

# Nie tylko Czajka – przerzut ścieków żelbetowym syfonem tunelowym pod Elbą w Hamburgu

Not only Czajka - wastewater transfer through a reinforced concrete tunnel siphon under the Elbe River in Hamburg

ANDRZEJ KOLONKO

DOI 10.36119/15.2020.11.7

W artykule przedstawiono rozwiązanie zastosowane w Hamburgu przy rozbudowie oczyszczalni ścieków. Z uwagi na brak miejsca drugą część oczyszczalni ścieków zbudowano po przeciwnej stronie rzeki Elby. Przesył ścieków zrealizowany jest tam poprzez syfon o konstrukcji żelbetowej. Projektanci chcąc zapewnić bezpieczeństwo zaproponowali usytuowanie syfonu w gruntach nieprzepuszczalnych, co wiązało się z jego zagłębieniem na około 80 m poniżej poziomu terenu. W przeciwieństwie do rozwiązania zastosowanego w oczyszczalni Czajka w Warszawie, gdzie w tunelu zainstalowano dwie rury GRP do przesyłu ścieków, w Hamburgu ścieki płyną całym przekrojem żelbetowego tunelu syfonowego. O jakości projektu zrealizowanego w roku 1986 w Hamburgu świadczy jego bezawaryjna praca od 34 lat.  
*Słowa kluczowe: oczyszczalnia ścieków, przesył ścieków, syfon*

In the paper the solution applied in Hamburg in the process of extending waste water treatment plant was presented. Due to limited space available the second part of the waste water treatment plant was built on the other side of the River Elbe. The waste water is transferred there by the siphon tunnel made of reinforced concrete. In order to ensure the safety of the construction the designers suggested the installation of the siphon tunnel in impermeable soils, which required its installation around 80 meters below ground surface. In contrast to the solution applied in Czajka where two GRP pipes are placed in the tunnel, in Hamburg waste water is transferred by the whole reinforced concrete siphon tunnel cross section. The good quality of the siphon tunnel project carried out in 1986 is confirmed by its trouble free operation for 34 years.

*Keywords: waste water treatment plant, waste water transfer, siphon tunnel*

## Wstęp

Po drugiej awarii przewodów doprowadzających ścieki pod dnem Wisły do Oczyszczalni Czajka w roku 2020 w specjalistycznym czasopiśmie technicznym [1] pojawiła się wypowiedź „(...) W żadnym dużym mieście nie robi się tak dużego przesyłu pod dnem rzeki.” Stwierdzenie to nie jest prawdziwe, gdyż rozwiązanie takie zastosowano w dużym mieście, jakim niewątpliwie jest Hamburg – drugie co do wielkości miasto w Niemczech. Syfon pod rzeką Elbą został zbudowany już w roku 1986, a więc przed 34 laty i działa bezawaryjnie. W tamtym czasie z uwagi na stosunkowo małe doświadczenia w budowie tuneli z zastosowaniem tarcz TBM było to duże wyzwanie inżynierskie. Warto więc przypomnieć ten trochę zapomniany już projekt, który z uwagi na warunki geologiczne i ówczesny poziom techniki był znacznie trudniejszy niż budowa tunelu przesyłowego w Warszawie. Zapomnienie wynika prawdopo-

dobnie z faktu, że nie pojawiły się tam żadne spektakularne problemy eksploatacyjne.

## Uzasadnienie budowy syfonu tunelowego w Hamburgu

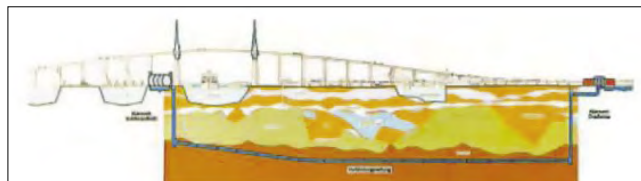
Rosnąca ilość ścieków komunalnych wynikająca z powiększania się liczby mieszkańców Hamburga oraz wprowadzanie nowych, bardziej rozwiniętych technologii oczyszczania ścieków (wprowadzono stopień oczyszczania biologicznego) wymagały rozbudowy oczyszczalni ścieków. Ówczesnie funkcjonowała oczyszczalnia Köhlbrandhöft. W celu poprawy stopnia oczyszczania ścieków planowano dodać stopień oczyszczania biologicznego w postaci nowej oczyszczalni Dradenau zlokalizowanej, w związku z brakiem miejsca na rozbudowę istniejącej oczyszczalni, po drugiej stronie rzeki Elby. W tym celu konieczna była budowa połączenia syfonowego w postaci tunelu przesyłowego Dradenau o długości 2200 m

i zdolności transportowej 9,0 m<sup>3</sup>/s [3]. Przetarg na projekt budowlany został rozpisany w roku 1983. Wygrało go, proponując budowę metodą tarczową głębokiego syfonu tunelowego, konsorcjum firm Bilfinger + Berger, Kronibus, Polensky & Zöllner und Wix+Liesenhoff. Kryterium wyboru przyjętego rozwiązania było nie tylko związane z kosztem, ale w głównej mierze chodziło o niezawodność i bezpieczeństwo. Budowę tunelu rozpoczęto w sierpniu roku 1984 a zakończono w czerwcu 1986 [2].

## Warunki hydrogeologiczne

Przeprowadzono dokładne badania geotechniczne. Wykazały one, że do poziomu 25 metrów poniżej terenu występowały czwartorzędowe grunty przepuszczalne, w których mogły znajdować się duże głazy i inne przeszkody. Drążenie tunelu w takich warunkach geotechnicznych wymagałoby pracy pod ciśnieniem w komorze roboczej maszyny TBM

dr inż. Andrzej Kolonko, <https://orcid.org/0000-0003-3971-4898> – Politechnika Wrocławska; Adres do korespondencji/Corresponding author: [andrzej.kolonko@pwr.edu.pl](mailto:andrzej.kolonko@pwr.edu.pl)



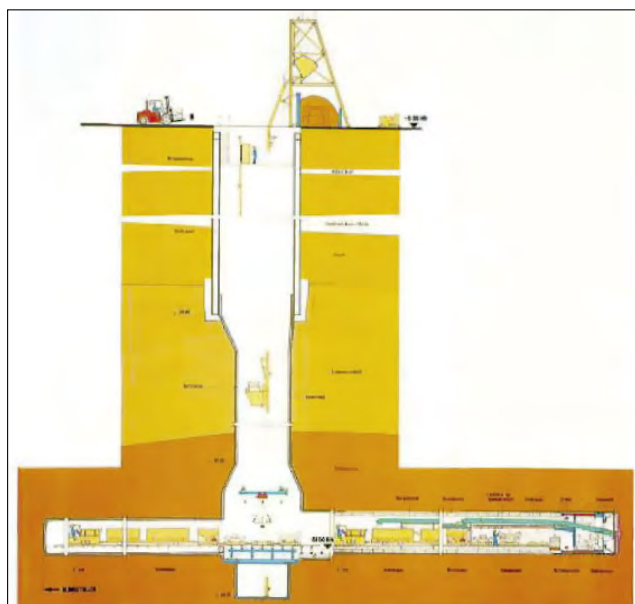
Rys. 1.  
Profil tunelu syfonowego wraz z przekrojem geologicznym  
Fig. 1. Siphon tunnel profile and geological cross section

o wielkości około 3 barów z uwagi na obecność wody i występowanie gruntów przepuszczalnych. Takie warunki stanowiłyby duże ryzyko dla wykonawców. Wykonano więc dodatkowe, głębokie odwierty geologiczne, które wykazały, że dopiero 66 metrów poniżej poziomu terenu znajdują się grunty nieprzepuszczalne w postaci utworów trzeciorzędowych, jakimi były iły i gliny. W tej sytuacji inwestor oraz kierownictwo konsorcjum firm wykonawczych podjęli decyzję aby, z uwagi na profil geologiczny, drążenie tunelu rozpocząć z komory startowej Dradenau na głębokości około 90 metrów i zakończyć go w komorze końcowej Köhlbrandhöft na głębokości 66 metrów poniżej terenu. Profil tunelu syfonowego wraz z przekrojem geologicznym pokazano na rys. 1 [4].

### Warunki techniczne

Opisywany projekt obejmował budowę przewodu syfonowego łączącego istniejącą oczyszczalnię ścieków Köhlbrandhöft z będącą w budowie oczyszczalnią ścieków Dradenau. Projektowana długość przewodu wynosiła 2227 metrów, średnica wewnętrzna 3200 mm a zagłębienie kinety 65-86 metrów. Zagłębienie komory wlotowej Köhlbrandhöft wynosiło około 66 metrów p.p.t. a komory wylotowej Dradenau 90 metrów p.p.t. Komory zostały tak zaprojektowane, że komora Dradenau była komorą startową dla tarczy TBM a komora Köhlbrandhöft pozwalała na wyciągnięcie tarczy TBM na powierzchnię terenu po zakończeniu drążenia tunelu. Od komory startowej planowano wykonanie wewnętrznej powłoki żelbetowej po wykonaniu tunelu.

W rzucie, przekrój komory startowej miał kształt dwunastokąta a końcowej, która służyła jedynie do wyciągnięcia tarczy TBM



Rys. 2.  
Schemat komory startowej  
Fig. 2. Schematic of the entry chamber

po zakończeniu robót, dziesięciokąta. Dostosowując się do warunków geologicznych, obudowę komór w obrębie przepuszczalnych gruntów czwartorzędowych stanowiły żelbetowe ściany szczelinowe o grubości 80 cm wprowadzone do nieprzepuszczalnych warstw trzeciorzędowych na głębokość 5 metrów. Przejście z przepuszczalnych utworów czwartorzędowych do nieprzepuszczalnych utworów trzeciorzędowych zostało doszczelnione przez iniekcje gruntowe. Pogłębianie komór w gruntach nieprzepuszczalnych poniżej podstawy ścian szczelinowych odbywało się z zastosowaniem koparki i innych urządzeń mechanicznych. Komora startowa Dradenau poniżej ścian szczelinowych miała średnicę 9 metrów. Schemat komory startowej pokazano na rys. 2 [4].

Szczegółowa analiza warunków hydro-geologicznych pozwoliła na określenie wymagań dla zaprojektowania i zbudowania zmechanizowanej tarczy TBM. Ważne było także bezpieczeństwo znajdujących się w tarczy ludzi. Rozpisano przetarg, który ostatecznie wygrała kanadyjska firma LOVAT, spełniając wszystkie wymagania techniczne. Widok tarczy wykorzystanej do budowy tunelu przedstawiono na rys. 3 [4].



Rys. 3.  
Widok tarczy wykorzystanej do budowy tunelu  
Fig. 3. View of the drilling head used for the tunnel construction

### Konstrukcja tunelu

Tunel syfonowy o przekroju kołowym o średnicy zewnętrznej 4,6 metra był zbudowany z żelbetu. Konstrukcję pojedynczego żelbetowego pierścienia o szerokości 1,2 metra tworzyły 5 tubingów oraz element zamykający tzw. klucz o grubości 0,3 metra. Kolejne segmenty tunelu były łączone ze sobą śrubami. Styki radialne i podłużne były doszczelniane uszczelkami pęczniącymi w obecności wody, co zapewniało wodoszczelność tunelu. Po wybudowaniu całego tunelu w jego wnętrzu wykonano dodatkową powłokę żelbetową o grubości 30 cm w szalunku ślizgowym. Rzeczywisty model konstrukcji tunelu w postaci pierścienia z tubingów wraz z wewnętrzną powłoką z żelbetu pokazano na rys. 4 [4].



Rys. 4.  
Rzeczywisty model konstrukcji tunelu w postaci pierścienia z tubingów wraz z wewnętrzną powłoką z żelbetu  
Fig. 4. Real model of the tunnel construction made of

## Podsumowanie

Opisywany tunel syfonowy to budowa perfekcyjnie zaprojektowana i wykonana w bardzo trudnych warunkach gruntowych w stanie techniki na znacznie niższym poziomie niż obecnie szczególnie w zakresie tarcz zmechanizowanych TBM, szczególnie gdzie w ostatnich dekadach odnotowano niesamowity skok technologiczny. Obecnie firma LOVAT nie zajmuje się już produkcją tarcz TBM, a dominującą firmą jest Herrenknecht AG. Być może przy projektowaniu przejścia syfonowego pod Wisłą w Warszawie należało przeanalizować rozwiązanie zastosowane w Hamburgu, gdyż sprawdziło się ono doskonale, funkcjonując bezawaryjnie już ponad 30 lat. Obecny widok oczyszczalni ścieków w Hamburgu po obu stronach rzeki Elby pokazano na rys. 5 [3].



Rys. 5. Obecny widok oczyszczalni ścieków w Hamburgu po obu stronach rzeki Elby  
Fig. 5. Current view of sewage treatment plant on the both sides of River Elbe

### LITERATURA:

- [1] Madej Ł.: Co tym razem stało się w Warszawie. Inżynieria Bezwykopowa Nr 3/2020.  
[2] Lentz M.: ArGe Tiefdüker Dradenau. Bahn-Express Nr 2/1986.  
[3] Klärwerk Hamburg, Materiały informacyjne Firmy Spikermann GmbH Consulting Engineers.  
[4] Kuhlmann D.: Tiefdüker Dradenau Baumaßnahme für die intensivere Klärung der Abwässer in Hamburg. UnserBetrieb Nr 40/1985.

WŁADYSŁAW SZAFLIK

PROJEKTOWANIE  
INSTALACJI CIEPŁEJ WODY  
W BUDYNKACH MIESZKALNYCH



## Projektowanie instalacji ciepłej wody w budynkach mieszkalnych

Autor: prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik

a także współczesne tendencje i kierunki rozwoju tej dziedziny techniki. Przy jej pisaniu starano się wykorzystać najnowszą wiedzę z tej dziedziny. W książce tej przedstawiono całokształt zagadnień związanych z ciepłą wodą, jej właściwościami, rozprawadzeniem oraz przygotowaniem.

Treść książki została podzielona na 13 rozdziałów, można wyróżnić w niej cztery podstawowe części.

Książka była recenzowana, jeden z recenzentów książki, profesor dr hab. inż. Janusz Jeżowiecki z Politechniki Wrocławskiej napisał o niej:

„Aktualność tematu monografii i potrzeba jej opublikowania nie budzą najmniejszych wątpliwości, bo m.in. w pełni prawdziwa jest zawarta w przedmowie informacja Autora, że dotyczące tej samej tematyki poprzednie krajowe dzieło zwarte zostało wydane w 1981 r., czyli przed 26 laty (Mańkowski S.: Projektowanie instalacji ciepłej wody użytkowej, Arkady, Warszawa 1981). Jeśli wraz z tym okresem uzmysłowi się odpowiadający mu ogromny postęp nauki, technologii i praktyki we wszystkich obszarach techniki, także w budownictwie do którego w szerokim rozumieniu należą instalacje ciepłej wody, to pojawienie się na polskim rynku wydawniczym opiniowanej pracy nabiera szczególnie dużego pozytywnego znaczenia”.

Drugi z recenzentów książki, profesor dr hab. inż. Halina Koczyk z Politechniki Poznańskiej w swojej opinii napisała na jej temat:

„Praca dotyczy ważnej problematyki związanej z zaopatrzeniem budynków w szczególności mieszkalnych, w ciepłą wodę. Jest to ważny składnik zużycia ciepła, którego względny udział w całkowitym zużyciu stale rośnie w stosunku do zapotrzebowania na cele ogrzewania w wyniku polepszania izolacyjności cieplnej przegród budynku. Racjonalne projektowanie, wykonanie i właściwa eksploatacja układów do przygotowania i rozprawadzenia ciepłej wody jest problemem bardzo ważnym z punktu widzenia technicznego, ekonomicznego i ekologicznego. Pozwala ograniczyć nadmierne zużycie energii pierwotnej (np. poprzez wykorzystanie energii słonecznej, indywidualne rozliczanie zużycia ciepła przez użytkowników itp.) przyczynia się do mniejszego zanieczyszczenia środowiska produktami spalania oraz zmniejsza koszty eksploatacyjne.”

W oparciu o analizę pracy pt. „Projektowanie instalacji ciepłej wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych” stwierdzam, że przedstawia ona całokształt zagadnień związanych z ciepłą wodą, jej przygotowaniem, rozprawadzeniem i właściwościami, posiada znaczącą wartość merytoryczną, prezentuje nowoczesne rozwiązania układów instalacyjnych zgodnie z aktualnym stanem wiedzy techniki. Przedstawia zasady doboru elementów instalacji zgodnie z regulami sztuki inżynierskiej oraz w nawiązaniu do nowocześniejszych rozwiązań.”

Książka jest poświęcona instalacjom ciepłej wody i układom jej przygotowywania. Liczy 294 stron tekstu, bogato ilustrowanego rysunkami, schematami oraz tabelami i stanowi pewne podsumowanie wieloletnich prac prowadzonych w Katedrze Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ciepłownictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (do 2008 roku Politechniki Szczecińskiej).

Prezentowana książka jest pozycją, w której przedstawiono w sposób kompleksowy i uporządkowany najnowsze wyniki badań i stosowane rozwiązania instalacji ciepłej wody i układów służących do jej przygotowywania oraz podano metody obliczeń

Cena 1 egz.: 60 zł + 5% VAT.

Zamówienia przyjmuje: Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie"

02- 674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax 22-843 77 71; e-mail: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl



Już można zamawiać prenumeratę miesięcznika Instal na 2021 rok.

Druk zamówienia na stronie [www.informacjainstal.com.pl](http://www.informacjainstal.com.pl)