

**PROJEKT BUDOWLANY PLACU ZABAW Z 5 FIGURAMI BĘDĄCYMI
ELEMENTAMI SZTUKI O CHARAKTERZE ARTYSTYCZNYM –
OBLICZENIA STATYCZNE**

Inwestor: Gmina Pacyna, 09-541 Pacyna ul. Wyzwolenia 7

Adres inwestycji: Pacyna, działka nr 56

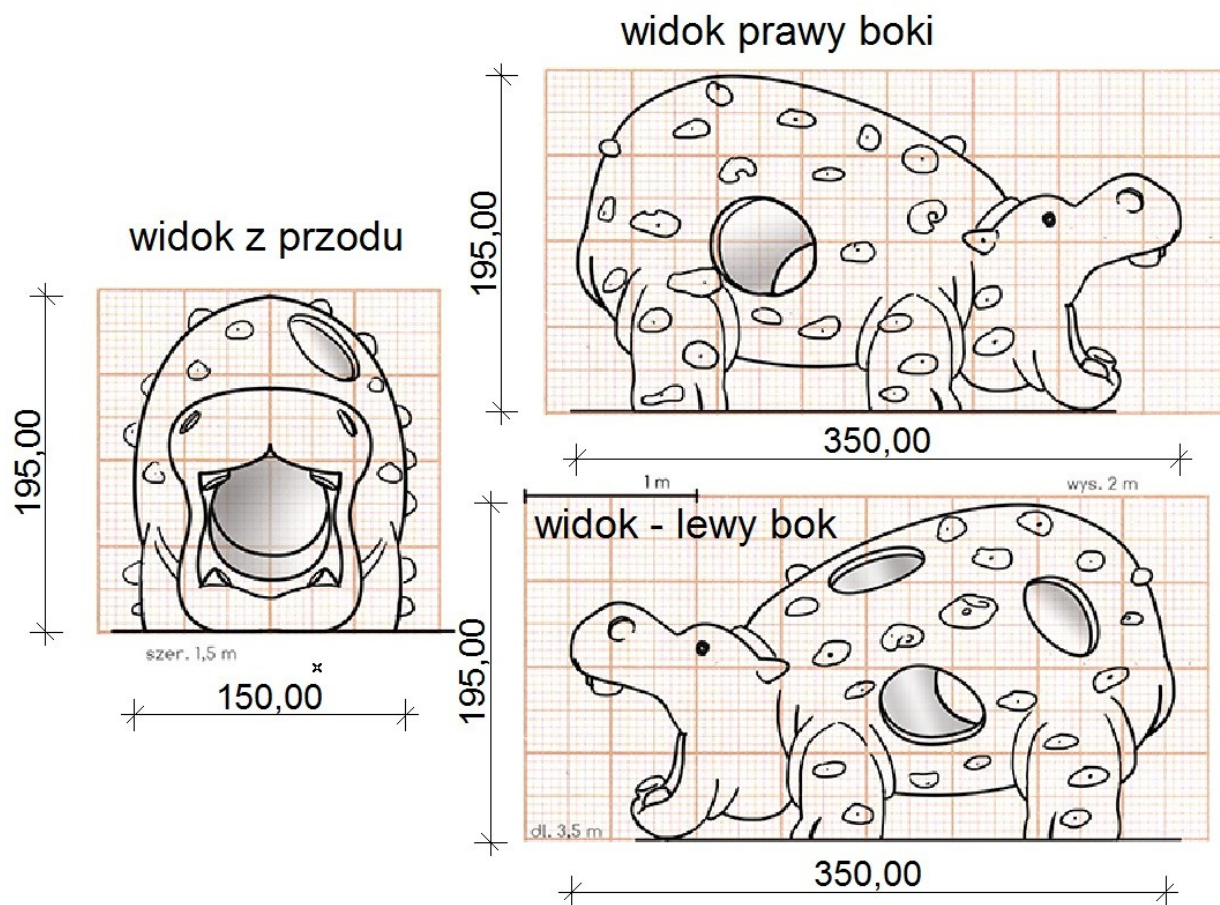
Projekt; Studio Projektowe Ambient
Gliwice ul. Głowackiego 5g

Projektanci; mgr inż. arch. Piotr Gara
Nr upr.11/03/SLOKK
mgr inż. Tadeusz Gara
Nr upr.2395/64

OBLICZENIA STATYCZNE DLA 5 FIGURU NA PLACU ZABAW:

1. FIGURA HIPOPOTAMA – OBLICZENIA STATYCZNE DLA MODELU:

1.1. Szkic:



1.2. Materiały:

Figura będzie wykonana w całości ze styroduru pokrytego laminatem poliestrowo-szklanym. Korpus będzie wydrążony w środku i materiał będzie tworzył skorupę modelu w formie łupiny o sztywności zapewniającej wytrzymałość statyczną obiektu i odporną na uszkodzenia mechaniczne. Aby zapewnić odpowiednie posadowienie w terenie figura będzie zamocowana do 1 stopy fundamentowej gr. 30 cm (za pośrednictwem 4 stóp figury oraz paszczy) wykonanej z betonu klasy co najmniej C16/20. Ponadto paszcza figury będzie wzmocniona wkładem z profilu stalowego, przechodzącego przez dolną część brzucha i przez nogi figury zakotwionego w fundamencie.

Model będzie pokryty powłoką z laminatu (6-12 mm) zabezpieczającą przed uszkodzeniami mechanicznymi i szkodliwym działaniem warunków atmosferycznych.

1.3. Obciążenie wiatrem:

Figura znajduje się w terenie otwartym jest otoczona ogrodzeniami, elementami małej architektury i innymi figurami, drzewami i niską roślinnością, które ograniczają siłę wiatru. Przyjęto prędkość wiatru:

$$V_k = 20 \frac{m}{s} = 72 \frac{km}{h}$$

Gęstość powietrza (średnia wartość w Polsce):

$$\rho = 1,26 \frac{kg}{m^3}$$

Wartość charakterystyczna ciśnienia prędkości wiatru:

$$q_k = \frac{\rho \times V_k^2}{2} = \frac{1,26 \times 20^2}{2} = 252 \text{ Pa} \approx 250 \text{ Pa} = 0,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ponieważ wysokość figury jest mniejsza niż 5,0 m obciążenie można zmniejszyć o 20%.

Przyjęto obciążenie $q_k = 200 \text{ Pa} = 0,20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Przyjęto współczynnik ekspozycji:

$$C_e = 1,23$$

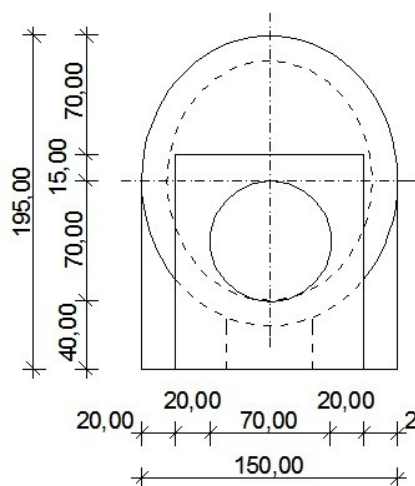
(dla terenu A - otwartego z nielicznymi przeszkodami i wysokości 105 m n. p. m.).

Z uwagi na charakterystykę materiału (styrodur+laminat), figura będzie się zachowywała jak ramowy układ przestrzenny o skończonej sztywności. Częściowa podatność materiału (sprężystość) zabezpiecza figurę przed negatywnymi skutkami odrywania się wirów Bernarda-Karmana. Dlatego do obliczeń przyjęto współczynnik działania dynamicznych porywów wiatru = 2,0 (jak dla budowli niepodatnej, zwiększony o 20 %).

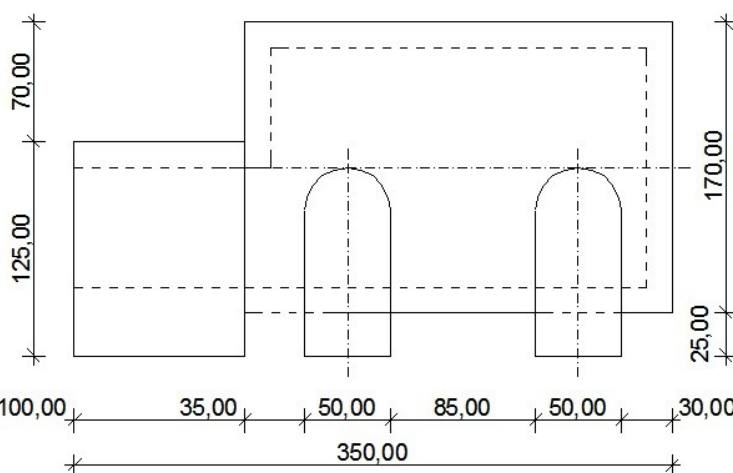
1.4. Ustalenie współczynnika aerodynamicznego:

Model obliczeniowy

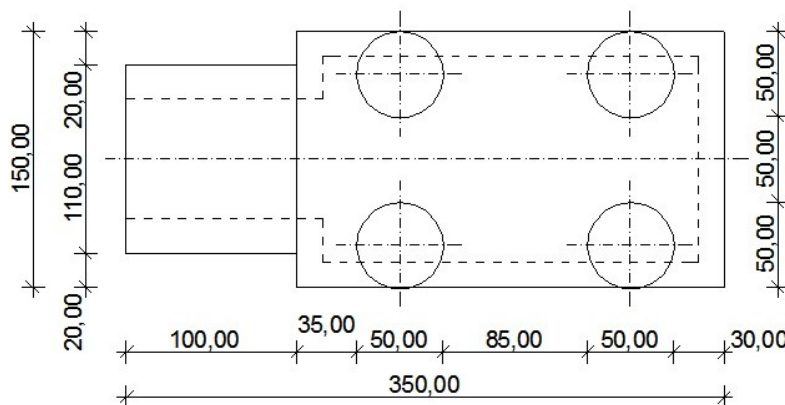
schemat - widok frontowy



schemat - widok z profilu



schemat - rzut z góry



Współczynnik działania porywów wiatru:

$$H = 195 \text{ cm}$$

$$d_{min} = 150 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{H}{d_{min}} = \frac{195}{150} = 1,3$$

Parcie wiatru:

$$C_p = 0,7$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times 0,7 \times 1,3 = 0,22 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = 0,22 \times 1,3 = 0,29 \frac{kN}{m^2}$$

Ssanie wiatru:

$$C_p = -0,4$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times (-0,4) \times 1,3 = -0,13 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = -0,13 \times 1,3 = -0,17 \frac{kN}{m^2}$$

Ciężar własny figury – 175 ≈ 1,75 kN

$$g_f = 1,75 \text{ kN}$$

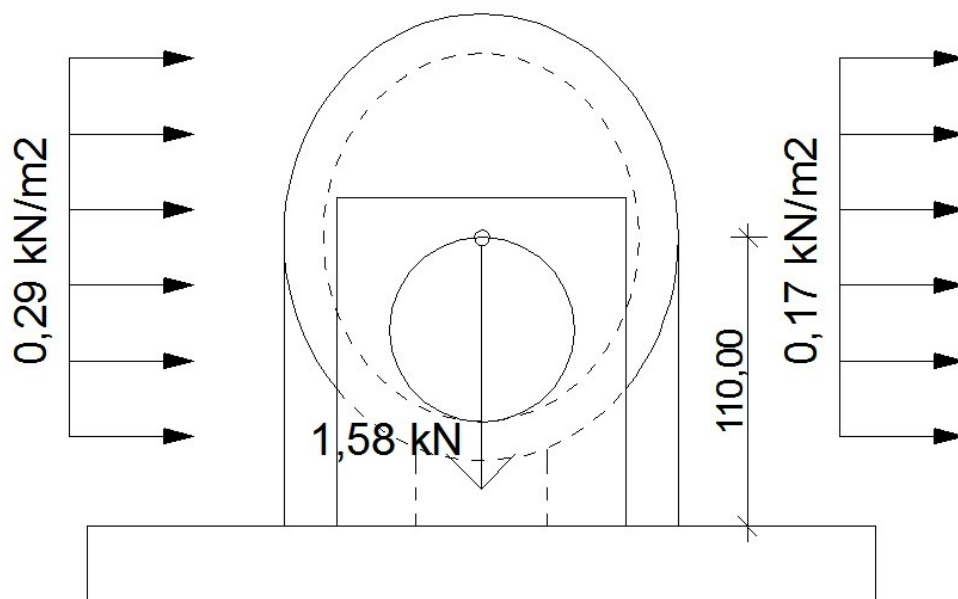
$$r_f = 0,9$$

$$g = g_f \times r_f = 1,58 \text{ kN}$$

1.5. Zabezpieczenie figury przed wywróceniem na skutek porywów wiatru:

Schemat obciążenia:

schemat - widok frontowy



$$W^{+L} = 0,29 \times 1,95 \times 3,5 = 1,98 \text{ kN}$$

$$W^{+L} = 0,17 \times 1,95 \times 3,5 = 1,16 \text{ kN}$$

Moment zginający wywracający figurę:

$$M_w = 1,98 \times 1,1 + 1,16 \times 1,1 = 3,45 \text{ kNm}$$

Odległość między śrubami utrzymującymi stopy figury (w kierunku d_{min}):

$$l_s = 0,8 \text{ m}$$

Moment utrzymujący figurę na śrubach mocujących stopy do podstawy (z uwagi na małą wartość pominięto ciężar figury):

$$M_u = R_1 \times l_s \geq M_w$$

$$R_1 = \frac{M_w}{l_s} = \frac{3,45}{0,8} = 4,31 \text{ kN}$$

Siła jaką musi wytrzymać mocowanie 1 nogi:

$$\frac{R_1}{2} = \frac{4,31}{2} = 2,16 \text{ kN}$$

Moment ciężaru figury zmniejszający wartość momentu wywracającego:

a – odległość od środka osi ciężkości figury do krawędzi stopy fundamentowej:

$$M_g = g \times a = 1,58 \times 1,5 = 2,37 \text{ kNm}$$

Przyjęto do mocowania każdej podpory (4 stopy hipopotama + szczeka) przyjęto p 3 śruby M12 L125 w klasie 5.6 na każdą stopę.

Moment utrzymujący figurę na jednej stronie stopy fundamentowej:

W chwili wywracania figury oś obrotu znajduje się na krawędzi stopy fundamentowej.

Przyjęto $l_c = 3,0 \text{ m}$ – wymiar poziomy stopy fundamentowej w kierunku wymiaru krótszego boku stopy.

$$M_u = R_2 \times l_c > M_w - M_g$$

$$R_2 = \frac{M_w - M_g}{l_c} = \frac{3,45 - 2,37}{3,0} = 0,36 \text{ kN}$$

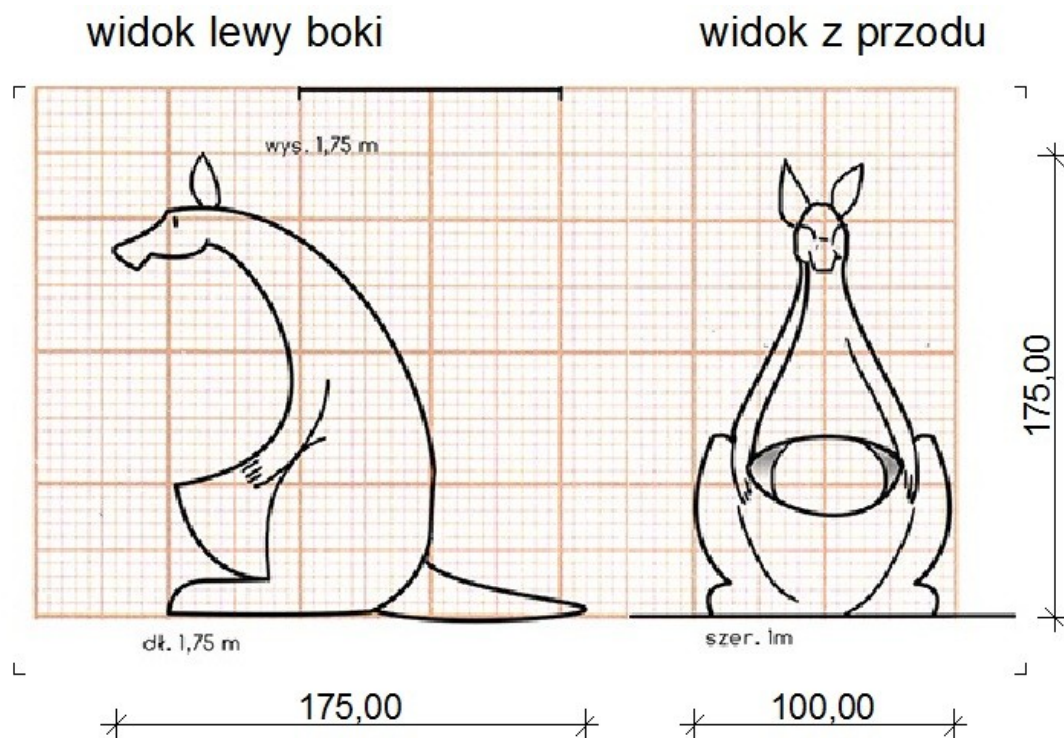
Siła jaką musi wytrzymać kotwienie na końcach stóp figury w najbardziej niekorzystnym położeniu, tj. dla kotwy najdalej położonej od osi obrotu stopy fundamentowej:

$$\frac{R_2}{2} = \frac{0,36}{2} = 0,18 \text{ kN}$$

Ostatecznie przyjęto mocowanie modelu do stopy fundamentowej 32 kotwami (po 3 kotwy dla każdej stopy i 20 dla stelaża) M12 L150 w klasie 5.6.

2. FIGURA KANGURA – OBLICZENIA STATYCZNE DLA MODELU:

2.1. Szkic:



2.2. Materiały:

Figura będzie wykonana w całości ze styroduru pokrytego laminatem poliestrowo-szkalnym. Materiał ten będzie zarówno tworzył wypełnienie modelu, jak również zapewniał wytrzymałość statyczną obiektu. Korpus będzie wydrążony w środku tułowia i materiał będzie tworzył w tym miejscu skorupę o sztywności zapewniającej wytrzymałość statyczną obiektu i odporną na uszkodzenia mechaniczne. Aby zapewnić odpowiednie posadowienie w terenie figura będzie zamocowana do 1 stopy fundamentowej gr. 20 cm (za pośrednictwem 2 stóp figury i ogona) wykonanej z betonu klasy co najmniej C16/20. Szyja i głowa będą wzmocnione wkładami z profili stalowych, przechodzących przez tułów figury i zakotwionych w fundamencie.

Model będzie pokryty powłoką z laminatu (4-8 mm) zabezpieczającą przed uszkodzeniami mechanicznymi i wpływem warunków atmosferycznych.

2.3. Obciążenie wiatrem:

Figura znajduje się w terenie otwartym jest otoczona ogrodzeniami, elementami małej architektury i innymi figurami, drzewami i niską roślinnością, które ograniczają siłę wiatru. Przyjęto prędkość wiatru:

$$V_k = 20 \frac{m}{s} = 72 \frac{km}{h}$$

Gęstość powietrza (średnia wartość w Polsce):

$$\rho = 1,26 \frac{kg}{m^3}$$

Wartość charakterystyczna ciśnienia prędkości wiatru:

$$q_k = \frac{\rho \times V_k^2}{2} = \frac{1,26 \times 20^2}{2} = 252 \text{ Pa} \approx 250 \text{ Pa} = 0,25 \frac{kN}{m^2}$$

Ponieważ wysokość figury jest mniejsza niż 5,0 m obciążenie można zmniejszyć o 20%.

Przyjęto obciążenie $q_k = 200 \text{ Pa} = 0,20 \frac{kN}{m^2}$

Przyjęto współczynnik ekspozycji:

$$C_e = 1,23$$

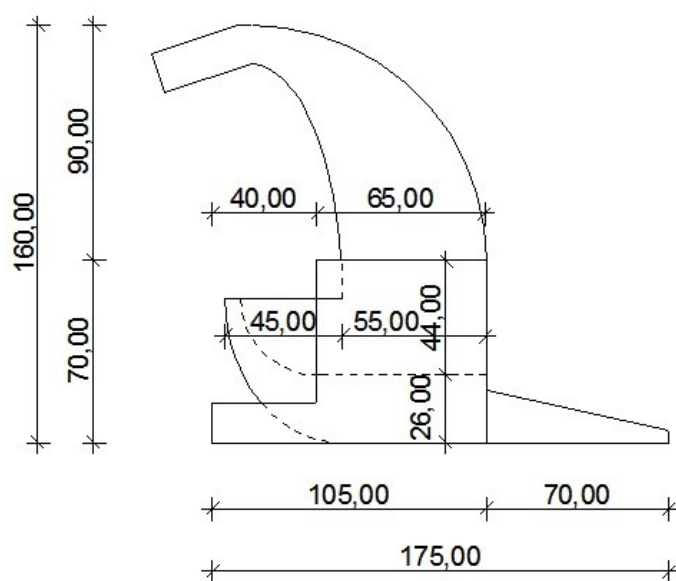
(dla terenu A - otwartego z nielicznymi przeszkodami i wysokości 105 m n. p. m.).

Z uwagi na charakterystykę materiału (styrodur+laminat), figura będzie się zachowywała jak ramowy układ przestrzenny o skończonej sztywności. Częściowa podatność materiału (sprężystość) zabezpiecza figurę przed negatywnymi skutkami odrywania się wirów Bernarda-Karmana. Dlatego do obliczeń przyjęto współczynnik działania dynamicznych porywów wiatru = 2,0 (jak dla budowli niepodatnej, zwiększony o 20 %).

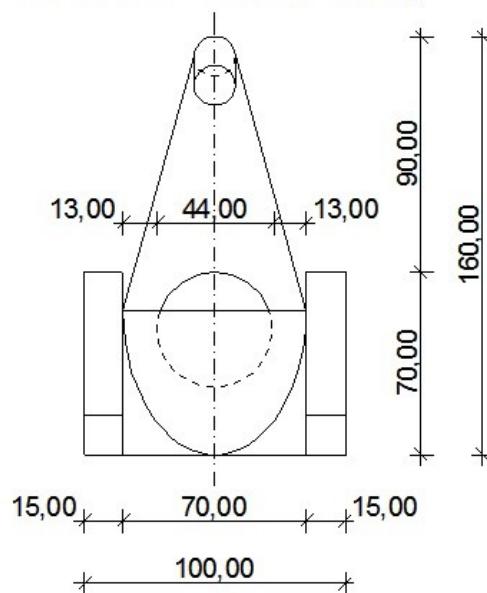
2.4. Ustalenie współczynnika aerodynamicznego:

Model obliczeniowy

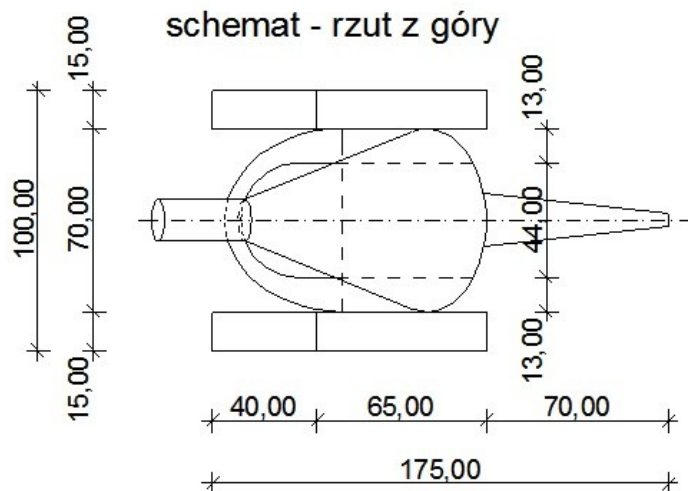
schemat - widok z profilu



schemat - widok frontowy



schemat - rzut z góry



Współczynnik działania porywów wiatru:

$$H = 160 \text{ cm}$$

$$d_{min} = 55 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{H}{d_{min}} = \frac{160}{55} = 2,91$$

Parcie wiatru:

$$C_p = 0,7$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times 0,7 \times 2,91 = 0,5 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = 0,5 \times 1,3 = 0,65 \frac{kN}{m^2}$$

Ssanie wiatru:

$$C_p = -0,4$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times (-0,4) \times 2,91 = -0,29 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = -0,29 \times 1,3 = -0,38 \frac{kN}{m^2}$$

Ciężar własny figury – $40 \approx 0,4$ kN

$$g_f = 0,4 \text{ kN}$$

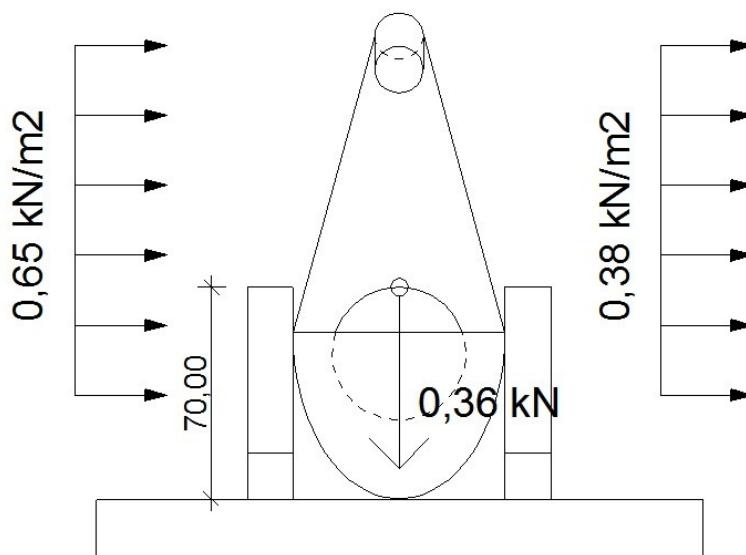
$$r_f = 0,9$$

$$g = g_f \times r_f = 0,36 \text{ kN}$$

2.5. Zabezpieczenie figury przed wywróceniem na skutek porywów wiatru:

Schemat obciążenia:

schemat - widok frontowy



$$W^{+L} = 0,65 \times 1,05 \times 1,6 = 1,09 \text{ kN}$$

$$W^{+L} = 0,38 \times 1,05 \times 1,6 = 0,64 \text{ kN}$$

Moment zginający wywracający figurę:

$$M_w = 1,09 \times 0,7 + 0,64 \times 0,7 = 1,21 \text{ kNm}$$

Odległość między śrubami utrzymującymi stopy i podstawę figury:

$$l_s = 0,6 \text{ m}$$

Moment utrzymujący figurę na śrubach mocujących stopy do podstawy (z uwagi na małą wartość pominięto ciężar figury):

$$M_u = R_1 \times l_s \geq M_w$$

$$R_1 = \frac{M_w}{l_s} = \frac{1,21}{0,6} = 2,02 \text{ kN}$$

Siła jaką musi wytrzymać mocowanie 1 śruby:

$$\frac{R_1}{2} = \frac{2,02}{15} = 0,13 \text{ kN}$$

Moment ciężaru figury zmniejszający wartość momentu wywracającego:

a – odległość od środka osi ciężkości figury do krawędzi stopy fundamentowej:

$$M_g = g \times a = 0,36 \times 1,0 = 0,36 \text{ kNm}$$

Przyjęto do mocowania 2 stóp kangura przyjęto po 3 śruby M12 L150 w klasie 5.6 na każdą stopę. Do mocowania podstawy korpusu i ogona przyjęto 9 śrub M12 L150 w klasie 5.6 (co 60 cm).

Moment utrzymujący figurę na jednej stronie stopy fundamentowej:

W chwili wywracania figury oś obrotu znajduje się na krawędzi stopy fundamentowej.

Przyjęto $l_c = 2,0 \text{ m}$ – wymiar poziomy stopy fundamentowej.

$$M_u = R_2 \times l_c > M_w - M_g$$

$$R_2 = \frac{M_w - M_g}{l_c} = \frac{1,21 - 0,36}{2,0} = 0,43 \text{ kN}$$

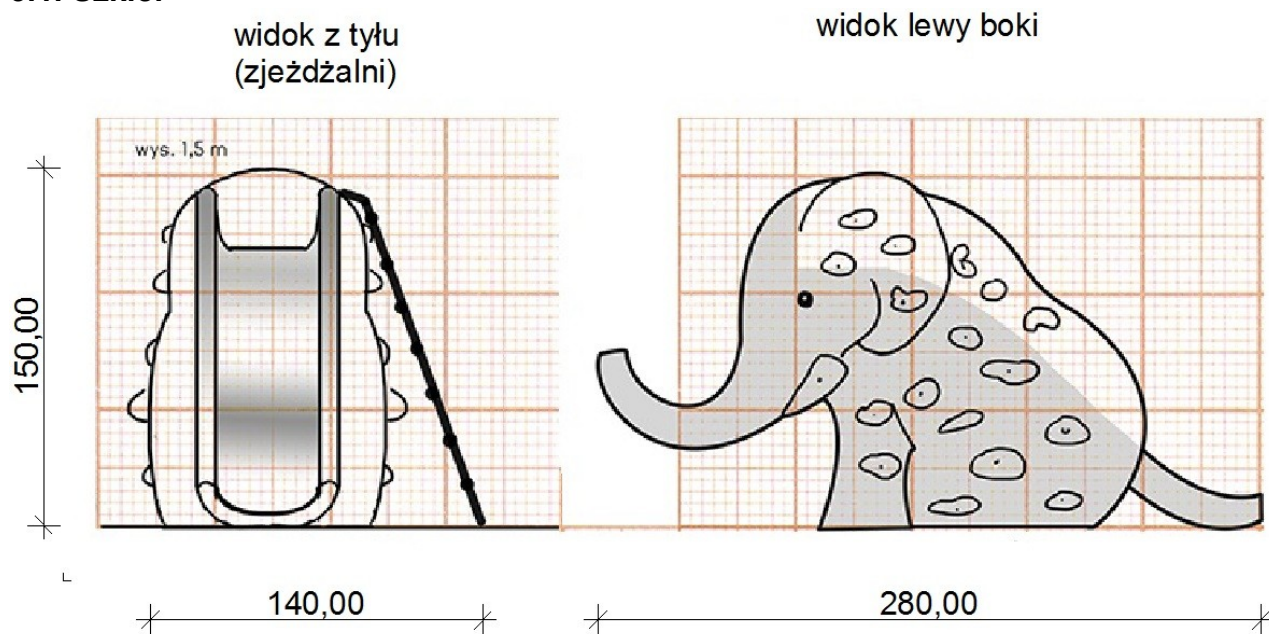
Siła jaką musi wytrzymać kotwienie na końcach stóp figury w najbardziej niekorzystnym położeniu, tj. dla kotwy najdalej położonej od osi obrotu stopy fundamentowej:

$$\frac{R_2}{2} = \frac{0,43}{2} = 0,22 \text{ kN}$$

Ostatecznie przyjęto mocowanie modelu do stopy fundamentowej 18 kotwami (po 3 kotwy dla każdej stopy 4 dla podstawy figury i 8 dla stelażu) M12 L150 w klasie 5.6.

3. FIGURA SŁONIA – OBLICZENIA STATYCZNE DLA MODELU:

3.1. Szkic:



3.2. Materiały:

Figura będzie wykonana w całości ze styroduru pokrytego laminatem poliestrowo-szklanym. Materiał ten będzie zarówno tworzył wypełnienie modelu, jak również zapewniał wytrzymałość statyczną obiektu. Aby zapewnić odpowiednie posadowienie w terenie figura będzie zamocowana do 1 stopy fundamentowej gr. 30 cm (za pośrednictwem podstawy figury) wykonanej z betonu klasy co najmniej C16/20.

Korpus pod zjeżdżalnią będzie dodatkowo wzmocniony konstrukcją z profili stalowych zakotwioną w stopie fundamentowej. Drabinka będzie wykonana z rury stalowej bezszwowej.

Model będzie pokryty powłoką z laminatu (4-8 mm) zabezpieczającą przed uszkodzeniami mechanicznymi i warunkami atmosferycznymi.

3.3. Obciążenie wiatrem:

Figura znajduje się w terenie otwartym jest otoczona ogrodzeniami, elementami małej architektury i innymi figurami, drzewami i niską roślinnością, które ograniczają siłę wiatru.

Przyjęto prędkość wiatru:

$$V_k = 20 \frac{m}{s} = 72 \frac{km}{h}$$

Gęstość powietrza (średnia wartość w Polsce):

$$\rho = 1,26 \frac{kg}{m^3}$$

Wartość charakterystyczna ciśnienia prędkości wiatru:

$$q_k = \frac{\rho \times V_k^2}{2} = \frac{1,26 \times 20^2}{2} = 252 \text{ Pa} \approx 250 \text{ Pa} = 0,25 \frac{kN}{m^2}$$

Ponieważ wysokość figury jest mniejsza niż 5,0 m obciążenie można zmniejszyć o 20%.

Przyjęto obciążenie $q_k = 200 \text{ Pa} = 0,20 \frac{kN}{m^2}$

Przyjęto współczynnik ekspozycji:

$$C_e = 1,23$$

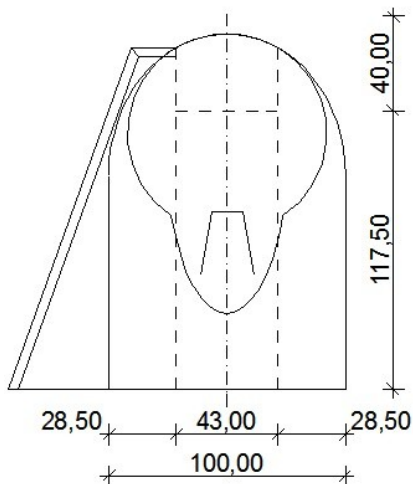
(dla terenu A - otwartego z nielicznymi przeszkodami i wysokości 105 m n. p. m.).

Z uwagi na charakterystykę materiału (styrodur+laminat), figura będzie się zachowywała jak ramowy układ przestrzenny o skończonej sztywności. Częściowa podatność materiału (sprężystość) zabezpiecza figurę przed negatywnymi skutkami odrywania się wirów Bernarda-Karmana. Dlatego do obliczeń przyjęto współczynnik działania dynamicznych porywów wiatru = 2,0 (jak dla budowli niepodatnej, zwiększony o 20 %).

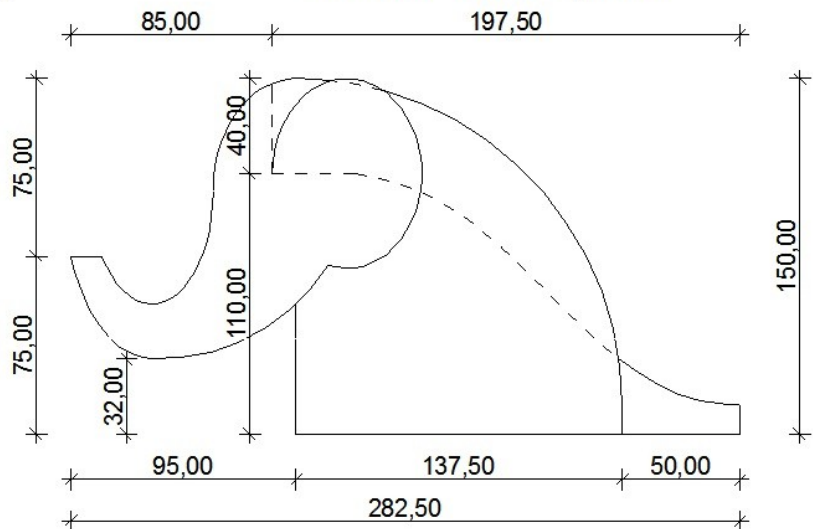
3.4. Ustalenie współczynnika aerodynamicznego:

Model obliczeniowy

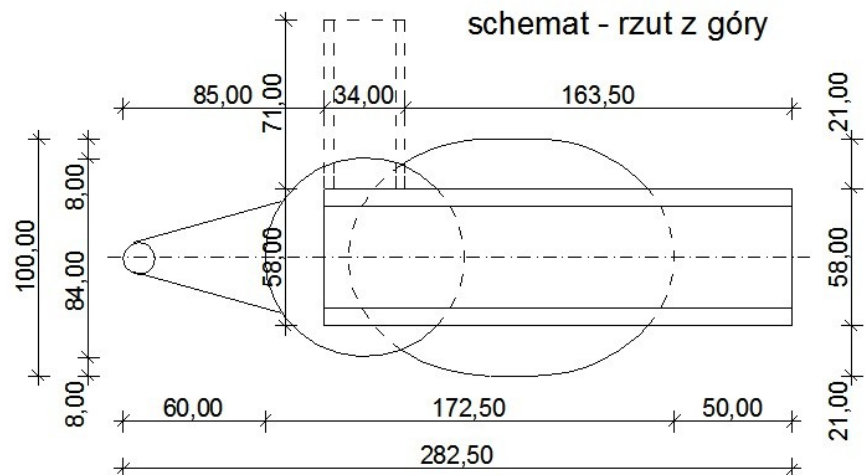
schemat - widok frontowy



schemat - widok z profilu



schemat - rzut z góry



Współczynnik działania porywów wiatru:

$H = 150 \text{ cm}$

$d_{min} = 100 \text{ cm}$

$$\beta = \frac{H}{d_{min}} = \frac{150}{100} = 1,5$$

Parcie wiatru:

$C_p = 0,7$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times 0,7 \times 1,5 = 0,26 \frac{kN}{m^2}$$

$r_f = 1,3$

$$p = p_k \times r_f = 0,26 \times 1,3 = 0,34 \frac{kN}{m^2}$$

Ssanie wiatru:

$$C_p = -0,4$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times (-0,4) \times 1,5 = -0,15 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = -0,15 \times 1,3 = -0,2 \frac{kN}{m^2}$$

Ciężar własny figury – $150 \approx 1,5$ kN

$$g_f = 1,5 \text{ kN}$$

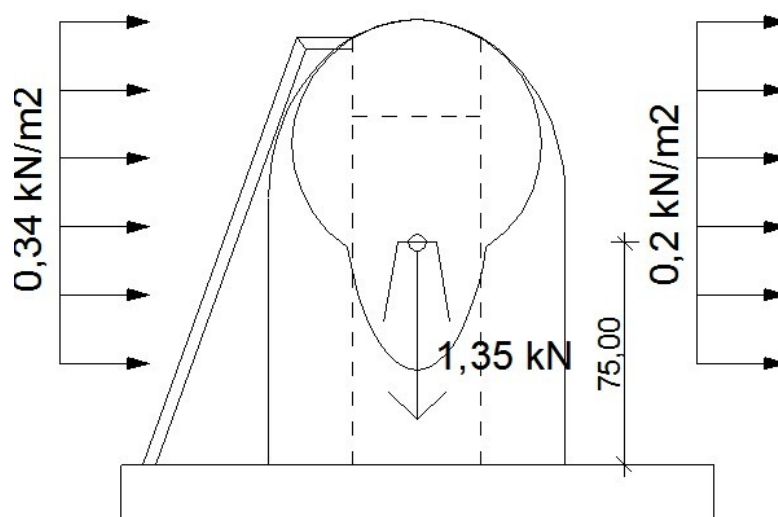
$$r_f = 0,9$$

$$g = g_f \times r_f = 1,35 \text{ kN}$$

3.5. Zabezpieczenie figury przed wywróceniem na skutek porywów wiatru:

Schemat obciążenia:

schemat - widok frontowy



$$W^{+L} = 0,34 \times (1,4 \times 1,5 + 1,2 \times 1,0) = 1,2 \text{ kN}$$

$$W^{+L} = 0,2 \times (1,4 \times 1,5 + 1,2 \times 1,0) = 0,66 \text{ kN}$$

Moment zginający wywracający figurę:

$$M_w = 1,2 \times 0,75 + 0,66 \times 0,75 = 1,40 \text{ kNm}$$

Odległość między śrubami utrzymującymi stopy figury:

$$l_s = 0,6 \text{ m}$$

Moment utrzymujący figurę na śrubach mocujących stopy do podstawy (z uwagi na małą wartość pominięto ciężar figury):

$$M_u = R_1 \times l_s \geq M_w$$

$$R_1 = \frac{M_w}{L_s} = \frac{1,4}{0,6} = 2,33 \text{ kN}$$

Siła jaką musi wytrzymać mocowanie 1 śruby:

$$\frac{R_1}{2} = \frac{2,33}{12} = 0,19 \text{ kN}$$

Moment ciężaru figury zmniejszający wartość momentu wywracającego:

a – odległość od środka osi ciężkości figury do krawędzi stopy fundamentu (w kierunku d_{min}):

$$M_g = g \times a = 1,35 \times 1,0 = 1,35 \text{ kNm}$$

Przyjęto do mocowania podstawy figury 12 śrub M12 L125 w klasie 5.6.

Moment utrzymujący figurę na jednej stronie stopy fundamentowej:

W chwili wywracania figury oś obrotu znajduje się na krawędzi stopy fundamentowej.

Przyjęto $l_c = 2,0 \text{ m}$ – wymiar poziomy stopy fundamentowej w kierunku wymiaru krótszego boku stopy.

$$M_u = R_2 \times l_c > M_w - M_g$$

$$R_2 = \frac{M_w - M_g}{l_c} = \frac{1,4 - 1,35}{2,0} = 0,03 \text{ kN}$$

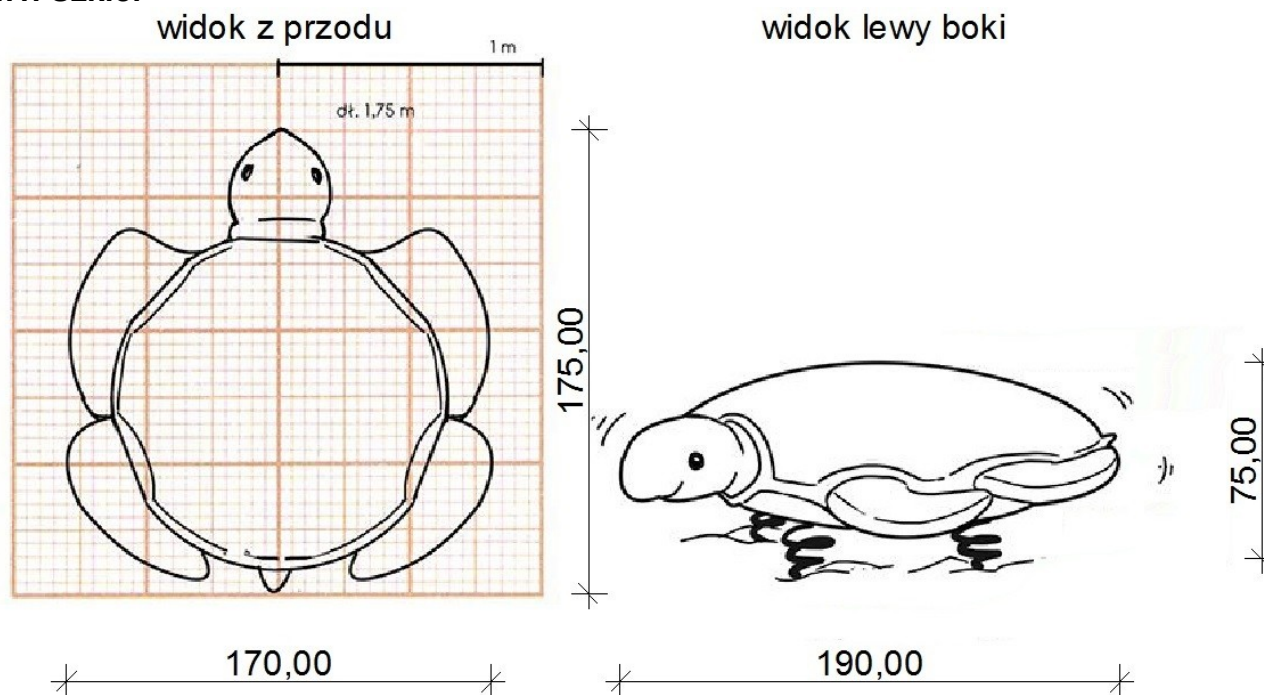
Siła jaką musi wytrzymać kotwienie na końcach stóp figury w najbardziej niekorzystnym położeniu, tj. dla kotwy najdalej położonej od osi obrotu stopy fundamentowej:

$$\frac{R_2}{2} = \frac{0,03}{2} = 0,015 \text{ kN}$$

Ostatecznie przyjęto mocowanie modelu do stopy fundamentowej 30 kotwami (mocowanie podstawy figury – 6 szt.; stelaż i drabinka - 24) M12 L150 w klasie 5.6.

4. FIGURA ŻÓŁWIA – OBLICZENIA STATYCZNE DLA MODELU:

4.1. Szkic:



4.2. Materiały:

Korpus figury będzie wykonana w całości ze styroduru pokrytego laminatem poliestrowo-szklanym. Materiał ten będzie zarówno tworzył wypełnienie modelu, jak również zapewniał wytrzymałość obiektu. Aby zapewnić odpowiednie posadowienie w terenie figura będzie zamocowana do 1 stopy fundamentowej gr. 20 cm (za pośrednictwem 3 sprężyn figury) wykonanej z betonu klasy co najmniej C16/20.

Model będzie pokryty powłoką z laminatu (4-8 mm) zabezpieczającą przed uszkodzeniami mechanicznymi i warunkami atmosferycznymi.

4.3. Obciążenie wiatrem:

Figura znajduje się w terenie otwartym jest otoczona ogrodzeniami, elementami małej architektury i innymi figurami, drzewami i niską roślinnością, które ograniczają siłę wiatru.

Przyjęto prędkość wiatru:

$$V_k = 20 \frac{m}{s} = 72 \frac{km}{h}$$

Gęstość powietrza (średnia wartość w Polsce):

$$\rho = 1,26 \frac{kg}{m^3}$$

Wartość charakterystyczna ciśnienia prędkości wiatru:

$$q_k = \frac{\rho \times V_k^2}{2} = \frac{1,26 \times 20^2}{2} = 252 \text{ Pa} \approx 250 \text{ Pa} = 0,25 \frac{kN}{m^2}$$

Ponieważ wysokość figury jest mniejsza niż 5,0 m obciążenie można zmniejszyć o 20%.

Przyjęto obciążenie $q_k = 200 \text{ Pa} = 0,20 \frac{kN}{m^2}$

Przyjęto współczynnik ekspozycji:

$$C_e = 1,23$$

(dla terenu A - otwartego z nielicznymi przeszkodami i wysokości 105 m n. p. m.).

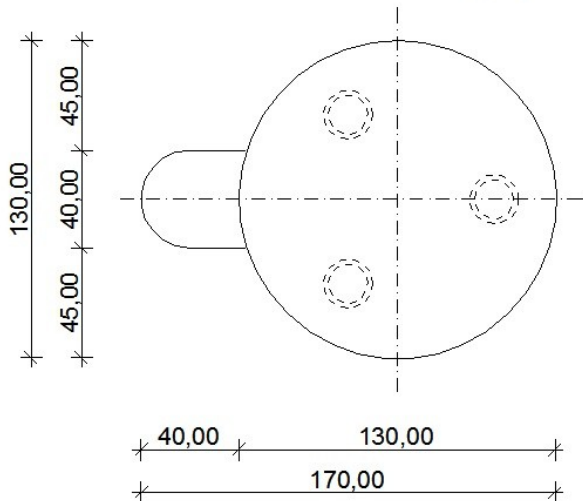
Częściowa podatność materiału (sprężystość) zabezpiecza figurę przed negatywnymi

skutkami odrywania się wirów Bernarda-Karmana. Dlatego do obliczeń przyjęto współczynnik działania dynamicznych porywów wiatru = 2,0 (jak dla budowli niepodatnej, zwiększony o 20 %).

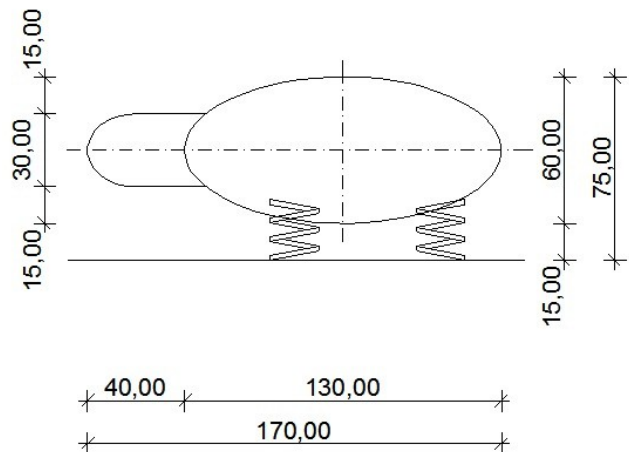
4.4. Ustalenie współczynnika aerodynamicznego:

Model obliczeniowy

schemat - rzut z góry



schemat - widok z profilu



Współczynnik działania porywów wiatru:

$$H = 75 \text{ cm}$$

$$d_{min} = 90 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{H}{d_{min}} = \frac{75}{90} = 0,83$$

Parcie wiatru:

$$C_p = 0,7$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times 0,7 \times 0,83 = 0,14 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = 0,14 \times 1,3 = 0,18 \frac{kN}{m^2}$$

Ssanie wiatru:

$$C_p = -0,4$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times (-0,4) \times 0,83 = -0,08 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = -0,08 \times 1,3 = -0,1 \frac{kN}{m^2}$$

Ciężar własny figury – $40 \approx 0,4 \text{ kN}$

$$g_f = 0,4 \text{ kN}$$

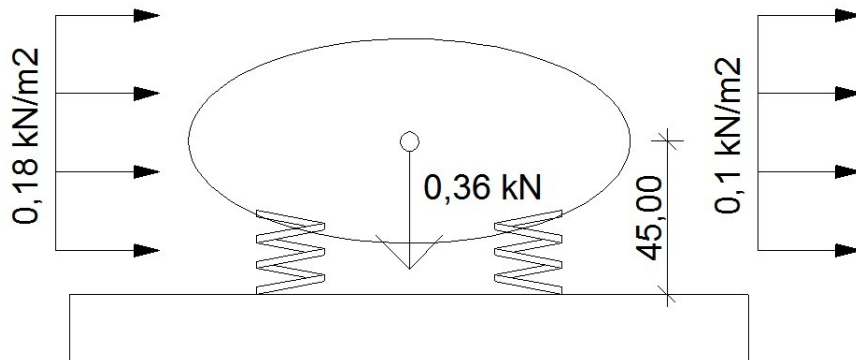
$$r_f = 0,9$$

$$g = g_f \times r_f = 0,36 \text{ kN}$$

4.5. Zabezpieczenie figury przed wywróceniem na skutek porywów wiatru:

Schemat obciążenia:

schemat - widok frontowy



$$W^{+L} = 0,18 \times (0,4 \times 0,3 + 0,75 \times 1,3) = 0,2 \text{ kN}$$

$$W^{+L} = 0,1 \times (0,4 \times 0,3 + 0,75 \times 1,3) = 0,11 \text{ kN}$$

Moment zginający wywracający figurę:

$$M_w = 0,2 \times 0,45 + 0,11 \times 0,45 = 0,14 \text{ kNm}$$

Odległość między śrubami utrzymującymi stopy figury (jest to odległość między sprężynami bujaka):

$$l_s = 0,7 \text{ m}$$

Moment utrzymujący figurę na śrubach mocujących stopy do podstawy (z uwagi na małą wartość pominięto ciężar figury):

$$M_u = R_1 \times l_s \geq M_w$$

$$R_1 = \frac{M_w}{L_s} = \frac{0,14}{0,7} = 0,2 \text{ kN}$$

Siła jaką musi wytrzymać mocowanie 1 śruby:

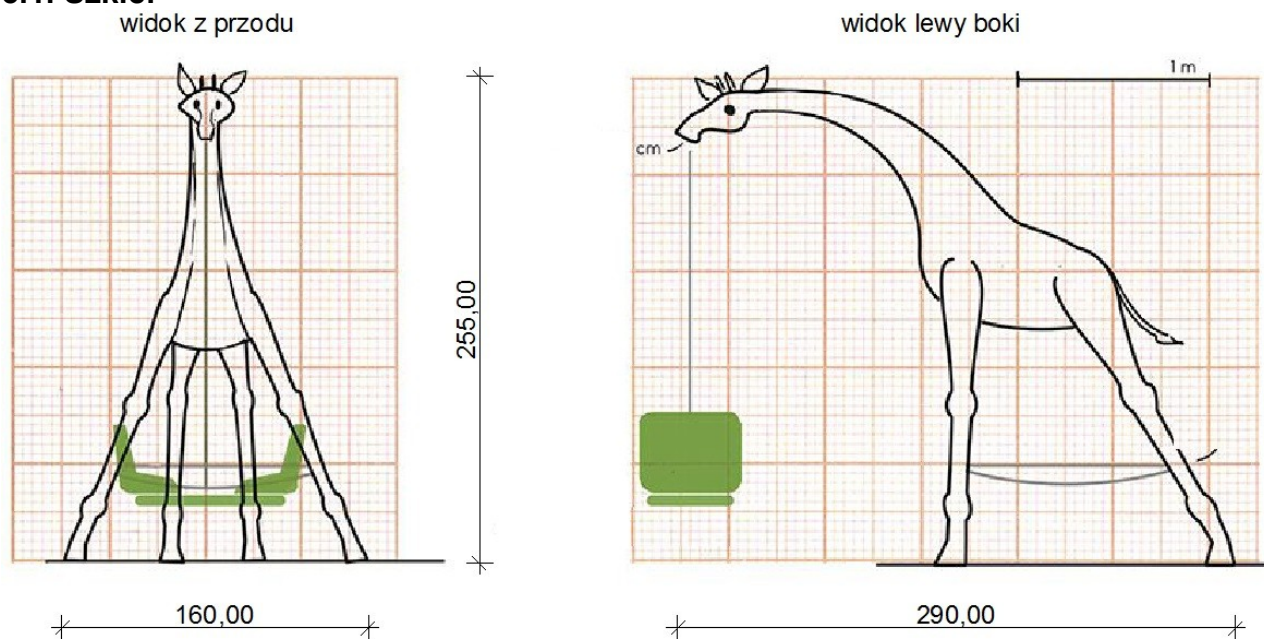
$$\frac{R_1}{2} = \frac{0,2}{4} = 0,05 \text{ kN}$$

Z uwagi na bardzo niską wartość momentu M_w pominięto moment ciężaru figury zmniejszający wartość momentu wywracającego.

Przyjęto do mocowania każdej sprężyny po 4 śruby M12 L125 w klasie 5.6 na każdą sprężynę. **Ostatecznie przyjęto mocowanie modelu 12 śrubami M12 L125 w klasie 5.6.**

5. FIGURA ŻYRAFY – OBLICZENIA STATYCZNE DLA MODELU:

5.1. Szkic:



5.2. Materiały:

Figura składa się z dwóch elementów: żyrafy i huśtawki. Żyrafa będzie wykonana w całości ze styroduru pokrytego laminatem poliestrowo-szklanym. Materiał ten będzie zarówno tworzył wypełnienie modelu, jak również zapewniał wytrzymałość statyczną obiektu. Dodatkowo figura będzie wzmocniona wkładem z profilu stalowego zakotwionego w fundamencie. Aby zapewnić odpowiednie posadowienie w terenie figura będzie zamocowana do 1 stopy fundamentowej gr. 30 cm (za pośrednictwem 4 stóp figury) wykonanej z betonu klasy co najmniej C16/20.

Model będzie pokryty powłoką z laminatu (4-8 mm) zabezpieczającą przed uszkodzeniami mechanicznymi i warunkami atmosferycznymi.

Siedziska huśtawki będzie wykonane z laminatu poliestrowo-szklanego. Huśtawka będzie zawieszona na szyi modelu (zamocowana do wkładu stalowego) za pośrednictwem łańcuch ze stali nierdzewnej.

5.3. Obciążenie wiatrem:

Figura znajduje się w terenie otwartym jest otoczona ogrodzeniami, elementami małej architektury i innymi figurami, drzewami i niską roślinnością, które ograniczają siłę wiatru.

Przyjęto prędkość wiatru:

$$V_k = 20 \frac{m}{s} = 72 \frac{km}{h}$$

Gęstość powietrza (średnia wartość w Polsce):

$$\rho = 1,26 \frac{kg}{m^3}$$

Wartość charakterystyczna ciśnienia prędkości wiatru:

$$q_k = \frac{\rho \times V_k^2}{2} = \frac{1,26 \times 20^2}{2} = 252 \text{ Pa} \approx 250 \text{ Pa} = 0,25 \frac{kN}{m^2}$$

Ponieważ wysokość figury jest mniejsza niż 5,0 m obciążenie można zmniejszyć o 20%.

Przyjęto obciążenie $q_k = 200 \text{ Pa} = 0,20 \frac{kN}{m^2}$

Przyjęto współczynnik ekspozycji:

$$C_e = 1,23$$

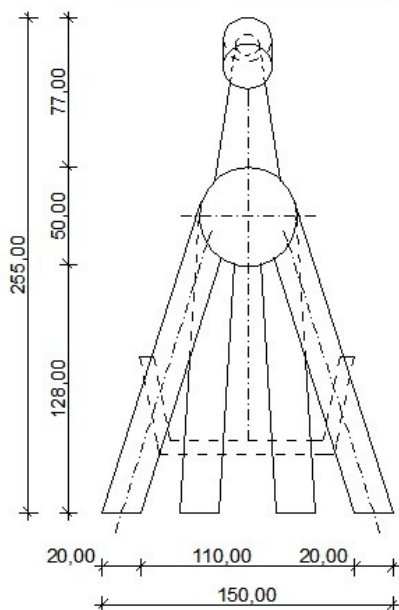
(dla terenu A - otwartego z nielicznymi przeszkodami i wysokości 105 m n. p. m.).

Z uwagi na charakterystykę materiału (styrodur+laminat), figura będzie się zachowywała jak ramowy układ przestrzenny o skończonej sztywności. Częściowa podatność materiału (sprężystość) zabezpiecza figurę przed negatywnymi skutkami odrywania się wirów Bernarda-Karmana. Dlatego do obliczeń przyjęto współczynnik działania dynamicznych porywów wiatru = 2,0 (jak dla budowli niepodatnej, zwiększony o 20 %).

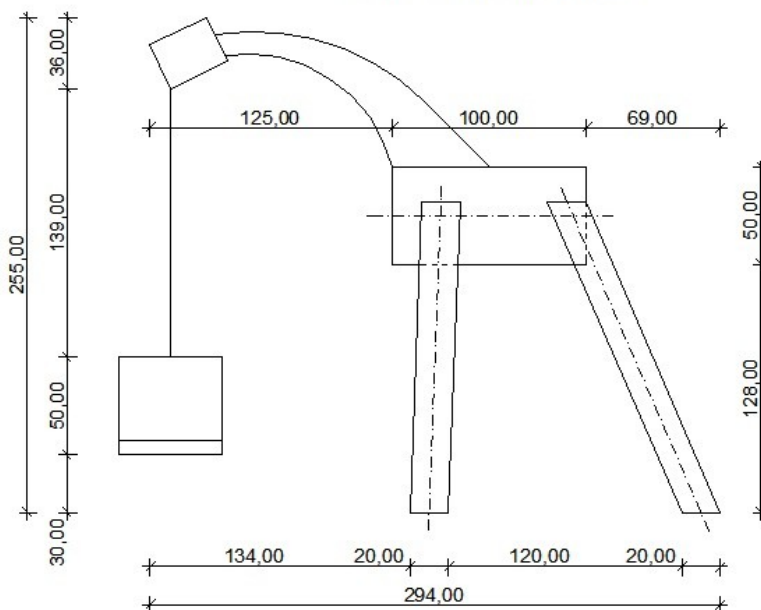
5.4. Ustalenie współczynnika aerodynamicznego:

Model obliczeniowy

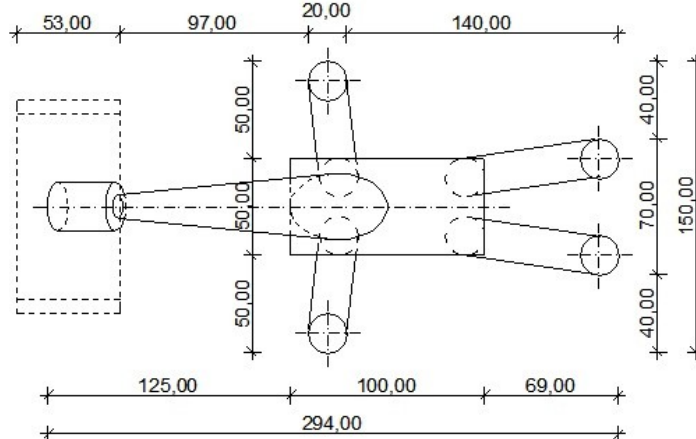
schemat - widok frontowy



schemat - widok z profilu



schemat - rzut z góry



Współczynnik działania porywów wiatru:

$H = 255 \text{ cm}$

$d_{min} = 50 \text{ cm}$

$$\beta = \frac{H}{d_{min}} = \frac{255}{50} = 5,1$$

Parcie wiatru:

$C_p = 0,7$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times 0,7 \times 5,1 = 0,88 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = 0,88 \times 1,3 = 1,14 \frac{kN}{m^2}$$

Ssanie wiatru:

$$C_p = -0,4$$

$$p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,2 \times 1,23 \times (-0,4) \times 5,1 = -0,5 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_f = 1,3$$

$$p = p_k \times r_f = -0,5 \times 1,3 = -0,65 \frac{kN}{m^2}$$

Ciężar własny figury – $30 \approx 0,3$ kN

$$g_f = 0,3$$

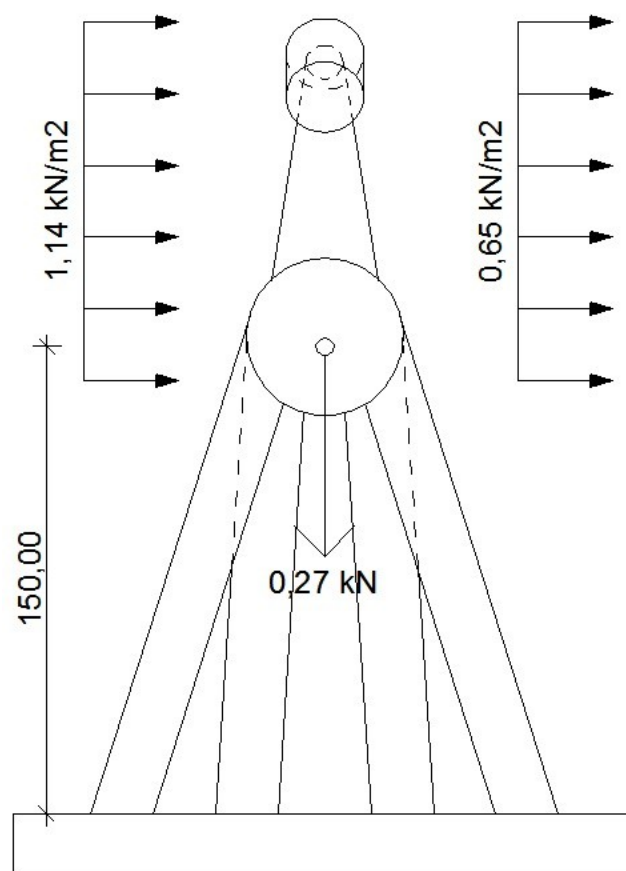
$$r_f = 0,9$$

$$g = g_f \times r_f = 0,27 \text{ kN}$$

5.5. Zabezpieczenie figury przed wywróceniem na skutek porywów wiatru:

Schemat obciążenia:

schemat - widok frontowy



$$W^{+i} = 0,42 \times (1,7 \times 1,8 + 1,35 \times 1,75) = 2,28 \text{ kN}$$

$$W^{+i} = 0,23 \times (1,7 \times 1,8 + 1,35 \times 1,75) = 1,25 \text{ kN}$$

Moment zginający wywracający figurę:

$$M_w = 2,28 \times 1,5 + 1,25 \times 1,5 = 5,3 \text{ kNm}$$

Odległość między śrubami utrzymującymi stopy figury:

$$l_s = 0,4 \text{ m}$$

Moment utrzymujący figurę na śrubach mocujących stopy do podstawy (z uwagi na małą wartość pominięto ciężar figury):

$$M_u = R_1 \times l_s \geq M_w$$

$$R_1 = \frac{M_w}{l_s} = \frac{5,3}{0,4} = 13,25 \text{ kN}$$

Siła jaką musi wytrzymać mocowanie 1 nogi:

$$\frac{R_1}{2} = \frac{13,25}{2} = 6,63 \text{ kN}$$

Moment ciężaru figury zmniejszający wartość momentu wywracającego:

a – odległość od środka osi ciężkości figury do najdalej odsuniętej kotwy mocującej stopy do fundamentu:

$$M_g = g \times a = 0,75 \times 0,27 = 0,2 \text{ kNm}$$

Przyjęto do mocowania podpór stóp figury po 2 śruby M12 L150 w klasie 5.6. na każdą stopę.

Moment utrzymujący figurę na jednej stronie stopy fundamentowej:

W chwili wywracania figury oś obrotu znajduje się na krawędzi stopy fundamentowej.

Przyjęto $l_c = 2,0 \text{ m}$ – wymiar poziomy stopy fundamentowej w kierunku wymiaru krótszego boku stopy.

$$M_u = R_2 \times l_c > M_w - M_g$$

$$R_2 = \frac{M_w - M_g}{l_c} = \frac{5,3 - 0,2}{2,0} = 2,55 \text{ kN}$$

Siła jaką musi wytrzymać kotwienie na końcach stóp figury w najbardziej niekorzystnym położeniu, tj. dla kotwy najdalej położonej od osi obrotu stopy fundamentowej:

$$\frac{R_2}{2} = \frac{2,55}{2} = 1,28 \text{ kN}$$

Ostatecznie przyjęto mocowanie modelu do stopy fundamentowej 16 kotwami (po cztery kotwy dla każdej stopy) M12 L150 w klasie 5.6. Przyjęto mocowanie szkieletu figury do fundamentu za pośrednictwem 4 blach podstawowych po 4 kotwy M12 L150 w klasie 5.6.3.