



# PRZESŁONY PRZECIWFILTRACYJNE

tekst: **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Obowiązkiem projektanta jest uwzględnienie oddziaływań czynników zewnętrznych na obiekt podczas całego okresu jego użytkowania, przy czym największym zewnętrznym zagrożeniem jest wpływ wody. Dlatego tak ważne jest zastosowanie odpowiednich przesłon przeciwfiltracyjnych, które odcinają lub w znacznym stopniu ograniczają przepływ wody w gruncie. Zadaniem tych konstrukcji jest także zapobieganie przenikaniu substancji szkodliwych do gruntu i wód gruntowych.

Przesłona filtracyjna w technologii ściany szczelinowej. Na zdjęciu czerpak o szerokości 4,2 m, fot. Stump-Hudrobudowa Sp. z o.o.



Przesłony przeciwnofiltracyjne wykonuje się najczęściej w podłożach budowli piętrzących, w korpusach zapór ziemnych i obwałowań rzek, wokół ukopów gruntów przepuszczalnych i wykopów fundamentowych. Stosuje się je także na terenach składowisk odpadów, gdzie pełnią rolę barier zapobiegających przenikaniu substancji szkodliwych do gruntu i wód gruntowych [1].

Podstawową formą zabezpieczeń przeciwnofiltracyjnych są poziome lub pionowe przesłony hydroizolacyjne, które w zależności od przeznaczenia wykonuje się jako przesłony zupełne – dogłębione do naturalnej warstwy nieprzepuszczalnej, lub niezupełne – zawieszane, wydłużające drogę filtracji wód podziemnych. Oprócz tego zastosowanie przesłon przeciwnofiltracyjnych w podłożu oraz korpusie wałów i zapór ziemnych poprawia ich stateczność, co jest szczególnie istotne w przypadku obiektów ochrony przeciwpowodziowej.

Kolejnym celem wykonywania prac uszczelniających jest likwidacja zjawisk sufozyjnych, które powstają na skutek wieloletniego użytkowania obiektów [2]. Najczęściej stosuje się przesłony z zawieszin twardniejących, zapewniających wysokie parametry przeciwnofiltracyjne.

### Wymagania w zależności od pełnionej funkcji

Wymagania dotyczące parametrów użytkowych zależą od funkcji oraz technologii wykonania przesłon, jednak najważniejszym parametrem jest ich szczelność. W praktyce określa się ją współczynnikiem filtracji w stanie nasyconym ( $k$ ), a jego wartość powinna się kształtować, w zależności od potrzeb, w przedziale  $k \sim 10^{-6}$  do  $10^{-9}$  m/s, co w klasyfikacji hydrogeologicznej odpowiada gruntom słabo i nieprzepuszczalnym [2].

Jednym z istotnych parametrów decydujących o bezpieczeństwie przesłon przeciwnofiltracyjnych, który uwzględniany jest zarówno w trakcie obliczeń projektowych, jak również w ocenie stanu już wykonanych budowli, jest wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe. Dotyczy ona głównie parametrów mechanicznych, ale w pewnym stopniu świadczy również o właściwościach filtracyjnych materiału, a więc o jego przydatności do wykonania przesłon przeciwnofiltracyjnych [3]. Zwykle wytrzymałość dla przesłon powinna się zawierać w zakresie 300 ÷ 500 kPa, podkreśla się jednak, że poza wytrzymałością mechaniczną przesłony inną bardzo ważną jej cechą jest współpraca z otaczającym gruntem. Oznacza to, że wytrzymałość powinna być tak skorelowana i dobrana na etapie projektowania, aby przesłona elastycznie pracowała z odkształcającym się gruntem. Spełnienie tego warunku jest szczególnie ważne w przypadku obciążeń maksymalnych w trakcie ekstremal-



Przegrody przeciwnofiltracyjne wykonywane w technologii jednofazowych ścianek szczelnych, fot. Górażdże Cement SA

nych stanów wód. Wówczas przesłona wykonana z materiału sztywnego po przekroczeniu naprężenia granicznego ulegnie zniszczeniu i straci swoją szczelność, z kolei przesłona wykonana z materiału o własnościach sprężysto-plastycznych odkształci się, nie tracąc szczelności. Do tego drugiego rodzaju należą np. przesłony wykonywane z udziałem odpowiednio zmodyfikowanych spoiw na bazie naturalnych iłów.

Istotną cechą przesłon jest także ich trwałość, a zwłaszcza brak utraty szczelności i wytrzymałości związanych z wpływem zmiennych warunków wilgotnościowych oraz temperaturowych. Ta własność jest silnie uzależniona od rodzaju spoiwa, które powinno się charakteryzować jednorodnym składem i brakiem sedymentacji, stanowiącym główną przyczynę braku odporności na zamarzanie w przypadku budowy przesłon w formie ścianek i rowów wypełnianych zawiesziną twardniejącą, a także w przypadku technologii, gdzie część gruntu zostaje usunięta i zastąpiona spoiwem [2].

### Przeznaczenie i technologia wykonania przesłon

Obecnie przesłony przeciwnofiltracyjne projektuje się i wbudowuje w podłoże gruntowe oraz obiekty budowlane nie tylko



[www.dabi.com.pl](http://www.dabi.com.pl)

### DABI – Specjalista w wykonywaniu ścian wodoszczelnych

Firma zajmuje się głębokim fundamentowaniem od wielu lat. Wykonujemy ściany szczelinowe, pale fundamentowe, zabezpieczenia wykopów budowlanych, wzmacnianie podłoża gruntowego (zagęszczanie RIC/IC, kolumny DSM/JET/ŻWIROWE, iniekcje, geodreny) oraz przegrody przeciwnofiltracyjne o szerokim zakresie zastosowania – w obiektach hydrotechnicznych (np. zapory, wały przeciwpowodziowe, itp.), przy zabezpieczaniu składowisk odpadów, w szczególności w zakresie ograniczenia napływu zanieczyszczonych wód gruntowych ze składowisk odpadów niebezpiecznych oraz wysypisk śmieci do środowiska naturalnego, jak i przy zabezpieczeniach szerokooprzestrzennych wykopów budowlanych. Przegrody przeciwnofiltracyjne wykonujemy we wszystkich dostępnych na rynku technologiach: - wgłębne mieszanie gruntu na mokro tj. DSM (Deep Soil Mixing) - przy użyciu świrdrów/padli mieszających, CDMM/trench-mix (Continuous Deep Mixing Method) – przy użyciu Trencher'a, CSM (Cutter Soil Mixing) – przy użyciu bębnow skrawająco - mieszających; - wykop szczelinowy/wymiana gruntu tj. szczelina ciągła – przy użyciu koparki wielonaczyniowej i metoda krokowa – przy użyciu głębiarki do ścian szczelinowych; - iniekcja wysokociśnieniowa JET-GROUTING.

DABI SM BUDNY Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. K.

ul. Włociańska 32, 43-518 Ligota, tel.: +48 32 214 06 13, gsm: +48 781 900 939, fax: +48 32 214 62 81, e-mail: [biuro@dabi.com.pl](mailto:biuro@dabi.com.pl)



Trencher Mastenbroek, fot. Soletanche Polska Sp. z o.o.

dla zapewnienia warunków bezpieczeństwa ludzi i mienia, ale także w celu ochrony środowiska. Dzięki ich stosowaniu zwiększa się bezpieczeństwo budowli piętrzących wodę – przesłony mają korzystny wpływ na ich stateczność przez eliminację lub znaczne ograniczenie procesów filtracji. Wszystko to sprawia, że przesłony mają niekwestionowane znaczenie dla budownictwa hydrotechnicznego [4].

O szczegółowych parametrach przesłony, w tym szerokości, głębokości jej wbudowania oraz technologii wykonania, decyduje projektant na podstawie dokumentacji geotechnicznej oraz posiadanej wiedzy i doświadczenia. Rozwój licznych dostępnych metod i technologii wykonawczych dostarcza coraz to nowszych rozwiązań. W niniejszym artykule skupiono się na kilku stosowanych technologiach – wgłębnego mieszania gruntów (DSM), wibracyjnie iniektowanej przesłony szczelinowej (WIPS), iniekcji niskociśnieniowej, iniekcji strumieniowej oraz wibroflotacji.

Metodę wgłębnego mieszania gruntu (DSM), wykonywanego bez konieczności wydobywania gruntu na powierzchnię, stosuje się często do uszczelniania i wzmacniania podłoża. Mieszanie

wgłębne odbywa się bez wibracji i wstrząsów, a istota tej metody polega na poprawianiu właściwości gruntów zalegających w podłożu, zwłaszcza ich wytrzymałości i szczelności, przez ich wymieszanie z materiałami wiążącymi i uszczelniającymi. Do mieszania używa się maszyn wyposażonych w specjalne końcówki mieszające. Dla uzyskania lepszej jednorodności przesłony przeciwfiltracyjnej proces mieszania można kilkakrotnie powtarzać w kierunku pionowym. Zarówno prędkości obrotowe mieszadła, jak i prędkości jego podciągania dobierane są odpowiednio do rodzaju gruntu.

Wśród podstawowych zalet metody wgłębnego mieszania można wymienić stosunkowo dużą grubość przegrody, niewielką ilość urobku powstającego w czasie wykonywania przegrody, wyeliminowanie możliwości sedymentacji zawiesiny oraz zaciśnięcia cienkiej przegrody przeciwfiltracyjnej (co zmniejsza ryzyko nieszczelności przegrody) oraz brak wibracji mogących ograniczać wykonawstwo w niektórych lokalizacjach, np. w przypadku bliskiego sąsiedztwa budynków. Ponadto ta metoda zapewnia dobre zazębienie przegrody w gruncie. Do wad metody DSM należą trudności z uzyskaniem jednorodnej mieszaniny w gruntach bardzo spoistych oraz konieczność bardzo dokładnego wytyczenia kolejnych kolumn i utrzymywania mieszadła w pionie w celu zapewnienia szczelności przegrody [5].

W metodzie wibracyjnej (WIPS) uszczelniany grunt jest rozpychany na boki pod wpływem działania wibratora nasadowego pogrążanego w podłożu stalowym brusem o przekroju dwuteowym. Może też być rozpychany w czasie penetracji specjalnym wibratorem wgłębnym, wyposażonym w boczne skrzydełka, które powiększają szerokość wykonywanego segmentu przegrody. Zawieszona twardejająca pompowana jest zarówno w fazie penetracji, jak i w czasie wyciągania wibratora. W fazie pogrążania zawieszona działa jak płuczka – ułatwia penetrację profilu w grunt oraz stabilizuje ściany szczeliny. Z kolei w czasie wyciągania wibratora cała przestrzeń szczeliny zostaje wypełniona odpowiednią zawieszoną twardejącą. Ta, po stwardnieniu, tworzy przegrodę przeciwfiltracyjną. Na grubość przegrody wpływają nie tylko wymiary przekroju poprzecznego elementu penetrującego w grunt, ale także rodzaj gruntu w miejscu wykonywania przegrody. W praktyce przegrody wykonywane metodą WIPS można wykonywać do głębokości kilkunastu metrów. Metodą WIPS cechuje duża wydajność i związane z tym niskie koszty wykonania przesłony. Umożliwia ona także lokalnie dodatkowe dogęszczenie podłoża w gruntach piaszczystych. Do wad z kolei należą mała grubość przesłony, która jest dodatkowo uzależniona od rodzaju i stanu gruntu, oraz występowanie zagrożenia jej szczelności i możliwość pojawienia się „okien” filtracyjnych na skutek niekontrolowanego zaciskania cienkiej przegrody w nieprzychylnych warunkach gruntowo-wodnych. Metoda WIPS wymaga ponadto bardzo dokładnego wytyczenia kolejnych miejsc pogrążania wibratora, który dla zachowania szczelności przesłony musi być utrzymywany w pionie. Stosując tę metodę, trzeba także brać pod uwagę oddziaływanie wibracji na obiekty budowlane zlokalizowane w sąsiedztwie robót [5].

Iniekcja niskociśnieniowa polega na wprowadzeniu do gruntu spoiwa twardejącego przez specjalnie w tym celu wykonany otwór wiertniczy. Biorąc pod uwagę warunki gruntowe oraz uwarunkowania konstrukcyjno-projektowe, iniekcja



Wykonywanie przegrody typu *slurry trench* w Duchnicach, fot. Soletanche Polska Sp. z o.o.

CEMENTY

SPOIWA DROGOWE

SPOIWA USZCZELNIAJĄCE

POPIOŁY LOTNE



### ➤ CEMENTY

Cementy portlandzkie popiotowe i pucolanowe

CEM II/A-V 42,5 R  
CEM II/B-V 42,5 N  
CEM II/B-V 32,5 R  
CEM IV/B (V) 32,5 N



### ➤ SPOIWA USZCZELNIAJĄCE

Spoiva przeznaczone do wykonywania przeston przeciwfiltracyjnych

VECTIS-S  
VECTIS-MG



### ➤ SPOIWA DROGOWE

Hydrauliczne spoiva drogowe PN-EN 13282-1

STRADA 12,5 HRB E2  
STRADA 22,5 HRB E3



### ➤ POPIOŁY LOTNE

Popioły lotne do betonu PN-EN 450-1

ACTIV  
ACTIV PLUS



[www.ekobet.waw.pl](http://www.ekobet.waw.pl)

➤ Zakład Nr 1  
ul. Zawodzie 20A  
02-981 Warszawa

➤ Zakład Nr 2  
ul. Promienna 51  
43-603 Jaworzno

➤ Zakład Nr 3  
ul. Elektryczna 5  
07-401 Ostrołęka



Przegrody przeciwfiltracyjne wykonywane w technologii jednofazowych ścianek szczelnych, fot. Górażdże Cement SA

przewodzona jest z określonym wydatkiem chwilowym spoiwa oraz ciśnieniem roboczym nieprzekraczającym 3–5 MPa. Wydatek chwilowy oraz ciśnienie iniekcji powinny być tak zoptymalizowane, by uzyskać jak największy zasięg iniekcji z otworu, przy czym istotną rolę w tej kwestii odgrywają parametry gruntowe. Ograniczeniem stosowania metody iniekcji niskociśnieniowej jest rodzaj spoiwa, które w stanie płynnym powinno charakteryzować się określonymi parametrami reologicznymi, a przede wszystkim zawierać co najmniej 80% frakcji poniżej 5 $\mu$ m.

Metoda wysokociśnieniowej iniekcji strumieniowej polega na mieszaniu gruntu z zaczynem, zwykle cementowym, zatłaczanym pod ciśnieniem 200–600 barów (przy czym w praktyce projektowej przyjęto jako graniczne ciśnienie robocze 200 barów) i wydatkiem 50–450 l/min. Za pomocą tej metody możliwe jest wzmacnianie wszelkiego rodzaju gruntów – od niespoistych po spoiste, jednak jak wynika z doświadczenia wykonawców, najlepiej sprawdza się w gruntach niespoistych,



Trencher wykonujący przesłonę przeciwfiltracyjną, Soley Sp. z o.o.

gdzie proces tworzenia kolumny przebiega w najbardziej przewidywalny sposób. Oprócz stosowania iniekcji strumieniowej przy wzmacnianiu oraz uszczelnianiu wałów i korpusów zapór za pomocą przesłon przeciwfiltracyjnych znajduje ona także zastosowanie do podbijania fundamentów istniejących budynków oraz w zeskalaniu i we wzmacnianiu podłoża gruntowego pod inwestycje liniowe [6].

Metodę vibro można z powodzeniem wykorzystywać zarówno do gruntów spoistych, jak i organicznych, przy czym wieloletnia praktyka potwierdza, że bardzo dobre wyniki osiąga zagęszczanie struktur o podłożu składającym się z piasku, żwiru i szutru. Technologie vibro różnią się między sobą przede wszystkim sposobem działania oraz sposobem przekazywania obciążeń na podłoże. Wibroflotacja jest uniwersalnym, elastycznym i ekonomicznym sposobem zagęszczania luźnych gruntów, ułożonych warstwowo pod powierzchnią terenu lub zalegających na dużych głębokościach w postaci soczewek. Efektywność zagęszczania tą metodą zależy od parametrów technicznych użytego wibratora, rodzaju gruntu i przyjętego rozstawu punktów [7].

## Podsumowanie

Jakość wykonania przesłony przeciwfiltracyjnej w zasadniczy sposób wpływa na skuteczność uszczelnienia konstrukcji i podłoża. Dlatego właśnie proces wykonania przesłony powinien podlegać kontroli jakości na każdym etapie realizacji. W zgodzie z wymogami zawartymi w dokumentacji technicznej, projektach budowlanych i szczegółowych specyfikacjach technicznych, powinno się przeprowadzać badania bieżące na etapie wykonania przesłony, a także badania sprawdzające powykonawcze, które mają decydujące znaczenie w ocenie jakości wykonania przesłony [4].

## Literatura

- [1] Kledyński Z., Falaciński P., Machowska A.: *Odpadowe materiały mineralne w przegrodach przeciwfiltracyjnych*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2007, nr 6, s. 68–73.
- [2] Kuś R., Słowikowski D.: *Zastosowanie wybranych technologii uszczelniania podłoża gruntowego w budownictwie hydrotechnicznym – wieloletnie doświadczenia PRGW. Sympozjum europejskie. Materiały konferencji Współczesne problemy ochrony przeciwpowodziowej*, Paryż–Orlean, 28–30 marca 2012.
- [3] Rycharska J., Borys M.: *Wpływ warunków termiczno-wilgotnościowych na wytrzymałość zawieszin twardniejących stosowanych do budowy przegród przeciwfiltracyjnych metodą wibracyjną w wałach przeciwpowodziowych*. „Woda Środowisko Obszary Wiejskie” 2010, t. 10, z. 3, s. 215–227.
- [4] Kuleta K., Szkotak P.: *Trench-Mix – przesłony przeciwfiltracyjne gwarantowanej jakości*. „Inżynier Budownictwa” 2011, nr 4, s. 73–74.
- [5] Borys M., Mosiej K., Topolnicki M.: *Projektowanie i wykonawstwo pionowych przegród przeciwfiltracyjnych z zawieszin twardniejących w korpusach i podłożu wałów przeciwpowodziowych*. Red. nauk. M. Borys. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Inżynierii Wodno-Melioracyjnej. Falenty 2006.
- [6] Stryczek S., Gonet A.: *Geoinżynieria. Studia, Rozprawy, Monografie*, t. 71. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków 2000.
- [7] [www.menard.pl](http://www.menard.pl).



**Zapewniamy** badania podłoża gruntowego.

**Projektujemy** i wykonujemy wzmocnienia podłoża gruntowego.

**Wykonujemy** tunele i obiekty mostowe.

**Jesteśmy** obecni na największych budowach w Polsce.



MIKROWYBUCHY ■

WYMIANA DYNAMICZNA GRUNTU ■

JET GROUTING ■



PIPE ROOFING ■

## INNE TECHNOLOGIE

- Pale wiercone, CFA, przemieszczeniowe i inne
- Ściany szczelinowe
- Kolumny betonowe i żwirowo-betonowe
- Wgłębne mieszanie gruntu (DSM)
- Kotwy (gwoździe gruntowe i mikropale)
- Wibrowymiana
- Wibroflotacja

Tab. 1. Wybrane firmy wykonujące przesłony przeciwfiltracyjne oraz technologie, w jakich je wykonują (sporządzono na podstawie danych pozyskanych od firm)

Logo firmy	Nazwa firmy	Adres strony WWW	Technologia wykonania przesłony
	Aarsleff Sp. z o.o.	<a href="http://www.aarsleff.com.pl">www.aarsleff.com.pl</a>	wgłębne mieszanie gruntu DSM; iniekcja wysokociśnieniowa jet grouting; palisady sieczne betonowe lub (i) żelbetowe; grodzice stalowe, drewniane, żelbetowe
	Aprofi Aleksander Siry	<a href="http://www.aprofi.pl">www.aprofi.pl</a>	wgłębne mieszanie gruntu DSM
	DABI SM Budny Sp. z o.o. Sp. k.	<a href="http://www.dabi.com.pl">www.dabi.com.pl</a>	wgłębne mieszanie gruntu na makro: DSM, CSM, CDMM/Trenchmix przy użyciu trenchera; wykop szczelinowy/wymiana gruntu: szczelina ciągła, metoda krokowa, iniekcja jet grouting
	Śląskie Towarzystwo Wiertnicze Dalbis Sp. z o.o.	<a href="http://www.dalbis.com.pl">www.dalbis.com.pl</a>	iniekcja strefowa
	Franki Fundamenty SA	<a href="http://www.franki.pl">www.franki.pl</a>	wibracyjnie iniektowana przesłona szczelinowa (WIPS)
	Przedsiębiorstwo Robót Specjalistycznych Hydrogrupa Sp. z o.o.	<a href="http://www.hydrogrupa.pl">www.hydrogrupa.pl</a>	ciągłe wgłębne mieszanie gruntu in situ CDMM, Trenchmix®, wgłębne mieszanie gruntu DSM; iniekcja ciśnieniowa
	Keller Polska Sp. z o.o.	<a href="http://www.keller.com.pl">www.keller.com.pl</a>	przesłony poziome: iniekcja strumieniowa, iniekcja niskociśnieniowa (porowa); przesłony pionowe: wgłębne mieszanie na makro DSM, iniekcja strumieniowa, ściany szczelinowe, wibracyjnie iniektowana przesłona szczelinowa (WIPS)
	Menard Polska Sp. z o.o.	<a href="http://www.menard.pl">www.menard.pl</a>	przesłony przeciwfiltracyjne w technologii ścian szczelinowych oraz Trenchmix
	Polbud-Pomorze Sp. z o.o.	<a href="http://www.polbud-pomorze.pl">www.polbud-pomorze.pl</a>	wgłębne mieszanie gruntu; iniekcja strumieniowa jet grouting; iniekcja niskociśnieniowa – grouting; turbo jet; ściany szczelinowe; ścianki szczelne stalowe lub PCV; mikrowybuchy; ciągłe mieszanie gruntu przy zastosowaniu trenchera
	Polremaco Sp. z o.o.	<a href="http://www.polremaco.pl">www.polremaco.pl</a>	innowacyjna metoda wykonania szczelnej przesłony przeciwfiltracyjnej przez porażanie grodzic z PCV za pomocą specjalistycznych wibromotów i osprzętu
	Soletanche Polska Sp. z o.o.	<a href="http://www.soletanche.pl">www.soletanche.pl</a>	wgłębne mieszanie gruntu Trenchmix CDMM; kolumny DSM; wykop szczelinowy wykonywany głębiarką slurry trench; wykop szczelinowy wykonywany koparką wielokubekową slurry trench; pionowe przegrody wykonywane iniekcją wysokociśnieniową jet grouting; poziome przegrody wykonywane iniekcją wysokociśnieniową jet grouting; iniekcja niskociśnieniowa impregnująca

	Soley Sp. z o.o.	www.soley.pl	przesłony przeciwfiltracyjne wykonywane trencherem (technologia CDMM, Trenchmix) oraz w technologii DSM (pojedyncze, podwójne, potrójne mieszadło)
	Stump-Hydrobudowa Sp. z o.o.	www.stump-hydrobudowa.pl	wykonyjemy przesłony filtracyjne w technologii ściany szczelinowej. Dzięki zastosowaniu czerpaka o szerokości 4,2 m możemy osiągać znaczne wydajności

Tab. 2. Wybrane firmy oferujące materiały oraz sprzęt do wykonania przesłon przeciwfiltracyjnych (sporządzono na podstawie danych pozyskanych od firm)

Logo firmy	Nazwa firmy	Adres strony WWW	Produkt do wykonania przesłon
	AM-TEC Engineering	www.am-tec.pl	wibromłoty Movax – montowane na wysięgnikach koparek umożliwiających wzbijanie grodzic, dwuteowników, rur i pali drewnianych; wibromłoty Allpacks – montowane na wysięgnikach koparek i dźwigach
	BAUER Maschinen GmbH	www.bauermaschinen.pl	palownice do wykonywania przesłon przeciwfiltracyjnych w technologiach: SCM/DSM, małe średnice, SCM-DH, duże średnice, SMW, CSM
	Przedsiębiorstwo Techniczno-Handlowe Certech Sp. j. Jan Kuca, Jerzy Motyka	www.certech.com.pl	Składniki zawiesziny twardniejącej: Certix G, Certix GX, Certix GC, Certix GZ; Bentoswell
	Ekobet Cementy Sp. z o.o.	www.ekobet.waw.pl	VECTIS-S – spoiwo do budowy przesłon przeciwfiltracyjnych metodą DSM; VECTIS-MG – spoiwo do budowy przesłon przeciwfiltracyjnych metodą wykopów wąskoprzestrzennych
	Górażdże Cement SA Zakład Ekochem	www.gorazdzegeotechnika.pl	DiWa-mix® – mieszanka do wykonywania przegród przeciwfiltracyjnych, szczególnie polecana do izolowania składowisk odpadów i obszarów skażonych po działalności przemysłowej; Seku-mix® – mieszanka do wykonywania przegród przeciwfiltracyjnych, szczególnie polecana do uszczelniania wałów przeciwo-wodziowych, grobli, wykopów budowlanych itp.
	KDM Dariusz Mazur	www.kdm.net.pl	kompletne zestawy maszyn: palownice, wiertnice, wibratory (wibromłoty), mieszalniki zaczynów, pompy podające zaczyn
	Pietrucha International	www.grodzice.com	grodzice winylowe EcoLock służące do wykonywania przesłon przeciwfiltracyjnych, ścian oporowych i regulacji rzek, stanowiące alternatywę dla elementów stalowych
	Spoiwex Sp. z o.o.	www.spoiwex.pl	Terramix Hydro – sucha mieszanka do wykonywania przesłon przeciwfiltracyjnych metodą wgłębnej mieszanki, zapewnia stabilny przyrost wytrzymałości na ściskanie i niską przepuszczalność hydrauliczną



Rodzaj materiału hydroizolacyjnego powinien być odpowiednio dopasowany do specyfiki obiektu oraz charakterystyki gruntu. Co dokładnie powinno determinować jego wybór?



**Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kledyński,**  
prorektor Politechniki Warszawskiej

Pytanie postawione przez Redakcję zwykle zapoczątkowuje wielogodzinny wykład, poprzedzony informacjami o funkcjach przesłon oraz sposobach ich realizacji. W narzuconym przez Redakcję skrócie można powiedzieć, że **rodzaj materiału na**

**przesłonę zależy od funkcji przesłony oraz warunków jej pracy i wykonania.**

Każdorazowo, w efekcie analizy przypadku, dochodzi się do grupy kryteriów oraz towarzyszących im parametrów technicznych, właściwych dla konkretnej przesłony. Można także budować nieco uogólnione listy wymagań, właściwe dla danego rodzaju przesłony i sposobu jej wykonania. Dla przykładu, **materiały uszczelniające wykorzystywane do iniekcji otworowej w ośrodki skalne powinny spełniać następujące wymagania:**

- a) łatwość przepompowywania i penetracji porów i spękań skalnych na wymaganą odległość (wskazana niska lepkość, znaczne rozdrobnienie fazy stałej);
- b) odporność na rozmywanie (kohezja zaczynu przed związaniem);
- c) całkowite wypełnienie spękania, bez pozostawienia w nim wody (brak kontrakcji, mała sedymentacja, stabilność);
- d) utrzymywanie wymaganych właściwości w trakcie prowadzenia prac i po stwardnieniu (właściwości przeciwfiltracyjne, wytrzymałość);
- e) dobra przyczepność do ścian szczeliny;
- f) regulowany czas wiązania, w zależności od wybranej techniki tłoczenia i warunków iniekcji;
- g) trwałość i odporność na korozję (agresywne działanie wód podziemnych);
- h) obojętność (nietoksyczność) dla środowiska naturalnego (preferencje dla materiałów mineralnych);
- i) łatwość przygotowania;
- j) odpowiedniość do warunków aplikacji.

Częściowo odmienne wymagania stawiamy materiałom na przesłony w gruntach, w tym szczelinowe, różnicując je zależnie od technologii wykonania.

Jak widać, dobór materiału nie jest banalny. Jeśli więc problemu nie rozwiąże wbicie ścianki szczelnej, to należy wrócić do studium tematu. Można je zacząć np. od lektury „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego”. Polecam.

**Dr inż. Dariusz Sobala, dyrektor ds. rozwoju**  
**Aarsleff Sp. z o.o.**



**AARSLEFF**

Firma Aarsleff Sp. z o.o. nie zajmuje się dostawą materiałów hydroizolacyjnych lecz kompleksowych rozwiązań spełniających wymagania i potrzeby klientów. Dbałość

o interesy klienta powoduje, że zawsze dobieramy takie rozwiązanie materiałowe, konstrukcyjne i technologiczne, aby po pierwsze, spełniało swoją funkcję i wymagania projektu w przewidywanym okresie użytkowania oraz – po drugie – było najtańsze dla klienta. Wieloletnie doświadczenia firmy Aarsleff Sp. z o.o. wskazują przede wszystkim na potrzebę lepszego, bardziej precyzyjnego i dopasowanego do potrzeb projektu, konstrukcji i klienta określania wymagań szczelności w dokumentacjach projektowych i specyfikacjach. Bardzo często spotykamy się w praktyce z określeniem wymagań nadmiernie ostrych, np. „pełnej” szczelności przesłony, oraz niewłaściwym rozumieniem pojęć, np. ścianka szczelna zamiast ścianka z grodziec stalowych. W pierwszym przypadku należy zdawać sobie sprawę z faktu, że rozwiązania idealne, spełniające ostre wymagania nie istnieją, a w praktyce zajmujemy się w mniejszym lub większym stopniu jedynie minimalizowaniem ryzyka wystąpienia jakiegoś zjawiska, np. przecieku. W przypadku wykorzystania niektórych pojęć warto zastanowić się nad fizycznością zjawisk towarzyszących technologii wykonania elementu geotechnicznego. Wspomniana już ścianka szczelna (z grodziec stalowych) zapewnia szczelność technologiczną, a zwiększenie szczelności wymaga dodatkowych zabiegów. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku ścian szczelinowych i różnego rodzaju palisad oraz innych rodzajów przesłon geotechnicznych. Zatem odpowiedź na pytanie o czynniki dokładnie determinujące wybór materiału hydroizolacyjnego lub rozwiązania przesłony jest stosunkowo łatwa – są to jasno sprecyzowane w projekcie i specyfikacji rzeczywiste potrzeby.



**Mariusz Hoffmann, kierownik projektów,  
Soletanche Polska Sp z o.o.**

Soletanche Polska Sp. z o.o. realizuje przegrody przeciwfiltracyjne metodami, w których stosuje się materiały hydroizolacyjne będące spoiwami hydraulicznymi lub zawiesinami twardniejącymi. Dobór materiału powinien uwzględniać cel uszczelnienia, geologię strefy uszczelnianej, dobór metody i sprzętu oraz

jakość i cenę materiału uszczelniającego.

I tak np., do wykonania przegrody w obwałowaniach przeciwpowodziowych, której celem jest jedynie ograniczenie i wydłużenie drogi filtracji, a wymaganymi parametrami filtracji i wytrzymałości są  $k \leq 1 \times 10^{-7}$  i  $R_s \geq 0,3$  MPa, można zastosować spoiwo hydrauliczne z dominującym udziałem popiołów. Przy izolacji odcieków składowisk niebezpiecznych odpadów, gdzie konieczna jest całkowita szczelność systemu ( $k \leq 1 \times 10^{-10}$ ), niezbędne jest wykonanie ekranu z zawiesiny twardniejącej, zbudowanej na bazie żużla hutniczego i znacznej domieszki wysokiej jakości bentonitu.

Skład zawiesin i spoiw powinien uwzględniać budowę geologiczną utworów uszczelnianych. W porowatych gruntach sypkich (np. żwirach) konieczna jest duża lepkość materiału i znaczne tempo wiązania, co zapobiega nadmiernej migracji materiału w twory otaczające i rozmyciu przegród przez wody gruntowe. W gruntach ilastych i organicznych dobór materiału przegrody musi uwzględniać możliwość opóźnienia lub całkowitego zablokowania procesu wiązania oraz korozji przegród przez oddziaływanie agresywnych wód gruntowych.



**Krzysztof Szerszeń, specjalista ds.  
nowych produktów, Górażdże Cement SA  
- Zakład Ekocem**

W celu doboru odpowiedniego materiału do przygotowania zawiesiny samotwardniejącej, z której powstanie przegroda przeciwfiltracyjna, należy uwzględnić technologię jej wykonania oraz wymagane parametry techniczne

(wytrzymałość na ściskanie, współczynnik filtracji). Warto również uwzględnić warunki na placu budowy, np. długość rurociągów czy dostępny sprzęt wykonawcy przegrody. Znając powyższe wymagania, możemy dobrać materiał o odpowiednim składzie i gęstości, zapewniający stabilną zawiesinę o minimalnej sedymentacji. Istotne są również parametry reologiczne zawiesiny (lepkość, granica płynięcia). Oczekiwana trwałość powstałej przegrody decyduje o doboru odpowiedniego spoiwa, zapewniającego odporność chemiczną na oddziaływanie korozyjne wód gruntowych i gruntu. Dlatego elementem nieodzownym jest odpowiednio przygotowana dokumentacja geologiczna, uwzględniająca parametry geotechniczne warstw gruntu i poziom wód gruntowych. Szczególnie istotne są dane dotyczące obecności gruntów organicznych, przepuszczalności warstw oraz składu chemicznego wód i agresywności środowiska. Zalecane jest również wykonanie wstępnego testu zawiesiny samotwardniejącej z próbki gruntu i wód z placu budowy.

## ORGANIZATORZY



Fundacja  
„Nauka i Tradycje Górnicze”



Katedra Geomechaniki,  
Budownictwa i Geotechniki AGH



Katedra Geotechniki, Hydro-  
techniki, Budownictwa  
Podziemnego i Wodnego  
Politechnika Wrocławska



Polski Komitet  
Geotechniki



KGHM CUPRUM  
Centrum Badawczo-Rozwojowe



Polskie Towarzystwo  
Mechaniki Skał



## XXXIX ZIMOWA SZKOŁA MECHANIKI GÓROTWORU I GEOINŻYNIERII

14-18.03.2016, Wisła Jawornik



### TEMATYKA

<http://home.agh.edu.pl/zsmgg>

- ✓ Aktualne problemy Geoinżynierii
- ✓ Nowe techniki i technologie w górnictwie i budownictwie
- ✓ Budownictwo podziemne i tunelowe
- ✓ Awarie i zagrożenia w budownictwie i górnictwie
- ✓ Modelowanie ośrodka skalnego i gruntowego
- ✓ Stateczność skarp i zboczy
- ✓ Fundamentowanie, zbrojenie gruntów
- ✓ Laboratoryjne i polowe badania skał i gruntów
- ✓ Obudowa wyrobisk górniczych
- ✓ Zjawiska dynamiczne w górotworze

