



Temat specjalny



# Stabilizacja skarp i zboczy

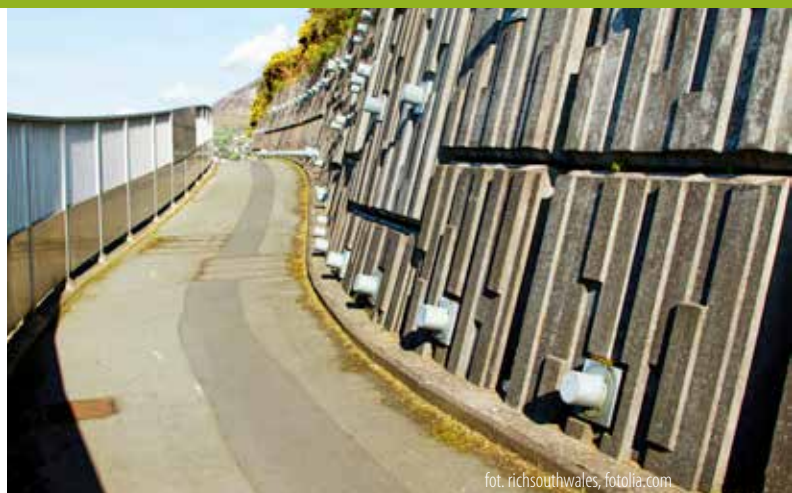
tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



W związku z intensywnymi pracami budowlanymi przy powstających obiektach inżynieryjnych, w tym również na terenach osuwiskowych, często istnieje potrzeba wzmocnienia słabego podłoża gruntowego i stabilizacji budowli ziemnych, którymi są skarpy i nasypy. Można te działania rozpatrywać w kategorii uciążliwych, ale z drugiej strony stanowią doskonałą okazję do wdrożenia nowoczesnych, korzystnych technicznie i przyjaznych środowisku naturalnemu rozwiązań i technologii.



fot. reisgrafich, fotolia.com



fot. richsouthwales, fotolia.com



fot. chiakto, fotolia.com

**Kategorie geotechniczne skarp i zboczy**

W normie PN-EN 1997-1 [1] określono kategorie geotechniczne w zależności od stopnia komplikacji warunków gruntowych i konsekwencji zniszczenia. Zakwalifikowanie skarp i zboczy do kategorii geotechnicznej odbywa się przed rozpoczęciem badań, w trakcie których kategoria może ulec zmianie. W pierwszym etapie badań podłoża powinny zostać określone warunki w nim występujące, które mogą mieć wpływ na wybór kategorii geotechnicznej.

W [1] wyróżniono trzy kategorie geotechniczne (tab. 1). W przypadku I kategorii geotechnicznej można projektować stateczność na podstawie przepisów bądź doświadczenia. Dla II kategorii geotechnicznej konieczne jest uzyskanie w badaniach danych ilościowych o parametrach wytrzymałościowych i sprawdzenie stateczności metodą numeryczną. W przypadku III kategorii geotechnicznej wymagane są badania laboratoryjne i polowe, opracowanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej oraz monitoring prowadzony metodami geodezyjnymi lub geofizycznymi. Sugeruje się przy tym, aby maksymalnie wykorzystać porównywalne doświadczenia.

W każdym przypadku należy rozpatrzyć stany graniczne i spełnić wymagania stateczności, ograniczenia odkształceń, trwałości i niewymuszania przemieszczeń sąsiednich budowli lub instalacji. Do stanów granicznych, które należy rozpatrzyć, należą:

- utrata stateczności ogólnej podłoża i budowli na nim zlokalizowanych,
- nadmierne przemieszczenia w podłożu spowodowane odkształceniami od ścinania, osiadania, pęcznienia, drgań,
- zniszczenie lub utrata użyteczności sąsiednich obiektów, dróg bądź budowli spowodowane przemieszczeniami podłoża.

Dobór oddziaływań do obliczeń stateczności powinien uwzględniać skutki takich okoliczności, jak:

- procesy budowlane,
- nowe wykopy lub konstrukcje powstające na terenie lub obok stoku,
- istniejące lub wcześniejsze ruchy podłoża spowodowane różnymi przyczynami,
- drgania,
- zmiany klimatyczne, w tym związane z wahaniami temperatur, susze, ulewę.

*Jakie czynniki należy wziąć pod uwagę przy wyborze sposobu zabezpieczenia skarp i zboczy?*



**NATALIA MACA, Titan Polska Sp. z o.o.**

Zabezpieczenie skarp i zboczy jest jednym z ciekawszych zagadnień geotechnicznych, w którym dostępność możliwych do zastosowania różnorodnych technologii i ich kombinacji jest bardzo szeroka. Można w tym celu stosować klasyczne konstrukcje oporowe, gwoździowanie

gruntu, pale, kolumny i bariery, mikropale kotwione lub nie, iniekcje ciśnieniowe, przypory itd. Jednak o wyborze konkretnego rozwiązania powinna decydować nie tylko kreatywność projektanta i koszty, ale przede wszystkim jego efektywność w danych warunkach. Zależy to od wielu czynników, zaczynając od tego, czy stabilizujemy istniejącą skarpe, czy nowo wykonywany wykop i jaka jest ich geometria. Paletę technologii do wyboru zawęża dostępność miejsca i ograniczenia sprzętowe. Znaczącym czynnikiem są warunki geotechniczne, ale też charakterystyka hydrogeologiczna i ewentualny wpływ danej technologii na ich zmianę. W końcu, istotne są oczekiwania inwestora co do efektu wizualnego oraz sposób i koszty utrzymania docelowej konstrukcji.

Czy jest uniwersalna technologia, która sprawdza się we wszystkich warunkach? Z naszego doświadczenia wynika, że najbliższym tego ideału są konstrukcje gwoździowane, ale realizowane w technologii gwoździ gruntowych samowierzących, np. Titan. Takie gwoździe można instalować wydajnie i bezpiecznie we wszystkich gruntach, nawet w trudno dostępnych miejscach, dowolnie formując skarpe czy dostosowując się do jej istniejącego kształtu, a tym samym ograniczając roboty ziemne do minimum. Możliwe jest ich łączenie z dowolnym oblicowaniem – od naturalnych zielonych stoków po pięknie formowany beton architektoniczny. Taka konstrukcja charakteryzuje się minimalnymi przemieszczeniami oraz wysoką niezawodnością i trwałością.

Tab. 1. Rodzaje konstrukcji w kategoriach geotechnicznych [2]

<b>Kategoria I</b>	– skarpy wykopów do 1,5 m wysokości (nienawodnione) – skarpy nasypów do 3 m – zbocza z gruntów sypkich lub spoistych bez śladów osuwisk, do 6 m (niezabudowane) – zbocza skalne i zwietrzelinowe, płaskie i łagodnie nachylone bez śladów aktywności osuwiskowej
<b>Kategoria II</b>	– ściany oporowe i inne konstrukcje utrzymujące grunt lub wodę – wykopy – nasypy i inne budowle ziemne
<b>Kategoria III</b>	– konstrukcje narażone na nadzwyczajne ryzyko w wyjątkowych, trudnych warunkach gruntowych lub obciążeniowych – konstrukcje na obszarach, gdzie z dużym prawdopodobieństwem może wystąpić niestateczność terenu lub długotrwałe ruchy podłoża, które wymagają osobnych badań lub podjęcia specjalnych zabiegów

Należy również wziąć pod uwagę wpływ roślinności, działalność człowieka i zwierząt, a także zmiany wilgotności lub ciśnienia wody w porach skał.

Obliczeniowe poziomy wody powierzchniowej i wód gruntowych lub ich kombinacje w przypadku stanów granicznych nośności powinno się ustalać na podstawie danych hydrologicznych i obserwacji [2].

**Analiza stateczności**

Zagadnieniem stateczności skarp badacze interesowali się od dawna, a pierwsze prace naukowe z tej dziedziny pochodzą z XVIII w. Natomiast fundamentalne metody analizy, stosowane do dziś, opracowano na początku XX wieku. Należą do nich metody Pettersona (1916), Felleniusa (1925), Terzagiego (1925)

i późniejsze Masłowa (1949), Bishopa (1954), Janbu (1956), Nonveilera (1965), Mongersterna-Price'a (1963) i Spencera (1967). Ponieważ jednak na warunki stateczności wpływa duża liczba czynników, a określenie stanu naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia skarpy nastęrcza trudności, nie istnieje jedna uniwersalna teoria, która w sposób pełny i jednoznaczny rozwiązywałaby problematykę stateczności [3].

Eurokod 7 [1] podaje następujące oddziaływania, które należy uwzględniać w obliczeniach stateczności skarp: ciężar gruntu, skały, wody; ciśnienie wody gruntowej; ciśnienie spływowce; obciążenie naziomu; usunięcie obciążenia (odciążenie), np. wykonanie wykopu; obciążenie pojazdami; przemieszczenia związane z pełzaniem lub osiadaniem mas gruntowych; pęcznienie i skurcz spowodowane przez wpływy klimatyczne; zmiany

Tab. 2. Zalecane metody do oceny stateczności [6]

Budowla	Kategoria geotechniczna	Rozwiązania zamknięte, przepisy, doświadczenie	Metody równowagi granicznej*		Metoda redukcji wytrzymałości na ścinanie		Inne metody – analiza klinów, bloków
			Powierzchnia kołowa (walcowa)	Inna niż kołowa (walcowa)	2D	3D	
Nasyp	I	Z	Z	Z	NW	NW	NA
	II	NZ	ZO	ZO	Z	NW	NA
	III	NA	NZ	ZO	Z	Z	NA
Wykop	I	Z	Z	Z	NW	NW	NA
	II	NZ	ZO	ZO	Z	NW	NA
	III	NA	NZ	ZO	Z	Z	NA
Podłoże	I	Z	Z	Z	NW	NW	NA
	II	NZ	ZO	ZO	Z	NW	NA
	III	NZ	NZ	ZO	Z	Z	NA
Zbocze (gruntowe, gruntowo-skalne)	I	ZO	Z	Z	Z	NW	NA
	II	NZ	ZO	ZO	Z	Z	NA
	III	NA	NZ	ZO	Z	Z	NA
Tereny osuwiskowe	III	NA	NZ	ZO	Z	Z	NA
Obszary objęte aktywnymi wpływami eksploatacji górniczej	III	NA	NZ	NZ	Z	Z	NA
Portale tuneli		NA	NZ	ZO	ZO	Z	NA
Ocena współpracy z elementami konstrukcji		NA	NZ	ZO	Z	Z	NA
Korelacja z wynikami z monitoringu przemieszczeń, obserwacja przemieszczeń		NA	NA	NA	Z	Z	NA
Zbocze skalne, masyw skalny - budowa blokowa		NZ	NZ	NZ	ZO	ZO	Z

Oznaczenia: Z – zalecane, ZO – zalecane z ograniczeniami, NA – nieadekwatne, NZ – niezalecane, NW – mogą być stosowane, choć nie ma potrzeby stosować tak złożonych rozwiązań

\* W przypadku wyboru metody równowagi granicznej należy mieć na uwadze zalecenia [1], aby analiza stateczności skarpy uwzględniała sprawdzenie całkowitego momentu i pionowej stateczności bryły odłamu. Jeżeli nie sprawdza się równowagi poziomej, siły pomiędzy paskami zaleca się przyjmować za poziome. Z tego względu niektóre metody równowagi granicznej nie spełniają powyższych wymagań.



wilgotności; rośliny; przyspieszenie od trzęsienia ziemi, wybuchów lub obciążeń dynamicznych; działanie zamarzania; siły od napinania kotew, rozpór innych konstrukcji, które oddziałują na masyw gruntu.

Zalecane metody do oceny stateczności przedstawiono w tabeli 2.

### Przyczyny powstawania osuwisk

Osuwiska, uważane w geologii dynamicznej za jeden z niszczących procesów geologicznych, zaliczane są do powierzchniowych ruchów mas gruntu na zboczach. Miejscem powstawania osuwisk są najczęściej zbocza dolin rzecznych, wybrzeża morskie i zbocza górskie. Z kolei osuwiska skarp występują także przy okazji wykonywania większych wykopów, przekopów czy nasypów.

Powstawanie osuwisk jest spowodowane działaniem siły ciężkości, na skutek której przekroczona zostaje równowaga między naprężeniami ścinającymi i oporem gruntu na ścinanie. Utrata stateczności zbocza jest więc spowodowana nowymi siłami lub zmniejszeniem sił oporu gruntu na ścinanie.

Wśród najczęstszych przyczyn występowania osuwisk wymienia się:

- upad warstw gruntów lub kierunek spękań skał zgodny z kierunkiem nachylenia zbocza naturalnego lub sztucznego (wykop);
- podmycie lub podkopanie zbocza;
- obciążenie zbocza lub terenu nad nim przez obiekty budowlane i składy materiałów;
- wypełnienie wodą szczelin lub spękań nad zboczem;
- wypór wody i ciśnienie spływowe w masie gruntowej zbocza, powstające na skutek nagłego obniżenia się poziomu wody powierzchniowej (np. zapory i obwałowania ziemne);
- napór wody od dołu na górne warstwy słabo przepuszczalne, powodujące zmniejszenie sił oporu na ścinanie;
- nasiąknięcie gruntu wodą na skutek opadów atmosferycznych lub tajania śniegu, co powoduje pęcznienie gruntu, a tym samym zmniejszenie sił tarcia i spójności gruntu;
- wietrzenie i rozluźnienie skał i gruntów, a więc niszczenie ich struktury;
- pofałdowanie terenu przez lodowce bądź ruchy tektoniczne;
- istnienie wygładzonych powierzchni poślizgu na terenach starych osuwisk (np. w łożach i łożupkach);
- wstrząsy wywołane np. wybuchami, ruchem drogowym;
- sufozja, tzn. wynoszenie z masy gruntu drobniejszych ziaren lub cząstek przez infiltrującą wodę, powodujące powstanie kawern, a następnie ruch mas skalnych lub gruntowych;



## AARSLEFF

AARSLEFF Sp. z o.o., Aleja Wyścigowa 6, 02-681 Warszawa  
tel.: 22 648 88 34, fax: 22 648 88 36, e-mail: aarsleff@aarsleff.com.pl



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

### ŻELBETOWE PALE PREFABRYKOWANE

AARSLEFF Sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i wykonawstwie fundamentów głębokich w technologii wbijanych pali prefabrykowanych. Zaletami tej technologii są: krótki czas instalacji pali, bardzo wysoka, udokumentowana jakość prefabrykatów, możliwość prowadzenia prac w bardzo niskich temperaturach, pełna kontrola nośności każdego pala oraz możliwość wbijania pali pod znacznym kątem. Wbijane pale prefabrykowane są korzystnym ekonomicznie i bezpiecznym rodzajem posadowienia dla obiektów przemysłowych, handlowych, mieszkaniowych, mostowych, oraz jako metoda wzmocnienia podłoża pod drogi i linie kolejowe.

- przemarzanie i odmarzanie gruntu, powodujące zmianę jego struktury i wytrzymałości na ścinanie;
- wypieranie gruntu (np. po odsłonięciu w wykopie gruntów plastycznych może nastąpić ich wypchnięcie przez nacisk warstw nadkładu i spowodować osuwisko skarpy);
- niewłaściwe zaprojektowanie nachylenia skarpy wykopu lub nasypu.  
Największe zagrożenie osuwiskami zachodzi wtedy, gdy kilka z wymienionych czynników występuje jednocześnie [4].

### Zasady wyboru zabezpieczeń

Istnieją dwa przypadki projektowe – zabezpieczanie osuwiska lub projektowanie bezpiecznej skarpy lub nasypu. Osuwiska stają się zwykle przedmiotem zainteresowania dopiero wtedy, gdy na ich



### WIERTNICE FUNDAMENTOWE FIRMY FRASTE

Fraсте **MITO 40CS** to kompaktowa wiertnica z niezależnym zasilaczem hydraulicznym, specjalnie zaprojektowana do pracy wewnątrz obiektów, piwnicach czy tunelach. Dzięki rozsuwanym gąsienicom minimalna szerokość transportowa maszyny to 780 mm, a robocza to 1200 mm. Modułowy maszt pozwala na skrócenie skoku głowicy do 900 mm, co gwarantuje długość masztu poniżej 2300 mm. Bezpieczną i wydajną pracę zapewnia kompletny system sterowania radiowego. Główne zastosowanie wiertnicy to kotwy, gwoździe, mikropale, Jet-Grouting.

#### Podstawowe parametry techniczne:

- silnik CAT 120 KM Tier 4F
- moment na głowicy do 1220 daNm i obroty 1220 obr/min
- siła docisku i wyrywania 4000 daN
- waga maszyny 4300 kg + zasilacz 2100 kg
- węże hydrauliczne o długości do 25 m



powierzchni lub w ich pobliżu projektuje się jakąś inwestycję – budynek, drogę czy inny obiekt budowlany. Zdarza się, że osuwisko powstaje po wybudowaniu obiektu i zagraża bezpieczeństwu. Zwykle jednak pojawia się podczas robót budowlanych, wymagając pilnego zabezpieczenia i likwidacji, aby umożliwić kontynuowanie budowy.

Z kolei przy projektowaniu bezpiecznych skarp wkopów przy założonych warunkach stateczności należy ustalić stan początkowy stateczności, a po dobraniu konstrukcji wzmacniających wykazać w drodze obliczeń, że przyjęta metoda wzmocnienia jest wystarczająca.

Przy wyborze zabezpieczenia, oprócz wzięcia pod uwagę szeregu czynników związanych z możliwością wystąpienia ekstremalnych warunków pogodowych, należy bezwzględnie pamiętać, że najszybsze i najgroźniejsze zmiany zawsze wywołuje woda, która jest przyczyną większości zagrożeń osuwiskowych. Dlatego w pierwszej kolejności w celu poprawienia stateczności rozpatrywanego przypadku należy podjąć działania związane z uporządkowaniem stosunków wodnych i eliminacją możliwości zawodnienia skarpy. Wybór zabezpieczenia powinien uwzględniać podane warunki geologiczne i wodne oraz grupy aktywności, a ponadto wysokość zbocza i możliwość dopływu wód z otoczenia [2].

**Stosowane rozwiązania**

Dostępne metody do stabilizacji skarp i zboczy podzielono na trzy główne grupy (tab. 3). Metody naturalne wykorzystują proste roboty ziemne i naturalne materiały. Konstrukcyjne – żelbet, beton i stal. Szeroko stosowane są także zabezpieczenia z wykorzystaniem geosyntetyków.

Najprostszym przykładem skutecznej ochrony stoków wśród metod naturalnych jest konstrukcja tarasów, rozwiązanie znane od wieków na całym świecie. Tarasowanie stoku jest skutecznym zabezpieczeniem przeciwko erozji, lawinom błotnym i śnieżnym. W zależności od klimatu tarasy mogą mieć różne kształty i wymiary. Kolejnym rodzajem zabezpieczenia naturalnego są przypory lub faszyny. Pionowe rynny erozyjne są zwykle zabezpieczane wypełnieniem z grubego materiału kamiennego. Odmianą przypór kamiennych są przypory pionowe z faszyny.

Naturalną metodą zabezpieczenia jest także zmiana kształtu zbocza na bardziej stateczne. Działaniem zwiększającym stateczność skarpy jest tarasowanie, podsypywanie w dolnej, podtrzymującej części zbocza. Kolejna naturalna metoda to wymiana osuniętych gruntów na materiał o lepszych cechach mechanicznych, z wyższym współczynnikiem kąta tarcia.

W sytuacji likwidacji osuwiska metodą wymiany gruntu dla poprawienia wytrzymałości gruntu stosuje się wkładki o charakterze zbrojenia. Materiałem naturalnym wkładek może być bambus, trzcina, kołki sosnowe, faszyna. Obecnie jednak znacznie częściej stosuje się do zbrojenia gruntu materiały syntetyczne.

W przypadku zabudowy biologicznej: obsiewu, hydrosiewu, konieczne jest dobre przygotowanie podłoża, właściwy dobór roślin, okresu wysiewu i wzrostu oraz pielęgnacja roślin, zwłaszcza w pierwszym okresie. Kolejna metoda polegająca na zabudowie biologicznej, darnowanie, darnowanie w kratę, jest stosowana do ochrony zbocza bardzo podatnego na erozję natychmiast po jego ukształtowaniu. Do pozostałych metod naturalnych należą tarasowanie, nasadzenie gniazdowe oraz maty biologiczne, bawełniane, słomiane, kokosowe itp. z nasionami.

Konstrukcje, czyli ustroje nośne wykonane z trwałych materiałów, mogą być stosowane jako zabezpieczenie, jeśli wykaże się, że powierzchnia poślizgu nie będzie przechodzić pod nimi. Tylko wówczas konstrukcje te będą pełniły istotną, pozytywną funkcję statyczną w przejmowaniu obciążeń ze zbocza i jego drenażu. Najstarszymi konstrukcjami oporowymi są mury kamienne, których fragmenty sprzed kilku tysięcy lat zachowały się do dzisiaj. Obecnie buduje się je z kamienia, betonu, żelbetu, cegły czy gabionów. Mury z prefabrykowanych elementów – drewnianych (stare konstrukcje), żelbetowych (obecnie) – wykonuje się jako konstrukcje ażurowe – kaszyce. Jedną z ich zalet jest łatwość kształtowania, wykorzystanie oprócz elementów konstrukcyjnych miejscowego materiału (nasypu), którym zasypuje i wypełnia się przestrzenie między elementami nośnymi. Innym typem konstrukcji ażurowych są palościanki, służące do wzmocnienia podziemnej części osuwiska i powierzchni poślizgu. W tym celu stosuje się różnego typu pale, głównie wiercone, gdyż wbijanie mogłoby uruchomić osuwanie mas ziemnych. Ważne

Tab. 3. Metody stabilizacji i zabezpieczeń stoków [2]

Rodzaje zabezpieczeń					
N	Naturalne	K	Konstrukcyjne	G	Geosyntetyczne
N1	Rowy odprowadzające. Niedopuszczenie do erozji i zawilgocenia	K1	Konstrukcje oporowe masywne, mury kamienne	G1	Ochrona przed erozją
N2	Przypory z grubego kruszywa lub faszyny	K2	Konstrukcje oporowe ażurowe, kaszyce, palościanki	G2	Ochrona przed deformacjami powierzchniowymi
N3	Zmiana kształtu zbocza na bardziej stateczne. Tarasowanie, podsypywanie w dolnej części	K3	Kotwy, gwoździe	G3	Drenaż i odwodnienia
N4	Wymiana gruntów osuniętych na piaski, żwiry, kliniec	K4	Gabiony	G4	Siatki i ruszty jako zbrojenie
N5	Zbrojenie wymiany gruntów naturalnych, np. faszyna, kołki, bambus	K5	Ruszty, siatki, przypory na powierzchni zbocza	G5	Bariery i izolacje
N6	Zabudowa biologiczna, obsiew, hydrosiew	K6	Drenaże poziome wiercone, wgłębne galerie odwodnieniowe i drenażowe		
N7	Zabudowa biologiczna, darnowanie, darnowanie w kratę				
N8	Zabudowa biologiczna, tarasowanie, nasadzenie gniazdowe				
N9	Maty biologiczne, bawełniane, słomiane, kokosowe itp. z nasionami				



# Geomembrana HDPE **GEOCHRON** Geomembrana LLDPE

DO WYKONYWANIA OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH,  
ZBIORNIKÓW, ZAPÓR, KANAŁÓW USZCZELNIEN  
I REKULTYWACJI SKŁADOWISK ODPADÓW  
STAŁYCH I CIEKŁYCH.

WARTER Polymers Sp. z o.o.  
ul. Koraliowa 60  
02-967 Warszawa  
[www.warterpolymers.pl](http://www.warterpolymers.pl)

Zakład produkcyjny:  
ul. Otolińska 25, 09-407 Płock  
telefon/faks: 24/ 365 39 17  
kom: +48 506 020 377  
[biuro@warterpolymer.pl](mailto:biuro@warterpolymer.pl)

Do ochrony rurociągu zagrożonego wystąpieniem krytycznych warunków geotechnicznych używane są kształtki Geoflex®. Z czego wynika ich bardzo wysoka skuteczność?



**KRZYSZTOF NAPIERAŁA,**  
doradca techniczny Saint-Gobain PAM

Geoflex® to elastyczna kształtka z żeliwa sferoidalnego, która została opracowana w celu ochrony rurociągów przed ryzykiem przemieszczenia i zniszczenia spowodowanego przez sporadyczne, lecz poważne ruchy gruntów: osuwiska,

osiadanie gruntu luźnego lub niestabilnego, jak również efektów trzęsień ziemi, ruchów sejsmicznych ziemi czy tsunami. Zdarzenia te mogą mieć wpływ na integralność budowli lub kluczowych elementów infrastruktury, takich jak rurociągi, które wymagają szczególnej ochrony, gwarantując ich ciągłe działanie w elektrowniach, reaktorach jądrowych, zaporach, zbiornikach i wieżach wodnych, ważnych projektach infrastrukturalnych, takich jak autostrady, tunele, linie kolejowe lub zabytki.

Kształtka Geoflex® wykazuje bardzo wysoką skuteczność wobec ograniczeń geotechnicznych, takich jak ugięcie i odchylenie kątowe, kompensacja wydłużenia / skrócenia czy swoboda obrotu. Kształtka łączy się z rurociągami z żeliwa sferoidalnego lub ze stali przy użyciu kształtek kielichowo-kołnierzowych lub króćców jednokołnierzowych. Kształtka Geoflex® była przedmiotem całej serii testów sprawdzających poprawność jej pracy w warunkach bardzo poważnych ograniczeń geotechnicznych.

jest przy tym, aby pale charakteryzowały się dużą nośnością na ścinanie. Na koźlowym układzie pali pionowych i ukośnych opiera się konstrukcja zwana murem tessańskim. Pale pionowe stanowią tu fundament i część zbrojenia muru oporowego, natomiast ukośne działają jak kotwie, zapewniając całej konstrukcji stabilność.

Kolejna grupa zabezpieczeń konstrukcyjnych to kotwy i gwoździe, trwałe elementy wprowadzane w grunt w celu

przyjmowania sił rozciągających. Kotwy pracują, gdy ich część nośna – buława – zlokalizowana jest poza powierzchnią poślizgu tak, że może przenosić siły wyrywające. Gwoździe pracują na wyrywanie na całej długości, jednocześnie monolityzują bryłę gruntu. Ich niewątpliwym atutem jest wykonywanie rzędów gwoździ w miarę pogłębiania wykopu, co daje od razu efekt zabezpieczenia skarpy.

Kolejnym rodzajem zabezpieczeń konstrukcyjnych są gabiony, konstrukcje geotechniczne składające się z powłoki wykonanej z kosza względnie materaca, zbudowanego z trwałej siatki (zwykle stalowej ocynkowanej lub plastikowanej) i wypełnienia kamiennego. Typowe konstrukcje gabionowe spełniają te same funkcje co mury masywne, jednak posiadają dodatkowe zalety. Należą do nich podatność na odkształcenia, wodoprzepuszczalność, trwałość i łatwość montażu.

Następną grupę zabezpieczeń konstrukcyjnych stanowią ruszty, siatki i przypory, wykonywane na powierzchni zbocza w celu przeciwdziałania zsuwaniu się materiału z powierzchni. Znajdują zastosowanie na silnie nachylonych powierzchniach, na których trudno jest utrzymywać glebę. Przy zabezpieczaniu każdego rodzaju zbocza, zarówno skalistego, jak i skarp z gruntu niespoistego, stosuje się obecnie bardzo wytrzymałe siatki stalowe, o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie, kotwione do zbocza gwoździami. W ostatniej grupie rozwiązań konstrukcyjnych znajdują się drenaże poziome wiercone oraz wgłębne galerie odwodnieniowe i drenażowe. Systemy drenażowe buduje się w przypadku, gdy zachodzi konieczność ciągłego obniżania poziomu wody gruntowej w skarpie przy jej dużym dopływie. W skrajnej sytuacji są to galerie drenażowe budowane metodami odcinkowymi, tunelowymi, przeciskami. Systemy te należy lokalizować poza możliwą powierzchnią poślizgu na dopływie wód, aby odciąć ich napływ do osuwiska. To rozwiązanie stosuje się, gdy nie ma innego sposobu odbioru wody ze skarpy i trzeba ją odebrać od czoła.

Zabezpieczenia z wykorzystaniem tekstyliów technicznych i innych produktów wykonanych z polimerów lub będących kompozytami złożonymi z tworzyw sztucznych i innych materiałów stosowane są do poprawy parametrów fizykochemicznych gruntów, wzmocnień konstrukcyjnych skarp i zmiany wartości współczynnika filtracji wody, a także wytwarzania barier wodoszczelnych jako materiały izolacyjne i materiały rozdzielające warstwy gruntu.

Geosyntetyki mogą być stosowane jako ochrona przed erozją. Wówczas specjalne materiały typu runo rozkłada się jako maty na zboczu. W celu ochrony przez erozję, ale z funkcją zabezpieczenia powierzchni skarpy przed deformacjami używane



## PRODUKCJA I MONTAŻ SIATEK HEKSAGONALNYCH ORAZ GABIONÓW

Nector to pierwsza POLSKA FIRMA specjalizująca się w produkcji i montażu **siatek heksagonalnych** oraz **gabionów**. Działalność swoją rozpoczęła w 2002 r. i od tego czasu cały czas poszerza grono stałych, zadowolonych klientów. Nector oferuje swoim klientom produkty doskonałe pod każdym względem, spełniające najwyższe standardy jakościowe i normy techniczne, a przy tym przyjazne środowisku naturalnemu.

Firma Nector jako pierwszy i jedyny producent na świecie wytwarza **siatki o wysokiej wytrzymałości i podwójnym splocie**. Siatki Nector HARD Rm > 150 kN/m z drutu 3,0 ZnAl klasy A o wytrzymałości > 1770 MPa.

**Zachęcamy Państwa do zapoznania się z naszą szczegółową ofertą oraz do współpracy.**



Budowa S7, odc. Miłomłyn - Olsztynek  
Dostawa i montaż 30 tys m<sup>2</sup> materacy w ciągu 3 miesięcy





są geokraty. Dla rozdzielenia warstw gruntu o różnej granulacji oraz jako materiały filtracyjne i drenarskie wykorzystuje się włókniny, tkaniny i siatki. Zasadniczą funkcją geosyntetyków w zabezpieczaniu zboczy jest zbrojenie gruntów – wprowadzenie w grunt siatek, rusztów czy cięgien geosyntetycznych powoduje wprowadzenie dodatkowej spójności w gruncie.

Ponadto w celu uszczelnienia i (lub) wzmocnienia podłoża gruntowego, skalnego lub podłoża budowli, a także by wywołać przemieszczenia wprowadza się w nie, pod ciśnieniem lub grawitacyjnie, iniekt. Zastrzyki mogą służyć do:

- wzmocnienia gruntów niespoistych, zwłaszcza luźnych, narażonych na upłynnienie, sufozję itp.;
- wzmocnienia słabych gruntów spoistych;
- uszczelnienia gruntów niespoistych, spękań w gruntach spoistych;
- wywołania przemieszczeń (uniesienie) fundamentów, konstrukcji, fragmentów nawierzchni.

Proces wzmocniania podłoża i formowania w nim elementów z tłoczonego zaczynu i związanego nim gruntu nosi nazwę iniekcji strumieniowej (jet grouting). Z elementów iniekcyjnych: walcowych – kolumn, lub płaskich – ścian, mogą być tworzone różne konstrukcje: bloki zeskalonego gruntu, palisady, przegrody, płyty, sklepienia itp. Elementy iniekcyjne mogą być zbrojone wkładkami stalowymi [2, 5].

## Podsumowanie

Wszystkie naturalne zbocza są poddane ciągłemu działaniu erozji. Trzeba więc pamiętać, że wszystkie wymagają ochrony,

bez względu na to, czy zostały uformowane w ramach niedawnego projektu, czy w swoim naturalnym stanie pozostają już od wielu lat. Dostępne na rynku rozwiązania zapewniają całą wachlarz możliwości i są dostosowane do różnorodnych warunków. Sposoby zabezpieczania skarp i osuwisk, dzięki coraz większemu doświadczeniu i wiedzy w tym zakresie, zapewniają indywidualne podejście do każdego przypadku i znalezienie najlepszej ochrony.

## Literatura

- [1] Eurokod 7. *Projektowanie geotechniczne*. Cz. 1. *Zasady ogólne*.
- [2] Wysokiński L.: *Ocena stateczności skarp i zboczy. Zasady wyboru zabezpieczeń – instrukcja*. Warszawa 2011.
- [3] Cała M.: *Numeryczne metody analizy stateczności zboczy*. Kraków 2007.
- [4] Pisarczyk S.: *Mechanika gruntów*. Warszawa 2017.
- [5] Furtak K., Sala A.: *Stabilizacja osuwisk komunikacyjnych metodami konstrukcyjnymi*. XIX Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji. Ustroń 2005.
- [6] *Wytyczne do oceny stateczności skarp nasypów i wykopów w szczególnych warunkach geologiczno-inżynierskich, a także przy wykonywaniu budowli drogowych na terenach górniczych*. Wydział Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Kraków 2018 (online). Dostępny w Internecie: <https://www.pgi.gov.pl/docman-tree/aktualnosci-2018/5976-wytyczne2/file.html> (dostęp 22 października 2018).



# AARSLEFF

### Lider w zakresie specjalistycznych robót geotechnicznych:

- nowoczesny park maszyn
- własna pracownia projektowa
- wykwalifikowani inżynierowie
- 22 lata doświadczenia
- działający we wszystkich segmentach rynku

### Nowoczesne rozwiązania w branży budowlanej:

- wzmocnienie podłoża i posadowienie wgłębne w wielu technologiach
- zabezpieczenia wykopów
- zabezpieczenie skarp i wykopów