

# Uplynniony grunt – rewolucja w budowie infrastruktury sieciowej

Daniel Słyś, Józef Dziopak, Jacek Nałaskowski\*)

## Wprowadzenie

Wstąpienie Polski do struktur Unii Europejskiej otworzyło przed naszym krajem ogromne możliwości inwestowania pozyskanych środków w infrastrukturę techniczną miast i gmin. Wśród obszarów, które szczególnie wymagają inwestycji, albowiem zaniedbania w nich są bardzo znaczne, są systemy odprowadzania i oczyszczania ścieków. Chroniczny brak środków w latach wcześniejszych, przeznaczonych na rozbudowę i unowocześnianie tych systemów, spowodował liczne zapóźnienia, a często również nieprzystawanie ich rozwiązań do obecnych standardów technicznych i wymagań ochrony środowiska.

Obecnie polskie miasta i gminy mają dostęp zarówno do znacznych środków finansowych z funduszy europejskich, jak i najnowszych technologii stosowanych za granicą. Przyjmowanie europejskich norm technicznych i ekologicznych powoduje, że nowo projektowanym lub modernizowanym systemom stawia się coraz większe wymagania, którym muszą sprostać zarówno projektanci, jak i wykonawcy.

Jedną z innowacyjnych, a coraz bardziej powszechnych technologii w wykonawstwie sieci kanalizacyjnych rozpowszechnionych szczególnie w Niemczech, jest technologia upłynniania czasowego gruntu służącego do wypełniania wykopów budowlanych, w tym w głównej mierze wykopów pod sieci kanalizacyjne. Dodatkowe połączenie tej technologii z nowoczesnymi konstrukcjami dualnych studni kanalizacyjnych ma bardzo wiele zalet, co skłania do tezy, że w przyszłości te technologie zastąpią w dużej części tradycyjne metody budowy sieci.

## Uplynniony grunt a technologia tradycyjna

Wyniki badań laboratoryjnych [1] i studialnych [2], a w szczególności praktyka inżynierska [3], świadczą o zdecydowanej przewadze technologii upłynnionego gruntu nad technologią zagęszczenia przy tradycyjnym układaniu przewodów. Jest to widoczne we wszystkich aspektach budowy i eksploatacji sieci, które odnoszą się zarówno do jakości ich wykonania, trwałości przewodów, kosztów eksploatacji i ochrony środowiska, jak również w większości przypadków do kosztów jej budowy.

Zasadniczym problemem w wykonawstwie sieci kanalizacyjnych z rur podatnych jest doprowadzenie do właściwego zagęszczenia warstw strefy przewodu, które jest niezbędne do uzyskania jego niezawodnej i trwałej eksploatacji. Osiągnięcie wymaganych parametrów zagęszczenia gruntu w niewralgicznych obszarach wykopu, w szczególności w strefie pachwin oraz pomiędzy szalunkiem a ścianami rury, jest praktycznie niemożliwe lub bardzo

utrudnione z wykorzystaniem technologii tradycyjnej, przy szerokościach wykopu określonych w normie EN PN 1610 [4]. Poprawa dokładności wykonania obsypki w okolicach pachwin przewodów wymaga zwiększenia szerokości wykopów, a to oczywiście związane jest bezpośrednio ze wzrostem kosztów wykonania sieci. Zatem inwestor musi stanąć przed dylematem, czy zadowol się nie najwyższą jakością wykonania, czy też zainwestować w szersze wykopu nie mając pewności, że ta inwestycja odniesie spodziewany efekt. W wielu przypadkach uzyskanie właściwego stopnia zagęszczenia warstw gruntu wokół przewodu jest niemożliwe ze względu na występujące w bezpośredniej bliskości zagęszczenie innych rodzajów sieci. Przykład sytuacji, w której wykonanie strefy przewodu w technologii tradycyjnej jest wyjątkowo utrudnione lub niemożliwe, pokazano na rys. 1.

W technologii zalewania wykopu upłynnionym gruntem nie ma podobnych problemów. W łatwy sposób uzyskuje się właściwe parametry zagęszczenia i najwyższą dokładność wykonania strefy przewodu, zarówno obok, nad, jak i pod nim. Dzięki takiemu wykonaniu można mieć pewność niezawodnego działania przewodu w ośrodku gruntowym w długiej perspektywie czasowej.

Technologia upłynnionego gruntu pozwala na ograniczenie szerokości wykopu. Szczególnie jest to widoczne w przypadku dużych średnic przewodów. W tabeli 1 przedstawiono wymagane przez normę PN-S-02205 [5] szerokości wykopu przy głębokości ułożenia kanału wynoszącej 3,5 m i szalunku ścian wykopu płytami o grubości 15 cm przy technologii tradycyjnej i oddzielnie z wykorzystaniem innowacyjnej technologii upłynnionego gruntu.

Poczynając od średnicy 500 mm można zaobserwować istotne oszczędności szerokości wykopu, wynoszące dla tej średnicy oprawy 35%. Zmniejszenie szerokości wykopu jest bardzo istotne, nie-



Rys. 1. Przykład sytuacji, w której gęstość sieci uniemożliwia poprawne wykonanie strefy zagęszczenia gruntu wokół przewodu w technologii tradycyjnej

\*) Daniel Słyś, Józef Dziopak – Politechnika Rzeszowska, Katedra Infrastruktury i Ekorozwoju, al. Powstańców Warszawy 6, 35-082 Rzeszów; Jacek Nałaskowski – [K]-NAL, Ingenieurbüro für innovativen Kanalbau, k/Teck, Niemcy

kiedy strategiczne, zarówno z punktu widzenia kosztów budowy, jak i możliwości wykonania przewodów w terenie zurbanizowanym, na którym znajdują się inne rodzaje uzbrojenia podziemnego oraz budynki.

Bardzo ważnym aspektem technologii upłynnionego gruntu jest ograniczanie, a nawet wyeliminowanie negatywnego oddziaływania robót budowlanych na stan techniczny budynków, które często zlokalizowane są w bezpośredniej bliskości placu budowy oraz uniknięcia uciążliwości dla mieszkańców.

Eliminacja robót polegających na udarowym zagęszczaniu warstw wykopu w technologii upłynnionego gruntu sprawia, że technologia ta powinna być stosowana w zabudowanych częściach miast oraz na terenach, gdzie przewody układane są w bezpośrednim sąsiedztwie budynków.

Budowa sieci kanalizacyjnych w terenach zurbanizowanych związana jest w zdecydowanej większości przypadków z koniecznością zamknięcia całej lub części drogi, wykonania objazdów oraz koniecznością ponoszenia przez inwestora dodatkowych kosztów, wynikających z opłat za wyłączenie z użytkowania drogi, która nie jest jego własnością. Te negatywne aspekty budowy są zdecydowanie zmniejszone w przypadku technologii upłynnionego gruntu. Wymagana powierzchnia placu budowy jest mniejsza w stosunku do technologii tradycyjnej poprzez odpowiednie etapowanie prac [6]. Skróceniu ulega również czas budowy sieci, albowiem technologia ta umożliwia zwiększenie tempa prac nawet o 30%. Są one prowadzone równocześnie w trzech etapach.

Bardzo istotnym problemem w przypadku budowy głęboko położonych przewodów jest odwodnienie wykopu. W przypadku technologii tradycyjnej wydajność urządzeń odwadniających musi zapewniać możliwości wykonania odpowiednio zagęszczonej podsypki przewodu, jego właściwego ułożenia oraz wykonania wyższych warstw osypki i zasypki wraz z ich właściwym zagęszczeniem. W wielu przypadkach koszty prowadzenia odwodnień stanowią bardzo istotny składnik kosztów inwestycyjnych i bezwzględnie nie mogą być pomijane. Jak wykazuje praktyka w wielu przypadkach są one często niewłaściwie szacowane i to niekiedy na znacznie niższym poziomie.

Rury umieszczane w wykopie przewidzianym do zalania upłynnionym gruntem są układane na workach z piaskiem lub na podporach wykonanych z gęstoplastycznego gruntu upłynnionego. Wyłącznie w tej fazie montażu potrzebne jest obniżenie poziomu wody gruntowej. Wlewana do wykopu masa gruntowa zahamowuje dopływ wody, ograniczając również ilości wody odprowadzanej z wykopu od około 2/3 do nawet 3/4 w porównaniu z technologią tradycyjną. Zatem koszty odwodnienia ulegają znacznemu zmniejszeniu.

Jednym z kryteriów wyboru technologii budowy sieci powinno być jej oddziaływanie na środowisko naturalne. Dotyczy to zarówno etapu budowy, jak i eksploatacji systemu.

Technologia upłynniania gruntu jest szczególnie przyjazna środowisku w odniesieniu do technologii tradycyjnej i to z kilku zasadniczych powodów:

- ogranicza przemieszczanie mas ziemi i degradację środowiska w wyniku pozyskiwania materiałów sypkich potrzebnych do wykonania warstw zasypki;
- umożliwia wykorzystanie gruntu pozyskanego z budowy (wykopu) do wytworzenia zarówno strefy przewodów, jak i pozostałych warstw;
- minimalizuje objętość gruntu skażonego, wymagającego drogiej utylizacji na składowiskach odpadów;
- umożliwia immobilizację zanieczyszczeń zdeponowanych w gruncie pozyskanym na budowie;
- ogranicza hałas i wibracje;
- eliminuje zjawiska osuwiskowe i pęknięcia budynków znajdujących się w sąsiedztwie prowadzonych wykopów.

Tabela

**Wymagane szerokości wykopów dla technologii tradycyjnej i technologii upłynnionego gruntu**

Średnica nominalna przewodu, mm	Szerokość wykopu, m	
	Technologia tradycyjna	Technologia upłynnionego gruntu
300	1,20	1,20
500	1,60	1,20
1000	2,30	1,70
1500	3,00	2,20

**Skład upłynnionego gruntu**

Podstawowym materiałem do produkcji płynnego gruntu jest grunt naturalny, kruszywa naturalne lub pochodzące z recyklingu. Skład tej mieszanki określony jest m.in. przez niemiecką wytyczną DWA-A 139 [7].

Zasadniczą rolę w procesie odwracalnego upłynniania gruntu odgrywa preparat mineralny, np. Compound RSS-FCB firmy PROV. Według normy zakładowej [8] składa się on z plastyfikatora, stabilizatora oraz kondycjonera. Plastyfikator wiąże czasowo w strukturę gruntu dodaną wodę zapewniając jego czasowe upłynnienie. Woda zostaje zatrzymana w porach gruntu i nie przesiąka do otoczenia. Przez stopniowe reagowanie wody z przestrzeni porowatych gruntu i jej trwałe związanie chemiczne i krystaliczne, materiał z fazy płynnej przechodzi w fazę stałą o plastycznej konsystencji. Dalsze wiązanie wolnej wody w wyniku zachodzących reakcji prowadzi do jego ponownego utwardzenia, zwanego prefiksacją. Zadaniem stabilizatora jest trwałe związanie dodanej wody w procesie upłynniania. Kondycjoner służy celowej zmianie poszczególnych właściwości ponownie utwardzonego materiału po jego refleksacji. Do czasowego upłynnienia masy gruntowej konieczne jest dodanie wody, która może pochodzić z wodociągu, a po zbadaniu jakości również z wykopu lub innych źródeł.

**Technologia i urządzenia**

Pierwszym krokiem technologicznym w procesie produkcji płynnego gruntu jest przygotowanie materiału podstawowego. Przed jego zmieszaniem na sucho z innymi komponentami musi on być doprowadzony do postaci sypkiej o określonej granulacji, najczęściej do 25 mm.

W celu ograniczenia uciążliwości dla środowiska i otoczenia, w szczególności pylenia oraz w celu uzyskania właściwych pa-



Rys. 2. Łyżka przesiewająco-krusząca z modułem dozującym



Rys. 3. Zalewanie przewodów czasowo upłynnionym gruntem wg technologii RSS-FB

rametrów materiału podstawowego, do przygotowania materiału podstawowego wykorzystuje się odpowiedni sprzęt w postaci łyżki przesiewająco-kruszącej z modułem dozującym. Wykorzystywane urządzenia muszą zapewniać wymaganą dokładność dozowania i gwarantować pełną dokumentację procesu. Przykład łyżki przesiewająco-kruszącej ważącej i dokumentującej proces dozowania materiałów pokazano na rys. 2.

W celu ułatwienia preparacji sypkiej mieszanki dodaje się specjalnie przygotowane wapno. Tak przygotowany materiał podstawowy miesza się z pozostałymi komponentami, a następnie mieszanka ta trafia do betonomieszarek prowadzących w sposób ciągły mieszanie, aż do chwili operacji zalewania wykopu. Płynny materiał wlewany jest np. przy pomocy rynien spustowych do wykopów, w których uprzednio położono przewody. Czas od chwili zmieszania komponentów z wodą do wbudowania płynnej masy w wykop jest ograniczony. W przypadku technologii RSS-FB firmy PROV wynosi on 90 minut. Stąd potrzeba uprzedniego przygotowania wykopu i docelowego ułożenia przewodów. Na rys. 3 pokazano etap zalewania przewodu upłynnionym gruntem w technologii RSS-FB.

Rurociągi mogą być układane na punktowo podstawionych workach z piaskiem, pryzmach upłynnionego gruntu o gęstej konsystencji lub podwieszane na kompensatorach wporu i innych podporach, które gwarantują ich stabilizację. Wypór przewodów jest mierzony w trakcie zalewania przewodów, a po jego ustaniu kompensatory są usuwane z zastygającej masy gruntowej. Przykład zastosowania kompensatorów wporu pokazano na rys. 4.

### Studzienki dualne

Korzystne cechy technologiczne upłynnionego gruntu umożliwiają zdecydowane ograniczenie szerokości wykopów, zarówno w trak-



Rys. 4. Zastosowanie kompensatorów do przeciwdziałania wyporowi przewodów

cie wykonywania sieci jedno- jak i wieloprzewodowych. W szczególności dotyczy to rozdzielczych systemów kanalizacyjnych.

Aby wykorzystać w pełni możliwości technologii upłynnienia gruntu, należy umożliwić sytuowanie węzłów kanalizacyjnych sieci deszczowej i sanitarnej w bezpośredniej bliskości siebie, co często jest utrudnione lub niemożliwe technicznie przy wykorzystaniu tradycyjnych studni kanalizacyjnych. Alternatywą wówczas są studnie dualne, a w przypadku wielu sieci biegnących blisko siebie studnie multimedialne.

Idea studni dualnych bazuje na pomysłu kanalizacji piętrowej, znanej w Europie od ponad stu lat. Do dziś eksploatowane są tego typu kanały z początku XX w. w Bydgoszczy. Przykład wielofunkcyjnej studzienki typu RSS, która opiera się na klasycznej konstrukcji określonej w normie DIN 4034 [9] pokazano na rys. 5.

W przypadku tego systemu studni ścieki sanitarne prowadzone są otwartą kinetą ukształtowaną w dnie studni, natomiast kanał deszczowy przeprowadzony przez studnię nie ma otwartej kinety i może w skrajnym wypadku działać pod ciśnieniem.

Dostęp do kanału deszczowego jest możliwy dzięki specjalnej klapie zamykającej inliner. Szczelność kłapy rewizyjnej jest gwarantowana do ciśnienia 1,5 bara, co wyklucza możliwość przedostawania się wody deszczowej do położonej poniżej kłapy kinety kanału sanitarnego.

Studzienki dualne pozwalają na ułożenie kanalizacji rozdzielczej w jednym wąskim wykopie [10]. Całkowita szerokość wykopu dla kanału sanitarnego i deszczowego może być zatem znacznie zredukowana, np. do 130 (140) cm dla kombinacji przewodów: DN 300 mm – kanał sanitarny i DN 500 mm – kanał deszczowy w porównaniu z 240 (250) cm dla technologii tradycyjnej określonej w oparciu o normę PN-EN 1610 [4]. Zastosowanie studzienek dualnych ma również inne zalety, np. pozwala na ograniczenie



Rys. 5. Przykłady studzienki dualnej typu RSS, która obsługuje kanał deszczowy DN 1000 i sanitarny DN 250

przynajmniej o połowę liczby włączów, co znacznie ogranicza koszty eksploatacyjne sieci.

### Podsumowanie

Obecny powszechny dostęp do międzynarodowej myśli technicznej pozwala inwestorom i projektantom na krytyczne spojrzenie na dotychczasową praktykę projektową i wykonawstwo robót budow-

lanych. Coraz powszechniej mamy do czynienia z wdrażaniem innowacyjnych technologii, które korzystają z wieloletnich doświadczeń w innych krajach. Jednymi z bardziej efektywnych technologii są również technologie czasowego upłynniania gruntu i studnie dualne.

Technologia czasowego upłynniania gruntu jest wartościową i wymierną alternatywą przy stosowaniu tradycyjnych metod budowy sieci komunalnych. Jej przewagą jest wysoka jakość wykonania strefy przewodu, niezależnie od głębokości wykopu czy gęstości innych sieci w jego otoczeniu. W zdecydowanej większości przypadków koszty związane z realizacją inwestycji przy zastosowaniu technologii upłynnionego gruntu są też niższe niż przy użyciu technologii tradycyjnej.

### PIŚMIENNICTWO

- [1] Triantafyllidis T., Bosseler B., Arsic I., Liebscher M.: Forschungsbericht. Einsatz von Bettungs- und Verfüllmaterialien im Rohrleitungsbau. Laboruntersuchungen und Versuche im Maßstab 1:1, Kurzfassung. IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur Gelsenkirchen und Ruhr-Universität Bochum.
- [2] Dziopak J., Słyś D., Nalaskowski J., Świzdor S.: Koncepcja przebudowy kolektora ściekowego w ul. Kościuszki na terenie miasta Nisko i naprawa drogi nad kanałem. Rzeszów 2008.
- [3] Feickert R.: Vielfältige Vorteile in der Praxis. Bi UmweltBau 4/2008.
- [4] EN PN 1610. Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych. Warszawa 2002.
- [5] PN-S-02205. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania. Warszawa 1998.
- [6] Building material and method for production thereof. International Patent WO/2004/065330. Logic-Logistic Consult.
- [7] Wytyczna ATV A-139 Projekt.
- [8] Werksnorm WN 04.02 Für Herstellung und Lieferung von RSS – Flüssigboden.
- [9] DIN 4034. Schächte aus Beton- und Stahlbetonfertigteilen.
- [10] Dziopak J., Nalaskowski J.: Zastosowanie studzienek dualnych i technologii czasowego upłynniania gruntu w nowoczesnych systemach infrastruktury. I Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Infrastruktura komunalna a rozwój zrównoważony terenów zurbanizowanych” INFRAEKO 2008, Rzeszów – Paczółtowice.

## Rozbudowa oczyszczalni ścieków w ZPS Maków zakończona

Z końcem 2008 r. firma inżynierii środowiska PP-EKO zakończyła rozbudowę oczyszczalni ścieków w Zakładach Przetwórstwa Spożywczego Maków. Inwestycja warta łącznie 4,8 mln zł dotowana była za środków unijnych.

Rozbudowa oczyszczalni ścieków została przeprowadzona w dwóch etapach. Pierwszy, zrealizowany w 2007 r., dotowany był ze środków unijnych, w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego – „Restrukturyzacja i Modernizacja Sektora Żywnościowego oraz Rozwój Obszarów Wiejskich”. Jego wartość to 3,5 mln zł. Drugi, właśnie ukończony etap o wartości 1,3 mln zł, współfinansowany był również ze środków unijnych w ramach programu SPO.

Oczyszczalnia została wybudowana wspólnie przez PP-EKO i radomską firmę budownictwa inżynierskiego AZ-BUD. Pierwszy etap inwestycji obejmował kompleksową modernizację części biologicznej oczyszczalni, wg technologii i projektu opracowanego przez PP-EKO Sp. z o.o.. W jego ramach wykonano prace obejmujące system przesyłowy ścieków z zakładu do oczyszczalni i nowoczesne reaktory biologiczne z mikroorganizmami wspomagającymi proces oczyszczania w obecności tlenu. Druga, zakończona właśnie faza realizacji, obejmowała „gospodarkę osadową”, w tym instalację do mechanicznego odwadniania osadów.

Pomimo ograniczonych środków, dzięki aktywnej postawie inwestora otwartego na nasze sugestie, w stosunkowo krótkim czasie udało się wybudować kompletną oczyszczalnię ścieków, która daje



stabilny efekt oczyszczania – ocenia inwestycję dr inż. Paweł Pietraszek, Dyrektor d.s. Technologii w PP-EKO Sp. z o.o.

Po modernizacji i rozbudowie maksymalny przepływ oczyszczalni został podniesiony do poziomu 700 m<sup>3</sup> na dobę. Ścieki odprowadzane przez ZPS Maków uzyskały bardzo wysokie parametry. Wdrożone technologie są zgodne z tzw. BAT, czyli najlepszymi z dostępnych technik do oczyszczania ścieków w przemyśle spożywczym.

Agnieszka Krzemińska  
prasa@ppeko.com.pl