

Zastosowanie innowacyjnych geotekstyliów z surowców odpadowych do zabezpieczenia gruntu przed erozją

**Dr inż. Joanna Grzybowska-Pietras¹ dr hab. Jan Broda¹, prof. ATH, mgr inż. Stanisława Przybyło¹,
dr inż. Monika Rom¹, inż. Ryszard Laszczak¹, mgr inż. Andrzej Mitka²**

¹Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku

²Eurovia, Polska S.A. o/Bielsko-Biała

Przemysłowa działalność człowieka ma bezpośredni lub pośredni wpływ na stan środowiska naturalnego. Często jest ona bardzo szkodliwa, ponieważ prowadzi do zmian, które z upływem czasu mogą powodować degradację środowiska poprzez, między innymi, zmianę gospodarki wodnej, rzeźby terenu czy gleby. Podstawową przyczyną degradacji środowiska jest między innymi rozwój infrastruktury komunikacyjnej i budowlanej oraz dążenie do zaspokajania wzrastających potrzeb ludzkich przy stale zwiększającej się populacji. Zmiany klimatyczne w Polsce i pojawiające się z tym nagle, intensywne opady deszczu oraz susze są przyczyną pojawiania się zmiany stosunków wodnych czy erozji rzeźby terenu, których efektem jest pozba-

wienie najcenniejszych powierzchniowych warstw gruntu oraz pogorszenie jej struktury, wymywanie składników mineralnych, wzrost spływu powierzchniowego czy niszczenie roślin znajdujących się na skarpie nasypów czy wałów przeciwpowodziowych [7].

W celu ograniczenia erozji powierzchniowej od wielu lat są wykorzystywane geosyntetyki. Wszechstronność stosowania tych wyrobów w obecnym procesie inwestycyjnym jest na tyle interesująca, że niektóre rozwiązania z ich zastosowaniem przyjęto jako swego rodzaju standard i stały się materiałami wspomagającymi elementy konstrukcyjne [3, 5].

W dążeniu do przeciwdziałania erozji od lat są używane geosyntetyki, które w zależności od rodzaju surowca, jak i technologii wytwarzania, są wykorzystywane do długotrwałej (systemy geokomórkowe, geomaty) lub czasowej (biowłókniny) ochrony zboczy i skarp już od momentu wbudowania. Materiały te wspomagają dodatkowo rozwój roślinności ochronnej we wczesnej fazie jej rozwoju [1, 3, 5].

W budownictwie geotekstyli spełniają kilka funkcji równocześnie, np. w systemach zabezpieczeń przeciwoerozyjnych na skarpach geowłókniny działają zarówno jako ochrona przed obsuwaniem się danej konstrukcji, jako filtr zabezpieczający podłoże przed wypłukiwaniem cząstek gruntu (filtracja, drenaż) oraz jako powierzchniowe zabezpieczenie przeciwoerozyjne polegające na zastosowaniu geotekstyliów lub wyrobów pokrewnych w celu ograniczenia lub zapobiegnięcia przemieszczaniu się gruntu lub innych cząstek na powierzchni, np. skarpy [9].

TECHNOLOGIA KEMAFIL

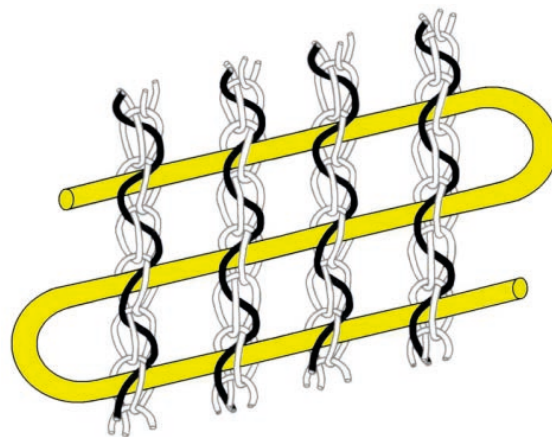
Geotekstylia otrzymane z surowców biodegradowalnych stanowią alternatywę dla tradycyjnych metod powierzchniowego zabezpieczenia skarp, jakim jest np.: hydroobsiew lub darniowanie [2, 6]. Najczęściej stosowanymi materiałami są biowłókniny, których zadaniem jest powierzchniowe zabezpieczenie skarpy przed erozją już we wczesnym etapie rozwoju roślinności ochronnej. W ciągu około 2 lat od zainstalowania biowłóknina ulega rozkładowi, wpływając w tym czasie na właściwe ukorzenienie się traw dzięki pełnieniu roli mulczu i utrzymania odpowiedniej wilgoci.

Jednym z interesujących rozwiązań jest technologia wytwarzania innowacyjnych geotekstyliów zrobionych z grubych sznurów wykonanych techniką Kemafil, oplecionych siatką oplatającą (rys. 1) [4].

Technologię Kemafil opracowano w 1974 roku w ówczesnym Instytucie Tekstyliów Przemysłowych w Dreźnie i opatentowano rok później [2].

W latach dziewięćdziesiątych XX wieku Beskidzki Instytut Tekstylny w Bielsku-Białej prowadził próby zastosowania sznurów Kemafil jako materiałów stosowanych do ochrony przeciwoerozyjnej. Jednym z takich przykładów było zabezpieczenie zbocza o nachyleniu około 30° przy modernizacji drogi krajowej w Korezowej (gmina Radymno) w województwie podkarpackim. Na około 200-metrowym odcinku piaszczystego nasypu na poboczu drogi po wykonaniu hydroobsiewu ułożono sznurzy Kemafil w kształcie kwadratu i zamocowano do podłoża za pomocą brzożowych kołków. Po 12 miesiącach obserwacji instalacji budowlanej stwierdzono, że zabezpieczenie spełniło swoje zadanie, ponieważ nie nastąpiło wymywanie (tzw. rynnowanie) ani miejscowe obsuwanie się pobocza, a nasiona traw rosły szybciej i kielkowały w pobliżu osłony georusztu, w miejscu, gdzie w czasie deszczu zapas wody był „oddawany” roślinom [4].

W ostatnich latach w Saksońskim Instytucie Tekstylnym w Chemnitz opracowano technologię wytwarzania materiałów stosowanych jako powierzchniowe zabezpieczenie przeciwoerozyjne, zbudowane ze sznurów Kemafil połączonych z sobą poprzecznymi łańcuszkami wykonanymi techniką dziewiarską



Rys. 1. Schemat budowy meandra zbudowanego ze sznurów Kemafil połączonych spłotem łańcuszka



Rys. 2. Skarpa zbrojona innowacyjnymi geotekstyliami [6]

(rys. 1). Powstała w ten sposób meandryczna konstrukcja umożliwia łatwy transport oraz rozładunek, a także proste mocowanie meandrów na powierzchni skarpy.

Po zapoznaniu się z wynikami badań pozyskanymi w czasie prób polowych Saksoński Instytut Tekstylny w Chemnitz podjął działania zmierzające do stworzenia Kemafilu biodegradowalnego, którego elementy składowe będą materiałami łatwo dostępnymi i niedrogimi. Dotychczas opracowano technologię produkcji wyrobów ze sznurów, w których rdzeń jest wypełniony słomą lub sianem [2, 6].

METODYKA BADAŃ

W ramach realizacji projektu Progeo realizowanego, między innymi, przy współpracy z Saksońskim Instytutem Tekstylnym w Chemnitz i Akademią Techniczno-Humanistyczną w Bielsku-Białej w 2014 roku podjęto działania zmierzające do opracowania technologii wytwarzania sznurów Kemafil o średnicy 12 cm wypełnionych wełną odpadową i rozdrobionymi odpadami włókienniczymi umieszczonych w specjalnej otulinie biodegradowalnej, pełniących funkcję powierzchniowego zabezpieczenia przeciwoerozyjnego.

Do początkowych badań laboratoryjnych wytypowano, jako materiały stanowiące szkielet w postaci otuliny: tkaninę jutową, siatkę jutową, igłowaną włókninę wełnianą oraz przesywaną włókninę z włókien odpadowych z nasionami traw. Jako opłot zastosowano sznur bawełniany i sizalowy [4].

Dla wszystkich wymienionych materiałów wykonano badania właściwości fizycznych, mechanicznych oraz hydraulicznych zgodnie z obowiązującymi normami zharmonizowanymi. Wykonano badania oznaczenia: masy powierzchniowej według PN-EN ISO 9864:2007, grubości przy określonych naciskach PN – EN ISO 9863-1:2007, wytrzymałości i wydłużenia zgodnie z normą PN-EN ISO 10319:2010, odporności na statyczne i dynamiczne przebiecie (PN-EN ISO 12236:2007, PN-EN ISO 13433:2007) oraz wodoprzepuszczalności w kierunku prostopadłym do wyrobu bez wstępnego obciążenia zgodnie z normą PN-EN ISO 11-58:2011.

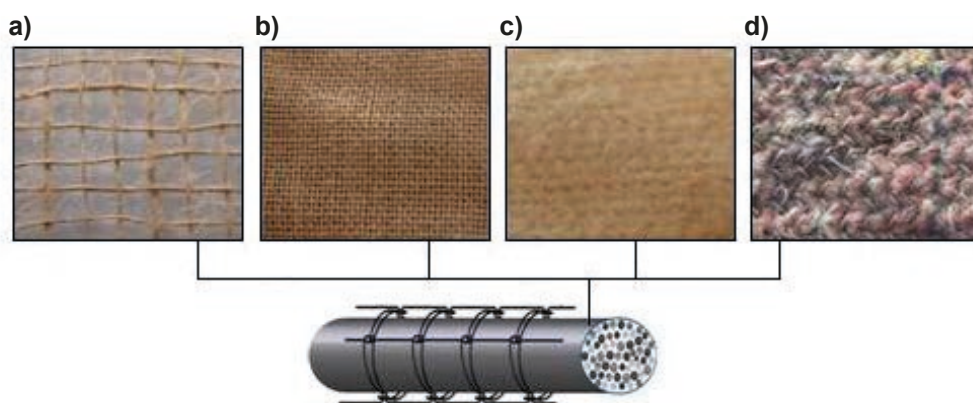
W celu określenia wpływu czasu użytkowania i warunków atmosferycznych na jego właściwości wszystkie warianty materiałów, na przygotowanym poletku doświadczalnym, umieszczono jesienią na okres 6 miesięcy w gruncie o pH 7,2 (rys. 4).

Uzyskane wyniki badań właściwości fizycznych i mechanicznych wyrobów pełniących funkcję otuliny, a w przypadku właściwości hydraulicznych również wypełnienia, przedstawiono w tabl. 1 ÷ 3 [4].

BADANIA POLOWE NA TERENIE JASIENICKIEJ STREFY EKONOMICZNEJ W MIĘDZYZRZECZU

Prototypowe meandryczne geotekstylia zastosowano do zabezpieczenia skarpy na terenie Jasienickiej Strefy Ekonomicznej w Międzyrzeczu Dolnym koło Bielska-Białej w województwie śląskim. Strefa obejmuje lekko pagórkowaty teren o powierzchni około 71 ha. W wyniku badań gruntu na obszarze projektowanej strefy stwierdzono, że w terenie dominuje pył oraz glina pylasta. Zwarta struktura i skład gruntu sprawiają, że w okresie suchym grunt wysycha, tworząc na powierzchni twardą skorupę. W porze deszczowej tylko niewielka ilość wody infiltruje do głębiej położonych warstw gruntu. Znaczna część wody opadowej utrzymuje się na powierzchni i spływa wzdłuż stoku. W okresie dłuższych opadów lub roztopów wiosennych grunt ulega uplastycznieniu, a nawet upłynnieniu.

W celu odprowadzenia wody z kanalizacji deszczowej zbierającej wodę z dróg, a także w celu umożliwienia spływu wody opadowej z przyległego terenu pogłębiono istniejący rów melioracyjny (rys. 5a). Strome brzegi rowu o nachyleniu 1:1,5 (34°) i długości 4 ÷ 6 m są narażone na działanie wodnej erozji powierzchniowej. Przy obfitych opadach spływająca woda żłobi głębokie bruzdy o głębokości dochodzącej do 0,5 m (rys. 5b).



Rys. 3. Tekstylia przeznaczone do budowy otuliny sznurów Kemafil
a) siatka jutowa, b) tkanina jutowa; c) włóknina wełniana, d) włóknina z odpadów włókienniczych [4]



Rys. 4. Poletko doświadczalne do badań odporności sznurów Kemafil na biodegradację
a) sznurki Kemafil przygotowane do zakopania, b) poletko po 6 miesiącach przed wykopaniem

Tabl. 1. Właściwości fizyczne i mechaniczne wzorcowych otulin tekstylnych [4]

Rodzaj materiału	Masa powierzchniowa [g/m ²]	Grubość [mm]	Wytrzymałość wzdłuż / w poprzek [kN/m]	Wydłużenie wzdłuż / w poprzek [%]	Statyczne przebicie (CBR test) [kN]	Dynamiczne przebicie (stożek) [mm]
Siatka jutowa	105	1,1	3,0/2,8	4,7/4,0	0,32	46,0
Tkanina jutowa	287	1,1	15,0/18,8	4,2/4,0	1,11	19,6
Włóknina z wełny	406	5,8	0,7/1,9	29,0/34,0	0,15	2,0
Włóknina z włókien odpadowych z nasionami traw	265	3,0	3,3/0,9	29,0/34,0	0,41	31,0

Tabl. 2. Właściwości fizyczne i mechaniczne otulin tekstylnych po 6 miesiącach od zainstalowania

Rodzaj materiału	Wytrzymałość wzdłuż / w poprzek [kN/m]	Wydłużenie wzdłuż / w poprzek [%]	Statyczne przebicie (CBR test) [kN]	Dynamiczne przebicie (stożek) [mm]
Siatka jutowa	degradacja	degradacja	degradacja	degradacja
Tkanina jutowa	0,30/0,32	8,0/7,0	0,05	28,0
Włóknina z wełny	0,32/0,64	39,0/55,0	0,02	27,0
Włóknina z włókien odpadowych z nasionami traw	2,60/1,40	31,0/32,0	0,26	35,0

Tabl. 3. Zestawienie wyników badań wodoprzepuszczalności prostopadłej osłon tekstylnych oraz wypełnienia z wełny

Rodzaj materiału	Wodoprzepuszczalność wyznaczona w kierunku prostopadłym do wyrobu, bez obciążenia [m/s] · 10 ⁻³
Siatka jutowa	114,0
Tkanina jutowa	88,0
Włóknina z wełny	73,0
Włóknina z włókien odpadowych z nasionami traw	47,0
Wypełnienie z wełny	21,0

W celu usunięcia skutków erozji brzegu rowu były kilkakrotnie wyrównywane. Przeprowadzone zabiegi nie rozwiązały problemu. Po każdym większym deszczu obserwowano ponownie głębokie wyżłobienia (rys. 6a) i obsuwanie się gruntu (rys. 6b).

W porozumieniu z wykonawcą prac firmą Eurovia Polska S.A. oddział Bielsko-Biała przeprowadzono prace mające na celu wykonanie wodospustów i odcinkowego zabezpieczenia brzegów rowu odwadniającego. Prace zabezpieczające przeprowadzono w wybranych miejscach najbardziej narażonych na erozyjne działanie spływającej wody.

Do zabezpieczenia skarpy wykorzystano sznury Kemafil o średnicy 12 cm wykonane ze ścinków włókniny wełnianej oraz ścinków włókniny z włókien ponownych. Niektóre sznury zawierające bardzo rozdrobnione odpady tekstylne owinięto otuliną z tkaniny jutowej. Do tworzenia opłotu sznurów zastosowano sznurek bawełniany o grubości 3 mm.



Rys. 5. Teren Jasienickiej Strefy Ekonomicznej
a) rów odwadniający, b) erozja brzegów rowu odwadniającego



Rys. 6. Rów odwadniający po zabiegach wyrównujących
a) wyłobienia spowodowane erozją, b) obsuwanie brzegów



Rys. 7. Montaż meandrycznych geotekstyliów na skarpie
a) rozłożony segment na powierzchni skarpy, b) mocowanie geotekstyliów do gruntu

Meandrycznie ułożone sznury ze zwojami oddalonymi o około 30 cm połączone łańcuszkami z przędzy polipropylenowej z włókien fibrylizowanych. Przygotowane wcześniej segmenty o szerokości 1,8 m ułożono na skarpie (rys. 7a), po czym przymocowano do gruntu kotwami stalowymi (rys. 7b). Po zamontowaniu całość zasypano humusem, a następnie obsiano trawą.

Po pierwszym ulewnym deszczu bezpośrednio po zamontowaniu na skarpie stwierdzono, że geotekstylia dobrze spełniają swoją rolę. Analiza zachowania się geotekstyliów i ich funkcji zabezpieczającej w czasie eksploatacji w kolejnych miesiącach będzie przedmiotem dalszych obserwacji i badań.

PODSUMOWANIE

Istnieje szereg systemów ochrony przed erozją zboczy i skarp narażonych na działanie niekorzystnych warunków atmosferycznych, takich jak wiatr czy deszcz. Największym problemem w przypadku powierzchniowego zabezpieczenia przeciwozyjnego jest erozja wodna, która wiąże się z tym, że krople deszczu lub strugi wody niszczą powierzchnie skarpy i wymywają nasiona, zanim zdążą one wykiełkować i ukorzenieć.

Uzyskane, w chwili obecnej, w trakcie realizacji projektu wyniki badań potwierdzają możliwość zastosowania do produkcji sznurów Kemafil dostępnych i tanich na rynku polskim surowców naturalnych. Po pierwszym miesiącu od zainstalowania można stwierdzić, że meandry spełniły swoją funkcję poprzez ochronę skarpy przed erozją wywołaną energią kinetyczną kropli deszczu oraz zatrzymaniem w otulinie znacznej ilości wody deszczowej, która w następnym okresie (po deszczu) może być sukcesywnie oddawana roślinom.

Geotekstylia wytworzone w postaci sznurów Kemafil, połączonych spletem łańcuszka z surowców naturalnych i dostępnych na rynku polskim, stanowią bardzo dobrą warstwę przeciwozyjną i chronią skarpy lub zbocze przed erozją wodną i powierzchniową.

W chwili obecnej są prowadzone dalsze badania dotyczące wpływu czasu użytkowania oraz warunków gruntowych na wybrane właściwości meandrów Kemafil.

LITERATURA

1. Ajdukiewicz J.: Biodegradowalne geosyntetyczne materiały antyerozyjne i wspomagające zazielenianie obiektów hydrotechnicznych. Gospodarka Wodna, 2005.

2. Arnold R., Bartl A. M., Hufnagl E.: Production of cord and narrow fabric products with Kemafil technology. *Band- und Flechtindustrie* 1993, 30, 4-10.
3. Bolt A., Duszyńska A.: Kryteria doboru geosyntetyków jako warstw separacyjnych i filtracyjnych. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 1/1998.
4. Broda J., Rom M., Grzybowska-Pietras M., Przybyło S., Laszczak R.: Application of waste materials for the production of innovative geotextiles for soil protection against surface erosion. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska = Archives of Waste Management and Environmental Protection*, 2015: vol. 17.
5. Gajewska B., Grzegorzewicz K., Kłosiński B., Rychlewski P.: Zastosowanie materiałów geosyntetycznych do ochrony skarp przed erozją powierzchniową. *Instytut Badawczy Dróg i Mostów*, listopad 2005.
6. Helbig R., Arnold R., Erth H., Roess T., Hevert W., Lischkowitz H.: New technologies for manufacturing extra coarse rope-like biodegradable geotextiles. *Technische Textilien*, 2006, 49, 185-187, 244-247.
7. Kaniuczak J., Stanek-Tarkowska J., Augustyn Ł., Szostek M., Knap R., Szewczyk A.: Wykorzystanie i ochrona zasobów powierzchni gruntów w województwie podkarpackim. *Inżynieria Ekologiczna*, nr 34; 2013.
8. Pisarczyk S.: *Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
9. PN-EN ISO 10318:2007. Geosyntetyki – Terminy i definicje.

PODZIĘKOWANIE: Niniejszą pracę sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu Progeo pt.: „Trwała ochrona przeciwoerozyjna za pomocą geotekstyliów z surowców odnawialnych wytwarzanych i monitorowanych według innowacyjnej technologii” – DZP/CORNET-16/628/2014.