

ARTYKUŁ PROMOCYJNY

# ZACZYNY USZCZELNIAJĄCO-WYPEŁNIAJĄCE PRZY TUNELACH TBM

Firma BDC International oraz jej spółka córka, BDC Poland, od początku swojej działalności dostarczają wysokiej jakości środki cementacyjne do wiertnictwa. Dzięki swoim właściwościom, opracowanym z myślą o pracy w ekstremalnych warunkach geologicznych i technicznych, środki te, stosowane w przemyśle naftowym i gazowym, stanowią punkt odniesienia dla innych materiałów pod względem jakości i rygorystycznych norm bezpieczeństwa.

Wieloletnie doświadczenie w zakresie chemii wiertniczej, zdobyte podczas licznych projektów inżynierskich, zaowocowało opracowaniem linii produktów dedykowanych iniekcjom stosowanym przy budowie tuneli. W ostatnim czasie rynek polski zyskał na znaczeniu w tej dziedzinie, obfitując w duże projekty tunelowe. Realizacja tych

inwestycji przyczynia się do nadrobienia zaległości infrastrukturalnych, eliminacji wykluczenia komunikacyjnego oraz poprawy przepustowości dróg, obwodnic i węzłów komunikacyjnych. Drogi, mosty i tunele można porównać do układu krwionośnego gospodarki – ich rozwój przekłada się bezpośrednio na potencjał ekonomiczny zarówno kraju, jak i całego regionu.

W niniejszym artykule przedstawimy wyzwania stojące przed inżynierami budującymi tunele, ze szczególnym uwzględnieniem znaczenia iniektów jako wypełniaczy przestrzeni pierścieniowej powstającej w wyniku drążenia tunelu za pomocą tarczy TBM. Skupimy się na roli środków chemicznych w tworzeniu odpowiednich kompozycji oraz ich zastosowaniu, podkreślając kluczową rolę rozwiązań oferowanych przez BDC.

Tunel	Średnica tarcz drążących
Metro w Warszawie	6,3 m – 4 tarcze TBM
drogowy pod Świną (Świnoujście)	13,5 m
kolejowy średnicowy w Łodzi	13 i 8 m – 2 tarcze TBM
kolejowy w ciągu linii Kłęczany–Limanowa	10 m
S19 Rzeszów Południe–Babica	15,2 m

**TAB. 1.** Wykaz przykładowych projektów tuneli w technologii TBM realizowanych w Polsce w ostatnim czasie

## TECHNOLOGIA TBM – FUNDAMENT NOWOCZESNEGO TUNELOWANIA

Technologia drążenia tuneli przy użyciu maszyn TBM (ang. *Tunnel Boring Machine*)

## ZASTOSOWANIE ŚRODKÓW CHEMICZNYCH BDC W INIEKTACH DO TUNELI TBM – PRZYKŁAD TUNELU METRA NA BEMOWIE

Tunel warszawskiego metra na Bemowie stanowi doskonały przykład inwestycji, w której materiały bentonitowe dostarczane przez BDC są integralnym składnikiem zaczynu wypełniającego przestrzeń pierścieniową tunelu. Wytypowany produkt przeszedł szczegółowe testy zgodności z cementem i dodatkami, co zapewnia jego efektywność i trwałość w tak wymagającym zastosowaniu.

### KLUCZOWE DODATKI OFEROWANE PRZEZ BDC

BDC dostarcza zaawansowane domieszki chemiczne, które znacząco wspierają proces iniekcji i poprawiają właściwości zaczynu. W szczególności są to:

1. **Modiretard 05** – domieszka opóźniająca  
Główne zadanie tego dodatku to opóźnienie procesu hydratacji cementu, co jest niezbędne w przypadku głębokich tuneli, gdzie czas transportu mieszanki z miejsca przygotowania do miejsca aplikacji może wynosić nawet kilkadziesiąt godzin. Typowy zakres opóźnienia hydratacji wynosi od 24 do 72 godzin.

2. **Modiquick 02** – domieszka aktywująca  
Pozwala na niemal natychmiastowe wiązanie mieszanki po jej wstrzyknięciu w obudowę tunelu. Czas żelowania wynosi zazwyczaj 10–15 sekund, a jego regulacja jest możliwa poprzez odpowiednie dozowanie domieszki. Szybka reakcja zapewnia szczelne i trwałe wypełnienie całego pierścienia (tubingu).

Dozowanie Modiquick 02 zależy od licznych parametrów, takich jak:

- klasa i skład cementu,
- ilość cementu w mieszance,
- temperatura otoczenia,
- wymagany czas wiązania,
- wymagana wczesna wytrzymałość.

Wczesne wytrzymałości mieszanki są zwykle badane po 24 godzinach (1–1,5 MPa), a docel-

owe parametry, osiągnięte po 28 dniach, wynoszą zazwyczaj 2–3 MPa lub więcej, w zależności od wymagań projektowych.

### PRZYKŁADOWA RECEPTURA BACK-FILLING GROUT

- Cement: **CEM I 42,5 R** – 270–370 kg/m<sup>3</sup>
- Bentonit w proszku: **Swelgel PF** – 20–50 kg/m<sup>3</sup>
- Woda: 750–850 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>
- **Modiretard 05**: 3–6 kg (w zależności od wymaganego czasu opóźnienia)
- **Modiquick 02**: 90–140 kg/m<sup>3</sup> (dodawane do mieszanki cementu, bentonitu, wody i Modiretard 05)

### ROLA DODATKÓW W STABILIZACJI I PŁYNNOCI MIESZANKI

Dodatek Swelgel PF stabilizuje mieszankę, minimalizując segregację materiału i jednocześnie utrzymując maksymalną płynność. Kluczowym parametrem jest wypływ wody, który zwykle wynosi:

- po 3 godzinach: 1–3%,
- po 24 godzinach: 6–10%.

Czas wypływu mieszanki mierzy się za pomocą lejka Marsha i powinien mieścić się w zakresie 35–45 sekund. Płynność musi zostać utrzymana przez wymagany czas, który zależy od specyfikacji projektu (zwykle 24, 48 lub 72 godziny).

### PODSUMOWANIE

Wysokiej jakości dodatki chemiczne dostarczane przez BDC, takie jak Modiretard 05 i Modiquick 02, wraz z bentonitem Swelgel PF, zapewniają nie tylko optymalne parametry zaczynu, ale także wydajność i bezpieczeństwo realizacji projektów tunelowych. Dzięki ich zastosowaniu inwestycje, takie jak tunel metra na Bemowie, mogą być realizowane z zachowaniem najwyższych standardów technicznych i technologicznych. |

■ **SŁAWOMIR WŁÓDEK**  
BDC Poland sp. z o.o.



pozwała na osiągnięcie tempa pracy dostosowanego do rodzaju podłoża. Na przykład w piasku i skale tempo drążenia może się różnić, jednak średnio wynosi od 10 do 20 m na dobę. Dla porównania, podczas drążenia II linii metra w Warszawie udało się osiągnąć dzienne tempo na poziomie 24 m, a najlepszy zanotowany wynik to aż 43 m na dobę. TBM to jednak coś więcej niż sama maszyna drążąca – to zaawansowany kompleks technologiczny. Oprócz drążenia tunelu, TBM układa również betonowe prefabrykaty, które tworzą stabilną ścianę konstrukcji. W trakcie tego procesu pomiędzy elementami obudowy tunelu a otaczającym gruntem powstaje przestrzeń, która wymaga wypełnienia i uszczelnienia. W tym celu stosuje się specjalny zaczyn, tzw. *back-filling grout*, bazujący na mieszance cementu i bentonitu.



SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI  
tel. +48 12 650 66 42  
email: info@bdc.com.pl  
[www.bdc.com.pl](http://www.bdc.com.pl)

