

Zastosowanie mikrotunelingu do wykonania rurociągu pod dnem dużej rzeki nizinnej

Gdy brakuje norm prawnych, liczy się wiedza i doświadczenie wykonawcy

prof. nzw. dr hab. inż. Zbigniew Kledyński*, mgr inż. Alicja Banczerz**

Wstęp

Z każdym poważnym przedsięwzięciem budowlanym związany jest szeroki zakres problemów, które trzeba rozwiązać na etapie projektowania i wykonywania obiektu. W przypadku wykorzystania technologii bezwykopowych sprawy dodatkowo się komplikują, ponieważ w Polsce nie ma jeszcze precyzyjnych uregulowań dotyczących tych technik i właściwie każde przedsięwzięcie jest rozważane w sposób indywidualny. Jeśli dodatkowo mikrotunelingu ma być wykorzystany w realizacji przekroczenia szerokiej doliny rzecznej, mamy do czynienia z istotną kolidacją dwóch układów liniowych o zasadniczo odmiennych charakterystykach i funkcjach, a w efekcie ze skomplikowanym projektem, którego opracowanie i wykonanie staje się prawdziwym wyzwaniem. W artykule poruszono zasadnicze kwestie, które należy rozważyć przy projektowaniu przejścia rurociągu pod dnem dużej rzeki o rozmywalnym podłożu, przejścia wykonywanego techniką mikrotunelowania.

Problemy jakie musi przeanalizować i rozwiązać zespół projektujący i wykonujący przedsięwzięcie można podzielić na kilka grup zagadnień:

- a) formalno-prawne,
- b) technologiczne,
- c) organizacyjne,
- d) geologiczne i hydrogeologiczne,
- e) hydrologiczne,
- f) przyrodnicze.

Uwarunkowania formalno-prawne

Głównym problemem w tej grupie zagadnień jest brak polskich uregulowań prawnych i normatywów dotyczących obliczania rurociągów wykonywanych technikami bezwykopowymi oraz wymagań, jakie powinny spełniać wyroby, z których wykonuje się te przewody. Nie ma również szczegółowych przepisów określających procedury związane z projektowaniem i uzyskiwaniem pozwoleń niezbędnych w procesie realizacji budowy.

Pierwszą trudność rozwiązuje się używając do obliczeń normy i opracowania zagraniczne. W Polsce szczególnie popularne w tym zakresie są wytyczne niemieckie ATV A 161 [1]. Producenci materiałów starają się z kolei o aprobaty techniczne, dopuszczające ich materiały do obrotu handlowego i swobodne-

go używania ich na budowach, a także o rozliczne atesty.

Najtrudniejsze jest rozwiązanie kwestii prawnych, gdyż polega ono na dostosowaniu przepisów ogólnych do specyfiki przedsięwzięcia. Konieczne jest opracowanie dokumentów wymaganych na podstawie wielu aktów prawnych z różnych dziedzin, m.in. Prawa budowlanego, Prawa wodnego, Prawa ochrony środowiska, rozporządzeń dotyczących zakresu i formy dokumentacji projektowej i wykonawczej, bezpieczeństwa i higieny pracy, czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie oraz rodzaju i formy wykonywanych przy tym opracowań.

Uzyskanie wszystkich wymaganych w aktach prawnych pozwoleń i uzgodnień jest szczególnie trudne w przypadku rurociągów posadowionych głęboko, gdyż nie ma jednoznacznie wyznaczonej granicy między zakresem obowiązywania Prawa górniczego a zakresem objętym Prawem budowlanym. Powoduje to trudności w jednoznacznym określeniu obowiązków projektanta, jak i wykonawcy. Dodatkowym problemem jest fakt, że inwestycje mikrotunelinguowe często są związane z realizacją dużych obiektów komunalnych, których inwestorem są miejskie przedsiębiorstwa zajmujące się wodociągami i kanalizacją. Z tego powodu wybór osób projektujących i wykonujących roboty podlega ustawie Prawo zamówień publicznych i jest związany z określonymi procedurami wykonywania dokumentacji i przekazywania jej inwestorowi.

Uwarunkowania technologiczne

Układanie rurociągu pod rzeką to zadanie związane z dużym ryzykiem utraty głowicy do mikrotunelowania. Cała szerokość koryta głównego musi zostać pokonana z jednej studni startowej, gdyż wykonanie komory pośredniej mikrotunelu w nurcie rzeki byłoby bardzo drogie. Drażnienie jest trudne ze względu na konieczność przewycięzania oporów ruchu na długim dystansie, dlatego należy dążyć do maksymalnego skrócenia tego odcinka. Częściowo problem oporów ruchu jest rozwiązywany dzięki stosowaniu stacji pośrednich, jednak trudno jest określić z pożądaną pewnością jakie odległości między nimi są optymalne. Jednocześnie trudno jest ustalić jaką

ilość bentonitu należy tłoczyć do układu smarującego, gdyż przy wierceniu w nawodnionych warstwach gruntowych istnieje możliwość, że sama woda będzie czynnikiem zmniejszającym tarcie. Bentonit pełniłby wówczas tylko funkcję wypełniacza wolnej przestrzeni i czynnika podpierającego wywiercony otwór.

Kwestia wielkości sił występujących w czasie przeciskania wpływa również na wybór rodzaju rur, które zostaną użyte do realizacji projektu. Przy długim odcinku elementy te muszą być bardzo odporne i wytrzymałe, a ich materiał dostosowany do przewidywanych warunków występujących w czasie budowy i eksploatacji.

Dużo uwagi należy poświęcić doborowi głowicy i systemu transportowania urobku. W celu zrównoważenia parcia wody i gruntu na przodek wyrobiska konieczne jest zastosowanie głowicy z systemem podpierającym go (podparcie sprężonym powietrzem, płuczką lub urobionym gruntem utrzymywanymi pod ciśnieniem). Przy długim odcinku, jakim niewątpliwie jest przejście pod dużą rzeką, proces mikrotunelowania musi odbywać się pod ścisłą kontrolą. Oprócz stałych pomiarów trasy mikrotunelu należy zwrócić dużą uwagę na parcie gruntu i wody na przodku, ilość płuczki podawanej do systemu smarowania, ilość wydobywanego urobku i postęp robót. Kontrolować należy również całość i szczelność prefabrykatów tworzących obudowę. Niedopuszczalne jest wbudowanie elementów popękanych lub doprowadzenie do ich popękania pod ziemią. Aby uniknąć takiej sytuacji, należy sprawdzać każdą rurę przed wbudowaniem i w miarę możliwości zmniejszać stosowane siły przeciskowe.

Uwarunkowania organizacyjne

Organizacja procesu budowy wymaga wcześniejszego zaplanowania – określenia liczby dostępnych maszyn mikrotunelinguowych i opracowania harmonogramu ogólnego robót. Z tego planu wynika kolejność i tempo prowadzenia prac oraz wielkość zatrudnienia w poszczególnych okresach. Na podstawie harmonogramu ogólnego opracowywane są modele sieciowe, służące do analizy czasu i środków, a także harmonogramy dostaw, zużycia i zapasu materiałów oraz inne harmonogramy pochodne.

Niezbędne do rozpoczęcia robót jest zagospodarowanie placu budowy (ogrodzenie terenu, wytyczenie budowlanych obiektów, wyznaczenie powierzchni składowych oraz granic parku maszynowego i parkingu, a także ustawienie kontenerów magazynowych, warsztatowych, socjalnych i higienicznych, ustawienie kontenera biurowego, wyznaczenie i ogrodzenie stref niebezpiecznych). Plac budowy musi spełniać warunki bezpieczeństwa i higieny pracy określone w rozporządzeniu [2].

Kolejnym krokiem jest sprowadzenie potrzebnego sprzętu i próbné uruchomienie wszystkich urządzeń w celu skontrolowania ich sprawności. Wiąże się z tym złożenie tych maszyn, które zostały przywiezione w częściach oraz zestawienie urządzeń tworzących system separacji urobku w ciąg technologiczny. Konieczne jest również sprawdzenie ilości i czystości oleju w układach hydraulicznych oraz szczelności tych instalacji. W czasie mikrotunelowania w gruntach zwartych lub skalistych może być konieczne przeprowadzenie przeglądu tarczy tnącej i wymiana narzędzi skrawających bez wyciągania maszyny spod ziemi (o ile umożliwi to konstrukcja głowicy). W czasie prowadzenia robót wymagane jest zachowywanie zasad bezpieczeństwa zawartych w rozporządzeniu [3].

Proces wiercenia powinien być wykonywany w sposób ciągły, gdyż zatrzymanie pracy głowicy pod ziemią mogłoby spowodować tzw. przychwycenie jej. Zjawisko to polega na tym, że odprężający się grunt zajmuje wolną przestrzeń między krawędzią wywierconego otworu a powierzchnią rurociągu, co powoduje znaczne zwiększenie nacisku na powierzchnię rury, a w związku z tym również siły tarcia między nią a gruntem. Aby po zatrzymaniu głowicy znów zacząć wiercić, konieczne jest przewyciężenie tej zwiększonej siły tarcia. Istnieje niebezpieczeństwo, że siła potrzebna do tego będzie większa niż dopuszczalna siła pchania (limitowana przez wytrzymałość prefabrykatów i możliwości stacji pchających).

Warunkiem sprawnego i ciągłego prowadzenia robót jest zapewnienie odpowiednich zapasów lub stałych dostaw materiałów i wyrobów niezbędnych do prowadzenia prac – najpierw do zabezpieczenia ścian komór technologicznych, a później do mikrotunelingu (odcinków rur, bentonitu, polimerów, stacji pośrednich). Zorganizować trzeba również wywóz i utylizację urobku.

Uwarunkowania geologiczne i hydrogeologiczne

Głównym problemem w tym zakresie jest określenie głębokości posadowienia komór roboczych i rurociągu. Ustalenie tej głębokości wynika nie tylko z technologicznego profilu podłużnego ruro-

ciągu (szczególnie ważne, gdy grawitacyjnie transportuje on ciecze), ale musi uwzględniać warunki lokalne, zdeterminowane procesami korytowymi w cieku wodnym – rzece. Działalność erozyjno-akumulacyjna rzeki, kształtująca układ warstw geotechnicznych w jej podłożu, jest inna dla każdego cieku i zmienia w czasie oraz przestrzennie (różna na różnych odcinkach rzeki). Z tego powodu konieczne jest przeprowadzenie wnikliwego studium lokalizacyjnego i rozpoznanie warunków geologicznych w dolinie rzeki, a po wybraniu najkorzystniejszego przekroju pogłębione rozpoznanie warunków gruntowych w miejscu przekroczenia cieku.

Jeśli obiekt (rurociąg, komora startowa lub odbiorcza) zostanie zlokalizowany w sąsiedztwie lub na soczewce gruntu organicznego, podłoże może nie przenieść obciążenia od ciężkiego sprzętu budowlanego, co może spowodować duże trudności przy wykonywaniu robót. W takim przypadku bardzo trudna jest również budowa ewentualnej, docelowej komory eksploatacyjnej rurociągu (mieszczącej np. zasuwę, rewizję itp.) w miejscu szybu roboczego. Konieczne jest wówczas wzmacnianie gruntu, jego wymiana lub wykonywanie fundamentów pośrednich, np. na palach, studni opuszczanej lub kesonie.

Posadowienie rurociągu jest jeszcze bardziej skomplikowane ze względu na jego położenie bezpośrednio w korycie (przekrój przykładowej doliny rzecznej przedstawiono na rysunku 1). Umieszczenie przewodu w aluwialach jest obciążone dużym ryzykiem, gdyż w czasie wezbrań rzeka przemieszcza nie tylko duże ilości rumowiska unoszonego w toni wodnej i wleczonego po dnie, ale również niesie ze sobą duże obiekty pływające, które porwała, np. obalone drzewa, fragmenty budowli regulacyjnych albo mostów. Po ustąpieniu wezbrania elementy te są osadzone na dnie i przysypywane rumowiskiem. Przeszkody tego typu, tkwiące w gruntach aluwialnych, są bardzo niebezpieczne dla głowicy mikrotunelingu, gdyż mogą być przyczyną zatrzymania postępu prac i utknięcia maszyny pod rzeką. W takim przypadku konieczne byłoby wykonanie bardzo kosztownej komory ratunkowej w korycie rzeki albo uznanie

głowicy za straconą. W czasie wezbrania strumień wody może odkryć posadowiony w osadach rzecznych przewód, co spowoduje narażenie go na kontakt z ciałami wleczonymi lub płynącymi tuż nad dnem. Elementy te mogą ścierać ścianki albo uderzać w rurociąg. Jeśli dojdzie do wymycia gruntu spod rurociągu, zostanie on poddany obciążeniu, na które nie był projektowany (brak podparcia, działanie dynamiczne wody). W skrajnym przypadku może dojść do przerwania rurociągu.



Aby chronić takie krajobrazy (nawet tylko w okresie budowy klasycznego przejścia rurociągu pod dnem rzeki)...

Aby uniknąć niekorzystnych oddziaływań na rurociąg wynikających z rozmycia podłoża w korycie rzeki, należy posadzić go głębiej, w warstwie nie ulegającej rozmywaniu w okresach wezbrań i odpornej na wglębną erozję rzeczna w okresie, dla którego sporządzamy prognozę; warstwę tę zwykle, chociaż niezbyt ściśle, określamy mianem nierozmywalnej. W przepisach dla gazociągów [4] ujęto to następująco: górna tworząca rurociągu powinna znajdować się minimum 1 m poniżej przewidywanego poziomu rozmycia lub robót pogłębiarskich. Dla pozostałych sieci nie ma w prawie polskim takich ustaleń, dlatego często projektuje się je z zachowaniem zasad określonych w rozporządzeniu [4].

Wobec danych o obserwowanych głębokościach rozmywania dna dużych rzek nizinnych w Polsce (do kilkunastu metrów poniżej dna koryta) i przyjmowania poziomu posadowienia rurociągu tak, aby jego górna krawędź znajdowała się 1 m poniżej stropu warstwy nierozmywanej, dochodzimy zwykle do bardzo dużego zagłębienia rurociągów. Dlatego



Rys. 1. Charakterystyczny przekrój poprzeczny aluwialnej doliny rzecznej [6]



fot. Andrzej Rodziejewicz

...warto stosować techniki bezwykopowe

za dobre miejsca dla przejść rurociągów przez rzeki należy uznać lokalne bazy erozyjne cieków, tj. wychodnie gruntów o podwyższonej odporności na rozmywanie (skała, zwarty grunt spoisty). W takich przypadkach posadowienie rurociągu może być zasadniczo płytsze.

Duże zagłębienie rurociągu, jakkolwiek bezpieczne, wpływa znacząco na jego pracę, a także na parametry pracy maszyny wykonującej go. Przede wszystkim konieczne jest zrównoważenie dużej siły parcia od nadkładu gruntu i wysokiego ciśnienia hydrostatycznego na przodku wyrobiska. Prefabrykaty tworzące rurociąg muszą być konstrukcyjnie przystosowane do przeniesienia tych obciążeń i wyposażone w połączenia i uszczelki, które zapewnią szczelność konstrukcji przy tak wysokim ciśnieniu.

Dna komór roboczych są zawsze poniżej rurociągu, więc przy dużym zagłębieniu przewodu również komory mają dużą głębokość. Konstrukcja i sposób wykonania zabezpieczenia wykopu muszą być dobrane tak, aby obudowa nie zajmowała zbyt dużo miejsca, a jednocześnie zapewniała pewne podparcie

ścian. Dodatkowo zabezpieczenie ścian musi być przystosowane do wahań ciśnienia hydrostatycznego i oddziaływań hydrodynamicznych w warstwie aluwii. Zmienne warunki pracy obudowy i odwodnienia komór wynikają ze ścisłego powiązania poziomu wody gruntowej ze zwierciadłem wody w rzece, co zilustrowano na rysunku 2.

Uwarunkowania hydrologiczne

Ilość wody płynącej w korycie rzeczonym, a także warunki przepływu są zmienne, co wywołuje zagrożenie powodziewe dla obszarów i obiektów położonych w dolinie. Z niebezpieczeństwem tym z kolei wiąże się kwestia zabezpieczenia placów budowy przed zalaniem. Jak już wspomniano, cały odcinek rurociągu pod dnem koryta powinien zostać wykonany z jednej studni startowej. Z tego faktu wynika dążenie do maksymalnego zbliżenia komór roboczych do brzegu rzeki. Jednocześnie im bliżej koryta, tym rzędna terenu jest niższa, a zagrożenie zalaniem większe. Należy więc maksymalnie skrócić czas realizacji odcinka nurtowego rurociągu i wybrać do realizacji okres, gdy w rzece jest ni-

ski poziom wody, a prawdopodobieństwo wystąpienia wezbrania możliwie niewielkie. Po ustaleniu czasu trwania robót w bezpośrednim sąsiedztwie koryta należy określić maksymalny przepływ budowlany i odpowiadającą mu rzędną zwierciadła wody.

Wielkość maksymalnego przepływu budowlanego powinna wynikać z analizy nakładów na wykonanie grodzy wokół placu budowy i strat wynikających z zalania tego obszaru. Jeśli taka analiza nie jest przeprowadzana, maksymalny przepływ budowlany, dla obiektów tymczasowych (grodze) użytkowanych dłużej niż rok, jest przyjmowany jako przepływ o określonym obligatoryjnie prawdopodobieństwie pojawienia się (przewyższenia), przy czym poziom prawdopodobieństwa zależy od odporności grodzy na skutki przelania się wody. Odpowiednie wartości prawdopodobieństwa podano, za rozporządzeniem [5], w tabeli 1. Zgodnie z przywołanym rozporządzeniem [5] dla budów trwających krócej niż rok prawdopodobieństwo występowania maksymalnego przepływu budowlanego należy określić dla okresu realizacji budowy.

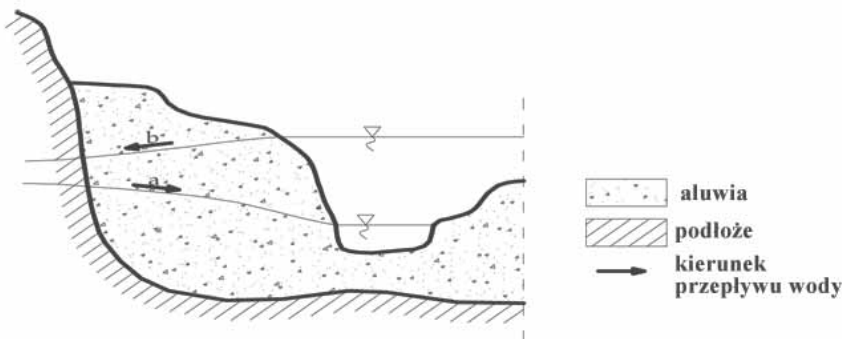
Place wokół komór roboczych powinny być zaprojektowane na terenie leżącym powyżej rzędnej wody przy maksymalnym przepływie budowlanym. Jeśli szyby leżą poniżej tego poziomu, place budowy należy zabezpieczyć przed zalaniem, budując grodze sięgające do bezpiecznej rzędnej terenu.

Lp.	Rodzaj budowli	Prawdopodobieństwo pojawienia się (przewyższenia) p [%]
1	budowle ulegające zniszczeniu przy przelaniu się przez nie wody	5
2	budowle nie ulegające zniszczeniu przy przelaniu się przez nie wody	10

Tab. 1. Prawdopodobieństwo pojawienia się (przewyższenia) maksymalnych przepływów budowlanych dla tymczasowych budowli hydrotechnicznych [5]

Uwarunkowania przyrodnicze

Wpływ warunków przyrodniczych w miejscu wykonywania mikrotunelu zaznacza się najczęściej w ograniczeniach dotyczących czasu i sposobu prowadzenia prac. Gdy rurociąg wykonywany jest w mieście i w pobliżu znajdują się domy mieszkalne, w czasie ciszy nocnej nie należy wykonywać prac powodujących duży hałas. Na terenach niezamieszkałych nie ma problemu z nadmiernym natężeniem dźwięków przeszkadzających ludziom, jednak również należy wykonywać prace w taki sposób, aby jak najmniej zakłócać warunki naturalne panujące w danej okolicy. Na terenach objętych prawną



Rys. 2. Współzależność wód powierzchniowych w rzece i gruntowych w zakresie tarasów aluwialnych. Objasnienia: a – rzeka działa drenująco, b – rzeka zasila wody podziemne (alimentacja) [6]

ochroną roślin lub zwierząt (np. obszary Natura 2000) wejście na niektóre obszary jest stale lub okresowo zabronione. Dlatego przy prowadzeniu prac nad rzeką płynącą przez obszar chroniony może być konieczne uzyskiwanie specjalnych pozwoleń na wejście albo przejazd przez jakiś teren. Może obowiązywać również zakaz przekraczania danego natężenia dźwięku emitowanego przez pracujące maszyny albo nakaz wykonywania robót tylko w określonych godzinach. Teren zajęty pod plac budowy na obszarze chronionym powinien być jak najmniejszy. To wymusza minimalizację gromadzonych zapasów materiałów i środków produkcji oraz optymalizację systemu zaopatrzenia budowy.

Podsumowanie

Przejęcie rurociągiem pod dnem rzeki przy wykorzystaniu technologii mikrotunelingu jest trudne zarówno w sferze formalnej, jak i technicznej (praktycznej). Problemy formalne wynikają głównie z braku uregulowań prawnych dotyczących zakresu niezbędnej dokumentacji projektowej i uzgodnień. Nieokreślona jest także granica między zakresem obowiązywania Prawa budowlanego i Prawa górniczego, co powoduje dodatkową niepewność co do wymagań stawianych projektantowi i wykonawcy. Konieczne jest dostosowywanie ogólnych przepisów do warunków danego projektu. W przypadku technologii bezwykopowych stosowanych do budowy rurociągu pod rzeką należy opracować dokumentację zgodną z zapisami wielu ustaw z różnych dziedzin prawa (Prawo budowlane, Prawo wodne, Prawo ochrony środowiska, Prawo geologiczne i górnicze, Prawo zamówień publicznych, przepisy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy itp.). Trudności polegają również na braku norm dotyczących projektowania i wykonywania mikrotuneli. Powodzenie tego typu przedsięwzięć zależy więc w dużej mierze od doświadczenia osób projektujących i budujących rurociąg.

W sferze praktycznej problemem jest dobre rozpoznanie terenu i zaprojektowanie obiektu tak, aby możliwie zmniejszyć ryzyko niepowodzenia przy wykonywaniu przewodu. Ponieważ warunki gruntowo-wodne w dolinie rzecznej są zwykle bardzo skomplikowane ze względu na ich fluwialną genezę, dlatego konieczne jest przeprowadzenie dokładnych badań i szczególnie wnikliwe opracowanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Niezbędne jest również precyzyjne ustalenie warunków, w jakich będzie wykonywany rurociąg, gdyż od tego zależy dobór i zaangażowanie środków technicznych. Przede wszystkim należy dobrą głowicę mikrotunelingu z systemem równoważenia parcia i określić zalecane odległości między kolejnymi stacjami pośrednimi oraz pomiędzy rurami bentonitowymi. Poza tym

trzeba sprecyzować wymiary i położenie szybów roboczych, sposób zabezpieczenia ich ścian oraz system odwadniający, a także technologię wykonywania poszczególnych elementów komór. Przy określaniu tych parametrów trzeba wziąć pod uwagę konieczność zabezpieczenia placów budowy przed zalaniem w przypadku wystąpienia wezbrania. Kolejną grupą problemów, które należy rozwiązać przy projektowaniu rurociągu, jest organizacja budowy. Harmonogramy powinny być ułożone w taki sposób, aby dostępne maszyny i materiały były optymalnie wykorzystywane. Należy dążyć do minimalizacji powierzchni placów budowy i maksymalnego skrócenia czasu prowadzenia robót w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki oraz pod jej korytem. Jeśli wszystkie te problemy zostaną prawidłowo rozwiązane, mikrotunelingu może być stosowany do budowy rurociągów przebiegających pod dużymi rzekami. Powodzenie takiej realizacji jest wówczas zależne od sposobu prowadzenia prac i doświadczenia wykonawcy w pokonywaniu losowych przeszkód mogących się zdarzyć w czasie przeciskania rur.

Bibliografia

1. ATV A 161 *Statische Berechnung von Vortriebsrohren*.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 6 II 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (DzU nr 47 poz. 401).
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 20 IX 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych (DzU nr 118 poz. 1263).
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 21 XI 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie (DzU nr 243 poz. 2063).
5. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 20 XII 1996 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie (DzU z 1997 r., nr 21 poz. 111).
6. Banczer A.: *Studium techniczne mikrotunelingu w realizacji przejścia rurociągu pod dnem dużej rzeki nizinnej*, Politechnika Warszawska, Warszawa 2006, praca magisterska.
7. Madryas C.: *Mikrotunelowanie*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006.

*Politechnika Warszawska, *Dziekan Wydziału Inżynierii Środowiska*
**Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie SA.

XXIII

Konferencja
Naukowo-Techniczna
Szczecin – Międzyzdroje
23 – 26 maja 2007



zapobieganie
diagnostyka
naprawy
rekonstrukcje

KOMITET ORGANIZACYJNY
Politechnika Szczecińska
Wydział Budownictwa i Architektury
70-311 Szczecin, al. Piastów 50
tel./fax 091 449 46 60
tel.: 091 449 47 77
e-mail: awarie@ps.pl
www.awarie.ps.pl

BIURO KONFERENCJI
70-483 Szczecin
al. Wojska polskiego 99
tel.: 091 423 33 52
fax: 091 423 34 97

awarie budowlane