

## **Specyfikacja Techniczna Wykonania i Odbioru Robót**

przedsięwzięcia pn.

**„Budowa elektrowni fotowoltaicznej o mocy do 0,85MW wraz z niezbędną infrastrukturą”**

**Projektant:**

dr inż. Andrzej Lange

**Opracowujący:**

inż. Katarzyna Iwanicka

Olsztyn, marzec 2023r.

## Spis treści

Spis treści.....	2
1. OGÓLNY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA.....	3
2. WYMAGANIA MINIMALNE DOTYCZĄCE JAKOŚCI I GWARANCJI.....	3
3. ZAKRES ROBÓT OBJĘTYCH ZAMÓWIENIEM .....	3
3.1. Elementy składowe systemu .....	4
3.2. Wymagania dotyczące prac projektowych .....	4
3.3. Wymagania dotyczące porządkowych prac ziemnych.....	5
3.4. Wymagania dotyczące dostawy i montażu konstrukcji wsporczej.....	5
3.4.1. Ogólna charakterystyka konstrukcji wsporczych .....	5
3.4.2. Charakterystyka konstrukcyjna oraz głębokość wbicia podpór .....	5
3.5. Wymagania dotyczące dostawy i montażu modułów fotowoltaicznych.....	5
3.6. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa .....	6
3.7. Instalacja połączeń wyrównawczych .....	6
3.8. Dostawa i montaż inwerterów fotowoltaicznych .....	7
3.9. Wymagania dotyczące dostawy i montażu monitoringu pracy inwerterów .....	7
3.10. Wymagania dotyczące dostawy i montażu okablowania solarne DC .....	8
3.10.1. Kable solarne DC.....	8
3.10.2. Złącza hermetyczne połączeniowe napięcia DC.....	8
3.11. Wymagania dotyczące dostawy i montażu okablowania nn 0,4kV .....	8
3.12. Wymagania odnośnie dostawy i montażu rozdzielnic elektrycznych .....	10
3.12.1. Wyposażenie wewnętrzne złącz kablowych ZK.....	10
3.12.2. Sekcja PV w stacji transformatorowej SN/nn.....	10
3.13. Wymagania dotyczące dostawy i montażu przyłącza elektroenergetycznego .....	11
3.15. Wymagania dotyczące, pomiarów i dokumentacji powykonawczej.....	12
4. ZESTAWIENIE GŁÓWNYCH KOMPONENTÓW ELEKTROWNI NA PODSTAWIE PROJEKTU BUDOWLANEGO.....	13

## 1. OGÓLNY OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

W niniejszej Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót (STWIOR) określono wymagania i oczekiwania Zamawiającego stawiane przedmiotowej inwestycji stanowiące podstawę do sporządzenia kalkulacji na kompleksową realizację opisanego w opracowaniu zamówienia. Przedmiotem Inwestycji jest budowa gruntowej elektrowni fotowoltaicznej na potrzeby **Lactima Sp. z o.o., ul. Kaszubska 6, 14-300 Morąg**, na działkach nr **260/11, 260/13 obręb Miasto Morąg 1**, gmina Morąg.

## 2. WYMAGANIA MINIMALNE DOTYCZĄCE JAKOŚCI I GWARANCJI

Wszystkie materiały stosowane podczas wykonywania prac budowlanych przez Wykonawcę muszą być fabrycznie nowe, dopuszczenie do powszechnego obrotu i zastosowania w budownictwie oraz spełnić wymagania obowiązujących norm właściwych dla przeznaczenia i zastosowania danego materiału. Muszą posiadać wymagane prawem certyfikaty, atesty i deklaracje zgodności w języku polskim.

Urządzenia stosowane w instalacjach muszą posiadać gwarancję producenta na okres nie krótszy niż:

- Moduły fotowoltaiczne            12 lat na produkt, 25 lat na wydajność
- Konstrukcja wsporcza            10 lat
- Inwertery solarne                10 lat
- Pozostałe materiały zgodnie z gwarancją producenta.

## 3. ZAKRES ROBÓT OBJĘTYCH ZAMÓWIENIEM

Zakres zamówienia obejmuje prace projektowe, budowlane oraz obsługę gwarancyjną i serwisową wybudowanej w ramach zamówienia elektrowni fotowoltaicznej. **Zaleca się aby Wykonawca przed złożeniem oferty dokonał wizji lokalnej i dokonał inspekcji terenu, na których będą montowane urządzenia instalacji fotowoltaicznej.**

Ustalenia zawarte w niniejszym STWIOR, obejmują **budowę i przyłączenie** do istniejącej stacji transformatorowej SN/nn Zamawiającego poprzez przyłącze przedmiotu zamówienia, wraz z **uruchomieniem i uzyskaniem dokumentacji formalno-prawnej**, wymaganej obowiązującymi przepisami prawa, niezbędnej do uruchomienia i eksploatacji elektrowni.

### **3.1. Elementy składowe systemu**

Na elementy składowe instalacji elektrowni fotowoltaicznej składają się:

- konstrukcja wsporcza wraz z instalacją wyrównania potencjałów;
- moduły fotowoltaiczne wraz z instalacją wyrównania potencjałów;
- inwertery fotowoltaiczne;
- system monitoringu pracy inwerterów;
- okablowanie solarne DC;
- okablowanie nn 0,4kV
- rozdzielnice elektryczne wraz z zabezpieczeniami;
- elementy stanowiące rozbudowę istniejącej stacji transformatorowej SN/nn;
- ogrodzenie elektrowni wraz z bramami wjazdowymi.

### **3.2. Wymagania dotyczące prac projektowych**

Projekt pod względem formalnym jest gotowy do realizacji: Zamawiający posiada **pozwolenie na budowę wydane przez Starostę Ostródzkiego z dnia 13.02.2023 r., decyzję nr 50/2023** zatwierdzającą projekt architektoniczno-budowlany oraz projekt zagospodarowania terenu i udzielającą pozwolenia na budowę elektrowni fotowoltaicznej o mocy do 1 MW wraz z infrastrukturą towarzyszącą, na działkach nr 260/13 i 206/11 obr. 1 Miasto Morąg. W przypadku wystąpienia takiej konieczności Wykonawca zobowiązany będzie do opracowania projektu zastępczego i uzyskania zmiany pozwolenia na budowę.

Zleceniodawca dysponuje **warunkami przyłączenia** do sieci Energa-Operator SA z dnia 16.05.2022 r. nr P/22/000783.

Wykonawca jest zobowiązany do sporządzenia **projektu wykonawczego**, który będzie zawierał uszczegółowienie oferowanych rozwiązań i uzgodnienia tych rozwiązań z

Operatorem Sieci Dystrybucyjnej, w zakresie którym będzie to wymagane. Projekt wykonawczy powinien być opracowany przez projektanta branży elektrycznej, dysponującego uprawnieniami budowlanymi oraz wpisanego do Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Wykonawca do rozliczenia robót budowlanych opracuje również dokumentację powykonawczą zawierającą informacje o wbudowanych urządzeniach, wyników pomiarów końcowych oraz uzyskanych decyzji administracyjnych.

### **3.3. Wymagania dotyczące porządkowych prac ziemnych**

Teren inwestycji wymaga dostosowania do prac budowlanych. W związku z tym wymaga się przeprowadzenia porządkowych prac ziemnych, w skład których wchodzi m.in. niwelacja terenu i prace geodezyjne oraz próbne odwierty w celu zbadania parametrów gruntu na potrzeby doboru parametrów konstrukcji wsporczej.

### **3.4. Wymagania dotyczące dostawy i montażu konstrukcji wsporczej**

#### **3.4.1. Ogólna charakterystyka konstrukcji wsporczych**

Przewiduje się montaż konstrukcji wolnostojącej **Corab WS-014WE** z powłoką antykorozyjną **Magnelis**, przeznaczonej do mocowania modułów fotowoltaicznych w układzie horyzontalnym, opierająca się na stalowych podporach wbijanych w podłoże. Szkieletowa konstrukcja z profili metalowych umożliwi montaż czterech podwójnych rzędów paneli fotowoltaicznych nachylonych pod kątem 10 stopni o orientacji wschód-zachód.

#### **3.4.2. Charakterystyka konstrukcyjna oraz głębokość wbicia podpór**

Opis techniczny branży konstrukcyjnej stanowi **Załącznik nr 1 do STWiOR**. W przypadku zastosowania konstrukcji innego typu/producenta, Wykonawca zobowiązany będzie do przedstawienia obliczeń zamiennych w zakresie branży konstrukcyjnej.

### **3.5. Wymagania dotyczące dostawy i montażu modułów fotowoltaicznych**

- Przewiduje się montaż 1480 szt. modułów fotowoltaicznych **Jinko Solar Tiger Pro 72HC 550 Wp**,

- każdy moduł musi posiadać świadectwo spełnienia aktualnych norm w szczególności IEC 61215, IEC 61730, IEC 62716 oraz IEC 61701,
- każdy moduł musi mieć dodatnią tolerancję mocy. Do produkcji modułów muszą być stosowane ogniwa pochodzące z bieżącej produkcji (nie starsze niż 6 miesięcy od daty dostarczenia na plac budowy), fabrycznie nowe,
- Moc znamionowa oferowanych modułów fotowoltaicznych od drugiego roku eksploatacji - przez co najmniej okres 25 lat - może spadać o nie więcej niż **0,55% mocy znamionowej rocznie**,
- Współczynnik temperaturowy mocy **Pmax -0,35 %/C**,
- Antyrefleksyjna powłoka, szyba o grubości 3,2 mm.

### **3.6. Ochrona przeciwporażeniowa i odgromowa**

Instalacje fotowoltaiczną należy zabezpieczyć poprzez zainstalowanie systemu odgromowego w postaci masztów wolnostojących, ograniczników przepięć (wbudowanych w falowniki), systemu wyrównania potencjałów oraz system uziemień. Należy uzyskać jak najmniejszą rezystancję uziemienia (poniżej 10  $\Omega$ , mierzonej przy niskiej częstotliwości). Metalowe konstrukcje wsporcze i ramy nośne muszą być ze sobą wzajemnie połączone bednarką ocynkowaną o przekroju 120 mm<sup>2</sup> (płaskownik FeZn 30x4).

Na etapie projektu wykonawczego elektrowni Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia analizy ryzyka i opracowania szczegółowego projektu instalacji odgromowej. W przypadku zaprojektowania instalacji odgromowej z zastosowaniem masztów wolnostojących, należy uwzględnić ryzyko zacienienia modułów przez maszty odgromowe.

### **3.7. Instalacja połączeń wyrównawczych**

Metalowe ramy modułów muszą być uziemione, co zapewni wyrównanie potencjałów i ochronę przed bezpośrednim wyładowaniem atmosferycznym. Skuteczność uziemienia powinna być potwierdzona badaniami rezystancji uziemienia. Stoły paneli fotowoltaicznych należy ze sobą połączyć u podstaw nóg zewnętrznych.

Uziemieniu ochronnemu podlegają również wszystkie metalowe części, normalnie nie przewodzące prądu lecz mogące stanowić niebezpieczeństwo porażenia w razie pojawienia się na tych elementach potencjału w wyniku uszkodzenia.

W szczególności należy uziemić:

- konstrukcję metalowych rozdzielnic i szaf,
- konstrukcję wsporcze modułów,
- ramy modułów fotowoltaicznych poprzez konstrukcje wsporcze,
- obudowy inwerterów.

Prace te należy wykonać w sposób gwarantujący uniknięcie zjawiska korozji metali spowodowanej procesami elektrochemicznymi, zachodzącymi wskutek występowania różnych potencjałów na powierzchni łączonych metali.

### **3.8. Dostawa i montaż inwerterów fotowoltaicznych**

Energia elektryczna dostarczona do inwerterów fotowoltaicznych ma formę prądu stałego i może być wykorzystywana do zasilania urządzeń elektrycznych pod warunkiem zastosowania urządzeń do konwersji prądu stałego na prąd przemienny zwanych inwerterami (falownikami). Przewiduje się zastosowanie **6 szt.** inwerterów **Sungrow SG110CX**.

### **3.9. Wymagania dotyczące dostawy i montażu monitoringu pracy inwerterów**

System fotowoltaiczny składający się z inwerterów musi być monitorowany poprzez jeden centralny układ, sterownik. Podłączenie inwerterów do układu monitorującego odbywa się poprzez magistralę RS485 za pośrednictwem skrętki kablowej w powłoce odpornej na warunki zewnętrzne oraz światłowodu (na odcinku pomiędzy elektrownią a istniejącą stacją transformatorową SN/nn).

Wymaga się aby system monitorowania miał możliwość rejestracji, podglądu i sterowania takich parametrów jak:

- podgląd parametrów pracy zainstalowanych inwerterów,
- podgląd produkcji energii elektrycznej,

- podgląd mocy chwilowej każdego z inwerterów,
- podgląd mocy chwilowej całego systemu sumarycznie.

Grafika produkcji powinna mieć możliwość przedstawienia na wykresach. System powinien być wyposażony w możliwość wysyłania powiadomień o błędach w pracy instalacji fotowoltaicznej.

### **3.10. Wymagania dotyczące dostawy i montażu okablowania solarnego DC**

#### **3.10.1. Kable solarne DC**

- Kable do instalacji solarnych z żyłą miedzianą,
- Odporny na promieniowanie UV,
- Przekroje żył 6mm<sup>2</sup>,
- Kable solarne muszą charakteryzować się atestem do stosowania w instalacjach fotowoltaicznych i wytrzymałością izolacji przy napięciu 1500 Vdc (1800 Vdc) w zakresie możliwych temperatur od -40°C do 90°C.

#### **3.10.2. Złącza hermetyczne połączeniowe napięcia DC**

Każdy panel fotowoltaiczny należy wyposażyć w złączki o stopniu ochrony co najmniej IP65 np. Multicontact MC4 lub równoważne o takich samych parametrach.

Parametry techniczne złącz przewodowania systemu fotowoltaicznego:

- Maksymalny prąd systemu fotowoltaicznego: 39 A
- Maksymalne napięcie systemu fotowoltaicznego: 1500 Vdc
- Stopień ochrony: IP65

### **3.11. Wymagania dotyczące dostawy i montażu okablowania nn 0,4kV**

Do budowy instalacji elektrycznej stosuje się następujące materiały podstawowe:

- kable elektroenergetyczne miedziane typu YKY z izolacją na 1000 V,



- kable elektroenergetyczne aluminiowy typu YAKXS z izolacją na 1000 V,
- przewody jednożyłowe miedziane typu LgY z izolacją na 750 V,
- gniazda serwisowe o prądzie roboczym 16 A w złączach na końcu i środku farmy fotowoltaicznej.

Okablowanie zmiennoprądowe (AC) pomiędzy inwerterami a złączami kablowymi ZK należy wykonać z kabli YKY 4x35 mm<sup>2</sup>, zaś pomiędzy złączami ZK a rozdzielnicą nn w stacji transformatorowej zostanie wykonane kablem typu YAKXS 4x185 mm<sup>2</sup> oraz YAKXS 4x240 mm<sup>2</sup>.

Kable nn powinny spełniać wymagania PN-93/E-90401. Zaleca się stosowanie kabli o napięciu znamionowym 0,6/1kV, cztero- lub pięćżyłowych w izolacji polwinitowej. Przekrój żył powinien być dobrany w zależności od dopuszczalnego spadku napięcia, dopuszczalnej temperatury nagrzania kabla przez prądy robocze i zwarciove oraz skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w przypadku samoczynnego wyłączenia zasilania.

Kable ułożone będą w korytkach o wykonaniu zewnętrznym i kanałach kablowych z tworzywa mocowanych do stelaży konstrukcji modułów fotowoltaicznych oraz w wykopach ziemnych na minimalnej głębokości min. 70 cm (pod nawierzchniami utwardzonymi 100 cm w osłonie rurowej) na podsypce piaskowej grubość 10 cm i z taką samą warstwą przykrycia. Trasę kabla oznakować folią PCV koloru niebieskiego (szerokość 30 cm i grubość 0,5 mm). Miejsce zmiany kierunku ułożenia kabla oznaczyć słupkami betonowymi. Pamiętać trzeba bezwzględnie o zachowaniu odległości pomiędzy kablami w wykopie ziemnym. Promienie gięcia kabli muszą być zgodne z zaleceniami producenta kabli. Należy zwrócić szczególną uwagę podczas układania kabli aby nie uszkodzić izolacji zewnętrznej kabla. Kable muszą mieć zostawione zapasy po stronie inwertera jaki i złącza kablowego ZK.

Roboty ziemne należy prowadzić z zachowaniem wymogów BHP W miejscach zbliżenia i skrzyżowania z innymi instalacjami kable prowadzić w rurach osłonowych z dodatkiem po 50cm na stronę. Należy dokonać odbioru linii kablowej przed zasypaniem oraz dokonać inwentaryzacji geodezyjnej powykonawczej.

### **3.12. Wymagania odnośnie dostawy i montażu rozdzielnic elektrycznych**

Integracja zestawu inwerterów z siecią elektroenergetyczną odbędzie się za pomocą zestawu złącz kablowych ZK, w których kable będą łączone i zabezpieczane.

#### **3.12.1. Wyposażenie wewnętrzne złącz kablowych ZK**

W złączach kablowych ZK dokonuje się montażu bezpieczniko-rozłączników z wkładkami topikowymi. Należy dobrać parametry zabezpieczeń do mocy inwerterów.

#### **3.12.2. Sekcja PV w stacji transformatorowej SN/nn**

Sekcja PV znajdować się będzie w stacji transformatorowej. Przewiduje się w niej montaż:

- wyłącznika głównego generatorów OZE;
- układ pomiaru energii elektrycznej produkowanej brutto wyposażony w licznik oraz urządzenia pomocnicze do pomiaru energii wyprodukowanej,
- układ zabezpieczeń podstawowych i dodatkowych.

**Szczegóły składu zestawu elementów sekcji określi projekt wykonawczy, uzgodniony z Energa-Operator S.A..** Wymaga się od wykonującego prefabrykację aby sprawdził, czy wszystkie zaprojektowane elementy wyposażenia wewnętrznego posiadają nadany przez wytwórcę certyfikat zgodności lub aprobatę techniczną bądź deklarację zgodności. Należy przestrzegać stosowania tylko takich zamienników elementów wewnętrznych rozdzielnic, których parametry nie są gorsze w stosunku do projektowanych.

#### Charakterystyka układu zabezpieczeń elektroenergetycznych:

- zabezpieczenie nadnapięciowe „U>” – do detekcji pracy wyspowej elektrowni,
- zabezpieczenie podnapięciowe „U<” – do detekcji pracy wyspowej elektrowni,
- zabezpieczenie nadczęstotliwościowe „f>” – do detekcji pracy wyspowej elektrowni,

- zabezpieczenie podczęstotliwościowe „f<” – do detekcji pracy wyspowej elektrowni,
- zabezpieczenie stromościowe „df/dt”.

### Charakterystyka układu ochrony przeciwporażeniowej

Jako ochronę przed dotykiem bezpośrednim przyjęto zastosowanie izolacji części czynnych. Jako ochronę przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa) zastosowano samoczynne wyłączenie w przypadku przekroczenia wartości napięcia dotykowego realizowane przez bezpieczniki z wkładkami topikowymi, wyłączniki elektromagnetyczne, oraz drugą klasę izolacji. Po zamontowaniu rozdzielnicy i podłączeniu odbiorników należy sprawdzić skuteczność ochrony przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa).

#### **3.13. Wymagania dotyczące dostawy i montażu przyłącza elektroenergetycznego**

Zgodnie z warunkami przyłączenia wydanymi przez Energa Operator oddział Olsztyn, zasilanie potrzeb własnych oraz odbiór wyprodukowanej energii elektrycznej z projektowanej Elektrowni Fotowoltaicznej, nastąpi w istniejącej stacji transformatorowej SN/nn zasilanej z sieci elektroenergetycznej Energa Operator S.A. Stacja transformatorowa musi zostać wyposażona w automatykę, która ograniczy eksport energii elektrycznej do sieci elektroenergetycznej do zera (brak wprowadzania energii elektrycznej do sieci elektroenergetycznej). Wyprodukowana energia elektryczna będzie przeznaczona na zapotrzebowanie energetyczne obiektu.

#### **3.14. Wymagania dotyczące dostawy i montażu ogrodzenia i bram wjazdowych**

Należy zastosować ogrodzenie wykonane z siatki, o wysokości 200 cm, postawione na granicy działki przeznaczonej pod farmę fotowoltaiczną, bez grodzienia drogi dojazdowej i strony graniczącej z ogrodzeniem firmy Paged. Należy zastosować dwie bramy dwuskrzydłowe, otwierane ręcznie z zamknięciem na klucz bądź kłódkę o świetle wjazdu 400 cm. Jedna z bram ma zostać zlokalizowana w miejscu początku drogi dojazdowej, przy granicy z ulicą Kaszubską, a druga brama na granicy pomiędzy terenem farmy a drogą dojazdową.

### **3.15. Wymagania dotyczące, pomiarów i dokumentacji powykonawczej**

Do przeprowadzenia odbioru konieczne jest:

- przygotowanie dokumentacji powykonawczej,
- dokumentacja uzasadniająca uzupełnienia i zmiany wprowadzone w trakcie wykonania robót,
- dziennik budowy (notatki, pisma wyjaśniające i uzgadniające),
- dokumenty dotyczące jakości wbudowanych materiałów,
- protokoły i zaświadczenia z dokonanych prób po montażowych,
- protokoły pomiarów i badań,
- świadectwa jakości i dopuszczenia do eksploatacji urządzeń i materiałów,
- karty katalogowe zamontowanych urządzeń.

#### **Pomiary i testy instalacji**

W celu odbioru instalacji fotowoltaicznej, Wykonawca powinien dokonać pomiaru instalacji fotowoltaicznej. Protokoły pomiarowe z wykonanych pomiarów należy przygotować i dostarczyć Inwestorowi łącznie z dokumentacją powykonawczą.

#### **Wymagane protokoły pomiarowe:**

- badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- pomiaru impedancji pętli zwarcia,
- pomiaru rezystancji uziemienia,
- badania rezystancji izolacji kabli stałoprądowych DC,
- badania wydajności instalacji fotowoltaicznej.

#### 4. ZESTAWIENIE GŁÓWNYCH KOMPONENTÓW ELEKTROWNI NA PODSTAWIE PROJEKTU BUDOWLANEGO

L.p.	Rodzaj materiału/usługi	Ilość	j.m.
1	Moduł Fotowoltaiczny 550 Wp	1480	szt.
2	Inwerter 110 kVA	6	szt.
3	Monitoring inwerterów	1	kpl.
4	Konstrukcja wsporcza	814	kW
5	Przewód solarny 6mm <sup>2</sup>	9800	m
6	Rozdzielnica RDC	6	szt.
7	Złącze kablowe ZK	6	szt.
8	Kable nn YKY 4x35 mm <sup>2</sup>	60	m
9	Kable nn YAKXS 4x185 mm <sup>2</sup>	825	m
10	Kable nn YAKXS 4x240 mm <sup>2</sup>	957	m
11	Kabel sygnałowy	340	m
12	Instalacja wyrównania pot. konstrukcji	1	kpl.
13	Instalacja wyrównania pot .modułów	1	kpl.
14	Mat. Inst. i pomocnicze	1	kpl.
15	Montaż i uruchomienie	1	kpl.
16	Projekt wykonawczy; dok. powykonawcza	1	kpl.
17	Ogrodzenie i bramy wjazdowe	1	kpl.

#### UWAGA:

Powyższe zestawienie zawiera szacowane na podstawie projektu budowlanego ilości materiałów i urządzeń. Wykonawca kalkulując cenę ryczałtową zobowiązany jest do dostarczenia urządzeń i materiałów niezbędnych do realizacji przedmiotu zamówienia nawet jeśli nie są one wyspecyfikowane w powyższym zestawieniu lub ich szacunkowe ilości nie będą się pokrywały z dokumentacją wykonawczą.

#### Załącznik nr 1 Opis techniczny branży konstrukcyjnej

## **Branża Konstrukcyjno-Budowlana**

### **Opis techniczny do projektu budowy elektrowni fotowoltaicznej LACTIMA o mocy do 1 MW wraz z niezbędną infrastrukturą – dz. nr 260/13, obr. m. Morąg nr 1, gm. m. Morąg**

#### **1. Część ogólna**

##### **1.1 Podstawa opracowania**

- zlecenie Inwestora
- wytyczne projektowe producenta CORAB,
- umowa MS Projekt – CORAB,
- opinia geotechniczna, protokół i wyniki badań gruntu,
- obowiązujące przepisy i normy budowlane, literatura:
  - PN-EN 1991 EUROKOD 1: Oddziaływania na konstrukcje.  
Część 1-1: Oddziaływania ogólne - ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
  - PN-EN 1991 EUROKOD 1: Oddziaływania na konstrukcje.  
Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
  - PN-EN 1991 EUROKOD 1: Oddziaływania na konstrukcje.  
Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
  - PN-EN 1991 EUROKOD 1: Oddziaływania na konstrukcje.  
Część 1-6: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania w czasie wykonywania konstrukcji.
  - PN-EN 1993 EUROKOD 3: Projektowanie konstrukcji stalowych.

##### **1.2 Założenia projektowe:**

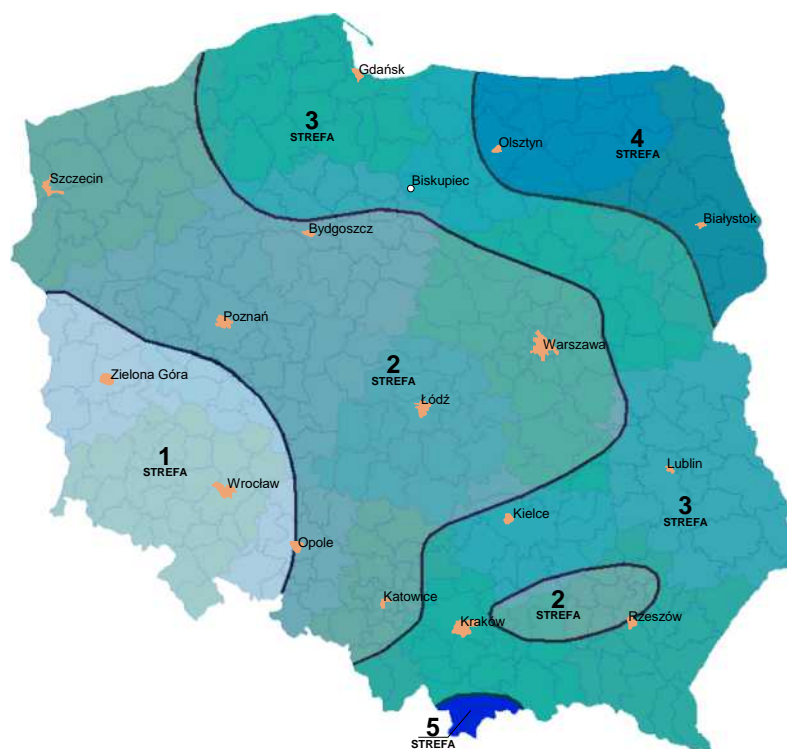
Do obliczeń statycznych przyjęto następujące założenia:

- Ciężar paneli fotowoltaicznych – 0,15 kN/m<sup>2</sup>,
- **1 strefa** obciążenia konstrukcji wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 (wg rysunku 1),
- **3 strefa** obciążenia konstrukcji śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 (wg rysunku 2),

- $A \leq 300\text{m n.p.m.}$ ,
- Klasa niezawodności konstrukcji (wg tabeli 1) RC1 oraz klasa konsekwencji zniszczenia CC1. Na tej podstawie dla przewidywanego 20-letniego okresu eksploatacji zredukowano współczynniki obliczeniowe o 10%,
- Wartość współczynnika oporu aerodynamicznego  $\varphi=0$  wg PN-EN 1991-1-4, dla przypadku wiaty jednospadowej (wg rysunku 3),
- Wartość globalnego współczynnika siły wiatru wg PN-EN 1991-1-4, dla przypadku wiaty jednospadowej (wg tabeli 2),
- Zgodnie z wytycznymi producenta podkonstrukcji wsporczej- firmy CORAB, przyjęto okres użytkowania projektowanych systemów do montażu paneli fotowoltaicznych (okres powrotu) - 25 lat,
- **Warunki gruntowe przyjęto jako proste**, a obiekt zakwalifikowano do I-ej kategorii geotechnicznej (zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i administracji z dnia 25 kwietnia 2012r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych).



Rysunek 1. Strefy obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4



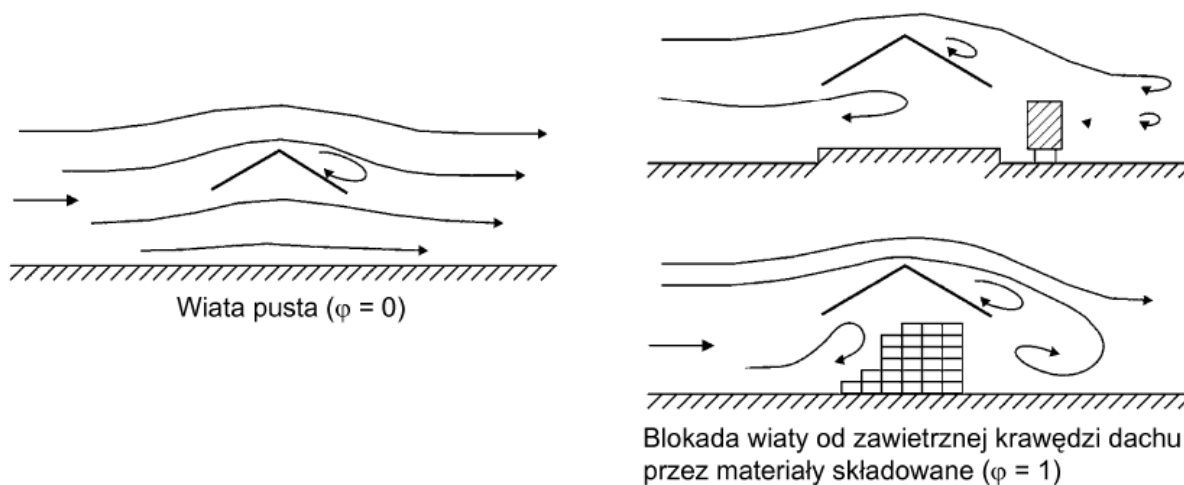
Rysunek 2. Strefy obciążenia śniegiem wg PN-EN 1991-1-3

Tabela 1. Klasy konsekwencji zniszczenia konstrukcji według PN-EN 1990

Klasa konsekwencji	Klasa niezawodności	$K_{Fi}^{1)}$	Opis
CC3	RC3	1,1	Wysokie zagrożenie życia ludzkiego lub bardzo duże konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe
CC2	RC2	1,0	Przeciętne zagrożenie życia ludzkiego lub znaczne konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe
CC1	RC1	0,9	Niskie zagrożenie życia ludzkiego lub małe albo nieznaczne konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe



$K_{Fi}^{1)}$  – zaleca się stosowanie współczynnika  $K_{Fi}$  w przypadku klasy RC3 tylko do oddziaływań niekorzystnych



Rysunek 3. Przepływ powietrza wokół wiat (źródło PN-EN 1991-1-4)

Tabela 2. Wartości  $c_f$  dla wiat dwuspadowych według PN-EN 1991-1-4

Kąt spadku $\alpha$	Współczynnik blokowania $\varphi$	Globalny współczynnik siły $c_f$
10°	Maksimum, wszystkie $\varphi$	+0,4
	Minimum $\varphi = 0$	-0,7
	Maksimum $\varphi = 1$	-1,3
15°	Maksimum, wszystkie $\varphi$	+0,4
	Minimum $\varphi = 0$	-0,8
	Maksimum $\varphi = 1$	-1,3
20°	Maksimum, wszystkie $\varphi$	+0,6
	Minimum $\varphi = 0$	-0,9
	Maksimum $\varphi = 1$	-1,3

Znak + wskazuje obciążenie netto działające ku dołowi.  
Znak - wskazuje obciążenie netto działające ku górze.

### 1.3 Zakres opracowania

Niniejsze opracowanie stanowi branżę konstrukcyjno - budowlaną do projektu budowy elektrowni fotowoltaicznej LACTIMA o mocy do 1 MW wraz z niezbędną infrastrukturą – dz. nr 260/13 obr. m. Morąg nr 1, gm. m. Morąg.

Zaprojektowano konstrukcję stalową pod panele ogniwo fotowoltaicznych.

W skład opracowania wchodzi: opis techniczny, obliczenia statyczno-wytrzymałościowe i rysunki konstrukcyjne.

## 2.0 Opis konstrukcji wsporczej pod panele fotowoltaiczne

### 2.1 Konstrukcja WS-014WE

Zaprojektowana konstrukcja wolnostojąca przeznaczona do mocowania modułów fotowoltaicznych w układzie horyzontalnym, opierająca się na stalowych podporach wbijanych w podłoże. Szkieletowa konstrukcja z profili metalowych umożliwia montaż czterech podwójnych rzędów paneli fotowoltaicznych nachylonych pod kątem **10 stopni** (wysokość od gruntu **702mm**). Podpory wykonane będą ze sztywnych ceowników, dzięki czemu zminimalizowane jest ryzyko ich uszkodzenia podczas wbijania w podłoże i natrafienia na twardą przeszkodę. Głębokość wbicia podpór według punktu 2.2.

Naziemną część konstrukcji montuje się za pomocą połączeń śrubowych i specjalnych uchwyty, przy minimalnej ilości niezbędnych narzędzi. Zaproponowane rozwiązanie pozwala na szybki montaż poszczególnych elementów, do których dostęp będzie bezproblemowy. Elementy podstawy konstrukcji są **ze stali S350GD** pokrytej warstwą powłoki antykorozyjnej, szkieletowa konstrukcja na której mocowane są moduły wykonana powinna być **ze stali S350GD** pokrytej warstwą antykorozyjną lub z aluminium, natomiast do łączenia tych elementów wykorzystuje się śruby ze stali nierdzewnej. W konstrukcji nie ma żadnych połączeń spawanych, co minimalizuje ryzyko korozji.

Wykonano następujące elementy:

- podpora przednia **105x50x3**,
- podpora tylna **105x50x3**,
- płatew wzdłużna **85x50x1.5**,

- szyna skośna **105x50x3**.

### **2.1.1 Przebieg montażu konstrukcji wsporczej pod panele fotowoltaiczne**

- Za pomocą kafara należy umieścić w podłożu podpory. Rozstaw podpór w kierunku podłużnym wynosi maksymalnie **3300mm**, a w kierunku poprzecznym **3760mm**. Głębokość osadzenia wg. pkt. 2.2.
- Następnie należy zamontować szyny skośne do podpór (przedniej i tylnej). W tym celu zastosować śruby M12x30, podkładki M12 i nakrętki M12.
- Kolejnym krokiem jest zamontowanie płatek wzdłużnych do zamontowanych we wcześniejszym etapie szyn skośnych za pomocą śrub M12x30, podkładek M12 oraz nakrętek M12
- Po zamontowaniu korony konstrukcji kolejnym etapem będzie montaż paneli. Panele należy zamocować za pomocą klem.

### **2.2 Posadowienie konstrukcji wsporczej pod panele fotowoltaiczne**

**Przyjęto pierwszą kategorię geotechniczną  
oraz proste warunki gruntowo - wodne.**

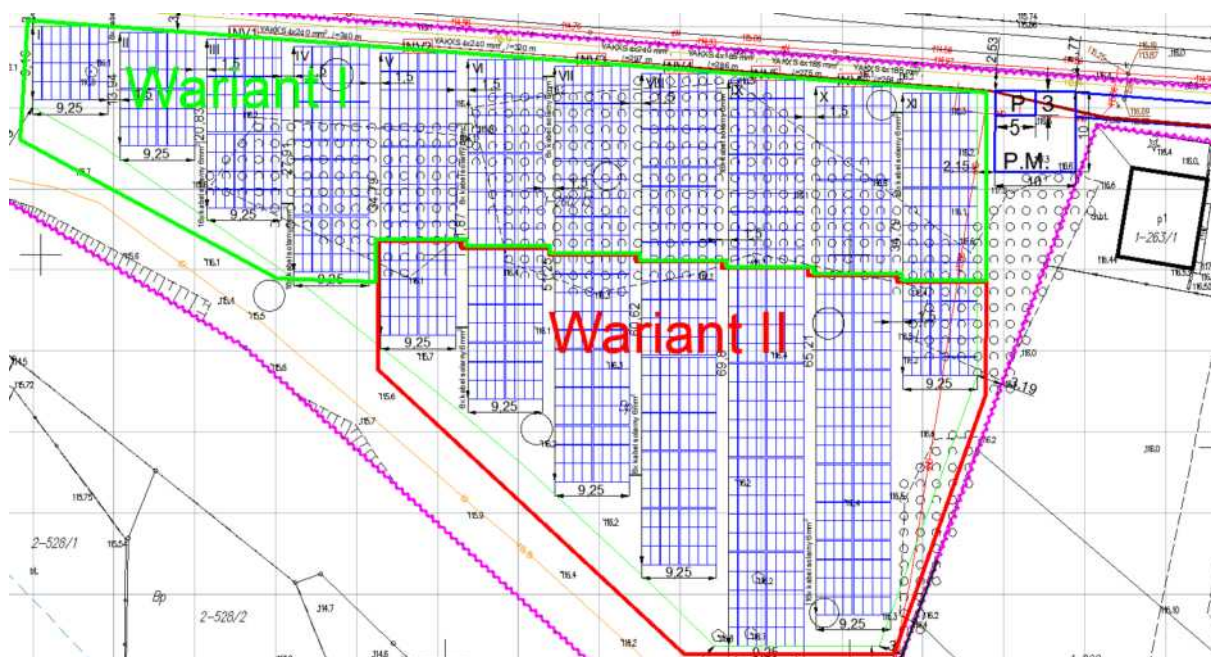
Na terenie inwestycji pod warstwą gruntów niebudowlanych (o miąższości 20-50cm) występują grunty, które ze względu na parametry geotechniczne podzielono na poszczególne warstwy gruntu:

- Warstwa I – glina piaszczysta przewarstwiona piaskiem gliniastym, piaskiem drobnym ze żwirami lub żwirem, o uogólnionym stopniu plastyczności  $I_L=0,00-0,60$ ,
- Warstwa II – piasek średni, piasek średni ze żwirami oraz piasek średni przewarstwiony piaskiem gliniastym, o uogólnionym stopniu zagęszczenia  $I_D=0,40-0,60$ ,
- Warstwa III – glina przewarstwiona piaskiem gliniastym, glina na pograniczu gliny piaszczystej, glina zwięzła z humusem oraz piasek gliniasty, o uogólnionym stopniu zagęszczenia  $I_D=0,05-0,30$ ,

Na podstawie obliczeń statycznych projektuje się wbicie podpór w podłoże na zróżnicowaną głębokość (wg. rys. 4):

- **WARIANT I** – min. 2,0m,

— **WARIANT II** - min. 2,2m.



*Rysunek 4. Zróżnicowana głębokość wbicia podpór w grunt*

**W przypadku wykonania prób wrywania, głębokość ostateczną należy przyjąć z autoryzowanego raportu z prób wrywania. Przed wbiciem podpór, należy zapoznać się z warunkami montażu i eksploatacji konstrukcji zawartymi w punkcie 2.3.**

#### **UWAGA!**

**W odniesieniu do specyfikacji siatki geotechnicznej (50-100m) w przypadku, kiedy podczas wbijania słupków konstrukcji wsporczej pomiędzy punktami pomiarowymi wystąpią obszary, w których opór przy wbijaniu będzie ewidentnie mniejszy od standardowych punktów, należy skonsultować dalsze kroki działania z projektantem konstrukcji wsporczej celem wprowadzenia ewentualnej korekty rozwiązania.**

### **2.3 Warunki montażu i eksploatacji konstrukcji**

W odniesieniu do **montażu** konstrukcji wsporczej pod panele fotowoltaiczne w ujęciu **głębokości wbicia słupków**:

- teren pod farmę należy przygotować tak, aby maksymalna różnica poziomu terenu nie przekraczała 20cm, w przeciwnym wypadku teren należy zniwelować poprzez zebranie nadmiaru gruntu, co prowadzi do korzystnej redukcji warstwy

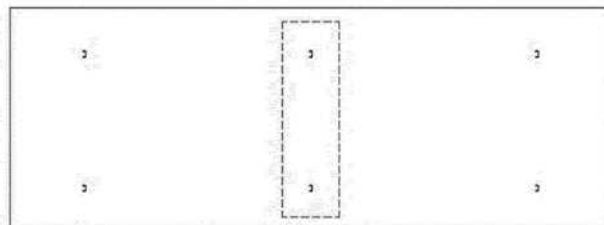
humusu jako gruntu bez parametrów nośności (niedopuszczalne jest wypełnianie zagłębień terenowych gruntem nasypowym) \*

\* - zapis odnosi się do działań niwelacyjnych **powierzchni** terenu w **lokalnym**, a nie **globalnym** układzie odniesienia:

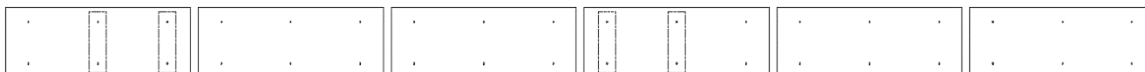
- **lokalny układ odniesienia:** dotyczy ukształtowania **powierzchni** terenu w obrębie danej działki, tj. w zakresie przedmiotowej konstrukcji farmowej, grupy stołów lub pojedynczego stołu w przypadku, kiedy występuje zmienne ukształtowanie **powierzchni** terenu uniemożliwiające wykonanie dedykowanego zagłębienia słupków konstrukcji z dokładnością  $\pm 20\text{cm}$  zgodnie z warunkami montażu - należy wówczas wyrównać lokalne ubytki terenu bezpośrednio w obszarze pod konkretnymi stołami (np. lokalne zagłębienie terenu, bruzda terenowa, nierówności wynikające z poprzedniej rolniczej eksploatacji terenu itp)

- **globalny układ odniesienia:** dotyczy ukształtowania terenu, na którym znajduje się przedmiotowa działka, a zatem może ona posiadać naturalny spadek nawet rzędu kilku czy kilkunastu m - wówczas montaż konstrukcji (wg wytycznych montażowych producenta CORAB) powinien odbywać się zgodnie z ukształtowaniem terenu tj. płatew wzdłużna winna być umieszczana równoległe do spadku terenu - istotą rzeczy jest, aby paliwać konstrukcję na wymaganej głębokości z zachowaniem tolerancji  $\pm 20\text{cm}$  dla każdego ze słupków, wówczas zostaną spełnione wszelkie warunki bezpieczeństwa i stabilności ustroju nośnego konstrukcji

- głębokość osadzenia podpór w ośrodku gruntowym dla konstrukcji wolnostojących (stoły nie połączone ze sobą w sposób mechaniczny) – dopuszczalna odchyłka wbicia dowolnego rzędu podpór pojedynczego stołu  $\Delta = \pm 20\text{cm}$



- głębokość osadzenia podpór w ośrodku gruntowym dla konstrukcji uciążlonych (stoły połączone ze sobą w sposób mechaniczny) – dopuszczalna odchyłka wbicia rzędu podpór oraz rzędów sąsiednich  $\Delta = \pm 20\text{cm}$  maks. co trzeci stół z zastrzeżeniem, że dla danego stołu maks. odchyłka dla maks. 2 rzędów



W odniesieniu do **eksploatacji** konstrukcji wsporczej pod panele fotowoltaiczne w ujęciu **obciążenia śniegiem**:

- z uwagi na specyfikę powierzchni paneli (ciemna gładka powierzchnia o właściwym kącie nachylenia) i ich pracy (niezbędna czysta, nie osłonięta powierzchnia) obciążenie śniegiem nie powinno wystąpić, jednakże w przypadku obfitych opadów należy monitorować pokrywą śnieżną, aby nie dopuścić do przekroczenia stanu normowego jak dla **strefy 3** (wg tabeli 3).

*Tabela 3. Dopuszczalna grubość pokrywy śnieżnej przy uwzględnieniu rodzaju śniegu i strefy obciążenia śniegiem dla nachylenia połaci 10 stopni*

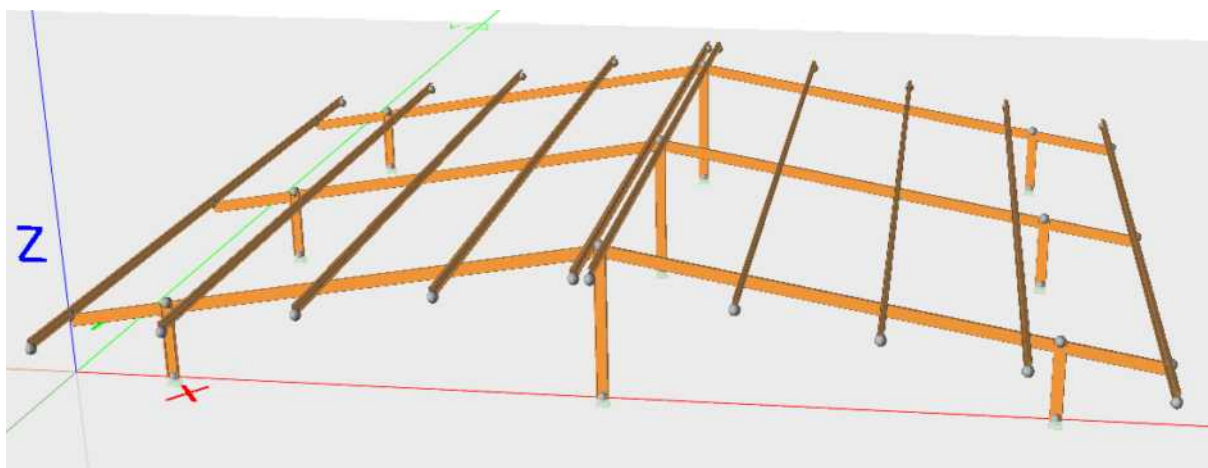
RODZAJ ŚNIEGU	Ciężar obj. [kN/m <sup>3</sup> ]	Dopuszczalna grubość pokrywy śnieżnej [cm]			
		Strefa obciążenia śniegiem			
		1	2	3	4
ŚWIEŻY	1	38	49	64	86
OSIADŁY (KILKA GODZIN PO OPADACH)	2	19	24	32	43
STARY (KILKA TYGODNI LUB MIESIĘCY PO OPADACH)	3,5	10	14	18	24
MOKRY	4	9	12	16	21
ZŁODOWACIAŁY	7	5	7	9	12
LÓD	9	4	5	7	9

Opracował: mgr inż. Sławomir Szalek  
 Uprawnienia do projektowania bez ograniczeń  
 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej  
 nr WAM/0144/POOK/08

# OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE

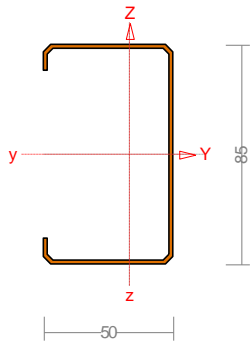
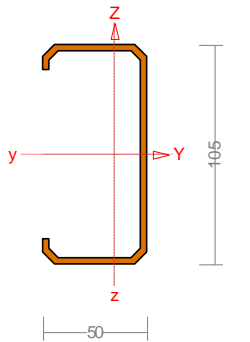
Obliczenia statyczno- wytrzymałościowe przeprowadzono z zastosowaniem licencjonowanego oprogramowania Inżynierskiego firmy CADSIS i SPECBUD.

## Schemat konstrukcyjny



## Analiza statyczno – wytrzymałościowa konstrukcji

### Przekroje:

1 - 85x50x1,5		2 - 105x50x3	
			
Materiał:	S350GD	Materiał:	S350GD
A [cm <sup>2</sup> ]	2,88	A [cm <sup>2</sup> ]	6,09
Jy [cm <sup>4</sup> ]	34,55	Jy [cm <sup>4</sup> ]	101,28
Jz [cm <sup>4</sup> ]	9,24	Jz [cm <sup>4</sup> ]	17,50
Dyz [cm <sup>4</sup> ]	0,00	Dyz [cm <sup>4</sup> ]	0,00
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00
Iy [cm <sup>4</sup> ]	34,55	Iy [cm <sup>4</sup> ]	101,28
Iz [cm <sup>4</sup> ]	9,24	Iz [cm <sup>4</sup> ]	17,50
Jt [cm <sup>4</sup> ]	0,02	Jt [cm <sup>4</sup> ]	0,18
Jω [cm <sup>4</sup> ]	131,09	Jω [cm <sup>4</sup> ]	356,89
iy [cm]	3,46	iy [cm]	4,08
iz [cm]	1,79	iz [cm]	1,70

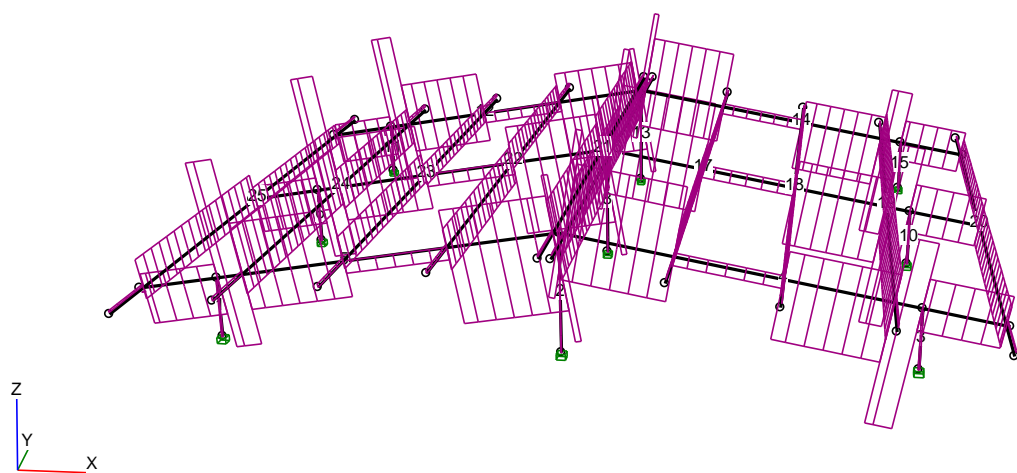
is [cm]	5,52	is [cm]	5,66
m [kg/m]	2,26	m [kg/m]	4,78

**Materiały:**

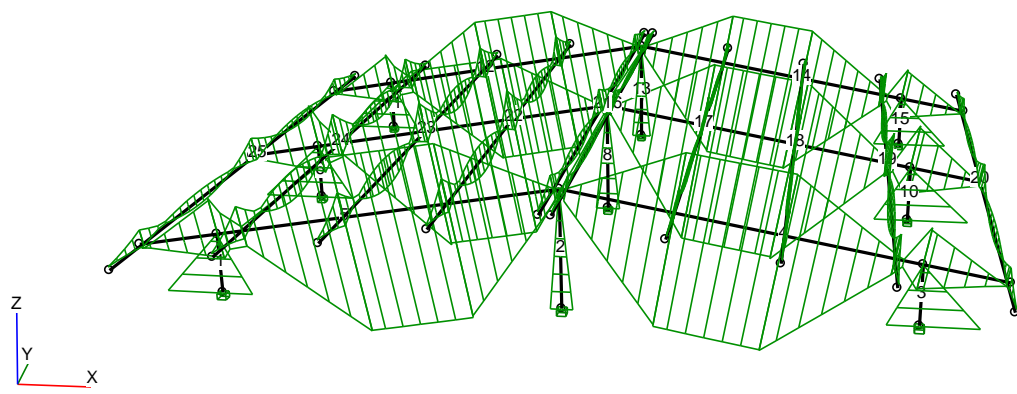
Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E:	G:	v:	$\alpha_T$ :	$\rho$ :	Ro:
			[GPa]	[GPa]	[-]	[1/K]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[MPa]
42	Stal 1993	S350GD	205	80	0,3	0	7850	350

**Wyniki Obliczeń wg PN-EN**  
**Teoria I rzędu**  
**Obwiednie sił**

**Mx**

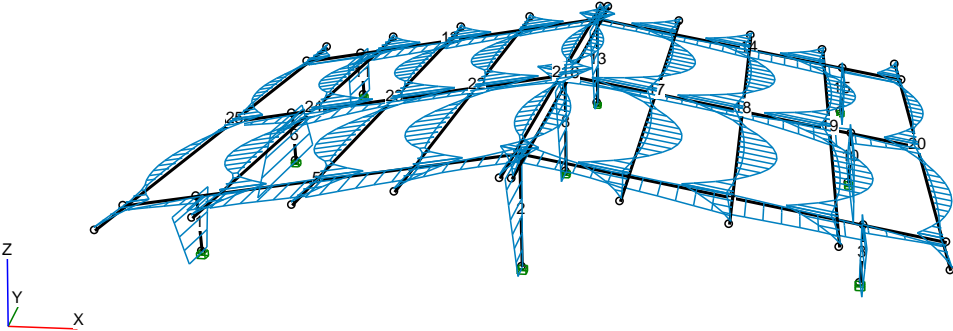


**My**

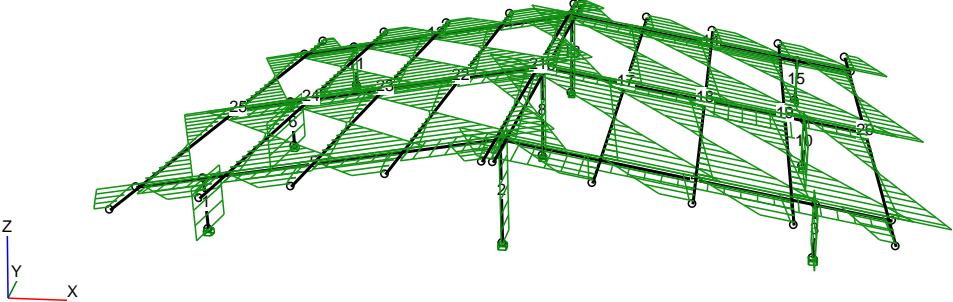




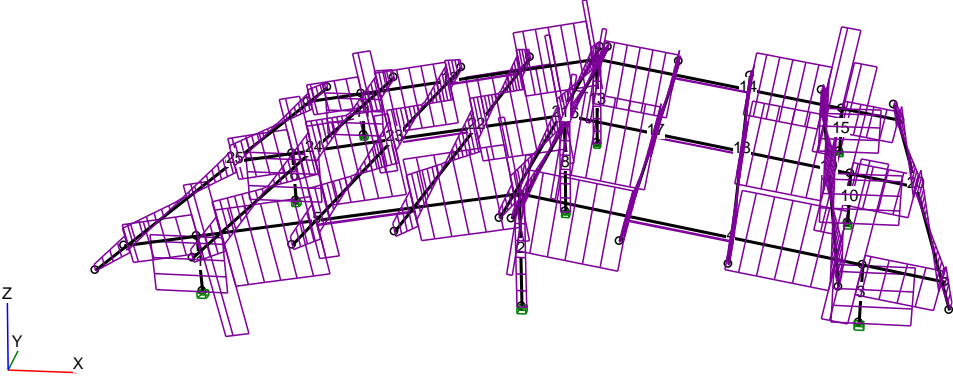
**Mz**



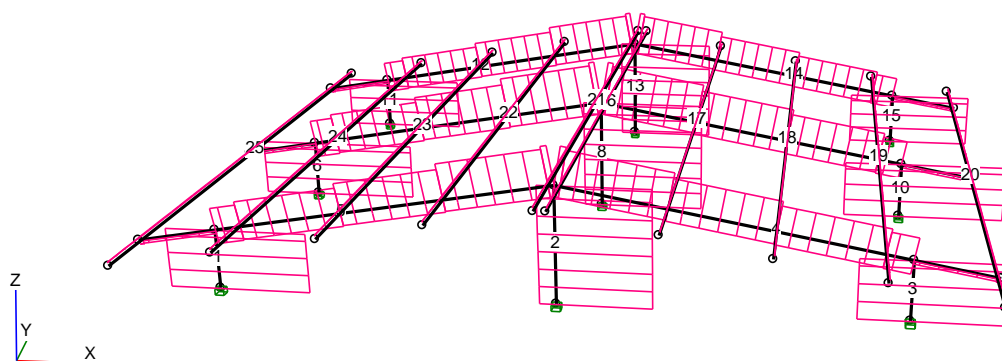
**Ty**



**Tz**



N



### Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993

Nr pręta:	Grupa:	Przekrój:	Nośność:	
7	SKOŚNA	2 - 105x50x3	0,741	<div style="width: 74.1%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
9	SKOŚNA	2 - 105x50x3	0,741	<div style="width: 74.1%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
19	WZDŁUŻNA - PRAWA	1 - 85x50x10x1,5	0,705	<div style="width: 70.5%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
24	WZDŁUŻNA - LEWA	1 - 85x50x10x1,5	0,705	<div style="width: 70.5%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
17	WZDŁUŻNA - PRAWA	1 - 85x50x10x1,5	0,679	<div style="width: 67.9%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
18	WZDŁUŻNA - PRAWA	1 - 85x50x10x1,5	0,679	<div style="width: 67.9%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
22	WZDŁUŻNA - LEWA	1 - 85x50x10x1,5	0,679	<div style="width: 67.9%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
23	WZDŁUŻNA - LEWA	1 - 85x50x10x1,5	0,679	<div style="width: 67.9%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
12	SKOŚNA	2 - 105x50x3	0,670	<div style="width: 67.0%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
14	SKOŚNA	2 - 105x50x3	0,670	<div style="width: 67.0%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
4	SKOŚNA	2 - 105x50x3	0,651	<div style="width: 65.1%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
5	SKOŚNA	2 - 105x50x3	0,651	<div style="width: 65.1%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
6	NOGA SKRAJNA	2 - 105x50x3	0,503	<div style="width: 50.3%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
10	NOGA SKRAJNA	2 - 105x50x3	0,503	<div style="width: 50.3%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
11	NOGA SKRAJNA	2 - 105x50x3	0,390	<div style="width: 39.0%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
15	NOGA SKRAJNA	2 - 105x50x3	0,390	<div style="width: 39.0%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
20	WZDŁUŻNA - PRAWA	1 - 85x50x10x1,5	0,380	<div style="width: 38.0%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
25	WZDŁUŻNA - LEWA	1 - 85x50x10x1,5	0,380	<div style="width: 38.0%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
16	WZDŁUŻNA - PRAWA	1 - 85x50x10x1,5	0,365	<div style="width: 36.5%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
21	WZDŁUŻNA - LEWA	1 - 85x50x10x1,5	0,365	<div style="width: 36.5%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
1	NOGA SKRAJNA	2 - 105x50x3	0,348	<div style="width: 34.8%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
3	NOGA SKRAJNA	2 - 105x50x3	0,348	<div style="width: 34.8%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
8	NOGA ŚRODKOWA	2 - 105x50x3	0,198	<div style="width: 19.8%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
13	NOGA ŚRODKOWA	2 - 105x50x3	0,182	<div style="width: 18.2%; background-color: blue; height: 10px;"></div>
2	NOGA ŚRODKOWA	2 - 105x50x3	0,176	<div style="width: 17.6%; background-color: blue; height: 10px;"></div>

## Analiza głębokości wbicia słupków

Przyjęto pierwszą kategorię geotechniczną oraz  
proste warunki gruntowo - wodne.

- **Dane :**

**Pale :** standardowe, w grupie

**rodzaj:** stalowe z profili  
**wykonanie:** wbijane  
**długość pala:** 1,80 (m) od poziomu 0,00 (m)  
**układ pali:** 9 pali w układzie prostokątnym,  
wzdłuż osi X : rzędy co 3,30 (m) powtórzone 2 razy  
wzdłuż osi Y : rzędy co 3,76 (m) powtórzone 2 razy

Układ warstw :

Rodzaj gruntu	Ip/I <sub>L</sub>	w <sub>n</sub> [%]	z [m]	g [kN/m <sup>3</sup> ]	t [kN/m <sup>2</sup> ]	q [kN/m <sup>2</sup> ]
Piasek średni	0,36	14,00	0,00	18,50	49,38	2277,94
Piasek średni	0,36	14,00	-0,20	18,50	49,38	2277,94
Glina	0,33	21,00	-0,60	20,50	37,46	1224,00
Glina piaszczysta	0,33	17,00	-1,10	21,00	37,46	1224,00
Glina piaszczysta	0,22	12,00	-2,10	22,00	41,64	1466,00

- **Nośność fundamentu palowego:**

Dopuszczalne pionowe obciążenie obliczeniowe przekazywane na pal:

wyciągany  $P_{min} = -5,40 \text{ (kN)}$

Największa siła pionowa  $Q_{max} = -5,25 \text{ (kN)}$  (dopuszczalna: -5,40 (kN))

**Warunek nośności jest spełniony.**

Przyjęte głębokości wbicia podpór wg pkt. 2.2. Przed wbiciem podpór, należy uwzględnić warunki montażu konstrukcji ujęte w punkcie 2.3.

Opracował: mgr inż. Sławomir Szalek

Uprawnienia do projektowania bez ograniczeń

w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

nr WAM/0144/POOK/08