

Analiza budowy sieci gazowej wysokiego ciśnienia metodą wykopową i bezwykopową w aspekcie ekonomicznym

Economic analysis of a high-pressure gas network construction using the excavation and trenchless methods

ADAM KRAMŻA, FLORIAN PIECHURSKI

DOI 10.36119/15.2021.5.4

Budowa, rozbudowa i modernizacja gazociągów przesyłowych i dystrybucyjnych wysokiego ciśnienia ma kluczowe znaczenie dla krajowego oraz międzynarodowego systemu dystrybucji gazu. Inwestycje w sektorze transportu gazu ziemnego wiążą się z dużymi nakładami pieniężnymi, materiałowymi i godzinami robót. Przedmiotem niniejszej pracy jest analiza budowy sieci gazowych wysokiego ciśnienia metodą wykopów otwartych i bezwykopową pod względem ekonomicznym. W opracowaniu ukazano opis przedmiotowych metod wykonania robót budowlanych z uwzględnieniem stosowanych materiałów, urządzeń technologicznych oraz organizacji pracy na placu budowy. Analiza przedstawia projekty budowy gazociągu wysokiego ciśnienia DN200 o długości około 1814 m w miejscowości Z oraz DN500 o długości około 312 m w M. Na podstawie warunków technicznych i wymagań projektowych wykonania inwestycji przedstawiono zestawienia materiałów i surowców, urządzeń i maszyn budowlanych oraz wymaganych roboczogodzin na potrzeby budowy w technologii wykopu otwartego oraz bezwykopowej. Po przedstawieniu kosztów inwestycji oraz czynników mających zasadniczy wpływ na termin wykonania sieci gazowych porównano oba systemy wykonania robót. W niniejszej pracy poruszono zależności pomiędzy technologią budowy gazociągu wysokiego ciśnienia w zależności od panujących warunków terenowych, założeń projektowych i długości odcinka sieci a efektywnością i kosztami wykonania robót. Znaczenie tychże czynników zostało podniesione, aby na etapie planowania i projektowania inwestycji wybierać bardziej ekonomiczną technologię wykonania budowy.

Słowa kluczowe: sieć gazowa, budowa wykopowa, budowa bezwykopowa, analiza kosztów budowy

The construction, extension and modernization of high pressure gas transmission and distribution pipelines is crucial for the national and international gas distribution system. Investments in the natural gas transport sector involve large amounts of money, materials and working hours. The subject of this work is the analysis of the high pressure gas pipelines construction by the open excavation and trenchless method in economic terms. The study presents a description of the construction methods including materials, technological devices and work organization at the construction site. The analysis presents construction projects of the high-pressure gas pipeline DN200 with a length of about 1814 m in Z and DN500 with a length of about 312 m in M. Based on the technical conditions and design requirements for the investment, lists of materials and raw materials, construction equipment and machinery as well as the required man hours were presented for the construction in trench and trenchless technology. After presenting the construction costs and factors that significantly affect the deadline for gas pipelines both construction systems were compared. This work discussed the relationship between the technology for building a high pressure gas pipeline depending on the prevailing field conditions, design assumptions and the length of the pipeline section, and the efficiency and costs of carrying out the works. The significance of these factors has been raised to choose a more economical construction technology at the investment planning and design stage.

Keywords: gas network, excavation construction, trenchless construction, construction cost analysis

Wprowadzenie

Rozwój gospodarczy, nowe technologie i stale rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną determinują zwiększanie się udziału efektywniejszych i bardziej ekologicznych źródeł energii. Stopniowo redukowane jest zużycie paliw stałych, które zastępowane są paliwem gazowym. Polski system gazowniczy opiera się głównie o pozyskiwany z importu gaz ziemny istniejącymi gazociągami oraz regazyfikowany w terminalu LNG w Świnoujściu gaz skroplony transportowany drogą morską. W związku z rosnącym

udziałem gazu w gospodarce na przestrzeni ostatnich lat, aby zapewnić dostawy do odbiorców indywidualnych oraz obiektów przemysłowych rozbudowywane są sieci gazowe przesyłowe i dystrybucyjne wraz z infrastrukturą gazową. Duża liczba realizowanych inwestycji na potrzeby transportu surowca sprawia, że budowa nowego uzbrojenia terenu musi być jak najbardziej efektywna, a czas robót i poniesione koszty zoptymalizowane. Do realizacji prac używane są coraz lepsze urządzenia, maszyny budowlane i technologie. Odpowiednia organizacja robót pozwala maksymalnie usprawnić proces budowlany, a stosowane materiały - zgodne

mgr inż. Adam Kramża, dr inż. Florian G. Piechurski <https://orcid.org/0000-0001-8065-962X> – Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska Gliwice. Adres do korespondencji/Corresponding author: Florian.Piechurski@polsl.pl

z wymogami prawa i normami - minimalizują możliwość wystąpienia awarii podczas montażu i eksploatacji. Wszystkie działania na etapie planowania, projektowania i budowy inwestycji powinny być dobierane w taki sposób, aby zapewnić najkorzystniejsze w aspekcie ekonomicznym rozwiązania.

Budowa sieci gazowej w/c DN200, L = 1814 m

Projektowana inwestycja zlokalizowana jest w miejscowości **Z**. Przedmiotowa budowa położona jest na terenach stanowiących łąki oraz pola uprawne. Obszar nie znajduje się w granicach wpływów eksploatacji górniczej oraz nie podlega ochronie przyrodniczej i nie jest wpisany do rejestru zabytków. Na terenie projektowanej budowy znajduje się rów melioracyjny oraz droga wewnętrzna utwardzona tłuczniem drogowym, z którymi występuje skrzyżowanie budowanego gazociągu. Na obszarze znajduje się również droga asfaltowa i zabudowania poza trasą budowanego rurociągu, istniejące uzbrojenie, takie jak: sieci gazowe czynne oraz wyłączone z użytku, podziemna sieć elektroenergetyczna i napowietrzne linie elektroenergetyczne.

Na potrzeby oceny warunków podłoża gruntowego przeprowadzono wiercenia wzdłuż trasy nowo budowanego gazociągu do głębokości 5,0 m p.p.t. przy użyciu wiertnicy mechanicznej. Pierwszą warstwą jest gleba o miąższości od 0,2 m do 0,4 m, pod którą zalegają średnio zagęszczone piaski średnie i gliny piaszczyste o konsystencji plastycznej oraz na głębokościach od 3,5 m do 5,0 m piaski grube z domieszką żwiru o stanie zagęszczonym. Zwierciadło wód gruntowych zlokalizowano na głębokościach od 2,8 m do 3,2 m p.p.t. Grunty na tym obszarze są gruntami wilgotnymi. Dla lokalizacji inwestycji głębokość przemarzania gruntu wynosi 1,0 m p.p.t. Nośność gruntów została zaliczona do grupy G3 – grunty bardzo wysadzinowe. Pod względem urabialności zalegające grunty należą do III-IV kategorii.

W oparciu o wykonane badania projektowaną inwestycję zaliczono do II kategorii geotechnicznej w prostych warunkach gruntowych. W gruncie nie występują utwory, które uniemożliwiłyby budowę gazociągów metodą wykopów otwartych lub bezwykopowo przewiertem HDD.

Realizowana inwestycja jest budową nowego odcinka gazociągu wysokiego ciśnienia wzdłuż istniejącego rurociągu pomiędzy istniejącymi zespołami zaporowo-upustowymi. Sieć gazowa zostanie włączona do czynnego gazociągu. Istniejący gazociąg docelowo - po wykonaniu inwestycji oraz przełączeniu - pozostanie w gruncie zasłепiony i unieczynniony. Strefa kontrolowana budowanego gazociągu wynosi 6 m. Zaprojektowano posadowienie gazociągu na głębokości 2,0 m p.p.t. na 10 cm podsypce piaskowej z zastosowaniem zasypki o grubości 20 cm. Na potrzeby wykonywania prac budowlanych przewidziano pas montażowy o szerokości 15 m.

W miejscach zmian kierunku gazociągu instalowane są fabrycznie wykonane łuki o odpowiednio wykształconych kątach i minimalnym promieniu gięcia $5 \times DN = 1,0$ m. W przypadku kątów mniejszych od 10° stosuje się rury gięte na budowie o promieniach $25 \times DN = 5,0$ m. Łączenie rur oraz kształtek realizowane jest poprzez spawanie elektryczne wykonywane przez wykwalifikowanych spawaczy. Roboty, a w szczególności wykonane spoiny montażowe, podlegają kontroli wizualnej oraz badaniom radiograficznym i ultradźwiękowym w pełnym zakresie budowanego gazociągu.

Po odbiorze prac spawalniczych wykonuje się badania połączeń oraz próby szczelności na ciśnienie $p = 1,1 \text{ MOP}_{\text{wej}} = 6,93 \text{ MPa}$ i wytrzymałości na ciśnienie $p = 1,5 \text{ MOP}_{\text{wej}} = 9,45 \text{ MPa}$. Czas trwania prób hydraulicznych wynosi minimum 24 godziny. Przed przystąpieniem do prób rurociąg poddawany jest czyszczeniu.

Tabela 1. Dane techniczne gazociągu DN200 L=1814 m w Z
Table 1. Gas pipeline technical data DN200 L=1814 m in Z

| Średnica | DN200 (219,1x7,1) [mm] |
|------------------------------------|--------------------------|
| Długość całkowita | 1814 [m] |
| Izolacja | 3LPE /3LPP |
| Parametry wytrzymałościowe: | |
| Granica plastyczności | 360 [MPa] |
| Wytrzymałość na rozciąganie | 460 [MPa] |
| Rodzaj gazu | E (GZ-50) wysokometanowy |
| Maksymalne ciśnienie robocze | 2,5 [MPa] |

Ochroną antykorozyjną rur przewodowych jest fabryczna powłoka 3PLE – polietylenowa, a w przypadku budowy bezwykopowej 3LPP- polipropylenowa. Miejsca łączenia rur oraz kształtek po sprawdzeniu i odbiorach prac spawalniczych izoluje się rękawami termokurczliwymi oraz taśmami izolującymi. Wszystkie powłoki gazociągu podlegają badaniu jakości za pomocą wysonapięciowego defektoskopu.

W związku z włączeniem nowobudowanego gazociągu do czynnej sieci gazowej połączenie to wykonywane jest metodą hermetyczną bezpostojową – Williamsona.

Trasę budowanego gazociągu znakuje się za pomocą betonowych słupków oznaczeniowych w miejscach zmiany kierunku oraz taśmą ostrzegawczą na wysokości 40 cm nad rurociągiem na całej jego długości.

Budowa sieci gazowej w/c DN500, L = 312 m

Inwestycja zlokalizowana jest w miejscowości **M**. Przedmiotowa budowa położona jest na terenach nieużytków stanowiących łąki oraz tereny rolnicze. Obszar nie znajduje się w granicach wpływów eksploatacji górniczej oraz nie podlega ochronie przyrodniczej i nie jest wpisany do rejestru zabytków. Na terenie projektowanej budowy znajduje się rów melioracyjny, droga gminna o nawierzchni asfaltowej oraz droga wewnętrzna utwardzona tłuczniem drogowym, z którymi występuje skrzyżowanie budowanego gazociągu. Na danym obszarze występuje istniejące uzbrojenie, takie jak: sieć gazowa, sieć elektroenergetyczna, sieć telekomunikacyjna, sieć wodociągowa, sieć kanalizacji sanitarnej i deszczowej oraz napowietrzne linie elektroenergetyczne i telekomunikacyjne.

Na potrzeby oceny warunków podłoża gruntowego przeprowadzono wiercenia wzdłuż trasy nowobudowanego gazociągu do głębokości 5,0 m p.p.t. przy użyciu wiertnicy mechanicznej. Pod warstwą gleby rozpoznano utwory czwartorzędowe. Pierwszą warstwą jest gleba o miąższości od 0,2 m do 0,5 m, pod którą zalegają średnio zagęszczone piaski drobne z domieszką żwiru, piaski drobne przewarstwione piaskiem średnim lub gliniastym, piaski gliniaste o konsystencji twardeplastycznej oraz na głębokościach od 4,3m do 5,0m piaski drobne i pylaste o stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym. Zwierciadło wód gruntowych zlokalizowano na głębokościach od 2,9 m do 3,3 m p.p.t. Grunty na danym obszarze są gruntami wilgotnymi. Dla danej lokalizacji inwestycji głębokość przemarzania gruntu wynosi 1,0 m p.p.t. Nośność gruntów została zaliczona do grupy G3 – grunty bardzo wysadzinowe. Pod względem urabialności zalegające grunty należą do III-IV kategorii. W oparciu o wykonane badania projektowaną inwestycję zaliczono do II kategorii geotechnicznej w prostych warunkach gruntowych. W gruncie nie występują utwory, które uniemożliwiłyby budowę gazociągów metodą wykopów otwartych lub bezwykopowo przewiertem HDD.

Realizowana inwestycja jest budową nowego odcinka gazociągu wysokiego ciśnienia w miejscu pierwotnie istniejącego odcinka wyłączanego z eksploatacji. Przedsięwzięcie polega na połączeniu istniejących sieci przez nowobudowany odcinek.

Tabela 2. Dane techniczne gazociągu DN500 L=312 m w M
Table 2. Gas pipeline technical data DN500 L=312 m in M

| | |
|------------------------------------|---|
| Średnica | DN500 (508,0 x 12,5) [mm] |
| Długość całkowita | 312 [m] |
| Materiał | Rury stalowe L415 MB bez szwu walcowane na gorąco przeznaczone do transportu mediów palnych |
| Izolacja | 3LPE/3LPPP |
| Parametry wytrzymałościowe: | |
| Granica plastyczności | 415 [MPa] |
| Wytrzymałość na rozciąganie | 520 [MPa] |
| Rodzaj gazu | E (GZ-50) wysokometanowy |
| Maksymalne ciśnienie robocze | 6,3 [MPa] |

Budowana sieć gazowa jest prostym odcinkiem bez zmian kierunków i zastosowania łuków.

Łączenie rur, próby przy odbiorze, ochrona i oznakowanie trasy są identyczne jak dla gazociągu DN 200.

Włączenie nowobudowanego odcinka do sieci rozwiązane jest przez demontaż króćców zaślepiających unieczynnione rurociągi, przygotowanie ich do eksploatacji i połączenie przez spawanie.

Zagospodarowanie terenu budowy

Budowa gazociągu wymaga wyznaczenia i przygotowania miejsc stanowiących składowiska materiałów, urządzeń oraz maszyn technologicznych. Część z nich pracuje na terenie wyznaczonego pasa montażowego wzdłuż trasy budowanego rurociągu. Transport materiałów na plac budowy wymaga przygotowania ciągów komunikacyjnych, aby potrzebne elementy mogły być dostarczane w miejsce montażu. Wykorzystywana powierzchnia w zależności od rodzaju terenu, właściciela oraz sposobu jego użytkowania wiąże się z opłatami z tytułu: powstałych uszkodzeń, wejścia na teren i zajęcia pasa drogowego lub obszaru Skarbu Państwa. Większa powierzchnia zajęcia skutkuje większymi nakładami na prace porządkowe i koniecznością odtwarzania naruszonych nawierzchni. W przypadku terenów zagospodarowanych, wykorzystywanych gospodarczo, umocnionych i ulepszonych będzie to miało szczególne znaczenie. W poniższych zestawieniach określono powierzchnie terenu przeznaczone na dany element placu budowy oraz związane z pracami ziemnymi. Na podstawie długości budowanych gazociągów, wymaganych szerokości wykopów i głębokości posadowienia porównywanych rurociągów określono podstawowe objętości i powierzchnie odkładu. Wyniki analizy przedstawiono na wykresach zależności powierzchni lub objętości od technologii wykonywanych robót. Zestawiono budowę gazociągów wysokiego ciśnienia DN200 o długości 1814m w Z i DN500 o długości 312 m w M.

Budowa sieci gazowej w/c DN200, L = 1814 m

Tabela 3. Teren budowy gazociągu DN200 L = 1814m Z
Table 3. Gas pipeline construction site DN200 L = 1814 m in Z

| Teren budowy gazociągu DN200, L=1814 m | | | |
|---|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Sposób wykonania robót | | Wykop otwarty | Przewiert HDD |
| | Sposób zagospodarowania | Powierzchnia | Powierzchnia |
| 1. | Miejsce składowania materiałów | 450 m ² | 210 m ² |
| 2. | Powierzchnia zajęcia przez maszyny budowlane i komunikacja | 5541 m ² | 2200 m ² |
| 3. | Powierzchnia pasa montażowego | 27210 m ² | 10920 m ² |
| 4. | Wykopy otwarte – powierzchnia | 1822 m ² | 98 m ² |
| 5. | Powierzchnia odkładu humusu (0,6m x 1,0m) | 1090 m ² | 59 m ² |
| 6. | Powierzchnia odkładu ziemi z wykopu (1,0m x 2,0m) | 3628 m ² | 196 m ² |
| 7. | Objętość wybranej ziemi | 3644 m ³ | 196 m ³ |
| Sumaryczna powierzchnia placu budowy | | 35 023 m² | 11 448 m² |

Budowa sieci gazowej w/c DN500, L = 312 m

Tabela 4. Teren budowy gazociągu DN500 L=312m M
Table 4. Gas pipeline construction site DN500 L=312 m in M

| Teren budowy gazociągu DN500, L=312 m | | | |
|---|---|----------------------------|--------------------------|
| Sposób wykonania robót | | Wykop otwarty | Przewiert HDD |
| | Sposób zagospodarowania | Powierzchnia | Powierzchnia |
| 1. | Miejsce składowania materiałów | 70 m ² | 40 m ² |
| 2. | Powierzchnia zajęcia przez maszyny budowlane, i komunikacja | 312 m ² | 60 m ² |
| 3. | Powierzchnia pasa montażowego | 4 680 m ² | 320 m ² |
| 4. | Wykopy otwarte – powierzchnia | 324 m ² | 12 m ² |
| 5. | Powierzchnia odkładu humusu (0,6m x 1,0m) | 187 m ² | 8 m ² |
| 6. | Powierzchnia odkładu ziemi z wykopu (1,0m x 2,0m) | 624 m ² | 24 m ² |
| 7. | Objętość wybranej ziemi | 624 m ² | 24 m ² |
| Sumaryczna powierzchnia placu budowy | | 5 386 m² | 432 m² |

Powierzchnia zagospodarowania terenu składa się przede wszystkim z pasa montażowego, który stanowi największy składnik całego placu budowy. Złożony jest z ciągu komunikacyjnego wzdłuż montowanego rurociągu, pracujących urządzeń technologicznych, maszyn budowlanych i wykopów otwartych wraz z powierzchnią odkładów ziemi i humusu. W przypadku metody bezwykopowej pas jest ograniczony do zagospodarowania podporami na całej długości budowanego odcinka sieci oraz sprzętem służącym do transportu i spawania rur. Porównując zestawione dane i wykresy dla poszczególnych metod, mniejszej powierzchni zajęcia terenu wymaga technologia bezwykopowa, a co za tym idzie minimalizuje czynności związane z odtwarzaniem terenu oraz ewentualnymi opłatami z tytułu jego uszkodzenia. Metoda przewiertu HDD w obu przypadkach, biorąc pod uwagę wymienione elementy, jest bardziej optymalną technologią budowy, ponieważ minimalizuje stopień ingerencji w otoczenie oraz wymaga mniejszej powierzchni montażowej. Porównywane inwestycje zlokalizowane są na terenach łąk i pól uprawnych. W przypadku budowy gazociągu w pasie terenów leśnych lub utwardzonych nawierzchniami betonowymi lub asfaltowymi mniejsza powierzchnia zajęcia oznaczać będzie niższe koszty i czas pracy.

Koszty budowy

Wykonano kosztorysy budowy gazociągu w/c DN200 w Z oraz DN500 w M w technologii wykopów otwartych i przewiertu HDD. Do ich sporządzenia wykorzystano program kosztorysowy wraz z katalogami norm rzeczowych, aktualne zestawienia informacji o cenach materiałów budowlanych, stawkach robocizny kosztorysowej i pracy sprzętu budowlanego oraz indywidualne wyceny i kalkulacje firm usługowych oraz dystrybutorów materiałów. Kosztorysy dla danej inwestycji zostały uproszczone i przedstawione w poniższych zestawieniach elementów skalonych i składników (tab. 5-7). Całość na potrzeby analizy podzielono na trzy zasadnicze elementy:

- roboty ziemne i przygotowawcze obejmujące etap wykonania wykopów oraz odtwarzania do stanu pierwotnego zajętych powierzchni,
- roboty montażowe gazociągu złożone z prac spawalniczych, izolacyjnych i badań rurociągu,
- roboty montażowe pozostałe, których elementem jest przewiert HDD w przypadku metody bezwykopowej, wykonanie włączenia do czynnej sieci gazowej, montaż bypassu oraz słupka pomiarowego.

Na określone w kosztorysach nakłady finansowe składają się wykorzystane materiały, urządzenia, maszyny, sprzęt oraz



Fot. 1.
Montaż rury gazociągu metodą wykopową
Pic.1. Installation of the gas pipeline with the excavation technique



Fot. 2.
Opuszczanie rury gazociągu do wykopu
Pic. 2. Lowering the gas pipeline into the trench



Fot. 3.
Rura gazociągu ułożona w wykopie
Pic. 3. Gas pipeline laid in a trench



Fot. 4.
I etap montażu - wiercenie pilotowe w metodzie bezwykopowej HDD
Pic. 4. 1st stage of assembly - pilot drilling, the HDD trenchless method



Fot. 5.
II etap montażu - rozwieranie z wciąganiem rury gazowej w metodzie przewiertu HDD
Pic. 5. Stage II of the assembly - reaming with pulling of the gas pipe in the HDD drilling method

godziny pracy robotników. Ze względu na charakter przedmiotowej analizy nie uwzględniono w opracowanych kalkulacjach zysków z budowy inwestycji, kosztów intelektualnych, warunków szkodliwych oraz podatków.

W zestawieniach przedstawiono poszczególne elementy robót budowlanych wraz z całkowitym kosztem realizacji inwestycji w technologii wykopów otwartych oraz metodą przewiertu HDD.

Budowa sieci gazowej w/c DN200, L = 1800 m w Z

Tabela 5. Elementy scalone kosztorysu gazociągu w Z
Table 5. Integrated elements of the gas pipeline cost estimate in Z

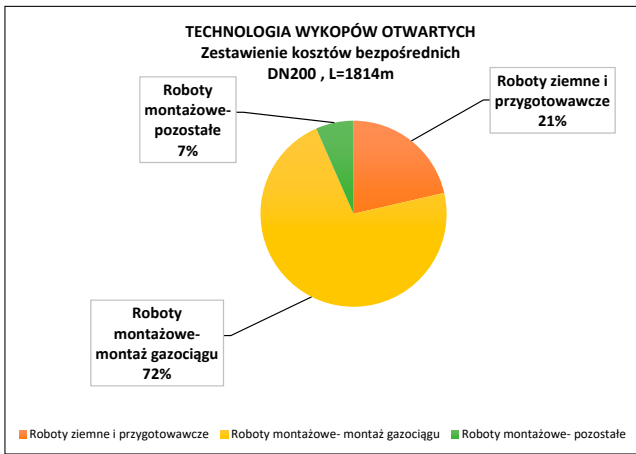
| Elementy scalone kosztorysu DN200 L=1814m | | |
|---|---------------------|---------------------|
| Sposób wykonania robót | Wykop otwarty | Przewiert HDD |
| Element | Wartość [zł] | Wartość [zł] |
| 1. Roboty ziemne i przygotowawcze | 295 110,57 | 18 857,56 |
| 2. Roboty montażowe – montaż gazociągu | 992 733,92 | 968 311,28 |
| 3. Roboty montażowe – pozostałe | 1 378 417,29 | 298 172,80 |
| SUMA KOSZTÓW BUDOWY | 1 378 417,29 | 1 285 341,64 |

Na podstawie opracowanych kalkulacji w przypadku budowy gazociągu DN200 o długości 1814 m można stwierdzić, iż dla obu technologii roboty montażowe gazociągu wymagają zbliżonych nakładów finansowych. Różnica w kosztach wynosi około 25 tys. zł. W przypadku budowy gazociągu metodą wykopów otwartych rurociąg łączony jest w sekcje, które następnie transportowane są do wykopu i spawane, co podnosi koszty budowy. Roboty ziemne i przygotowawcze w przypadku budowy

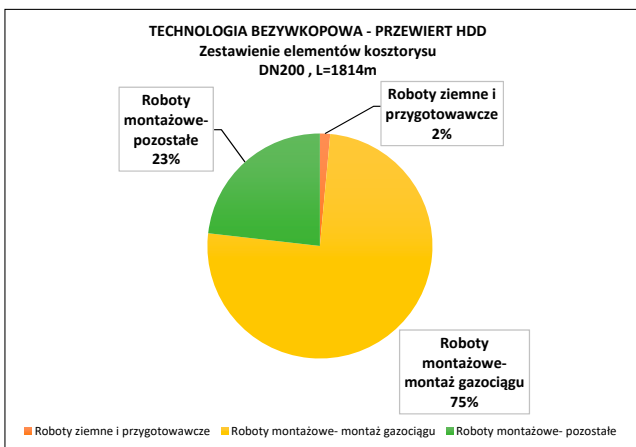


Fot. 6.
Końcowy etap montażu rury gazowej w metodzie przewiertu HDD
Pic. 6. The final stage of gas pipe assembly, the HDD drilling method

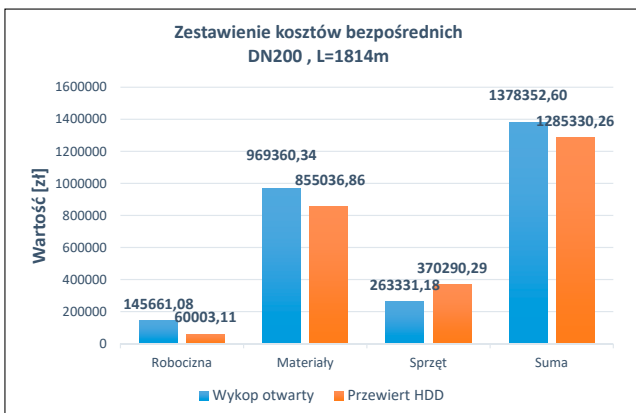
bezwykopowej są zdecydowanie niższe, ze względu na ograniczenie wykopów do komór odbiorczych i nadawczych. Budowany przewiertem HDD gazociąg zaprojektowano poprzez posadowienie bezwykopowe trzech odcinków, które łączone są na łukach. Fakt ten zwiększa koszt prac ziemnych oraz przewiertów HDD zaliczonych do pozostałych prac montażowych, ze względu na konieczność zmian stanowisk. Z wykonanej analizy wynika,



Rys. 1.
Procentowy wykres kosztów bezpośrednich - DN200 L = 1814m - wykopy otwarte
Fig. 1. Percentage chart of direct costs - DN200 L = 1814m - open excavations



Rys. 2.
Procentowy wykres kosztów bezpośrednich - DN200 L = 1814m - przewiert HDD
Fig. 2 Percentage chart of direct costs - DN200 L = 1814m - HDD drilling



Rys. 3.
Zestawienie kosztów bezpośrednich - DN200 L = 1814m
Fig. 3. Direct costs breakdown - DN200 L = 1814m

że tańszą metodą budowy gazociągu w/c DN200 o długości 1814 m jest technologia przewiertu HDD, różnica w koszcie wynosi prawie 100 tys. zł.

Dla analizowanej budowy gazociągu metodą wykopu otwartego największy udział kosztów przypada na roboty montażowe gazociągu wynoszące 72%.

W przypadku technologii przewiertu HDD roboty montażowe gazociągu stanowią 75% całkowitych kosztów. Roboty pozostałe, w tym wykonanie przewiertu 23%.

Zestawienie przedstawione na wykresie (rys.3) podsumowuje koszty bezpośrednie realizowanej inwestycji. Większe nakłady finansowe występują w przypadku robocizny i materiałów dla metody wykopów otwartych. Zgodnie z danymi ujętymi w kalkulacji w przypadku pracowników budowlanych, grupą na którą przypadają największe koszty są robotnicy wykonujący prace ziemne – obsługa koparek, spycharek i pracownicy fizyczni. W przypadku technologii wykopów otwartych przy robotach ziemnych liczba pracujących jest zdecydowanie wyższa. Jeżeli chodzi o materiały różnica wynika w dużej mierze z zastosowanych rur stalowych oraz w przypadku wykopów otwartych piasku stanowiącego podsypkę i zasypkę, a także materiałów do odbudowy rowu melioracyjnego. Dla metody przewiertu wyższe koszty sprzętu od przeciwstawnej technologii związane są z wykorzystaniem na potrzeby posadowienia rur wiertnic i wykonania przewiertów. Z podsumowania kosztów bezpośrednich wynika, że budowa sieci gazowej metodą wykopów otwartych jest droższą i mniej opłacalną ekonomicznie.

Budowa sieci gazowej w/c DN500 L = 312 m w M

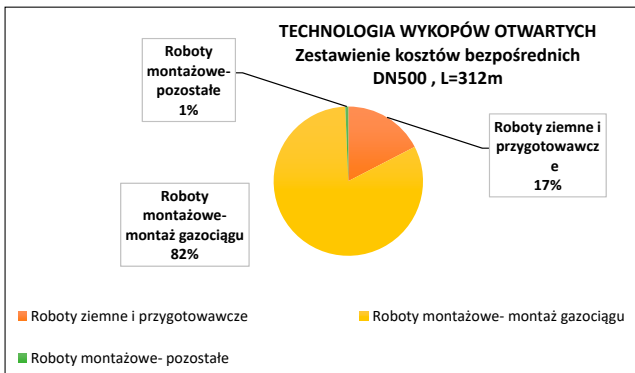
Tabela 6. Elementy scalone kosztorysu gazociągu w M
Table 6. Integrated elements of the gas pipeline cost estimate in M

| Elementy kosztorysu DN500 L=312m | | |
|---|------------------|------------------|
| Sposób wykonania robót | Wykop otwarty | Przewiert HDD |
| Element | Wartość [zł] | Wartość [zł] |
| 1. Roboty ziemne | 94 016,17 | 2 971, 25 |
| 2. Roboty montażowe – montaż gazociągu | 442725,73 | 441934,01 |
| 3. Roboty montażowe – pozostałe | 3532,80 | 150532,80 |
| Sumaryczna powierzchnia placu budowy | 540274,70 | 595438.08 |

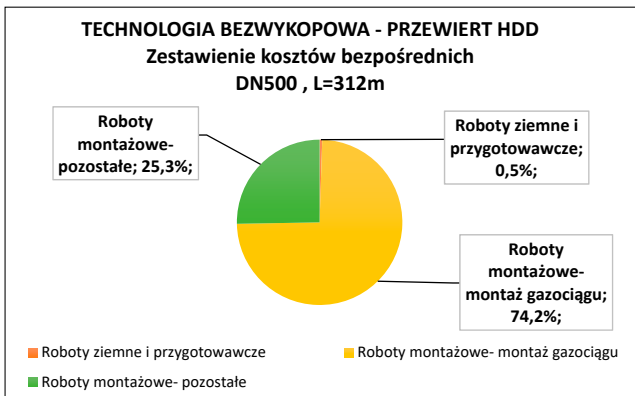
Podsumowanie elementów scalonych kosztorysu budowy gazociągu DN500 L=312 pokazuje zdecydowane różnice w przypadku robót ziemnych i przygotowawczych oraz pozostałych robotach montażowych dla porównywanych technologii posadowienia sieci gazowej. Wpływ na dysproporcję w przypadku robót ziemnych ma przede wszystkim liczba wykonywanych wykopów i prac związanych z urabianiem i zwałowaniem gruntu. W przypadku technologii przewiertu liczba wykopów jest ograniczona do minimum, natomiast zwiększa się wartość prac pozostałych, w których uwzględnione jest przygotowanie stanowiska i praca wiertnicą montującą pospawany rurociąg w gruncie. W przypadku gazociągu DN500 o długości 312 m z opracowanej kalkulacji wynika, iż w danych warunkach tańszą metodą jest budowa sieci metodą wykopów otwartych. Wpływ na to ma przede wszystkim różnica w kosztach wykonania wykopów do głębokości 2,0 m na długości 312 m a przewiertem HDD na tej samej długości w danych warunkach. Ze względu na średnicę DN500 budowanego gazociągu wykonanie przewiertu jest stosunkowo drogie i wynosi zgodnie z opracowanym kosztorysem 147 tys. zł. Koszty wykonania na odcinku 312 m wykopów są o prawie 50 tys. zł niższe. Biorąc pod uwagę całe nakłady na budowę gazociągu metodą uzasadnioną ekonomicznie jest technologia wykopów otwartych, która jest o 55 tys. zł tańsza. Dane warunki montażu, średnica gazociągu i długość sprawiają, że dla danej inwestycji racjonalnym wyborem jest budowa wykopowa.

W przypadku budowy gazociągu DN500 L=312m na podstawie przeprowadzonej analizy, stwierdzono, że największy udział kosztów przypada robotom montażowym, które wynoszą 82% całego przedsięwzięcia. Oszacowana wartość wykopów otwartych stanowi 17% inwestycji.

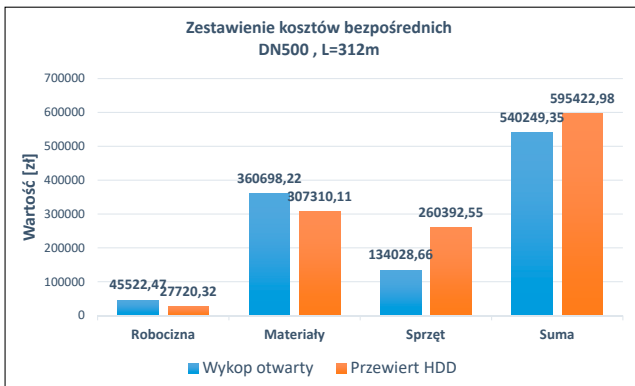
W przypadku technologii przewiertu HDD roboty montażowe gazociągu stanowią 74% całkowitych kosztów. Roboty pozostałe, w tym wykonanie przewiertu 25%.



Rys. 4.
Procentowe zestawienie kosztów DN500 L = 312m
Fig. 4. Percentage cost statement DN500 L = 312m



Rys. 5.
Procentowy wykres kosztów bezpośrednich - DN500 L = 312m
Fig. 5. Percentage chart of direct costs - DN500 L = 312m



Rys. 6.
Zestawienie kosztów bezpośrednich - DN500 L = 312m
Fig. 6. Direct costs breakdown - DN500 L = 312m

Porównanie inwestycji

Największy udział w kosztach bezpośrednich przypada materiałom. Zgodnie z przygotowanymi kosztorysami elementem o największej wartości są wykorzystane do budowy rury stalowe. Przede wszystkim na cenę rur ma wpływ średnica, grubość ścianki i gatunek stali. Wymagania właściwej jednostki operacyjnej zajmującej się dystrybucją gazu określają szczegółowo parametry jakie musi spełniać projektowany i budowany gazociąg. Wśród nich wyróżnia się maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze, przy którym będzie pracowała sieć gazowa, przepustowość i wymagania materiałowe. Czynniki te wpływają na cenę metra bieżącego danej rury. Ważnym elementem w przypadku materiałów są także armatura i kształtki, których liczba znacznie wpływa na koszty budowy gazociągu, szczególnie w przypadku

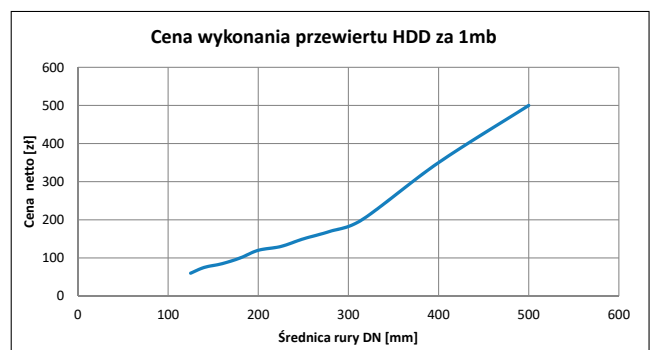
dużych średnic i wysokiego ciśnienia. Projektowana inwestycja włączana jest do czynnej sieci gazowej z wykorzystaniem hermetycznej metody Williamsona i wykonaniem by passu na sieci. Koszt tego przedsięwzięcia zgodnie z wyceną stanowi prawie 40% kosztów materiałowych i ponad 30% robót montażowych.

Zestawiając elementy scalone kalkulacji dla obu projektowanych realizacji widać, iż roboty ziemne i przygotowawcze w przypadku metody wykopów otwartych nie stanowią największych kosztów inwestycji, którymi są roboty montażowe gazociągu. Wartość ta przede wszystkim wynika z rodzaju występujących gruntów na danych obszarach. Zarówno w przypadku Z, jak i M mamy do czynienia ze średnio zagęszczonymi gruntami o odpowiedniej do wykonywania prac ziemnych urobialności. Nie występują także utrudnienia i przeszkody terenowe oraz nawierzchnie asfaltowe lub betonowe, które podnosiły koszt przygotowania wykopów. Projektowane gazociągi zlokalizowane są w pasach terenu stanowiących łąki i tereny uprawne, w związku z czym nie występują duże nakłady finansowe związane z odwarzaniem nawierzchni do pierwotnego stanu. Budowa gazociągów wysokiego ciśnienia wymaga materiałów o odpowiednich wymaganiach, wykwalifikowanych pracowników i szeregu badań, które wpływają na koszty robót montażowych gazociągu. W przypadku budowy bezwykopowej roboty ziemne są do minimum, zapobiegając ingerencji w nawierzchnię terenu.

Tabela 7. Zestawienie kosztów budowy gazociągów w/c
Table 7. Costs breakdown of building high-pressure gas pipelines

| Inwestycja | Gazociąg w/c DN200 L=1814m | | Gazociąg w/c DN500 L=312m | |
|------------------|----------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | Wykop otwarty | Przewiert HDD | Wykop otwarty | Przewiert HDD |
| 1. Koszt budowy | 1 378 416,29 | 1 285 341,64 | 540 274,70 | 595437,06 |
| 2. Cena za 100mb | 75 987,72 | 70 856, 76 | 173 164,97 | 190 845,53 |
| 3. Cena za 1 mb | 759,88 | 708,57 | 1 731,65 | 1 908,46 |

Na podstawie uzyskanych wyników i zestawień w przypadku budowy gazociągu w/c DN200 o długości 1814 m w Z metoda bezwykopowa – przewiert HDD jest rozwiązaniem tańszym i bardziej uzasadnionym ekonomicznie. Różnica kosztów budowy porównywanymi metodami wynosi około 100 tys. złotych (tab. 7). W przypadku budowy gazociągu w/c DN500 o długości 312 m racjonalnym wyborem na podstawie analizy jest posadowienie gazociągu z wykorzystaniem metody wykopów otwartych, która wymaga nakładów pieniężnych o około 50 tys zł mniejszych niż w przypadku technologii bezwykopowej (tab. 7). W przeliczeniu na 1 mb gazociągu różnica ceny budowy pomiędzy inwestycjami wynosi ponad 1 tys zł (tab. 7).



Rys. 7.
Budowa sieci gazowej w/c metodą bezwykopową – koszt wykonania przewiertu HDD
Fig. 7. High-pressure gas network construction using the trenchless method - cost of HDD drilling

Harmonogram robót i czas pracy

Budowa gazociągu i organizacja pracy na budowie przebiegają według uprzednio przygotowanego harmonogramu, zgodnie z którym wykonywane są kolejne etapy robót. Realizacja przedsięwzięcia rozpoczyna się od wykonania prac przygotowawczych polegających na zagospodarowaniu placu budowy i wytyczeniu trasy rurociągu. Kolejnym etapem jest wykonanie prac ziemnych umożliwiających posadowienie gazociągu, w tym wykonanie wykopów oraz zagospodarowanie urabianej ziemi. Po przygotowaniu podłoża następuje montaż gazociągu sekcjami, które transportowane są w miejsce ich posadowienia. Sposób transportu zależy od technologii wykonywanych prac. W przypadku wykopów otwartych wykorzystywane są dźwigi lub żurawie z wysięgiem bocznym, natomiast budowa bezwykopowa – przewiert HDD realizowany jest za pomocą wiertnic. Zakończeniem prac jest wykonanie prób wytrzymałości i szczelności oraz odbiory końcowe.

Na potrzeby oceny czasów realizacji poszczególnych czynności na etapie budowy dla technologii budowy bezwykopowej i wykopów otwartych wyszczególniono najważniejsze z nich oraz całość robót podzielono według typów na prace: przygotowawcze i ziemne, roboty montażowe gazociągu oraz roboty montażowe pozostałe.

Budowa sieci gazowej w/c L=1814 m

Organizację prac wraz z szacowanym czasem wykonania poszczególnych czynności przedstawiono w tabeli 8 wraz z podziałem na technologie budowy. Część elementów dla obu sposobów wykonywane jest w takim samym czasie i wymaga określonej liczby godzin pracy. Doskonałym przykładem jest czas wykonania próby szczelności, który niezależnie od technologii

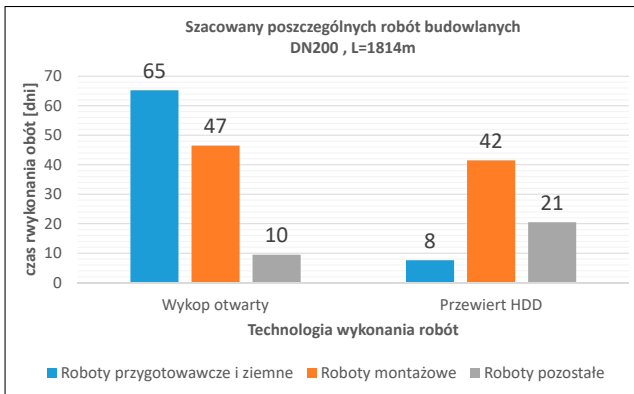
wynosi 24 godziny. W przypadku przewiertu HDD, ze względu na trasę rurociągu oraz zmiany kierunku, przedstawione w części rysunkowej na planie zagospodarowania terenu zostały przewidziane do wykonania trzy przewierci o długościach odpowiednio 150 m, 800 m i 780 m. Technologia bezwykopowa na potrzeby analizy została zakwalifikowana do robót montażowych pozostałych. Przyjęto, że jeden dzień pracy wynosi osiem godzin.

Budowa przedmiotowego gazociągu w technologii wykopu otwartego wymaga największej liczby godzin na potrzeby wykonania prac ziemnych i przygotowania wykopów, w tym odszpalania i urabiania gruntu, zabezpieczenia ścian, a po zakończeniu prac zasypywania wraz z zagęszczaniem i rekultywacją terenu. Czynności te łącznie wymagają 448 godzin pracy, co stanowi prawie połowę całego czasu realizacji inwestycji. Zwrócić szczególną uwagę należy także na konieczność odłarowania nawierzchni i porządkowania terenu. W danym przypadku dla technologii wykopów otwartych przywracane do stanu pierwotnego są: pas montażowy na całej szerokości, tereny składowania i transportu materiałów oraz utwardzone drogi i rów melioracyjny. Należy podkreślić, że przedmiotowa budowa przebiega przez jezdnię wykonaną z zagęszczonego tłucznia i kruszywa, natomiast w przypadku nawierzchni asfaltowych bądź betonowych nakłady byłyby zdecydowanie wyższe zarówno w kontekście czasu potrzebnego do odbudowy, jak również kosztów odtworzenia. Metoda bezwykopowa nie powoduje ingerencji w nawierzchnie jezdni, rowy, ulepszone i zagospodarowane powierzchnie, co pozwala zdecydowanie ograniczyć powierzchnię przywracania terenu do stanu pierwotnego. Wymagają tego wyłącznie miejsca przygotowanych komór nadawczych i odbiorczych, składowania materiałów i urządzeń oraz teren pracy wiertnicy.

Zestawienie czasu wykonania inwestycji dwiema metodami z podziałem na poszczególne typy czynności i podsumowaniem ich długości trwania przedstawiono na wykresie (rys. 8). Roboty

Tabela 8. Harmonogram prac budowlanych gazociąg DN200 L=1814 m w Z
Table 8. Construction work schedule DN200 gas pipeline L = 1814 m in Z

| Harmonogram prac budowlanych | | |
|---|----------------------|---------------------|
| Sposób wykonania budowy | Wykop otwarty | Przewiert HDD |
| Nazwa czynności | Czas wykonania [h] | Czas wykonania [h] |
| 1. Wstępne przygotowanie i zagospodarowanie placu robót | 8 | 8 |
| 2. Odprawa i przeszkolenie pracowników na terenie budowy | 2 | 2 |
| 3. Dostawa materiałów i urządzeń na plac budowy i organizacja składowania | 8 | 8 |
| 4. Wyznaczenie obszarów wykonywania prac montażowych, spawalniczych, ustawienie sprzętu i urządzeń montażowych. | 16 | 16 |
| 5. Geodezyjne wytyczenie trasy gazociągu, niwelacja terenu, oznaczenie. | 16 | 16 |
| 6. Wykonanie i zabezpieczenie wykopów otwartych, prace ziemne. | 448 | 8 |
| 7. Wykonanie prac spawalniczych i montażowych odcinków gazociągu | 180 | 200 |
| 8. Transport sekcji gazociągu do wykopu | 24 | - |
| 9. Wykonanie prac spawalniczych i montażowych sekcji gazociągu | 44 | 8 |
| 10. Wykonanie badań nieniszczących i prób szczelności | 24 | 24 |
| 11. Izolacja spoin | 32 | 32 |
| 12. Posadowienie trzech sekcji sieci metodą przewiertu HDD | - | 144 |
| 13. Odkrycie istniejącego gazociągu, wykonanie cięć i przyłączenie do sieci. Prace spawalniczo-montażowe | 48 | 48 |
| 14. Kontrola i badania gazociągu | 16 | 16 |
| 15. Odbiór techniczny wykonanych robót | 4 | 4 |
| 16. Zасыpanie wykopów | 24 | 3 |
| 17. Odtworzenie nawierzchni i uporządkowanie terenu | 40 | 4 |
| 18. Odbiór końcowy | 6 | 6 |
| 19. Wywóz materiałów, utylizacja odpadów | 16 | 4 |
| 20. Uporządkowanie placu robót i zakończenie budowy | 12 | 6 |
| Roboty przygotowawcze i ziemne | 522 [h] | 61 [h] |
| Roboty montażowe - gazociągu | 372 [h] | 332 [h] |
| Roboty montażowe - pozostałe | 76 [h] | 164 [h] |
| Całkowity szacowany czas budowy (1 dzień roboczy = 8h) | 974 [h] 121 [dni] | 557 [h] 69 [dni] |



Rys. 8.
Szacowany czas poszczególnych robót DN200 L = 1814 m w Z
Fig. 8. Estimated time of individual works DN200 L = 1814 m in Z

montażowe gazociągu dla obu metod mają zbliżone wartości, natomiast istotnym elementem jest to, iż dla budowy bezwykopowej gazociąg montowany jest w jeden odcinek, który następnie posadowiony jest w gruncie. W przypadku układania sieci w wykopach otwartych gazociąg wymaga spawania w sekcje, które następnie transportowane są do gruntu, gdzie łączone są w całość. Transport oraz łączenie odcinków w wykopie wydłużają czas trwania prac montażowych. Biorąc pod uwagę roboty montażowe gazociągu dla obu metod zakres koniecznej do wykonania pracy nie różni się w sposób znaczący. Na czas wykonania spawania i montażu gazociągu wpływają głównie długość rurociągu, średnica i liczba wykonywanych połączeń, które w obu metodach są sobie równe. W przypadku danej inwestycji technologia budowy nie podniesie efektywności wykonania prac spawalniczych i montażowych. Zasadnicza dysproporcja w długości prowadzonych prac jest na etapie robót ziemnych, które obejmują zarówno przygotowanie

wykopów, jak i ich zasypywanie oraz odtwarzanie terenu. Różnica między metodami wynosi 57 dni, co przekłada się na godzinny pracy poszczególnych urzędników, maszyn i pracowników budowlanych. Elementem mającym przełożenie na czas wykonania tych czynności jest długość budowanej sieci, szerokość i głębokość wykopów, kategoria i rodzaj gruntu oraz powierzchnia zajęcia podlegająca po zakończeniu robót odtwarzaniu i rekultywacji.

Metoda bezwykopowa od rozpoczęcia organizacji placu budowy do zakończenia prac i oddania terenu będzie trwała 69 dni, natomiast budowa tradycyjną technologią wykopów otwartych 119 dni.

Dla budowy gazociągu o długości 1814 m w Z, zdecydowanie szybszą metodą jest budowa z wykorzystaniem przewiertu HDD. Całkowity czas jest prawie dwa razy krótszy niż w przypadku posadowienia gazociągu wykonując wykopki otwarte. Metoda bezwykopowa wykluczy konieczność przeprowadzenia prac ziemnych, w tym przygotowania i szalowania wykopów oraz odtwarzania terenu po zakończeniu prac. Szczególną uwagę należy zwrócić na fakt odbudowy naruszonych nawierzchni, takich jak rów melioracyjny i drogi utwardzone, co powoduje wydłużenie czasu budowy. Dla przedmiotowego przedsięwzięcia pod względem szacowanego okresu realizacji inwestycji zdecydowanie bardziej ekonomicznym rozwiązaniem będzie wybór metody bezwykopowej. Ograniczona ona okres i koszt zajęcia terenów. W przypadku obszarów wykorzystywanych w gospodarce rolnej prócz zredukowania ingerencji w powierzchnię terenu, pozwoli na krótsze ograniczenie jego użytkowania podczas trwania robót.

Budowa sieci gazowej DN500 w/c L=312 m

Harmonogram prac budowlanych na potrzeby realizacji gazociągu DN500 w/c o długości 312 m z szacunkowym czasem wykonania poszczególnych etapów przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Harmonogram prac budowlanych gazociąg DN500 L = 312 m w M
Table 9. Construction works schedule DN500 gas pipeline L = 312 m in M

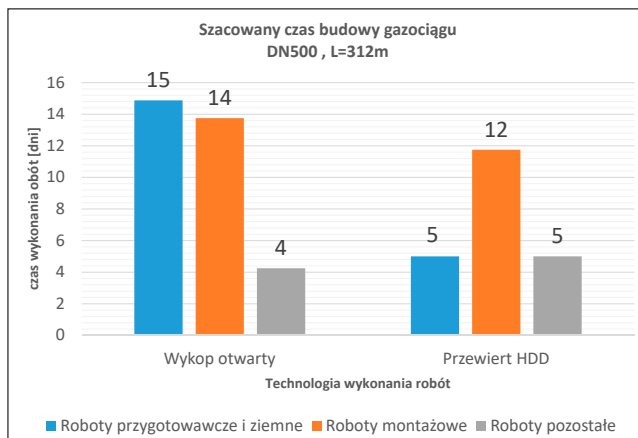
| Harmonogram prac budowlanych | | | |
|--|--|---------------------|---------------------|
| Sposób wykonania budowy | | | |
| | Nazwa czynności | | |
| | | Wykop otwarty | |
| | | Przewiert HDD | |
| | | Czas wykonania [h] | |
| | | Czas wykonania [h] | |
| 1. | Wstępne przygotowanie i zagospodarowanie placu robót | 8 | 8 |
| 2. | Odprawa i przeszkolenie pracowników na terenie budowy | 3 | 3 |
| 3. | Dostawa materiałów i urządzeń na plac budowy i organizacja składowania | 8 | 8 |
| 4. | Wyznaczenie obszarów wykonywania prac montażowych, spawalniczych, ustawienie sprzętu i urządzeń montażowych. | 8 | 8 |
| 5. | Geodezyjne wytyczenie trasy gazociągu, niwelacja terenu, oznaczenie. | 4 | 4 |
| 6. | Wykonanie i zabezpieczenie wykopów otwartych, prace ziemne. | 72 | 4 |
| 7. | Wykonanie prac spawalniczych i montażowych odcinków gazociągu | 40 | 48 |
| 8. | Transport sekcji gazociągu do wykopu | 8 | - |
| 9. | Wykonanie prac spawalniczych i montażowych sekcji gazociągu | 16 | - |
| 10. | Wykonanie badań nieniszczących i prób szczelności | 24 | 24 |
| 11. | Izolacja spoin | 8 | 8 |
| 12. | Posadowienie trzech sekcji sieci metodą przewiertu HDD | - | 24 |
| 13. | Odkrycie istniejącego gazociągu, wykonanie cięć i przyłączenie do sieci. Prace spawalniczo-montażowe | 8 | 8 |
| 14. | Kontrola i badania gazociągu | 4 | 4 |
| 15. | Odbiór techniczny wykonanych robót | 2 | 2 |
| 16. | Zasypywanie wykopów | 16 | 4 |
| 17. | Odtworzenie nawierzchni i uporządkowanie terenu | 16 | 2 |
| 18. | Odbiór końcowy | 6 | 6 |
| 19. | Wywóz materiałów, utylizacja odpadów | 8 | 4 |
| 20. | Uporządkowanie placu robót i zakończenie budowy | 4 | 4 |
| Roboty przygotowawcze i ziemne | | 119 [h] | 63 [h] |
| Roboty montażowe | | 110 [h] | 94 [h] |
| Roboty pozostałe | | 34 [h] | 16 [h] |
| Całkowity szacowany czas budowy (1 dzień roboczy = 8h) | | 263 [h] 33 [dni] | 173 [h] 22 [dni] |

Organizację prac podsumowano w zestawieniu z określeniem długości trwania robót ziemnych i przygotowawczych, montażu gazociągu i pozostałych prac montażowych. Technologia bezwykopowa została zakwalifikowana do metod montażowych – pozostałych na potrzeby przedmiotowej oceny. Ze względu na zakres inwestycji część prac zarówno dla metody wykopów otwartych, jak i przewiertu HDD wykonywana jest w takim samym czasie niezależnie od technologii.

Różnice między technologiami przede wszystkim występują w czynnościach, takich jak: wykonanie i zabezpieczenie wykopów, prace ziemne oraz odtwarzanie i uporządkowanie nawierzchni. Na potrzeby przewiertu HDD wykonywane są wyłącznie wykopy pod komory nadawcze i odbiorcze, których wykonanie szacuje się na 4 godziny oraz przewidywane jest przygotowanie wiertnicy i posadowienie bezwykopowe w terminie 24 godzin, natomiast druga metoda wymaga urabiania gruntu na całej długości budowanego rurociągu, a przygotowanie wykopów pod ułożenie gazociągu wyniesie 72 godziny. Elementem wydłużającym termin realizacji budowy przy metodzie wykopowej jest także w przypadku prac spawalniczych łączenie sekcji gazociągu. Łączone odcinki na powierzchni transportowane są do wykopu gdzie wykonywane jest ich spawanie w jedną całość. Technologia wykopowa wymaga także odtwarzania i uporządkowania większej powierzchni, co znacząco wpływa na termin realizacji przedsięwzięcia.

Na wykresie (rys. 9) przedstawiono czas wykonania robót w zależności od technologii z podziałem na poszczególne typy prac. Roboty montażowe wymagają zbliżonej liczby dni na ich realizację. Różnica widoczna jest natomiast na etapie robót ziemnych i pozostałych, na które składają się czynności urabiania gruntu, przygotowania wykopów, uporządkowania i odtwarzania terenu oraz wykonania przewiertu w przypadku metody bezwykopowej. Posadowienie rurociągu w technologii HDD nie wymaga wykopów na całej długości sieci oraz odbudowy nawierzchni i elementów zagospodarowania terenu, w związku z czym jest metodą szybszą i bardziej efektywną wszędzie tam, gdzie występują ulepszone nawierzchnie.

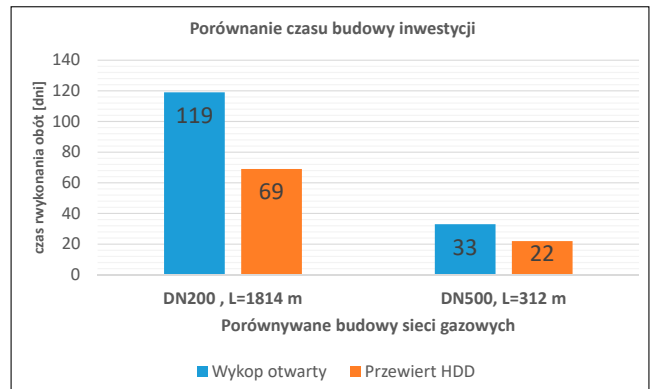
Realizacja budowy sieci gazowej DN500 L = 312 m w M wymaga w przypadku technologii wykopów otwartych 33 dni, natomiast przewiertu HDD 22 dni. Technika bezwykopowa pozwala zdecydowanie szybciej wykonać inwestycję, składa się na to przede wszystkim brak prac związanych z wykonywaniem i zabezpieczaniem wykopów oraz odtwarzaniem terenu. Krótszy termin realizacji jest zdecydowanie bardziej uzasadniony ekonomicznie, ze względu na opłaty za zajęcie terenu oraz liczbę roboczogodzin pracowników i maszyn budowlanych.



Rys. 9. Szacowany czas poszczególnych robót DN500 L = 312m
Fig. 9. Estimated time of individual works DN500 L = 312m

Porównanie inwestycji

Realizacja budowy gazociągów przebiega według wstępnie określonego harmonogramu prac. W zależności od długości i średnicy gazociągu, warunków terenowych i głębokości jego posadowienia okres realizacji przedsięwzięcia będzie się zmieniał. W przypadku porównywanych inwestycji metoda przewiertu HDD wymaga mniej czasu na realizację, jest metodą szybszą oraz ogranicza część robót ziemnych i przygotowawczych do minimum. Na wykresie (rys. 10) został przedstawiony szacowany czas realizacji dla budowanych gazociągów w M o długości 312 m i w Z o długości 1814 m.



Rys. 10. Porównanie czasu budowy inwestycji
Fig. 10. Comparison of the investment construction time

Wpływ na czas budowy przede wszystkim mają długość i średnica gazociągu, co zauważyć można na wykresie (rys. 10). W przypadku gazociągu o długości całkowitej 1814m czas realizacji metodą wykopów otwartych jest prawie dwa razy dłuższy. Dla przedmiotowych inwestycji bardziej ekonomiczna pod względem czasu budowy będzie technologia bezwykopowa. Pozwoli przede wszystkim zmniejszyć czas zajęcia terenu oraz liczbę roboczogodzin i maszynogodzin, a co za tym idzie nakładów finansowych. Istotnym elementem biorąc pod uwagę czas robót jest także charakter realizacji. Dlatego biorąc pod uwagę szacowany czas dla obu przedsięwzięć przewiert HDD jest bardziej optymalnym wyborem.

Podsumowanie

Na potrzeby analizy ekonomicznej budowy sieci gazowej wysokiego ciśnienia metodą wykopów otwartych i bezwykopową przygotowano szczegółowe kosztorysy dla poszczególnych inwestycji oraz każdej z metod. Opracowano również harmonogram robót od etapu przygotowania do odbiorów końcowych inwestycji. Na podstawie sporządzonych zestawień, opracowań i kalkulacji określono, która z technologii wykonania prac jest bardziej uzasadniona ekonomicznie.

Czynnikiem, który wpływa na wybór metody oraz nakłady finansowe budowy gazociągu są warunki terenowe. Zarówno istniejące zagospodarowanie obszaru, jak i warunki gruntowe determinują technologię i rzutują na całkowity koszt realizacji inwestycji. Profil litologiczny, kategoria gruntu oraz stopień zagęszczenia przyczynią się do wzrostu lub obniżenia wartości nakładów na roboty ziemne i przygotowawcze oraz przewiert HDD. Metoda bezwykopowa jest bardziej ekonomiczna w przypadku wykonywania długich odcinków przy głębszym posadowieniu sieci oraz w pasach terenu, gdzie występują nawierzchnie ulepszone i przeszkody terenowe. Budowa na wolnych

i niezagospodarowanych przestrzeniach, krótsze odcinki gazociągu, liczne zmiany kierunków, płytkie posadowienie oraz ewentualny demontaż istniejącej sieci przeważają na korzyść metody wykopów otwartych, ponieważ w takich warunkach koszty będą niższe, a budowa bardziej opłacalna ekonomicznie.

Rodzaje zaangażowanego sprzętu i maszyn oraz zajmowana powierzchnia budowy rzutują zarówno na termin realizacji, jak i wartość realizacji. Technologia przewiertu pod tym względem jest bardziej opłacalna ekonomicznie. Gazociąg nie wymaga szerokiego pasa montażowego, jest spawany w całości oraz ogranicza liczbę wykorzystywanych maszyn budowlanych. Istotnym elementem budowy bezwykopowej jest brak ingerencji w pas terenu, w którym budowany jest gazociąg. Ogranicza to przede wszystkim koszty odtworzenia nawierzchni i wartość wypłacanych odszkodowań właścicielom. Technologia budowy gazociągów z zastosowaniem wykopów otwartych wymaga szerokiego pasa montażowego wyposażonego w ciągi komunikacyjne oraz większą liczbę pracowników, dźwigów i koparek. Konieczność odbudowy naruszonych poprzez wykopy i urabianie gruntu nawierzchni oraz elementów zagospodarowania terenu rzutuje na efektywność realizacji i nakłady finansowe.

Jednym z ważnych elementów realizacji inwestycji jest czas wykonania robót budowlanych. Duże znaczenie ma charakter inwestycji, ponieważ inny harmonogram prac zostanie narzucony w przypadku awarii gazociągu lub jego przebudowy a odmienny dla budowy nowego gazociągu. Czas wykonania jest kluczowy jeżeli na skutek uszkodzenia rurociągu wymagana jest możliwie jak najszybsza jego wymiana na danym odcinku. Wtedy znaczenie kosztów budowy może zostać postawione poniżej terminu realizacji. Budowa nowych odcinków sieci gazowej obciąża do zrównoważenia priorytetów i wyboru optymalnej wersji biorąc pod uwagę koszty budowy.

Z wykonanej analizy wynika, że koszty budowy gazociągu DN200 o długości 1814 m w Z są niższe o około 100 tys. zł. w przypadku technologii przewiertu HDD, jednocześnie jest metodą o dwukrotnie krótszym czasie realizacji, co czyni ją bardziej racjonalną i ekonomiczną. Projektowany gazociąg DN500 o długości $L = 312$ m w M w oparciu o wykonaną analizę wymaga mniejszych o około 50 tys. zł nakładów finansowych na realizację w przypadku zastosowania technologii wykopów otwartych, natomiast czas jego budowy szacowany jest o 50% dłuższy w porównaniu z technologią bezwykopową.

Najwyższymi kosztami składowymi budowy gazociągu w/c jest materiał składający się w głównej mierze z rur stalowych wraz z kształtkami i armaturą. Odpowiedni dobór zgodnie z wymaganiami technicznymi operatora sieci średnicy, grubości ścianki i gatunku stali będzie miał zasadniczy wpływ na koszty

budowy. W przypadku budowy z zastosowaniem przewiertu HDD większa średnica gazociągu generuje większe koszty bezwykopowego posadowienia gazociągu. Długość odcinka budowanego rurociągu również wpłynie na koszty przewiertu, zmniejszając je w zależności od długości w odniesieniu do realizacji wykopami otwartymi.

Budowa gazociągu wysokiego ciśnienia wymaga odpowiedniego przygotowania inwestycji od wykonania badań gruntu i projektu po organizację pracy na placu budowy. Dobór technologii budowy w szczególności zależy od istniejącego zagospodarowania terenu i warunków geotechnicznych. Metoda wykopów otwartych sprawdza się w sytuacjach, gdzie niemożliwe jest wykonanie przewiertów i na stosunkowo krótkich odcinkach o niewielkim zagłębieniu projektowanej sieci, bez istotnych przeszkód terenowych, takich jak drogi o nawierzchni asfaltowej czy cieki wodne. Wykonanie prac bezwykopowo stosowane jest często przy przekroczeniach dróg asfaltowych, zagospodarowanych terenów i rzek.

Do wykonania każdej inwestycji należy jednak podchodzić indywidualnie i przeanalizować wszelkie czynniki determinujące bardziej ekonomiczną i efektywniejszą technologię wykonania robót.

LITERATURA:

- [1] www.pgnig.pl: Aktualności 2019
- [2] Gaz-System S.A.: Krajowy dziesięcioletni plan rozwoju systemu przesyłowego, Warszawa 2017
- [3] Instytut Nafty i Gazu- PIB: Rynek Polskiej Nafty i Gazu. Kraków 2018
- [4] Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.: Zasady projektowania gazociągów podwyższonego średniego i wysokiego ciśnienia, Tarnów 2019
- [5] Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.: Zasady budowy, technologii spajania i napraw sieci gazowych, Tarnów 2017
- [6] Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.: Zasady projektowania i budowy ochrony przeciwkorozyjnej stalowych sieci gazowych, Tarnów 2017
- [7] Gaz-System S.A.: Instrukcja w zakresie wymagań do projektowania infrastruktury systemu przesyłowego Operatora Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A., Warszawa 2016r.
- [8] Gaz-System S.A.: Instrukcja określająca wymagania Operatora Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A. dla rur stalowych, zaworów kulowych, zasuw klinowych, napędów armatury, wykonania złączy rur spawanych doczołowo, załadunku, transportu, rozładunku i składowania rur stalowych, Warszawa 2016r.
- [9] Gaz-System S.A.: Wytyczne dla rur stalowych przewodowych dla mediów palnych Operatora Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A.
- [10] Inżynieria Bezwykopowa Sp. z o.o.: Inżynieria Bezwykopowa 1/2007, Kraków 2007
- [11] Wiśniowski R, Ziąja J: Dobór parametrów mechanicznych urządzeń wiertniczych stosowanych w technologiach HDD, Kraków 2006
- [12] www.cat.com
- [13] www.normag.nl
- [14] Sekocenbud, Informacje kwartalne RMS (IMB,IMI,IME,IRS, Sekocenbud.NET), 3 kw. 2019
- [15] Intercentbud, Ceny średnie RMS wyd. 2/2017
- [16] Intercentbud, Ceny producentów i dostawców, wyd. 2/2017
- [17] Wacelob Ośrodek Kosztorysowania Robót Budowlanych, Katalog nr 2-19 nakładów rzeczowych, Warszawa 2012