

Antyerozyjne zabezpieczenie skarp

Erozja to proces niszczenia powierzchni terenu przez wodę, wiatr, siłę grawitacji i działalność człowieka. Budowle ziemne, a w szczególności skarpy i nasypy narażone są na działanie erozji deszczowej (ablacji) oraz erozji wiatrowej (eolicznej). Skutkuje to destrukcją obiektów, co niestety pociąga za sobą wysokie koszty napraw.

Izabela Pietrzak
Przedsiębiorstwo Realizacyjne
INORA® Sp. z o.o., Gliwice

Wstęp

Obserwowana od kilku lat na obszarze naszego kraju wyraźna zmiana warunków klimatycznych powoduje coraz to większe trudności z utrzymaniem w dobrej kondycji powierzchni zboczy skarp nasypów drogowych i kolejowych, przyczółków mostowych czy wałów przeciwpowodziowych. Opady deszczu, wiatr, spływająca woda, słońce, mróz powodują duże zniszczenia powierzchni budowli ziemnych. Działanie tych czynników jest degradujące, co w przypadku braku odpowiedniego zabezpieczenia zawsze przynosi straty, a czasem jest początkiem zniszczenia konstrukcji. Szczególnie jest to widoczne w okresie między zakończeniem robót ziemnych a trwałym pokryciem wytrzymałej warstwy roślinnej. Konieczna jest więc ochrona polegająca na powierzchniowym odcięciu skarp od szkodliwych czynników.

Jednym z najbardziej agresywnych czynników wywołujących erozję są deszcze. Krople deszczu spadając na nieosłoniętą powierzchnię gruntu powodują odpajanie jego cząstek. W czasie spływów powierzchniowych wód deszczowych, odspojone cząstki gruntu są spłukiwane przez wodę i zmywane w dół stoku. Występujące zjawiska erozyjne pociągają za sobą konieczność wielokrotnego powracania brygad remontowych w celu usuwania powstałych usterek, co zdecydowanie zwiększa ostatecznie koszty inwestycji. Warto więc chronić nasze obiekty przed skutkami erozji już od początku ich istnienia. Należy więc dążyć do takiego osłonięcia powierzchni konstrukcji ziemnych, aby dostatecznie ograniczyć ubytki gruntu. Zasadniczą przeszkodą w tworzeniu się erozyjnych form rzeźby terenu stanowi roślinność, której korzenie utrudniają niszczenie podłoża gruntowego.

Niejednokrotnie wystarczającym zabezpieczeniem jest powierzchnia trawiasta. Można ją osiągnąć przy pomocy np. hydrosiewu. Hydrosiew to biologiczny sposób rekultywacji stromych hałd polegający na hydro-mechanicznym pokrywaniu powierzchni preparatem będącym mieszaniną złożoną z wody, nasion roślin, hydromulczu celulozowego (włókien celulozowych), nawozów oraz substancji zabezpieczających przed erozją wodną i wietrzną oraz nadmiernym wysychaniem. Hydrosiew jest najszybszym z możliwych sposobów zazieleniania dużych powierzchni. Metoda ta jest jednak skuteczna dopiero od momentu szerokiego i głębokiego ukorzenienia się trawy, czyli w okresie od jednego do trzech lat, licząc od daty obsiania nasionami traw. Podczas faz kiełkowania, ukorzeniania i wzrostu, grunt nadal jest nieosłonięty i podlega destrukcji.



Fot. 1. Przykład prawidłowego zabezpieczenia skarp przydrożnych



Fot. 2. Zabezpieczenie i zazielenianie skarp. Katowice Dębowe Tarasy



Fot. 3. Zabezpieczenie przeciwoerozyjne oraz zazielenienie skarp wiaduktu w miejscowości Piaski. DW 837



Fot. 4. Zabezpieczenie przeciwoerozyjne oraz zazielenienie skarp wiaduktu w miejscowości Piaski. DW 837

Czynniki erozyjne działają również na nasiona traw, które mogą po wysianiu zostać splukane do podstawy stoku. W efekcie konstrukcja może zostać niedostatecznie pokryta roślinnością, co automatycznie zwiększa stopień zagrożenia erozją już w początkowych latach eksploatacji budowli.

Dodatkowymi czynnikami przyczyniającymi się do nietrwałości budowli ziemnych jest: brak odwodnienia w podstawie skarpy, brak odwodnienia w koronie skarpy, niewłaściwe ukształtowanie szczególnie wysokich skarp i nasypów (między innymi: nie stosowanie łąw pośrednich) oraz niewłaściwe kształtowanie przebiegów zboczy w płaszczyźnie poziomej nad skarpami (brak kontrspadu). O skuteczności zabezpieczenia przeciwoerozyjnego decyduje, poza właściwościami samego zastosowanego materiału bio- lub fotodegradowalnego, sposób i rzetelność przygotowania powierzchni, jakość wykonania zabezpieczenia oraz sposób pielęgnacji obsianej powierzchni skarpy.

Rodzaje materiałów zabezpieczających

Szeroka paleta materiałów ochronnych, począwszy od mat biodegradowalnych, które stosuje się na stokach o małym pochyleniu, po syntetyczne maty przestrzenne o bardzo dużych wytrzymałościach na rozciąganie nawet do 120 kN/m, pozwala dobrać odpowiednie zabezpieczenie dla każdego typu konstrukcji gruntowej.

Nie jest to jednak tak proste jakby mogło się wydawać. Projektując prawidłowe zabezpieczenie skarp, należy uwzględnić: wysokość i pochylenie skarpy oraz warunki gruntowe.

Przy stokach o niewielkich pochyleniach i wysokości (tzw. warunki łatwe), najlepsze efekty uzyskamy stosując okrywę z materiałów biodegradowalnych typu BonTerra®, wspomagających rozwój roślinności już od momentu wbudowania. Do materiałów tego rodzaju należą siatki i maty wykonane z włókien naturalnych takich jak juta, włókna kokosowe czy słoma, wzmacniane biodegradowalną lub foto-

degradowalną drobną siatką. Maty te stanowią czasową ochronę przed zmywaniem i deflacją. Podstawowym ich zadaniem jest ochrona powierzchni gruntu od momentu wbudowania aż do momentu przejścia funkcji ochronnych przez rozwijającą się roślinność. Wtedy to, pod wpływem czynników atmosferycznych, takich jak deszcz, śnieg, wiatr czy promienie słoneczne, maty ulegają degradacji w okresach zależnych od użytego surowca, powodując jednocześnie częściowe użyczenie powierzchni gruntu. Biomaty stosuje się w obiektach drogowych, budownictwie hydrologicznym i budownictwie indywidualnym. Służą one przede wszystkim do ochrony skarp, nasypów i zboczy. W miarę upływu czasu, okrywa roślinna swym systemem korzeniowym wzmacnia podłoże i przejmuje rolę maty, a mata z naturalnych surowców ulega biodegradacji i użyczeniu glebę. Biomaty zalecane są do stosowania w tzw. warunkach łatwych tj. kamienistych na gruntach niespoistych mało spoistych, torfach



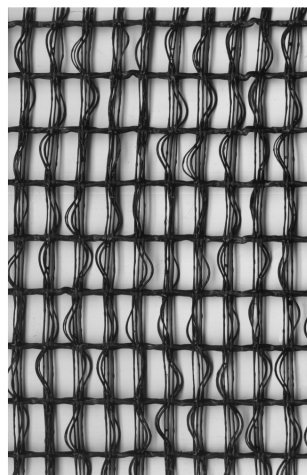
Fot. 5. Skarpa zabezpieczona biowłókniną. KSSE Gliwice, rok 2006



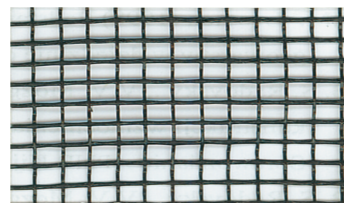
Fot. 6. Skarpa zabezpieczona biowłókniną. Autostrada A4, rok 2004/2005



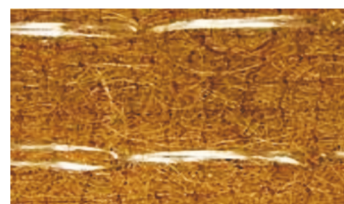
Fot. 7. Skarpa zabezpieczona geokrą



Fot. 8. Geosiatka Fortrac® 3D



Fot. 9. Geosiatka HaTe® 23.142



Fot. 10. Mata biodegradowalna BonTerra® K

i namulach organicznych, piaskach, glinach, tłuczniach i żwirach. Generalnie na zboczach o pochyleniu do 40°. Wyroby te pełnią funkcję ochronną przez określony okres czasu - w zależności od rodzaju siatki lub maty - od kilku miesięcy do kilku lat. Wybór właściwego materiału biodegradowalnego zależy od pochylenia skarpy, rodzaju gruntu oraz warunków siedliskowych.

Podstawową cechą biomat jest stosunkowo szybki rozkład – 2, 3 lata. Idąc tym tropem, kilku producentów zaczęło produkować tzw. biowłókninę. Biowłóknina to mata wykonana z odpadów bawełnianych i włókien bawełnopodobnych, z umieszczonymi w runie mieszkankami nasion traw, kwiatów i roślin motylkowych, służąca do umocnienia i zadarniania powierzchni nie zadarnionych. Biowłóknina powinna zawierać mieszkankę nasion zaleconą przez PN-B-12074:1998 dla typu siedliska i rodzaju gruntu znajdującego się na umacnianej powierzchni.

W przeciwieństwie do mat biodegradowalnych, gdzie ściśle są określone proporcje, surowiec i parametry techniczne, to w przypadku biowłókniny podawana jest jedynie gramatura, która tak naprawdę powinien stanowić jedynie parametr logistyczny, ważny na etapie transportu. Materiał przysparza duży problem na etapie zabudowy. Biowłókninę należy bowiem rozwijać i układać luźno, zostawiając około 5% zapasu długości na kurczenie się po jej zamoczeniu. Przy umacnianiu skarpy wykopów pasem o szerokości większej niż 1,0 m, należy formować w biowłókninie poziome fałdy, które powinny ułatwiać zatrzymywanie się ziemi po jej

przysypaniu. Pielęgnacja polega na utrzymaniu w stanie wilgotnym skarpy umacnianych biowłókniną przez 30 dni, a przy braku opadów - do sześciu tygodni. Takie dyrektywy powodują, że niezależnie od warunków geologicznych coraz częściej możemy znaleźć negatywne przykłady zabezpieczenia skarpy biowłókniną.

Podobną prostotą instalacji chwala się producenci systemów komórkowych. Podstawowy element systemu stanowią sekcje geosiatek komórkowych (nazywane również geokomórką, geokrą) zbudowane z kilkudziesięciu odpowiednio połączonych taśm z polietylenu o wysokiej gęstości. W pozycji rozłożonej układ połączonych taśm tworzy formę elastycznej struktury, przypominającej "plaster miodu", który można wypełnić określonym materiałem; w pozycji złożonej sekcję tworzy warstwa kilkudziesięciu taśm polietylenowych. Sekcje produkowane są w różnych wielkościach i rozmiarach poszczególnych komórek. Wyrób produkowany jest w wysokościach 5 do 20 cm i tworzy sekcje o wymiarach 2,5m x 8m ÷ 16m. Poszczególne sekcje oprócz kotwienia szpilkami do podłoża, wymagają również łączenia (opaskami zaciskowymi, zszywaczami itp.) - co jest bardzo czasochłonne i podnosi koszty zabudowy. Materiał ten wg Aprobaty Technicznej IBDiM można stosować do umocnienia przeciwoerozyjnego skarpy kanałów, cieków i zbiorników wodnych tylko wtedy, gdy ich pochylenie nie przekracza 1:1,5 oraz wypełnienie krat stanowi materiał nie ulegający wypłukiwaniu. Powinien to być grys, żwir, generalnie kruszywo o frakcji 16÷31mm. Zastosowanie drobniejszej frakcji spowoduje wypłukiwanie wypełnienia, przez co zaczyna się

tworzyć w każdej komórce poziome „mini tarasy”. Stosując się do tych zaleceń tracimy możliwość zazielenienia obiektu. Dodatkowo producenci nakazują zastosowanie pod warstwę geokrą włókniny w celu separacji gruntu i odwodnienia, co sprawia że korzenie roślin nie mają możliwości penetracji włąb obiektu, a woda spływająca z korony skarpy płynie pod geokrą, wypłukuje grunt i tworzy niewidoczne kawery.

Reasumując, stosowanie systemu komórkowego w celu zabezpieczenia skarpy przed erozją wydaje się mieć sens jedynie przy wypełnieniu struktur komórkowych przyjemnym dla oka kamieniem. Oczywiście odrębną sprawą jest zapewnienie odpowiedniej warstwy drenażowej poprzez dobór włókniny o odpowiednich parametrach. Natomiast zazielenienie skarpy zabezpieczonej geokrą mijają się z celem. Ostateczny efekt jest krótko mówiąc mało estetyczny, a koszty zarówno materiału jak i wykonawstwa niewspółmiernie wysokie. Podsumowując temat skarpy niskich i o niewielkim pochyleniu, zabezpieczając skarpy powinniśmy dążyć do maksymalnie szybkiego utworzenia się zwartej i jednorodnej struktury traw, która będzie odporna na działanie czynników erozyjnych.

Jednak w przypadku stromych i bardzo wysokich skarpy, problem jest dużo poważniejszy. Większe pochylenie oraz wysokość skarpy pociągają za sobą podwyższone ryzyko powstawania nie tylko erozji powierzchniowej ale nawet liniowej. Powierzchnia poślizgu powstaje na większych głębokościach (wewnątrz skarpy), co powoduje działania większych sił. W takiej sytuacji zdecydowanie nie wystarczy zastosowanie prostych i naturalnych



Fot. 11. Zabezpieczenie przeciwoerozyjne i zazielenienie skarp siatką HaTe® 23.142 w ciągu Autostrady A4 - Węzeł Batory



Fot. 12. Zabezpieczenie przeciwoerozyjne i zazielenienie skarp siatką HaTe® 23.142 w ciągu Autostrady A4 - Węzeł Batory

metod zabezpieczenia przeciwoerozyjnego. Jak dowiodły niezależne badania Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie, przeprowadzone na dziesięciu poletkach doświadczalnych, istnieją geosyntetyki gwarantujące prawie 100 % zabezpieczenie przed erozją dla stromych i wysokich skarp nasypów, wykopów drogowych oraz wałów i osuwisk.

Najlepszy wynik (dla skarp w tzw. trudnych warunkach czyli skarp stromych i wysokich) osiągnęły geosiatki do zazieleniania typu HaTe® 23.142 oraz HaTe® 30.143. Geosiatki HaTe® ze względu na swoją budowę i wyjątkowo wysokie parametry wytrzymałościowe. Pełnią one funkcję wzmacniania korpusów nasypów i ich ochrony przed erozją. Geosiatki HaTe® są wykonane z włókien poliestrowych (PES) i w procesie technologicznym pokryte warstwą tworzywa polimerowego. Cechuje je wysoka odporność na środki chemiczne i na uszkodzenia mechaniczne. Struktura materiału pozwala na swobodne przerośnięcie i mocne ukorzenie się traw już po pierwszym okresie wegetacyjnym.

Ze względu na wysokie parametry wytrzymałościowe siatki pełnią funkcję zarówno ochrony przed erozją jak i wzmacniania powierzchni korpusów nasypów. Efektem zazielenionych powierzchni jest dokładnie przylegająca do podłoża zwarta struktura utworzona przez siatkę i przerośniętą trawę.

Każda konstrukcja gruntowa zabezpieczona taką siatką jest wysoko odporna nie tylko na wymywanie przez wody opadowe, ale również na powstawanie nawisów śniegowych (zabezpiecza je tym samym przed oberwaniem się górnej krawędzi

nasypu pod ciężarem śniegu).

Zasadniczym jednak zadaniem geosiatek typu HaTe® jest zazielenianie: powierzchni skarp nasypów drogowych i kolejowych, wałów przeciwpowodziowych, brzegów kanałów, rowów technologicznych i melioracyjnych, zboczy, hałd, składowisk odpadów.

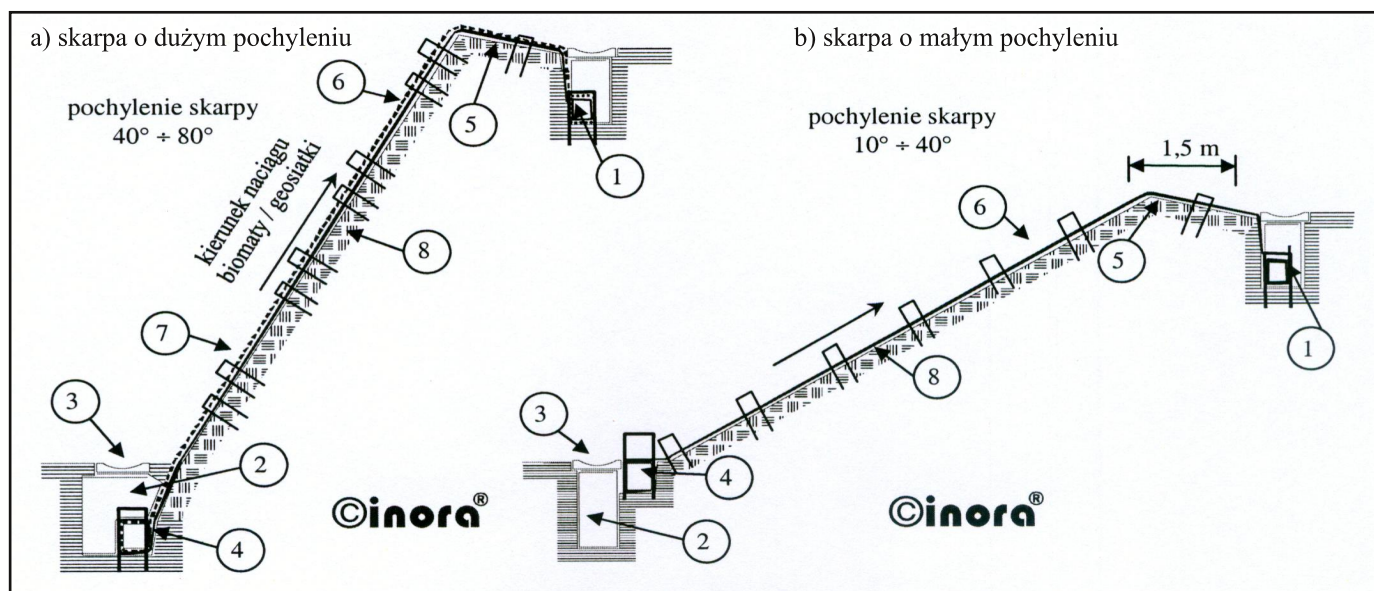
W badaniach IBDiM drugim, najskuteczniejszym materiałem została geosiatka Fortrac®3D. Geosiatkę taką stosujemy w przypadku wyjątkowo stromych skarp i osuwisk oraz przy budowlach o dużym zagrożeniu poślizgowym po stronie warstw wewnętrznych czyli w bardzo trudnych warunkach. Geosiatki Fortrac®3D są niezwykle wytrzymałe na rozciąganie, osiągają doraźną wytrzymałość na rozciąganie 20kN/m, 40kN/m, 60kN/m, a nawet 120kN/m. Wykonane są z włókien poliestrowych, które są zabezpieczone przeciwko degradacji nawet w długim okresie magazynowania. Ewentualna degradacja siatki występuje dopiero po ukształtowaniu się gęstej sieci korzeni. Zadaniem przestrzennych geosiatek Fortrac® 3D jest zbrojenie warstwy humusu, a jednocześnie podtrzymywanie przed usuwaniem się pokrywy powierzchni skarpy. Geosiatki zabezpieczają nieosłonięty grunt przed działaniem czynników erozyjnych i stwarzają bardzo dobre warunki do rozwoju roślinności. Geosiatki typu HaTe® i Fortrac® 3D, dzięki swojej konstrukcji i wielkości oczek rozpraszają spadające krople deszczu, ograniczając tym samym wymywanie gruntu, a ponadto pozwalają na swobodne przerastanie i mocne ukorzenie traw - i to już w pierwszym okresie wegetacyjnym.

Technologia

Należy jednak pamiętać, że nawet odpowiednio dobrany materiał okrywowy to zdecydowanie nie wszystko. Niezwykle istotnym elementem w przypadku zabezpieczenia antyerozyjnego jest zastosowanie pełnej technologii oraz staranność jego wykonania. Podstawą rozpoczęcia jakichkolwiek prac budowlanych jest wykonanie prawidłowego systemu drenaży zalecana przez producenta danego materiału. W przypadku skarp najskuteczniejsze jest odwodnienie liniowe w formie drenów francuskich (w obrębie krawędzi jezdni, jak i u podnóża skarpy). Budowa Drenażu Francuskiego musi być odpowiednio wykonana z użyciem właściwego kruszywa i włókien. Przed przystąpieniem do układania materiałów antyerozyjnych, powierzchnie skarpy trzeba odpowiednio przygotować; po wyprofilowaniu skarp, należy je wyrównać i użyźnić. Poziom próchniczy można uzyskać poprzez pobranie urodzajnej warstwy z innych gleb. Dopiero tak przygotowane podłoże można obsiać roślinnością. Należy też pamiętać o odpowiednim doborze nasion traw. Skład gatunkowy mieszanek dobiera się stosownie do istniejących lub specjalnie ukształtowanych warunków glebowych i funkcji roślinności darniowej, a także uwzględnia się nasłonecznienie skarp: na stokach południowych mniejsza ilość, na stokach północnych odpowiednio większa ilość.

Ogólną technologię przedstawiają poniższe rysunki będące wyciągiem z technologii Inorgreening®.

Rozkładanie maty antyerozyjnej należy rozpocząć od zakotwienia maty w górnym rowku tzn. wprowadzenia krawędzi maty do rowka i zasypania



Ryc. 1. Sposoby zabezpieczania przed erozją: a) skarpy stromej, b) łagodnej

go materiałem mineralnym (warstwa żwiru - jeżeli jest możliwość wyprowadzenia wody z drenu francuskiego - w innych przypadkach należy zastosować materiał nieprzepuszczalny - glinę lub piaski gliniaste) i zagęścić.

Zależnie od możliwości, na zasypywany rowek można ułożyć betonowe płyty korytkowe do odwodnienia liniowego i dodatkowego obciążenia maty antyerozyjnej. Po zakotwieniu górnej krawędzi maty należy poprowadzić rolkę lub odmierzony kawałek w dół powierzchni poziomej, naciągnąć możliwie mocno (lekkie napięcie maty jest nawet konieczne!) i zamocować w dolnym rowku kotwiącym. Kolejne pasy maty powinny być układane ściśle i dokładnie obok siebie, ewentualnie z zakładem - „pas na pas”.

Mocowanie (szpilkowanie) mat antyerozyjnych szpilkami stalowymi lub kołkami drewnianymi powinno się rozpocząć od przymocowania styków (zakładek) mat w odpowiednim rozstawie szpilek w pionie. Następnie szpilki względnie kołki drewniane należy stosownie rozmieścić na całym pozostałym obszarze. Mata powinna być przytwierdzona i właściwie docięnięta do

podłoża za pomocą sznurka, by umożliwić zdźbłom trawy swobodny przerost przez oczka siatek.

Podsumowanie

Stosując wymienione w artykule zabezpieczenia antyerozyjne, nie tylko zabezpieczamy nasz obiekt budowlany, ale również stwarzamy na nim korzystne warunki rozwoju roślinności okrywowej, co w ostatecznym rozrachunku pozwoli nam stworzyć obiekt nie tylko funkcjonalny i bezpieczny, ale również pełniący funkcje estetyczne i dekoracyjne.

W krajach Europy Zachodniej wykonując obiekty inżynierskie typu skarpy, nasypy, etc, 20% środków finansowych przeznaczonych na daną inwestycję odkładanych jest na zabezpieczenie obiektu przeciw erozji. Lekceważenie tego tematu w naszym kraju jest niczym nieuzasadnione i pociąga za sobą stałe powracanie do tematu, co w efekcie kosztuje społeczeństwo dużo więcej niż wykonanie „raz a dobrze”.

Piśmiennictwo:

- [1]. Gajewska Beata „Zastosowania geosyntetyków do ochrony skarp przed erozją” Magazyn AUTOSTRADY nr. 8-9/2006
- [2]. Ajdukiewicz Jacek „Biodegradowalne geosyntetyczne materiały antyerozyjne i wspomagające zazielenianie obiektów hydrotechnicznych” Gospodarka Wodna 1/2005
- [3]. Ajdukiewicz Jacek „Przegląd geosyntetycznych systemów ochrony i zabezpieczenia obiektów gruntowych przed oddziaływaniem środowiska wodnego” Gospodarka Wodna 8/2004
- [4]. Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2007-03-1216
- [5]. OST, D-06.01.01 Umocnienie powierzchniowe skarp, rowów i ścieków. GDDP, Warszawa 2001.
- [6]. Ajdukiewicz Jacek „Drenaże francuskie” Materiały Budowlane nr 10/2004 i nr 11/2004
- [7]. Edel Roman „Odwodnienie dróg” WKŁ, 2002
- [8]. Technologia Inorgreening®, dokumentacja techniczna, Przedsiębiorstwo Realizacyjne INORA Sp. z o.o. Gliwice, 2004