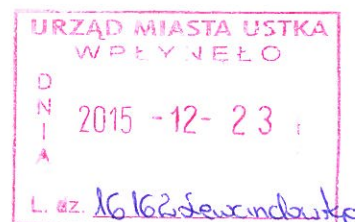




**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ  
I ŚRODOWISKA

ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk



## EKSPERTYZA TECHNICZNA

|                              |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Zadanie:                     | Ekspertyza techniczna dot. określenia przyczyn awarii konstrukcji kładki otwieralnej nad kanałem portowym w Porcie Ustka – część A |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |
| Zamawiający:                 | HYDRO – NAVAL SPÓŁKA Z O.O.<br>ul. Braci Staniuków 16, 76-200 Słupsk                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |
| Obiekt:                      | Kładka otwieralna nad kanałem portowym w Porcie Ustka                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |
| Nr zlecenia:                 | <b>186/HM/DF/2015</b> z dnia 02.11.2015                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |
|                              | Imię i nazwisko                                                                                                                    | Specjalność, numer uprawnień                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Podpis |
| Zespół autorski<br>części A: | prof. dr hab. inż.<br>Adam Bolt                                                                                                    | Rzeczoznawca budowlany nr RZE/X/0010/10<br>Upr. bud. do projektowania i kierowania rob. bud.<br>bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-<br>budowlanej Nr POM/084/PWOK/07<br>Specjalizacja techniczno-budowlana<br>GEOTECHNIKA Nr MAZ/0004/PWOK-SP/14<br>Upr. geologiczne nr VI-0 365/98,<br>Członek POIIB Nr POM/BO/0285/07<br>Certyfikat PKG nr 0022/98 |        |
|                              | dr inż.<br>Grzegorz Horodecki                                                                                                      | Upr. bud. do projektowania i kierowania rob. bud.<br>bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-<br>budowlanej Nr POM/0107/PWOK/08<br>Specjalizacja techniczno-budowlana<br>GEOTECHNIKA Nr MAZ/0006/PWOK-SP/14<br>Członek POIIB Nr POM/BO/0285/08<br>Certyfikat PKG nr 0205/07                                                                               |        |
|                              | dr hab. inż.<br>Marcin Cudny                                                                                                       | certyfikat PKG 0203                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |

Gdańsk, grudzień 2015 r.

## Spis treści

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Wstęp .....                                                                                                                                                                    | 3  |
| 2.1. Ogólny opis konstrukcji fundamentów obiektu kładki wg [5] .....                                                                                                              | 7  |
| 2.2. Chronologia inwestycji .....                                                                                                                                                 | 8  |
| 2.3. Informacja o pracy kładki wg [19] .....                                                                                                                                      | 10 |
| 2.4. Informacja o przebiegu prac na budowie Basenu Rybackiego w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej wg [18]. ..... | 11 |
| 3. Problem oddziaływań środowiskowych w dokumentacjach projektowych basenu i infrastruktury towarzyszącej .....                                                                   | 17 |
| 4. Warunki geotechniczne w podłożu [4, 5] .....                                                                                                                                   | 18 |
| 5. Oddziaływania środowiskowe inwestycji budowlanej .....                                                                                                                         | 20 |
| 5.1. Rodzaje oddziaływań, które wystąpiły na budowie portu rybackiego .....                                                                                                       | 20 |
| 5.2. Niezbędny zakres kontroli oddziaływania na podłożu gruntowe robót budowlanych. ....                                                                                          | 22 |
| 5.3. Analiza oddziaływań .....                                                                                                                                                    | 23 |
| 5.4. Analiza możliwości sprawdzenia destrukcyjnego oddziaływania robót budowlanych .....                                                                                          | 27 |
| 5.5. Zdarzenia na budowie mające wpływ na wystąpienie awarii na przełomie czerwca i lipca 2015 roku .....                                                                         | 28 |
| 6. Analiza obliczeniowa nośności i przemieszczeń fundamentów obiektu .....                                                                                                        | 29 |
| 7. Podsumowanie .....                                                                                                                                                             | 40 |
| 8. Wnioski i zalecenia .....                                                                                                                                                      | 41 |

## 1. Wstęp

Opinię wykonano na zlecenie HYDRO-NAVAL sp. z o.o. 76-200 Słupsk, ul. Braci Staniuków 16, nr 186/HM/DF/2015 z dnia 02.11.2015. Po otrzymaniu części materiałów uzupełniających dotyczących realizacji sąsiednich inwestycji, pozwalających bardziej jednoznacznie określić elementy występujące w tych robotach mające bezpośredni niekorzystny wpływ oddziaływania na obiekty sąsiednie, niniejsza ekspertyza zawiera ocenę występujących oddziaływań oraz ich roli w generacji awarii wraz z oceną przyczyn awarii kładki otwieralnej nad kanałem portowym w Porcie Ustka. W ekspertyzie wykorzystano następujące dokumenty:

- [1] Decyzja nr GP/7331/4/2010 z dnia 10.11.2010 o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego polegającej na budowa mostowa – kładka otwieralna w porcie Ustka.
- [2] Decyzja nr GP.6733.2.2011 z dnia 15.04.2011 o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego polegającej na budowie basenu rybackiego w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej.
- [3] Decyzja nr GP.6733.1.2013 z dnia 19.03.2013 o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego polegającej na przebudowie i budowie ciągów komunikacyjnych wraz z towarzyszącą infrastrukturą na terenie portu Ustka – zachodnia strona portu.
- [4] Dokumentacja geologiczno-inżynierska warunków geologiczno-inżynierskich w podłożu fundamentów projektowanej kładki otwieralnej nad kanałem portowym w Porcie Ustka. Wyk. Studniarstwo hydrogeologia i geotechnika EL JOT s.c. Słupsk, styczeń 2013.
- [5] Projekt kładki otwieralnej nad kanałem portowym w porcie Ustka. Projekt wykonawczy. Projekt posadowienia kładki. HYDRO-NAVAL Adkonis, Michałek, Sobków Sp.J. Słupsk, kwiecień 2013.
- [6] Geodezyjna Inwentaryzacja powykonawcza kładki. 26.11.2013.
- [7] Projekt wykonawczy zamienny. Budowa basenu rybackiego w Porcie Ustka. Wyk. Ingeo. Gdynia, sierpień 2014.
- [8] Operat pomiarowy. Wyniki inwentaryzacji pylonu i elementów odciągu na nabrzeżu kanału portowego w Ustce. Wyk. Zakład Usług Geodezyjnych „GEO-NORD”, Ustka, lipiec 2015.
- [9] Operat pomiarowy. Wyniki inwentaryzacji pylonu i elementów odciągu na nabrzeżu kanału portowego w Ustce. Wyk. Zakład Usług Geodezyjnych „GEO-NORD”, Ustka, sierpień 2015.
- [10] Raport z przeprowadzonych sondowań statycznych. Wyk. BAARS Paweł Józwiak, 14.08.2015.
- [11] Wyniki badań geodezyjnych kładki. Wyk. Zakład Usług Geodezyjnych „GEO-NORD”, Ustka 26.08.2015.
- [12] Wyniki próbnych obciążeń pali wbijanych Ø500/10. Kładka otwieralna nad kanałem portowym w porcie Ustka. Wyk. Piletest sp. z o.o. Bielsko-Biała, lipiec 2013.
- [13] Sprawozdanie z badań podczas próbnego obciążenia kładki otwieralnej nad kanałem portowym w Porcie Ustka. Wyk. Politechnika Gdańska, Gdańsk, grudzień 2013.
- [14] PN-EN 1997-1. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- [15] Horodecki G.A.: Oddziaływania środowiskowe wykopów głębokich w terenach zurbanizowanych. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 3/2006.
- [16] Horodecki G.A.: Wpływ drgań wywołanych wbijaniem ścianki szczelnej na obiekty sąsiednie. X Sympozjum Wpływy Sejsmiczne i Parasejsmiczne na Budowlę. Kraków 2003.
- [17] Biuro Informacji Publicznej. Urząd Miasta Ustka.
- [18] Dziennik budowy nr 61/2014 tom I i II wydany dnia 29.09.2014. wyd. wojewoda Pomorski.

- [19] Informacje Urzędu Morskiego w Ustce o harmonogramie i okresie pracy kładki w analizowanym okresie czasu.
- [20] Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej. Projekt budowlany. Tom I. Wyk. Industria Project Sp. z o.o. Gdańsk, 19.02.2014.
- [21] Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej. Projekt budowlany. Tom II. Wyk. Industria Project Sp. z o.o. Gdańsk, 19.02.2014.
- [22] Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej. Projekt wykonawczy. Tom I. Wyk. Industria Project Sp. z o.o. Gdańsk, 19.02.2014.
- [23] Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej. Projekt wykonawczy. Tom II. Wyk. Industria Project Sp. z o.o. Gdańsk, 19.02.2014.
- [24] Dziennik pogrążania ścianki szczelnej „Nabrzeża B, C, D, E; Mola A, F” Nr 001/707-114/2014 wydany dnia 09.10.2014. Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną. Navimor-Invest S.A.
- [25] Dziennik pogrążania pali rurowych „Mola A, F” Nr 001/707-114/2015 wydany dnia 16.02.2015. Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną. Navimor-Invest S.A.
- [26] Metryki kotew gruntowych. Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną. Soiltech sp. z o.o. (brak dat sprzężania i podpisów Wykonawcy).
- [27] Opinia naukowo-techniczna dot. wyników próbnych obciążeń kotew KE6, KC18, KB10 i KD11. Wyk. Ingeo sp. z o.o. Gdynia, luty 2015.
- [28] Wyniki próbnego obciążenia pala rurowego Ø508 mm. Basen rybacki w Porcie Ustka. Wyk. Piletest sp. z o.o. Bielsko-Biała, marzec 2015.
- [29] Pismo z dnia 03.04.2015 dot. opinii na temat próbnego obciążenia pala rurowego d=508 mm – Basen Rybacki w Porcie Ustka. Wyk. Ingeo sp. z o.o.
- [30] Decyzja nr 68/2014 z dnia 06.08.2014 pozwolenia na budowę Basenu Rybackiego w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej.
- [31] Budowla mostowa – kładka otwieralna. Dz. Nr 1560/112, 1560/103, 1560/111, 1560/104 i 1560/113 obręb Ustka, gmina Ustka. Projekt wykonawczy. HYDRO-NAVAL Adkonis, Michałek, Sobków Sp.J. Słupsk, kwiecień 2013.
- [32] Raport z obliczeń. Kładka zwodzona w Ustce. Projekt kładki otwieralnej nad kanałem portowym w Porcie Ustka. PRS S.A. 27.06.2013.
- [33] Analiza przyczyn awarii kładki otwieralnej nad kanałem portowym w Porcie Ustka. Wyk. Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska. Gdańsk, wrzesień 2015.
- [34] Wyniki badań geodezyjnych kładki. Wyk. Zakład Usług Geodezyjnych „GEO-NORD”, Ustka 24.11.2015.
- [35] Pismo Navimor-Invest S.A. nr L dz. NI .../10/707-114/2015 z dnia 20.10.2015.
- [36] Pismo Navimor-Invest S.A. nr NI 191/11/707-114/2014 z dnia 20.11.2015.
- [37] Projekt kładki otwieralnej nad kanałem portowym w porcie Ustka. Dokumentacja powykonawcza. HYDRO-NAVAL Adkonis, Michałek, Sobków Sp. J. Słupsk, grudzień 2013.



- [38] Horodecki G,A, Bolt A. F., Dembicki E. Problemy geotechniczne w projektowaniu i realizacji wykopów obudowanych Inżynieria i Budownictwo nr 12/2002 s,683-686,
- [39] Wiss J.F. (1981) Construction Vibrations: State of Art. Journal of the Geotechnical Division, ASCE, Vol.94 No 9 pp.167-181
- [40] Amick H. Gendreau M. (2000) Construction Vibrations and their Impact on Vibration – sensitive Facilities Proc. Construction Congress 6, ASCE, Orlando,Florida,February,pp.758 -767.
- [41] Raport z przeprowadzonych sondowań statycznych. Wyk. BAARS Paweł Jóźwiak, 03.12.2015.
- [42] Obliczenia w programie Plaxis 3D. Instytut Morski w Gdańsku. Gdańsk, listopad 2015.
- [43] PN-85/B-02170. Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki..

## 2. Opis obiektu oraz prowadzonych robót inwestycyjnych w jego otoczeniu

Na podstawie ustaleń wstępnych, wizji lokalnej oraz analizy materiałów dotyczących projektu kładki stwierdzono w opinii [33], że prowadzone w sąsiedztwie kładki inwestycje mogły mieć negatywny wpływ na jej funkcjonowanie i wskazano, potrzebę weryfikacji zaistniałych oddziaływań budowlanych generowanych w trakcie realizacji basenu rybackiego oraz ciągów komunikacyjnych na elementy konstrukcyjne posadowienia kładki w oparciu o dokumenty tej budowy:

- a) decyzje pozwolenia na budowę;
- b) zatwierdzone projekty budowlane;
- c) projekty wykonawcze i technologiczne łącznie z projektami zamiennymi;
- d) dzienniki budowy;
- e) dzienniki pogrążania ścianek szczelnych;
- f) parametry urządzeń stosowanych do pogrążania ścianek szczelnych oraz rzeczywiste parametry pracy w poszczególnych odcinkach instalowanej ścianki;
- g) parametry urządzeń stosowanych do zagęszczania gruntu oraz rzeczywiste parametry pracy w poszczególnych lokalizacjach;
- h) operat geodezyjny ścianek szczelnych i kotew gruntowych;
- i) metryki kotew gruntowych oraz technologii ich realizacji;
- j) operaty z próbnych obciążeń kotew;
- k) operaty z pomiaru drgań wywoływanych pracą sprzętu budowlanego, w tym katarów;
- l) operaty geodezyjne pomiarów wyjściowych (pomiar zerowy) istniejących konstrukcji oraz obiektów sąsiednich;
- m) wszystkie wyniki monitoringu budowli sąsiednich w trakcie prowadzonych prac budowlanych.

Zleceniodawca wyszczególnione powyżej materiały w zakresie a, b, c (częściowo), d, e, h, i, j dostarczył. Pozostałych materiałów i informacji brak – z uwagi na nieprzewodzenie odpowiednich badań w trakcie budowy lub w niektórych przypadkach odpowiednich informacji nie przekazał Inwestor lub Wykonawca.

W odniesieniu do punktów k, l, m uzyskano jedynie informację [35] o nieprzewodzeniu monitoringu.

W trakcie opracowania niniejszej ekspertyzy zwrócono się do Zleceniodawcy o następujące informacje:

1. Czy były wykonywane miejscowe odwodnienia przy realizacji infrastruktury podziemnej w rejonie kładki (np. KD odcinek D9 – D18 – Wp15, KD odcinek D9 – D10 – D11- Wp 18/OL2, KS

odcinek KS-1 – S18 – S17, wodociąg: odcinek Ppw5 – Ł13 – W4, instalacje elektryczne, telekomunikacyjne)? Jeżeli tak, to w jakim przedziale czasowym, gdzie i jaką metodą.

2. Czy wykonywano wymiany gruntu (również lokalne pod drogi, nawierzchnie, sieci w zakresie j.w.) w obszarze wokół kładki, zalecanej w dokumentacji projektowej ? Jeżeli tak to w jakich miejscach, do jakiej głębokości, na jakiej powierzchni, o jakiej kubaturze i w jakim przedziale czasowym ?
3. Jaka metodą wykonywano rozbiórkę elementów istniejącego nabrzeża Helskiego ? Czy był projekt rozbiórki ?
4. W jaki sposób zlikwidowano wodociąg wzdłuż nabrzeża Helskiego ?
5. Jakie były parametry urządzeń stosowanych do zagęszczania gruntu i nawierzchni oraz rzeczywiste parametry pracy tych urządzeń w poszczególnych lokalizacjach ? – pytanie z Opinii – dotyczy wszystkich branż (sieci, nawierzchnie, drogi, hydrotechnika), z szczególnym uwzględnieniem rejonu kładki oraz w obszarze sąsiadującego z kładką.

Na powyższe pytania uzyskano następujące odpowiedzi [36]:

Ad. 1. Odwodnień miejscowych w tym rejonie nie wykonywano.

Ad. 2. Nie wykonywano żadnych wymian gruntu.

Ad. 3. Rozbiórkę nabrzeża Helskiego wykonywano zgodnie z p. 14 projektu budowlanego. Specyfikacja sprzętu zostanie dostarczona w późniejszym terminie.

Ad. 4. Nie stwierdzono istnienia wodociągu zaznaczonego na planie zagospodarowania.

Ad. 5. Specyfikacja sprzętu zostanie dostarczona w późniejszym terminie.

Pełnych odpowiedzi na pytania 3 i 5 do czasu zakończenia ekspertyzy nie uzyskano.



Fot. 1. Lokalizacja analizowanych inwestycji w Porcie Ustka

W celu ujęcia całościowego rozpatrywanych tematów z opinii [33] powtórzono niezbędne informacje i aktualne wnioski.

### 2.1. Ogólny opis konstrukcji fundamentów obiektu kładki wg [5]

Konstrukcja kładki znajduje się w granicach portu Ustka, woj. Pomorskie, powiat słupski, gminie Ustka i zlokalizowana jest na działkach nr 1560/112, 1560/103, 1560/106, 1560/111 (właściciel: Skarb Państwa Zarządca trwały: Urząd Morski w Słupsku), 1560/104, 1560/113 (właściciel: Gmina Miasto Ustka). Port Ustka leży u ujścia rzeki Słupi do morza.

Miejsce usytuowania fundamentów konstrukcji obrotowej kładki oraz odciągów stanowi prawy, umocniony płytami betonowymi brzeg kanału portowego, będącego ujściowym fragmentem rzeki Słupi. Na lewym brzegu usytuowano miejsce podpory kładki.



Rys. 1. Lokalizacja kładki w Porcie Ustka.

Obiekt posadowiono na palach z rur stalowych o średnicy 508/10 mm z dnem otwartym. Poziom posadowienia poszczególnych elementów obiektu jest następujący:

- oczep fundamentowy pylonu i mechanizmu obrotowego: -1,0 m n.p.m.
- podstawy pali fundamentu pylonu: -12,7 m n.p.m.
- korek betonowy poniżej fundamentu pylonu: -2,50 m n.p.m.
- oczepy fundamentów odciągów: -0,10 m n.p.m.
- podstawy pali fundamentów odciągów: -11,8 m n.p.m.

Fundament pylonu i mechanizmu obrotowego wykonano w grodzi, z uwagi na wysoki poziom wody gruntowej i bliskie sąsiedztwo nabrzeża kanału portowego. Grodzę zaprojektowano z grodzic AZ 12-700 długości 10,0 m. Ścianka po wykonaniu fundamentu została zdemontowana z wyjątkiem części równoległej do nabrzeża. Fundament blokowy pylonu i mechanizmu obrotowego o wymiarach w rzucie 10,5 x 9,0 m wysokości 2,86 m oparty jest na dwudziestu dwóch palach z rur stalowych o



średnicy 508/10 mm z dnem otwartym. Pale zaprojektowano o długości całkowitej 12,0 m. Wymagana nośność pala 740 kN. Po pogrążeniu pali odpompowano wodę z wnętrza pala do głębokości 1,50 m od głowicy pala i wypełniono wnętrze pala piaskiem średnioziarnistym pozostawiając 1,50 m pustej rury. Wykonano korek betonowy z C16/20 grubości 70 cm wewnątrz pali i wprowadzono zbrojenie i wykonano warstwę betonu gr 80 cm głowicy pala betonem C30/37. Pale z rur ze stali 8355J2H o zwiększonej odporności na korozję.



Fot. 2. Widok kładki obrotowej od strony nabrzeża Pilotowego.

Fundamenty odciągów są fundamentami blokowymi z odsadzką o wymiarach w rzucie 3,0 x 3,0 m, wysokości całkowitej 2,07 m opartymi na palach (na czterech palach każdy). Pale o długości całkowitej 12,0 m z rur stalowych o średnicy 508/10 mm z dnem otwartym. Wymagana nośność na wyrwanie pala  $N=250$  kN.

Fundament belki progu oporowego po stronie wschodniej zaprojektowano jako ławę z odsadzką o wymiarach w rzucie 4,60x0,9 m wysokości 0,75m. Fundament oparto na dwóch palach z rur stalowych o średnicy 508/10 mm z dnem otwartym. Pale o długości całkowitej 15,40 m. Poziom posadowienia stopy pala na rzędnej -14,22 m n.p.m. Rzędna góry pala +1,25 m n.p.m. Wymagana nośność na wciskanie pala  $N=650$  kN.

## 2.2. Chronologia inwestycji

W latach 2010-2015 realizowano (od etapu decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji do zakończenia budowy) trzy inwestycje, których lokalizacje w znacznej części były wspólne, w kolejności chronologicznej wydanych decyzji [17]:

1. Budowa **kładki otwieralnej** – decyzja z dnia 10.11.2010 [1] – działki 1560/112, 1560/103, 1560/111, 1560/106, 1560/104, 1560/113
2. Budowa **basenu rybackiego** – decyzja z dnia 15.04.2011 [2] – działki 1560/103, 1560/104, 1560/112, 1560/113

3. Przebudowa i budowa **ciągów komunikacyjnych** wraz z towarzyszącą infrastrukturą na terenie portu Ustka – decyzja z dnia 19.03.2013 [3] – działki 1560/103, 1560/104, 1560/113.

Działki wspólne dla powyższych trzech inwestycji to: 1560/103, 1560/104 oraz 1560/113. Działki te należą do:

- Skarbu Państwa w zarządzie Urzędu Morskiego w Słupsku – 1560/103
- Gminy Miasto Ustka – 1560/104 oraz 1560/113.

Wszystkie powyższe inwestycje miały jednego wspólnego Inwestora: Gmina Miasto Ustka.

Kolejne etapy realizacji powyższych inwestycji były następujące:

13.04.2011 – pierwsze ogłoszenie o zamówieniu opracowania dokumentacji budowlanej i budowy budowli mostowej - **kładka otwieralna** nad kanałem portowym w Porcie Ustka.

12.10.2011 – ostatnie ogłoszenie o zamówieniu opracowania dokumentacji budowlanej i budowy budowli mostowej - **kładka otwieralna** nad kanałem portowym w Porcie Ustka.

12.12.2011 – informacja o wyborze najkorzystniejszej oferty opracowania dokumentacji budowlanej i budowy budowli mostowej - **kładka otwieralna** nad kanałem portowym w Porcie Ustka.

26.02.2013 – wniosek o wydanie pozwolenia na budowę **kładki**.

17.05.2013 – przekazanie do Urzędu Miasta Ustka projektów wykonawczych **kładki** wraz z specyfikacjami technicznymi.

26.04.2013 – uzyskanie pozwolenia na budowę **kładki**.

23.05.2013 – zgłoszenie przez Inwestora zamiaru rozpoczęcia budowy **kładki** z dniem 03.06.2013.

24.05.2013 – przekazanie do Urzędu Miasta prawomocnej decyzji na budowę wraz z kompletem projektu budowlanego **kładki otwieralnej**.

04.10.2013 – ogłoszenie o zamówieniu opracowania dokumentacji budowlanej budowy **basenu rybackiego** w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną.

04.10.2013 – ogłoszenie o zamówieniu opracowania dokumentacji budowlanej przebudowy i budowy **ciągów komunikacyjnych** wraz z towarzyszącą infrastrukturą na terenie Portu Ustka.

12.10.2013 – wykonanie pomiarów geodezyjnych wykonanej kładki.

22.10.2013 – informacja o wyborze najkorzystniejszej oferty opracowania dokumentacji budowlanej przebudowy i budowy **ciągów komunikacyjnych** wraz z towarzyszącą infrastrukturą na terenie Portu Ustka.

07.11.2013 – informacja o wyborze najkorzystniejszej oferty opracowania dokumentacji budowlanej budowy **basenu rybackiego** w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną.

26.11.2013 – przyjęcie przez Starostwo Powiatowe w Słupsku geodezyjnej powykonawczej inwentaryzacji kładki oraz sieci uzbrojenia terenu do państwowego zasobu geodezyjnego i



kartograficznego pod nr 261.12B4-583/2013, jako zrealizowane zgodnie z lokalizacją uzgodnioną w opinii Zespołu Uzgadniania Dokumentacji Projektowej nr 110/2013 z dnia 25.03.2013.

29.11.2013 – odbiór kładki przez Wojewódzki Inspektorat Nadzoru Budowlanego w Gdańsku.

02.12.2013 – uzyskanie pozwolenia na użytkowanie **kładki**.

11.12.2013 – przekazanie do Urzędu Gminy Miasta Ustka dokumentacji powykonawczej **kładki**.

12.12.2013 – odbiór końcowy **kładki** przez Gminę Miasto Ustka.

19.02.2014 – zakończenie projekt budowlanego oraz projektu wykonawczego Budowa basenu rybackiego w porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej.

12.03.2014 – ogłoszenie o zamówieniu robót budowlanych: Budowa **basenu rybackiego** w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną.

13.03.2014 – ogłoszenie o zamówieniu robót budowlanych: Przebudowa i budowa **ciągów komunikacyjnych** wraz z towarzyszącą infrastrukturą na terenie Portu Ustka.

04.06.2014 – informacja o wyborze najkorzystniejszej oferty przebudowy i budowy **ciągów komunikacyjnych** wraz z towarzyszącą infrastrukturą na terenie Portu Ustka

06.06.2014 – informacja o wyborze najkorzystniejszej oferty budowy **basenu rybackiego** w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną

06.08.2014 – uzyskanie pozwolenia na budowę **Basenu Rybackiego** w Porcie Ustka **wraz z infrastrukturą komunikacyjną** i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej,

Uwaga: dwie inwestycje – basen rybacki i ciągi komunikacyjne – realizował ten sam wykonawca.

### 2.3. Informacja o pracy kładki wg [19]

Przez okres czasu w którym kładka funkcjonowała, przebieg jej pracy prowadzony był według poniższego harmonogramu.

1. W okresie sezonu letniego, tj. od 16 czerwca do 31 sierpnia każdego roku kładka otwierana jest dla ruchu pieszego na 20 minut o każdej pełnej godzinie, między godz. 9:00 a 24:00;

2. W okresie poza sezonem letnim, tj. od 1 września do 15 czerwca każdego roku kładka otwierana jest dla ruchu pieszego na 20 minut o każdej pełnej godzinie, między godz. 10:00 a 18:00

| 2014 rok            | dni | razy/dziennie | operacje otwarcia i zamknięcia |
|---------------------|-----|---------------|--------------------------------|
| sezon letni         | 77  | 16            | 1232                           |
| Sezon zimowy        | 288 | 9             | 2592                           |
| rocznie w 2014 roku |     |               | <b>3824</b>                    |
| 2015 rok            |     |               |                                |
| Sezon zimowy        | 166 | 9             | 1494                           |
| sezon letni         | 46  | 16            | 736                            |

|                     |  |  |      |
|---------------------|--|--|------|
| Rocznie w 2015 roku |  |  | 2230 |
| Łącznie             |  |  | 6054 |

Łącznie przez okres około 1,5 roku kładka została otwarta i zamknięta 6054 razy.

#### 2.4. Informacja o przebiegu prac na budowie Basenu Rybackiego w Porcie Ustka wraz z infrastrukturą komunikacyjną i niezbędnymi sieciami infrastruktury technicznej wg [18].

Na podstawie dziennika budowy [18] ustalono harmonogram robót mających znaczenie dla stateczności obiektu oraz ich możliwy wpływ na destrukcję podłoża gruntowego oraz przemieszczenia zakotwień kładki w trakcie jej pracy spowodowane zwiększeniem podatności na wyciąganie pali fundamentowych.

.08.2014 – powstanie projektu wykonawczego zamiennego budowy **basenu rybackiego** [9].

15.09.2014 – akceptacja projektu wykonawczego zamiennego budowy **basenu rybackiego** [9];

29.09.2014 – wydanie dziennika budowy nr 61/2014 tom I.

09.10.2014 – rozpoczęcie wbijania ścianki szczelnej z zastosowaniem wibromłota PVE 40VM (maksymalna możliwa częstotliwość 33,3 Hz) – generujące drgania podłoża;

14.11.2014 – trwa rozkuwanie istniejącej konstrukcji nabrzeża Helskiego (BRAK w dzienniku budowy [18] wpisu o rozpoczęciu prac rozbiórkowych nabrzeża Helskiego);

15.11.2014 według Dziennika pograżania ścianki szczelnej [24], a 19.11.2014 według dziennika budowy [18] (NIEZGODNOŚĆ dokumentów budowy) – rozpoczęcie pograżania ścianek szczelnych VL 603 (elementy pojedyncze) nabrzeża E – generujących drgania podłoża; **minimalna odległość ścianki od fundamentu odciągu kładki ok. 13 m** (rys. 2);

24.11.2014 – zakończenie pograżania ścianki szczelnej VL 603 nabrzeża E.

24/26.11.2014 według dziennika pograżania ścianki szczelnej [24], 25.11.2014 według dziennika budowy [18] – rozpoczęcie pograżania ścianki szczelnej Hoesch 1707 (elementy pojedyncze i podwójne – sparowane) na molu F wraz z sukcesywnym rozkuwaniem starego oczepu na nabrzeżu Helskim – generujące drgania podłoża; **odległość ścianki od fundamentu odciągu od 15 do 30 m** (rys. 2);

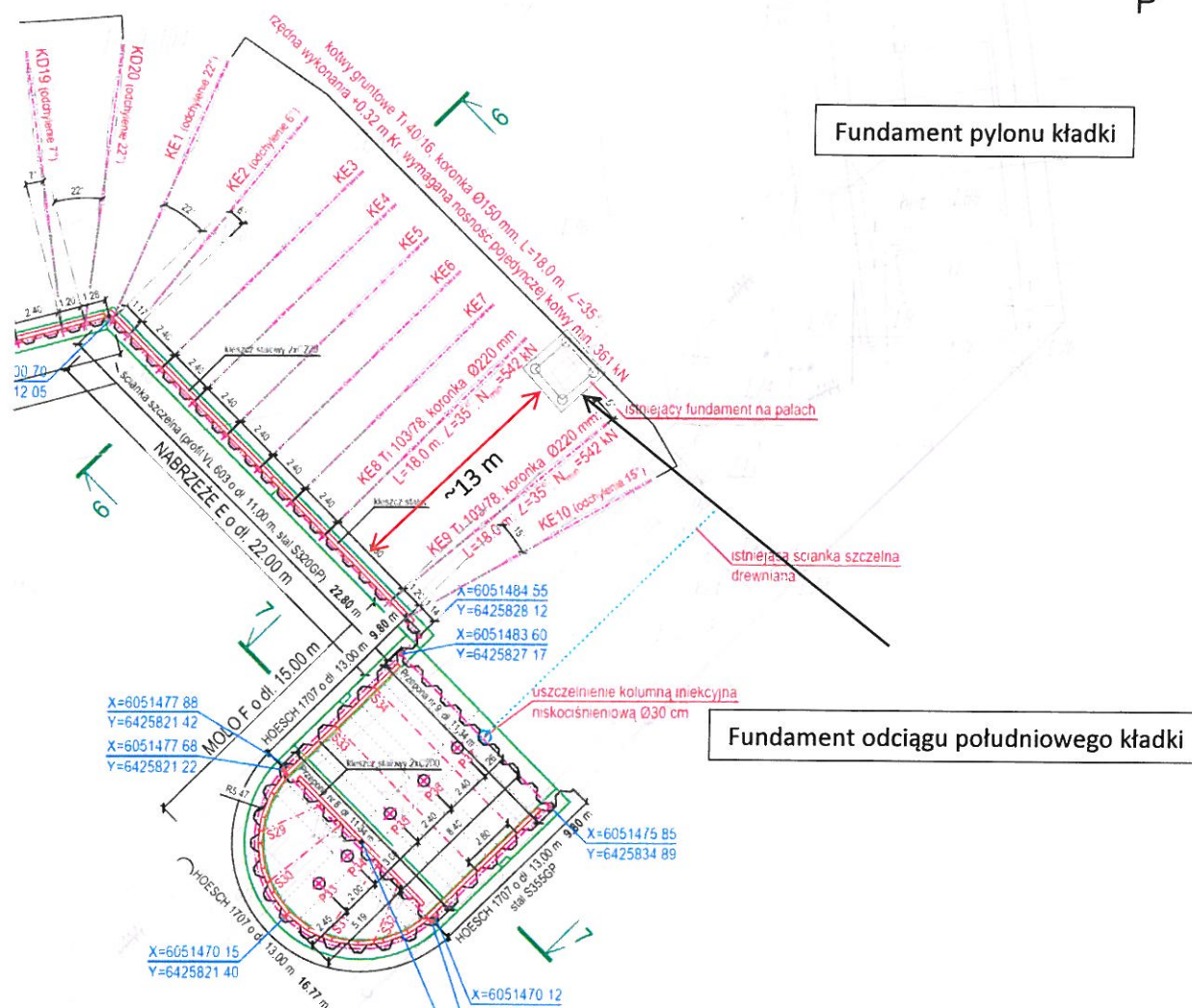
27.11.2014 – wykonanie kotew wzdłuż ścianki E w bezpośrednim sąsiedztwie pali stanowiących fundament odciągu kładki (KE8 i KE9);

27.11.2014 – pograżanie ścianki na molu F (elementy podwójne!), generujące drgania podłoża; **odległość ścianki od fundamentu odciągu od 15 do 21 m** (rys. 2);

28.11.2014 – odbiory prac:

- wbijania ścianki szczelnej VL 603 - generujące drgania podłoża;
- wbijania ścianki szczelnej Hoesch 1707 - generujące drgania;
- wykopu basenu rybackiego;
- wrywania pali;
- wykonania kotwii gruntowych Titan mikropali  $\Phi 40$  i  $\Phi 103/78$  (brak podpisów na metrykach);

P



Rys. 2. Położenie ścianki, zakotwień oraz pali wykonywanych w ramach budowy basenu rybackiego [7]

03.12.2014 – zakończenie rozbiórki nabrzeża Helskiego na odcinku moła F, generujące drgania podłoża;  
rozpoczęcie rozbiórki oczepu, płyty i pali nabrzeża Helskiego na odcinku moła A;

12.12.2014 – zakończenie pograżania ścianki szczelnej moła F.

16.12.2014 – rozpoczęcie wbijanie ścianki szczelnej moła A, generujące drgania podłoża.

**W okresie tym kładka pracowała 9 razy dziennie**

17.01.2015 – sprężanie kotew mikropalowych;

18.01.2015 – trwają prace rozbiórkowe nawierzchni, generujące drgania;



12.02.2015 – zakończenie pograżania ścianki szczelnej na molo A – zakończenie prac kafarowych związanych z pograżaniem ścianek szczelnych;

17.02.2015 – bardzo wysoki stan wody;

16.02.2015 – rozpoczęto pograżanie pali rurowych 508/12,5 w osi mola A pograżono 11 rur nastąpiła awaria wibromłota;

05.03.2015 – rozpoczęcie pograżania pali w osi mola F – odległość od 18 do 27 m od fundamentu odciagu kładki (rys. 2);

06.03.2015 – zakończenie pograżania pali w osi mola F – odległość od 18 do 27 m od fundamentu odciagu kładki; zakończenie prac kafarowych (rys. 2);

18.05.2015 – trwają prace związane z rozbiórką nawierzchni betonowych przy kładce;

05.06.2015 – rozpoczęcie prac związanych z wykonaniem sieci kanalizacji deszczowej – odcinek D18 – D9 przebiegający bezpośrednio przy fundamencie północnego odciagu kładki;

09.06.2015 – wniosek Wykonawcy o odbiór i zgodę na zasypkę odcinka kanalizacji deszczowej D18 – D9, przebiegającego bezpośrednio przy fundamencie północnego odciagu kładki oraz odcinka D11 – D9, przebiegającego w bliskim sąsiedztwie fundamentu odciagu południowego kładki (rys. 3);

09.06.2015 – wymóg uzyskania wymaganych zagęszczeń w miejscach lokalizacji sieci wod.-kan. przed rozpoczęciem robót drogowych;

12.06.2015 – zasypywanie wykopów pod sieci bez wymaganych badań – ryzyko Wykonawcy – brak dokumentów i informacji o rodzaju sprzętu generującego drgania;

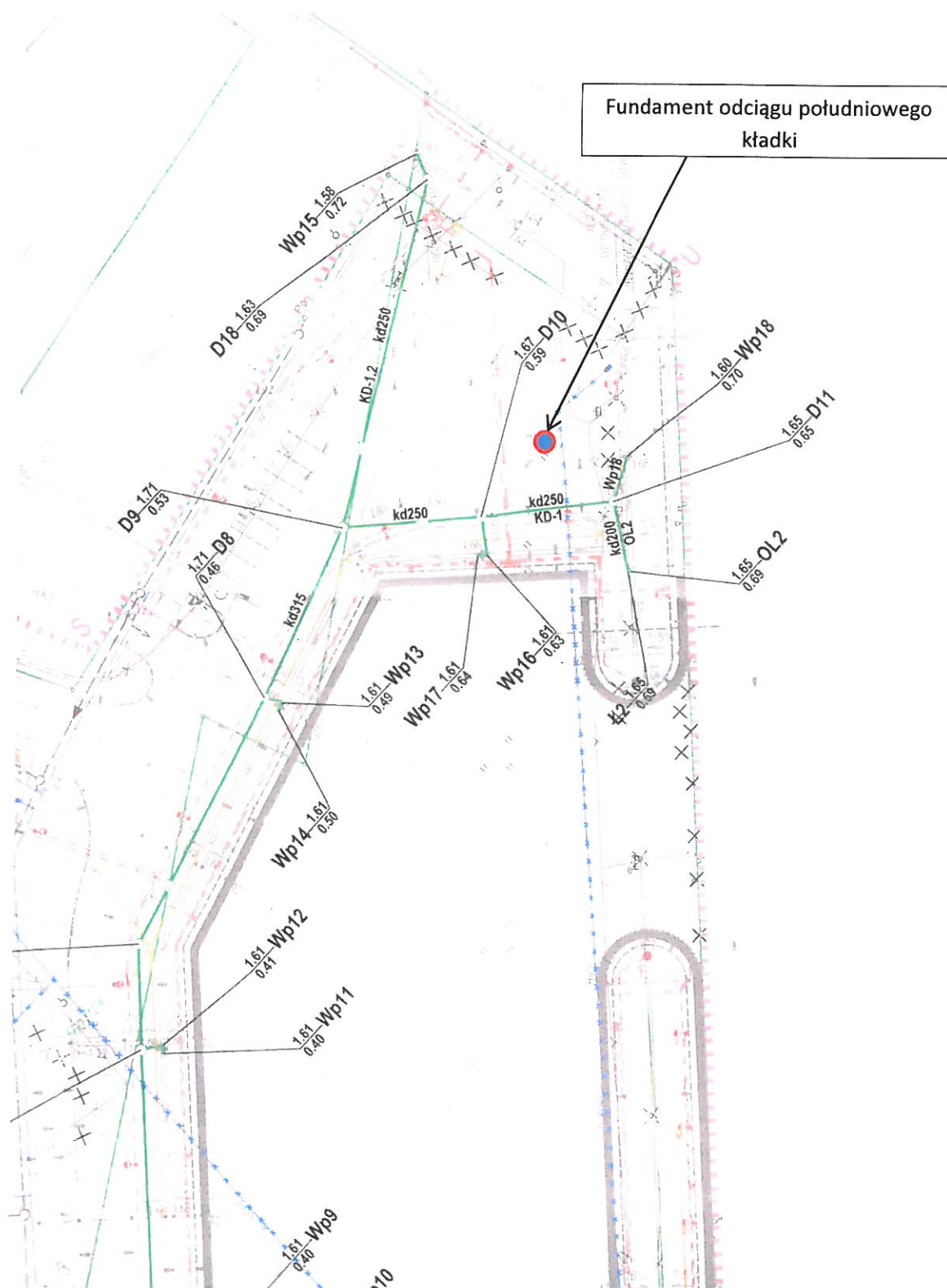
12.06.2015 – przedłożenie wyników badań zagęszczenia; wystąpienie o zgodę na kontynuowanie robót drogowych;

**W tym okresie kładka pracowała 9 razy dziennie**

**Rozpoczęcie sezonu letniego w dniu 16.06.2015 – praca kładki 16 razy dziennie**

17.06.2015 – kontynuacja wykopu basenu; trwają roboty instalacyjne;

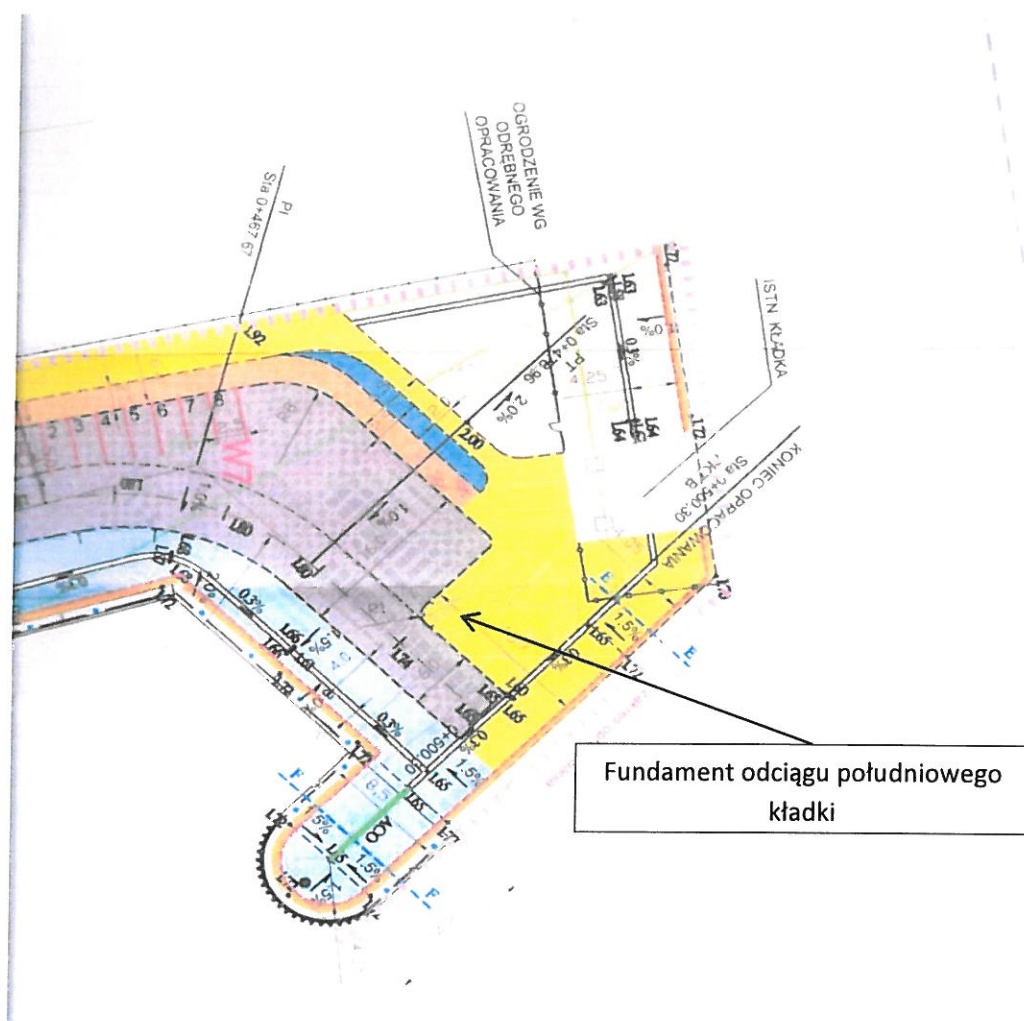
30.06.2015 – zgłoszenie wykonania prób szczelności kanalizacji deszczowej m.in. odcinka D11 – D8 w bliskim sąsiedztwie fundamentu odciagu południowego oraz D18 – D8 w bezpośrednim sąsiedztwie fundamentu odciagu północnego (rys. 3);



Rys. 3. Plan sytuacyjny. Zakres prac z branży sanitarnej [23]

- 30.06.2015 – potwierdzenie wyników zagęszczenia podłoża po wykonanych robotach sanitarnych w rejonie kładki; trwają prace drogowe związane z korytowaniem, układaniem podbudowy pomocniczej i zasadniczej; kontynuacja wykopu basenu (rys. 4);
- 03.07.2015 – zgłoszenie Zarządu Portu Morskiego w Ustce stwierdzonych cztery dni wcześniej nieprawidłowości w działaniu kładki .
- 08.07.2015 – trwają prace związane z wykonywaniem podbudowy zasadniczej w okolicach kładki – generujące drgania podłoża (rys. 4);
- 08.07.2015 – wykonanie pomiarów geodezyjnych kładki [8].
- 13.07.2015 – **stwierdzenie dużego odsetka uszkodzonej kostki brukowej w rejonie kładki i falochronu – może to świadczyć o zbyt ciężkim sprzęcie do zagęszczania podłoża (rys. 4);**
- 16.07.2015 – kontynuacja wykopu w basenie rybackim;
- 16.07.2015 – zgłoszenie wykonania robót drogowych obejmujących korytowanie wraz z podbudową pomocniczą na km 0+360 – 0+500,3 (bezpośrednie sąsiedztwo fundamentu południowego odciągu kładki) na szerokości drogi wewnętrznej, chodników, ścieżki rowerowej i placów; wykonano podbudowę zasadniczą oraz osadzono oporniki w km 0+430 – 0+500,3; wykonano nawierzchnię chodnika i ścieżki rowerowej na odcinku od slipu do kładki pieszej; wszystkie roboty były wykonane po uzyskaniu pozytywnych wyników badań; brak dokumentów i informacji o rodzaju sprzętu generującego drgania;
- 22.07.2015 – kontynuacja prac przy głębinieniu basenu;
- 29.07.2015 – zakończono podbudowę pomocniczą placu od strony północnej oraz ścieżki i chodniki od km 0+320 – 0+485; wykonano nawierzchnię od strony północnej kładki oraz chodnik i ścieżkę rowerową km 0+335 – 0+485; zakończono roboty drogowe związane z wibracyjnym zagęszczaniem podłoża – generujące drgania podłoża – prace były prowadzone w bezpośrednim sąsiedztwie (wokół) fundamentów odciągów i samej kładki; brak dokumentów i informacji o rodzaju sprzętu generującego drgania (rys. 4).
- 03.08.2015 – wyłączenie kładki z użytkowania.
- 06.08.2015 – wykonanie pomiarów geodezyjnych kładki [9].
- 14.08.2015 – wykonanie kontrolnych badań geotechnicznych [8].
- 26.08.2015 – wykonanie pomiarów geodezyjnych kładki [9].
- 23.09.2015 – wykonanie pomiarów geodezyjnych kładki [34].
- 27.10.2015 – wykonanie pomiarów geodezyjnych kładki [34].
- 24.11.2015 – wykonanie pomiarów geodezyjnych kładki [34].

Wyniki ostatnich pomiarów geodezyjnych przemieszczeń kładki wykazują uniesienie fundamentu odciągu południowego w wartości 6 mm w odniesieniu do pomiaru z dnia 08.07.2015 [8]. Wartości przemieszczeń pozostałych fundamentów nie przekraczają błędu pomiarowego. Faktyczne przemieszczenie fundamentu odciągu południowego jest większe, ze względu na fakt, iż ten rodzaj pomiaru rozpoczęto dopiero po stwierdzeniu nieprawidłowości w działaniu kładki – brak pomiaru rzędnych fundamentów w dokumentach odbiorowych kładki. Są natomiast wyniki pomiarów odbiorowych kładki. Na tej podstawie – w drugiej części niniejszej ekspertyzy (część B) określono z zastosowaniem modelu numerycznego kładki wartość przemieszczenia pionowego fundamentu odciągu koniecznego do spowodowania pomierzonych przemieszczeń kładki. Wartość tą określono na poziomie ok. 2,0 cm, co pozwala na określenie szacowanej wartości zrealizowanego przemieszczenia pionowego do chwili pomiaru z dnia 08.07.2015 w wysokości ok. 1,2 – 1,5 cm.



**Rys. 4.** Plan sytuacyjny. Zakres prac drogowych. Droga wewnętrzna p-poż. (fiolet), droga techniczna (jasno niebieski), chodnik (żółty), ścieżka rowerowa (pomarańcz) [23]



### 3. Problem oddziaływań środowiskowych w dokumentacjach projektowych basenu i infrastruktury towarzyszącej

W dokumentacji projektowej zawarto następujące wytyczne i zalecenia dotyczące prowadzenia robót.

- Projekt budowlany [20] oraz projekt wykonawczy [22], p. *Hałas i drgania*:

*„użytkownik urządzeń wywołujących drgania ma obowiązek ograniczenia emisji wibracji stosując w tym celu środki, które mają zapewnić właściwe warunki eksploatacji obiektów znajdujących się w pobliżu oraz wymagane warunki komfortu w miejscach przebywania ludzi,*

*(...) Zastosowanie odpowiednich technik budowlanych oraz zachowanie warunków bezpieczeństwa pracy pozwoli na prowadzenie działań w sposób zapewniający ochronę występujących w otoczeniu obiektów budowlanych. Przez co **planowane przedsięwzięcie nie będzie powodować negatywnych oddziaływań na dobra materialne (działania inne nie są dozwolone)**”*

- Projekt budowlany [21] i projekt wykonawczy [23] – część hydrotechniczna; *Warunki prowadzenia robót*:

*„Dokładny projekt organizacji robót i montażu zostanie opracowany przez generalnego wykonawcę robót lub przez wykonawcę robót montażowych z uwzględnieniem dostępnego sprzętu budowlanego oraz dostępności terenu do prowadzenia prac.*

*We wszystkich fazach realizacji konstrukcji wykonane roboty, a w szczególności roboty ulegające zakryciu, powinny być odbierane przez inwestorski nadzór budowy i odnotowane w dzienniku budowy.*

*W czasie montażu należy zwracać szczególną uwagę na zachowanie stateczności całości konstrukcji jak i poszczególnych ich elementów.*

***Przed rozpoczęciem robót budowlanych należy dokonać pomiaru początkowego (tzw. pomiaru zerowego).** W trakcie wykonywania części podziemnej należy prowadzić odpowiednie pomiary kontrolne, a w razie potrzeby również **bezpośredni monitoring stanu budynków istniejących usytuowanych w zasięgu strefy oddziaływania prac.**”*

- Projekt budowlany [21] i projekt wykonawczy [23] – część hydrotechniczna; p. *Uwagi*:

*„Uprzednio przed wykonaniem robót kafarowych należy przewidzieć sposób pogrążania stalowej ścianki szczelnej oraz pali stalowych. Sposób pogrążania należy dobrać mając na uwadze poza względami ekonomicznymi przede wszystkim niedopuszczenie, aby wstrząsy i drgania od użytego sprzętu były minimalne, **niepowodujące szkodliwego wpływu na stan konstrukcji istniejących**”*

- Projekt wykonawczy zamienny [7];p. *Warunki geotechniczne*:

*„Podczas robót hydrotechnicznych można spodziewać się trudności np. podczas pogrążania ścianek szczelnych lub wbijania pali z uwagi na załeganie w podłożu warstw zwartych gruntów*

*spoistych oraz bardzo zagęszczonych gruntów piaszczystych. Grunty spoiste, a szczególnie pyły i gliny pylaste, wykazują właściwości tiksotropowe, wobec czego wskutek drgań sprzętu mechanicznego może dojść do uplastycznienia.”*

Powyższe zapisy zawarte w dokumentacjach projektowych są niewystarczające. W zasadzie zignorowany został problem oddziaływań inwestycji na istniejące otoczenie. Nie określono stref oddziaływania, brak szczegółowego zakresu i programu monitoringu, a przede wszystkim **zignorowano fakt istnienia – w zasadzie na terenie budowy – działającej konstrukcji kładki** (nie zapewniono jej bezpieczeństwa pracy). W realizacji nie zastosowano nawet – przytoczonych powyżej – szcątkowych zaleceń dotyczących oddziaływań budowlanych. Tłumaczenie [35], że kładka nie jest budynkiem, dlatego też nie była monitorowana, w kontekście zapisów warunków prowadzenia robót, świadczy niestety o nieprofesjonalnym podejściu do problemu (brak zrozumienia istoty oddziaływań dynamicznych w istniejących warunkach środowiskowych).

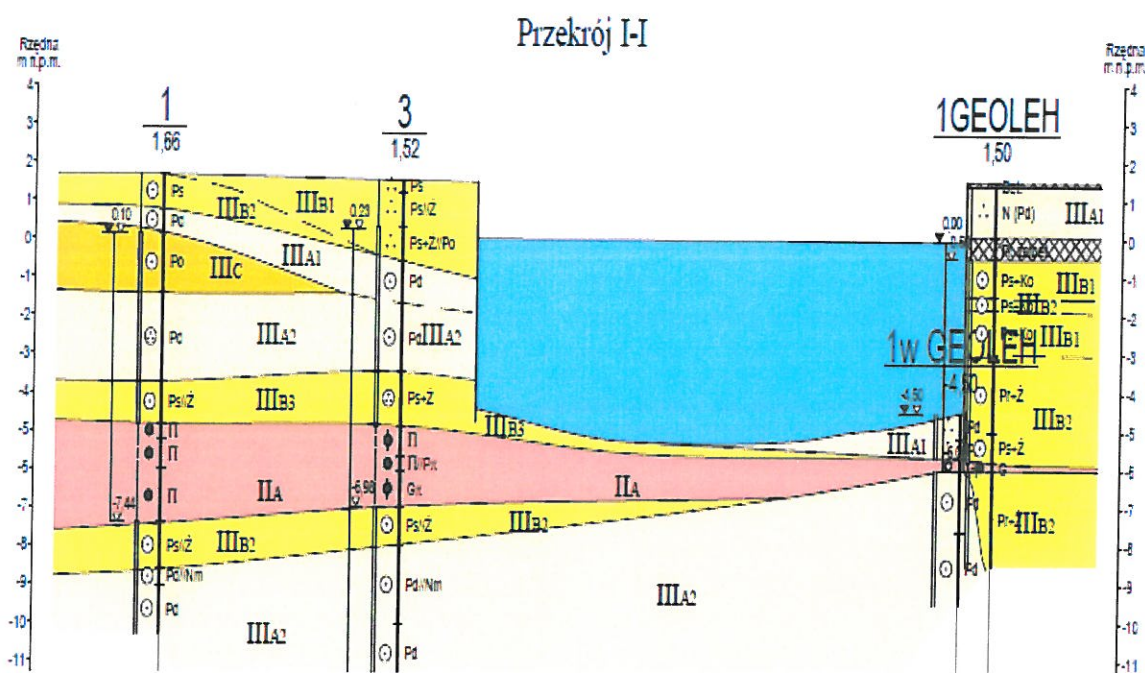
#### 4. Warunki geotechniczne w podłożu [4, 5]

Powierzchnia terenu na obu brzegach kanału w strefie usytuowania kładki wynosi 1,5 m n.p.m. Utwardzona powierzchnia terenu wznosi się o około  $1,5 \div 1,80$  m nad poziom wody w kanale portowym. Stan wody w kanale jest uzależniony od kierunków wiatru oraz stanu morza. W warunkach sztormowych, przy ekstremalnie wysokich stanach poziom wody w kanale portowym może być o około 1,5 m wyższy od stwierdzonego podczas robót wiertniczych [4].

Pod względem morfologicznym dokumentowany obszar stanowi fragment ujściowy doliny rzeki Słupi utworzony w holocenie przez jej aluwia, podniesiony nasypami piaszczystymi refulowanymi z dna kanału portowego podczas budowy portu i zagospodarowania jego otoczenia. Na podstawie przeprowadzonego rozpoznania w dokumentacji [4] ustalono, że strefę przypowierzchniową w obrębie zachodniego brzegu kanału portowego, w miejscu lokalizacji fundamentów konstrukcji kładki oraz odciągów tworzą nasypy budowlane powstałe z luźnych, refulowanych piasków pochodzenia morskiego lub rzeczno o miąższości około 2,0 m, zalegające na piaskach i pospółkach rzecznych i morskich. Informacje zawarte w archiwalnej dokumentacji wykazują, iż w obrębie wschodniego nabrzeża, w miejscu usytuowania fundamentu wspierającego kładkę, pod warstwą polbruków występują nasypy budowlane utworzone z luźnych i średnio zagęszczonych piasków drobnych, średnich i grubych, w obrębie których na głębokości 1,4-2,0 m napotkano płytę betonową.

Granicy pomiędzy gruntami nasypowymi oraz piaskami pochodzenia rzeczno lub morskiego nie określono. W obrębie holocenijskich piasków rzecznych i morskich, na obu brzegach, od głębokości 6,1-7,4 m zalega pokład zastoiskowych pyłów i glin pylastych, którego miąższość na prawym, wschodnim

brzegu kanału zmniejsza się do 0,1 m. Od głębokości około 13 m pod aluwiami rzecznyimi zalegają dwa pokłady glin zwałowych przedzielone warstwą wodnolodowcowych pospółek. Drugi, starszy pokład glin nie został przewiercony do głębokości 30,0 m. Podczas prac terenowych prowadzonych zimą przy stanach wód zbliżonych do średnich, wody podziemne o swobodnym i lokalnie napiętym zwierciadle występowały na głębokości 0,85-1,60 m (rzędne 0,00-0,26 m n.p.m.). Pozostawały one w ścisłym związku hydraulicznym z wodami rzeki Słupi w kanale portowym. Z przeprowadzonych badań laboratoryjnych wynika, iż wody podziemne wykazują średni stopień agresywności (XA2) ze względu na podwyższoną agresywność węglanową  $45,7 \text{ mg/dm}^3$ . Według dokumentacji [4] w podłożu posadowienia obiektu warunki gruntowo-wodne należy uznać za złożone, a obiekt zaliczono do II kategorii geotechnicznej.



Rys. 5. Przykładowy przekrój geotechniczny w strefie wpływu drgań [4]

Zestawienie parametrów geotechnicznych warstwy słabej IIA [4]

| Symbol oraz nazwy geologiczne | Opis nazw geologicznych i geotechnicznych                                   | Oznaczenie warstw | Stopień zagęszczenia | Stopień plastyczności | Wartości normowe parametrów geotechnicznych $\alpha^{(1)}$ |                |   |                                |                      |               |                 |                                     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------|----------------|---|--------------------------------|----------------------|---------------|-----------------|-------------------------------------|
|                               |                                                                             |                   |                      |                       | p                                                          |                |   | Wilgotność naturalna $w_s$ [%] | $\Phi^{(1)}$ stopnie | $C^{(1)}$ MPa | $M_c^{(1)}$ MPa | Współczynnik materiałowy $\gamma_s$ |
|                               |                                                                             |                   |                      |                       | T/m <sup>3</sup>                                           |                |   |                                |                      |               |                 |                                     |
|                               |                                                                             |                   |                      |                       | $I_p^{(1)}$                                                | $I_{pl}^{(1)}$ |   |                                |                      |               |                 |                                     |
| (grunty spójne grupy "C")     | Pyły II, pyły z przew. płasków pylistych II/P $\pi$ , gliny pyliste G $\pi$ | II A              | -                    | 0,32                  | -                                                          | 2,01-2,02      | - | 23                             | 12,9                 | 0,013         | 22,7            | 0,82                                |

Szczególnie istotne są warstwy nawodnionych pyłów IIA, zalegające na głębokości 4 – 8 m p.p.t., ze względu na właściwości tiksotropowe, podlegające szybkiemu upłynnieniu pod wpływem drgań. W



przeprowadzonych badaniach dodatkowych [34] z zastosowaniem sondy CPTU wynika, że grunty o własnościach tiksotropowych występować mogą do głębokości ok. 11 m.

## 5. Oddziaływania środowiskowe inwestycji budowlanej

### 5.1. Rodzaje oddziaływań, które wystąpiły na budowie portu rybackiego

Oddziaływania inwestycji budowlanej w analizowanym przypadku obejmowały:

- drgania generowane przy pogrążaniu ścianki szczelnej oraz pali;
- drgania generowane przez maszyny budowlane przy zagęszczaniu gruntu zasypów i podbudowy nawierzchni;
- drgania generowane przy usuwaniu (rozbijaniu) starych elementów betonowych lub żelbetowych;
- wpływ wiercenia, instalacji, naciągu i pracy kotew gruntowych w bezpośrednim sąsiedztwie pracujących, obciążonych pali fundamentowych;
- głębienia wykopu (basenu);
- wykonywaniu wykopów i nasypów (obniżania czasowego lub docelowego) poziomu terenu w sąsiedztwie istniejących fundamentów (Fot. 3.);



Fot. 3. Obniżony teren wokół fundamentu odciągu kładki





Fot. 4. Teren w rejonie fundamentu odciagu południowego w trakcie budowy basenu rybackiego



Fot. 5. Teren w rejonie fundamentu odciagu południowego w trakcie budowy basenu rybackiego

– wykonywanie wykopów pod infrastrukturę (kanalizacja sanitarna, deszczowa, wodociąg i inne) w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących fundamentów.

Wszystkie powyższe oddziaływania powinny być uwzględnione w projektach i realizacji inwestycji – w analizowanym przypadku – basenu rybackiego oraz ciągów komunikacyjnych, ponieważ wpływają na

stan obiektów sąsiadujących. Niezależnie od stopnia wpływu oraz uwzględnienia w projektach i realizacji wymienione wyżej oddziaływania muszą być monitorowane.

## 5.2. Niezbędny zakres kontroli oddziaływania na podłoże gruntowe robót budowlanych.

Monitoring najczęściej obejmuje pomiary drgań, pomiary geodezyjne przemieszczeń (pionowych i w razie potrzeby poziomych), pomiary poziomu wody gruntowej. Zagadnienia oddziaływań i monitoringu zawarte są w obowiązującej normie europejskiej [14] oraz opisywane w literaturze (np. [15, 16]).

W analizowanym przypadku monitorowane powinny być: fundament pylonu oraz fundamenty odcągów łącznie z ciągłym zapisem wartości amplitudy drgań wzbudzanych przez pracujący w pobliżu sprzęt budowlany. Wystąpiły tu oddziaływania dynamiczne (drgania mechaniczne) dochodzące do budowli za pośrednictwem podłoża (gruntu). W takim przypadku źródło drgań parasejsmicznych (ciało generujące drgania) nie jest połączone z konstrukcją obiektu, lecz posadowione niezależnie, a drgania mechaniczne generowane w źródle propagują się w gruncie dochodząc do budowli odbierającej drgania. Przekazywaniu się drgań z podłoża na budowlę towarzyszy tzw. interakcja dynamiczna grunt-budowla oraz **zmiany stanu i parametrów mechanicznych ośrodka gruntowego**. Wymaga to kontroli zmian zachodzących w ośrodku gruntowym mogących mieć wpływ na bezpieczeństwo istniejących konstrukcji poprzez zgęszczanie lub rozluźnianie gruntu powodowane zjawiskami parasejsmicznymi (pomiar metodami "in situ"). W analizowanym przypadku oddziaływania te wystąpiły:

– w trakcie wbijania:

- ścianek szczelnych typu VL603;
- ścianki szczelnej Hoesch 1707;
- stalowych pali rurowych;

– w trakcie prac zagęszczających wibracyjnie:

- podłoże gruntowe;
- warstw konstrukcji nawierzchni;
- zasypów wykopów pod infrastrukturę wodociągowo kanalizacyjną oraz elektryczną;

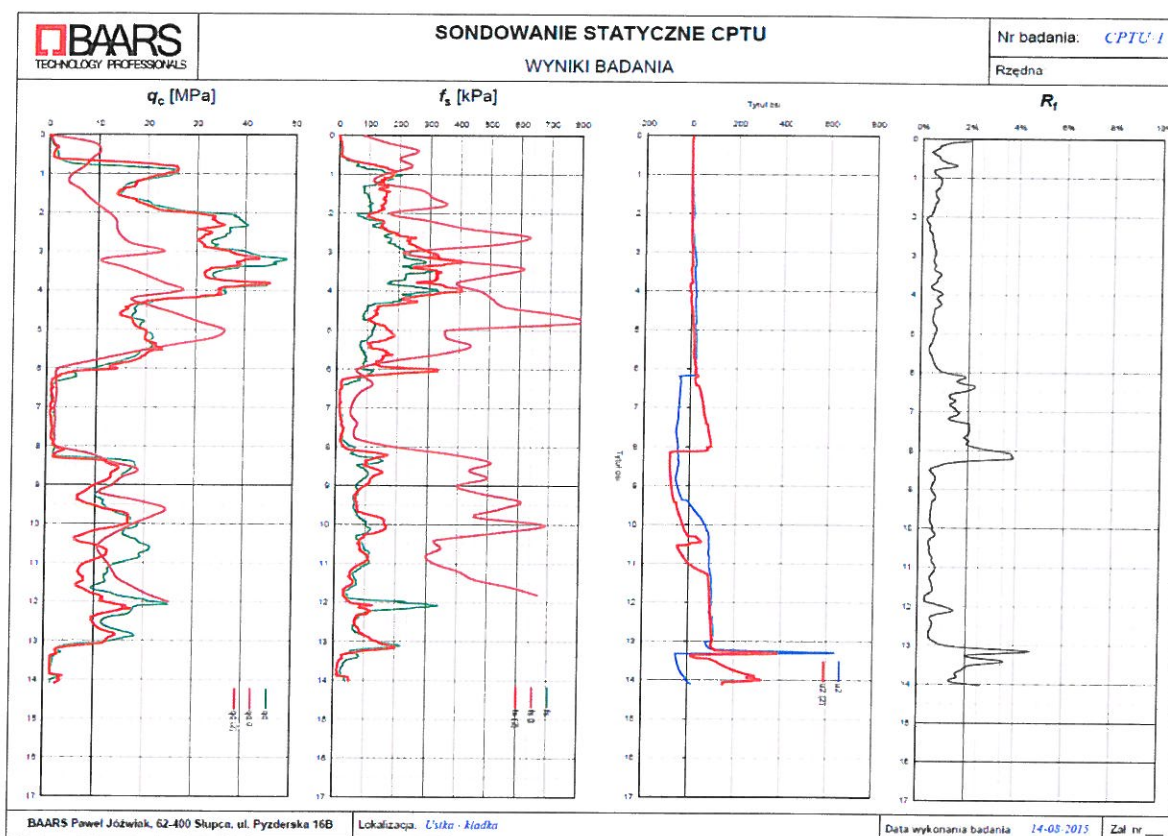
– w trakcie robót rozbiórkowych zastosowaniem młotów wibracyjnych i uderowych:

- oczepów betonowych;
- konstrukcji istniejącej infrastruktury budowlanej.



### 5.3. Analiza oddziaływań

Bezpośrednim skutkiem tych oddziaływań są zmiany cech mechanicznych ośrodka gruntowego polegające głównie na spadku wytrzymałości gruntu na ścinanie. Zjawiska te są bardzo podobne jak w przypadku oddziaływań sejsmicznych podczas trzęsienia ziemi. W analizowanym przypadku porównano wyniki badań sondą statyczną wykonane w tym samym miejscu w pobliżu podpory palowej oznaczonym numerem 1, wykonane w okresie budowy pylonu i podpór kładki oraz dwukrotnie w okresie po wykonaniu robót związanych z budową nabrzeża i basenu rybackiego. Wyniki te zestawiono na rysunku 6.



**Rys. 6.** Wyniki badań sondą CPTU na stanowisku 1 seria podstawowa ( $q_{c0}$ ) badanie wykonane do projektu kładki, seria ( $q_c$ ) odpowiada pomiarowi po zakończeniu robót budowlanych związanych z budową Basenu Rybackiego i nabrzeża (14.08.2015); seria ( $q_{c2}$ ) to pomiary wykonane 3.12.2015 po okresie ok. 4 miesięcznej stabilizacji podłoża.

Z wykresów tych wynika, że opór podłoża  $q_c$  w górnej części podłoża do głębokości ok. 4 m uległ znacznemu wzrostowi w stosunku do wartości wyjściowej podłoża nieuzdatnianego, co oznacza że oddziaływanie urządzeń zgęszczających w ostatniej fazie robót budowlanych było bardzo duże i musiało rozpocząć się jeszcze w wykopie. Normalny zasięg walca średniego lub zagęszczarek ciężkich jest rzędu 1,5 m. W niniejszym przypadku strefa ta ma około 4 m, co oznacza że zagęszczanie podłoża prawdopodobnie rozpoczęło na głębokościach poniżej poziomu obecnego terenu i/lub stosowano

ciężki sprzęt do zagęszczania wibracyjnego. Z uzyskanych wyników również wyraźnie widoczna jest utrata oporu tarcia na tulei sondy zarówno w strefie górnej, która ulegała dogęszczaniu w trakcie robót ziemnych metodą wibracyjną, jak również w podłożu głębszym w strefie od 8 do 12 m poniżej poziomu terenu. W strefie tej znajdują się grunty, o których wspomniano w dokumentacji zamiennej [7], jako o gruntach mających właściwości tiksotropowe. Oznacza to, że są to grunty bardzo czułe na oddziaływanie drgań i wstrząsów, gdyż pod ich wpływem tracą w sposób znaczący swoje parametry wytrzymałościowe. W analizowanym przypadku trwała strata wytrzymałości na ścinanie przy dużych odkształceniach  $\Phi_{cv}$  jest prawie czterokrotna i – co jest bardzo niekorzystne – nie podlega redystrybucji z czasem, o czym świadczy wartość  $f_{s2}$  w porównaniu z  $f_{s1}$ .

Z wykonanych badań [10, 41] wynika, że strata ta jest trwała i będzie powodować przemieszczenia podpory palowej pracującej na wyciąganie. Pewnym aspektem pozytywnym jest efekt dogęszczania warstw górnych, poprawiający parametry podatności (moduł odkształcenia w strefie górnej), ale niestety nie redukujący degradacji oporu na wyciąganie, powodując tym samym zjawisko pełzania podpory. Świadczą o tym pomiary geodezyjne wykazujące przemieszczenia tej podpory między sierpniem i grudniem rzędu 5 mm. Należy zwrócić uwagę, że trwała (pomimo upływu prawie 4 miesięcy poprawa jest niewielka) redukcja oporu na wyciąganie w stosunku do wartości wyjściowej rzędu 3-4 razy występuje prawie na całej wysokości pala kotwiącego. Należy zwrócić uwagę na kumulację oddziaływań, która w efekcie końcowym wpływa na aktualną degradację wartości tarcia gruntu na pobocznicach pali. Efekt ten jest tym bardziej widoczny, że podstawę danych stanowią wyniki badań dla podłoża przed realizacją robót budowlanych na tym obszarze. Roboty związane z budową kładki miały bardzo ograniczony zakres, z uwagi na małą liczbę pali i w uzyskiwanych wynikach badań wpływ ten traktować można jako nieistotny, gdyż próbne obciążenie pala wyciąganego wykazało dużą nadwyżkę nośności przy małych przemieszczeniach (maksymalne 3,42 mm; trwałe 2,09 mm).

Z przedstawionych wykresów wynika ponadto, że główną przyczyną redukcji tarcia na pobocznicach pali były roboty przekazujące drgania i wstrząsy na dużej głębokości tzn. wbijane lub wwibrowywane pale oraz ścianki szczelne.

W pracach drogowych i wykończeniowych w budowie nabrzeża duży udział miały maszyny do zagęszczenia podłoża, które na większych głębokościach tracą zasięg, jednak przekazując drgania na górną część fundamentów poprzez warstwy stabilizacyjne i nawierzchniowe, następnie poprzez pale na głębsze podłoże miały również wpływ na zwiększenia podatności na wyciąganie pali fundamentowych (spadek wartości  $f_s$  w badaniach CPTU).



W analizowanym przypadku dla pracy kładki najistotniejsza jest wartość  $f_s$ , gdyż ona decyduje o prawidłowości zachowania się odciągów linowych. Dla zobrazowania całości zagadnienia należy stwierdzić, że kłopoty z pracą układu mostowego kładki wystąpiły gdy uniesienie fundamentu odciągu było rzędu 2,0 cm.

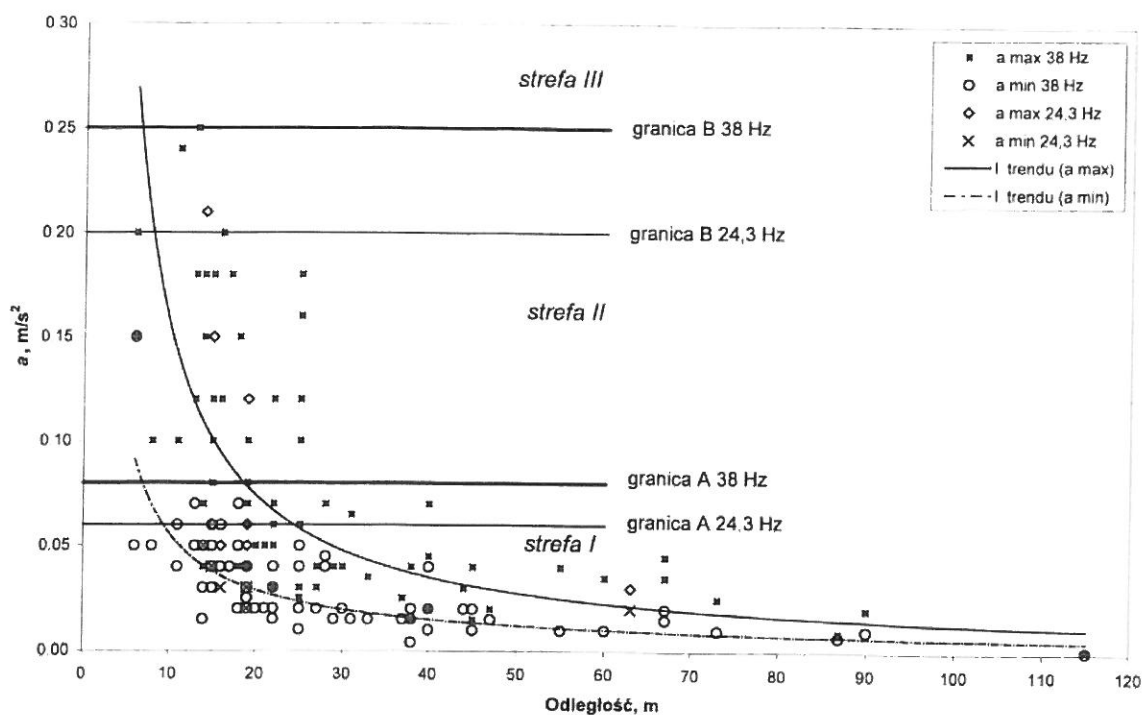
Ilustracją wpływu takich rodzajów robót jak wibracyjne pogrążanie ścianek szczelnych czy pali w znacznie bardziej korzystnych warunkach gruntowych jakimi są różnoziarniste piaski mogą być wyniki badań wpływu rodzaju i stanu podłoża gruntowego na wartości amplitud i częstotliwości generowanych drgań przeprowadzane dla pali i ścianek szczelnych. Dla technologii opartych na technice uderzenia i wibracji powszechnie stosowanego nomogramu Wissa [39] oraz wyniki bezpośrednich pomiarów dla ścianki szczelnej przy zastosowaniu różnych młotów (Rys. 6 [39]). Twierdzenie [35], że stosowanie młota PVE 40VM eliminuje wpływ ewentualnych drgań na konstrukcję tak znacznie oddalone od miejsca pracy jest absolutnie nieprawdziwe. Wibromłot PVE 40 VM umożliwia zastosowanie maksymalnej częstotliwości 33 Hz. Zasięg oddziaływania drgań mających wpływ na konstrukcję to co najmniej 18 - 25 m przy znacznie lepszych parametrach młota (38 Hz), krótszej ścianie i korzystniejszych warunkach gruntowych oraz co najmniej 25 - 27 m przy znacznie gorszych parametrach młota (24 Hz), krótszej ścianie i korzystniejszych warunkach gruntowych [38]. W szczególnych przypadkach zasięg ten może nawet osiągać wartość 40 - 50 m (przy częstotliwości 38 Hz). Wibromłoty o wyeliminowanym generowaniu drgań startowych i wyłączeniowych są standardowo stosowane do pogrążania ścianki szczelnej. Ponieważ w analizowanym przypadku rzeczywista minimalna odległość pogrążanej ścianki od podpory palowej wynosi jedynie ok. 13 m oznacza to, że drgania odbierane przez konstrukcję przekraczały bezpieczną granicę strefy I i mieściły się co najmniej w II strefie oddziaływań oddziałując na konstrukcję [43]. Pogrążanie podwójnych (!) bruz – sparowanych – w rejonie mola F w odległości od 15 do 21 m od podpory palowej również miało na nią negatywny wpływ, gdyż dwukrotne zwiększenie powierzchni źródła drgań automatycznie zwiększa zasięg oddziaływania. Prawdopodobnie równie istotny wpływ miały drgania generowane przy rozbiórce nabrzeża Helskiego w rejonie mola F – drgania z rozkuwanego oczepu przenosiły się na ściankę na głębsze warstwy podłoża zwiększając zasięg oddziaływania. Analiza przedstawionych materiałów wskazuje, że zakres strefy wpływu oddziaływań parasejsmicznych drgań wywołanych na skutek uderzenia i wibracji przy wykonywaniu pali stalowych rurowych, przekazywanych przez sztywniejsze warstwy podłoża może dochodzić do 30 m. Niestety brak jest danych pomiarowych z wpływu wykonywanych prac kładowych zlokalizowanych w pobliżu konstrukcji fundamentów kładki, które musiały wywołać przemieszczenia głowic pali kotwiących (niestety niezainwentaryzowane). W analizowanym przypadku na podstawie analizy krzywych wartości  $f_s$  [41] można stwierdzić, że najbardziej destrukcyjne były drgania towarzyszące wibracji ścianek szczelnych i/lub wbijaniu

pali w sztywniejsze warstwy gruntu, w których wzrasta opór czołowy pala, towarzyszy wzrost wartości amplitud i częstotliwości wzbudzanych drgań powierzchni gruntu, jak również drgania generowane przy rozbiórce nabrzeża Helskiego przenoszone przez ściankę na głębsze warstwy oraz drgania generowane przy pracach instalacyjnych i drogowych przenoszone bezpośrednio na fundamenty, a poprzez nie na pale i podłoże gruntowe. Warstwy te występują dopiero na głębokościach większych od 8 m. Zarówno wartości amplitud drgań jak i ich częstotliwości zwiększają się w miarę wzrostu wartości oporu podłoża  $R$ , przy czym w odniesieniu do amplitud drgań tendencja ta słabnie w miarę oddalania się fali od źródła drgań.

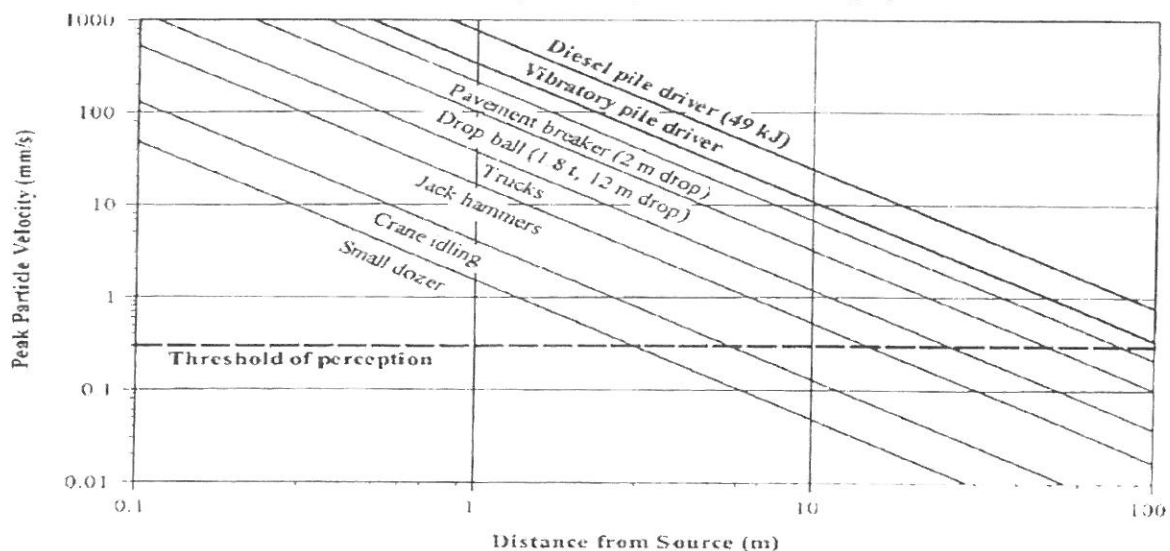
Aby zrozumieć wpływ tej destrukcji na zachowanie się układu statycznego konstrukcji kładki należy sobie wyobrazić proces, który tu występuje i jego przesunięcia czasowe. Działanie parasejsmiczne robót katarowych powoduje obniżenie wartości  $f_s$  w trakcie tych robót ale przemieszczenia pali kotwiących następują stopniowo w miarę pracy kładki oraz cyklicznie przekazywanych obciążeń na ciągnio konstrukcji wsporczej. Proces ten trwa i ma charakter pełzania. Zjawisko to trwa do dnia dzisiejszego i jego efektem są bardzo powoli narastające przemieszczenia tej podpory palowej (południowej). Przyrost tego przemieszczenia występuje tylko w jednym kierunku - wyciągania. W kierunku wciskania, żadne obciążenia zewnętrzne się nie przekazują.



Fot. 6. Miejsce zakończenia rozbiórki nabrzeża Helskiego



Rys. 7. Wyniki pomiarów w trakcie wbijania ścianek szczelnych z pojedynczych profili G-60, PU-16 o długości 9 m przy częstotliwości wbijania 24,3 i 38 Hz, [38]



Rys. 8. Wpływ odległości od źródła drgań dla różnych oddziaływań na wartość prędkości drgań wg Wissa (1981) [39]

#### 5.4. Analiza możliwości sprawdzenia destrukcyjnego oddziaływania robót budowlanych

Przyspieszenia drgań w zakresie małych częstotliwości mogły wystąpić nawet podczas wykonywania prac jedną maszyną w większej odległości od konstrukcji fundamentów aniżeli wcześniej wykonywane



roboty nawet kilkoma młotami udarowymi czy wibracyjnymi w trakcie rozbijania starych konstrukcji bezpośrednio w jej pobliżu. W obecnej chwili sprawdzenie wpływu poszczególnych rodzajów robót nie jest możliwe z uwagi na ich skalę i sekwencje występowania w powiązaniu z aktualnym stanem naprężenia w podłożu gruntowym, wywoływanym wielkoobszarowymi robotami ziemnym. Możliwe jest natomiast stwierdzenie jaki mają wpływ poszczególne narzędzia wibracyjne i udarowe stosowane na budowie na amplitudy przyspieszeń pionowych i poziomych konstrukcji na oczepach palowych oraz określenie częstotliwości drgań wzbudzonych. Oprócz pomiaru drgań należałoby wykonać jeszcze pal próbny przy zachowaniu specjalnej procedury badawczej umożliwiającej uchwycenie procesów degradacyjnych oporów na ścinanie. W analizowanym przypadku wystarczającym przybliżeniem jest jednak pomiar występujących prędkości drgań i odniesienie ich do prędkości drgań powodujących niszczenie różnych budynków przedstawionych np. przez Amicka i Gendreau w 2000 roku [40]. Przykładowo dla budynków nowych o specjalnej konstrukcji jako prędkość niszczącą drgań podaje się wartość 0,1 (m/s), wartość ta przyjmowana dla obiektów mało czułych mogłaby znaleźć zastosowanie w analizowanych warunkach. W świetle tej wartości, szacowane na podstawie rodzaju stosowanych maszyn i ich odległości od obiektu, prędkości drgań były większe. Zasadniczym problemem jest, brak pomiarów kontrolnych w trakcie prowadzenia robót budowlanych na elementach bezpośrednio należących do konstrukcji kładki. Należy podkreślić, że w analizowanym przypadku **to nie problem niszczenia konstrukcji obiektu jest przyczyną awarii**, co może wynikać z pisma [35], a **degradacja parametrów podłoża**, która następowała przez cały okres prowadzenia robót budowlanych.

#### 5.5. Zdarzenia na budowie mające wpływ na wystąpienie awarii na przełomie czerwca i lipca 2015 roku

Wcześniejsze roboty kafarowe i rozbiórkowe (przekazywanie się drgań na istniejące pod tymi konstrukcjami ścianki i pale) można uznać jako roboty, które przygotowały obiekt kładki do awarii. Trwały dość długo, przez co ich natężenie było różne i po skończeniu tych prac nie odnotowano jeszcze na tyle znaczących przemieszczeń fundamentów (wyciąganie pali kotwiących) aby uniemożliwić eksploatację obiektu. Należy pamiętać, że problem dotyczy destrukcji podłoża gruntowego na skutek oddziaływań parasejsmicznych i utraty zdolności przeniesienia ścinania na powierzchni pala, a nie o ewentualnych spękaniach konstrukcji wzbudzanych na skutek wzbudzania konstrukcji, jak mylnie interpretowano skutki oddziaływania prac budowlanych w piśmie [35]. Wyjątkowo niefortunne okazało się wykonawstwo robót instalacyjnych i drogowych w okresie natężonej pracy kładki w sezonie letnim. Zgodnie z zapisami w dzienniku budowy w dniach od 05.06.2015 do 29.07.2015 trwają prace związane z realizacją prac instalacyjnych, drogowych i wykopu basenu. W ich trakcie musiały być używane narzędzia wibracyjne, co potwierdza wpis z dnia 30.06 dotyczący potwierdzeniem wyników zagęszczania podłoża. Dalej 08.07.2015 stwierdza się, że trwają prace związane z wykonywaniem

podbudowy zasadniczej w okolicach kładki. Wszystkie te prace wiążą się ze zmianami stanu naprężenia w ośrodku gruntowym w skali, które nie mogą być traktowane jako pomijalne w oddziaływaniach środowiskowych na istniejące konstrukcje, w których pracują napędy mechaniczne. Odnotowania wymagają niektóre wpisy w dzienniku budowy sygnalizujące możliwe działania niekorzystne dla konstrukcji kładki i podłoża, np. wpis z 13.07.2015, z którego wynika, że nastąpiły uszkodzenia kostki w trakcie robót drogowych, co może to świadczyć o zbyt ciężkim sprzęcie do zagęszczania podłoża oraz bardzo znacznych oddziaływaniach na konstrukcję kładki. Z uwagi na wielkopowierzchniowe oddziaływanie robót pogłębiarskich związanych z odciążaniem podłoża i pogarszaniem warunków pracy pali wyciąganych odnotować należy wpis z 16.07.2015 o kontynuacji tych robót. Dopiero 29.07.2015 zakończono roboty drogowe oraz wykopy i są odpowiednie dokumenty odbiorowe potwierdzające pozytywne wyniki tych badań potwierdzające wibracyjne dogęszczanie podłoża, tym samym stosowanie sprzętu, który musiał oddziaływać na podłoże wokół fundamentów kładki. Z przedstawionych dokumentów wynika brak monitoringu oddziaływań środowiskowych prowadzonych prac budowlanych. Wynika z tego, że były one prowadzone bez należytej staranności i na przełomie czerwca i lipca były bezpośrednią przyczyną zaistniałej awarii istniejącej konstrukcji kładki.

## 6. Analiza obliczeniowa nośności i przemieszczeń fundamentów obiektu

### 6.1. Analiza współpracy fundamentu odciągu z podłożem

W celu sprawdzenia stateczności układu fundamentowego i odkształceń podłoża gruntowego powstających podczas obciążenia fundamentu odciągu wykonano model numeryczny. Zagadnienie zdefiniowano jako problem początkowo-brzegowy równowagi statycznej, który poddano analizie za pomocą metody elementów skończonych. Schemat pracy fundamentu jest przestrzenny i w tym celu przygotowano model w układzie trójwymiarowym. Głównym celem analizy jest sprawdzenie przemieszczenia głowicy fundamentu odciągu przy maksymalnym obciążeniu charakterystycznych występującym podczas użytkowania kładki. Ponadto ważnym celem analizy jest sprawdzenie wrażliwości obciążonego fundamentu odciągu w warunkach degradacji charakterystyki wytrzymałościowej zalegającej warstwy pyłów. Degradacja taka może wystąpić w wyniku warunków bez odpływu w warstwie pyłów. Warunki takie mogą być spowodowane w wyniku drgań w gruncie wzbudzanych poprzez pograżanie wibracyjne ścianek szczelnych lub pali, jak również przez urządzenia wibracyjne stosowane przy przebudowie infrastruktury podziemnej i nawierzchni drogowych wokół.

Dane wejściowe dotyczące parametrów geotechnicznych oraz budowy geologicznej podłoża w lokalizacji fundamentu odciągu przyjęto na podstawie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [4] (otwory 1,2, sondowania CPT-1, CPT-2) oraz wyników dodatkowych sondowań CPT [10, 41], jak również na podstawie własnych doświadczeń i proponowanych w literaturze relacji empirycznych.

Charakterystyczny układ warstw geotechnicznych w dostępnych opracowaniach różni się nieznacznie co do układu i miąższości poszczególnych warstw – dotyczy to także symboli przyjętych warstw geotechnicznych. Przyjęty ostatecznie profil geotechniczny jest więc kompilacją dostępnych informacji. Pominęto także symbole warstw geotechnicznych przyjmując opis opierający się na rodzajach gruntów. Generalnie podłoże stanowią grunty ziarniste ze zmieniającą się w profilu charakterystyką zagęszczenia i składu granulometrycznego. W przedziale rzędnych od 5 do 8 m n.p.m. występuje pojedyncza warstwa pyłów i glin pylastych w stanie plastycznym.

Dostępne dane dotyczące parametrów mechanicznych wydzielonych w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej warstw geotechnicznych są ograniczone do podstawowych parametrów wytrzymałościowych i sztywności. Brakujące parametry do przyjętych modeli materiałowych należało zatem przyjąć na podstawie zaleceń literaturowych oraz własnych doświadczeń. Dotyczy to takich parametrów jak: kąt dylatacji  $\psi$ , odpowiednie moduły sztywności, wskaźnik Poissona  $\nu$  oraz stopień prekonsolidacji OCR.

Celem analizy jest możliwie dokładne określenie wyjściowego i końcowego stanu naprężenia efektywnego, równowagi statycznej oraz oszacowanie odkształceń podłoża gruntowego od obciążeń zewnętrznych. W obliczeniach odkształcenia ważny jest opis sztywności gruntu przed zniszczeniem. Prosty model materiałowy Mohra-Coulomba, stanowiący połączenie modelu liniowo sprężystego Hooke'a oraz kryterium wytrzymałościowego Mohra-Coulomba, zastosowano do opisu zachowania się warstw gruntów nasypowych oraz części naturalnych gruntów ziarnistych normalnie skonsolidowanych. Do opisu zachowania się głębiej zalegających warstw geotechnicznych zastosowano sprężysto-plastyczny model konstytutywny *Hardening Soil* ze wzmocnieniem izotropowym przy ściskaniu i ścinaniu oraz z potęgowym prawem ściśliwości. Przyjęty profil geotechniczny przedstawiono schematycznie na rysunku 9.

Poniżej podano przyjętą charakterystykę materiałową poszczególnych warstw geotechnicznych w kolejności od najpłytszej do najgłębszej:

**warstwa Ps** (piasek średni, pospółka): model *Mohr-Coulomb*:  $\gamma=17,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=18,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=30^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=1 \text{ kPa}$ ;  $M_0=50000 \text{ kPa}$ ;  $\nu_{ur}=0,3$ ;  $R_{inter}=0,7$ .

**warstwa Pd1** (piasek drobny): model *Mohr-Coulomb*:  $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=20,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=35^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=1 \text{ kPa}$ ;  $M_0=160000 \text{ kPa}$ ;  $\nu_{ur}=0,2$ ;  $R_{inter}=0,7$ .

**warstwa Pd2** (piasek drobny): model *Hardening Soil*:  $\gamma=17,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=18,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=31^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=1 \text{ kPa}$ ;  $M_0^{ref}=70000 \text{ kPa}$ ;  $E_{s0}^{ref}=60000 \text{ kPa}$ ,  $E_{ur}^{ref}=180000 \text{ kPa}$ ;  $m=0,5$ ;  $\nu_{ur}=0,20$ ;  $p_{ref}=100 \text{ kPa}$ ;  $OCR=1,2$ ;  $R_{inter}=0,7$ .



**warstwa Ps/Po** (piasek średni, pospółka): model *Hardening Soil*:  $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=20,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=34^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=1 \text{ kPa}$ ;  $M_0^{ref}=70000 \text{ kPa}$ ;  $E_{50}^{ref}=60000 \text{ kPa}$ ,  $E_{ur}^{ref}=180000 \text{ kPa}$ ;  $m=0.5$ ;  $v_{ur}=0,20$ ;  $p_{ref}=100 \text{ kPa}$ ;  $OCR=1,2$ ;  $R_{inter}=0,7$ .

**warstwa II** (pył, glina pylasta, piasek pylasty): model *Hardening Soil*:  $\gamma=20,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=20,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=18^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=13 \text{ kPa}$ ;  $M_0^{ref}=30000 \text{ kPa}$ ;  $E_{50}^{ref}=25000 \text{ kPa}$ ,  $E_{ur}^{ref}=75000 \text{ kPa}$ ;  $m=0.8$ ;  $v_{ur}=0,20$ ;  $p_{ref}=100 \text{ kPa}$ ;  $OCR=1,0$ ;  $R_{inter}=0,7$ .

**warstwa Ps/Ż** (piasek średni, żwir): model *Hardening Soil*:  $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=20,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=33^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=1 \text{ kPa}$ ;  $M_0^{ref}=70000 \text{ kPa}$ ;  $E_{50}^{ref}=60000 \text{ kPa}$ ,  $E_{ur}^{ref}=180000 \text{ kPa}$ ;  $m=0.5$ ;  $v_{ur}=0,20$ ;  $p_{ref}=100 \text{ kPa}$ ;  $OCR=1,3$ ;  $R_{inter}=0,7$ .

**warstwa Ps/Po** (piasek średni, pospółka): model *Hardening Soil*:  $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=20,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=34^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=1 \text{ kPa}$ ;  $M_0^{ref}=70000 \text{ kPa}$ ;  $E_{50}^{ref}=60000 \text{ kPa}$ ,  $E_{ur}^{ref}=180000 \text{ kPa}$ ;  $m=0.5$ ;  $v_{ur}=0,20$ ;  $p_{ref}=100 \text{ kPa}$ ;  $OCR=1,2$ ;  $R_{inter}=0,7$ .

**warstwa Pd/Nm** (piasek drobny z przewarstwieniami gruntów organicznych): model *Hardening Soil*:  $\gamma=17,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{sr}=18,0 \text{ kN/m}^3$ ;  $\phi=31^\circ$ ;  $\psi=0^\circ$ ;  $c=1 \text{ kPa}$ ;  $M_0^{ref}=70000 \text{ kPa}$ ;  $E_{50}^{ref}=60000 \text{ kPa}$ ,  $E_{ur}^{ref}=180000 \text{ kPa}$ ;  $m=0.5$ ;  $v_{ur}=0,20$ ;  $p_{ref}=100 \text{ kPa}$ ;  $OCR=1,5$ ;  $R_{inter}=0,7$ .

Elementy betonowe i stalowe zamodelowano jako sprężyste - przyjęto wartości modułu Younga odpowiednio:  $E_{beton}=3 \cdot 10^7 \text{ kPa}$ ,  $E_{stal}=2,05 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ .

Model obliczeniowy zdefiniowano w komercyjnym programie metody elementów skończonych *Plaxis 3D* [42]. Korpus fundamentu zamodelowano poprzez elementy objętościowe z charakterystyką sprężystą. Z uwagi na dużą liczbę generowanych elementów skończonych w obliczeniach, zastosowano dwa warianty modelowania pali rurowych z dnem otwartym.

W pierwszym wariantcie, pale zamodelowano poprzez elementy płytowe odzwierciedlając w pełni geometrię pali rurowych. Styk zamodelowanych rur z gruntem zamodelowano poprzez elementy kontaktowe (*interface*). W najniższej położonej warstwie geotechnicznej przyjęto korek gruntowy. Ten sposób modelowania z profilem gruntowym, geometrią fundamentu i dyskretyzacją na elementy skończone przedstawiono na rysunku 9.

Z uwagi na dużą liczbę elementów potrzebną w dyskretyzacji pierwszego wariantu modelowania pali rurowych i związanymi z tym problemami z czasem i konwergencją procesu obliczeniowego zastosowano równolegle alternatywny sposób modelowania pali rurowych poprzez elementy *embedded beams*. W wariantcie tym pale wprowadzone są do modelu poprzez specjalne elementy

belkowe z charakterystyką sztywności giętnej ( $EI$ ) i osiowej ( $EA$ ) odpowiadającą przekrojowi zastosowanych pali rurowych. Styk z gruntem odbywa się poprzez specjalne elementy kontaktowe z charakterystyką materiałową zależną od otaczającego gruntu w obszarze poboczniczy pala. Dystrybucję elementów objętościowych reprezentujących grunt zagęszczono wzdłuż osi pali. Model ten przedstawiono na rysunku 10.

W zespole analizującym statykę konstrukcji w różnych fazach pracy kładki wyznaczono charakterystyczne siły działające na fundament odciągu (część B). Maksymalne obciążenie fundamentów odciągów wyznaczono w wariancie oznaczonym jako W1 - obwiednia MIN PX. Wartości sił wynoszą: składowa pionowa 825 kN, składowa pozioma 703 kN. Wypadkowe obciążenie wynosi 1084 kN i jest nachylone do poziomu pod kątem  $49,6^\circ$ . Obciążenie to przyłożono do korony fundamentu odciągu w analizowanym zagadnieniu.

Obliczenia wykonano w następujących fazach:

- generacja początkowego stanu naprężenia efektywnego w gruncie;
- wykop fundamentowy - odciążenie podłoża poprzez usunięcie gruntu do poziomu posadowienia fundamentu;
- wprowadzenie pali do modelu obliczeniowego (w dwóch wariantach: pale rurowe, elementy płytowe oraz elementy *embedded beams*);
- wprowadzenie oczepu fundamentu odciągu oraz elementów kontaktowych w styku podstawy fundamentu z gruntem;
- wykonanie zasypu fundamentu;
- wprowadzenie maksymalnego obciążenia charakterystycznego w koronie korpusu fundamentu;
- wprowadzenie degradacji parametrów warstwy pyłów poprzez obniżenie parametrów wytrzymałościowych (parametry  $\phi=10^\circ$ ,  $c=5$  kPa) oraz wariantowo poprzez obniżenie tarcia na poboczniczy (parametr  $R_{inter}$  z 0,7 do 0,5) w obrębie warstwy pyłów.

Na rysunku 11 przedstawiono schemat odkształcenia analizowanego obszaru przy działaniu maksymalnego obciążenia charakterystycznego. Dominuje odkształcenie poziome ośrodka gruntowego, natomiast fundament (oczep) ulega obrotowi w wyniku nachylenia przegubowo przyłożonego obciążenia od odciągu. Na rysunku tym pokazano wariant z modelowaniem pali poprzez elementy płytowe (bardziej dokładny, jednakże związany z dużym nakładem obliczeń numerycznych - pojedyncza faza obliczeniowa trwała ok. 2 dni na komputerze z procesorem i7 przy 16 GB pamięci RAM). Wartości uzyskanych przemieszczeń ogólnych oraz poszczególnych składowych przemieszczenia

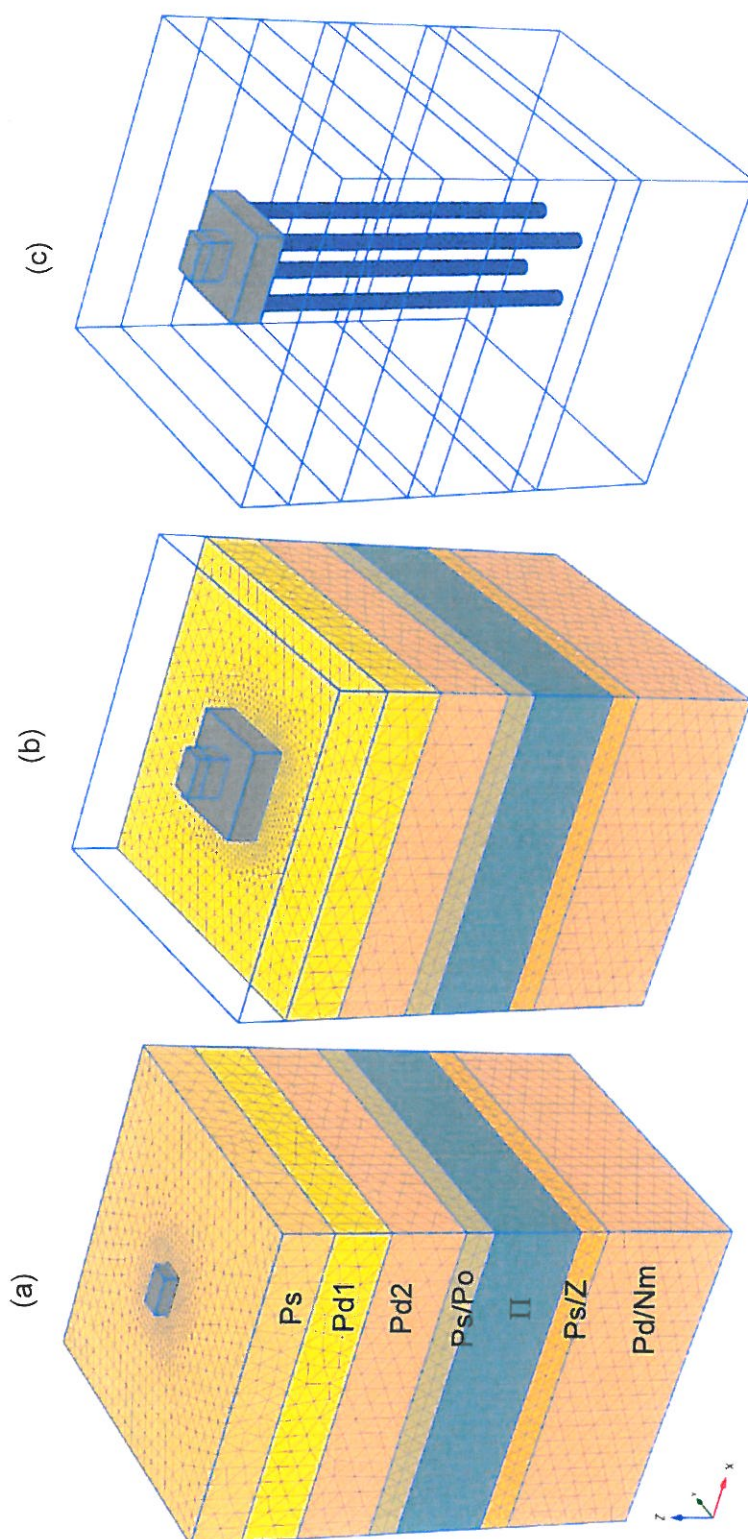
pokazano na rysunkach 12 i 13. Porównano tutaj dwa podejścia modelowe do reprezentacji pali rurowych w zagadnieniu. Jak można zauważyć uzyskane przemieszczenia są praktycznie zgodne, co pozwoliło w dalszym etapie obliczeń zastosować nieco szybszy model z elementami belkowymi (*embedded beams*). Maksymalne przemieszczenie nie przekracza 8 mm (w tym składowa pozioma ok. 7 mm i pionowa ok. 4 mm).

Przemieszczenia głowicy fundamentu są niższe i ich zmiany podczas przykładania obciążenia maksymalnego pokazano na rysunku 14 (maksymalne przemieszczenie ok. 7 mm, poziome 6,5 mm, pionowe ok. 2 mm). Uniesienie fundamentu o 2 mm jest zgodne z wynikami próbnego obciążenia, jednakże porównanie może być dyskusyjne ze względu na inny schemat obciążenia i inny charakter pracy pali (badanie próbne: pal pojedynczy obciążony pionowo, symulacja numeryczna: grupa pali z utwierdzeniem głowicy obciążona ukośnie).

Przy maksymalnym obciążeniu charakterystycznym fundamentu odciągu zachowana jest równowaga statyczna w zakresie przyjętego błędu (wartość 0,01 w programie *Plaxis*). Należy jednak zwrócić uwagę na przebieg krzywej obciążenia (rysunek 14) w jej końcowej fazie gdzie można zauważyć malejącą sztywność ogólną przy wyciąganiu.

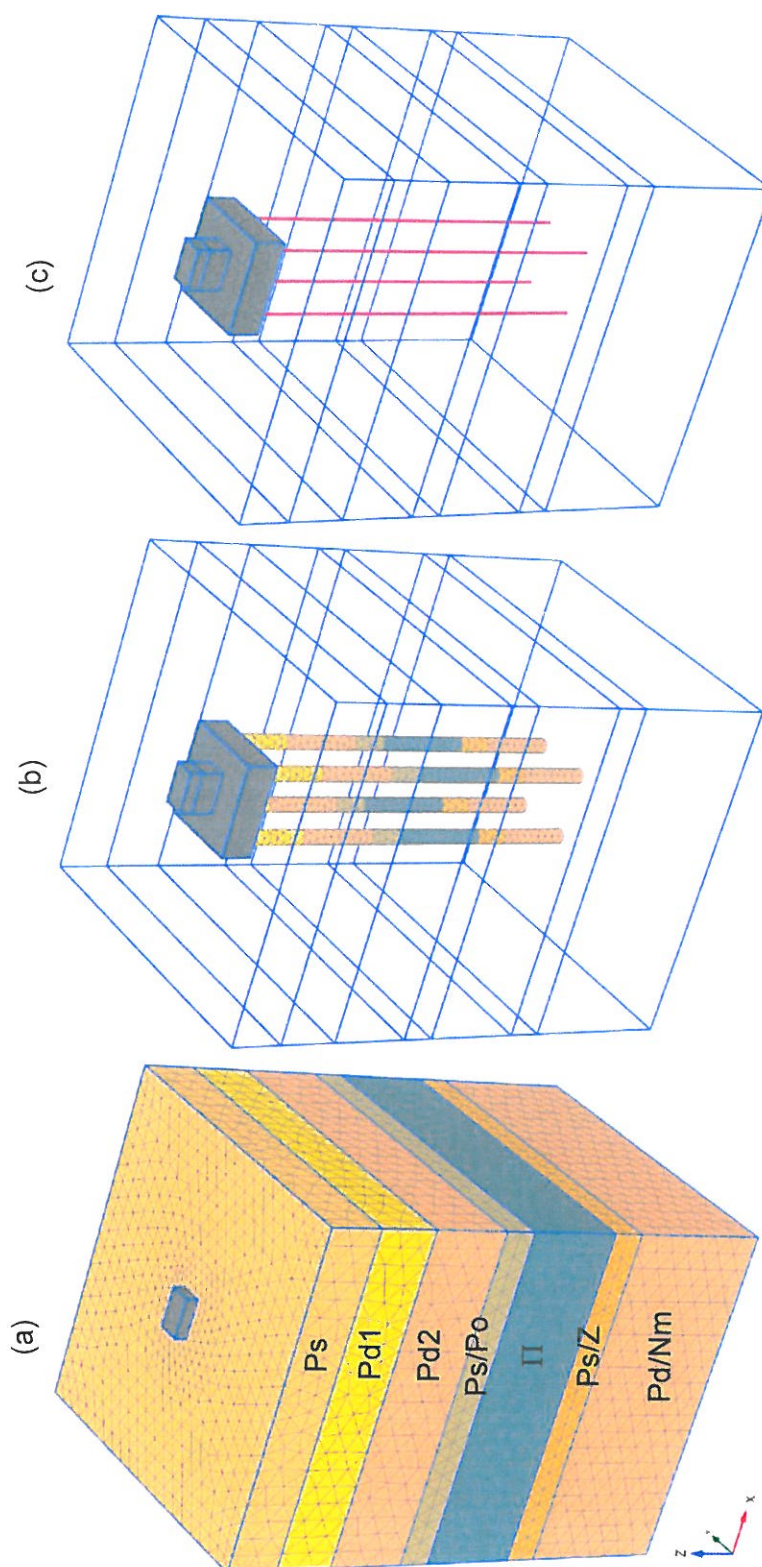
W kolejnej fazie obliczeń zastosowano redukcję wytrzymałości w obrębie warstwy pyłów w celu określenia wrażliwości globalnego układu konstrukcyjnego na tę zmianę, która może być wynikiem częściowego upłynnienia warstwy pyłów w warunkach braku odpływu, np. w wyniku oddziaływania drgań. Jak zarejestrowano, nawet minimalne zmiany parametrów wytrzymałościowych powodują dalszy spadek sztywności ogólnej na wyciąganie oraz problemy ze statecznością (równowagą układu). Powstającą tendencję do przemieszczeń dodatkowych zilustrowano na rysunku 15, gdzie jeszcze przed realizacją założonej zmiany parametrów przemieszczenia zwiększają się prawie dwukrotnie. Pozwala to ocenić przemieszczenia dodatkowe w wyniku upłynnienia warstwy pyłów na rząd centymetrów. Nie można jednak ocenić dokładnie tych przemieszczeń z uwagi na ograniczenia dotyczące sposobu modelowania, jak również dokładność oznaczenia niestandardowych parametrów zastosowanego prawa konstytutywnego gruntu.

Podstawowym wnioskiem jest jednak stwierdzenie, że degradacja parametrów wytrzymałościowych zalegającej warstwy pyłów ma bardzo duży wpływ na powstanie dodatkowych przemieszczeń głowicy fundamentu odciągu. Jakikolwiek operacje budowlane mające wpływ na ewentualne upłynnienie warstwy pyłów powinny być wykonywane przy wyłączeniu użytkowania kładki na okres prac i dyssypacji zmobilizowanej nadwyżki ciśnienia wody w porach gruntu. Najlepszym rozwiązaniem jest jednak w takich warunkach stosowanie technologii, w której eliminuje się wstrząsy.

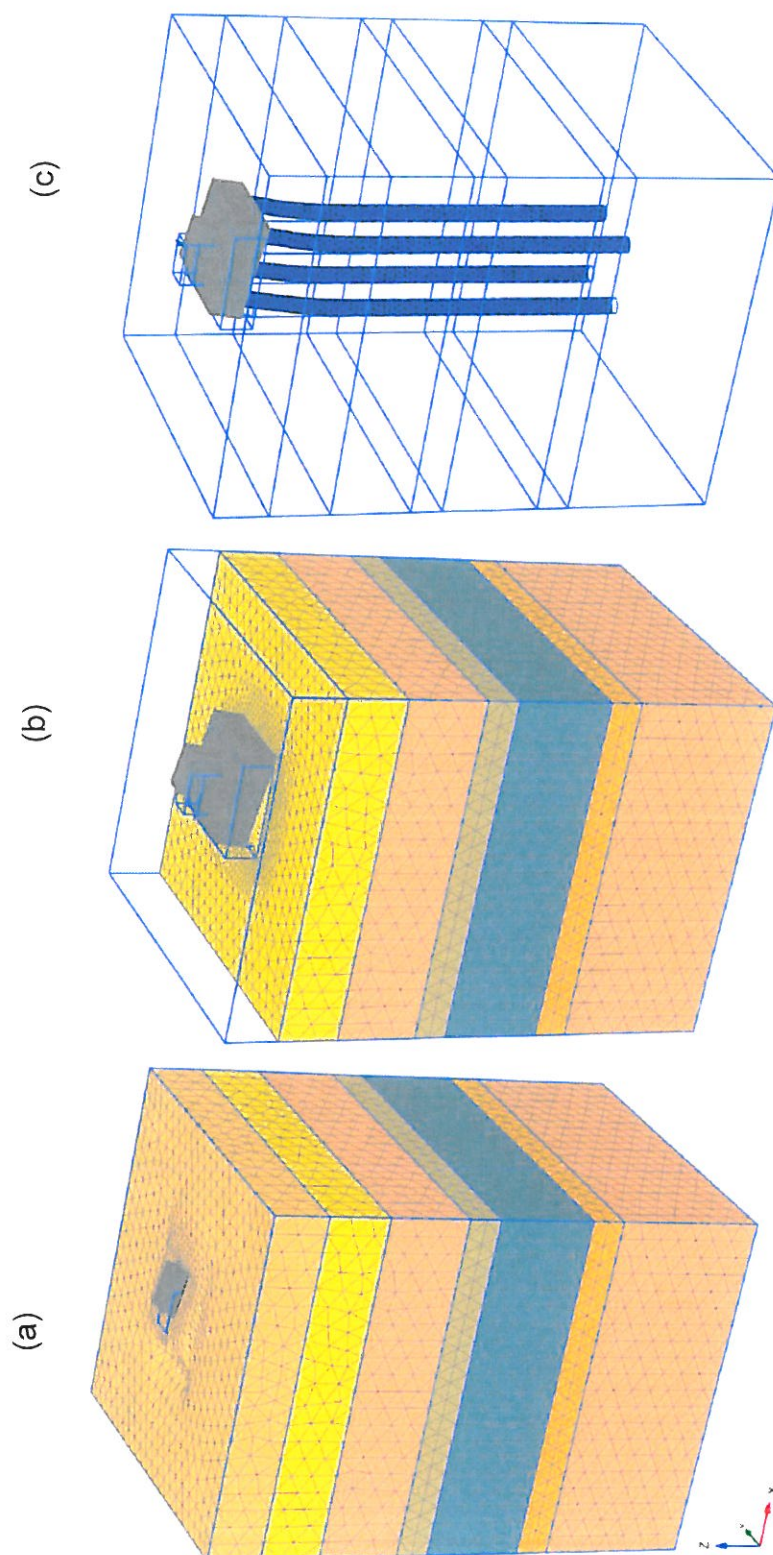


**Rys. 9.** Geometria i dyskretyzacja analizowanego zagadnienia początkowo-brzegowego: (a) widok ogólny - warstwy gruntu z koroną fundamentu, (b) widok fundamentu z wyłączoną warstwą zasypu, (c) fundament odciągu na palach rurowych - pale modelowane poprzez elementy płytowe tworzące rurę, kontakt poprzez elementy *interface*, korek gruntowy w obrębie najniższej położonej warstwy.



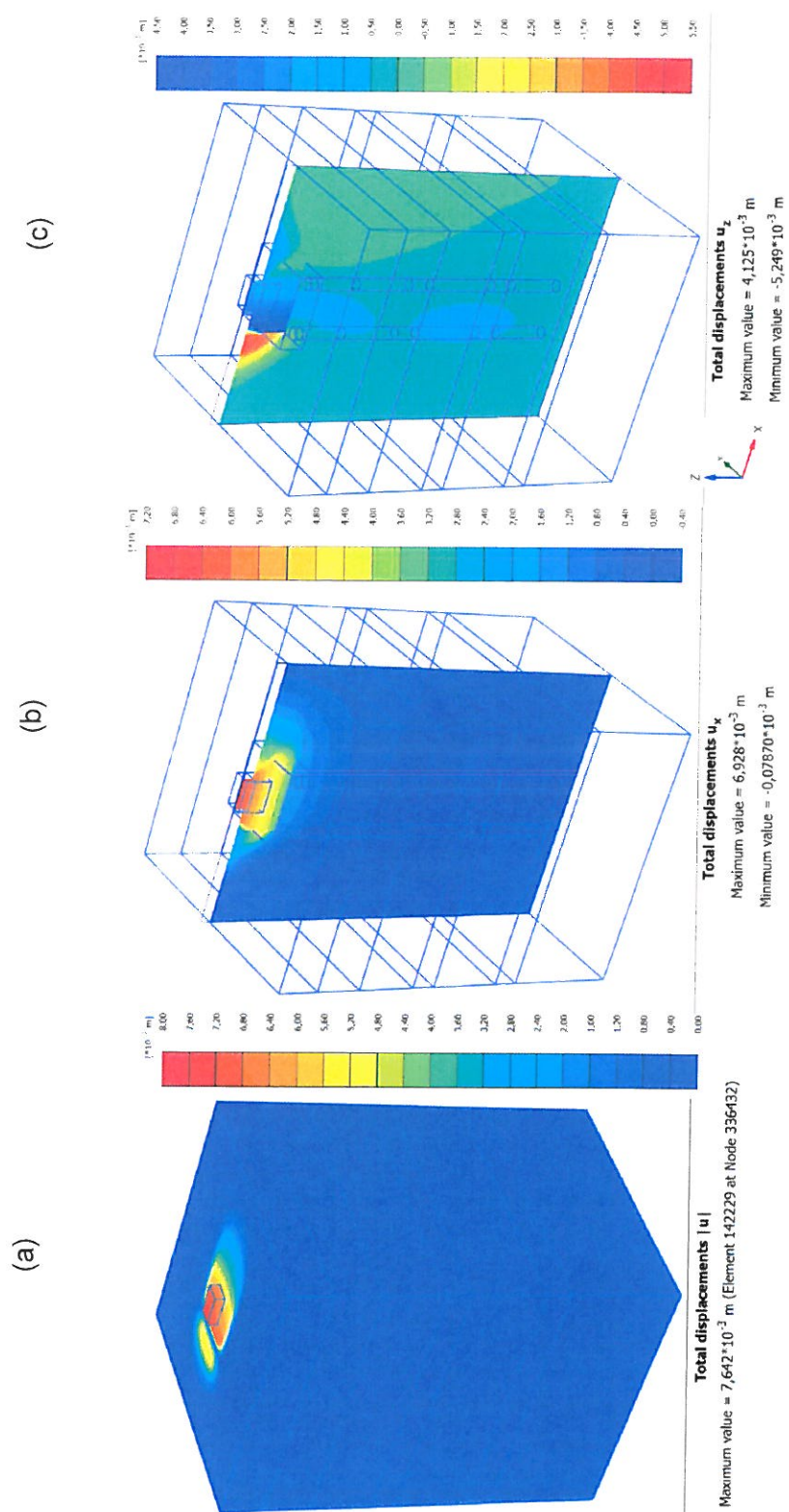


**Rys. 10.** Geometria i dyskretyzacja analizowanego zagadnienia początkowo-brzegowego: (a) widok ogólny - warstwy gruntu z koroną fundamentu, (b) zagęszczenie siatki obliczeniowej w obszarze pali, (c) fundament odciążu na palach rurowych - pale modelowane poprzez elementy belkowe z elementami kontaktowymi (tzw. embedded beams).

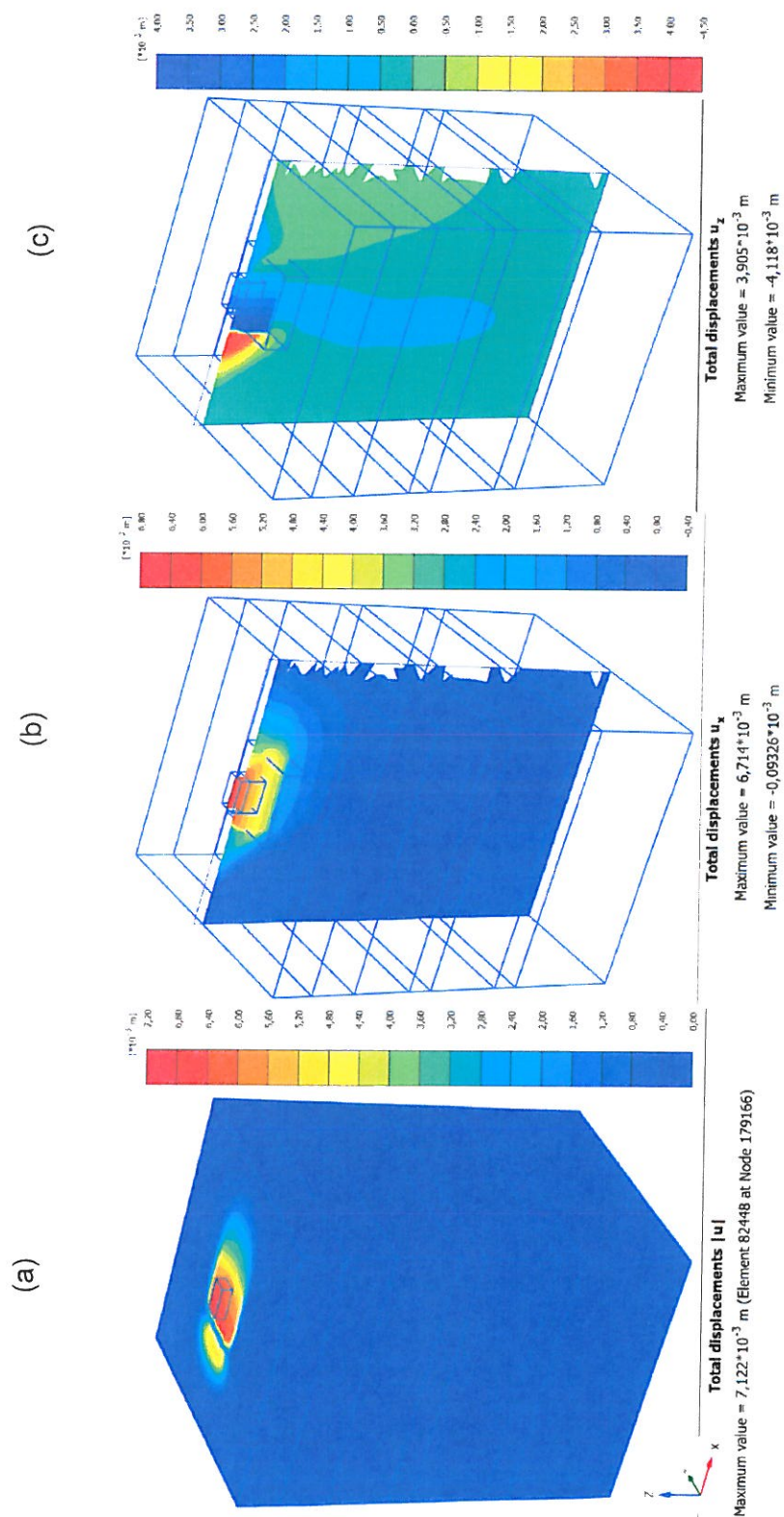


**Rys. 11.** Odkształcenie (przeskalowane 100x) przy maksymalnym obciążeniu charakterystycznym - wariant z modelowaniem pali rurowych poprzez elementy płytowe: (a) odkształcenie podłoża, (b) odkształcenie podłoża z ukryciem warstwy zasypu fundamentu, (c) odkształcenie układu fundamentowego - korpus fundamentu i pale rurowe.



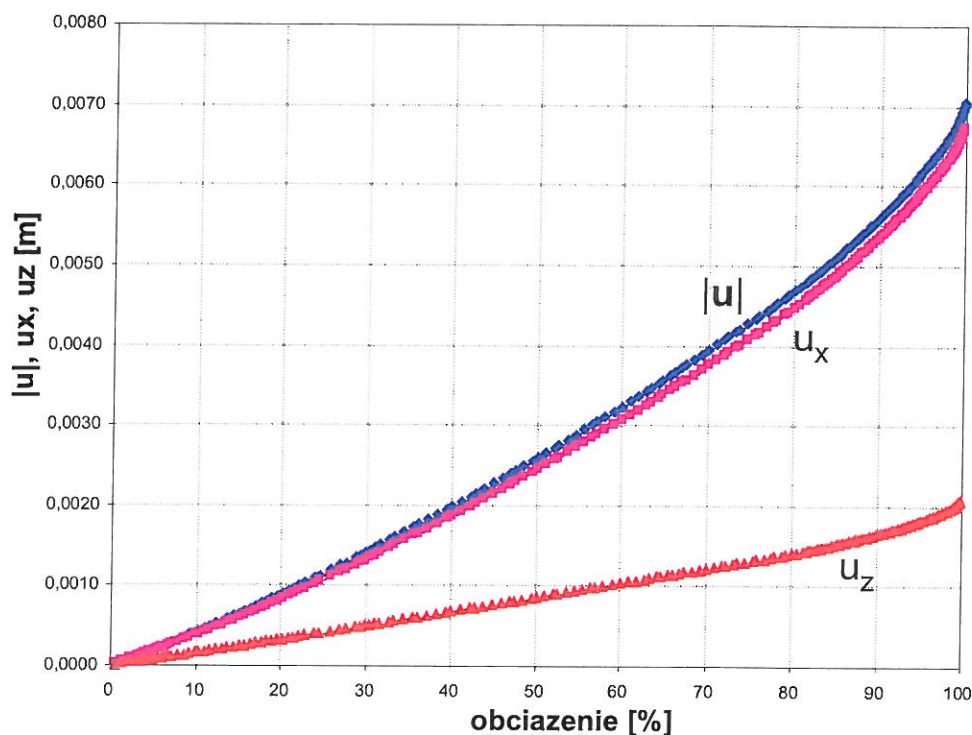


**Rys. 12.** Przeszczenie przy maksymalnym obciążeniu charakterystycznym - wariant z modelowaniem pali rurowych poprzez elementy płytowe: (a) przeszczenie wypadkowe (norma), (b) składowa pozioma przeszczenia w środkowym przekroju pionowym, (c) składowa pionowa przeszczenia w środkowym przekroju pionowym.

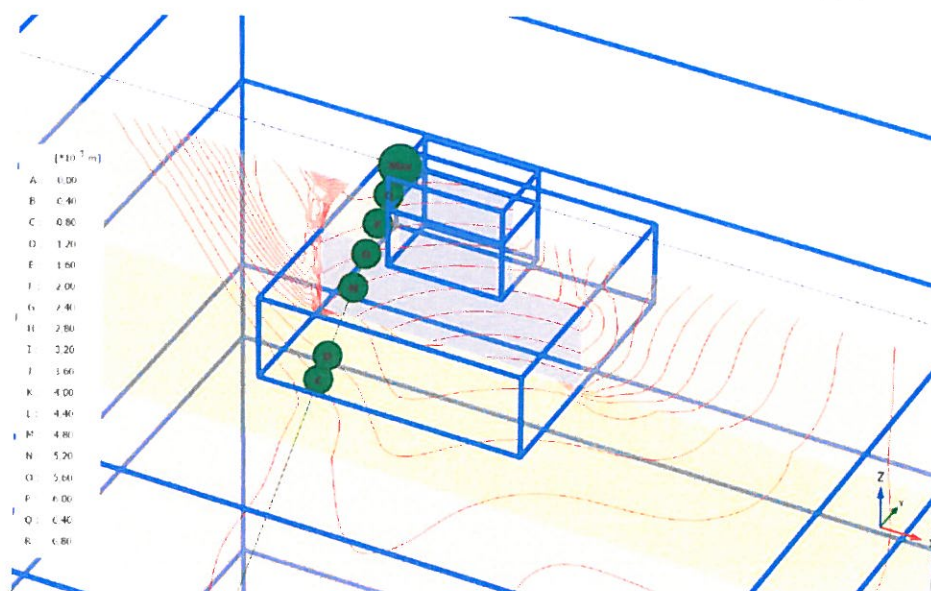


**Rys. 13.** Przeszyczenie przy maksymalnym obciążeniu charakterystycznym - wariant z modelowaniem pali poprzez elementy belkowe *embedded beams*: (a) przeszczenie wypadkowe (norma), (b) składowa pozioma przeszczenia w środkowym przekroju pionowym, (c) składowa pionowa przeszczenia w środkowym przekroju pionowym.





**Rys. 14.** Przesunięcie głowicy fundamentu odciągu przy maksymalnym obciążeniu charakterystycznym - wariant z modelowaniem pali poprzez elementy płytowe.



**Rys. 15.** Dodatkowe przesunięcie wywołane obniżeniem parametrów wytrzymałościowych (obniżenie parametru wytrzymałości kontaktowej  $R_{inter}$  z 0.7 do 0.5) w warstwie pyłów w obszarze głowicy fundamentu odciągu przy stałym maksymalnym obciążeniu charakterystycznym - wariant z modelowaniem pali poprzez elementy belkowe - faza obliczeniowa nie doprowadzona do końca z uwagi na problemy z równowagą statyczną w zakresie przyjętego błędu obliczeniowego oraz z niską sztywnością ogólną analizowanego układu.

## 7. Podsumowanie

Obszary trzech inwestycji (kładki, basenu rybackiego oraz ciągów komunikacyjnych) nachodzą na siebie, co wynika bezpośrednio z decyzji [1, 2, 3] oraz map sytuacyjnych załączonych do decyzji. Fakt ten bezdyskusyjnie wymaga analizy wpływu inwestycji na siebie. Ponieważ kładka została zrealizowana wcześniej – w momencie rozpoczęcia realizacji basenu oraz ciągów komunikacyjnych już istniała i była użytkowana – realizacja basenu oraz ciągów komunikacyjnych bezwzględnie powinna uwzględniać ten fakt.

Chociaż w zamiennym projekcie wykonawczym basenu rybackiego [7] na rysunkach są widoczne elementy kładki to istnienie fundamentu odciagu uwzględniono jedynie w układzie kotew (uniknięcie bezpośredniej kolizji) oraz pośrednio – w opisie warunków geotechnicznych poprzez wzmiankę możliwości uplastyczniania się pyłów i glin pylastych pod wpływem drgań.

W udostępnionych materiałach projektowych [7, 20, 21, 22, 23] brak analizy bezpieczeństwa kładki oraz wytycznych realizacyjnych w trakcie wykonawstwa podstawowych rodzajów robót budowlanych dotyczących:

- inwentaryzacji stanu obiektów sąsiednich i ich przemieszczeń w trakcie realizacji inwestycji,
- zasięgu stref oddziaływania poszczególnych robót,
- sposobów monitoringu oddziaływania,
- kryteriów jakie powinny spełniać mierzone wartości przemieszczeń, częstości i amplitudy drgań elementów stanowiących podparcie i utwierdzenie konstrukcji wsporczych kładki,
- wskazówek o konieczności wyłączenia kładki z użytkowania na czas prac z zastosowaniem sprzętu udarowego i wibracyjnego w określonej na podstawie odpowiedniej analizy odległości,
- wskazówek o zabezpieczeniu kładki na okres robót dla niej niebezpiecznych,
- oddziaływaniu kotew na pale odciagu, czy też doboru odpowiednich do sytuacji technologii prac.

Ze względu na chronologię inwestycji (patrz p. 3.) – na każdym etapie działania inwestycja, obejmująca kładkę poprzedzała pozostałe dwie inwestycje – **fakt zrealizowania kładki powinien być uwzględniony w dokumentach przetargowych dotyczących basenu rybackiego oraz ciągów komunikacyjnych już na etapie projektowania (ten sam inwestor wszystkich trzech inwestycji), a bezwzględnie na etapie realizacji**, gdyż przed ogłoszeniem zamówień obu tych inwestycji (12 i 13.03.2014) Starostwo Powiatowe w Słupsku przyjęło inwentaryzację powykonawczą (26.11.2013), a dla kładki uzyskano pozwolenie na użytkowanie (02.12.2013).

Ponieważ kotwy ścianki szczelnej [7] zachodzą na fundament bloku kotwiącego kładki, a odległość ścianki od tego bloku jest rzędu 13 m zarówno wykonawstwo ścianki (metodą wibracyjną), jak i wykonawstwo kotew musiało mieć wpływ na zrealizowaną wcześniej kładkę. Również inne oddziaływania takie jak: wykop (głębienie basenu), roboty ziemne i zagęszczanie wibracyjne gruntu przy realizacji ciągów komunikacyjnych oraz infrastruktury podziemnej w obszarze fundamentów kładki i bloków kotwiących, uwzględniając zalegające w podłożu pyły, wpływało negatywnie na warunki posadowienia kładki redukując opory na pobocznicach pali, co prowadziło do zwiększenia ich podatności na wyciąganie. W konsekwencji wystąpiły przemieszczenia fundamentów kładki. Potwierdzają to pomiary geodezyjne [8, 9, 11 i 34] oraz badania podłoża [10 i 41].

Przeprowadzone sześciokrotnie pomiary geodezyjne elementów kładki (08.07.2015 [8], 06.08.2015 [9], 26.08.2015 [11], 23.09.2015, 27.10.2015 oraz 24.11.2015 [34]) wskazują w odniesieniu do wyników pomiarów odbiorczych [6] przemieszczenia zmieniające geometrię łożyska. Przemieszczenia pionowe fundamentów odcągów od 08.07.2015 wskazują na uniesienie (6 mm) południowego. Ponieważ pierwszy pomiar przemieszczeń pionowych fundamentów odcągów (pomiar odniesienia) został wykonany po zgłoszeniu awarii, a fundamentu pylonu około miesiąc później, należy przyjąć, że faktyczne przemieszczenia elementów kładki były większe. Według B części ekspertyzy wynosiły one 19 mm – fundament południowy.

Przeprowadzone dodatkowe badania podłoża gruntowego [10 i 41] w sąsiedztwie fundamentów odcągów oraz w sąsiedztwie fundamentu pylonu (CPTU) wskazują na istotne zmiany stanu gruntu w odniesieniu do stanu sprzed budowy kładki. Przykładowe porównanie wyników sondowania przy fundamencie odcągu południowego (najbardziej narażonego na oddziaływania budowy basenu rybackiego) przedstawiono na rys. 4. Widoczny jest wzrost wartości oporu pod stożkiem  $q_c$  w górnych warstwach związany z zagęszczaniem gruntu pod nawierzchnie oraz bardzo istotny spadek wartości oporu na tulei  $f_s$ , który koresponduje z spadkiem oporów na pobocznicach pali. Jest to szczególnie istotne w przypadku pali wyciąganych, zastosowanych w posadowieniu fundamentów odcągów.

**Powyższe ustalenia pozwalają stwierdzić, iż prowadzone w sąsiedztwie kładki inwestycje miały negatywny wpływ na jej funkcjonowanie, a w efekcie na jej awarię.**

## 8. Wnioski i zalecenia

1. Budowa basenu oraz ciągów komunikacyjnych realizowana była po zakończeniu budowy kładki i w trakcie jej normalnego użytkowania i miała istotny wpływ na stan kładki. Problem oddziaływania środowiskowego o takim zakresie powinien być szczegółowo uwzględniony zarówno w projektach, jak i bezwzględnie w trakcie realizacji. Braku tego nie zakwestionował nadzór inwestorski.



2. Niniejsza część ekspertyzy dotyczy wpływu robót budowlanych na stan podłoża gruntowego i zdolność przenoszenia obciążeń przez fundamenty na podłożu gruntowe. Ocenę stanu konstrukcji kładki oraz urządzeń mechanicznych zawarto w części B ekspertyzy.
3. Na podstawie analizy dostępnych materiałów można stwierdzić, że podstawową i bezpośrednią przyczyną awarii kładki były oddziaływania robót budowlanych powstałe w trakcie realizacji inwestycji basenu rybackiego i ciągów komunikacyjnych, które spowodowały zmiany parametrów ośrodka gruntowego w otoczeniu fundamentów.
4. W wyniku degradacji parametrów mechanicznych podłoża, w szczególności zalegającej warstwy pyłów, doszło do zwiększenia podatności na wyciąganie pali fundamentowych stanowiących zakotwienie odcągów. Wykonanie sztywnych nawierzchni i podbudowy poprawiło odporność układu palowego na obciążenia poziome i ogranicza wartości przemieszczeń poziomych. Niestety prace te nie były ukierunkowane na utwierdzenie pali i w obecnym stanie brak gwarancji na prawidłowe ich zachowanie się w dłuższym okresie czasu.
5. Naszym zdaniem remont kładki nie wymaga zasadniczych zmian konstrukcji fundamentów. Do fundamentu pylonu i jego posadowienia oraz sposobu wykonania nie wnosimy zastrzeżeń, gdyż zmiany właściwości podłoża nie wpłynęły na jego schemat statyczny. **Degradacji uległo podłoże wokół elementów kotwiących (pali kotwiących) i ono wymaga prac naprawczych.**
6. Ze względu na redukcję oporów na poboczniczy pali kotwiących w trakcie obciążeń dynamicznych od drgań wywołanych robotami budowlanymi niezbędne jest naszym zdaniem zwiększenie oporu bocznego pali stanowiących kotwienie odcągów z uwagi na konieczność zapewnienia odporności długookresowej układu na obciążenia poziome i pionowe o charakterze cyklicznym, w istniejących gruntach zalegających w podłożu. **Oznacza to konieczność wykonania prac usztywniających układ.**
7. Proponowane rozwiązanie dotyczące poprawy układu statycznego fundamentów konstrukcji kładki obejmuje wykonanie:
  - poszerzenia górnej części polegające na 3 krotnym zwiększeniu średnicy pala na wysokości około 2,5 m (podpora hybrydowa) + iniekcja wokół trzonu pala do głębokości ok. 10 m; iniekcji strefowej wokół poboczniczy pala (min. 4 otwory  $\Phi$  50 mm z rozstawem poziomów iniekcyjnych co 0,5 m);
  - rusztu żelbetowego, spinającego w poziomie oczepy pali kotwiących i fundamentu pylonu w połączeniu z iniekcją wysokociśnieniową.

dr inż. Grzegorz Horodecki  
 Uprawnienia budowlane bez ograniczeń  
 do projektowania i kierowania robotami budowlanymi  
 w specjalności konstrukcyjno-budowlanej  
 Nr upr. POM/0107/PWOK/04, Cent. Rej. 2442-08-LJC  
 Specjalizacja techniczno-budowlana: GEOTECHNIKA, POLITECHNIKA GDAŃSKA  
 obejmująca projektowanie i kierowanie robotami budowlanymi, Al. G. Narutowicza 11/12  
 Nr upr. MAZ/0006/PWOK-SP/14, Certyfikat PKG nr 0205/080-233 Gdańsk

dr h. inż. Adam Bolt, prof. PG  
 Upr. bud. do nadzoru nad robotami budowlanymi bez  
 ograniczeń, Nr upr. POM/0107/PWOK/04, Cent. Rej. 2442-08-LJC  
 Rzeczoznawca SI, w dziedzinie geotechniki i fundamentowania  
 Nr upr. 1122/00  
 Upr. geologiczne nr upr. VI-0 365/98  
 Certyfikat PKG nr 0022/98