



81-456 Gdynia, ul. Kopernika 78
tel. 58-622-37-87
e-mail: biuro@wuprohyd.pl
www.wuprohyd.pl

PROJEKT NR: **G/166/ZIH/2024**
INWESTOR: **Zarząd Morskiego Portu Gdańsk S.A.**
ul. Zamknięta 18, 80-955 Gdańsk

PROJEKT TECHNICZNY

PROJEKT

OCHRONY KATODOWEJ PALI STALOWYCH PODPORY POMOSTU DOJŚCIOWEGO DO WYSPY CUMOWNICZEJ PRZY PIRSIE RUDOWYM W PORCIE PÓŁNOCNYM W GDAŃSKU

<i>Zakres opracowania</i>	<i>Funkcja projektowa</i>	<i>Imię i nazwisko, nr certyfikatu</i>	<i>Data opracowania</i>	<i>Podpis</i>
Ochrona katodowa	Projektant	Łukasz Słabek Nr certyfikatu NACE CP2 MARITIME: 53873		
	Sprawdzający	Grzegorz Pryłowski		

**Projekt systemu ochrony katodowej pali pomostu dojściowego do
Wyspy cumowniczej przy Pirsie Rudowym w Porcie Północnym w
Gdańsku**

Zleceniodawca: ZMPG S.A ul. Zamknięta 18, Gdańsk

Zadanie: Projekt systemu ochrony katodowej pali pomostu dojściowego do Wyspy cumowniczej przy Pirsie Rudowym w Porcie Północnym

Lokalizacja: Pirs Rudowy, Port Północny w Gdańsku

Branża: Ochrona Katodowa

Nr umowy: 036/ZIH/2023

Projektant: Łukasz Słabek, nr certyfikatu NACE CP2 MARITIME: 53873

Opracowanie: Grzegorz Pryłowski
Łukasz Słabek

Sprawdził: Grzegorz Pryłowski

Spis treści

1.	Wstęp	4
1.1.	Przedmiot opracowania	4
1.2.	Podstawa opracowania	4
1.4	Zakres opracowania	6
2.	Założenia do projektu	7
2.1.	Obliczenia projektowe	8
2.2.	Anody galwaniczne – wymagania dotyczące kontroli jakości oraz dokumentacji produkcyjnej	12
3.	Instalacja galwanicznej ochrony katodowej na podwodnej powierzchni pali	14
4.	Okresowe pomiary kontrolne działania ochrony katodowej	14
5.	Zestawienie materiałów potrzebnych do wykonania układu galwanicznej ochrony katodowej konstrukcji wsporczej Pomostu dojściowego	15
6.	Wytyczne technologiczne montażu anod.	15
6.1.	Przepisy i rozporządzenia	16
6.2.	Normy i wytyczne	16
7.	Wytyczne Programu BIOZ	16
8.	Spis rysunków	17

1. WSTĘP

1.1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Celem projektu jest wykonanie systemu galwanicznej ochrony katodowej pali pomostu dojściowego do wyspy cumowniczej przy Pirsie Rudowym w Porcie Północnym w Gdańsku, w oparciu o anody ze stopu typu A2 wg normy PN-EN12496, ze zwiększoną zawartością indu.

1.2. PODSTAWA OPRACOWANIA

- Umowa na wykonanie dokumentacji projektowej ochrony katodowej pali pomostu dojściowego z dnia 28 listopad 2023 nr 036/ZIH/2023
- Obliczenia projektowe zostały oparte o normy PN-EN 13174:2012 oraz PN-EN 12496:2013. Dodatkowo, do procesu produkcji i kontroli jakości anod należy zastosować normę DNV RB-B401:2017 oraz PN-EN 12496:2013.
- Do sporządzenia projektu użyto rysunku nr 30. firmy Aquaprojekt z 2006 roku, nr projektu: 347/2006/H-2
- Przed przystąpieniem do prac projektowych wykonano inwentaryzację stanu technicznego w części nadwodnej i podwodnej, a wyniki i wnioski z inwentaryzacji użyto do sporządzenia niniejszego projektu.

1.3 INWENTARYZACJA STANU TECHNICZNEGO W CZĘŚCI NADWODNEJ I PODWODNEJ

W dniu 2 grudnia 2024, zespół pływonurków firmy „Aquaworks” oraz przedstawiciel firmy Makromor, wykonał inspekcję stanu technicznego pali w części podwodnej, oraz oględzin nadwodnej części pali.

Część nadwodna:

Oględziny stalowych pali wykazały ich dobry stan techniczny, ze świeżo wykonaną powłoką malarską w obrębie poziomu zmiennego lustra wody. Pod oczepem betonowym do pali przyspawane są płaskowniki stalowe w kształcie kwadratów o wymiarach około 10x10cm, które można wykorzystać do wykonywania przyłączy „masy” elektrycznej w czasie przyszłych pomiarów skuteczności ochrony katodowej. Dzięki temu, nie będzie konieczne uszkodzanie powłoki malarskiej na powierzchni samego pala.



Zdjęcie 1. Widok powłoki malarskiej pała północnego



Zdjęcie 2. Widok płaskowników do wykorzystania przy pomiarach skuteczności OK

Część podwodna:

Część podwodną zbadano na całej głębokości pali, tj od poziomu lustra wody do dna. Poziom dna określono na około 8,5-9m, czyli zgodny z dostępną dokumentacją techniczną.

W czasie oględzi części podwodnej, zaobserwowano:

- 1) Świeża powłoka malarska występuje do głębokości około -1,5:-2,0 m poniżej lustra wody. Od poziomu -2,0 m do dna zaobserwowano powłokę malarską o charakterze bitumicznym, która ulega rozpadowi przy lekkim uderzeniu młotkiem.
- 2) Na obu palach stwierdzono istnienie otworów przelotowych fi 50-100mm na wskroś przez średnicę pala. Na obu palach, takie otwory występują na głębokości około 1,5-2,0m nad dnem.
- 3) Na obu palach stwierdzono istnienie wystających płaskowników, uchwytów i odciągów, przyspawanych do pali na różnych głębokościach, w losowych miejscach.
- 4) Na palach w części podwodnej, nie zaobserwowano obecności ochrony katodowej.

Wnioski i zalecenia po wykonaniu inwentaryzacji:

- 1 Ze względu na kruchość podwodnej powłoki bitumicznej, nie będzie ona uwzględniana w obliczeniach ochrony katodowej niniejszego projektu. Powłoka ta jest prawdopodobnie obecna na palach od długiego czasu i nie zapewnia należytej ochrony przed korozją. Przed montażem, powłokę w miejscu montażu anod należy usunąć.
- 2 Zaleca się zaspawanie istniejących otworów przelotowych na obu palach przed montażem anod.
- 3 Lokalizację anod należy dostosować do przyspawanych do pala płaskowników, uchwytów i odciągów. Jeśli nie będzie możliwe zamontowanie anod w miejscach przewidzianych w niniejszym projekcie, to kolidujące elementy należy usunąć.

1.4 ZAKRES OPRACOWANIA

Zakresem opracowania jest projekt ochrony katodowej dwóch pali stalowych konstrukcji wsporczej kładki do wyspy cumowniczej. Powierzchnie w tabeli zostały wyliczone w oparciu o rysunek techniczny z projektu firmy Aquaprojekt.

Nr	Obszar	Powierzchnia [m ²] / 1 pal	
		W wodzie	W dnie
	Pale skośne: Ø610 x 12,5mm: 2 szt po 24m długości, w tym:		
1	część pala malowana do poziomu -1,5m	2,87	-
2	część pala niemalowana	13,41	-
3	część pala niemalowana	-	24,62

Tabela 1.

2. ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU

Wykorzystane oznaczenia:

A_c	–	powierzchnia zwilżona do ochrony katodowej [m^2]
C_a	–	pojemność prądowa pojedynczej anody [$A \cdot h$]
A	–	powierzchnia aktywna anody [m^2]
\mathcal{E}	–	pojemność prądowa materiału anodowego [Ah/kg]
E_c	–	wartość potencjałowego kryterium ochrony katodowej [V]
E_a	–	wartość potencjału anody galwanicznej [V]
I_s	–	średni prąd wyjścia z pojedynczej anody [A]
I_{af}	–	końcowy prąd wyjścia anody z uwzględnieniem jej zużycia [A]
I_{ai}	–	prąd wyjścia z pojedynczej anody na początku okresu ochrony [A]
I_{cf}	–	końcowy wymagany prąd ochrony konstrukcji [A]
I_{ci}	–	początkowy wymagany prąd ochrony konstrukcji [A]
I_{cm}	–	średni wymagany prąd ochrony konstrukcji [A]
i_{cm}	–	średnia gęstość prądu ochrony [A/m^2]
i_{ci}	–	początkowa gęstość prądu ochrony [A/m^2]
i_{cf}	–	końcowa gęstość prądu ochrony [A/m^2]
m	–	masa stopu anodowego [kg]
m_a	–	masa netto pojedynczej anody [kg]
n	–	minimalna ilość anod do zapewnienia ochrony [bezwymiarowy]
R_a	–	rezystancja anody [Ω]
T_{design}	–	założony czas ochrony katodowej [lata]
u	–	współczynnik wykorzystania anody [bezwymiarowy]
ρ	–	rezystywność wody [$\Omega \cdot m$]

- W toku rozmów ze zlecającą ustalono, iż ochrona katodowa konstrukcji wsporczej ma zostać zaprojektowana na 25 letni okres eksploatacji. Do obliczeń ochrony katodowej, konstrukcję podzielono na trzy obszary, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 13174:2013:
 - stal w wodzie malowana (pokryta powłoką malarską do poziomu -1,5m),
 - stal w wodzie niemalowana,
 - stal w dnie (część pali wsporczych liczona od poziomu dna -8,50m w dół do poziomu czoła pala na poziomie -21,35m),
 - stal w betonie mającym ciągły kontakt z wodą morską (w przypadku konstrukcji wsporczej kładki taki obszar nie występuje)
- Do obliczeń przyjęto gęstości prądu ochrony stali na poziomie:
 - początkowa gęstość prądu w wodzie morskiej $i_{ci} = 90 \text{ mA}$
 - średnia gęstość prądu w wodzie morskiej $i_{cm} = 70 \text{ mA}$
 - końcowa (repolaryzacyjna) gęstość prądu w wodzie morskiej $i_{cf} = 75 \text{ mA}$
 - początkowa gęstość prądu w dnie $i_{ci} = 25 \text{ mA}$
 - średnia i końcowa gęstość prądu w dnie i_{cm} oraz $i_{cf} = 20 \text{ mA}$

Wartości gęstości prądu użyte do obliczeń są typowe dla rozpatrywanego obszaru oraz zostały użyte wcześniej do przygotowania projektów ochrony katodowej dla obiektów o podobnych warunkach pracy. Późniejsze pomiary poziomu ochrony katodowej tych obiektów potwierdziły zasadność użycia tych wartości w praktyce.

Norma PN-EN-ISO 13174:2013 dopuszcza stosowanie gęstości prądu sprawdzonych w praktyce (cytat z Annex A, pkt A.1: „In the absence of any other documented experience, typical design current densities for protecting bare steel in seawater are given in Table A.1”).

- Jako anody galwaniczne zastosowane będą anody ze stopu aluminium, o własnościach zapewniających odpowiednią gęstość prądu ochrony do warunków środowiska – przewodnictwa i temperatury, jakie panują w Porcie Wojennym. Mocowane będą przez spawanie wraz z konsolami do powierzchni ścianki/pala.
- Przyjmuje się rozpuszczalność stopu anodowego rzędu 4,4 kg/A·rok tj. wydajność elektrochemiczną na poziomie 2000 Ah/kg (zgodnie z normą DNVGL-RP-B401:2021). Podana wartość jest bardziej konserwatywna niż 3,5 kg/A·rok / 2500 Ah/kg (z normy PN-EN12496:2013, tabela B.2, dla wody morskiej o zasoleniu 3,5%). Rezystywność wody morskiej w obszarze montażu anod (tj. południowy Bałtyk) odpowiada w przybliżeniu rezystywności słonawego mułu („saline mud”) wyszczególnionego w punkcie B.3 normy PN-EN 13174. Dla takiej rezystywności, norma PN-EN 12496 w Tabeli B.2 podaje rozpuszczalność/wydajność stopu anodowego na poziomie 4,4 kg/A·rok / 2000 Ah/kg, czyli dokładnie takiej jak przyjęto w niniejszym projekcie.
- Przyjmuje się potencjał pracy anody rzędu $E_a = -1,05$ V względem Ag/AgCl/woda morska.
- Współczynnik zużycia anody $u = 0,9$
- Ochronę katodową projektuje się na $T_{design} = 25$ lat ciągłego jej działania bez konieczności wymiany anod.

Woda w basenie portowym ma zasolenie zmieniające się w granicach 0,6 - 0,8 %, a jej rezystywność ρ mieści się w zakresie $0,7\Omega \cdot m$ do $1,2\Omega \cdot m$ (do obliczeń przyjęto średnią rezystywność wody na poziomie $0,95\Omega \cdot m$), zależnie od temperatury (pory roku) i warunków hydro-meteorologicznych w basenie i w Zatoce Gdańskiej. Woda ta jest w pełni nasycona tlenem, zarówno przy powierzchni, jak i przy dnie.

Powierzchnia stali A_c użyta do obliczeń [m^2]:

Stal w wodzie malowana	Stal w wodzie niemalowana	Stal w dnie niemalowana
2,87 m^2	13,41 m^2	24,62 m^2

Tabela 2.

2.1. Obliczenia projektowe

Gęstości prądu i_c użyte do obliczeń:

	i_{ci} [A/m^2]	i_{cm} [A/m^2]	i_{cf} [A/m^2]
Woda	0,090	0,070	0,075
Dno	0,025	0,025	0,025

Tabela 3.

Obliczenie całkowitego wymaganego prądu ochrony I_{ci} , I_{cm} , I_{cf} , [A]

[A]	Stal w wodzie	Stal w dnie
Początkowy I_{ci}	1,466	0,615
Średni I_{cm}	0,973	0,492
Końcowy I_{cf}	1,075	0,492

Tabela 4.

Wymagany potencjał ochronny stali względem elektrody Ag/AgCl/Woda morska:

$$E_c = -800 \text{ mV.}$$

Do ochrony konstrukcji planuje się użycie anod o uśrednionych wymiarach odlewu 75x75x1500 mm i nominalnej masie netto 18kg.

Do obliczeń przyjęto wzory z normy PN-EN 13174:2013.

(użyte poniżej oznaczenia równań od B.1. do B.6. są tożsame z oznaczeniami zawartymi w normie)

B.1.1 Początkowa rezystancja anody:

$$R_a = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left(\ln \frac{4 \cdot L}{r} - 1 \right)$$

Wyliczony promień r wynosi 0,0477 [m],

Wyliczona rezystancja anody R_{ai} wynosi 0,386 [Ω],

B.2 Końcowa rezystancja anody:

a) obliczenie końcowej wagi anody:

$$W_{\text{final}} = W_{\text{initial}} \cdot (1 - u)$$

Wyliczona końcowa waga anody W_{final} wynosi 1,8 [kg].

b) obliczenie końcowych wymiarów anody:

$$L_{\text{final}} = L_{\text{initial}} - (0,1 \times u \cdot L_{\text{initial}})$$

Wyliczona końcowa długość anody L_{final} wynosi 1,365 [m].

Obliczenie końcowego przekroju poprzecznego anody (przyjęta gęstość stopu anody = 2760 kg/m³):

$$X_{\text{final}} = \frac{W_{\text{final}}}{d_{\text{anode}} \cdot L_{\text{final}}} + X_{\text{core}}$$

Wyliczony końcowy przekrój poprzeczny anody X_{final} wynosi 0,000789 [m²].

Obliczenie końcowego promienia anody:

$$r_{\text{final}} = \sqrt{\frac{X_{\text{final}}}{\pi}}$$

Wyliczony końcowy promień anody r_{final} wynosi 0,01585 [m].

Wyliczona końcowa rezystancja anody R_{af} wynosi 0,536 [Ω].

B.3 Założona rezystywność medium w którym zamontowane będą anody: $\rho = 0,95 \Omega \cdot \text{m}$,

B.4 Obliczenie zapotrzebowania prądowego konstrukcji i prądu wyjścia anod

Początkowy prąd wyjścia anod:

Wyliczony początkowy prąd wyjścia anody I_{ai}

I_{ai} [A]
0,646

Wymagany początkowy prąd ochrony konstrukcji:

(Sumarycznie dla stali w wodzie i dnie z tabeli 4.)

I_{ci} [A]
2,081

Minimalna ilość anod zapewniająca początkowy prąd ochronny: $n=4$ szt

Końcowy prąd wyjścia:

Wyliczony końcowy prąd wyjścia anody I_{af}

I_{af} [A]
0,466

Wymagany końcowy prąd ochrony:

(Sumarycznie dla stali w wodzie i dnie dla wartości z tabeli 4.)

I_{cf} [A]
1,567

Minimalna ilość anod zapewniająca końcowy prąd ochrony: $n=4$ szt

B.5 Czas funkcjonowania anod

$$T_{\text{anode}} = \frac{W_{\text{anode}} \cdot u}{E \cdot I_{s,\text{anode}}}$$

Wyliczony średni prąd wyjścia anody $I_{s,\text{anode}}$ wynosi 0,146 [A]

Wyliczony czas funkcjonowania anod T_{anode} wynosi 25,11 lat.

B.6 Minimalna waga netto anod

$$W_{\text{total}} = \frac{I_{\text{mean}} \cdot T_{\text{design}} \times 8760}{Q \cdot u}$$

Wyliczona minimalna waga netto wszystkich anod W_{total} potrzebnych do ochrony jednego pala wynosi **178,33 kg** (czyli nie mniej niż **10 sztuk anod po 18 kg netto każda**).

Uwzględniając warunki zapotrzebowania prądowego konstrukcji, wydajności prądowej anod na początku i końcu okresu eksploatacji oraz warunek zapewnienia minimalnej masy netto anod, **do ochrony każdego z pali potrzeba co najmniej 10 szt anod o wymiarach nominalnych odlewu 75x75x1500mm i wadze netto min. 18 kg/sztuka.**

Podsumowanie:

Weryfikacja projektu

Projekt został oceniony jako zgodny z założeniami i danymi wejściowymi:

- Spełnione zostały założenia dotyczące zastosowanego stopu i wymaganego okresu ochrony
- W obliczeniach zostały wykorzystane zweryfikowane wcześniej dane wejściowe
- Sposób wykonania obliczeń jest zgodny z normami przywołanymi w projekcie

Walidacja projektu

Zakładany typ i ilość anod jest odpowiedni, jeśli spełnione są warunki dostarczonego prądu ochrony dla **początkowego, średniego i końcowego** okresu eksploatacji.

2.2. Anody galwaniczne – wymagania dotyczące kontroli jakości oraz dokumentacji produkcyjnej

Planuje się zastosowanie anod galwanicznych wykonanych ze stopu aluminium-cynkowego, aktywowanego indem. Stop ten odznacza się szczególnie dobrymi własnościami użytkowymi, przy pracy w wodach morskich o małym zasoleniu - takich jak woda bałtycka w basenach Portu Północnego.

Wymagania dotyczące składu chemicznego stopu według normy PN-EN12496:2013E dla stopu AlZnIn – A2 ze zwiększoną zawartością indu:

Zn.....3,00÷5,50%
In..... 0,030÷0,040%
Al reszta

Zanieczyszczenia ogółem - maks. 0,1 % - w tym:

Fe.....maks. 0,09%
Si..... maks. 0,10%
Cu..... maks. 0,005 %.

Wymagane własności użytkowe anod aluminium:

- wydajność prądowa przy roztwarzaniu anodowym w wodzie morskiej o zasoleniu 0,7 % , przy badaniu metodą opisaną w Annex B normy DNVGL-RP-B401:2017, powinna być nie mniejsza niż 2500 A·h/kg (w temp. 7÷12° C), powinien być bardziej elektroujemny niż -1,05 V, względem elektrody chlorosrebrowej Ag/AgCl

Do ochrony konstrukcji wsporczej wybrano anody o przekroju trapezu z wtopionym osiowo prętem , który wystaje z obu podstaw anody. Powierzchnia pręta przed wtopieniem powinna być oczyszczona strumieniowo-ściernie do stanu Sa 2½. Pręty po oczyszczeniu powinny posiadać powierzchnię wolną od nalotu korozyjnego, zabrudzeń olejopochodnych, oraz zostać przebadane przed odlaniem pod kątem chropowatości powierzchni. Wymagana chropowatość Medium G według normy ISO 8503-2:2012. Należy badać każdy pierwszy pręt użyty na danej zmianie, a następnie co 10-ty użyty pręt. Z badań chropowatości prętów należy przygotować raporty zgodnie z pkt 8. normy ISO 8503-2:2012. Badanie chropowatości wykonać certyfikowanym komparatorem zgodnym z normą ISO 8503-1.

Po odlaniu anody powinny być przyspawane do konsol montażowych wykonanych zgodnie z rysunkami załączonymi na końcu niniejszego opracowania. Spawanie powinien wykonać spawacz z uprawnieniami certyfikowanymi wg EN ISO 9606-1 w oparciu o technologię spawania (WPQR), kwalifikowaną przez organizację zewnętrzną.

Po przyspawaniu pręta z anodą do konsoli, wystające końcówki pręta oraz spoinę łączącą pręt z konsolą, jak i samą konsolą należy pomalować farbą epoksydową (EPITAN 92 lub podobną) jednowarstwowo, na grubość około 100 um DFT. Przed malowaniem stal konsoli należy obrobić strumieniowo-ściernie tak jak stalową wkładkę anody opisaną wcześniej. Na krańcach konsoli przeznaczonych do spawania z konstrukcją chronioną, zostawić niemalowany obszar o szerokości około 10-20 mm, w celu umożliwienia spawania konsoli pod wodą do konstrukcji chronionej.

Anody z konsolami należy przyspawać pod wodą do powierzchni konstrukcji chronione w miejscu instalowania anody galwanicznej zaznaczonej na rysunku.

Konstrukcja i wymiary anod oraz wymagania techniczne podane są na rysunku o numerze PDWC2024/02. Jakość dostarczonych aluminiowych anod galwanicznych powinna być gwarantowana przez producenta. Atesty partii produkcyjnych zamówionych anod powinny stwierdzać zgodność z wymaganiami postawionymi w niniejszym projekcie.

Wymagania techniczne jakości anod oraz wymagane badania oraz dokumentacja dla anod galwanicznych

Mając na względzie konieczność zapewnienia pełnej ochrony katodowej konstrukcji, wykonanej na podstawie niniejszego opracowania, od producenta anod galwanicznych wymaga się wykonania poniższych:

- a) Badania spektrometryczne składu chemicznego stopu AlZnIn wykonywać dla każdego 500kg wytopu, lub w przypadku wytopów o wadze mniejszej niż 500 kg, badanie wykonać dla próbki pobranej na początku i na końcu danego wytopu. Badania składu chemicznego należy wykonywać niezwłocznie po pobraniu próbki, aby zapobiec ewentualnym błędom w przygotowaniu stopu i odlaniu anod o niewłaściwym składzie chemicznym. Badania wykonać na spektrometrze posiadającym certyfikację producenta lub serwisu autoryzowanego przez producenta. Prawidłowość wskazań spektrometru należy kontrolować każdego dnia w czasie trwania produkcji, z użyciem certyfikowanej próbki referencyjnej ze stopu odpowiadającego stopowi A2 wg normy PN-EN12496:2013, ze szczególnym uwzględnieniem odpowiedniej zawartości składników stopowych Al, Zn i In, oraz zanieczyszczeń Fe, oraz Cu.
- b) Protokół badań długoterminowych (minimum 12 miesięcznych) parametrów elektrochemicznych stopu anodowego AlZnIn – A2 o zwiększonej zawartości indu przeprowadzonych dla warunków środowiskowych zbliżonych do rzeczywistych tj. przeprowadzonych w naturalnej lub zastępczej wodzie morskiej o zasoleniu 0,6-0,8%, pH 8,0-9,0, i temperaturze $5 \pm 20^\circ \text{C}$. Pozostałe warunki przeprowadzania badań oraz zapisy zgodnie z DNV-RP-B401:2010, Annex C.
- c) Protokoły badań elektrochemicznych krótkoterminowych 96h wyprodukowanego stopu anodowego zgodnie z DNV-RP-B401:2017, Annex B. Minimum jedno badanie na każde rozpoczęte 15 ton wytopu.
- d) Raporty z badań niszczących wybranych anod – Należy przeciąć pierwsze anody z dwóch pierwszych wytopów, a następnie po 1 sztuce anody co 15 ton. Metodologia badania oraz kryteria akceptacji anod po testach cięcia jak w normie PN-EN12496:2013, Annex A, pkt A.6. Szczególną uwagę należy zwrócić na osiowe położenie wkładki stalowej wewnątrz przekroju anody. Tolerancja położenia wkładki wynosi $\pm 10\%$ grubości materiału anodowego przykrywającego wkładkę, tj. $\pm 6\text{mm}$ w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Z badań niszczących należy przygotować raporty ze zdjęciami poszczególnych płaszczyzn cięcia z trwałymi oznaczeniami numeru anody oraz wartością procentową 25, 50 i 75% długości anody na której przeprowadzono cięcie.

- e) Przed rozpoczęciem produkcji anod należy sprawdzić poprawność procesu produkcyjnego, poprzez przeprowadzenie Przedprodukcyjnego badania kwalifikacyjnego „Pre-production qualification testing (PQT)” zgodnie z wymaganiami normy DNV RPB401:2017, punkt 8.3
- f) Certyfikaty surowców użytych do produkcji stopu anodowego oraz stali użytej do produkcji wkładek anod wraz z listą zapewniającą identyfikowalność każdej anody pod kątem surowców z których powstała (Raw material traceability list)
- g) Certyfikaty anod z każdego wytopu zawierające skład chemiczny stopu, badany wg pktu a)
- h) Deklaracje zgodności z normą PN-EN 12496:2013
- i) Przed wysyłką do klienta, anody oraz ich dokumentacja winny być skontrolowane pod kątem jakości na zgodność z wymaganiami normy PN-EN 12496:2013 przez specjalistę morskiej ochrony katodowej z uprawnieniami 3 poziomu kompetencji wg PN-EN 15257 lub NACE stopnia CP2 lub wyższym.
- j) Kontrolę wad odlewniczych wykonać dla wszystkich wyprodukowanych anod. Należy zwrócić szczególną uwagę na obecność pęknięć w odlewie. Zgodnie z w/w normą, Annex A, punkt A.5.2; pęknięcia wzdłużne jak i głębokie pęknięcia poprzeczne sięgające wkładki są niedopuszczalne. Dopuszczalne jest łącznie maksimum 10 pęknięć poprzecznych na anodę, o szerokości nie większej niż 1mm oraz długości nie większej niż 100mm. Pęknięcia nie mogą krzyżować się ze sobą, ani wykraczać poza jedną ścianę anody. Pęknięcia poprzeczne biegnące po długości całego obwodu anody są niedopuszczalne.
- k) Wszystkie anody mają mieć zapewnioną identyfikowalność, tj. powinny zostać trwale oznaczone, np. poprzez nabicie, poniższych oznaczeń:
 - nazwa producenta
 - oznaczenie stopu AlZnIn
 - numer wytopu i kolejny numer seryjny anody

3. INSTALACJA GALWANICZNEJ OCHRONY KATODOWEJ NA PODWODNEJ POWIERZCHNI PALI

Aluminiowe anody galwaniczne mocuje się wraz ze stalowymi elementami nośnymi (konsolami) przez spawanie podwodne do pali zgodnie z rysunkiem nr PDWC2024/01. Anody i konsole powinny zostać wykonane zgodnie z rysunkiem numer PDWC2024/02.

4. OKRESOWE POMIARY KONTROLNE DZIAŁANIA OCHRONY KATODOWEJ

Okresowe pomiary kontrolne działania galwanicznej ochrony katodowej stalowej konstrukcji należy wykonać poprzez pomiar potencjałów polaryzacji katodowej powierzchni konstrukcji na głębokościach -1, -3, -5m oraz -7,5m. Pomiary można wykonać z jednostki pływającej, uzyskując kontakt elektryczny z powierzchnią pala nad powierzchnią wody i opuszczając elektrodę z pokładu łódki. W celu sprawdzenia poprawności założeń projektowych i montażu anod, pomiary należy wykonywać po około 2-3 miesiącach od zamontowania anod, a następnie kontrolnie co 2 lata. Pomiary należy wykonywać z użyciem uprzednio

skalibrowanej elektrody chlorosrebrowej lub cynkowej przeznaczonej do pomiarów w wodzie morskiej.

5. ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW POTRZEBNYCH DO WYKONANIA UKŁADU GALWANICZNEJ OCHRONY KATODOWEJ KONSTRUKCJI WSPORCZEJ POMOSTU DOJŚCIOWEGO

Lp.	Rodzaj materiału	Liczba, szt.	Długość/ masa/ objętość	Uwagi
1	Anody galwaniczne aluminiowe A-1500x75x75 o masie netto $m_{\text{netto}} = 18 \text{ kg}$	Suma: 20 szt	360 kg	Według rys. PDWC2024/02
2	Pręt stalowy S235JR Ø20mm na wkładki do anod	Suma: 20 szt	~36 mb 89 kg	Wkładka według rysunku nr PDWC2024/02
3	Płaskownik stalowy S235JR 50x5 do konsol	2x ~800 mm na każdą anodę Suma: 40 szt	~32 mb, 63 kg	Konsola wg rys nr PDWC2024/02
4	Farba epoksydowo-bitumiczna Epitan 92 lub podobna	1 kpl (farba + utwardzacz)	25 dm ³	Do pomalowania konsol i prętów anod warstwą grubości co najmniej 100 µm

Tabela 5

6. WYTYCZNE TECHNOLOGICZNE MONTAŻU ANOD.

Montaż anod galwanicznych na palach

Przed montażem, dostarczone anody powinny być poddane inspekcji na zgodność z wymaganiami niniejszego projektu. Inspekcja anod winna być przeprowadzona przez firmę mającą udokumentowane doświadczenie w kontroli jakości anod galwanicznych, lub przez autorów niniejszego projektu.

Instalowanie anod galwanicznych do pali pomostu polega na przyspawaniu pod wodą gotowych, prefabrykowanych uprzednio anod ze stalowymi konsolami w miejscach wskazanych na rysunkach projektowych.

Dopuszcza się, w razie potrzeby, przesunięcia położenia końców konsol anod w płaszczyźnie pionowej i poziomej do 15 cm w stosunku do lokalizacji podanej na rysunkach.

Powierzchnia pala w miejscach, w których mocowane mają być anody z konsolami należy oczyścić z powłok i porostów za pomocą skrobaków i szczotek stalowych tak, aby zapewnić dobrą jakość spoiny wykonywanej pod wodą. Konsole anod spawa się do oczyszczonych powierzchni konstrukcji. Po wykonaniu zamocowania wszystkich anod zaprojektowanych do ochrony danego pala/grodzicy, przeprowadza się wizualną i manualną kontrolę jakości przyspawania konsol.

6.1. PRZEPISY I ROZPORZĄDZENIA

W zakresie ochrony przeciwkorozyjnej oraz stosowania ochrony katodowej stosowane są następujące przepisy i normy:

- a) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. z dnia 6 sierpnia 1998 r.)
§ 170. 1. Projekt budowlany nabrzeża, pomostu lub obrzeża uwzględnia:
Projekt budowlany nabrzeża, pomostu albo obrzeża powinien uwzględniać wymagania i warunki utrzymania dobrego stanu technicznego budowli w założonym okresie użytkowania, w tym również ochronę antykorozyjną.
- b) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. z dnia 6 sierpnia 1998 r.)
- c) § 170. 1. Projekt budowlany nabrzeża, pomostu lub obrzeża uwzględnia:
- d) Projekt budowlany nabrzeża, pomostu albo obrzeża powinien uwzględniać wymagania i warunki utrzymania dobrego stanu technicznego budowli w założonym okresie użytkowania, w tym również ochronę antykorozyjną.

6.2. NORMY I WYTYCZNE

Stosowanie ochrony katodowej konstrukcji hydrotechnicznych jest obecnie ogólnie przyjętą normą w krajach Unii Europejskiej. Stosowanie ochrony katodowej jako sposobu zabezpieczania stalowych konstrukcji podwodnych i podziemnych w celu zahamowania ich niszczenia korozyjnego ma na celu przedłużenie żywotności obiektów hydrotechnicznych co najmniej o okres działania ochrony katodowej, na który była zaprojektowana.

W zakresie ochrony przeciwkorozyjnej oraz stosowania ochrony katodowej stosowane są następujące normy:

- a) PN-EN 12473:2014 Ogólne zasady ochrony katodowej w wodzie morskiej
- b) PN-EN 12954:2004 Ochrona katodowa konstrukcji metalowych w gruntach lub w wodach - Zasady ogólne i zastosowania dotyczące rurociągów
- c) PN-EN 12495:2009 (U) Ochrona katodowa stałych stalowych konstrukcji przybrzeżnych
- d) PN-EN 13174:2012 Ochrona katodowa instalacji portowych
- e) PN-EN 12474:2009 (U) Ochrona katodowa rurociągów układanych na dnie morza
- f) PN-EN 13173:2007 (U) Ochrona katodowa stalowych konstrukcji przybrzeżnych pływających

7. WYTYCZNE PROGRAMU BIOZ

Przedsiębiorstwo, które podejmie się wykonawstwa instalacji galwanicznej ochrony katodowej wg przedstawionego projektu musi spełniać następujące wymagania:

- powinno mieć formalne uprawnienia do prowadzenia inżynierskich prac podwodnych (w tym podwodnych prac spawalniczych);
- powinno dysponować pontonem technicznym wyposażonym w urządzenia i sprzęt do instalowania anod pod wodą (m.in. spawarkę, agregat prądotwórczy i bazę dla nurków);
- powinno dysponować personelem specjalistycznym posiadającym formalne uprawnienia:
 - ✓ budowlane w zakresie inżynierii wodnej,
 - ✓ kierowania robotami nurkowymi,
 - ✓ nurka (uprawnienia GUM),
- powinno mieć lub uzyskać uprawnienie lub zgodę do pływania pontonem w rejonie Nabrzeża.

Wykonawca instalacji anod musi każdorazowo (w każdym dniu prowadzenia prac instalacyjnych w basenie) uzyskać pozwolenie na pływanie i wykonywanie prac w basenie (z uwagi na aktualne w danym dniu warunki meteorologiczne i ruch statków).

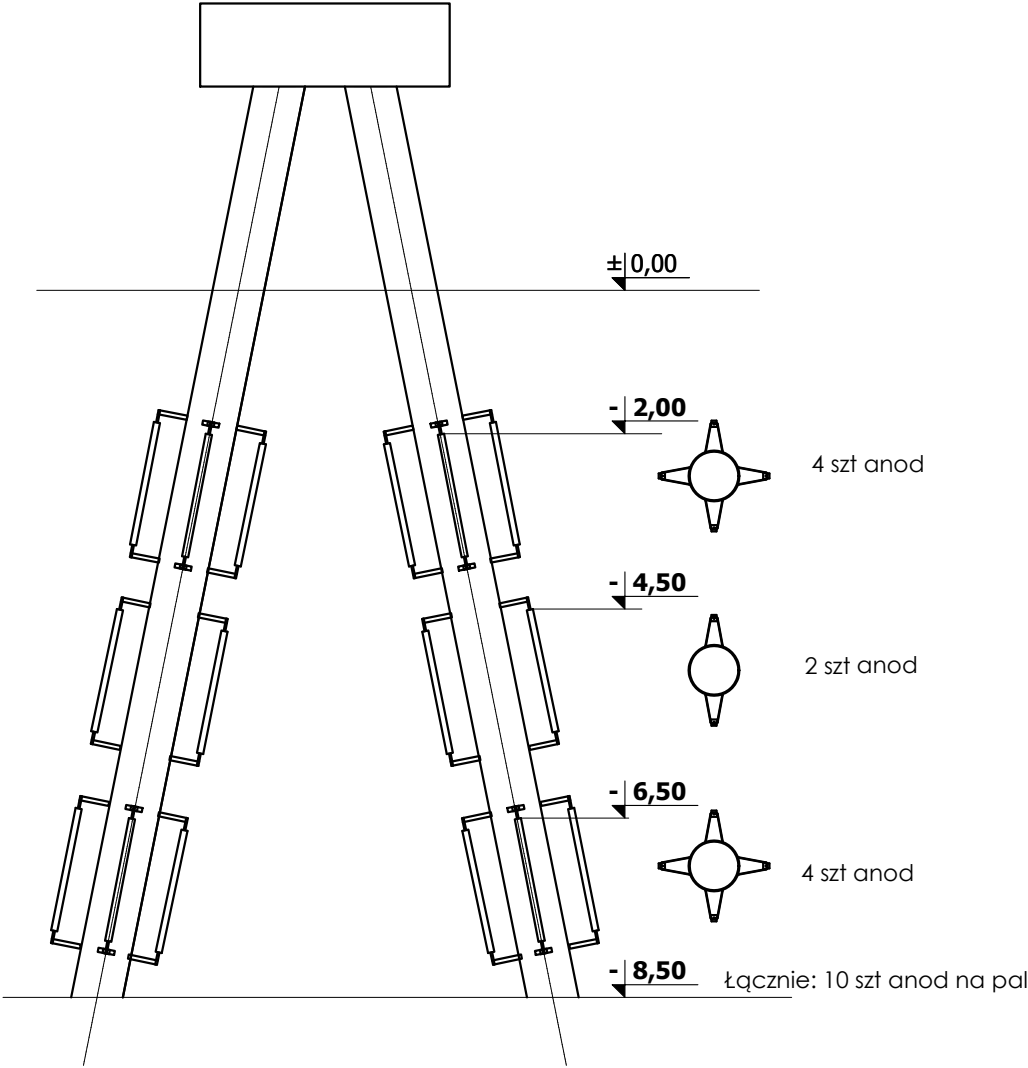
Odpowiednie, zgodne z ogólnymi przepisami i wymaganiami, warunki BHP dla ekip wykonujących prace podwodne - zapewnić musi przedsiębiorstwo prowadzące roboty montażowe w porcie.

Wszelkie prace związane z transportem anod, praca na pontonie technicznym i praca nurków muszą być przez wykonawcę montażu wstępnie i na bieżąco uzgadniane z kierownictwem eksploatacji obiektu.

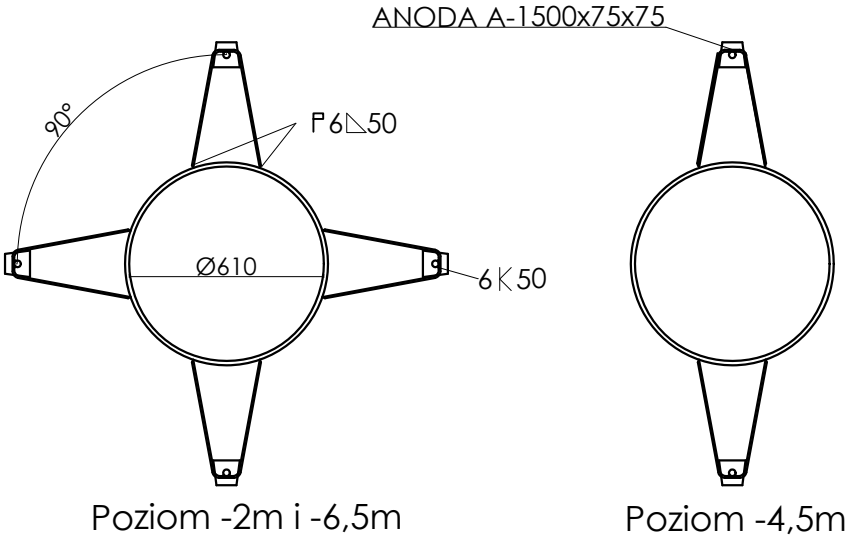
8. SPIS RYSUNKÓW

Numer rysunku:	Zawartość
PDWC2024/01	Rozmieszczenie anod na palach
PDWC2024/02	Anoda typu A-1500x75x75 wraz z konsolą
30	Rysunek przekroju poprzecznego pomostu z projektu firmy Aquaprojekt


Rozłożenie anod na palach pomostu - widok z boku



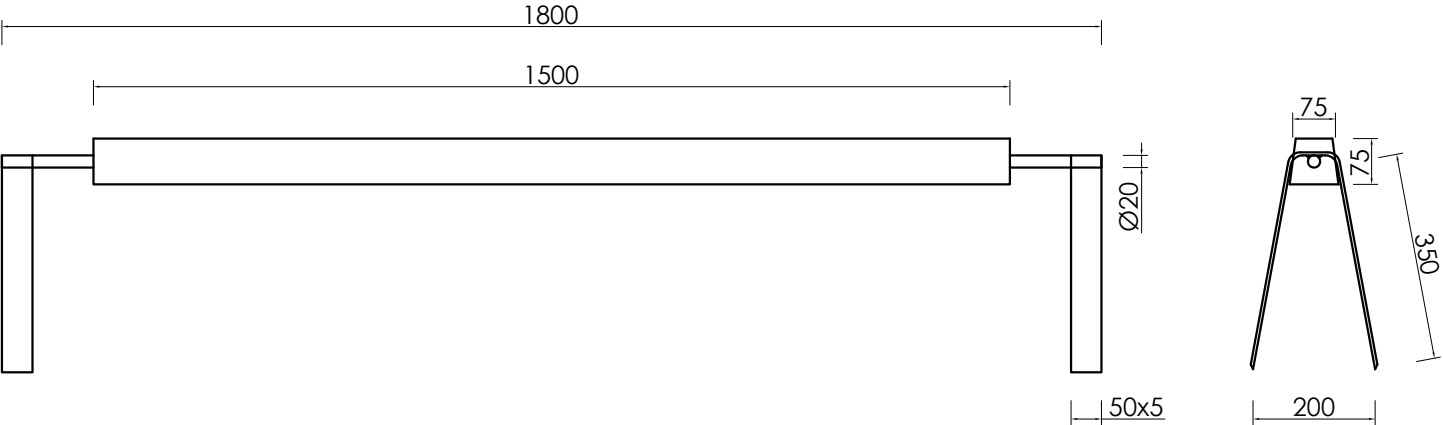
Rozłożenie anod na palach pomostu - widok z góry



UWAGA:
Na każdym palu montować po 10 anod typu A-1500x75x75.
Anody montować na głębokościach około 2,4,5 i 6,5m poniżej lustra wody.
Montować każdą anodę na palu zachowując około 90 stopni odstęp (poziom -2 i -6,5m) oraz 180 stopni (na -4,5m).
W razie konieczności, dopuszcza się przesunięcie miejsca montażu do 15cm.

Projektował		inż. Łukasz Słabek	 MAKROMOR CATHODIC PROTECTION	
Opracował		inż. Łukasz Słabek		
Sprawdził		mgr inż. Grzegorz Prytowski		
Nr rysunku		PDWC2024/01		
Nr zlecenia		036/ZIH/2023	Phone: +48 58 661 57 99 Fax: +48 58 661 01 89 e-mail: biuro@makromor.pl website: www.makromor.pl	
Branża		Hydrotechniczna		
Data		11/2024		
Tytuł rysunku		Rozmieszczenie anod na palach pomostu dojazdowego do wyspy cumowniczej		
Rewizja		A1		

Anoda galwaniczna typu A-1500x75x75 z konsolą



Zestawienie materiałów

Pozycja	Wyszczególnienie	Ilość lub liczba	Jednostki miary	Uwagi
1	Anoda aluminiowa typu A-1500x75x75 mm masa netto 18,0 kg / szt masa brutto około 22,0 kg / szt	10/pal	szt.	Anody galwaniczne wg wymagań podanych w projekcie Masa netto dla obu pali: ok. 360 kg Ilość dla obu pali: 20 szt
2	Farba epoksydowo-bitumiczna Epikol 920	25	litrów	Do pomalowania konsol anod Grubość powłoki ok. 1x100 µm

Uwagi:

- Stalowy pręt wkładki, spoiny oraz konsolę pomalować jedną warstwą farby epoksydowo- bitumicznej EPIKOL 920, po zesparaniu elementów.
- Na końcach kątowników konsoli stykającymi się z grodzicą zostawić niepomalowany obszar o szerokości około 10-20mm aby umożliwić spawanie konsol do grodzicy pod wodą

Wymagania


Skład chemiczny stopu anodowego

Składniki stopowe, %			Dopuszczalna zawartość zanieczyszczeń, %			
Zn	In	Al	Ogółem	W tym:		
				Fe	Si	Cu
3 - 5,5	0,03 - 0,04	reszta	0,1	0,09	0,10	0,005

Własności użytkowe:

- Potencjał mniejszy niż -1,05 V względem NEK - przy badaniu stopu w czasie testu 96h zgodnie z DNV RPB401, Appendix B, w wodzie morskiej o zasoleniu 0,6-0,8‰ i temperaturze 5-20 stopni C.
- Wydajność prądowa stopu min. 2500 A h/kg - wyznaczona w warunkach jw.

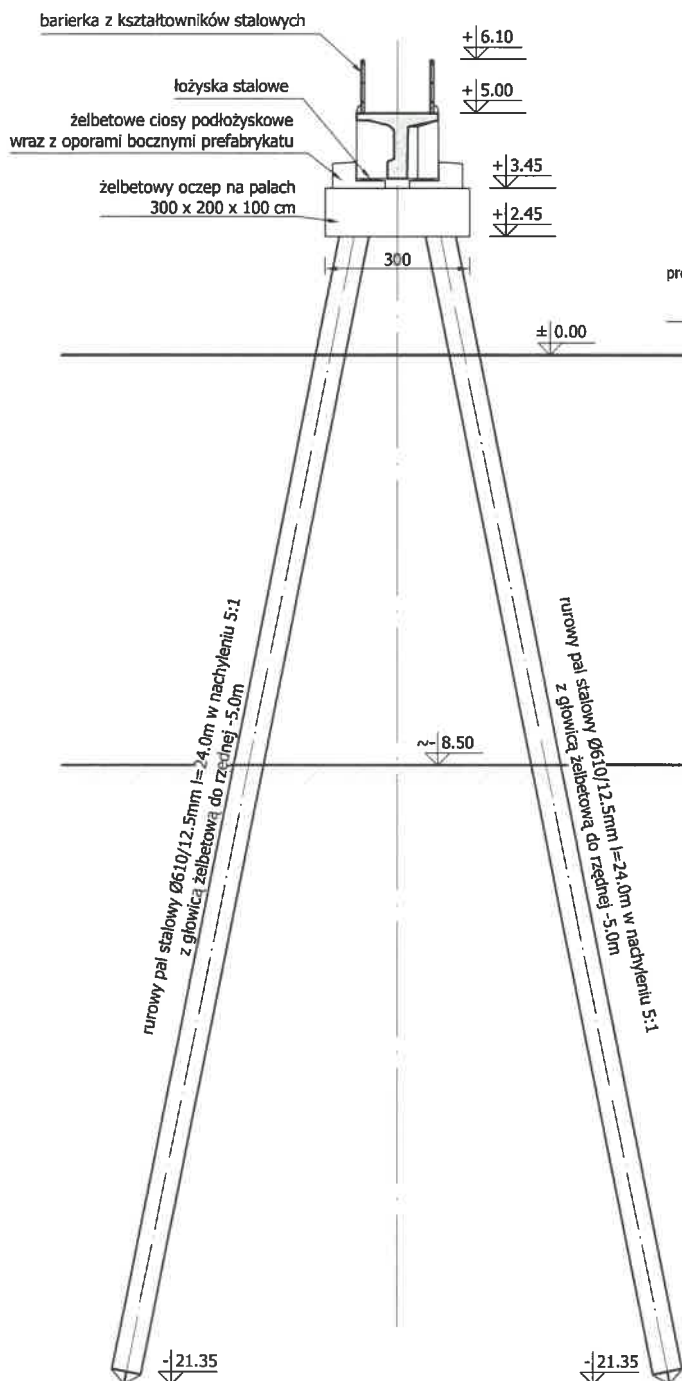
Masa netto 18,0 kg

Projektował	inż. Łukasz Ślabeł	 MAKROMOR CATHODIC PROTECTION
Opracował	inż. Łukasz Ślabeł	
Sprawdził	mgr inż. Grzegorz Pryłowski	
Nr rysunku	Nr zadania	
PDWC2024/02	036/ZIH/2023	
Branża		Hydrotechniczna
Data		11/2024
		MAKROMOR SP. Z O.O. ul. Cieszyńska 15 81-185 Gdynia, POLSKA
Tytuł rysunku	Anoda typu A-1500x75x75 z konsolą do montażu na palach Ø610 pomostu	
		Rewizja

Pomost dojściowy do Wyspy cumowniczej

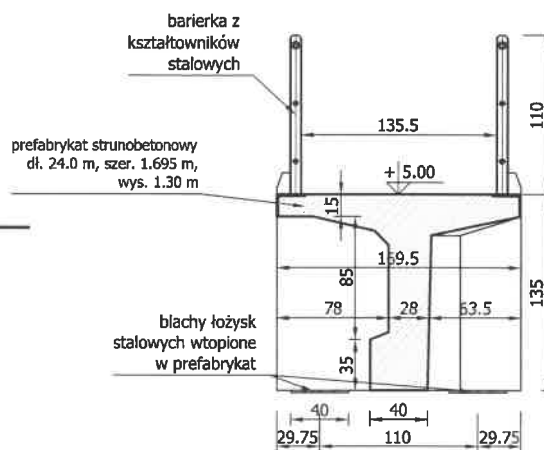
Przekrój poprzeczny

skala 1:150



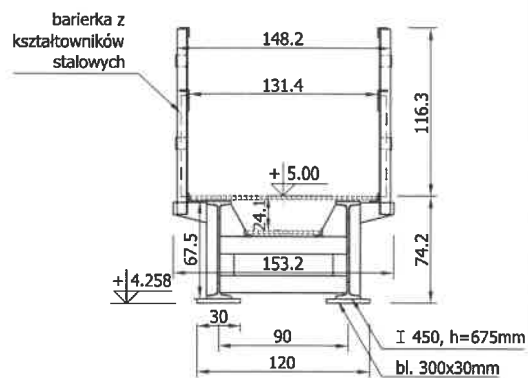
Pomost na prefabrykacie strunobetonowym

skala 1:50



Pomost stalowy

skala 1:50



Ekspertyza stanu technicznego
konstrukcji podwodnej oraz nadwodnej
Pirsu Rudowego w Porcie Północnym w Gdańsku
Inwentaryzacja rysunkowa konstrukcji

Wyspa cumownicza - przekrój poprzeczny

Data:
10.2006

Nr projektu:
347/2006/H-2

Autorzy
opracowania

mgr inż. Kazimierz Mioduszewski
upr. bud. 543/71/G spec. techn.-bud. inżynieria wodna
dr inż. Tomasz Mioduszewski
asystent projektanta

Skala:
1:150

Kierownik Pracowni

mgr inż. Kazimierz Mioduszewski
upr. bud. 543/71/G spec. techn.-bud. inżynieria wodna

Nr rysunku:
30

Rozwiązania techniczne przedstawione na rysunku stanowią wyłączną własność PPBH "AQUAPROJEKT" Gdańsk Sp. z o.o.
Mogą one być wykorzystywane i udostępniane innym osobom jedynie na podstawie pisemnego zezwolenia Prezesa Zarządu.