



PRZEBUDOWA INFRASTRUKTURY PODZIEMNEJ W ZWARTEJ ZABUDOWIE – STUDIUM PRZYPADKU

ZBIGNIEW SIKORA, *zbig@pg.gda.pl*

MARIUSZ WYROŚLAK

RAFAŁ OSSOWSKI

Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, Politechnika Gdańska

Streszczenie: Artykuł porusza problematykę właściwego projektowania i wykonawstwa robót podziemnych, ze szczególnym uwzględnieniem interakcji pomiędzy odkształceniami ośrodka gruntowego, a elementami istniejącej infrastruktury. Omówiono przypadek awarii z roku 2013, która miała miejsce na skrzyżowaniu ulic Wałowej i Rybaki Górne w Gdańsku, do której doszło w czasie prowadzenia robót mikrotunelingu. Przedstawiono wybrane szczegóły związane z fazą projektową, w tym ocenę rozpoznania geotechnicznego oraz przeprowadzonej inwentaryzacji, wskazano prawdopodobne przyczyny awarii oraz odniesiono się do decyzji nadzoru. Na końcu przedstawiono technologię naprawy awarii oraz wnioski.

Słowa kluczowe: infrastruktura podziemna, mikrotunelowanie, rozpoznanie geotechniczne, grunty organiczne, koordynacja robót.

1. Wstęp

Przebudowa i modernizacja infrastruktury podziemnej w zwartej zabudowie miejskiej stanowi duże wyzwanie dla inżynierów: zarówno projektantów, jak i wykonawców. Bardzo istotną i odpowiedzialną funkcję pełni również nadzór inwestorski. Przy projektowaniu nowych instalacji oraz modernizacji istniejących sieci należy wziąć pod uwagę cały szereg czynników geotechnicznych, geologicznych oraz uwarunkowań urbanistyczno-przestrzennych, wpływających na planowaną inwestycję. Niezwykle istotny jest wybór odpowiednich technologii związanych z robotami ziemnymi, a także ich odpowiednia koordynacja w czasie, zwłaszcza w miejscach gdzie sąsiaduje ze sobą kilka inwestycji. Odpowiedniego etapowania i koordynacji sąsiadujących z sobą inwestycji nie zawsze da się zaprogramować na etapie projektowym, gdzie mamy do czynienia z różnymi biurami projektowymi, stąd szczególną uwagę na ten aspekt należy zwrócić na etapie wykonawczym. Nie można zapominać o tym, że wpływ przemieszczeń spowodowanych prowadzonymi robotami ziemnymi na istniejące, bądź budowane instalacje, może prowadzić do katastrofalnych konsekwencji. Taki właśnie negatywny zbieg okoliczności spowodował awarię budowlaną w centrum Gdańska w czasie budowy kolektora ściekowego na ulicy Wałowej w rejonie Starego Miasta.

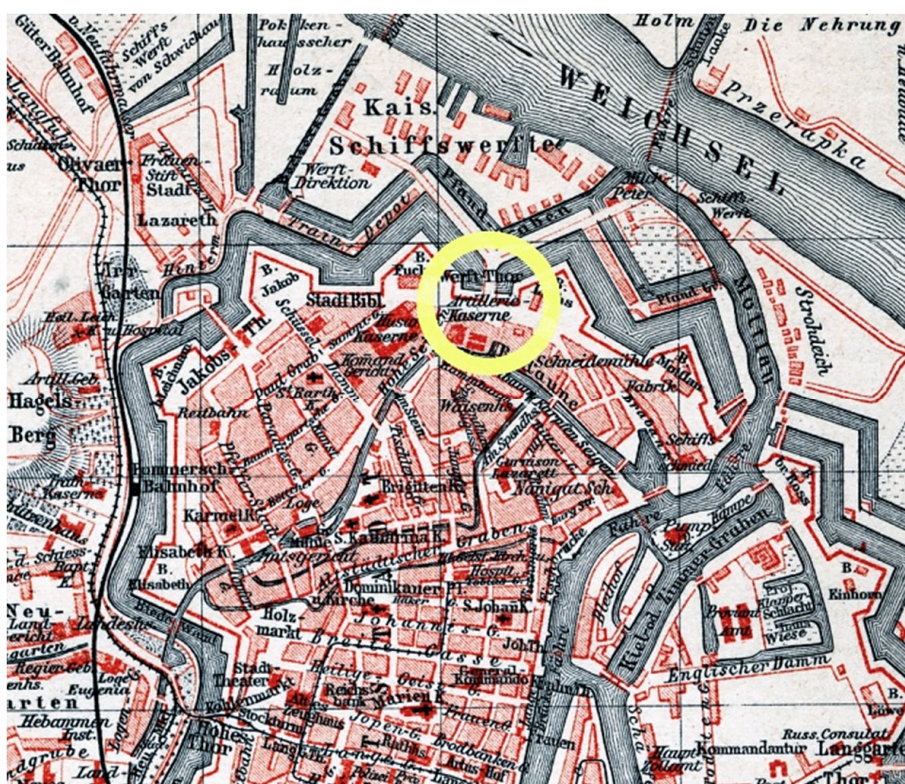
W rejonie awarii prowadzone były dwie niezależne inwestycje – pierwsza z nich to przebudowa kanalizacji w ciągu ulicy Rybaki Górne, prowadzona w otwartym wykopie na głębokości ok. 1,5–2,5 m wraz z budową studni zbiorczych o głębokości ok. 4 m, druga zaś – prostopadła do niej – budowa kolektora zbiorczego o średnicy 1,8 m z zastosowaniem technologii mikrotunelingu na głębokości ok. 8 m w ciągu ulicy Wałowej.

2. Lokalizacja awarii

Teren, na którym wystąpiła awaria kolektora ściekowego znajduje się na skraju stożka nasypowego u ujścia Wisły, na którym powstał historyczny obszar miasta Gdańska. Stożek

ten graniczy z obszarem żuławskim, sięgającym aż po granice Sopotu i Gdyni, charakteryzującym się wyjątkowo niekorzystnymi warunkami budowlanymi (materiał nienośny, silnie nawodniony i trudny do odwodnienia). Z dokumentacji archeologicznej wynika, że na przestrzeni XII–XIII wieku obszar dzisiejszego skrzyżowania ulic Wałowa – Rybaki Górne stanowił główne koryto rzeki Wisły. Renesansowa przebudowa miasta objęła również analizowany obszar, przez około 3 wieki były to tereny ówczesnych fortyfikacji, fos oraz obszary zalewowe z licznymi rowami (rys. 1). Typowa zabudowa nie istniała, aż do likwidacji systemu fortyfikacji na przełomie XIX i XX wieku.

Powstanie ulicy Wałowej wiąże się z pracami likwidacyjnymi fortyfikacji miejskich, które były prowadzone na tym terenie ok. 1900 r. Powstanie ulicy, prowadzonej częściowo po byłych bastionach, częściowo fosach oraz przez tereny podmokłe, datowane jest na ok. 1902 rok. Do przygotowania terenu późniejszej ulicy wykorzystano przypadkowy, lokalny materiał (nasyp niekontrolowany, zawierający namuły i torfy).



Rys. 1. Szczegół mapy Gdańska z roku 1895 (za Meyers Konversations-Lexikon) z zaznaczonym obszarem późniejszej ul. Wałowej

W ciągu ulicy Wałowej znajdują się różnorodne elementy uzbrojenia terenu, w tym eksploatowane do dnia dzisiejszego przewody wodociągowe żeliwne o złączach kielichowych, niezwykle kruche i wrażliwe na odkształcenia podłoża. Przewody te są stosunkowo płytko posadowione na wzmiankowanym „niepewnym podłożu”, wobec czego nie ma mowy o zachowaniu odpowiedniego zabezpieczenia przed quasi-dynamicznym oddziaływaniem współczesnego transportu. Jest to jedyna droga dojazdowa do tzw. małej pętli autobusowej przy ul. Wałowej oraz jedyna trasa przemieszczania się pojazdów związanych z Gazownią oraz firmą SNG, a więc również pojazdów o znacznych masach, w tym szczególnie w ostatnim czasie związanych z budową Muzeum II Wojny Światowej. Poza tym w ulicy znajduje się wiele różnych mediów, np. gazociąg, instalacje ciepłownicze, elektryczne oraz przewody kanalizacyjne, w tym prawdopodobnie niektóre od lat wyłączone z eksploatacji.

3. Inwestycje prowadzone na obszarze awarii

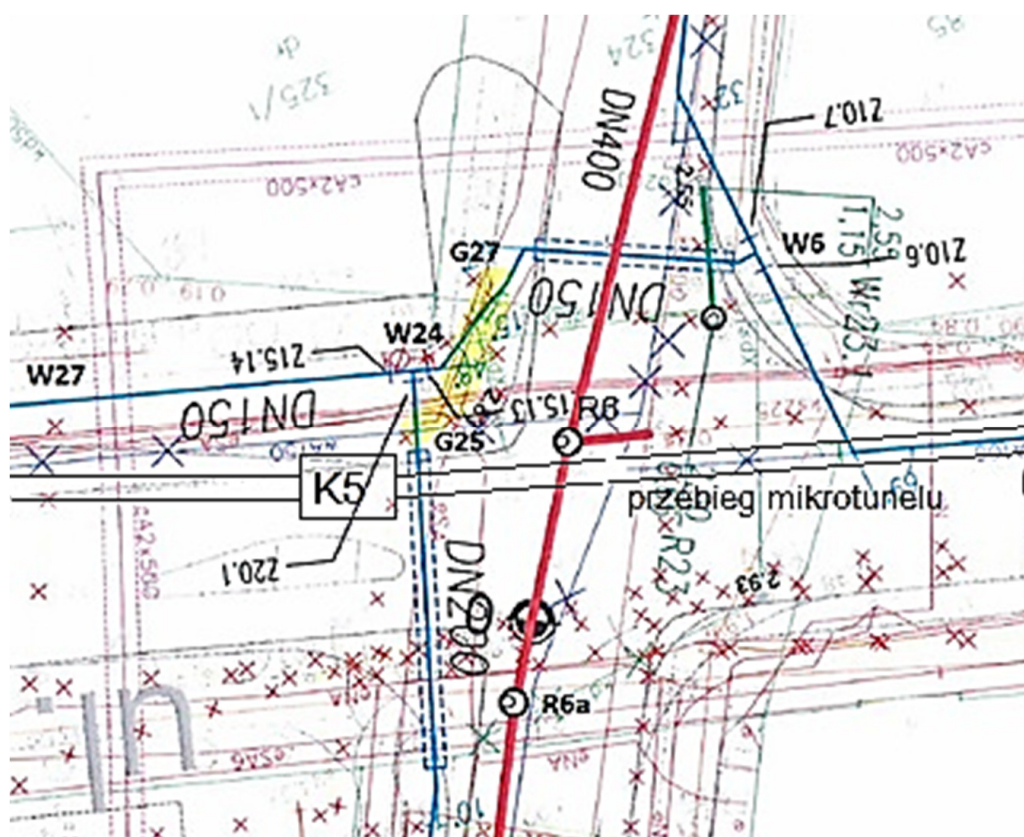
Jak wcześniej wspomniano, w rejonie awarii krzyżowały się dwa zadania inwestycyjne:

1. Budowa kolektora sanitarnego WM1 „Nowa Wałowa” od Węzła Kliniczna do PŚ Ołowianka realizowanego w ramach Gdańskiego Projektu Wodno-Ściekowego – Etap II oraz
2. Budowa ulicy Nowej Wałowej w Gdańsku, Etap I, Podetap 1, tzw. Mała Pętla i Podetap 2 odcinek ul. Nowomiejska – Brama Oliwska wraz z południową estakadą i wiaduktem.

Na zawężonym obszarze skrzyżowania ulic Wałowej i Rybaki Górne, w krytycznym okresie drugiej połowy grudnia 2013 r., nałożyły się na siebie następujące prace budowlane:

- kolektor głęboki WM1 w ciągu ul. Wałowej – wykonywany w technologii mikrotunelingu,
- kolektor płytszy DN400 – dochodzący do ul. Wałowej od ul. Rybaki Górne (mikrotuneling),
- płytkie prace związane z przebudową infrastruktury.

Prace prowadzone były przez różnych inwestorów, różnych wykonawców, bez wyznaczenia koordynatora robót. Wprawdzie podstawowe prace budowlane odbywały się metodą bezodkrywkową, to jednak kilka elementów (np. komory pośrednie, studnie) realizowane były w technologii odkrywkowej.



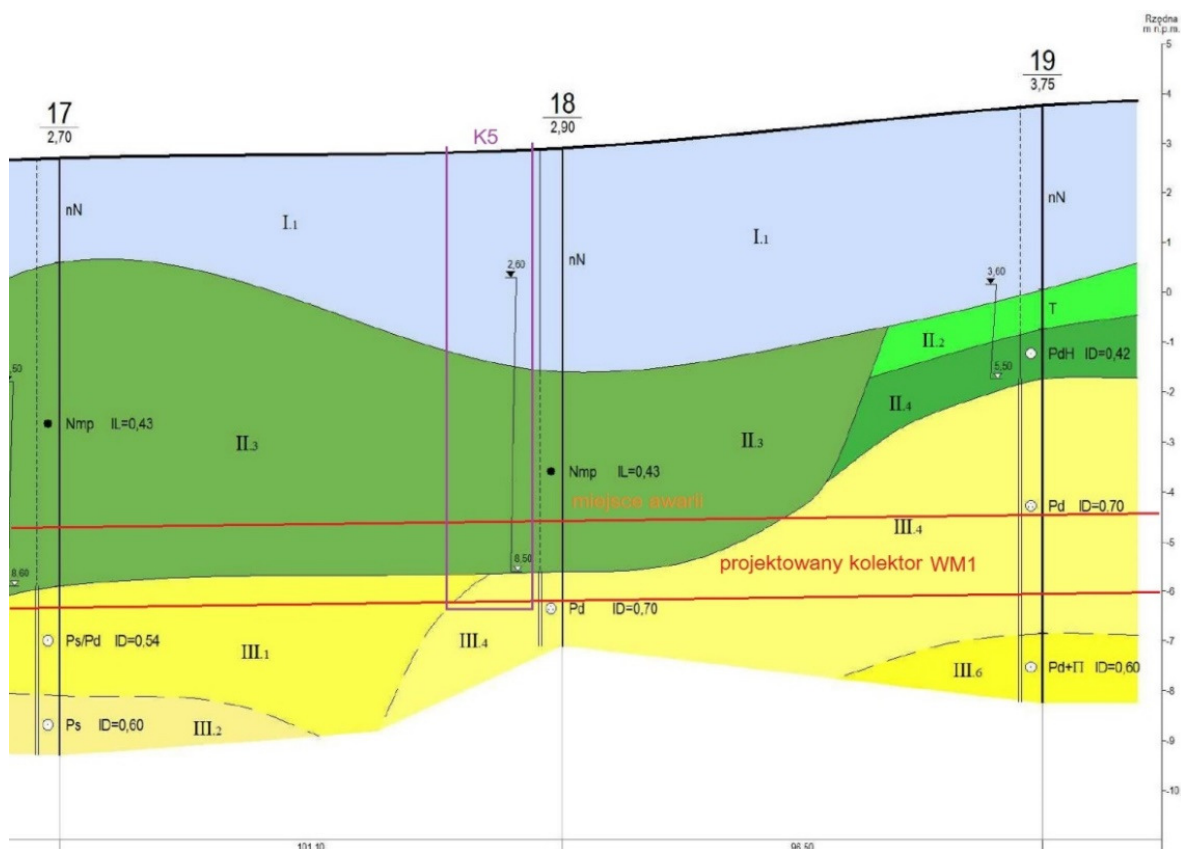
Rys. 2. Plan infrastruktury istniejącej i przebudowywanej na obszarze awarii, [4]

Dla problemu awarii kluczowymi były prace związane z budową komory odbiorczej K5 (rys. 2), wykonanej w ściankach szczelnych, do której dochodził kolektor ściekowy WM1 prowadzony metodą mikrotunelowania, studnie R6 i R6a, między którymi prowadzono kanalizację DN400 metodą mikrotunelowania oraz przebudowa i budowa instalacji wodociagowych.

Brak koordynacji robót spowodował, że prace przy budowie studni R6 i R6a prowadzono przy istniejącej starej infrastrukturze wodociagowej, która nie była wyłączona z eksploatacji na czas prowadzenia robót. Dodatkowo, prace przy budowie wspomnianych studni prowadzono w wykopie otwartym (!), pomimo tego, że projekt przewidywał użycie ścianek szczelnych.

4. Rozpoznanie geotechniczne podłoża

Właściwe przygotowanie dokumentacji projektowej wymagało dobrego rozpoznania warunków gruntowo-wodnych nie tylko na trasie tunelu ale w całym obszarze wykonywanych robót, szczególnie ze względu na gęstą sieć uzbrojenia terenu. Tymczasem, w rozpoznaniu geotechnicznym przyjęto rozstaw punktów badawczych co ok. 100 m zamiast, co najwyżej, co ok. 15–20 m. Takie podejście do planowanej inwestycji jest co najmniej niewłaściwe (choć można by to określić słowem nieodpowiedzialne).



Rys. 3. Przekrój geotechniczny – element dokumentacji przetargowej. [2]

Z dokumentacji geotechnicznej [2], wykonanej na potrzeby projektowania mikrotunelu i posadowienia kolektora ściekowego WM1, wynika, że kolektor miał być posadowiony na piaskach średnio zagęszczonych i zagęszczonych. Dodatkowe badania geotechniczne [3] nie zmieniły tego założenia. W dokumentacji przetargowej nie stwierdzono głębszego zalegania namulów.

Rzeczywistość w dość bolesny sposób zweryfikowała ten fakt – po wykonaniu głębokiego wykopu i odkryciu miejsca awarii (*post factum* – w roku 2014) stwierdzono zaleganie namulów znacznie poniżej dna projektowanego kolektora WM1.

5. Przebieg awarii

W wyniku prowadzonych prac oraz na skutek quasi-dynamicznego oddziaływania ruchu samochodowego, w tym ciężkich, wielotonowych pojazdów ciężarowych, przewożących grunt wydobywany z pobliskiego wykopu przy budowie Muzeum II Wojny Światowej, w dniach poprzedzających awarię doszło do dwóch rozszczelnień instalacji wodociągowej.

Wypływająca woda rozmyła podłoże pod jezdnią i poprzez obsypkę wykonaną dla studni

R6 połączyła się hydraulicznie z poziomami wody gruntowej, doprowadzając do upłynnienia podłoża poniżej prowadzonego kolektora WM1.

Studnię R6 (DN1200) posadowiono w wykopie otwartym 29.10.2013 r., mikrotuneling między studniami R5–R7 zakończono 2.12.2013 r.

Mikrotunel DN1600/1940, między komorami K7a i K5 zakończono 18.12.2013 r. O godzinie 21:30 tarcza wiertnicza pojawiła się w komorze K5, rys. 4.



Rys. 4. Wejście głowicy do komory K5 [5]

W związku z awariami sieci wodociągowych wykonano wykopy przy studni R6 oraz przy murku obok parkingu SAUR-Neptun Gdańsk. W dniu 19.12.2013 r. wykonano wykop przy murku obok parkingu na głębokość około 1.8 m i nie zasypano (!).

W dniu 19.12.2013 r. wykonano drugi wykop przy studni R6 na głębokość około 2 m, również w celu lokalizacji i usunięcia awarii sieci wodociągowej, wykop ten częściowo zasypano gruntem bez jego zagęszczenia.



Rys. 5. (a) Wykop przy murku obok parkingu, (b) Wykop przy studni R6 wykonany w celu usunięcia awarii wodociągu [5]

Pierwsze pęknięcia nawierzchni pojawiły się 19.12.2013 r. około godz. 13:00. Inspekcja kolektora między komorami K5 i K6 wykazała 3–4 cm rozszczelnienia pomiędzy 1–2 rurą za K5. Po wyciągnięciu głowicy z tarczą tnącą nastąpiło tąpnięcie gruntu w miejscu awarii i dalsze rozszczelnienie kolektora WM1, co z kolei spowodowało kolejne awarie sieci wodociągowych.

Ze względu na brak dokładnej informacji dotyczącej liczby uszkodzeń przewodów wodociągowych jak też i czasu ich trwania praktycznie niemożliwe było dokładne ustalenie objętości wody, która mogła przedostać się do podłoża gruntowego. To, że lustro wody w zapadlisku ustabilizowało się na zbliżonym poziomie do powierzchni terenu, świadczy o całkowitym nawodnieniu ośrodka gruntowego, co skutkowało dodatkowym obciążeniem na wszystkie elementy znajdujące się w podłożu gruntowym, w tym również na tunel.

Na zapadnięcie się kolektora wpływ miała również niefrasobliwa decyzja o zalaniu wodą z gruntem komory K5 i kolektora WM1 w kierunku komory K6.



Rys. 6. (a) Pierwsze spękania nawierzchni jezdni, (b) Ustabilizowane zapadlisko [5]

W dniu 20.12.2013 r. około godz. 1:00 woda wypełniła wykop przy murku obok parkingu, widoczny też jest brak zasypki wokół studni R6, uwidoczniło się zapadlisko. Woda występuje zdecydowanie powyżej ustalonego zwierciadła wody gruntowej, pochodzi więc z uszkodzonego wodociągu.

W dniu 24.12.2013 r. zaobserwowano stabilizację zapadliska.

Równoczesne wystąpienie opisanych niekorzystnych czynników na obszarze skrzyżowania ulic Wałowej i Rybaki Górne spowodowało zapadnięcie jezdni oraz części chodnika. Jak wynika z pomiarów geodezyjnych objętość zapadniętego podłoża oszacowano na 125 m³ gruntu, maksymalna głębokość zapadliska to ok. 1,4 m p.p.t.

6. Usunięcie awarii

Ze względu na bardzo trudne warunki gruntowo-wodne, naruszone poziomy wodonośne warstw gruntowych, główny wykonawca robót mikrotunelowych zdecydował się na bezpieczną metodę usunięcia awarii. Wykonano głęboki wykop w ściankach szczelnych do poziomu ułożenia kolektora WM1. Prace te wymagały przełożenia wszystkich instalacji w obrębie awarii, włącznie z nowymi rurami wodociągowymi. Konieczne było również usunięcie wcześniej wykonanej studni R6 wraz z dochodzącą do niej kanalizacją ściekową DN400. Aby ograniczyć napływ wody do wykopu dookoła ścianek wykonano blok cementowo-gruntowy metodą jet-grouting poniżej posadowienia kolektora WM1.



Rys. 7. Głęboki wykop w miejscu awarii. Fot. własna

7. Wnioski

Każda awaria budowlana powinna być dla inżynierów lekcją na przyszłość. Obserwacje dotyczące opisywanej awarii na pewno potwierdzają znaną zasadę: nie można oszczędzać na rozpoznaniu geotechnicznym inwestycji. Sondowania statyczne, wspomagane odwiertami geotechnicznymi, to obecnie jedna z najbardziej skutecznych i nowoczesnych metod rozpoznania podłoża gruntowego do celów posadowienia obiektów budowlanych. Jednak, jak każda metoda, wymaga poprawnego zaprojektowania badań dla konkretnej inwestycji. Nie można kierować się schematami normowymi, czy ogólnymi instrukcjami, szczególnie w gęstej i zwartej zabudowie miejskiej. Jedynie właściwy nadzór geotechniczny nad badaniami podłoża jest w stanie prawidłowo określić miejsca sondowania lub podjąć decyzję o zagęszczeniu

siatki sondowań [1]. Dodatkowe koszty z tym związane na pewno będą o wiele niższe niż naprawy uszkodzeń i usuwanie awarii.

Następny element to organizacja robót, która znacząco wpływa na zminimalizowanie ryzyka awarii oraz stały nadzór wykonywanych robót, nie tylko geotechnicznych, ale nade wszystko nadzór oraz prawidłowa koordynacja robót budowlanych. Ma to szczególne znaczenie, gdy w obrębie ograniczonego obszaru działa wielu wykonawców z własnymi harmonogramami robót. Dopuszczenie do wykonania w pierwszym rzędzie robót, które zgodnie ze sztuką powinny być wykonane na sam koniec inwestycji jest kardynalnym brakiem odpowiedzialności, gdyż w najlepszym przypadku kończy się to wielokrotnym wykonywaniem tych samych zadań i narażeniem na zwielokrotnienie kosztów inwestycji.

Literatura

1. Ekspertyza naukowo-techniczna dotycząca ustalenia przyczyn powstania osuwiska drogi w okolicach skrzyżowania ulic Wałowej i Rybaki Górne oraz komory odbiorczej K5 w Gdańsku. Fundacja Geotechnika w Budownictwie i Ochronie Środowiska. Marzec 2014 r.
2. Dokumentacja geotechniczna pod budowę kolektora WM1. Ekosystem S.A. Sierpień 2009 r.
3. Sprawozdanie ze sprawdzających badań dla komór połączeniowych na budowie kolektora WM1 od węzła Kliniczna do przepompowni ścieków Ołowianka w Gdańsku. Ingeo. Grudzień 2012 r.
4. Projekt przebudowy sieci w ramach Kontraktu: Budowa ulicy Nowej Wałowej w Gdańsku Etap I. Budimex S.A. Sierpień 2010 r.
5. Dokumentacja fotograficzna – dzięki uprzejmości firmy MOLEWSKI Sp. z o.o.

REBUILDING OF UNDERGROUND INFRASTRUCTURE IN URBA AREAS – CASE STUDY

Abstract: The paper is focused on proper design and execution of underground construction works, in context of interaction between deformation of soil and existing infrastructure elements. There is described an example of failure from 2013 localized on crossing of Wałowa Street and Rybaki Górne Street in Gdansk, which happened during execution of microtunnelling works. There are described some details of project: soil investigation results and infrastructure cataloguing. Authors pointed out possible causes of failure and commented decisions of construction supervision. In the end the repair technology is described and some conclusions are given.

Keywords: underground infrastructure, microtunnelling, geotechnical investigation, organic soils, coordination of construction works.