

### III. PROJEKT TECHNICZNY

Konkret  
Projektowanie i Nadzorowanie Inwestycji Budowlanych  
mgr inż. Łukasz Lachowski  
Augustowo 22, 87-313 Brzozie  
tel. 724499317  
e-mail: [lachowski@alfaprojekty.pl](mailto:lachowski@alfaprojekty.pl)

#### **Rozbudowa świetlicy wiejskiej poprzez dobudowę zadaszzonego tarasu**

Inwestor: **Gmina Kowalewo Pomorskie, ul. Konopnickiej 13, 87-410 Kowalewo Pomorskie**

Lokalizacja inwestycji: działka nr 40/41 obręb Piątkowo - jedn. ewid. 040504\_5, Gmina Kowalewo Pomorskie, powiat golubsko-dobrzyński

Kategoria obiektu: IX

	Podpis
Projektant główny Specjalność konstrukcyjno-budowlana mgr inż. Łukasz Lachowski upr. nr WAM/0215/POOK/17	
Projektant instalacji elektrycznych tech. Leszek Dąbrowski upr. nr GPI.7342/100/TO/93	

Data opracowania: Lipiec 2024



## Spis treści części technicznej:

Zakres konstrukcyjno - budowlany

A. Uprawnienia projektantów

B. Oświadczenie projektantów

<i>III</i>	<i>Część opisowa</i> .....	8
III.1	Podstawa opracowania .....	8
III.2	Przedmiot opracowania .....	8
III.3	Opis konstrukcji obiektu .....	8
III.4	Opis projektowanych elementów budowlanych .....	8
III.5	Opinia geotechniczna oraz informację o sposobie posadowienia obiektu.....	10
III.6	Zabezpieczenie przeciwpożarowe .....	10
III.7	Dodatkowe informacje .....	11
III.8	Założenia przyjęte do obliczeń.....	12
III.9	Schematy konstrukcyjne .....	13
III.10	Wyniki obliczeń .....	13

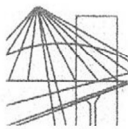
Część rysunkowa.....

Informacja BIOZ.....

Zakres instalacji elektrycznych.....

Część opisowa

Część rysunkowa



WAM.OKK.U.36.17.119.17

Olsztyn, 06 grudnia 2017 r.

## DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (tj. Dz. U. z 2016 r. poz. 1725), art. 12 ust. 2 i ust. 3, **art. 12 ust. 4c pkt 1, art. 14 ust. 1 pkt 2** ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2017 r. poz. 1332 ze zm.) oraz **§ 10 i § 12 ust. 1** rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2014 r. poz. 1278) i art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (tj. Dz. U. z 2017 r., poz. 1257), po ustaleniu, że spełnione zostały warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym,

**Pan ŁUKASZ LACHOWSKI**  
magister inżynier budownictwa  
ur. dnia 28 lipca 1987 r. w Augustowie

otrzymuje

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**

Nr ewid. WAM/ 0215 /POOK/17

**DO PROJEKTOWANIA  
BEZ OGRANICZEŃ  
W SPECJALNOŚCI KONSTRUKCYJNO – BUDOWLANEJ**

## UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

### Pouczenie:

1. Zgodnie z art. 12 ust. 7 w/w ustawy Prawo budowlane – podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis, w drodze decyzji, do centralnego rejestru Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, potwierdzony zaświadczeniem wydanym przez tę izbę, z określonym w nim terminem ważności.
2. Od decyzji niniejszej służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Warmińsko – Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Olsztynie, w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.
3. Zgodnie z treścią art. 127a ustawy Kodeks postępowania administracyjnego (tj. Dz. U. z 2017 r., poz. 1257): § 1. w trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję; § 2. z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna i prawomocna. W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji (określonego w § 2) stronie nie przysługuje prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.



**Skład orzekający**  
**Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:**

1. dr inż. Zenon Drabowicz
2. mgr inż. Elżbieta Lasmanowicz
3. mgr inż. Mariusz Iwanowicz

**Pan Łukasz Lachowski upoważniony jest:**

**I.** Na podstawie art. 12 ust. 1 pkt 1, art. 13 ust. 4 ustawy Prawo budowlane, w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, bez ograniczeń do:

- a) projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
- b) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

**II.** Na podstawie § 10 i § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. z 2014 r. poz. 1278) uprawnienia niniejsze uprawnniają do:

- 1) sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności niniejszych uprawnień,
- 2) projektowania konstrukcji obiektu.

**Skład orzekający  
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:**

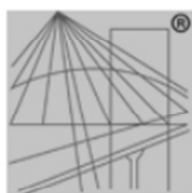
1. dr inż. Zenon Drabowicz

2. mgr inż. Elżbieta Lasmanowicz

3. mgr inż. Mariusz Iwanowicz

**Otrzymuje:**

- 1. Pan Łukasz Lachowski  
87-313 Brzozie, Janówko 57
- 2. Okręgowa Rada Izby
- 3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
- 4. a/a



P O L S K A  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

## Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

WAM-R55-46E-GG4 \*

Pan Łukasz Lachowski o numerze ewidencyjnym WAM/BO/0056/19  
adres zamieszkania m. Janówko 57 ul. null, 87-313 Brzozie  
jest członkiem Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada  
wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2024-04-01 do 2024-09-30.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2024-03-08 roku przez:

Jarosław Kukliński, Przewodniczący Rady Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78<sup>1</sup> K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

\* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa [www.piib.org.pl](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.



Weryfikacja poprawności danych  
w niniejszym zaświadczeniu  
można sprawdzić za pomocą  
numeru weryfikacyjnego  
zaświadczenia na stronie  
Polskiej Izby Inżynierów  
Budownictwa

## Oświadczenie

Zgodnie z wymogami określonymi w art. 34 ust. 3d pkt 3 Prawa budowlanego oświadczam, że projekt:

Rozbudowa wiejskiego domu kultury o zadaszony taras

Inwestor: Gmina Kowalewo Pomorskie, ul. Konopnickiej 13, 87-410 Kowalewo Pomorskie

Lokalizacja inwestycji: działka nr 40/41 obręb Piątkowo - jedn. ewid. 040504\_5, Gmina Kowalewo Pomorskie, powiat golubsko-dobrzyński

został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej.

Projektant konstrukcyjno-budowlany

Projektant elektryczny

## **ZAKRES KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANY**

### **III Część opisowa**

#### **III.1 Podstawa opracowania**

- zlecenie Inwestora
- decyzja o ustaleniu lokalizacji celu publicznego z dnia 21.03.2024
- mapa do celów projektowych w skali 1:500
- wizja lokalna
- archiwalne badania geotechniczne
- archiwalna dokumentacja budynku
- obowiązujące normy i przepisy prawne

#### **III.2 Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest rozbudowa świetlicy wiejskiej poprzez dobudowę zadaszzonego tarasu w miejscowości Piątkowo.

#### **III.3 Opis konstrukcji obiektu**

Istniejące elementy:

Fundamenty – ławy fundamentowe żelbetowe

Ściany fundamentowe – murowane z bloczka betonowego

Ściany nadziemne – z gazobetonu

Słupy – nie występują

Nadproża – systemowe lub monolityczne

Stropy – pas dolny kratownicy drewnianej zabudowany sufitem powieszonym

Dach – dwuspadowy o konstrukcji kratownicy drewnianej.

Projektowane elementy

Fundamenty – bezpośrednie w postaci stóp fundamentowych, z fundamentów wypuścić startery do cokołów pod słupy. W cokołach należy umieścić marki stalowe do łączenia słupów drewnianych.

Dach tarasu – Dach jednospadowy o konstrukcji drewnianej w schemacie płatwiowokleszczowym z usztywnieniem w postaci mieczy oraz pełnego deskowania. Zaprojektowano przekazanie sił poziomych od działania wiatru na istniejący wieniec żelbetowy za pośrednictwem kątowników i prętów gwintowanych klejanych poprzez zaprawy iniekcyjną.

#### **III.4 Opis projektowanych elementów budowlanych**

Izolacje termiczne –



- w miejscu belki B1 należy usunąć warstwę ocieplenia, tak aby belka mogła dolegać do ściany poprzez izolację przeciwwilgociową.

ocieplenie belki wełną mineralną o grubości 15 cm o współczynniku  $\lambda$  maksymalnie 0,035 W/mK,

Izolacje przeciwwilgociowe i przeciwwodne:

- dach – papa asfaltowa SBS na osnowie z włókniny poliestrowej na pełnym deskowaniu. Giętkość zachowana przy  $-25^{\circ}\text{C}$ . Wytrzymałość na rozciąganie - kierunek podłużny 1000 +/- 250 N/50mm, kierunek poprzeczny 800 +/- 200 N/50mm. Grubość minimalna 4mm +/- 0,2mm.

Dach – Konstrukcja dachu przykryta deskowaniem, papą, łatami, kontrłatami oraz blachodachówką. Dach z przestrzenią wentylacyjną pomiędzy deskowaniem, a łatami. Przestrzenie wentylacyjne muszą mieć wloty i wyloty powietrza, zabezpieczone przed infiltracją owadów i małych gryzoni. Docelowo widoczne elementy zadaszenia należy dostarczyć strugane, na budowie pomalować.

Wykończenie ścian zewnętrznych – po zniwelowaniu terenu należy uzupełnić tynk cokołowy, kolor tynk dobrać do koloru istniejącego. Po wyschnięciu nowego tynku należy ponownie przemalować starą i nową powierzchnię cokołu w rejonie tarasu uzyskując jednolity odcień.

Rynny i rury spustowe – rynny i rury spustowe wykonane z blachy ocynkowanej, kolor dobrać do istniejących rynien.

Beton na fundamenty w klasie C20/25, W8 stal zbrojeniowa w klasie A-IIIIN. Stal marek i kątowników w klasie S235. Elementy stalowe w klasie zabezpieczenia antykorozyjności spełniające wymogi trzeciej klasy użytkowania konstrukcji drewnianych - minimalna powłoka antykorozyjna dla ocynkowania ogniowego to 55 $\mu\text{m}$ .

Drewno konstrukcyjne w klasie C24. Całość drewna musi być skutecznie zabezpieczona środkami do ochrony drewna przed działaniami czynników biologicznych. Preparaty do nasycania drewna należy stosować zgodnie z instrukcją ITB – Instrukcja techniczna w sprawie powierzchniowego zabezpieczenia drewna budowlanego przed szkodnikami biologicznymi i ogniem. Drewno zabezpieczyć impregnatem do klasy NRO, po czym pokryć kompatybilnym lakierem do zastosowań zewnętrznych. Drewno najpierw wysuszyć, następnie zaimpregnować metodą ciśnieniową lub metodą długiej kąpieli – co najmniej 8 godzin, słupy co najmniej 13 godzin.

Kostka betonowa – kostka betonowa gr. 6 cm w kolorze szarym zakończona obrzeżami.

Blachodachówka – Pokrycie z blachodachówki powlekanej o grubości blachy co najmniej 0.50 mm. System powlekania 2-warstwowy, grubość powłoki co najmniej 35 mikronów. Struktura gruboziarnista, kształt i kolor blachodachówki należy dobrać do istniejącej na dachu bryły głównej.

### **III.5 Opinia geotechniczna oraz informację o sposobie posadowienia obiektu**

Zadaszony taras zaprojektowano z posadowieniem bezpośrednim poprzez stopy fundamentowe. Na podstawie danych zawartych w badaniach geotechnicznych, udostępnionych przez Inwestora, wykonanych w 2016 roku przez Zakład Badań Geologicznych w Toruniu w poziomie posadowienia przewiduje się napotkanie gruntów niespoistych w postaci piasków drobnych z domieszką gliny. Zaprojektowano nowe fundamenty przy budynku na poziomie ław istniejących. Nie dopuszczalne jest podkopywanie istniejących fundamentów. Fundamenty należy posadowić pod poziomem przemarzania gruntu. Dane dotyczące głębokości istniejącego posadowienia zaczerpnięto z dokumentacji powykonawczej przekazanej przez Inwestora. W porze mokrej jest możliwość pojawienia się wody w poziomie posadowienia. Należy liczyć się potrzebą czasowego obniżenia poziomu wody – w celu wykonania fundamentów. Po wykonaniu fundamentów z cokołami należy bezzwłocznie obsypać fundament obsypką piaskową. Brak występowania bezpośredniego wpływu wywołanego realizacją inwestycji oraz jej późniejszą eksploatacją na sąsiadujące obiekty. Warunki gruntowe proste, zakwalifikowano obiekt do I kategorii geotechnicznej.

Kategorycznie zabrania się posadowienia budynku w gruncie spoistym o dużym wskaźniku plastyczności - tzn. nie można dopuścić do uplastycznienia gruntu w strefie fundamentów. W razie uplastycznienia gruntu, należy uplastyczniony grunt wymienić na beton lub dokonać stabilizacji cementowej lub chemicznej zapewniając wytrzymałość gruntu na poziomie 0,2MPa. Nie należy przegłębiać wykopu.

Według badań geotechnicznych pod warstwą piasku jest znajduje się warstwa gliny. Możliwe są lokalne przewarstwienia gliną niewychwycone przez badania geotechniczne.

### **III.6 Zabezpieczenie przeciwpożarowe**

Klasyfikacja w zakresie ochrony przeciwpożarowej.

Budynek pod względem ochrony przeciwpożarowej, kwalifikuje się w sposób następujący:

- ze względu na sposób przeznaczenie – obiekt użyteczności publicznej,
- ze względu na lokalizację - obiekt wolnostojący,
- ze względu na konstrukcję; budynek niski, o jednej kondygnacji nadziemnej, bez kondygnacji podziemnej
- ze względu na sposób użytkowania – zaliczane do kategorii ZL-I zagrożenia ludzi.

Obiekt w części nadziemnej klasyfikuje się do odporności przeciwpożarowej w klasie D – zgodnie z paragrafem 212. ust. 3 rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Elementy budynku odpowiednio do klasy odporności pożarowej kondygnacji nadziemnych

Klasa odporności pożarowej budynku	Klasa odporności ogniowej elementów budynku <sup>5) *</sup>					
	główna konstrukcja nośna	konstrukcja dachu	strop <sup>1)</sup>	ściana zewnątrzna <sup>1), 2)</sup>	ściana wewnętrzna <sup>1)</sup>	przekrycie dachu <sup>3)</sup>
1	2	3	4	5	6	7
„D”	R 30	(–)	RE I 30	E I 30 (o↔i)	(–)	(–)

Inwestycja nie znajduje się w katalogu wymienionym w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i administracji z dnia 5 sierpnia 2023 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej – rozwiązania projektowe w zakresie projektu nie dotyczą i nie zmieniają warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu budowlanego.

Drewno o raz pokrycie dachu należy wykonać w klasie NRO.

### III.7 Dodatkowe informacje

Wszystkie prace budowlane należy prowadzić przestrzegając zasad bezpieczeństwa i higieny pracy pod nadzorem osób uprawnionych oraz uprawnionego przedstawiciela wykonawcy. Wszystkie elementy wykonane na podstawie projektu budowlanego, w szczególności elementy konstrukcyjne oraz ich połączenia zgodnie z prawem muszą spełniać warunki Stanu Granicznej Nośności oraz Stanu Granicznej Użytkowości. Wszyscy uczestnicy procesu budowlanego oraz wykonawcy zaangażowani w realizację przedmiotowej inwestycji powinni stosować się do zapisów projektu budowlanego. Całość opracowania projektowego – projekt zagospodarowania terenu, projekt architektoniczno-budowlany oraz projekt techniczny należy rozpatrywać łącznie. W razie rozbieżności wewnątrz dokumentacji projektowej lub rozbieżności między przyjętymi rozwiązaniami projektowymi, a stanem faktycznym w budynku należy przerwać prace budowlane oraz niezwłocznie skontaktować się z Projektantem. W odniesieniu do konstrukcji stalowej na etapie realizacji budowy należy opracować rysunki warsztatowe. Przed wykonaniem poszczególnych elementów należy sprawdzić wymiary w naturze z wymiarami i założeniami podanymi w dokumentacji projektowej.

W sprawach nieokreślonych dokumentacją obowiązującą:

- prawo budowlane
- warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

- warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych (wg. Ministra Budownictwa i Instytutu Techniki Budowlanej)
- normy Polskiego Komitetu Normalizacyjnego
- instrukcje, wytyczne, świadectwa dopuszczenia, atesty Instytutu Techniki Budowlanej,
- instrukcje, wytyczne i warunki techniczne producentów i dostawców materiałów budowlanych
- przepisy techniczne instytucji kontrolujących jakość materiałów i wykonywanych robót
- przepisy BHP

Zgodnie z prawem budowlanym do wykorzystanie w budownictwa można stosować jedynie materiały dopuszczone do stosowania w budownictwie.

Po uzgodnieniu z Projektantem istnieje możliwość zastąpienia podanych w projekcie materiałów i wyrobów innymi o parametrach technicznych i użytkowych nie gorszych niż określone w projekcie oraz posiadające wymagane świadectwa i certyfikaty.

W przypadku stosowania jakichkolwiek rozwiązań systemowych należy przy wycenie uwzględnić wszystkie elementy danego systemu niezbędne do zrealizowania całości prac.

Całość projektu należy rozpatrywać łącznie, tzn. że Wykonawca przed przystąpieniem do wykonywania robót zobowiązany jest do zapoznania się ze wszystkimi dokumentacjami branżowymi i budowlanymi. Dodatkowo rysunki i część opisowa są dokumentami wzajemnie się uzupełniającymi. Wszystkie elementy ujęte w specyfikacjach i opisach, a nieujęte na rysunkach lub ujęte na rysunkach a nie ujęte w specyfikacjach i opisach należy traktować tak jakby były ujęte we wszystkich opracowaniach. W przypadku rozbieżności należy zgłosić to projektantowi, który rozstrzygnie wątpliwości.

### **III.8 Założenia przyjęte do obliczeń**

Do obliczeń przyjęto:

- obciążenia wiatrem –strefa I, kategoria terenu II
- obciążenia śniegiem – II strefa śniegowa, w obliczeniach uwzględniono możliwość zsuwania się śniegu z dachu wyższego zgodnie z wytycznymi normowymi oraz tworzenie się worka śniegowego przy połączeniu dachu niższego i wyższego

Obciążenia stałe:

- obciążenia materiałowe ciężarem własnym konstrukcji zgodnie z występowaniem.

Obciążenia zmienne:

- od wiatru, śniegu, obciążenia użytkowe – 0,4kN/m<sup>2</sup> w kategorii użytkowania H - dachy

Powyższe poddano odpowiedniej kombinatoryce.

Nie dopuszczalne jest obciążanie elementów konstrukcyjnych ponad wartości przyjęte do obliczeń.

### III.9 Schematy konstrukcyjne

Dach – przyjęto krokwie w układzie jednoprzęsłowym, oparte na płatwiach – belkach drewnianych. Płatwie oparte na słupach i mieczach. Belki i krokwie drewniane od strony budynku należy połączyć poprzez kotwy wklejane chemicznie. Słupy oparte na markach stalowych, połączone z nimi za pomocą śrub. Podparcie słupów zdolne do przeniesienia sił pionowych i poziomych.

Siły poziome przekazywane będą częściowo w grunt, częściowo w istniejący budynek.

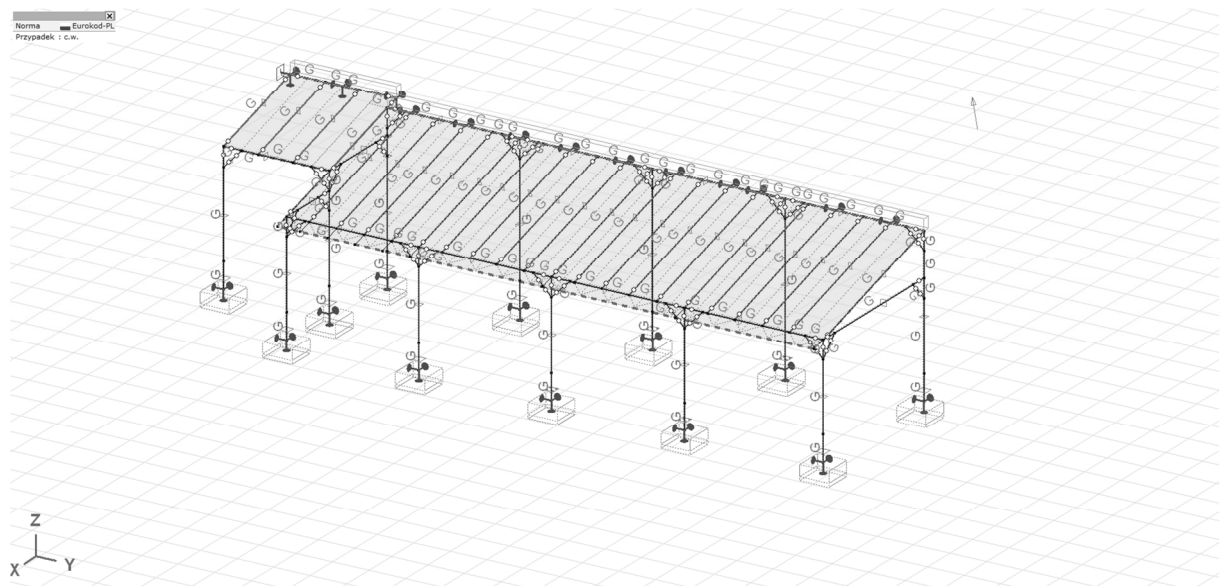
Fundamenty – bezpośrednie

### III.10 Wyniki obliczeń

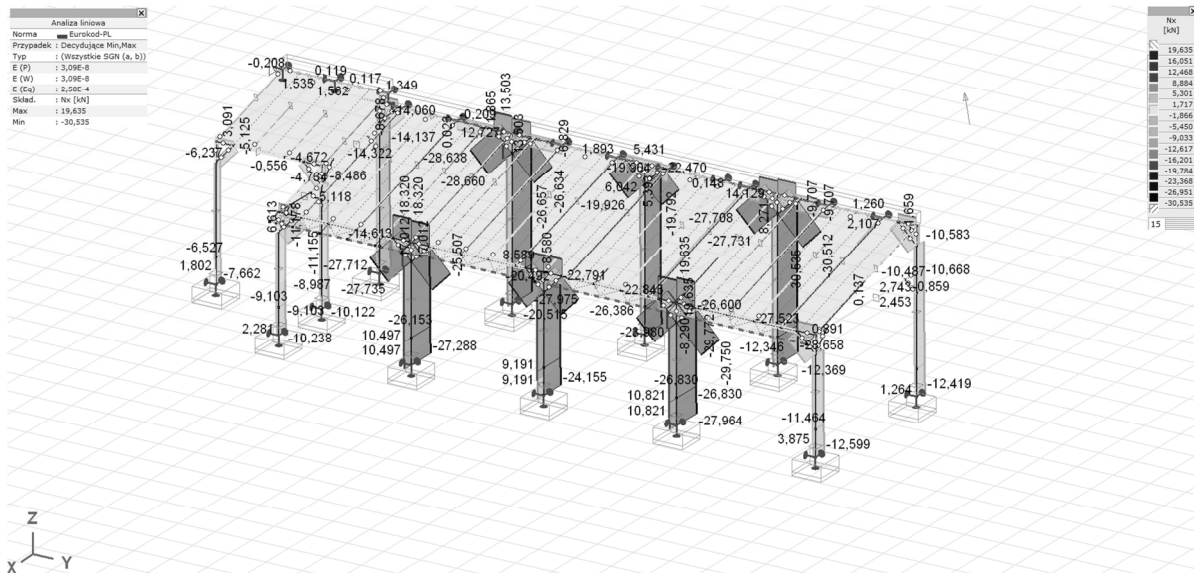
Obliczenia wykonano bazując na zbiorze norm PN-EN.

Stany graniczne w normie.

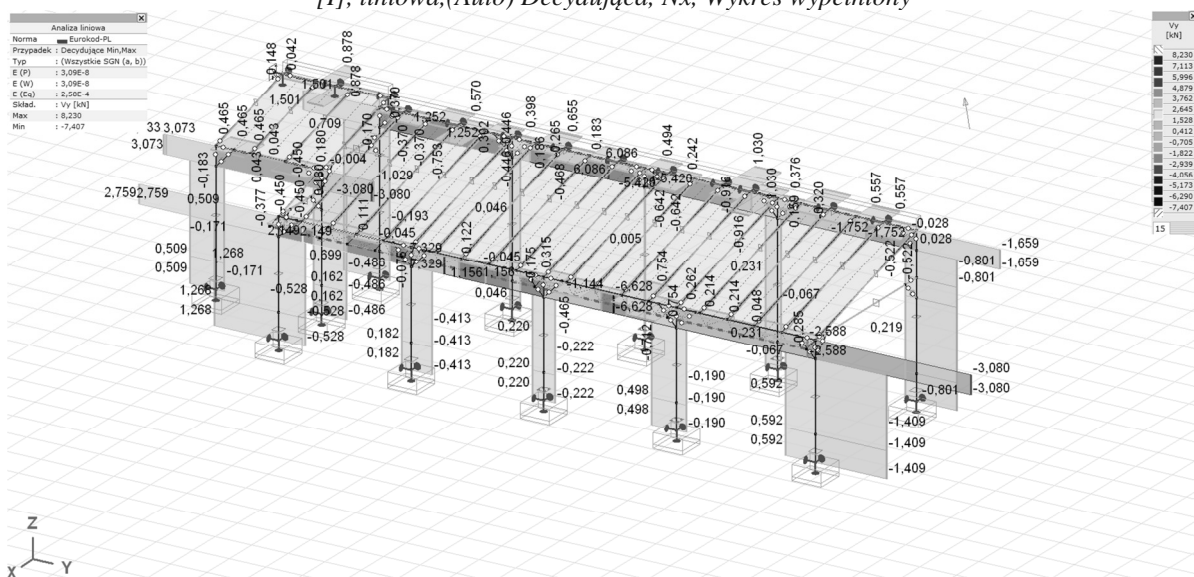
Wielkości elementów, lokalizacja oraz szczegółowe dane pokazano w części rysunkowej.



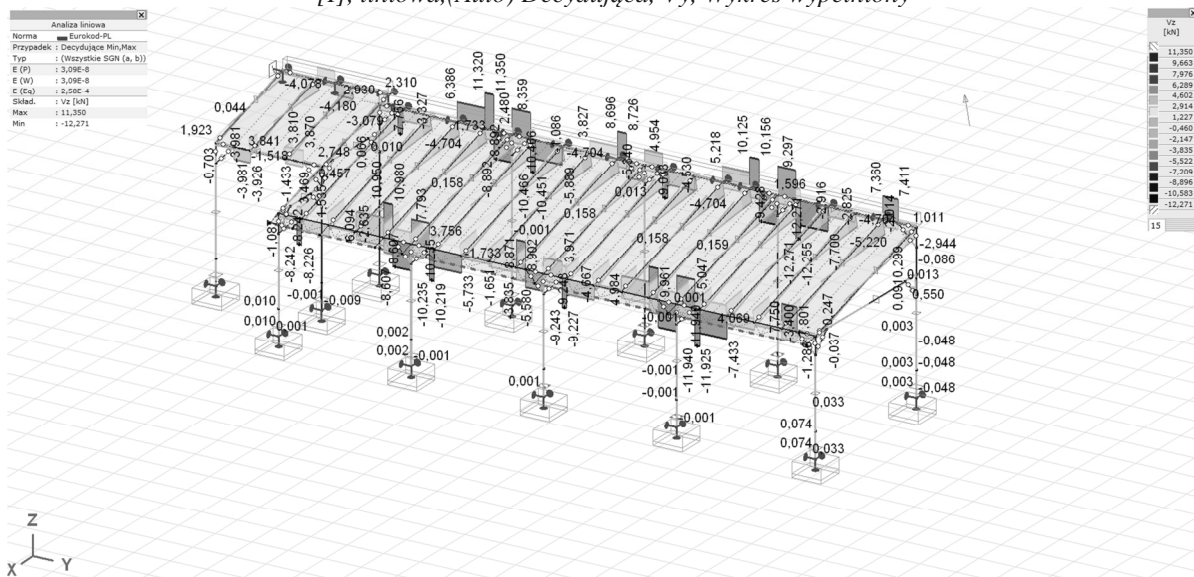
widok



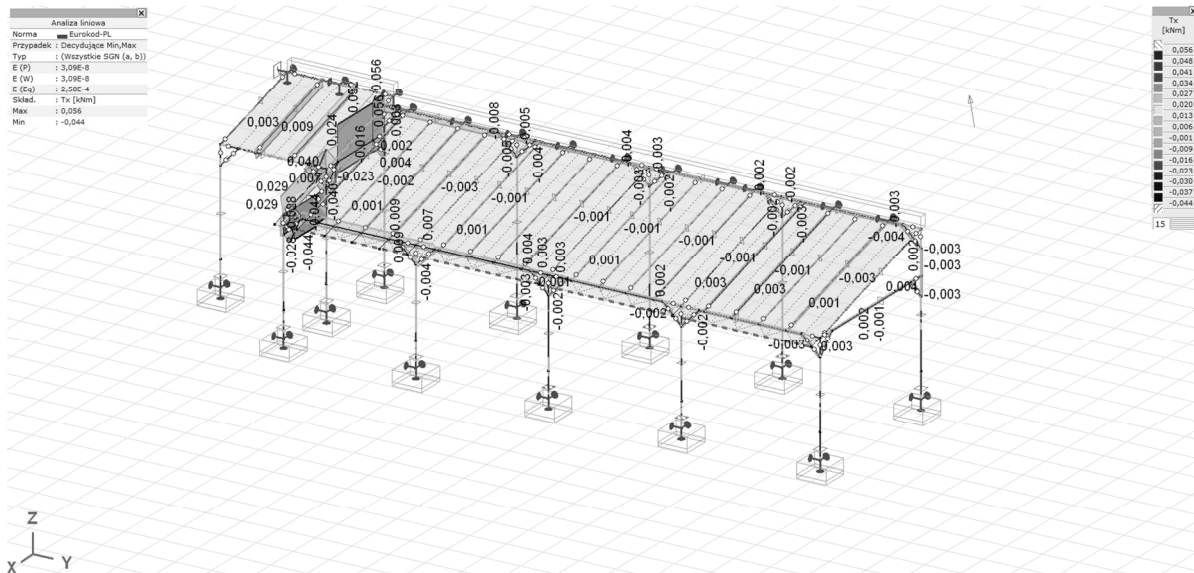
[I], liniowa,(Auto) Decydująca, Nx, Wykres wypełniony



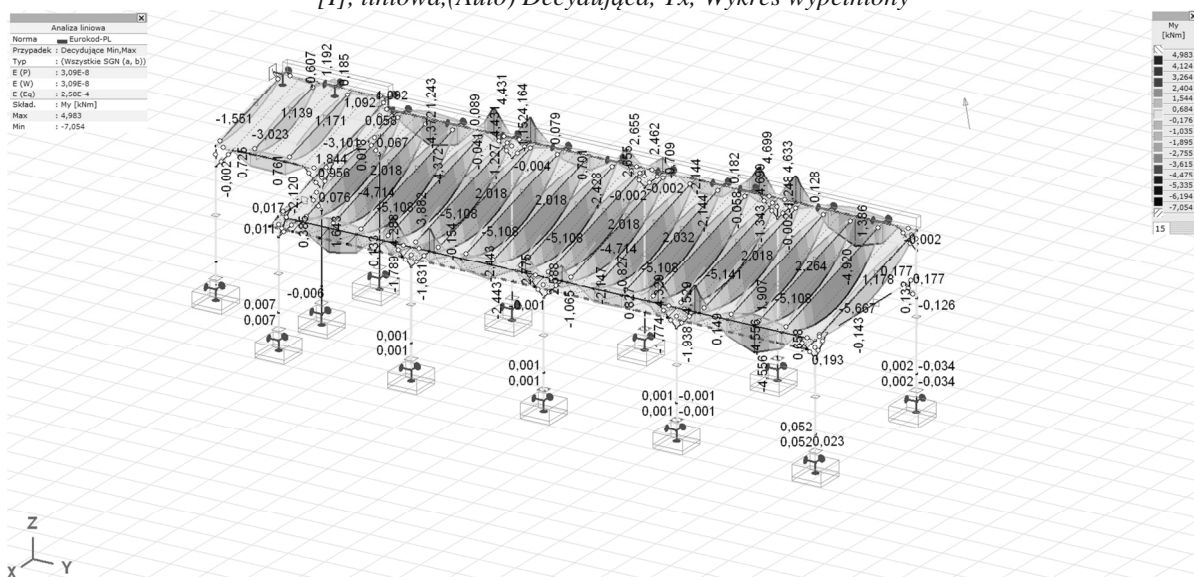
[I], liniowa,(Auto) Decydująca, Vy, Wykres wypełniony



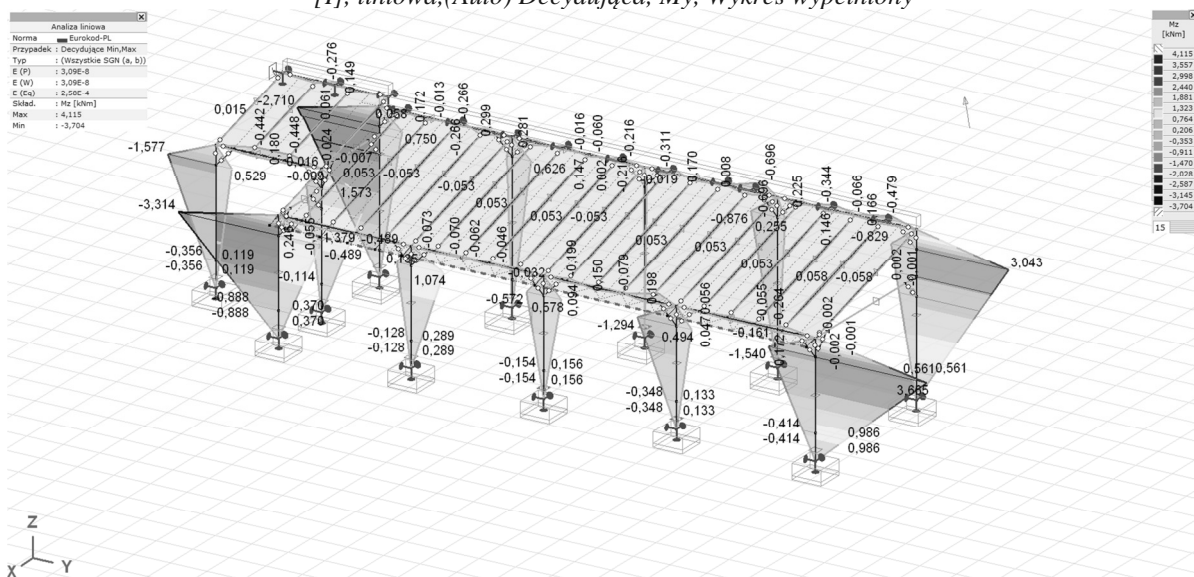
[I], liniowa,(Auto) Decydująca, Vz, Wykres wypełniony



[I], liniowa,(Auto) Decydująca, Tx, Wykres wypełniony



[I], liniowa,(Auto) Decydująca, My, Wykres wypełniony



[I], liniowa,(Auto) Decydująca, Mz, Wykres wypełniony

## WYMIAROWANIE ELEMENTU DREWNIANEGO

Wymiarowany element: 26

Węzły: 125-126

Norma: Eurokod-PL

PN-EN 1995-1-1:2010

Materiał: C24

Klasa użytkowania: 2

Przekrój poprzeczny: 80x180

Przypadek obciążenia: liniowa,(Auto) Decydująca

Klasa trwania obciążenia: liniowa,(Auto) Decydująca

### 1. Siła normalna

EN 1995-1-1: 6.1.2, 6.1.4

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX  
+} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X-S.O)

Klasa trwania obciążenia: Krótkotrwałe

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,10 \cdot L = 0,10 \cdot 4657 = 466$  mm

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_x}{A_x} = \frac{1177}{1,44 \cdot 10^4} = 0,082 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1$$

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 1 \cdot 14}{1,3} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_N = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,082}{9,7} = 0,8 \% \quad (6.1) \quad \text{spełniony}$$

### 2. Zginanie (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX  
+} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+S.O)

Klasa trwania obciążenia: Krótkotrwałe

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 4657 = 2329$  mm

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|(-4,7135 \cdot 10^6)|}{4,32 \cdot 10^5} = 11 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 1 \cdot 24}{1,3} = 17 \text{ N/mm}^2$$



$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{11}{17} = 65,7 \% \quad \text{spełniony}$$

### 3. Zginanie (z)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] Y+.P.O}

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 4657 = 2329 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|(-4,8334 \cdot 10^4)|}{1,92 \cdot 10^5} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,z} = \min \left( \left( \frac{150}{b} \right)^{0,2} ; 1,3 \right) = \min \left( \left( \frac{150}{80} \right)^{0,2} ; 1,3 \right) = 1,134 \quad (3.1)$$

$$f_{m,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,z} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 1,134 \cdot 24}{1,3} = 19 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_z} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,25}{19} = 1,3 \% \quad \text{spełniony}$$

### 4. Ścinanie(y)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Decydująca kombinacja: [c.w+stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] Y+.P.O}

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 4657 = 4657 \text{ mm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 142}{0,67 \cdot 80 \cdot 180} = 0,0065 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{V_y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{V_y,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 4}{1,3} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{V_y} = \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{V_y,d}} = \frac{0,0065}{2,8} = 0,2 \% \quad (6.13) \quad \text{spełniony}$$

### 5. Ścinanie(z)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX +} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+.S.O)

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 4657 = 4657 \text{ mm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_{z,d}} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 137561}{0,67 \cdot 80 \cdot 180} = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,z,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 4}{1,3} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{V_z} = \frac{\tau_{V_{z,d}}}{f_{v,z,d}} = \frac{0,58}{2,8} = 21,1 \% \quad (6.13) \quad \text{spełniony}$$

## 6. Skręcanie

EN 1995-1-1: 6.1.8

Decydująca kombinacja: [c.w+stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] X-P.O}

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,10 \cdot L = 0,10 \cdot 4657 = 466 \text{ mm}$

$$\tau_{tor,d} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 4}{1,3} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{shape} = \min \left( 1 + 0,05 \cdot \frac{h}{b} ; 1,3 \right) = \min \left( 1 + 0,05 \cdot \frac{180}{80} ; 1,3 \right) = 1,113 \quad (6.15)$$

$$\eta_{M_x} = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{0}{1,113 \cdot 2,8} = 0 \% \quad (6.14) \quad \text{spełniony}$$

## SPRAWDZENIE INTERAKCJI

### 7. Siła Normalna-Zginanie

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX +} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+S.O)

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 4657 = 2329 \text{ mm}$

$$\eta_1 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0,0032}{15} \right)^2 + \frac{111}{17} + 0,7 \cdot \frac{10}{19} = 65,7 \% \quad (6.19)$$

$$\eta_2 = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left( \frac{0,0032}{15} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{111}{17} + \frac{10}{19} = 46,0 \% \quad (6.20)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = \max(65,7 ; 46,0) = 65,7 \% \quad \text{spełniony}$$

## 8. Ściskanie-Zginanie-Wyboczenie

EN 1995-1-1: 6.3.2

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX  
+} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+S.O)

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 4657 = 2329$  mm

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L_{tot}}{i_{s,y}} = \frac{1,00 \cdot 4657}{52} = 89,6$$

$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L_{tot}}{i_{s,z}} = \frac{1,00 \cdot 4657}{23} = 201,7$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{89,6}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,5 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{201,7}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 3,4 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (1,5 - 0,3) + 1,5^2) = 1,78 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (3,4 - 0,3) + 3,4^2) = 6,66 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = \min \left( \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} ; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1,78 + \sqrt{1,78^2 - 1,5^2}} ; 1 \right) = 0,37 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = \min \left( \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} ; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{6,66 + \sqrt{6,66^2 - 3,4^2}} ; 1 \right) = 0,08 \quad (6.26)$$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,0032|}{0,37 \cdot 15} + \frac{|11|}{17} + 0,7 \cdot \frac{|0|}{19} = 65,7 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,0032|}{0,08 \cdot 15} + 0,7 \cdot \frac{|11|}{17} + \frac{|0|}{19} = 46,2 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{NM,Buck} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = \max(65,7 ; 46,2) = 65,7 \% \quad \text{spełniony}$$

## 9. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1995-1-1: 6.3.3

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX  
+} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+S.O)

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 4657 = 2329$  mm

$$dL = 2 \cdot h_{max} = 2 \cdot 180_{max} = 360$$
 mm

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 \cdot b^2}{h \cdot (K_{LT} \cdot L_{tot} + dL)} \cdot E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 80^2}{180 \cdot (1,00 \cdot 4657 + 360)} \cdot 7400 = 41 \text{ N/mm}^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{41}} = 0,77 \quad (6.30)$$

$$k_{crit} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1.56 - 0.75 \cdot 0,77 = 0,99 \quad (6.34)$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 = \frac{0,0032}{0,08 \cdot 15} + \left( \frac{1111}{0,99 \cdot 17} \right)^2 = 44,7 \% \quad (6.35)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{1111}{0,99 \cdot 17} = 66,6 \% \quad (6.33)$$

$$\eta_{N,M,LTB} = \max(\eta_1; \eta_2) = 66,6 \% \quad \text{spełniony}$$

## 10. Ścinanie-Skręcanie

DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12 NCI NA.6.1.9 (no EN 1995-1-1 formula)

Decydująca kombinacja: **[1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+}**

Klasa trwania obciążenia: **Średniotrwale**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 4657 = 0 \text{ mm}$

W punkcie A (punkt środkowy na boku b);  $\tau_{V_{z,d}} = 0$

$$\tau_{tor,d,A} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{V_{y,d}} = \frac{1.5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1.5 \cdot 101}{0,67 \cdot 180 \cdot 80} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_A = \frac{|\tau_{tor,d,A}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{V_{y,d}}}{f_{v,y,d}} \right)^2 = \frac{101}{1,113 \cdot 2,5} + \left( \frac{0}{2,5} \right)^2 = 0 \% \quad (NA.55)$$

W punkcie B (punkt środkowy na boku h);  $\tau_{V_{y,d}} = 0$

$$\tau_{tor,d,B} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{V_{z,d}} = \frac{1.5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1.5 \cdot |(-3882)|}{0,67 \cdot 180 \cdot 80} = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_B = \frac{|\tau_{tor,d,B}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{V_{z,d}}}{f_{v,z,d}} \right)^2 = \frac{101}{1,113 \cdot 2,5} + \left( \frac{0,6}{2,5} \right)^2 = 6,0 \% \quad (NA.55)$$

W punkcie O (środek przekroju poprzecznego);  $\tau_{tor,d,O} = 0$

$$\eta_O = \left( \frac{\tau_{V_{y,d}}}{f_{v,y,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{V_{z,d}}}{f_{v,z,d}} \right)^2 = \left( \frac{0}{2,5} \right)^2 + \left( \frac{0,6}{2,5} \right)^2 = 6,0 \% \quad (NA.55)$$

$$\eta_{V_y, V_z, M_x} = \max(\eta_A; \eta_B; \eta_O; \eta_{V_y}; \eta_{V_z}) = \max(0; 6,0; 6,0; 0; 24,5) = 24,5 \% \quad \text{spełniony}$$

## 11. Rozciągające naprężenie prostopadłe do osi w kalenicy

EN 1995-1-1: 6.4.3

Decydująca kombinacja: [c.w.+stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] X-P.O}

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 4657 = 0 \text{ mm}$

$$\eta_{Apex} = 0 \% \quad (6.53) \quad \text{spełniony}$$

## 12. SGU (Stan graniczny użytkowalności) - Przemieszczenia końcowe

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Decydująca kombinacja: [c.w.+stale] {Śnieg DX+} (0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+S.O)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 4657 = 2329 \text{ mm}$

$$k_{def} = 0,8$$

Przedstawione wartości ugięć zawierają ustawioną korektę uwzględniającą przemieszczenia punktów końcowych.

$$w_{net,fin,z} = |w_{fin,z}| = |(-22)| = 22 \text{ mm}$$

$$w_{limit,z} = \frac{L}{200,0} = \frac{4657}{200,0} = 23 \text{ mm}$$

$$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{22}{23} = 92,7 \%$$

$$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 92,7 \% \quad \text{spełniony}$$

## WYMIAROWANIE ELEMENTU DREWNIANEGO

Wymiarowany element: **36**

Węzły: **29-4**

Norma: **Eurokod-PL**

PN-EN 1995-1-1:2010

Materiał: **C24**

Klasa użytkowania: **2**

Przekrój poprzeczny: **160x160**

Przypadek obciążenia: **liniowa,(Auto) Decydująca**

Klasa trwania obciążenia: **liniowa,(Auto) Decydująca**

### 1. Siła normalna

EN 1995-1-1: 6.1.2, 6.1.4

Decydująca kombinacja: **[1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+}**

Klasa trwania obciążenia: **Średniotrwale**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,09 \cdot L = 0,09 \cdot 3600 = 310 \text{ mm}$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{|N_x|}{A_x} = \frac{|(-2,4357 \cdot 10^4)|}{2,56 \cdot 10^4} = 0,95 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 21}{1,3} = 13 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_N = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,95}{13} = 7,4 \% \quad (6.2) \quad \text{spełniony}$$

### 2. Zginanie (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Decydująca kombinacja: **[1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X-P.O)**

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwale**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,86 \cdot L = 0,86 \cdot 3600 = 3100 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|(-3719)|}{6,8267 \cdot 10^5} = 0,0054 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 1 \cdot 24}{1,3} = 17 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,0054}{17} = 0 \% \quad \text{spełniony}$$

### 3. Zginanie (z)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Decydująca kombinacja:  $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{c.w.} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{stale}] \{1,5 \cdot \text{Śnieg DX}+\}$

Klasa trwania obciążenia: **Średniotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,86 \cdot L = 0,86 \cdot 3600 = 3100 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{15,6744 \cdot 10^5}{6,8267 \cdot 10^5} = 0,83 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,z} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,z} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 1 \cdot 24}{1,3} = 15 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_z} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,83}{15} = 5,6 \% \quad \text{spełniony}$$

### 4. Ścinanie(y)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Decydująca kombinacja:  $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{c.w.} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{stale}] \{1,5 \cdot \text{Śnieg DX}+\}$

Klasa trwania obciążenia: **Średniotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,86 \cdot L = 0,86 \cdot 3600 = 3100 \text{ mm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot 111351}{0,67 \cdot 160 \cdot 160} = 0,099 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,y,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 4}{1,3} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{V_y} = \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{v,y,d}} = \frac{0,099}{2,5} = 4,0 \% \quad (6.13) \quad \text{spełniony}$$

### 5. Ścinanie(z)

EN 1995-1-1: 6.1.7

Decydująca kombinacja:  $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{c.w.} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{stale}] \{1,5 \cdot \text{Śnieg DX} +\} (1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Wiatr [zadanie] X-P.O})$

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,09 \cdot L = 0,09 \cdot 3600 = 310 \text{ mm}$

$$k_{cr} = 0,67 \quad (6.13a)$$

$$\tau_{V_z,d} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot |(-0,98)|}{0,67 \cdot 160 \cdot 160} = 8,5584 \cdot 10^{-5} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,z,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 4}{1,3} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{V_z} = \frac{\tau_{V_{z,d}}}{f_{V_{z,d}}} = \frac{8,5584 \cdot 10^{-5}}{2,8} = 0 \% \quad (6.13) \quad \text{spełniony}$$

## 6. Skręcanie

EN 1995-1-1: 6.1.8

Decydująca kombinacja: **[1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+}**  
**(1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+S.O)**

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,86 \cdot L = 0,86 \cdot 3600 = 3100 \text{ mm}$

$$\tau_{tor,d} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,90 \cdot 4}{1,3} = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{shape} = \min \left( 1 + 0,05 \cdot \frac{h}{b} ; 1,3 \right) = \min \left( 1 + 0,05 \cdot \frac{160}{160} ; 1,3 \right) = 1,05 \quad (6.15)$$

$$\eta_{M_x} = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} = \frac{0}{1,05 \cdot 2,8} = 0 \% \quad (6.14) \quad \text{spełniony}$$

## SPRAWDZENIE INTERAKCJI

### 7. Siła Normalna-Zginanie

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Decydująca kombinacja: **[1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+}**

Klasa trwania obciążenia: **Średniotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,86 \cdot L = 0,86 \cdot 3600 = 3100 \text{ mm}$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,45}{8,6} + \frac{10,000611}{15} + 0,7 \cdot \frac{10,831}{15} = 9,1 \% \quad (6.17)$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,45}{8,6} + 0,7 \cdot \frac{10,000611}{15} + \frac{10,831}{15} = 10,8 \% \quad (6.18)$$

$$\eta_{N,M} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = \max(9,1 ; 10,8) = 10,8 \% \quad \text{spełniony}$$

### 8. Ściskanie-Zginanie-Wyboczenie

EN 1995-1-1: 6.3.2

Decydująca kombinacja: **[1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+}**

Klasa trwania obciążenia: **Średniotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,86 \cdot L = 0,86 \cdot 3600 = 3100 \text{ mm}$

$$\lambda_y = \frac{K_{yy} \cdot L_{tot}}{i_{s,y}} = \frac{2,00 \cdot 3600}{46} = 155,9$$



$$\lambda_z = \frac{K_{zz} \cdot L_{tot}}{i_{s,z}} = \frac{2,00 \cdot 3600}{46} = 155,9$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{155,9}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 2,6 \quad (6.21)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{155,9}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 2,6 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (2,6 - 0,3) + 2,6^2) = 4,23 \quad (6.27)$$

$$k_z = 0,5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) = 0,5 \cdot (1 + 0,20 \cdot (2,6 - 0,3) + 2,6^2) = 4,23 \quad (6.28)$$

$$k_{c,y} = \min \left( \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} ; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{4,23 + \sqrt{4,23^2 - 2,6^2}} ; 1 \right) = 0,13 \quad (6.25)$$

$$k_{c,z} = \min \left( \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} ; 1 \right) = \min \left( \frac{1}{4,23 + \sqrt{4,23^2 - 2,6^2}} ; 1 \right) = 0,13 \quad (6.26)$$

$$\eta_1 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,94|}{0,13 \cdot 13} + \frac{|0,0046|}{15} + 0,7 \cdot \frac{|0,83|}{15} = 58,6 \% \quad (6.23)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{|0,94|}{0,13 \cdot 13} + 0,7 \cdot \frac{|0,0046|}{15} + \frac{|0,83|}{15} = 60,3 \% \quad (6.24)$$

$$\eta_{N,M,Buck} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = \max(58,6 ; 60,3) = 60,3 \% \quad \text{spełniony}$$

## 9. Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1995-1-1: 6.3.3

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+}

Klasa trwania obciążenia: Średniotrwałe

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 3600 = 0 \text{ mm}$

$$dL = 2 \cdot h_{max} = 2 \cdot 160_{max} = 320 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot (K_{LT} \cdot L_{tot} + dL)} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 160^2}{160 \cdot (1,00 \cdot 3600 + 320)} \cdot 7400 = 236 \text{ N/mm}^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{236}} = 0,32 \quad (6.30)$$

$$k_{crit} = 1,00 \quad (6.34)$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} \right)^2 = \frac{0,95}{0,13 \cdot 13} + \left( \frac{10,000861}{1,00 \cdot 15} \right)^2 = 55,5 \% \quad (6.35)$$

$$\eta_2 = \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{10,000861}{1,00 \cdot 15} = 0 \% \quad (6.33)$$

$$\eta_{N,M,LTB} = \max(\eta_1 ; \eta_2) = 55,5 \% \quad \text{spełniony}$$

## 10. Ścinanie-Skręcanie

DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12 NCI NA.6.1.9 (no EN 1995-1-1 formula)

Decydująca kombinacja dla interakcji N-M-Wyboczenie: [1,35\*0,85\*c.w.+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX+}

Klasa trwania obciążenia: Średniotrwale

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,86 \cdot L = 0,86 \cdot 3600 = 3100 \text{ mm}$

W punkcie A (punkt środkowy na boku b);  $\tau_{V_z,d} = 0$

$$\tau_{tor,d,A} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{V_y,d} = \frac{1,5 \cdot |V_y|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot 111351}{0,67 \cdot 160 \cdot 160} = 0,099 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_A = \frac{|\tau_{tor,d,A}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{v,y,d}} \right)^2 = \frac{0}{1,05 \cdot 2,5} + \left( \frac{0,099}{2,5} \right)^2 = 0,2 \% \quad (NA.55)$$

W punkcie B (punkt środkowy na boku h);  $\tau_{V_y,d} = 0$

$$\tau_{tor,d,B} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{V_z,d} = \frac{1,5 \cdot |V_z|}{k_{cr} \cdot h \cdot b} = \frac{1,5 \cdot 1(-0,83)}{0,67 \cdot 160 \cdot 160} = 7,2929 \cdot 10^{-5} \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_B = \frac{|\tau_{tor,d,B}|}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \left( \frac{\tau_{V_z,d}}{f_{v,z,d}} \right)^2 = \frac{0}{1,05 \cdot 2,5} + \left( \frac{7,2929 \cdot 10^{-5}}{2,5} \right)^2 = 0 \% \quad (NA.55)$$

W punkcie O (środek przekroju poprzecznego);  $\tau_{tor,d,O} = 0$

$$\eta_O = \left( \frac{\tau_{V_y,d}}{f_{v,y,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{V_z,d}}{f_{v,z,d}} \right)^2 = \left( \frac{0,099}{2,5} \right)^2 + \left( \frac{7,2929 \cdot 10^{-5}}{2,5} \right)^2 = 0,2 \% \quad (NA.55)$$

$$\eta_{V_y,V_z,M_x} = \max(\eta_A ; \eta_B ; \eta_O ; \eta_{V_y} ; \eta_{V_z}) = \max(0,2 ; 0 ; 0,2 ; 4,0 ; 0) = 4,0 \% \quad \text{spełniony}$$

## 11. Rozciągające naprężenie prostopadłe do osi w kalenicy

EN 1995-1-1: 6.4.3

Decydująca kombinacja: [1,35\*0,85\*c.w.+1,35\*0,85\*stale] {1,5\*Śnieg DX

+} (1,5\*0,6\*Wiatr [zadaszenie] X+S.O)

Klasa trwania obciążenia: **Krótkotrwałe**

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 3600 = 0 \text{ mm}$

$\eta_{Apex} = 0 \% \quad (6.53) \quad \text{spełniony}$

## 12. SGU (Stan graniczny użytkowości) - Przemieszczenia końcowe

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Decydująca kombinacja: [c.w+stałe] {Śnieg DX+} (0,6\*Wiatr [zadaszenie] X-.P.O)

Położenie przekroju decydującego:  $x = 0,52 \cdot L = 0,52 \cdot 3600 = 1860 \text{ mm}$

$k_{def} = 0,8$

Przedstawione wartości ugięć zawierają ustawioną korektę uwzględniającą przemieszczenia punktów końcowych.

$w_{net,fin,z} = |w_{fin,z}| = |(-0,0053)| = 0,0053 \text{ mm}$

$w_{limit,z} = \frac{L}{200,0} = \frac{3600}{200,0} = 18 \text{ mm}$

$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{0,0053}{18} = 0 \%$

$\eta_{SLS} = \eta_{SLS,z} = 0 \% \quad \text{spełniony}$

# Wymiarowanie stóp fundamentowych

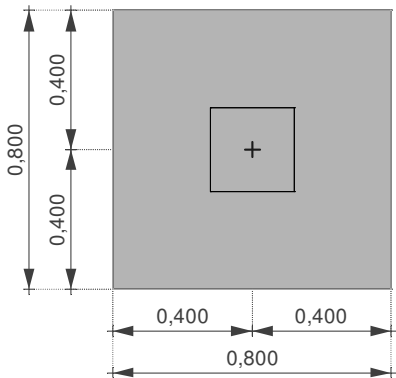
Norma: Eurokod [PL]

## 1. Parametry gruntu

Nazwa	Opis	Rzędna wierzchu $z_i$ [m]	Grubość $h_i$ [m]	Gęstość $\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Kąt tarcia wewn. $\varphi$ [°]	Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym $\varphi_{cv}$ [°]	Spójność $c$ [kPa]	Móduł ścisłości $E_s$ [MPa]
ESL	Luźny, suchy, piasek drobny	0	1,5	1500	30,00	32,00	–	
KS7	Plastyczny, średni ił (e = 0,7)	– 1,5	3	2050	13,00	14,00	92,5	

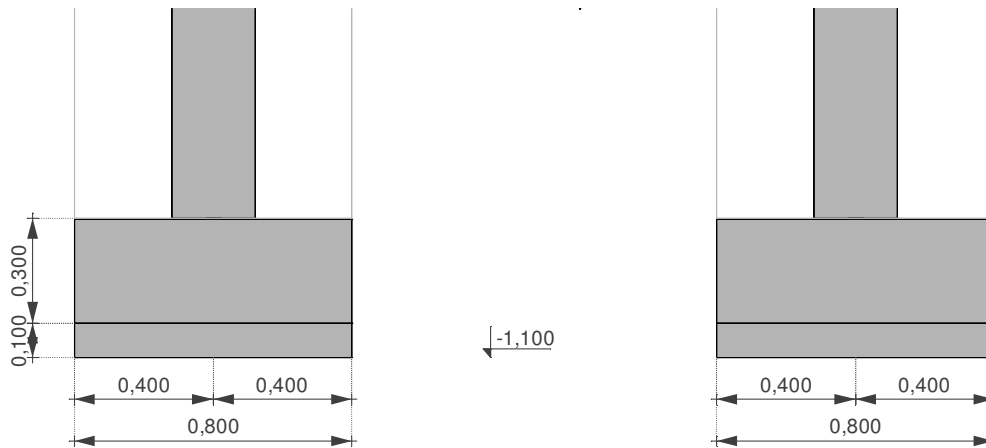
## 2. Fundament

### Geometria:



### Materiały

Beton: C20/25 ( $f_{ck} = 20$  MPa)  
gęstość (beton):  $\rho_C = 2200$  kg/m<sup>3</sup>  
gęstość (Żelbet):  $\rho_{RC} = 2500$  kg/m<sup>3</sup>  
Stal zbrojeniowa:  
Zbrojenie podłużne: B500A  
 $f_{yk} = 500$  MPa



Głębokość posadowienia:  $D = 1,1 \text{ m}$

## 2.1. Nacisk od nadkładu

Charakterystyczny efektywny nacisk od nadkładu w poziomie posadowienia:

$$q'_k = \gamma_s \cdot D = 14,715 \cdot 1,1 = 16,187 \text{ kPa}$$

Charakterystyczna wartość ciężaru objętościowego materiałów:

$$\text{Beton: } \gamma_{C,k} = \rho_C \cdot g \cdot 10^{-3} = 2200 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 21,582 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Żelbet: } \gamma_{RC,k} = \rho_{RC} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2500 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 24,525 \text{ kN/m}^3$$

## 2.2. Fundament

Szerokość stopy fundamentowej:  $B = 0,8 \text{ m}$

Długość stopy fundamentowej:  $L = 0,8 \text{ m}$

Grubość płyty:  $h = 0,3 \text{ m}$

Objętość fundamentu:  $V_f = 0,192 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu:  $G_{f,k} = V_f \cdot \gamma_{RC,k} = 0,192 \cdot 24,525 = 4,7088 \text{ kN} (\downarrow)$

## 2.3. Podbeton

Grubość podbetonu:  $h_b = 0,1 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru podbetonu:  $G_{b,k} = B \cdot L \cdot h_b \cdot \gamma_{C,k} = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,1 \cdot 21,582 = 1,3812 \text{ kN} (\downarrow)$

## 2.4. Grunt zasypowy

Materiał: Luźny, suchy, piasek drobny (ESL)

Gęstość gruntu zasypowego:  $\rho_{bf} = 1500 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy gruntu zasypowego:  $\gamma_{bf,k} = \rho_{bf} \cdot g \cdot 10^{-3} = 1500 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 14,715 \text{ kN/m}^3$

Objętość gruntu zasypowego:  $V_{bf} = 0,40768 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru gruntu zasypowego:  $G_{bf,k} = V_{bf} \cdot \gamma_{bf,k} = 0,40768 \cdot 14,715 = 5,999 \text{ kN} (\downarrow)$

### 3. Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN-EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\phi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	$\gamma_{qu}$	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

#### 3.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:  $\phi'_d = \arctan \frac{\tan \phi'_k}{\gamma_{\phi'}} = \arctan \frac{\tan 30,00^\circ}{1} = 30,00^\circ$

Ciężar objętościowy:  $\gamma'_d = \frac{\gamma'_k}{\gamma_{\gamma'}} = \frac{14,715}{1} = 14,715 \text{ kN/m}^3$

#### 3.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia:  $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{c.w.} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{stałe}] \{1,5 \cdot \text{Śnieg DX}+\} (0,6 \cdot 1,5 \cdot \text{Wiatr [zadaszenie] X} + \text{S.O})$   
(A1(b))

$$F_x = 0,00072422 \text{ kN} \quad F_y = -0,38359 \text{ kN} \quad F_z = -27,964 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-27,964) = 27,964 \text{ kN}$$

#### 3.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0,00072422 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = (-0,38359) = -0,38359 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} =$$

$$= \sqrt{0,00072422^2 + (-0,38359)^2} = 0,38359 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 27,964 + (4,7088 + 5,999 + 1,3812) \cdot 1,35 = 44,285 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej ( $V_d$ ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h + h_b) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{27,964 \cdot 0 + 0 + 0,00072422 \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,999 \cdot 0) \cdot 1,35}{44,285} = 0 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h + h_b) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{27,964 \cdot 0 - 0 + (-0,38359) \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,999 \cdot 0) \cdot 1,35}{44,285} = -0,003 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

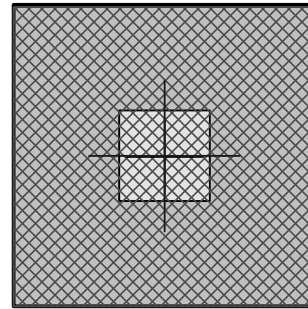
$$B' = \left( \frac{b_y}{2} - |e_y| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |(-0,003)| \right) \cdot 2 = 0,794 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = \left( \frac{b_x}{2} - |e_x| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |0| \right) \cdot 2 = 0,8 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,794 \cdot 0,8 = 0,6352 \text{ m}^2$$



Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \frac{q'_k}{\gamma_{\gamma'}} = \frac{16,187}{1} = 16,187 \text{ kPa}$$

### 3.4. Nośność podłoża - Warunki z odpływem

#### 3.4.1. Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń PN-EN 1997-1 Załącznik D D.4

##### 3.4.1.1. Współczynniki nośności

$$N_q = e^{(\pi \cdot \tan \varphi'_d)} \cdot \tan^2 \left( 45,00^\circ + \frac{\varphi'_d}{2} \right) = e^{(3,1416 \cdot \tan 30,00^\circ)} \cdot \tan^2 \left( 45,00^\circ + \frac{30,00^\circ}{2} \right) = 18,401$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'_d = 2 \cdot (18,401 - 1) \cdot \tan 30,00^\circ = 20,093$$

##### 3.4.1.2. Współczynniki nachylenia podstawy

Nachylenie podstawy:  $\alpha_i = 0^\circ$

$$b_q = b_\gamma = 1 = 1$$

3.4.1.3. Współczynniki kształtu podstawy fundamentu

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi'_d = 1 + \frac{0,794}{0,8} \cdot \sin 30,00^\circ = 1,4963$$

$$s_\gamma = 1 - \frac{0,3 \cdot B'}{L'} = 1 - \frac{0,3 \cdot 0,794}{0,8} = 0,70225$$

3.4.1.4. Współczynniki nachylenia obciążenia

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{0,794}{0,8}}{1 + \frac{0,794}{0,8}} = 1,5019 \quad m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} = \frac{2 + \frac{0,8}{0,794}}{1 + \frac{0,8}{0,794}} = 1,4981$$

$$H_B = F_y = (-0,38359) = -0,38359 \text{ kN} \quad H_L = F_x = 0,00072422 \text{ kN}$$

$$\Theta = \arctan \frac{H_B}{H_L} = \arctan \frac{(-0,38359)}{0,00072422} = -89,89^\circ$$

$$m = m_\Theta = 1,5019$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H_d}{V_d + A' \cdot c'_d \cdot \cot \varphi'_d} \right)^{(m+1)} = \left( 1 - \frac{0,38359}{44,285 + 0,6352 \cdot 0 \cdot \cot 30,00^\circ} \right)^{(1,5019+1)} = 0,97847$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{H_d}{V_d + A' \cdot c'_d \cdot \cot \varphi'_d} \right)^m = \left( 1 - \frac{0,38359}{44,285 + 0,6352 \cdot 0 \cdot \cot 30,00^\circ} \right)^{1,5019} = 0,98702$$

### 3.5. Nośność podłoża

$$R_d = \frac{A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma'_d \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)}{\gamma_{R,v}} =$$

$$= \frac{0,6352 \cdot (16,187 \cdot 18,401 \cdot 1 \cdot 1,4963 \cdot 0,98702 + 0,5 \cdot 14,715 \cdot 0,794 \cdot 20,093 \cdot 1 \cdot 0,70225 \cdot 0,97847)}{1,4} = 236,17 \text{ kN}$$

### 3.6. Wykorzystanie nośności

$$\Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_d} = \frac{44,285}{236,17} = 0,18751 < \Lambda_{R,v,lim} = 1 \text{ spełniony}$$

### 3.7. Wpływ podłoża uwarstwionego

Rozkład obciążenia na fundament zastępczy: **1 : 2** (  $\cot \beta = 2$  )

### Warstwy gruntu pod fundamentem



Warstwy gruntu					Fundament							
	Nazwa	$z_i$ [m]	$h_i$ [m]	$\gamma_i$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$B'_i$ [m]	$L'_i$ [m]	$A'_i$ [m <sup>2</sup> ]	$q'_i$ [kPa]	$q_{Ed,i}$ [kPa]	$R/A'_i$ [kPa]	$\Lambda_{R,v,i}$	✓ ✗
1.	ESL	-1,1	0,4	14,715	0,794	0,8	0,6352	16,187	69,718	371,81	0,18751	✓
2.	KS7	-1,5	3	20,11	1,194	1,2	1,4328	22,072	36,794	925,14	0,039771	✓

gdzie:

$$B'_i = B' \cdot 2 \cdot \frac{1}{\cot \beta} \cdot (|z_i| - D)$$

$$L'_i = L' + 2 \cdot \frac{1}{\cot \beta} \cdot (|z_i| - D)$$

$$A'_i = B'_i \cdot L'_i$$

$$B' = 0,794 \text{ m}$$

$$L' = 0,8 \text{ m}$$

$$D = 1,1 \text{ m}$$

$$q_{Ed,i} = \frac{V_d}{A'_i} + (q'_i - q')$$

$$R/A'_i = \frac{c'_i \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q'_i \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_i \cdot B'_i \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma}{\gamma_{R,v}}$$

Wykorzystanie nośności:

$$\Lambda_{R,v,max} = 0,039771 < \Lambda_{R,v,lim} = 1 \text{ spełniony}$$

#### 4. Warunek mimośrodru

Współczynnik graniczny dla mimośrodru:  $\gamma_{ecc,lim} = 0,33$

$F_x$ $F_y$ [kN]	$F_z$ [kN]	$M_x$ $M_y$ [kNm]	$V_d$ [kN]	$e_x$ $e_y$ [m]	$\gamma_{ecc}$	✓ ✗	Przypadek obciążenia
-0,00074607 0,15826	9,8319	0 0	2,2571	0 0,028	<b>0,035</b>	✓	[c.w. +stale] {1,5*Wiatr [zadaszenie] X-.S.O
0,00059632 -0,49768	-25,854	0 0	37,943	0 -0,005	0,007	✓	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnieg DX +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie] Y-P.O)
0,00072422 -0,38359	-27,964	0 0	40,053	0 -0,004	0,005	✓	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnieg DX +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie] X+.S.O

0,00083613 - 0,3213	- 23,793	0 0	35,882	0 - 0,004	0,005	✓	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*uzytkowe dachy} 5*1,5*Śnieg UD +0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie] X-.P.O)
0,00031974 0,19019	- 8,5771	0 0	20,666	0 0,004	0,005	✓	[c.w.+stale] {1,5*Wiatr [zadaszenie] X +.P.O}
0,00028777 - 0,11396	- 9,6722	0 0	21,761	0 - 0,002	0,003	✓	[1,35*c.w.+1,35*stale]
0,00021316 - 0,084412	- 7,1646	0 0	19,254	0 - 0,002	0,003	✓	[c.w.+stale]
- 0,00061817 0,1259	7,5657	0 0	4,5233	0 0,011	0,014	✓	[c.w. +stale] {1,3*Wiatr [zadaszenie] X-.S.O
0,00051799 - 0,43178	- 22,446	0 0	34,535	0 - 0,005	0,007	✓	[c.w.+stale] {1,3*Śnieg DX +} (0,6*1,3*Wiatr [zadaszenie] Y-.P.O)
0,00062883 - 0,33291	- 24,275	0 0	36,364	0 - 0,004	0,005	✓	[c.w.+stale] {1,3*Śnieg DX +} (0,6*1,3*Wiatr [zadaszenie] X+.S.O
0,00072582 - 0,27892	- 20,66	0 0	32,749	0 - 0,003	0,004	✓	[c.w. +stale] {1,3*uzytkowe dachy} (0,5*1,3*Ś g UD+0,6*1,3*Wiatr [zadaszenie] X-.P.C
0,00030553 0,15358	- 8,3888	0 0	20,478	0 0,003	0,004	✓	[c.w.+stale] {1,3*Wiatr [zadaszenie] X +.P.O}

gdzie:

$$V_d = -F_z + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav}$$

$$\gamma_{ecc} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2} \quad \text{Wartości mimośrodków uwzględniają dodatkowy moment w poziomie}$$

posadowienia od sił poziomych

$\gamma_{G,unfav}$  : Współczynnik częściowy ciężaru własnego fundamentu

### Mimośród miarodajny

#### 4.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: [c.w.+stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] X-.S.O} (A1(b))

$$F_x = -0,00074607 \text{ kN} \quad F_y = 0,15826 \text{ kN} \quad F_z = 9,8319 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -9,8319 \text{ kN}$$

#### 4.2. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = (-0,00074607) = -0,00074607 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0,15826 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = (-9,8319) + (4,7088 + 5,999 + 1,3812) \cdot 1 = 2,2571 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej ( $V_d$ ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h + h_b) + (G_{fk} \cdot e_{fx} + G_{bfk} \cdot e_{bfk}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$

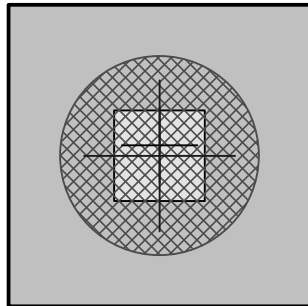
$$= \frac{(-9,8319) \cdot 0 + 0 + (-0,00074607) \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,999 \cdot 0) \cdot 1}{2,2571} = 0 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h + h_b) + (G_{fk} \cdot e_{fy} + G_{bfk} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$

$$= \frac{(-9,8319) \cdot 0 - 0 + 0,15826 \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,999 \cdot 0) \cdot 1}{2,2571} = 0,028 \text{ m}$$

Wartość stosunku mimośrodu do wymiaru fundamentu:

$$\gamma_{ecc,max} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0}{0,8}\right)^2 + \left(\frac{0,028}{0,8}\right)^2} = 0,035 < \gamma_{ecc,lim} = 0,33 \text{ spełniony}$$



## 5. Warunek stateczności

### 5.1. Os obrotu

Wartość stosunku odległości między osią obrotu a krawędzią fundamentu do wymiaru fundamentu:  $\gamma_{\omega} = 0,1$

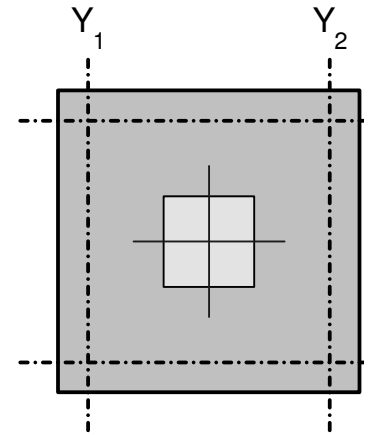
Odległość między osią obrotu a środkiem podstawy fundamentu:

$$e_{EQU,x2} = b_x \cdot (0,5 - \gamma_{\omega}) = 0,8 \cdot (0,5 - 0,1) = 0,32 \text{ m}$$

$$e_{EQU,x1} = -e_{EQU,x2} = -0,32 \text{ m}$$

$$e_{EQU,y2} = b_y \cdot (0,5 - \gamma_{\omega}) = 0,8 \cdot (0,5 - 0,1) = 0,32 \text{ m}$$

$$e_{EQU,y1} = -e_{EQU,y2} = -0,32 \text{ m}$$



### 5.2. Stabilizujący wpływ fundamentu

Współczynnik częściowy dla korzystnego (stabilizującego) oddziaływania stałego:  $\gamma_{G,stab} = 0,9$

Moment stabilizujący od ciężaru własnego fundamentu:

$$M_{G,stab,x1} = (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot e_{EQU,y1} \cdot \gamma_{G,stab} = (4,7088 + 1,3812 + 5,999) \cdot (-0,32) \cdot 0,9 = -3,4816 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,y1} = (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot (-e_{EQU,x1}) \cdot \gamma_{G,stab} = (4,7088 + 1,3812 + 5,999) \cdot (-(-0,32)) \cdot 0,9 = 3,4816 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,x2} = (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot e_{EQU,y2} \cdot \gamma_{G,stab} = (4,7088 + 1,3812 + 5,999) \cdot 0,32 \cdot 0,9 = 3,4816 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,y2} = (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot (-e_{EQU,x2}) \cdot \gamma_{G,stab} = (4,7088 + 1,3812 + 5,999) \cdot (-0,32) \cdot 0,9 = -3,4816 \text{ kNm}$$

### 5.3. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia:  $[0,9 \cdot \text{c.w.} + 0,9 \cdot \text{stałe}] \{1,5 \cdot \text{Wiatr [zadaszenie] X-S.O}\}$  (EQU)

$$F_x = -0,00076739 \text{ kN} \quad F_y = 0,1667 \text{ kN} \quad F_z = 10,548 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -10,548 \text{ kN}$$

### 5.4. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $x_1$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{x1,stab} = M_{G,stab,x1} - F_y \cdot (h + h_b) = (-3,4816) - 0,1667 \cdot (0,3 + 0,1) = -3,5483 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{x1,dst} = V \cdot e_{EQU,y1} = (-10,548) \cdot (-0,32) = 3,3755 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,x1} = \left| \frac{M_{x1,dst}}{M_{x1,stab}} \right| = \left| \frac{3,3755}{(-3,5483)} \right| = 0,951 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

### 5.5. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $x_2$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{x2, stb} = M_{G, stb, x2} = 3,4816 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{x2, dst} = V \cdot e_{EQU, y2} - F_y \cdot (h + h_b) = (-10,548) \cdot 0,32 - 0,1667 \cdot (0,3 + 0,1) = -3,4422 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU, x2} = \left| \frac{M_{x2, dst}}{M_{x2, stb}} \right| = \left| \frac{(-3,4422)}{3,4816} \right| = 0,989 < \Lambda_{EQU, lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

## 5.6. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $y_1$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{y1, stb} = M_{G, stb, y1} = 3,4816 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{y1, dst} = -V \cdot e_{EQU, x1} + F_x \cdot (h + h_b) = -(-10,548) \cdot (-0,32) + (-0,00076739) \cdot (0,3 + 0,1) = -3,3758 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU, y1} = \left| \frac{M_{y1, dst}}{M_{y1, stb}} \right| = \left| \frac{(-3,3758)}{3,4816} \right| = 0,970 < \Lambda_{EQU, lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

## 5.7. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $y_2$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{y2, stb} = M_{G, stb, y2} + F_x \cdot (h + h_b) = (-3,4816) + (-0,00076739) \cdot (0,3 + 0,1) = -3,482 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{y2, dst} = -V \cdot e_{EQU, x2} = -(-10,548) \cdot 0,32 = 3,3755 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU, y2} = \left| \frac{M_{y2, dst}}{M_{y2, stb}} \right| = \left| \frac{3,3755}{(-3,482)} \right| = 0,969 < \Lambda_{EQU, lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

## 5.8. Max. stopień wykorzystania

$$\Lambda_{EQU, max} = \Lambda_{EQU, x2} = 0,989 < \Lambda_{EQU, lim} = 1,000 \quad \text{spełniony}$$

## 6. Obliczenie przesunięcia (poślizgu)

### 6.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: [c.w.+stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] X-.S.O} (A1(b))

$$F_x = -0,00074607 \text{ kN} \quad F_y = 0,15826 \text{ kN} \quad F_z = 9,8319 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -9,8319 \text{ kN}$$

Współczynnik skalowania składowych sił od gruntu:

$$k_m = \frac{F_x}{b_y} \cdot \frac{b_x}{F_y} = \frac{(-0,00074607)}{0,8} \cdot \frac{0,8}{0,15826} = -0,0047142$$

## 6.2. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na gruncie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN-EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\phi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	$\gamma_{qu}$	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

### 6.2.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu:  $\rho_s = 1500 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma_{\gamma'} = \frac{\rho_s \cdot g}{\gamma_{\gamma'}} \cdot 10^{-3} = \frac{1500 \cdot 9,810}{1} \cdot 10^{-3} = 14,715 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym:  $\phi_{cv} = 32,00^\circ$

### 6.2.2. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = (-0,00074607) = -0,00074607 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0,15826 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} =$$

$$= \sqrt{(-0,00074607)^2 + 0,15826^2} = 0,15826 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = (-9,8319) + (4,7088 + 5,999 + 1,3812) \cdot 1 = 2,2571 \text{ kN} (\downarrow)$$

### 6.2.3. Nośność na przesunięcie (poślizg) z odpływem

Charakterystyczna wartość kąta tarcia na styku grunt-konstrukcja:

$$\delta_k = \phi_{cv} = 32,00^\circ$$

Nośność na ścinanie: PN-EN 1997-1 6.5.3 (8)P (6.3b) (2.4.7.3.3 (1) (2.7.b))

$$R_{d,Hs} = \frac{V_d \cdot \tan \delta_k}{\gamma_{R,h}} = \frac{2,2571 \cdot \tan 32,00^\circ}{1,1} = 1,2822 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):

$$\Lambda_{R,h,s} = \left| \frac{H_d}{R_{d,Hs}} \right| = \left| \frac{0,15826}{1,2822} \right| = 0,123 < \Lambda_{R,h,s,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

### 6.3. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na podbetonie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN-EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\phi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	$\gamma_{qu}$	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

#### 6.3.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu podbetonu

$$H_{dx} = F_x = (-0,00074607) = -0,00074607 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0,15826 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} =$$

$$= \sqrt{(-0,00074607)^2 + 0,15826^2} = 0,15826 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = (-9,8319) + (4,7088 + 5,999) \cdot 1 = 0,8759 \text{ kN} (\downarrow)$$

Współczynnik tarcia między fundamentem a podbetonem:  $\mu_{cc} = 0,7$

Współczynnik częściowy dla tarcia między elementami:  $\gamma_{\mu} = 1$

$$\text{Nośność na przesunięcie (poślizg): } R_{d,Hb} = \frac{V_d \cdot \mu_{cc}}{\gamma_{\mu}} = \frac{0,8759 \cdot 0,7}{1} = 0,61313 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):  $\Lambda_{R,h,b} = \left| \frac{H_d}{R_{d,Hb}} \right| = \left| \frac{0,15826}{0,61313} \right| = 0,258 < \Lambda_{R,h,b,lim} = 1,000$

spełniony

## 7. Sprawdzenie fundamentu

### 7.1. Wymiarowanie zbrojenia

Zbrojenie podłużne:  $\varnothing 10 \text{ mm}$  ( $A_{\varnothing} = 79 \text{ mm}^2$ )

Położenie pręta zbr.:

$$u_{T,x} = 0,055 \text{ m}$$

$$u_{T,y} = 0,065 \text{ m}$$

$$u_{B,x} = 0,055 \text{ m}$$

$$u_{B,y} = 0,065 \text{ m}$$

### 7.2. Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

Współczynnik określający efektywną wysokość strefy ściskanej:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

Współczynnik określający efektywną wytrzymałość:

$$\eta = 1 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

$$\varepsilon_{c1} = 0,0019666$$

Graniczne odkształcenie betonu przy ściskaniu:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Wartość obliczeniowa modułu sprężystości stali zbrojeniowej:  $E_s = 200 \text{ GPa} = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$



The diagram shows a square cross-section of a structural member. The overall width and height are indicated by dashed lines labeled C and D at the top and bottom. Inside this square, there is a smaller square with a side length of 1.35m, indicated by dashed lines labeled A and B on the left and right. The central square is shaded gray. The sections A-A, B-B, C-C, and D-D are defined by these dashed lines.

Momenty w analizowanych przekrojach poprzecznych		
Wycinki	$m_d$ [kNm/m]	Przypadek obciążenia
A-A	<b>2,1669</b>	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]
B-B	2,0645	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]
C-C	<b>2,1669</b>	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]
D-D	2,1669	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]

### Sytuacja obliczeniowa: Trwała i przejściowa

Współczynnik częściowy betonu:  $\gamma_c = 1,4$  PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik częściowy stali zbrojeniowej:  $\gamma_s = 1,15$  PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik uwzględniający wpływ długotrwałych efektów na wytrzymałość betonu na ściskanie oraz niekorzystne skutki od sposobu przyłożenia obciążenia:

$$\alpha_{cc} = 1$$

Obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot \frac{20}{1,4} = 14,286 \text{ MPa} = 14286 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

Obliczeniowa efektywna wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 14286 = 14286 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

Obliczeniowa granica plastyczności stali zbrojeniowej:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Rys. 3.8}$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{cu1} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{0,0035}{0,0035 + \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,8 = 0,49339$$

### 7.2.1. Wymiarowanie zbrojenia na moment zginający $M_y$

#### 7.2.1.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny C i D

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_d = \text{Max}(m_{dC} ; m_{dD}) = \text{Max}(2,1669 ; 2,1669) = 2,1669 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{Bx} = 0,3 - 0,055 = 0,245 \text{ m}$$

$$x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,245 = 0,12088 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{f_{cd,eff}}} = 0,245 - \sqrt{0,245^2 - \frac{2 \cdot 2,1669}{14286}} = 0,00061988 \text{ m} < x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,245 = 0,12088 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

Minimalne pole przekroju rozciąganego zbrojenia podłużnego: PN-EN 1992-1-1 9.2.2.1. (1) (9.1N)

$$a_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500} \cdot 0,245 = 0,00028161 \text{ m}^2/\text{m} < 0,0013 \cdot d = 0,0013 \cdot 0,245 = 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow$$

$$a_{s,min} = 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$a_{s,1} = \frac{x_c \cdot f_{cd,eff}}{f_{yd}} = \frac{0,00061988 \cdot 14286}{435000} = 2,0357 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} < a_{s,min} = 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow a_{s,1} = a_{s,min} =$$

$$= 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ m} > 0,25 \text{ m} \rightarrow s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_{\varnothing}}{a_{s,1}} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,0003185} = 0,24659 \text{ m} < s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \checkmark$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s1,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,24659} = 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m} = 319 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10 \text{ mm}/247 \text{ mm})$$

## 7.2.2. Wymiarowanie zbrojenia na moment zginający $M_x$

### 7.2.2.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny A i B

**Zbrojenie rozciągane w kierunku y**

$$m_d = \text{Max}(m_{dA} ; m_{dB}) = \text{Max}(2,1669 ; 2,0645) = 2,1669 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{By} = 0,3 - 0,065 = 0,235 \text{ m}$$

$$x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,235 = 0,11595 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{f_{cd,eff}}} = 0,235 - \sqrt{0,235^2 - \frac{2 \cdot 2,1669}{14286}} = 0,00064633 \text{ m} < x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,235 = 0,11595 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

Minimalne pole przekroju rozciąganego zbrojenia podłużnego: PN-EN 1992-1-1 9.2.2.1. (1) (9.1N)

$$a_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500} \cdot 0,235 = 0,00027011 \text{ m}^2/\text{m} < 0,0013 \cdot d = 0,0013 \cdot 0,235 = 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow$$

$$a_{s,min} = 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$a_{s,1} = \frac{x_c \cdot f_{cd,eff}}{f_{yd}} = \frac{0,00064633 \cdot 14286}{435000} = 2,1226 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} < a_{s,min} = 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow a_{s,1} = a_{s,min} =$$

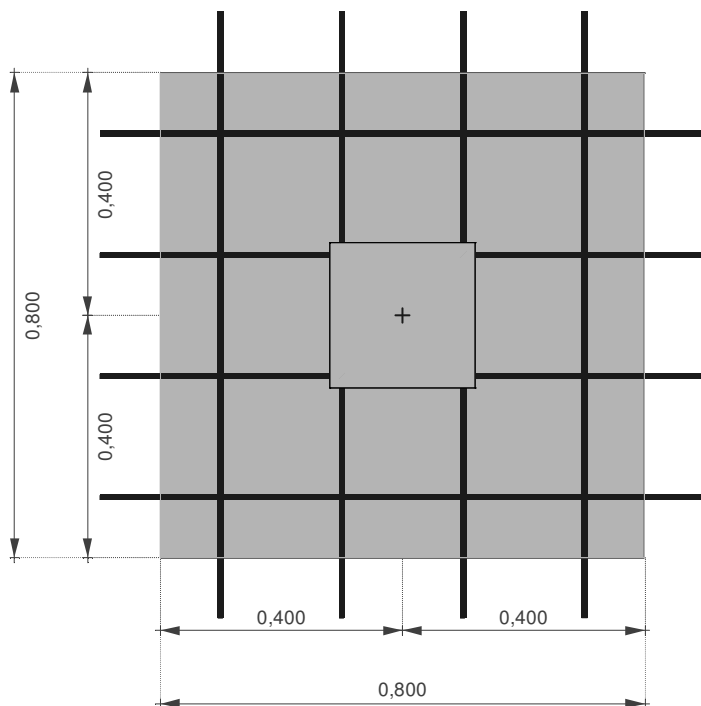
$$= 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ m} > 0,25 \text{ m} \rightarrow s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_{\varnothing}}{a_{s,1}} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,0003055} = 0,25709 \text{ m} > s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} !! \rightarrow s = s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s1,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,25} = 314 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$



## 8. Wyznaczanie osiadania

Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża

PN-EN 1997-1 Załącznik F

### 8.1. Współczynniki częściowe

Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1
Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1
Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1

PN-EN 1997-12.4.8 (2) Wartość współczynnika częściowego dla stanu granicznego użyteczności powinna normalnie wynosić 1.0.

Efektywne naprężenie od nadkładu w podstawie fundamentu:

$$q' = \gamma_y \cdot q'_k = 1 \cdot 16,187 = 16,187 \text{ kPa}$$

## 8.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: [c.w.+stałe] (SGU Quasi-stała)

$$F_x = 0,00021316 \text{ kN} \quad F_y = -0,084412 \text{ kN} \quad F_z = -7,1646 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-7,1646) = 7,1646 \text{ kN}$$

## 8.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0,00021316 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = (-0,084412) = -0,084412 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 7,1646 + (4,7088 + 5,999 + 1,3812) \cdot 1 = 19,254 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej ( $V_d$ ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h + h_b) + (G_{fk} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{7,1646 \cdot 0 + 0 + 0,00021316 \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,999 \cdot 0) \cdot 1}{19,254} = 0 \text{ m} \quad e_y =$$

$$= \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h + h_b) + (G_{fk} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{7,1646 \cdot 0 - 0 + (-0,084412) \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,999 \cdot 0) \cdot 1}{19,254} = -0,002 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

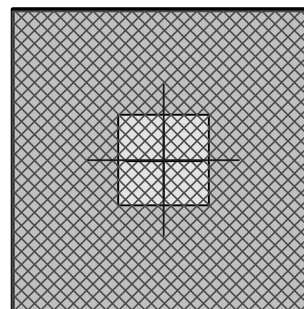
$$B' = \left( \frac{b_y}{2} - |e_y| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |(-0,002)| \right) \cdot 2 = 0,796 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = \left( \frac{b_x}{2} - |e_x| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |0| \right) \cdot 2 = 0,8 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,796 \cdot 0,8 = 0,6368 \text{ m}^2$$



Naprężenie normalne pod narożnikiem prostokątnej powierzchni obciążenia na głębokości  $z$  wynosi:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \text{Arc tg} \left( \frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2 + b^2) - 2 \cdot a \cdot z \cdot (r - z)}{z \cdot (a^2 + b^2) \cdot (r - z) - z \cdot (r - z)^2} \right) + \frac{b \cdot z}{b^2 + z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2 + z^2)}{(a^2 + z^2) \cdot r} \right]$$

za Steinbrennerem

gdzie:

$p$  jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na powierzchni nacisku

$a$  i  $b$  są długością i szerokością prostokątnej powierzchni nacisku

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$$

Naprężenie w punkcie charakterystycznym:

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

	a	b
$\sigma_{z,I}$	$0,13 \cdot L' = 0,13 \cdot 0,8 = 0,104 \text{ m}$	$0,13 \cdot B' = 0,13 \cdot 0,796 = 0,10322 \text{ m}$
$\sigma_{z,II}$	$0,87 \cdot L' = 0,87 \cdot 0,8 = 0,696 \text{ m}$	$0,13 \cdot B' = 0,13 \cdot 0,796 = 0,10322 \text{ m}$
$\sigma_{z,III}$	$0,87 \cdot L' = 0,87 \cdot 0,8 = 0,696 \text{ m}$	$0,87 \cdot B' = 0,87 \cdot 0,796 = 0,69078 \text{ m}$
$\sigma_{z,IV}$	$0,87 \cdot B' = 0,87 \cdot 0,796 = 0,69078 \text{ m}$	$0,13 \cdot L' = 0,13 \cdot 0,8 = 0,104 \text{ m}$

Odległość punktu charakterystycznego do osi środkowych powierzchni obciążonej wynosi  $0,37 \cdot B'$  i  $0,37 \cdot L'$ .

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem w poziomie posadowienia:

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{19,254}{0,6368} = 30,235 \text{ kPa}$$

$$p = q_{E,d} - q' = 30,235 - 16,187 = 14,048 \text{ kPa}$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem na głębokości oddziaływania:  $\sigma_{D_{lim}} = 4,965 \text{ kPa}$

Efektywne naprężenie od nadkładu na głębokości oddziaływania:  $q_{D_{lim}} = 24,825 \text{ kPa}$

Głębokość oddziaływania:  $D_{lim} = -1,6369 \text{ m}$  Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu. PN-EN 1997-1 6.6.2 (6)

Osiadanie:  $s = \Sigma s_i = 0,555 \text{ mm} < s_{lim} = 50,000 \text{ mm}$  spełniony

Referencyjna warstwa gruntu: ESL - (Luźny, suchy, piasek drobny)

Moduł ściśliwości referencyjnej warstwy gruntu:  $E_{s,ref} = 10000 \text{ kPa}$

Gęstość referencyjnej warstwy gruntu:  $\rho_{s,ref} = 1500 \text{ kg/m}^3$

**Naprężenia i osiadanie w warstwach podłoża**

$i$	$z_0$ [m]	$h_i$ [m]	$h_{i,eq}$ [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$q'$ [kPa]	$\sigma_z/q'$ [%]	$s_i$ [mm]	$\Sigma s_i$ [mm]
0.	0	0	0	0	0	–	0	0
1.	– 0,1	0,1	0,1	0	1,4715	0	0	0
2.	– 0,2	0,1	0,1	0	2,943	0	0	0
3.	– 0,3	0,1	0,1	0	4,4145	0	0	0
4.	– 0,4	0,1	0,1	0	5,886	0	0	0
5.	– 0,5	0,1	0,1	0	7,3575	0	0	0
6.	– 0,6	0,1	0,1	0	8,829	0	0	0
7.	– 0,7	0,1	0,1	0	10,301	0	0	0
8.	– 0,8	0,1	0,1	0	11,772	0	0	0
9.	– 0,9	0,1	0,1	0	13,243	0	0	0
10.	– 1	0,1	0,1	0	14,715	0	0	0
11.	– 1,1	0,1	0,1	14,048	16,187	86,791	0	0
12.	– 1,2	0,1	0,1	11,85	17,658	67,109	0,129	0,129
13.	– 1,3	0,1	0,1	8,6473	19,13	45,204	0,102	0,232
14.	– 1,4	0,1	0,1	6,844	20,601	33,222	0,077	0,309
15.	– 1,5	0,1	0,1	5,7288	22,073	25,954	0,114	0,424
16.	– 1,6	0,1	0,069483	5,1461	24,084	21,368	0,099	0,523
17.	– 1,6369	0,036857	0,02561	4,965	24,825	20	0,033	0,555
18.	– 1,7	0,063143	0,043873	4,6546	26,095	17,837	0,056	0,612
19.	– 1,8	0,1	0,069483	4,227	28,106	15,04	0,081	0,692
20.	– 1,9	0,1	0,069483	3,8486	30,117	12,779	0,073	0,766
21.	– 2	0,1	0,069483	3,5108	32,128	10,928	0,067	0,833
22.	– 2,1	0,1	0,069483	3,2081	34,139	9,3971	0,061	0,894

gdzie:

$z_0$  : Głębokość

$h_i$  : Grubość warstwy gruntu

$h_{i,eq}$  : Równoważna grubość

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left( \frac{E_{s,i}}{E_{s,ref}} \cdot \frac{\rho_{s,ref}}{\rho_{s,i}} \right)^{\frac{1}{2,5}}$$

gdzie:

$\rho_{s,i}$  : Gęstość warstwy gruntu

$E_{s,i}$  : Moduł ściśliwości warstwy gruntu

$E_{s,ref}$  : Moduł ściśliwości referencyjnej warstwy gruntu

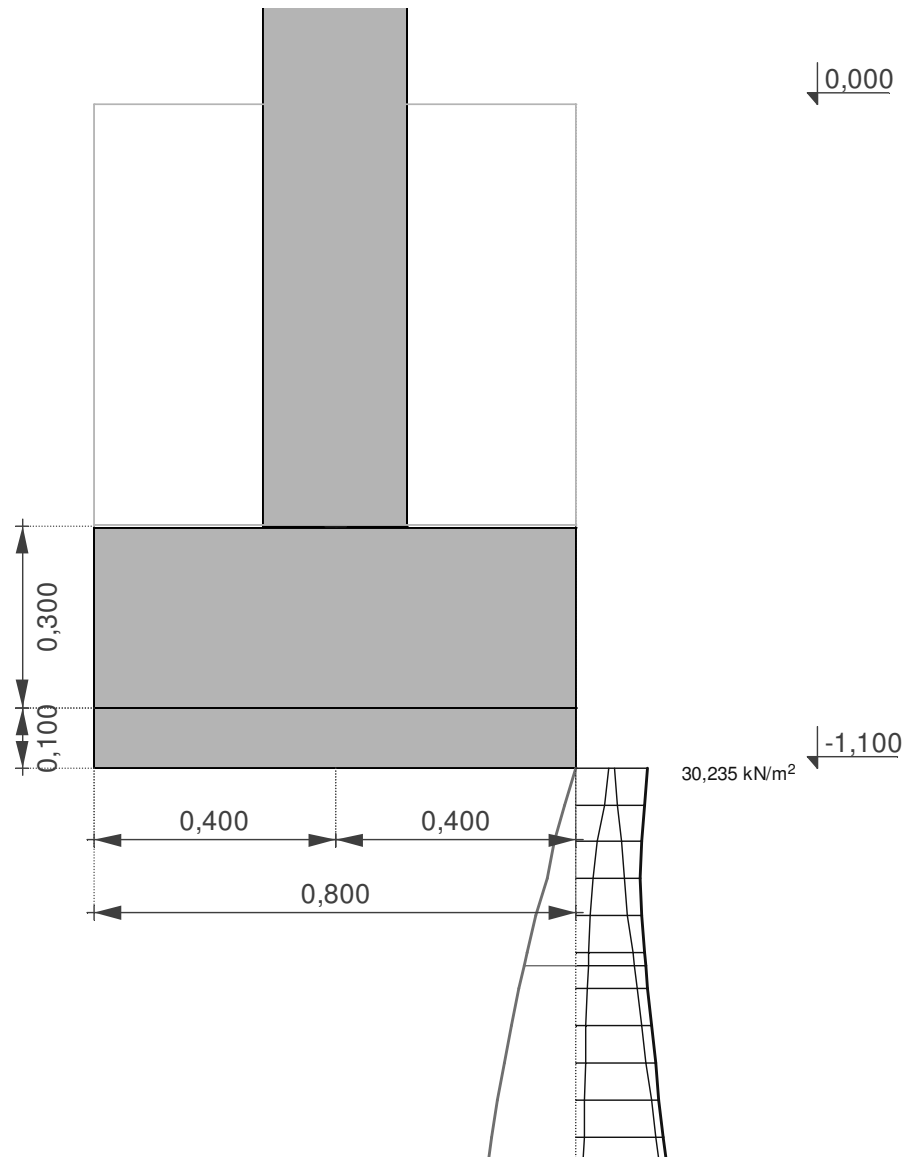
$\rho_{s,ref}$  : Gęstość referencyjnej warstwy gruntu

$\sigma_z$  : Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem

$q'$  : Efektywne naprężenie od nadkładu

$s_i$  : Osiadanie warstwy gruntu

$\Sigma s_i$  : Całkowite osiadanie na danej głębokości





# Wymiarowanie stóp fundamentowych

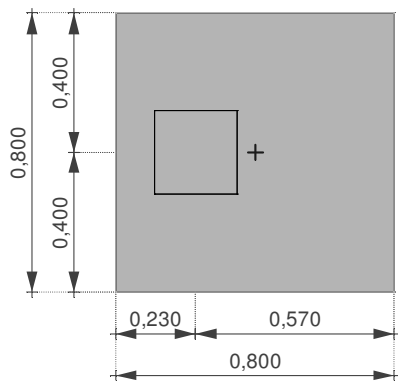
Norma: Eurokod [PL]

## 1. Parametry gruntu

Nazwa	Opis	Rzędna wierzchu $z_i$ [m]	Grubość $h_i$ [m]	Gęstość $\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Kąt tarcia wewn. $\varphi$ [°]	Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym $\varphi_{cv}$ [°]	Spójność $c$ [kPa]	Moc ścisła war. gr.
ESL	Luźny, suchy, piasek drobny	0	3	1500	30,00	32,00	–	10

## 2. Fundament

### Geometria:



### Materiały

Beton: C20/25 ( $f_{ck} = 20$  MPa)

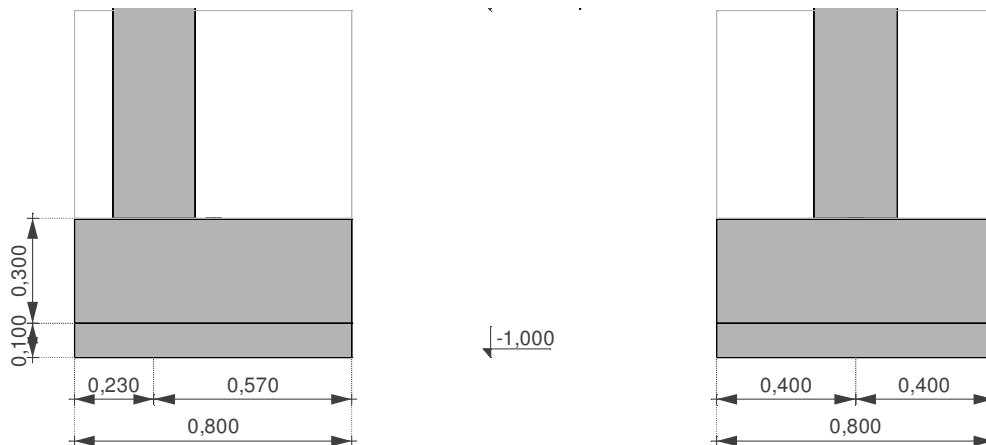
gęstość (beton):  $\rho_C = 2200$  kg/m<sup>3</sup>

gęstość (Żelbet):  $\rho_{RC} = 2500$  kg/m<sup>3</sup>

Stal zbrojeniowa:

Zbrojenie podłużne: B500A

$f_{yk} = 500$  MPa



Głębokość posadowienia:  $D = 1 \text{ m}$

## 2.1. Nacisk od nadkładu

Charakterystyczny efektywny nacisk od nadkładu w poziomie posadowienia:

$$q'_k = \gamma_s \cdot D = 14,715 \cdot 1 = 14,715 \text{ kPa}$$

Charakterystyczna wartość ciężaru objętościowego materiałów:

$$\text{Beton: } \gamma_{C,k} = \rho_C \cdot g \cdot 10^{-3} = 2200 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 21,582 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Żelbet: } \gamma_{RC,k} = \rho_{RC} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2500 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 24,525 \text{ kN/m}^3$$

## 2.2. Fundament

Szerokość stopy fundamentowej:  $B = 0,8 \text{ m}$

Długość stopy fundamentowej:  $L = 0,8 \text{ m}$

Grubość płyty:  $h = 0,3 \text{ m}$

Objętość fundamentu:  $V_f = 0,192 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu:  $G_{f,k} = V_f \cdot \gamma_{RC,k} = 0,192 \cdot 24,525 = 4,7088 \text{ kN (}\downarrow\text{)}$

## 2.3. Podbeton

Grubość podbetonu:  $h_b = 0,1 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru podbetonu:  $G_{b,k} = B \cdot L \cdot h_b \cdot \gamma_{C,k} = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,1 \cdot 21,582 = 1,3812 \text{ kN (}\downarrow\text{)}$

## 2.4. Grunt zasypowy

Materiał: Luźny, suchy, piasek drobny (ESL)

Gęstość gruntu zasypowego:  $\rho_{bf} = 1500 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy gruntu zasypowego:  $\gamma_{bf,k} = \rho_{bf} \cdot g \cdot 10^{-3} = 1500 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 14,715 \text{ kN/m}^3$

Objętość gruntu zasypowego:  $V_{bf} = 0,34944 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru gruntu zasypowego:  $G_{bf,k} = V_{bf} \cdot \gamma_{bf,k} = 0,34944 \cdot 14,715 = 5,142 \text{ kN} (\downarrow)$

Mimośród mierzony od środka ciężkości do środka podstawy fundamentu:  $e_{bf,x} = 0,017 \text{ m}$   $e_{bf,y} =$

### 3. Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN-EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\phi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	$\gamma_{qu}$	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

#### 3.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:  $\phi'_d = \arctan \frac{\tan \phi'_k}{\gamma_{\phi'}} = \arctan \frac{\tan 30,00^\circ}{1} = 30,00^\circ$

Ciężar objętościowy:  $\gamma'_d = \frac{\gamma'_k}{\gamma_{\gamma'}} = \frac{14,715}{1} = 14,715 \text{ kN/m}^3$

#### 3.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia:  $[1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{c.w.} + 1,35 \cdot 0,85 \cdot \text{stale}] \{1,5 \cdot \text{Śnieg DX}+\} (0,6 \cdot 1,5 \cdot \text{Wiatr [zadaszenie] X} + \text{S.O})$   
(A1(b))

$$F_x = 1,1591 \cdot 10^{-5} \text{ kN} \quad F_y = -0,23056 \text{ kN} \quad F_z = -28,658 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-28,658) = 28,658 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej ( V ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_{0x} = -0,17 \text{ m} \quad e_{0y} = 0 \text{ m}$$

### 3.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 1,1591 \cdot 10^{-5} \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = (-0,23056) = -0,23056 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} =$$

$$= \sqrt{1,1591 \cdot 10^{-5}^2 + (-0,23056)^2} = 0,23056 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 28,658 + (4,7088 + 5,142 + 1,3812) \cdot 1,35 = 43,821 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej ( V<sub>d</sub> ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h + h_b) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{28,658 \cdot (-0,17) + 0 + 1,1591 \cdot 10^{-5} \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,142 \cdot 0,017) \cdot 1,35}{43,821} = -0,108 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h + h_b) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{28,658 \cdot 0 - 0 + (-0,23056) \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,142 \cdot 0) \cdot 1,35}{43,821} = -0,002 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

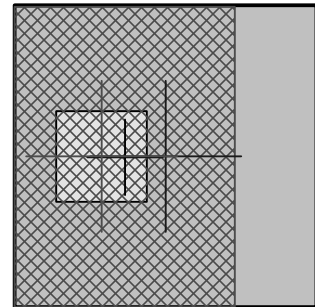
$$B' = \left( \frac{b_x}{2} - |e_x| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |(-0,108)| \right) \cdot 2 = 0,584 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = \left( \frac{b_y}{2} - |e_y| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |(-0,002)| \right) \cdot 2 = 0,796 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,584 \cdot 0,796 = 0,46486 \text{ m}^2$$



Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \frac{q'_k}{\gamma_{\gamma'}} = \frac{14,715}{1} = 14,715 \text{ kPa}$$

### 3.4. Nośność podłoża - Warunki z odpływem

#### 3.4.1. Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń PN-EN 1997-1 Załącznik D D.4

##### 3.4.1.1. Współczynniki nośności

$$N_q = e^{(\pi \cdot \tan \varphi'_d)} \cdot \tan^2 \left( 45,00^\circ + \frac{\varphi'_d}{2} \right) = e^{(3,1416 \cdot \tan 30,00^\circ)} \cdot \tan^2 \left( 45,00^\circ + \frac{30,00^\circ}{2} \right) = 18,401$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'_d = 2 \cdot (18,401 - 1) \cdot \tan 30,00^\circ = 20,093$$

#### 3.4.1.2. Współczynniki nachylenia podstawy

Nachylenie podstawy:  $\alpha_i = 0^\circ$

$$b_q = b_\gamma = 1 = 1$$

#### 3.4.1.3. Współczynniki kształtu podstawy fundamentu

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi'_d = 1 + \frac{0,584}{0,796} \cdot \sin 30,00^\circ = 1,3668$$

$$s_\gamma = 1 - \frac{0,3 \cdot B'}{L'} = 1 - \frac{0,3 \cdot 0,584}{0,796} = 0,7799$$

#### 3.4.1.4. Współczynniki nachylenia obciążenia

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{0,584}{0,796}}{1 + \frac{0,584}{0,796}} = 1,5768 \quad m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} = \frac{2 + \frac{0,796}{0,584}}{1 + \frac{0,796}{0,584}} = 1,4232$$

$$H_B = F_x = 1,1591 \cdot 10^{-5} \text{ kN} \quad H_L = F_y = (-0,23056) = -0,23056 \text{ kN}$$

$$\Theta = \arctan \frac{H_B}{H_L} = \arctan \frac{1,1591 \cdot 10^{-5}}{(-0,23056)} = 180,00^\circ$$

$$m = m_\Theta = 1,4232$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H_d}{V_d + A' \cdot c'_d \cdot \cot \varphi'_d} \right)^{(m+1)} = \left( 1 - \frac{0,23056}{43,821 + 0,46486 \cdot 0 \cdot \cot 30,00^\circ} \right)^{(1,4232+1)} = 0,9873$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{H_d}{V_d + A' \cdot c'_d \cdot \cot \varphi'_d} \right)^m = \left( 1 - \frac{0,23056}{43,821 + 0,46486 \cdot 0 \cdot \cot 30,00^\circ} \right)^{1,4232} = 0,99252$$

### 3.5. Nośność podłoża

$$R_d = \frac{A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma'_d \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)}{\gamma_{R,v}} = \frac{0,46486 \cdot (14,715 \cdot 18,401 \cdot 1 \cdot 1,3668 \cdot 0,99252 + 0,5 \cdot 14,715 \cdot 0,584 \cdot 20,093 \cdot 1 \cdot 0,7799 \cdot 0,9873)}{1,4} = 144,04 \text{ kN}$$

### 3.6. Wykorzystanie nośności

$$\Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_d} = \frac{43,821}{144,04} = 0,30422 < \Lambda_{R,v,lim} = 1 \text{ spełniony}$$

## 4. Warunek mimośrod

Współczynnik graniczny dla mimośrod:  $\gamma_{ecc,lim} = 0,33$

$\begin{matrix} F_x \\ F_y \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} F_z \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} M_x \\ M_y \\ [kNm] \end{matrix}$	$\begin{matrix} V_d \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} e_x \\ e_y \\ [m] \end{matrix}$	$\gamma_{ecc}$	$\begin{matrix} \checkmark \\ \times \end{matrix}$	Przypadek obciążenia
$\begin{matrix} -0,00030016 \\ -0,061963 \end{matrix}$	-9,2184	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	20,45	$\begin{matrix} -0,072 \\ -0,001 \end{matrix}$	0,091	$\checkmark$	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Wiatr [zadaszenie S.O] (0,5*1,5*Śnieg UD)
$\begin{matrix} 1,1591 \cdot 10^{-5} \\ -0,23056 \end{matrix}$	-28,658	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	39,89	$\begin{matrix} -0,12 \\ -0,002 \end{matrix}$	0,151	$\checkmark$	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnieg DX +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie] X+.S.)
$\begin{matrix} 0,00022204 \\ -0,035398 \end{matrix}$	-7,7578	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	18,99	$\begin{matrix} -0,065 \\ -0,001 \end{matrix}$	0,082	$\checkmark$	[c.w.+stale] {1,5*Wiatr [zadaszenie] +P.O}
$\begin{matrix} -0,00023093 \\ 0,06708 \end{matrix}$	5,9962	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	5,2358	$\begin{matrix} 0,211 \\ 0,005 \end{matrix}$	<b>0,264</b>	$\checkmark$	[c.w. +stale] {1,5*Wiatr [zadaszenie] X-.S.)
$\begin{matrix} -2,3981 \cdot 10^{-5} \\ -0,060719 \end{matrix}$	-9,0254	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	20,257	$\begin{matrix} -0,071 \\ -0,001 \end{matrix}$	0,089	$\checkmark$	[1,35*c.w.+1,35*stale]
$\begin{matrix} -1,7764 \cdot 10^{-5} \\ -0,044977 \end{matrix}$	-6,6855	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	17,918	$\begin{matrix} -0,059 \\ -0,001 \end{matrix}$	0,074	$\checkmark$	[c.w.+stale]
$\begin{matrix} -0,00026024 \\ -0,053949 \end{matrix}$	-8,026	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	19,258	$\begin{matrix} -0,066 \\ -0,001 \end{matrix}$	0,083	$\checkmark$	[c.w. +stale] {1,3*Wiatr [zadaszenie] Y-.S.O ,5*1,3*Śnieg UD)
$\begin{matrix} 9,9476 \cdot 10^{-6} \\ -0,20007 \end{matrix}$	-24,873	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	36,105	$\begin{matrix} -0,115 \\ -0,002 \end{matrix}$	0,144	$\checkmark$	[c.w.+stale] {1,3*Śnieg DX +} (0,6*1,3*Wiatr [zadaszenie] X+.S.)
$\begin{matrix} 0,00019007 \\ -0,036676 \end{matrix}$	-7,6148	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	18,847	$\begin{matrix} -0,064 \\ -0,001 \end{matrix}$	0,081	$\checkmark$	[c.w.+stale] {1,3*Wiatr [zadaszenie] +P.O}
$\begin{matrix} -0,0002025 \\ 0,052139 \end{matrix}$	4,3053	$\begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix}$	6,9267	$\begin{matrix} 0,118 \\ 0,003 \end{matrix}$	0,148	$\checkmark$	[c.w. +stale] {1,3*Wiatr [zadaszenie] X-.S.)

gdzie:

$$V_d = -F_z + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav}$$

$$\gamma_{ecc} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2} \quad \text{Wartości mimośrodków uwzględniają dodatkowy moment w poziomie}$$

posadowienia od sił poziomych

$\gamma_{G,unfav}$  : Współczynnik częściowy ciężaru własnego fundamentu

### Mimośród miarodajny

#### 4.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: [c.w.+stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] X-.S.O} (A1(b))

$$F_x = -0,00023093 \text{ kN} \quad F_y = 0,06708 \text{ kN} \quad F_z = 5,9962 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -5,9962 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej ( V ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_{0x} = -0,17 \text{ m} \quad e_{0y} = 0 \text{ m}$$

#### 4.2. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = (-0,00023093) = -0,00023093 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0,06708 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bfk} + G_{bk}) \cdot \gamma_{Gfav} = (-5,9962) + (4,7088 + 5,142 + 1,3812) \cdot 1 = 5,2358 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej ( V<sub>d</sub> ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h + h_b) + (G_{fk} \cdot e_{fx} + G_{bfk} \cdot e_{bfx}) \cdot \gamma_{Gfav}}{V_d} =$$

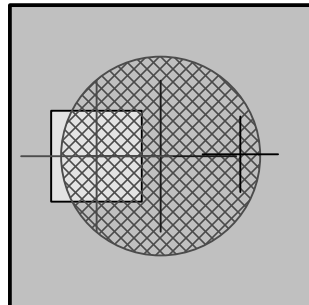
$$= \frac{(-5,9962) \cdot (-0,17) + 0 + (-0,00023093) \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,142 \cdot 0,017) \cdot 1}{5,2358} = 0,211 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h + h_b) + (G_{fk} \cdot e_{fy} + G_{bfk} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{Gfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{(-5,9962) \cdot 0 - 0 + 0,06708 \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,142 \cdot 0) \cdot 1}{5,2358} = 0,005 \text{ m}$$

Wartość stosunku mimośrodu do wymiaru fundamentu:

$$\gamma_{ecc,max} = \sqrt{\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,211}{0,8}\right)^2 + \left(\frac{0,005}{0,8}\right)^2} = 0,26382 < \gamma_{ecc,lim} = 0,33 \text{ spełniony}$$



## 5. Warunek stateczności

### 5.1. Os obrotu

Wartość stosunku odległości między osią obrotu a krawędzią fundamentu do wymiaru fundamentu:  $\gamma_{\omega} = 0,1$

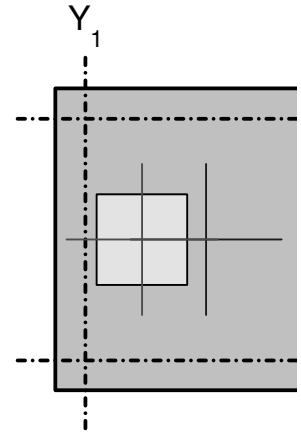
Odległość między osią obrotu a środkiem podstawy fundamentu:

$$e_{EQU,x2} = b_x \cdot (0,5 - \gamma_{\omega}) = 0,8 \cdot (0,5 - 0,1) = 0,32 \text{ m}$$

$$e_{EQU,x1} = -e_{EQU,x2} = -0,32 \text{ m}$$

$$e_{EQU,y2} = b_y \cdot (0,5 - \gamma_{\omega}) = 0,8 \cdot (0,5 - 0,1) = 0,32 \text{ m}$$

$$e_{EQU,y1} = -e_{EQU,y2} = -0,32 \text{ m}$$



### 5.2. Stabilizujący wpływ fundamentu

Współczynnik częściowy dla korzystnego (stabilizującego) oddziaływania stałego:  $\gamma_{G,stab} = 0,9$

Moment stabilizujący od ciężaru własnego fundamentu:

$$M_{G,stab,x1} = (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot e_{EQU,y1} \cdot \gamma_{G,stab} = (4,7088 + 1,3812 + 5,142) \cdot (-0,32) \cdot 0,9 = -3,2348 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,y1} = (G_{fk} \cdot (-e_{EQU,x1}) + G_{bk} \cdot (-e_{EQU,x1}) + G_{bfk} \cdot (-e_{EQU,x1} - e_{bfk})) \cdot \gamma_{G,stab} =$$

$$= (4,7088 \cdot (-(-0,32)) + 1,3812 \cdot (-(-0,32)) + 5,142 \cdot (-(-0,32) - 0,017)) \cdot 0,9 = 3,1562 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,x2} = (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot e_{EQU,y2} \cdot \gamma_{G,stab} = (4,7088 + 1,3812 + 5,142) \cdot 0,32 \cdot 0,9 = 3,2348 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,y2} = (G_{fk} \cdot (-e_{EQU,x2}) + G_{bk} \cdot (-e_{EQU,x2}) + G_{bfk} \cdot (-e_{EQU,x2} - e_{bfk})) \cdot \gamma_{G,stab} =$$

$$= (4,7088 \cdot (-0,32) + 1,3812 \cdot (-0,32) + 5,142 \cdot (-0,32 - 0,017)) \cdot 0,9 = -3,3135 \text{ kNm}$$

### 5.3. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia:  $[0,9 \cdot \text{c.w.} + 0,9 \cdot \text{stałe}] \{1,5 \cdot \text{Wiatr [zadaszenie] X-S.O}\} \text{ (EQU)}$

$$F_x = -0,00022915 \text{ kN} \quad F_y = 0,071577 \text{ kN} \quad F_z = 6,6648 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -6,6648 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej ( $V$ ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_{0x} = -0,17 \text{ m} \quad e_{0y} = 0 \text{ m}$$

### 5.4. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $x_1$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{x1,stab} = M_{G,stab,x1} - F_y \cdot (h + h_b) = (-3,2348) - 0,071577 \cdot (0,3 + 0,1) = -3,2635 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{x1,dst} = V \cdot e_{EQU,y1} = (-6,6648) \cdot (-0,32) = 2,1327 \text{ kNm}$$



Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,x1} = \left| \frac{M_{x1,dst}}{M_{x1,stab}} \right| = \left| \frac{2,1327}{(-3,2635)} \right| = 0,654 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

### 5.5. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $x_2$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{x2,stab} = M_{G,stab,x2} = 3,2348 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{x2,dst} = V \cdot e_{EQU,y2} - F_y \cdot (h + h_b) = (-6,6648) \cdot 0,32 - 0,071577 \cdot (0,3 + 0,1) = -2,1614 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,x2} = \left| \frac{M_{x2,dst}}{M_{x2,stab}} \right| = \left| \frac{(-2,1614)}{3,2348} \right| = 0,668 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

### 5.6. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $y_1$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{y1,stab} = M_{G,stab,y1} = 3,1562 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$\begin{aligned} M_{y1,dst} &= -V \cdot (e_{EQU,x1} - e_{0x}) + F_x \cdot (h + h_b) = \\ &= -(-6,6648) \cdot ((-0,32) - (-0,17)) + (-0,00022915) \cdot (0,3 + 0,1) = -0,99981 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,y1} = \left| \frac{M_{y1,dst}}{M_{y1,stab}} \right| = \left| \frac{(-0,99981)}{3,1562} \right| = 0,317 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

### 5.7. Sprawdzenie obrotu wokół osi - $y_2$ -

Moment stabilizujący:

$$M_{y2,stab} = M_{G,stab,y2} + F_x \cdot (h + h_b) = (-3,3135) + (-0,00022915) \cdot (0,3 + 0,1) = -3,3136 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{y2,dst} = -V \cdot (e_{EQU,x2} - e_{0x}) = -(-6,6648) \cdot (0,32 - (-0,17)) = 3,2658 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,y2} = \left| \frac{M_{y2,dst}}{M_{y2,stab}} \right| = \left| \frac{3,2658}{(-3,3136)} \right| = 0,986 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

### 5.8. Max. stopień wykorzystania

$$\Lambda_{EQU,max} = \Lambda_{EQU,y2} = 0,986 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \text{spełniony}$$

## 6. Obliczenie przesunięcia (poślizgu)

## 6.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: [c.w.+stale] {1,5\*Wiatr [zadaszenie] X-.S.O} (A1(b))

$$F_x = -0,00023093 \text{ kN} \quad F_y = 0,06708 \text{ kN} \quad F_z = 5,9962 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -5,9962 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_{0x} = -0,17 \text{ m} \quad e_{0y} = 0 \text{ m}$$

Współczynnik skalowania składowych sił od gruntu:

$$k_m = \frac{F_x}{b_y} \cdot \frac{b_x}{F_y} = \frac{(-0,00023093)}{0,8} \cdot \frac{0,8}{0,06708} = -0,0034426$$

## 6.2. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na gruncie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2}(Decydująca)

PN-EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\varphi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	$\gamma_{qu}$	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

### 6.2.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu:  $\rho_s = 1500 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma_{\gamma'} = \frac{\rho_s \cdot g}{\gamma_{\gamma'}} \cdot 10^{-3} = \frac{1500 \cdot 9,810}{1} \cdot 10^{-3} = 14,715 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym:  $\varphi_{cv} = 32,00^\circ$

### 6.2.2. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = (-0,00023093) = -0,00023093 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0,06708 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} =$$

$$= \sqrt{(-0,00023093)^2 + 0,06708^2} = 0,06708 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = (-5,9962) + (4,7088 + 5,142 + 1,3812) \cdot 1 = 5,2358 \text{ kN} (\downarrow)$$

### 6.2.3. Nośność na przesunięcie (poślizg) z odpływem

Charakterystyczna wartość kąta tarcia na styku grunt-konstrukcja:

$$\delta_k = \varphi_{cv} = 32,00^\circ$$

Nośność na ścinanie: PN-EN 1997-1 6.5.3 (8)P (6.3b) (2.4.7.3.3 (1) (2.7.b))

$$R_{d,Hs} = \frac{V_d \cdot \tan \delta_k}{\gamma_{R,H}} = \frac{5,2358 \cdot \tan 32,00^\circ}{1,1} = 2,9743 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):

$$\Lambda_{R,Hs} = \left| \frac{H_d}{R_{d,Hs}} \right| = \left| \frac{0,06708}{2,9743} \right| = 0,023 < \Lambda_{R,Hs,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

## 6.3. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na podbetonie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2}(Decydująca)

PN-EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\varphi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	$\gamma_{cu}$	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	$\gamma_{qu}$	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

### 6.3.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu podbetonu

$$H_{dx} = F_x = (-0,00023093) = -0,00023093 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0,06708 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} =$$

$$= \sqrt{(-0,00023093)^2 + 0,06708^2} = 0,06708 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G_{fav}} = (-5,9962) + (4,7088 + 5,142) \cdot 1 = 3,8546 \text{ kN} (\downarrow)$$

Współczynnik tarcia między fundamentem a podbetonem:  $\mu_{cc} = 0,7$

Współczynnik częściowy dla tarcia między elementami:  $\gamma_{\mu} = 1$

$$\text{Nośność na przesunięcie (poślizg):} \quad R_{d,Hb} = \frac{V_d \cdot \mu_{cc}}{\gamma_{\mu}} = \frac{3,8546 \cdot 0,7}{1} = 2,6982 \text{ kN}$$

$$\text{Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):} \quad \Lambda_{R,h,b} = \left| \frac{H_d}{R_{d,Hb}} \right| = \left| \frac{0,06708}{2,6982} \right| = 0,025 < \Lambda_{R,h,b,lim} = 1,000$$

spełniony

## 7. Sprawdzenie fundamentu

### 7.1. Wymiarowanie zbrojenia

Zbrojenie podłużne:  $\varnothing 10 \text{ mm}$  ( $A_{\varnothing} = 79 \text{ mm}^2$ )

Położenie pręta zbr.:

$$u_{T,x} = 0,055 \text{ m}$$

$$u_{T,y} = 0,065 \text{ m}$$

$$u_{B,x} = 0,055 \text{ m}$$

$$u_{B,y} = 0,065 \text{ m}$$

### 7.2. Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

Współczynnik określający efektywną wysokość strefy ściskanej:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

Współczynnik określający efektywną wytrzymałość:

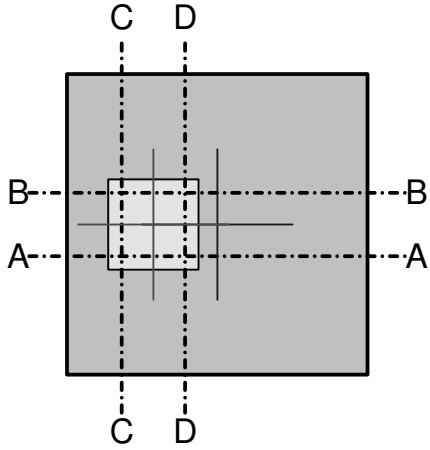
$$\eta = 1 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

$$\varepsilon_{c1} = 0,0019666$$

Graniczne odkształcenie betonu przy ściskaniu:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Wartość obliczeniowa modułu sprężystości stali zbrojeniowej:  $E_s = 200 \text{ GPa} = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$

		Momenty w analizowanych przekrojach poprzecznych	
		Wycinki	Przypadek obciążenia
		$m_d$ [kNm/m]	
A-A		<b>3,552</b>	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]
B-B		3,4626	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]
C-C		0,75823	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]
D-D		<b>2,5333</b>	[1,35*0,85*c.w. +1,35*0,85*stale] {1,5*Śnie; +} (0,6*1,5*Wiatr [zadaszenie]

### Sytuacja obliczeniowa: Trwała i przejściowa

Współczynnik częściowy betonu:  $\gamma_c = 1,4$  PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik częściowy stali zbrojeniowej:  $\gamma_s = 1,15$  PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik uwzględniający wpływ długotrwałych efektów na wytrzymałość betonu na ściskanie oraz niekorzystne skutki od sposobu przyłożenia obciążenia:

$$\alpha_{cc} = 1$$

Obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot \frac{20}{1,4} = 14,286 \text{ MPa} = 14286 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

Obliczeniowa efektywna wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 14286 = 14286 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

Obliczeniowa granica plastyczności stali zbrojeniowej:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Rys. 3.8}$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{cu1} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{0,0035}{0,0035 + \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,8 = 0,49339$$

### 7.2.1. Wymiarowanie zbrojenia na moment zginający $M_x$

#### 7.2.1.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny A i B

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_d = \max(m_{dA} ; m_{dB}) = \max(3,552 ; 3,4626) = 3,552 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{By} = 0,3 - 0,065 = 0,235 \text{ m}$$

$$x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,235 = 0,11595 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{f_{cd,eff}}} = 0,235 - \sqrt{0,235^2 - \frac{2 \cdot 3,552}{14286}} = 0,0010604 \text{ m} < x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,235 = 0,11595 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

Minimalne pole przekroju rozciąganego zbrojenia podłużnego: PN-EN 1992-1-1 9.2.2.1. (1) (9.1N)

$$a_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500} \cdot 0,235 = 0,00027011 \text{ m}^2/\text{m} < 0,0013 \cdot d = 0,0013 \cdot 0,235 = 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow$$

$$a_{s,min} = 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$a_{s,1} = \frac{x_c \cdot f_{cd,eff}}{f_{yd}} = \frac{0,0010604 \cdot 14286}{435000} = 3,4825 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} < a_{s,min} = 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow a_{s,1} = a_{s,min} =$$

$$= 0,0003055 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ m} > 0,25 \text{ m} \rightarrow s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_{\varnothing}}{a_{s,1}} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,0003055} = 0,25709 \text{ m} > s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} !! \rightarrow s = s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m}$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s1,prov} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,25} = 0,00031416 \text{ m}^2/\text{m} = 314 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10 \text{ mm}/250 \text{ mm})$$

### Sytuacja obliczeniowa: Trwała i przejściowa

Współczynnik częściowy betonu:  $\gamma_c = 1,4$  PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik częściowy stali zbrojeniowej:  $\gamma_s = 1,15$  PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik uwzględniający wpływ długotrwałych efektów na wytrzymałość betonu na ściskanie oraz niekorzystne skutki od sposobu przyłożenia obciążenia:

$$\alpha_{cc} = 1$$

Obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot \frac{20}{1,4} = 14,286 \text{ MPa} = 14286 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

Obliczeniowa efektywna wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 14286 = 14286 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

Obliczeniowa granica plastyczności stali zbrojeniowej:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Rys. 3.8}$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{cu1} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{0,0035}{0,0035 + \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,8 = 0,49339$$

## 7.2.2. Wymiarowanie zbrojenia na moment zginający $M_y$

### 7.2.2.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny C i D

#### Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_d = \max(m_{dC}; m_{dD}) = \max(0,75823; 2,5333) = 2,5333 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{Bx} = 0,3 - 0,055 = 0,245 \text{ m}$$

$$x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,245 = 0,12088 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{f_{cd,eff}}} = 0,245 - \sqrt{0,245^2 - \frac{2 \cdot 2,5333}{14286}} = 0,00072487 \text{ m} < x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,245 = 0,12088 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

Minimalne pole przekroju rozciąganego zbrojenia podłużnego: PN-EN 1992-1-1 9.2.2.1. (1) (9.1N)

$$a_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,2104}{500} \cdot 0,245 = 0,00028161 \text{ m}^2/\text{m} < 0,0013 \cdot d = 0,0013 \cdot 0,245 = 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow$$

$$a_{s,min} = 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$a_{s,1} = \frac{x_c \cdot f_{cd,eff}}{f_{yd}} = \frac{0,00072487 \cdot 14286}{435000} = 2,3805 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} < a_{s,min} = 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow a_{s,1} = a_{s,min} =$$

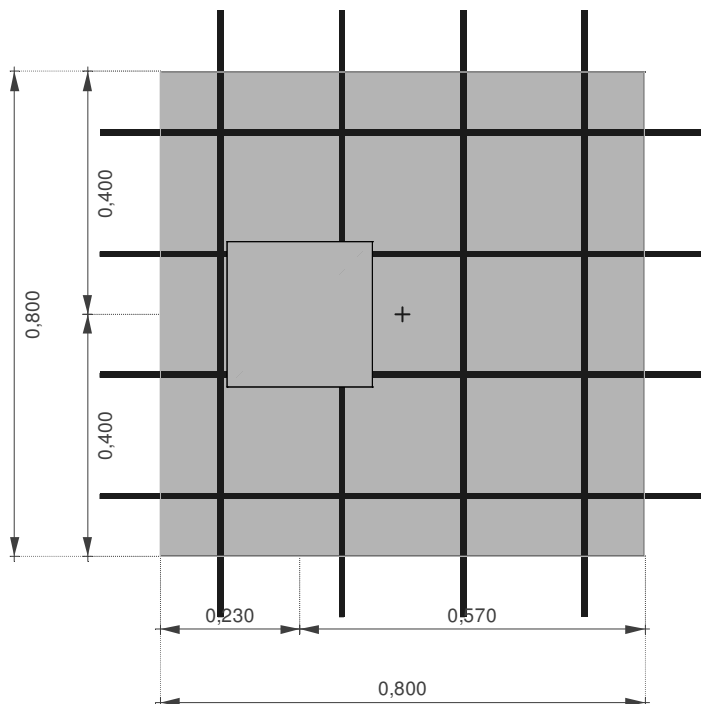
$$= 0,0003185 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ m} > 0,25 \text{ m} \rightarrow s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_\varnothing}{a_{s,1}} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,0003185} = 0,24659 \text{ m} < s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \checkmark$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s1,prov} = \frac{A_\varnothing}{s} = \frac{7,854 \cdot 10^{-5}}{0,24659} = 319 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 10 \text{ mm}/247 \text{ mm})$$



## 8. Wyznaczanie osiadania

Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża

PN-EN 1997-1 Załącznik F

### 8.1. Współczynniki częściowe

Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1
Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1
Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1

PN-EN 1997-12.4.8 (2) Wartość współczynnika częściowego dla stanu granicznego użyteczności powinna normalnie wynosić 1.0.

Efektywne naprężenie od nadkładu w podstawie fundamentu:

$$q' = \gamma_{\gamma'} \cdot q'_k = 1 \cdot 14,715 = 14,715 \text{ kPa}$$

### 8.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: [c.w.+stałe] (SGU Quasi-stała)



$$F_x = -1,7764 \cdot 10^{-5} \text{ kN} \quad F_y = -0,044977 \text{ kN} \quad F_z = -6,6855 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-6,6855) = 6,6855 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej ( $V$ ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_{0x} = -0,17 \text{ m} \quad e_{0y} = 0 \text{ m}$$

### 8.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = (-1,7764 \cdot 10^{-5}) = -1,7764 \cdot 10^{-5} \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = (-0,044977) = -0,044977 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 6,6855 + (4,7088 + 5,142 + 1,3812) \cdot 1 = 17,918 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej ( $V_d$ ) względem środka podstawy fundamentu:

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h + h_b) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{6,6855 \cdot (-0,17) + 0 + (-1,7764 \cdot 10^{-5}) \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,142 \cdot 0,017) \cdot 1}{17,918} = -0,059 \text{ m} \quad e_y =$$

$$= \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h + h_b) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

$$= \frac{6,6855 \cdot 0 - 0 + (-0,044977) \cdot (0,3 + 0,1) + (4,7088 \cdot 0 + 5,142 \cdot 0) \cdot 1}{17,918} = -0,001 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

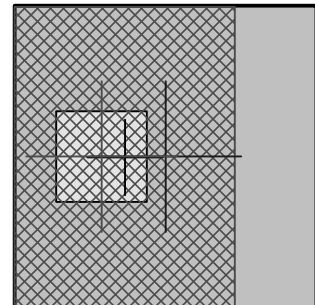
$$B' = \left( \frac{b_x}{2} - |e_x| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |(-0,059)| \right) \cdot 2 = 0,682 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = \left( \frac{b_y}{2} - |e_y| \right) \cdot 2 = \left( \frac{0,8}{2} - |(-0,001)| \right) \cdot 2 = 0,798 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,682 \cdot 0,798 = 0,54424 \text{ m}^2$$



Napężenie normalne pod narożnikiem prostokątnej powierzchni obciążenia na głębokości  $z$  wynosi:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \text{Arc tg} \left( \frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2 + b^2) - 2 \cdot a \cdot z \cdot (r - z)}{z \cdot (a^2 + b^2) \cdot (r - z) - z \cdot (r - z)^2} \right) + \frac{b \cdot z}{b^2 + z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2 + z^2)}{(a^2 + z^2) \cdot r} \right] \quad \text{za Steinbrennerem}$$

gdzie:

$p$  jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na powierzchni nacisku

$a$  i  $b$  są długością i szerokością prostokątnej powierzchni nacisku

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$$

Naprężenie w punkcie charakterystycznym:

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

	a	b
$\sigma_{z,I}$	$0,13 \cdot L' = 0,13 \cdot 0,798 = 0,10348 \text{ m}$	$0,13 \cdot B' = 0,13 \cdot 0,682 = 0,07592 \text{ m}$
$\sigma_{z,II}$	$0,87 \cdot L' = 0,87 \cdot 0,798 = 0,69252 \text{ m}$	$0,13 \cdot B' = 0,13 \cdot 0,682 = 0,07592 \text{ m}$
$\sigma_{z,III}$	$0,87 \cdot L' = 0,87 \cdot 0,798 = 0,69252 \text{ m}$	$0,87 \cdot B' = 0,87 \cdot 0,682 = 0,50808 \text{ m}$
$\sigma_{z,IV}$	$0,87 \cdot B' = 0,87 \cdot 0,682 = 0,50808 \text{ m}$	$0,13 \cdot L' = 0,13 \cdot 0,798 = 0,10348 \text{ m}$

Odległość punktu charakterystycznego do osi środkowych powierzchni obciążonej wynosi  $0,37 \cdot B'$  i  $0,37 \cdot L'$ .

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem w poziomie posadowienia:

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{17,918}{0,54424} = 32,922 \text{ kPa}$$

$$p = q_{E,d} - q' = 32,922 - 14,715 = 18,207 \text{ kPa}$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem na głębokości oddziaływania:  $\sigma_{D_{lim}} = 4,8142 \text{ kPa}$

Efektywne naprężenie od nadkładu na głębokości oddziaływania:  $q_{D_{lim}} = 24,071 \text{ kPa}$

Głębokość oddziaływania:  $D_{lim} = -1,6358 \text{ m}$  Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu. PN-EN 1997-1 6.6.2 (6)

Osiadanie:  $s = \Sigma s_i = 0,594 \text{ mm} < s_{lim} = 50,000 \text{ mm}$  spełniony

Referencyjna warstwa gruntu: ESL - (Luźny, suchy, piasek drobny)

Moduł ściśliwości referencyjnej warstwy gruntu:  $E_{s,ref} = 10000 \text{ kPa}$

Gęstość referencyjnej warstwy gruntu:  $\rho_{s,ref} = 1500 \text{ kg/m}^3$

#### Naprężenia i osiadanie w warstwach podłoża

i n	$z_0$ [m]	$h_i$ [m]	$h_{i,eq}$ [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$q'$ [kPa]	$\sigma_z/q'$ [%]	$s_i$ [mm]	$\Sigma s_i$ [mm]
0.	0	0	0	0	0	—	0	0
1.	-0,1	0,1	0,1	0	1,4715	0	0	0
2.	-0,2	0,1	0,1	0	2,943	0	0	0

3.	-0,3	0,1	0,1	0	4,4145	0	0	0
4.	-0,4	0,1	0,1	0	5,886	0	0	0
5.	-0,5	0,1	0,1	0	7,3575	0	0	0
6.	-0,6	0,1	0,1	0	8,829	0	0	0
7.	-0,7	0,1	0,1	0	10,301	0	0	0
8.	-0,8	0,1	0,1	0	11,772	0	0	0
9.	-0,9	0,1	0,1	0	13,243	0	0	0
10.	-1	0,1	0,1	18,207	14,715	123,73	0	0
11.	-1,1	0,1	0,1	14,701	16,187	90,824	0,165	0,165
12.	-1,2	0,1	0,1	10,445	17,658	59,15	0,126	0,290
13.	-1,3	0,1	0,1	8,229	19,13	43,017	0,093	0,384
14.	-1,4	0,1	0,1	6,863	20,601	33,314	0,075	0,459
15.	-1,5	0,1	0,1	5,8605	22,073	26,551	0,064	0,523
16.	-1,6	0,1	0,1	5,0548	23,544	21,47	0,055	0,577
17.	-1,6358	0,035819	0,035819	4,8142	24,071	20	0,017	0,594
18.	-1,7	0,064181	0,064181	4,3831	25,016	17,521	0,030	0,624
19.	-1,8	0,1	0,1	3,8159	26,487	14,407	0,041	0,665
20.	-1,9	0,1	0,1	3,3354	27,959	11,93	0,036	0,701
21.	-2	0,1	0,1	2,9277	29,43	9,948	0,031	0,733
22.	-2,1	0,1	0,1	2,5813	30,902	8,3532	0,028	0,760

gdzie:

$z_0$  : Głębokość

$h_i$  : Grubość warstwy gruntu

$h_{i,eq}$  : Równoważna grubość

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left( \frac{E_{s,i}}{E_{s,ref}} \cdot \frac{\rho_{s,ref}}{\rho_{s,i}} \right)^{\frac{1}{2,5}}$$

gdzie:

$\rho_{s,i}$  : Gęstość warstwy gruntu

$E_{s,i}$  : Moduł ściśliwości warstwy gruntu

$E_{s,ref}$  : Moduł ściśliwości referencyjnej warstwy gruntu

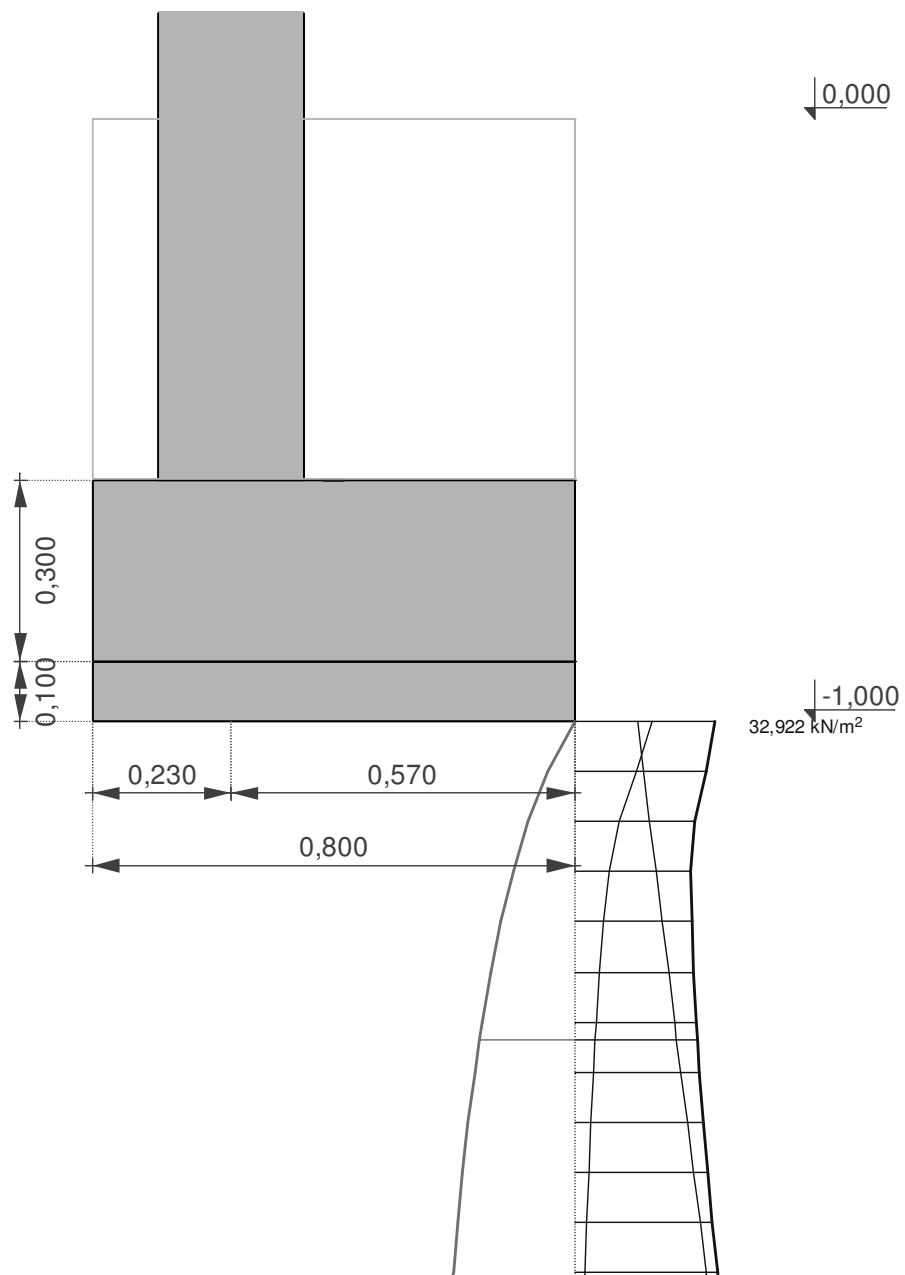
$\rho_{s,ref}$  : Gęstość referencyjnej warstwy gruntu

$\sigma_z$  : Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem

$q'$  : Efektywne naprężenie od nadkładu

$s_i$  : Osiadanie warstwy gruntu

$\Sigma s_i$  : Całkowite osiadanie na danej głębokości



## **Informacja dotycząca Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia**

### **Rozbudowa świetlicy wiejskiej poprzez dobudowę zadaszzonego tarasu**

Inwestor: **Gmina Kowalewo Pomorskie, ul. Konopnickiej 13, 87-410 Kowalewo Pomorskie**

Lokalizacja inwestycji: działka nr 40/41 obręb Piątkowo - jedn. ewid. 040504\_5, Gmina Kowalewo Pomorskie, powiat gołubsko-dobrzyński

**Opracował:**

**mgr inż. Łukasz Lachowski**

Kwiecień 2023

1. Zakres robót.

- roboty przygotowawcze i porządkowe
- zabezpieczenie terenu budowy przed osobami nieupoważnionymi
- zagospodarowanie terenu budowy
- dostawa oraz składowanie materiałów
- roboty rozbiórkowe
- roboty ziemne
- roboty żelbetowe
- roboty murarskie
- roboty izolacyjne
- roboty tynkarskie
- roboty ciesielskie
- roboty dekarские
- roboty z użyciem chemii budowlanej
- prace wykończeniowe
- roboty budowlano-montażowe
- roboty instalacyjne
- roboty elektryczne
- uporządkowanie terenu budowy po wykonaniu wszystkich czynności i robót budowlanych związanych z inwestycją

2. Istniejące obiekty budowlane.

Na działce znajdują się istniejące obiekty, ciągi komunikacyjne oraz zieleń niska i średniowysoka.

3. Elementy zagospodarowania terenu mogące stworzyć zagrożenie dla bezpieczeństwa i zdrowia ludzi.

Przed rozpoczęciem robót budowlanych należy zagospodarować plac budowy. Główny realizator wykonania inwestycji (główna firma budowlana lub Inwestor) obowiązany jest do pełnienia nadzoru nad przestrzeganiem na placu budowy przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz egzekwowania od podwykonawców przestrzegania przepisów prawa budowlanego i innych rozporządzeń w tym zakresie.

Teren budowy powinien być oznakowany tablicami informacyjnymi i w miarę potrzeby ogrodzony lub skutecznie zabezpieczony przed osobami postronnymi. Wysokość ogrodzenia powinna wynosić min. 1,5 m. W ogrodzeniu placu budowy powinny być wykonane oddzielne bramy dla ruchu pieszego oraz pojazdów mechanicznych i maszyn budowlanych. Dla pojazdów używanych w trakcie wykonywania robót budowlanych należy wyznaczyć i oznakować miejsca postojowe na terenie budowy. Szerokość dróg komunikacyjnych na placu budowy powinna być dostosowana do używanych środków transportowych. Drogi i ciągi piesze na placu budowy powinny być utrzymane we właściwym stanie technicznym. Nie wolno na nich składować materiałów, sprzętu lub innych przedmiotów. Drogi komunikacyjne dla wózków i tacek oraz pochylnie, po których dokonuje się ręcznego przenoszenia ciężarów nie powinny mieć spadków większych niż 10%. Przejścia i miejsca niebezpieczne powinny być oświetlone i oznakowane znakami ostrzegawczymi lub znakami zakazu. Strefa niebezpieczna, w której istnieje zagrożenie spadania z wysokości przedmiotów powinna być ogrodzona balustradami i oznakowana w sposób uniemożliwiający dostęp osobom postronnym. Strefa ta nie może wynosić mniej niż 1/10 wysokości, z której mogą spadać przedmioty, lecz nie mniej niż 6,0 m. Przejścia, przejazdy i stanowiska pracy w strefie niebezpiecznej powinny być zabezpieczone daszkami ochronnymi. Daszki ochronne powinny znajdować się na wysokości nie mniejszej niż 2,4 m nad terenem w najniższym miejscu i być nachylone pod kątem 45° w kierunku źródła zagrożenia. Pokrycie daszków powinno być szczelne i odporne na przebicie przez spadające przedmioty. Używanie daszków ochronnych jako rusztowań lub miejsc składowania narzędzi,

sprzętu, materiałów jest zabronione. Na terenie budowy powinny być również wyznaczone oznakowane, utwardzone i odwodnione miejsca do składania materiałów i wyrobów. Składowiska materiałów, wyrobów i urządzeń technicznych należy wykonać w sposób wykluczający możliwość wywrócenia, zsunienia, rozsunięcia się lub spadnięcia składowanych wyrobów i urządzeń

4. Wskazanie dotyczące możliwych zagrożeń podczas realizacji robót.

- upadek z wysokości
- przygnięcie ciężkimi elementami
- porażenie prądem od urządzeń, narzędzi elektrycznych oraz sieci elektrycznej
- spadające z wysokości materiały, urządzenia lub narzędzia budowlane
- zagrożenie od niewłaściwego posługiwania się urządzeniami i narzędziami
- zagrożenie katastrofą budowlaną wywołaną prowadzeniem robót niezgodnie z projektem lub obowiązującymi przepisami i wiedzą techniczną
- zagrożenie wypadkami komunikacyjnymi
- związane z niewłaściwym transportem i składowaniem materiałów budowlanych
- porażenie prądem od istniejącej instalacji elektrycznej, przed przystąpieniem do wykonania otworów należy upewnić się czy w wyniku wykonania otworu nie dojdzie do uszkodzenia istniejącej instalacji elektrycznej
- uszkodzenie ciała w wyniku używania chemii budowlanej niezgodnie z instrukcją producenta

Przed montażem i demontażem rusztowań należy wyznaczyć i wygrodzić strefę niebezpieczną. Rusztowania i ruchome podesty robocze powinny być wykorzystywane zgodnie z przeznaczeniem. Odbiór rusztowania dokonuje się wpisem do dziennika budowy lub w protokole odbioru technicznego.

5. Instruktaż pracowników.

Instruktaż pracowników powinien być wykonany przed przystąpieniem do realizacji robót. Powinien być przeprowadzony w zakresie:

- szkolenia pracowników w zakresie bhp
- zasad postępowania w przypadku wystąpienia zagrożenia
- zasad bezpośredniego nadzoru nad pracami szczególnie niebezpiecznymi przez wyznaczone w tym celu osoby
- zasad stosowania przez pracowników środków ochrony indywidualnej oraz odzieży i obuwia roboczego.

Wykonawcy robót budowlanych nie wolno dopuścić pracownika do pracy do której wykonywania nie posiada wymaganych kwalifikacji lub potrzebnych umiejętności, a także dostatecznej znajomości przepisów i zasad bhp. Pracownicy realizujący roboty budowlane muszą posiadać kwalifikacje przewidziane odrębnymi przepisami dla danego stanowiska, uzyskane orzeczenie lekarskie o dopuszczeniu do określonej pracy, odbyte instruktaże stanowiskowe oraz przeszkolenia w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych. Szkolenia i instruktaż pracowników powinien zapewnić i weryfikować na bieżąco pracodawca poszczególnych pracowników.

6. Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom wynikającym z wykonywania robót budowlanych

Bezpośredni nadzór nad bezpieczeństwem i higieną pracy na stanowiskach pracy sprawują odpowiednio osoby kierujące pracownikami z ramienia wykonawcy. Osoba kierująca pracownikami jest zobowiązana: zorganizować stanowiska pracy zgodnie z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy; dbać o sprawność środków ochrony indywidualnej oraz ich stosowania zgodnie z przeznaczeniem; organizować i prowadzić prace uwzględniając zabezpieczenie pracowników przed wypadkami przy pracy, chorobami zawodowymi i innymi

chorobami związanymi z warunkami środowiska pracy; dbać o bezpieczny i higieniczny stan pomieszczeń pracy i wyposażenia technicznego, a także o sprawność środków ochrony zbiorowej i ich stosowania zgodnie z przeznaczeniem.

W razie stwierdzenia bezpośredniego zagrożenia dla życia lub zdrowia pracowników osoba kierująca pracownikami zobowiązana jest do niezwłocznego wstrzymania prac i podjęcia działań w celu usunięcia zagrożenia. W razie niemożności podjęcia decyzji o wstrzymaniu prac przez osobę kierującą pracownikami każdy pracownik w swoim zakresie powinien wstrzymać wykonywanie prac oraz podjąć działania w celu usunięcia zagrożenia lub gdy usunięcie zagrożenia wiąże się ze wzrostem niebezpieczeństwa wezwać odpowiednie służby.

Należy oznakować i zabezpieczyć teren przed dostępem osób postronnych, osoby upoważnione do przebywania na terenie budowy powinny posiadać indywidualne środki ochrony bhp. Przeprowadzane prace, w wymaganym zakresie powinny być zabezpieczone poprzez zbiorowe środki ochrony bhp.

Wykonawca obowiązany jest do pełnienia nadzoru nad przestrzeganiem na placu budowy przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz egzekwowania od pracowników przestrzegania przepisów prawa budowlanego i innych rozporządzeń w tym zakresie. Wykonawca obowiązany jest do wykonania zagospodarowania placu budowy przed rozpoczęciem robót budowlanych, obejmującego w szczególności:

- 1) ogrodzenie terenu,
- 2) oznakowanie miejsc niebezpiecznych tablicami ostrzegawczymi,
- 3) umieszczenie tablic informacyjnych, ogłoszenia zawierającego dane dotyczące bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia,
- 4) zapewnienie instrukcji oraz sprzętu przeciwpożarowego,
- 5) zapewnienie wydzielonych składowisk materiałów budowlanych i terenów produkcji pomocniczej budowy,
- 6) właściwe wykonanie przewodów elektrycznych do zasilenia urządzeń na placu budowy,
- 7) zabezpieczenia prowadzenia robót, przy których występuje ryzyko upadku z wysokości, a w szczególności wykonanie dodatkowej kondygnacji, oraz nowych konstrukcji dachu jak i wykonywanie docieplenia ścian zewnętrznych budynków, należy stosować rusztowania z pomostami otoczonymi barierkami o wysokości 1,1m oraz stosowanie pasów lub szelek bezpieczeństwa z linkami asekuracyjnymi,
- 8) zabezpieczenia przed uderzeniem spadających materiałów i narzędzi, należy do rusztowań od strony zewnętrznej mocować siatki ochronne oraz na rusztowaniach należy zawiesić tabliczki informujące przechodniów o możliwości powstania przedmiotowego zagrożenia. Nieprzestrzeganie przepisów bhp na placu budowy prowadzi do powstania bezpośrednich zagrożeń dla życia lub zdrowia pracowników.

Przyczyny organizacyjne powstania wypadków przy pracy:

- niewłaściwa ogólna organizacja pracy,
- niewłaściwa organizacja stanowiska pracy.

Przyczyny techniczne powstania wypadków przy pracy:

- niewłaściwy stan czynnika materialnego,
- niewłaściwe wykonanie czynnika materialnego,
- wady materiałowe czynnika materialnego,
- niewłaściwa eksploatacja czynnika materialnego.

Osoba kierująca pracownikami jest obowiązana:

- organizować stanowiska pracy zgodnie z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy,
- dbać o sprawność środków ochrony indywidualnej oraz ich stosowania zgodnie z przeznaczeniem,
- organizować, przygotowywać i prowadzić prace, uwzględniając zabezpieczenie pracowników przed wypadkami przy pracy, chorobami zawodowymi i innymi chorobami związanymi z warunkami środowiska pracy,



-dbać o bezpieczny i higieniczny stan pomieszczeń pracy i wyposażenia technicznego

Pracownicy zatrudnieni na budowie powinni być wyposażeni w środki ochrony indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze. Środki ochrony indywidualnej w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa użytkowników tych środków powinny zapewniać wystarczającą ochronę przed występującymi zagrożeniami (np. upadek z wysokości, uszkodzenie głowy, twarzy, wzroku, słuchu).

7. Montaż rusztowań, ich eksploatacja i demontaż powinny być wykonane zgodnie z instrukcją producenta lub projektem indywidualnym. Osoby zatrudnione przy montażu i demontażu rusztowań oraz monterzy podestów roboczych powinien posiadać wymagane uprawnienia. Osoby dokonujące montażu i demontażu rusztowań obowiązane są do stosowania urządzeń zabezpieczających przed upadkiem z wysokości.

8. W wypadku gdy roboty będą trwać dłużej niż 30 dni roboczych i jednocześnie będzie przy nich zatrudnionych co najmniej 20 pracowników lub pracochłonność prac będzie większa od 500 osobodni kierownik budowy jest zobowiązany aby zapewnić sporządzenie szczegółowego planu BIOZ, chyba że wykonanie go wynika z przepisów odrębnych.

9. Wszystkie prace należy prowadzić przestrzegając obowiązujące przepisy i zasady bhp.

Projektant



# **INSTALACJA ELEKTRYCZNA**

## OPIS TECHNICZNY

### 1. Zasilanie budynku

Zasilanie projektowanej części budynku wykonać z istniejącego obwodu oświetleniowego. Instalację wykonać przewodami typu YDY 3x1,5mm ułożonymi w bruzdach pod tynkiem lub w listwach elektroinstalacyjnych. Zamontować oprawy szczelne IP 44 z żarówką LED. Typ opraw wg wyboru użytkownika.

### 2. Instalacja odgromowa

W celu ochrony budynku przed wyładowaniami atmosferycznymi zaleca się wykonać instalację odgromową. Zwody oraz przewody odprowadzające wykonane będą z drutu FeZn  $\Phi$  8mm na wspornikach. Przewody uziemiające wykonać z płaskownika FeZn 25x4mm i połączyć poprzez spawanie ze sztucznym uziomem fundamentowym. Złącza kontrolne instalowane będą na wys. 03 -1,5m od poziomu terenu. Nową instalację na dachu połączyć z istniejącą instalacją odgromową.

### 3. Ochrona przed porażeniem elektrycznym

**System zasilania typu TN-S.** Ochronę podstawową stanowić będzie izolacja robocza przewodów, osprzętu i urządzeń elektrycznych. Jako ochronę dodatkową przyjęto **SZYBKIE WYŁĄCZENIE ZASILANIA**, stosując w obwodach odbiorczych wyłączniki instalacyjne S301 oraz wyłączniki różnicowo-prądowe o prądzie różnicowym 30mA. Cała instalacja pracować będzie w systemie TN-S z oddzielną żyłą ochronną PE. Przewód ochronny koloru żółto-zielonego należy prowadzić we wszystkich obwodach i łączyć go z bolcami gniazd wtykowych, metalowymi obudowami i zaciskami ochronnymi stosowanych urządzeń elektrycznych. Przewodu ochronnego nie wolno przerywać ani zabezpieczać zwarciovo. W złączu pomiarowym przewód ochronno-neutralny PEN należy rozdzielić na ochronny PE i neutralny N, a punkt ten uziemić płaskownikiem FeZn 25x4mm. Oporność uziemienia winna być mniejsza od 30,0 $\Omega$ .

### 4. Uwagi końcowe

Całość robót instalacyjnych należy wykonywać zgodnie z obowiązującymi przepisami. Po zakończeniu robót wykonać pomiary kontrolne oraz sporządzić odpowiednia protokoły.