejmuje sprawdzenie stanu GEO dla kolejnych schematów statycznych i poszczególnych warstw.
Wyświetlone szczegółowe sprawdzenia dotyczą warstwy bezpośrednio pod fundamentem. Wyniki dla warstw kolejnych są zawarte w raporcie w tabeli zbiorczej. Kolumny E_d/R_d (H), E_d/R_d (V) w części dotyczącej nośności odpowiadają wykorzystaniu nośności na przesuw (H) oraz nośności na przebicie/wypieranie (V).
Obliczenia i wyniki dla warunków „z odpływem” przeprowadzane i wyświetlane są zawsze. Jeżeli spójność efektywna danej warstwy będzie większa od 5kPa ($c' > 5.0$ kPa) i będzie znajdowała się poniżej zwierciadła wody gruntowej, będą przeprowadzone także obliczenia dla warunków „bez odpływu”.
- **Wymiarowanie zbrojenia** – obejmuje wyliczenie potrzebnej ilości zbrojenia w kierunku x i y dla poszczególnych schematów, minimalne zbrojenie, dobór prętów, rysunek zbrojenia dolnego łącznie z wykazem stali oraz ewentualny opis zbrojenia pionowego i poziomego kielicha.
- **Stateczność fundamentu** – zawiera sprawdzenie stateczności fundamentu na obrót dla poszczególnych schematów.
- **Sprawdzenie przebiccia** - w przekrojach charakterystycznych fundamentu.
- **Osiadanie fundamentu** – obejmuje wyliczenie osiadania pierwotnego, wtórnego i całkowitego wraz z przechyłkami względem osi x i y, oraz wykresy naprężeń pierwotnych i dodatkowych w warstwach gruntu pod fundamentem.

Geometria

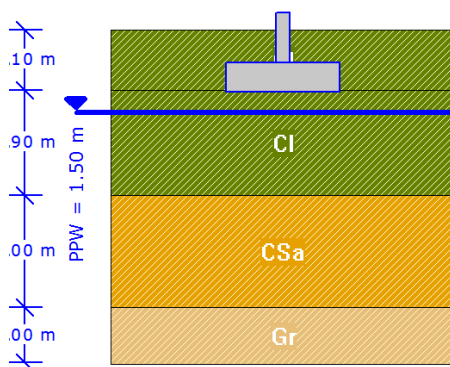
Szerokość stopy B	[m]	1.70
Długość stopy L	[m]	2.00
Wysokość stopy H_f	[m]	0.50
Szerokość przekroju słupa b	[m]	0.20
Wysokość przekroju słupa h	[m]	0.20
Mimośród e_x	[m]	0.00
Mimośród e_y	[m]	0.00

Materiały

Klasa betonu		C25/30
Ciężar objętościowy betonu	[kN/m ³]	24.0
Ciężar zasypki	[kN/m ³]	18.0
Czas realizacji budynku		powyżej roku
Element prefabrykowany		Nie
Granica plastyczności stali (f_{yk})	[MPa]	500
Średnica zbrojenia	[mm]	12.00
Grubość otuliny	[mm]	70.00

Warunki gruntowe

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN



Legenda:

Warstwa - numer porządkowy warstwy

Nazwa - nazwa warstwy gruntu

Miaższość - miąższość warstwy

γ - ciężar właściwy

ϕ' - efektywny kąt tarcia wewnętrznego gruntu

C' - spójność efektywna gruntu

C_u - wytrzymałość na ścinanie

M - moduł sprężystości

M_o - moduł sprężystości pierwotnej

Warstwa	Nazwa gruntu	Miaższość [m]	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	C' [kPa]	C_u [kPa]	M [kPa]	M_o [kPa]
1	Ił (Cl)	3.0	21.0	27.0	30.0	80.0	8000.0	12000.0
2	Piasek gruby (CSa)	2.0	18.5	32.0	0.0	0.0	35000.0	52500.0
3	Żwir (Gr)	1.0	19.0	34.0	0.0	0.0	30000.0	45000.0

Głębokość posadowienia	[m]	1.1
Poziom wody gruntowej	[m]	1.5
Ciężar zasyпки	[kN/m ³]	18.0

Obciążenia charakterystyczne rozdzielone (stałe/zmienne)

Zestaw nr 1:

Nazwa	V [kN]	M_B [kNm]	M_L [kNm]	H_B [kN]	H_L [kN]
stałe	300.00	40.00	30.00	10.00	15.00
zmienne	50.00	35.00	40.00	0.00	15.00

Stan graniczny nośności (GEO)

Podejście obliczeniowe DA2

$$\gamma_{G, niekorzystne} = 1.35, \gamma_Q = 1.50$$

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

$\gamma_R = 1,4$ - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na wyparcie

$\gamma_{R,h} = 1,1$ - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na ścięciu gruntu pod fundamentem

Głębokość posadowienia $h_f = 1.10$ m

Schemat nr 1

SPRAWDZENIE PIONOWEJ NOŚNOŚCI PODŁOŻA.

Warunki "z odpływem"

Dodatkowe obciążenia podłoża:

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{fk} = V_f \cdot \gamma_f = 1.70 \cdot 24.00 = 40.8 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 36.72 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = \gamma_{G, niekorzystne} \cdot (N_{Gk} + G_{fk} + G_k) + \gamma_Q \cdot N_{Qk} = 1.35 \cdot (300.00 + 40.80 + 36.72) + 1.50 \cdot 50.00 = 584.65 \text{ [kN]}$$

Obciążenia przekazywane na podłoże (charakterystyczne):

$$V_k = N_{Gk} + G_{fk} + G_k + N_{Qk} = 300.00 + 40.80 + 36.72 + 50.00 = 427.52 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OBGk} + M_{OBQk} + (H_{BGk} + H_{BQk}) \cdot h = 40.00 + 35.00 + (10.00 + 0.00) \cdot 0.50 = 80.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OLGk} + M_{OLQk} + (H_{LGk} + H_{LQk}) \cdot h = 30.00 + 40.00 + (35.00 + 15.00) \cdot 0.50 = 95.00 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{(H_{BGk} + H_{BQk})^2 + (H_{LGk} + H_{LQk})^2} = \sqrt{(10.00 + 0.00)^2 + (35.00 + 15.00)^2} = 50.99 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk}}{V_k} + e_{OB} = \frac{80.00}{427.52} + 0.00 = 0.19 < 0,3 \quad \cdot B = 0.51 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk}}{V_k} + e_{OL} = \frac{95.00}{427.52} + 0.00 = 0.22 < 0.3 \cdot L = 0.60 [m]$$

Warunek spełniony

Sprowadzone wymiary fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 1.70 - 2 \cdot 0.19 = 1.33 [m]$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 2.00 - 2 \cdot 0.22 = 1.56 [m]$$

$$A' = B' \cdot L' = 1.33 \cdot 1.56 = 2.06 [m^2]$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

$$\frac{R_k}{A'} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + g' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$$

$$= 30.00 \cdot 23.94 \cdot 1.00 \cdot 1.42 \cdot 0.86 + 23.10 \cdot 13.20 \cdot 1.00 \cdot 1.39 \cdot 0.87 + 0.5 \cdot 21.00 \cdot 1.33 \cdot 12.43 \cdot 1.00 \cdot 0.74 \cdot 0.79 = 1340.78 [kPa]$$

q - naprężenie w gruncie (obok fundamentu) w poziomie posadowienia (całkowite)

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{2765.10}{1.40} = 1975.07 [kN]$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 584.65 < R_d = 1975.07 kN$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI GRUNTU NA ŚCIĘCIE W POZIOMIE POSADOWIENIA

$$H < R_d + R_{p,d}$$

gdzie:

H_d - wartość obliczeniowa siły poziomej przekazywanej przez fundament na grunt,

R_d - opór graniczny podłoża pod fundamentem na ścięciu,

$R_{p,d}$ - opór graniczny podłoża na przesunięcie fundamentu, przyjęto = 0,0

Warunki "z odpływem"

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

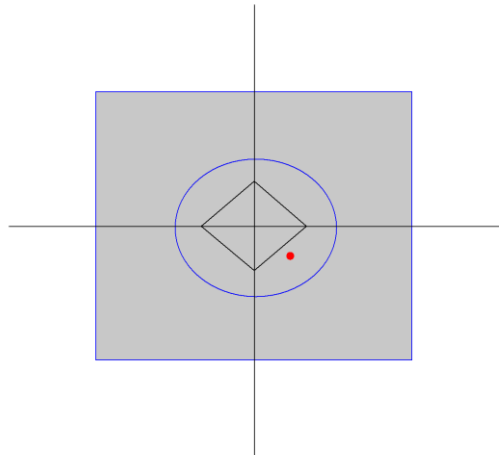
$$R_d = \min \left(\frac{V_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{R,h}}; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left(\frac{427.52 \cdot 0.51}{1.10}; 0.4 \cdot 584.65 \right) = 198.03 \text{ [kN]}$$

$$H_d = 71.04 < R_d = 198.03 \text{ [kN]}$$

Warunek nośności na ścięcie spełniony.

Poziom spr.	Nawodniona	Warunki z odpływem		Warunki bez odpływu	
		Ed/Rd (H)	Ed/Rd (V)	Ed/Rd (H)	Ed/Rd (V)
1.50	TAK	0.334	0.261	0.426	0.798
3.00	TAK	0.194	0.133	-	-
5.00	TAK	0.078	0.059	-	-

Położenie wypadkowej sił:



Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

Oznaczenia:

- std - oddziaływania stabilizujące
- dst - oddziaływania destabilizujące

Współczynniki częściowe do oddziaływań:

$$\gamma_{G, dst} = 1.10$$

$$\gamma_{G, stb} = 0.90$$

$$\gamma_{Q, dst} = 1.50$$

$$M_{B, dst} = 131.00 < M_{B, stb} = 344.25 \text{ [kNm]}$$

$$M_{L, dst} = 102.00 < M_{L, stb} = 405.00 \text{ [kNm]}$$

Warunek stateczności spełniony.

Wymiarowanie zbrojenia

Zbrojenie potrzebne dla schematu nr 1

$$A_y = 6.79 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

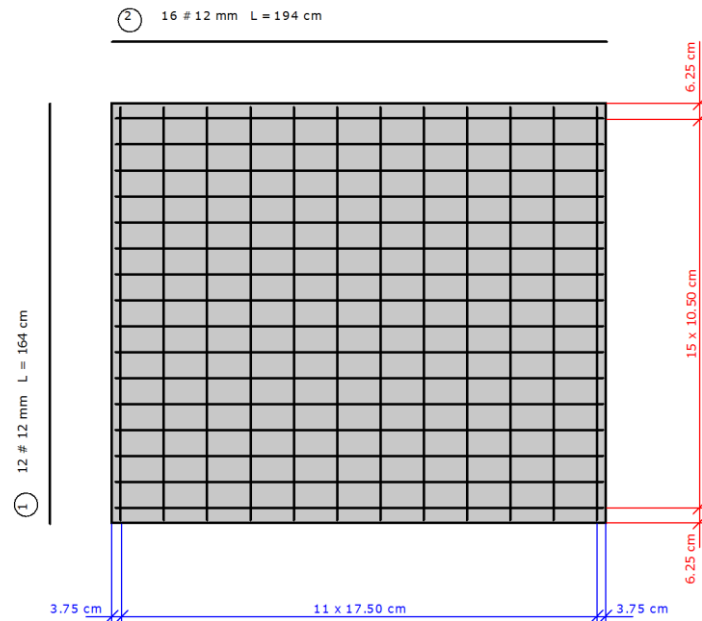
$$A_x = 9.98 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Minimalne zbrojenie konstrukcyjne dla fundamentu wynosi: $A_k = 5.74 \text{ cm}^2/\text{mb}$

W kierunku y (B) przyjęto $f_i = 12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_1 = 17.6 \text{ cm}$ $A_{s1} = 6.79 \text{ cm}^2/\text{mb}$

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

W kierunku x (L) przyjęto $f_i = 12.0$ mm w rozstawie $s_2 = 10.9$ cm $A_{s2} = 10.64$ cm²/mb



Nr pręta	Ilość	Długość pręta [cm]	Długość całkowita [m]
1	12	164	19.68
2	16	194	31.04

Średnica	[mm]	12.0
Granica plastyczności stali	[kPa]	500
Masa jednostkowa	[kg/m]	0.888
Długość ogółem	[m]	47.14
Masa ogółem	[kg]	41.9

Osiadanie fundamentu

Schemat nr 1

Osiadania pierwotne = 0.015 cm

Osiadania wtórne = 0.002 cm

Osiadania całkowite = 0.017 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = 0.00684

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = -0.00734

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

Przechyłka = 0.01003 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_{\bar{\rho}} = 0.2 \cdot 66.58 = 13.32 \sigma_{zd} = 11.87 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 5.10 m

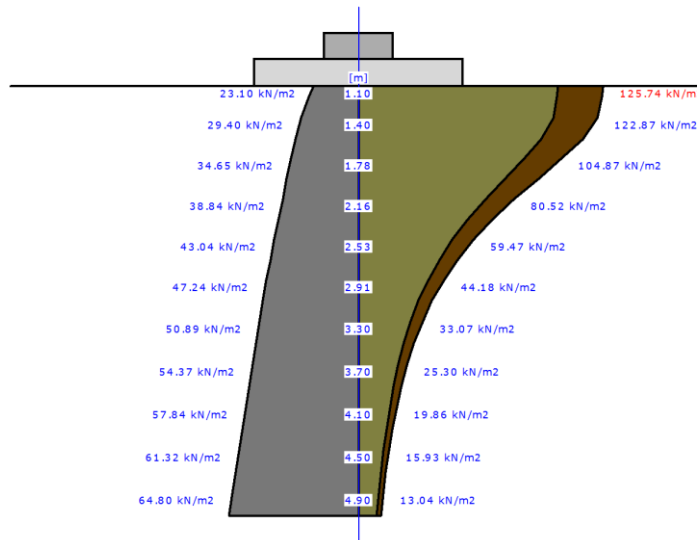


Tabela z wartościami:

Nr	H [m]	ρ_{zR} [kN/m ²]	ρ_{zS} [kN/m ²]	ρ_{zD} [kN/m ²]	Suma = $\rho_{zS} + \rho_{zD} + \rho_{zDsiła} + \rho_{zDfund}$
0	1.10	23.10	23.10	102.64	125.74
1	1.20	25.20	23.07	102.52	125.60
2	1.40	29.40	22.56	100.30	122.87
3	1.59	32.55	21.19	94.29	115.47
4	1.78	34.65	19.22	85.65	104.87
5	1.97	36.75	16.99	75.84	92.83
6	2.16	38.84	14.72	65.79	80.52
7	2.34	40.94	12.65	56.61	69.26
8	2.53	43.04	10.86	48.61	59.47
9	2.72	45.14	9.33	41.82	51.15
10	2.91	47.24	8.06	36.13	44.18
11	3.10	49.15	6.96	31.23	38.19
12	3.30	50.89	6.03	27.05	33.07
13	3.50	52.63	5.25	23.58	28.83
14	3.70	54.37	4.61	20.70	25.30
15	3.90	56.11	4.07	18.28	22.35
16	4.10	57.84	3.61	16.24	19.86

Fundamenty bezpośrednie Eurokod PN-EN

17	4.30	59.58	3.23	14.51	17.74
18	4.50	61.32	2.90	13.03	15.93
19	4.70	63.06	2.62	11.76	14.38
20	4.90	64.80	2.37	10.66	13.04
21	5.10	66.58	2.16	9.71	11.87

Legenda:

H [m]	- głębokość liczona od poziomu terenu
ρ_{zR} [kN/m ²]	- naprężenia pierwotne
ρ_{zS} [kN/m ²]	- naprężenia wtórne
ρ_{zD} [kN/m ²]	- naprężenia dodatkowe