

Zamawiający: Muzeum Śląskie w Katowicach
przy ul. Korfantego 3

Tytuł opracowania:

PROJEKT BUDOWLANY

remontu wieży wyciągowej szybu „Bartosz” na terenie
Nowego Muzeum Śląskiego w Katowicach przy ul.
Kopalnianej 6.

A. Branża budowlana

data ukończenia 20.05.2008r

Projektował:

mgr inż. Bronisław Kozdraś
upr.bud. w spec.konstr.bud. bez ograniczeń
nr upr. 612/66

Sprawdzał:

mgr inż. Barbara Czajerek
upr.bud. w spec.konstr.bud. bez ograniczeń
nr upr. 80/81

B. Branża elektryczna

data ukończenia 20.05.2008r

Projektował:

inż. Jerzy Zbierzchowski
nr upr. 191/79

Sprawdzał:

mgr inż. Tadeusz Sowiński
nr upr. 1747/63

KATOWICE – MAJ 2008

SPIS ZAWARTOŚCI

Wyszczególnienie		Ilość stron	Nr rys.
1. Opis techniczny		19	
2. Obliczenia statyczne		21	
Nr kolejny	Tytuł rysunku		
1	Sytuacja		NR 1
2	Rysunek zestawczy		NR 2
3	Schemat strukturalny zasilania obwodu oświetleniowego		NR 3

Przedmiotowy projekt jest chroniony prawem autorskim
– Ustawa z 4 lutego 1994r. (Dz.U.Nr 24 z 23 lutego 1994r.)

Zwielokrotnienie egzemplarzy, odsprzedaż lub jakiegolwiek inne wprowadzenie do obrotu a także opracowanie w formie projekty technicznego (wykonawczego) bez zgody autorów są zabronione.

OŚWIADCZENIE

W nawiązaniu do art. 20 ust.4 Ustawy z dnia 7 lipca 1994r. Prawo Budowlane (tekst jednolity Dz.U.Nr 2007 z 2003r, poz. 2016 z późniejszymi zmianami) oświadczam, że projekt budowlany został opracowany w sposób zgodny z wymaganiami aktualnych norm, przepisów oraz z zasadami wiedzy technicznej.

Projektant:

.....
mgr. inż. Bronisław Kozdraś

Sprawdzający:

.....
mgr. inż. Barbara Czajerek

OŚWIADCZENIE

W nawiązaniu do art. 20 ust.4 Ustawy z dnia 7 lipca 1994r. Prawo Budowlane (tekst jednolity Dz.U.Nr 2007 z 2003r, poz. 2016 z późniejszymi zmianami) oświadczam, że projekt budowlany został opracowany w sposób zgodny z wymaganiami aktualnych norm, przepisów oraz z zasadami wiedzy technicznej.

Projektant:

.....
inż. Jerzy Zbierzchowski

Sprawdzający:

.....
mgr. inż. Tadeusz Sowiński

SPIS TREŚCI

A. <u>BRANŻA BUDOWLANA</u>	7
1. Podstawa opracowania	7
1.1. Założenia projektowe	7
1.2. Zastosowane normy i przepisy	7
2. Lokalizacja i sytuacja	7
3. Warunki posadowienia	8
3.1. Posadowienie	8
3.2. Wpływ eksploatacji górniczej	8
4. Parametry techniczne i użytkowe obiektu.	9
5. Funkcja obiektu.	9
6. Wpływ wieży na środowisko naturalne.	10
7. Konstrukcja.	10
7.1. Konstrukcja wieży	10
7.2. Fundamenty	12
7.3. Zabezpieczenie przeciwpożarowe.	12
7.4. Zastosowane materiały.	12
7.5. Zabezpieczenie antykorozyjne.	13
7.6. Aneks i opinia BHP.	13
8. Roboty naprawcze.	14
8.1. Roboty ziemne, betonowe	14
8.2. Roboty przy wieży wyciągowej szybu „Bartosz”	14
9. Odpowiedź na uwagi konserwatora wg opinii KPT-AS4161/3602/08	15
B. <u>BRANŻA ELEKTRYCZNA</u>	16
1. Zakres projektu	16
2. Opis techniczny	16
2.1. Ogólne dane	16
2.2. Zasilanie napięciem 230V	16
2.3. Instalacja oświetleniowa	17
2.4. Instalacja odgromowa	18
2.5. Przedsięwzięcia BHP	18
2.5.1. Dodatkowa ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym	18
2.5.2. Zabezpieczenie antykorozyjne	18
3. Obliczenia	19
3.1. Bilans mocy	19
3.2. Dobór kabli	19
3.3. Spadek napięcia	19

A. BRANŻA BUDOWLANA

1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest umowa zawarta W Katowicach pomiędzy Muzeum Śląskim z siedzibą w Katowicach, przy ul. Korfantego 3 z firmą Ekspertyzy Budowlane i Projektowanie „EKSBUD” w Katowicach, przy ul. Modrzewiowej 15/32 reprezentowaną przez mgr inż. Bronisława Kozdrasia. Wieża wyciągowa zlokalizowana na terenie byłej kopalni „Katowice”, kompleks budowli wpisany do rejestru zabytków decyzją z dnia 25 maja 199r. pod numerem A/16/99

1.1. Założenia projektowe

- 1) Inwentaryzacja istniejącej wieży wyciągowej z 2001 roku.
- 2) Koncepcja remontu wieży wyciągowej szybu „Bartosz” na terenie Nowego Muzeum Śląskiego w Katowicach przy ul. Kopalnianej 6
- 3) Wieża szybu „Bartosz” – zestawienie zlecenie nr 20203/62 z 30 IV 1962r

1.2. Zastosowane normy i przepisy

W obliczeniach statycznych przytoczono podstawowe normy i przepisy według których zaprojektowano projekt budowlany.

2. Lokalizacja i sytuacja

Istniejąca wieża wyciągowa wykonana w 1962 roku zlokalizowana jest na szybie „Bartosz”. Zrąb szybu $\pm 0,00 = +279,90\text{m}$.

Szyb został zasypany i wykonano płytę żelbetową zamykającą na zrębie, a wieża jest nieużytkowana od 2001 roku. Zdemonutowano naczynia i liny z wieży do maszyny wyciągowej.

3. Warunki posadowienia

3.1. Posadowienie

Z wykopu próbnego stwierdzono, że wieża posadowiona jest na gruncie gliniasto – piaszczystym nośności rzędu 300kPa.

Ponieważ wieża nie będzie obciążana obciążeniem ruchowym i awaryjnym, stąd naprężenia pod stopami będą rzędu 120kPa. Trzon wieży wsparty jest na głowicy murowanej szybu.

Również płyta żelbetowa zamykająca szyb o grubości 37cm wsparta jest na głowicy szybu. Szyb zasypano gruntem, zasypując również belki podtrzonowe wieży.

Dla przyszłego bezpieczeństwa wieży, trzon wieży musi spoczywać na stabilnych belkach podtrzonowych z dostępem do konserwacji.

Stąd od strony zastrzału i wjazdu wozów pod szyb należy wybrać zagłębienie i wykonać dojście do szybu dla wykonania konserwacji i dostępu do belek podtrzonowych. Dojście to pokazano na rysunkach konstrukcyjnych.

W czasie robót projektant stwierdzi stan techniczny obudowy szybu i jakość belek podtrzonowych. Wykonać to można dopiero po wybraniu gruntu z szybu. Powyższe czynności należy wykonać w ramach nadzoru autorskiego.

3.2. Wpływ eksploatacji górniczej

Obiekty Kopalni „Katowice” były zabezpieczone na wpływy II kategorii deformacji górniczej. Po zamknięciu kopalni pewne wpływy będą trwały jeszcze jakiś czas – do około 10 lat po skończeniu wydobywania – jednak ich parametry będą w grupie I kategorii i zerowej wpływów i nie będą groźne dla wieży wyciągowej.

4. Parametry techniczne i użytkowe obiektu.

- Wieża zastrzałowa, jednoprzedziałowa w wysokości $H = 18,90\text{m}$. Jest to wysokość od zrębu szybu do osi kół linowych.
- Wieża wyposażona jest w dwa koła linowe o średnicy 5200mm o ciężarze $2 \times 5,4 = 10,8\text{ton}$ posadowione obok siebie.
- Wysokość całkowita wieży wynosi $+23,61\text{m}$ od poziomu zrębu szybu.
- Wieża wykonana jest w latach $1895 \div 1900$ w konstrukcji nitowanej i śrubowej.
- Średnica liny roboczej wynosiła 58mm.
- Siła zrywająca linę $Z = 195150\text{kG}$.
- Wyposażeniem wieży były dwie klatki czteroprzęsłowe.
- Głębokość szybu 285,6m.
- Ciężar jednej klatki z zawiesiem 7536kG.
- Obciążenia ruchowe
 - Jazda wozów z urobkiem – 20110kG
 - Jazda ludzi – 15010kG
- Nadbudówka dla belki montażowej z dwuteownika 400 o udźwigu $P = 5700\text{kG}$

5. Funkcja obiektu.

Wieża wyciągowa szybu „Bartosz” została wykonana w latach $1895 \div 1900\text{r.}$ i stanowiła wyposażenie szybu zjazdowo – materiałowego. Obecnie jest nieczynna od 2001 roku.

6. Wpływ wieży na środowisko naturalne.

- 6.1. W świetle normy PN-65/L49002 – „Ruch lotniczy. Oznaczenia naziemnych przeszkód lotniczych” – wieża wyciągowa o wysokości maksymalnej 23,61m nad terenem nie stanowi zagrożenia dla lotnictwa i nie wymaga oświetlenia światłami przeszkodowymi.
- 6.2. W wieży wyciągowej nie przewiduje się obsługi, nie projektuje się pomieszczeń sanitarno – socjalnych.
- 6.3. W obiekcie nie powstają odpady
- 6.4. Nie występują emisje zanieczyszczeń, nie następuje wpływ na glebę, krajobraz i faunę.
- 6.5. Ekspozycja wieży nie pogorszy stanu środowiska w tym rejonie

7. Konstrukcja.

7.1. Konstrukcja wieży

Wieża wyciągowa szybu „Bartosz” została zaprojektowana i wykonana w konstrukcji stalowej w technologii nitowanej.

Składa się z:

- trzonu prowadniczego
- zastrzału
- głowicy
- nadbudówki

Trzon prowadniczy stanowi krata przestrzenna o przekroju 2540x2880mm i wysokości 18,50m

Krawężniki kraty wykonane z czterech kątowników L90x90x12 połączonych między sobą przewiązkami i nitami.

Skratowanie wieży, czyli czterech ścian stanowią kątowniki o przekrojach L75x50x6, L80x80x10.

Na poziomie +15,20m znajduje się poziom belek odbojowych wykonanych z dwuteowników 500. Na poziomie +8,80m zlokalizowany jest poziom podchwyty, gdzie wykonany jest podest i dojście po drabinie ze zrębu szybu.

Trzon prowadniczy zakotwiony jest w szybie w belkach podstawowych około -5,0m od zrębu szybu. Zakotwienie wykonano z czterech nóg złożonych z L120x80x12 każda.

Belki kotwiące zabudowane są w cembrowinie szybu wykonanej z cegły klasy 20. Obecnie szyb jest zasypywany gruntem.

Zastrzał wieży podparty przegubowo na trzonie wieży i fundamentach stanowi pochyłą część ramy stalowej. Nachylenie zastrzału do trzonu wieży stanowi 32° . Nogi zastrzału rozstawione na 5,90m na terenie i 2,40m w głowicy wieży.

Nogi zastrzału wykonano kratowe z czterech kątowników 120x120x15 połączonych kątownikami. Obie nogi połączone kratą przestrzenną ryglami z 2L100x100x12 i krzyżulcami z dwóch kątowników 80x80x10.

Na zewnętrznej stronie zastrzału zamontowane są schody drabiniaste. Stopnie o wysokości około 180 do 200mm wykonano z blachy żeberkowej grubości 5mm wzmocnionej kątownikiem L40x4. Stopnie osadzono na belkach polczkowych z płaskownika 120x10mm. Pochwyty z prętów $\phi 30$ osadzono na słupkach z pręta kwadratowego 30x30mm. Schody zabezpieczono w pałąk bezpieczeństwa.

Schody znajdują się w dobrym stanie technicznym, są stabilne i zapewniają bezpieczną komunikację na +18,56m, na poziom podestu kół linowych.

Na poziomie +18,56m znajduje się podest kół linowych. Konstrukcję podestu stanowi siedem belek o wysokości 450mm, pasy wykonano kątowników 90x11 i połączono środnikiem z blachy grubości 10mm. Na podeście zamocowane są śrubami żeliwne łożyska dwóch kół linowych o średnicy $\phi 5200$ mm. Podest pokryto blachą żeberkową o grubości 5mm. Po obwodzie zamontowano balustradę o wysokości 1200mm. Pochwyty z L50x50 przyspawano do słupków z pręta kwadratowego 24x24mm.

Podest i balustrada posiada wiele miejsc skorodowanych. Balustrada jest mało stabilna i wymaga remontu.

Na podeście kół linowych zamocowana jest nadbudówka wieży. Nadbudówka o wysokości około 4,65m wykonano jako konstrukcję kratową z L65x8, L50x5 oraz C120.

Na poziomie +8,80m znajdują się pomost pośredni mocowany do zasadniczego trzonu wieży z każdej strony. Pomost pokryto blachą żeberkową oraz wyposażono w balustradę. Bariierka balustrady o wysokości 90cm nie spełnia wymogów bhp. Podest i balustrada

znajdują się w złym stanie technicznym. Na podest prowadzi drabina z kabłąkiem od poziomu ok. +2,20m. Drabina zamontowana jest mało stabilnie i wymaga naprawy.

Poszczególne elementy wieży zostały ze sobą połączone za pomocą nitów $\phi 24$, $\phi 25$, $\phi 26$ mm.

Stalowe elementy wieży wyciągowej malowane są farbą chlorokauczukową w kolorze niebieskim.

Dolna część wieży została częściowo zdewastowana. Budowla nieużytkowana od 2001 roku, niezabezpieczona we właściwy sposób. Ogólny stan techniczny wieży jest dobry.

7.2. Fundamenty

Trzon wieży posadowiony jest na głowicy szybu i jest w niej zakotwiony. Głowicę szybu stanowi murowana końcówka szybu z wlotem dla wozów od strony zastrzału. W czasie likwidacji ruchu, szyb zasypano gruntem. Na głowicy szybu wykonano płytę żelbetową zamykającą szyb i spoczywającą na głowicy szybu obetonowując trzon wieży wyciągowej.

Zastrzał wieży zakotwiono w dwóch fundamentach. Wymiary fundamentów wynoszą 3,0x2,0m o wysokości 2,215m. Jedna noga zastrzału zakotwiona jest w fundamencie śrubami 4xM64 i stanowi pewne zabezpieczenie na wywrót.

7.3. Zabezpieczenie przeciwpożarowe.

Wieża wykonana jest z materiałów niepalnych i nie stanowi zagrożenia przeciwpożarowego. Brak obciążenia pożarowego, ponieważ budynek nadszybia jest również wykonany z materiałów niepalnych. Nie nastąpi zagrożenie wybuchem.

7.4. Zastosowane materiały.

- Istniejąca stal konstrukcyjna St3S
- Projektowana stal konstrukcyjna St3S

- Głowica w konstrukcji murowanej z cegły klasy 20 na zaprawie cementowej M2
- Istniejące fundamenty zastrzału wykonane z cegły klasy 15 na zaprawie cementowej M2

7.5. Zabezpieczenie antykorozyjne.

Proponowana technologia prac antykorozyjnych wieży szypowej - „Bartosz”

1. Czyszczenie ręczne przez młotkowanie (~25% powierzchni)
2. Czyszczenie strumieniowo – ściernie do Sa1 wg PN-ISO 8501-1
3. Odtłuszczenie powierzchni
4. Malowanie farbą podkładową epoksydową

Malowanie nawierzchniowe farbą poliuretanową

Łączna grubość powłok minimum 150µm. Kategoria korozyjności C5.

Szczeliny pomiędzy kątownikami trzonu wieży dokładnie oczyścić przez piaskowanie i wypełnić kitem dekarским bezocowym, trwale plastycznym, względnie dokładnie pomalować.

Kolorystyka warstwy nawierzchniowej RAL 7024

7.6. Aneks i opinia BHP.

- Obiekt wykonany jest z materiałów niepalnych i trwałych.
- Miejsca niebezpieczne ogrodzono i zabezpieczono barierkami ochronnymi o wysokości 1,20m

Opinia BHP

Według rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29.05.1996r. Dz.U.Nr 62 poz. 290 dotyczącego opiniowania pod względem zgodności z przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz wymogami ergonomii wymagają projekty nowo budowanych lub przebudowywanych obiektów budowlanych, w których przewiduje się pomieszczenia pracy. W wieży nie przewiduje się pomieszczeń pracy, wobec tego, projekt nie wymaga opinii rzeczoznawcy BHP.

8. Roboty naprawcze.

8.1. Roboty ziemne, betonowe

- Dla odkrycia zakotwienia trzonu w głowicy szybu należy wybrać grunt z szybu przez otwór pokazany na rysunku zestawczym.
- Wykonać posadzkę od strony szybu do zastrzału następujących warstwach:
 - podsypka piaskowa zagęszczana – 20cm.
 - Płyta żelbetowa grubości 15cm wokół szybu z betonu klasy B20, zdylatowaną 3,0x3,0m
Zbrojenie płyty prętami $\phi 8$ co 20cm krzyżowo.
- Stopy zastrzałów o wymiarach 3,0x2,0m i wysokości 2,215m wykonać remont:
 - skuć powierzchnię zmurszałą grubości 10cm.
 - Wykonać tynk cementowy o grubości do 10cm na całej powierzchni, zbrojąc prętami $\phi 6$ co 20cm

8.2. Roboty przy wieży wyciągowej szybu „Bartosz”

- Wykonać uzupełnienie skratowania trzonu wieży przy zrębie szybu z dwóch L80x80x10, blachy węglowe grubości 10mm w konstrukcji nitowanej, po 2 nity $\phi 24$
- Na poziomie +8,80 naprawić pomost wokół wieży z naprawą barierek ochronnych.
- Wykonać wydłużenie drabiny wejściowej na zastrzał i pomost +8,80m
- Wykonać naprawę podestu kół linowych poprzez wykonanie spoin ciągłych pachwinowych belek pomostowych do konstrukcji. Zapewni to sztywność tarczy pomostu kół linowych.
- Uzupełnić w trzonie wieży brakujące nity oraz wymienić nity uszkodzone.
- Odczyścić odkopaną część dolną wieży pod zrębem szybu oraz ewentualnie wzmocnić po odczyszczeniu, jeżeli po odczyszczeniu korozja wynosi do 40% materiału.
- Wykonać zabezpieczenia antykorozyjne według wytycznych w p. 7.5

9. Odpowiedź na uwagi konserwatora wg opinii

KPT-AS4161/3602/08

- W projekcie budowlanym przywrócono kształt wieży wg stanu pierwotnego (zadaszenie, uzupełnienie skratowań trzonu wieży i nadbudówki)
- Odnośnie żywotności wieży – trwałość zabezpieczeń antykorozyjnych określa się na 10 lat. Po tym okresie wieżę należy ponownie zabezpieczyć antykorozyjnie.

B. BRANŻA ELEKTRYCZNA

1. Zakres projektu

Projekt niniejszy opracowany jako projekt budowlany w branży elektrycznej zakresem swym obejmuje:

- Zasilanie obwodu oświetleniowego napięciem 230V
- Wyposażenie istniejącej rozdzielnic 230/400V w zabezpieczenie dla obwodu oświetleniowego
- Instalację oświetlenia wieży i pomostu na poz. 18,56m
- Instalację odgromową

2. Opis techniczny

2.1. Ogólne dane

Wieża szypkowa szypu „Bartosz” jest wykonana w całości z konstrukcji spawanych o wysokości 18,9m.

Napięcie zasilania - 230V dla oświetlenia

Moc zainstalowana – 1,0 kW dla instalacji 230V

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym

- w sieci 230/400V – szybkie wyłączenie zasilania (układ sieci TN-C-S)

2.2. Zasilanie napięciem 230V

Obwód instalacji oświetleniowej zasilany będzie z istniejącej rozdzielnic 230/400V w budynku maszyny wyciągowej. Dla zabezpieczenia obwodu oświetleniowego w rozdzielnic zabudowany będzie wyłącznik różnicowo-prądowy z zabezpieczeniem nadprądowym 16A. Zaprojektowano przewód elektroenergetyczny typu H07 BO 3x2,5mm², 450/750V. Przewód ułożony będzie, po wyjściu z rozdzielnic po ścianie wewnątrz budynku maszyny wyciągowej (~30m) a następnie na zewnątrz

budynku maszyny wyciągowej (~5m). Między budynkiem maszyny wyciągowej a budynkiem nadszybia na długości 10m kabel zostanie zawieszony na linie stalowej. Na zewnątrz budynku nadszybia kabel ułożony zostanie na ścianie (~3m) a następnie wprowadzony do budynku do wyłącznika załączającego obwód oświetleniowy (~20m). Następnie kabel ułożony zostanie w rurce po konstrukcji stalowej wzdłuż drabinki do podestu na poz. 18,56m. Poprzez puszki rozgałęźne i wysięgniki kabel doprowadzony będzie do opraw oświetleniowych typu OS-200.

Trasę kabla pokazano na rys. nr 1.

2.3. Instalacja oświetleniowa

Oświetlenie schodów i podestu

Dla oświetlenia zewnętrznego schodów oraz podestu przewidziano oprawy żarowe typu OS-200 o IP54 zamocowane do konstrukcji stalowych schodów, wysięgników rurowych lub dodatkowych stalowych konstrukcji wsporczych.

Obwód ten załączany i wyłączany będzie za pomocą wyłącznika zabudowanego przy wejściu od wewnątrz do budynku nadszybia. Obwody oświetleniowe prowadzone będą przewodami typu H07 BO 3x2,5mm², 450/750V a sprzęt instalacyjny będzie posiadał min. IP54.

Dla oświetlenia zewnętrznego schodów oraz podestu przyjęto średnie natężenie oświetlenia 20 lx.

Schemat strukturalny zasilania obwodu oświetleniowego pokazano na rys. nr 3.

2.4. Instalacja odgromowa

Wszystkie spawane konstrukcje stalowe trzonu, zastrzałów wieży, podestów i schodów wejściowych na wieżę – były wykorzystane jako elementy nieizolowanych zwodów podwyższonych i przewodów odprowadzających instalacji odgromowej obiektu. W związku z remontem wieży należy wykonać uziemienie stalowej konstrukcji wieży tj. 2 zastrzałów i trzonu wieży – należy je połączyć bednarką stalową ocynkowaną 30x4mm z istniejącym uziomem otokowym budynków maszyny wyciągowej i nadszybia. W przypadku stwierdzenia braku połączenia z istniejącym uziomem otokowym należy zastosować uziomy szpilkowe. Instalację odgromową pokazano na rys. nr 2.

2.5. Przedsięwzięcia BHP

2.5.1. Dodatkowa ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym

Jako środek dodatkowej ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym w sieci 230/400V obowiązuje szybkie wyłączenie zasilania realizowane wyłącznikiem nadprądowym. Projektowana instalacja oświetlenia pracuje w układzie TN-C-S.

W przypadku stwierdzenia braku podziału przewodu PEN na N i PE należy go wykonać i punkt podziału uziemić.

2.5.2. Zabezpieczenie antykorozyjne

Wszystkie metalowe obudowy, konstrukcje mocujące oraz wysięgniki rurowe należy zabezpieczyć przed korozją przez pomalowanie farbami antykorozyjnymi (podkładowymi i nawierzchniowymi) dobranymi odpowiednio do lokalnych warunków środowiskowych, zgodnie z obowiązującymi normami.

3. Obliczenia

3.1. Bilans mocy

Moc zainstalowana obwodu oświetleniowego – 1,0 kW dla instalacji 230V

3.2. Dobór kabli

Przewód zasilający dobiera się ze względu na długotrwałe obciążenie prądem oraz obciążeń prądem zwarcia.

a) Sieć 230V

$$I = \frac{1000}{230} = 4,35 \text{ A}$$

Dobrano przewód typu H07 BO-F 3x2,5 o dopuszczalnej obciążalności $I_d = 20\text{A}$.

3.3. Spadek napięcia

a) Sieć 230/400V

Spadek napięcia w najdłuższym obwodzie odpływowym o dł. 110m.

$$\Delta U_{\%} = \frac{200 \cdot 1000 \cdot 110}{56 \cdot 2,5 \cdot 230^2} = 2,97\% < \Delta U_{\text{dop}} = 5\%$$

Sprawdzenie zabezpieczenia obwodu

Przewód 3x2,5 o dł. 110m.

$$R_p = \frac{110}{56 \times 2,5} = 0,786 \text{ om/f}$$

Obwód oświetleniowy zabezpieczono wyłącznikiem różnicowoprądowym z zabezp. nadmiaroprądowym typu P312/B16, którego prąd zadziałania

$$I_o = 5 \times 16 = 80\text{A w czasie } t < 0,2\text{s}$$

$$2 \times 0,786 \times 16 = 25,1\text{V} < 230\text{V}$$

Obwód zabezpieczony jest prawidłowo