

Joanna Gwoździej-Mazur • Tomasz Kiełbasa • Marek Lebieadowski

RUNO POLIPROPYLENOWE JAKO WARSTWA HYDROSTATYCZNA

Joanna Gwoździej-Mazur, mgr inż. – Politechnika Białostocka

Tomasz Kiełbasa, mgr – Politechnika Białostocka

Marek Lebieadowski, prof. dr hab. inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Katedra Systemów Inżynierii Środowiska

ul. Wiejska 45B, 15-351 Białystok

e-mail: j.mazur@pb.edu.pl; t.kielbasa@pb.edu.pl; m.lebieadowski@pb.edu.pl

POLYPROPYLENE FLEECE AS A HYDROSTATIC LAYER

SUMMARY: The phenomenon of floods in Poland is quite often. The reason for its occurrence can be seen in the absence of proper regulation of rivers. These actions had the intention to protect against flooding, resulting in many cases only in increase of its effects. This paper presents the results of the preliminary assessment of the resistance posed by hydrophobic fiber on filtered water in the form of a loose fleece. For polypropylene fibers were used – PP, which can be used in the form of a mats to form the outer casing levees.

KEY WORDS: polypropylene fibers, flooding, infiltration, colmatage, suffosion

Wstęp

Przyczyny powodzi w Polsce można obecnie podzielić na dwie grupy: naturalne i antropogeniczne. Te pierwsze wynikają ze zjawisk naturalnych, którym człowiek nie może zapobiec, drugie zaś są to działania człowieka zakłócające normalne zjawiska przyrodnicze i prowadzące do awarii urządzeń technicznych. Główną naturalną przyczyną powodzi są opady. Długo trwające ulewy mogą doprowadzić do sytuacji, w której możliwości infiltracyjne gleby w jednostce czasu będą mniejsze niż ilość opadów atmosferycznych, czyli gleba nie będzie w stanie przyjąć zwiększonej ilości wody. Dzieje się tak, gdy pojawiają się gwałtowne deszcze (30-40 mm wody w krótkim czasie). W hydrologii zjawisko to jest nazywane wezbraniem nawalnym i nie można go przewidzieć. Prognozować można natomiast wezbrania rozlewne, które pojawiają się przy mniej intensywnych opadach, trwających przez 4-5 dni. Mają one miejsce głównie w miesiącach letnich. Innym naturalnym czynnikiem powodującym powódzie są roztopy, efekt topnienia lodu i śniegu.

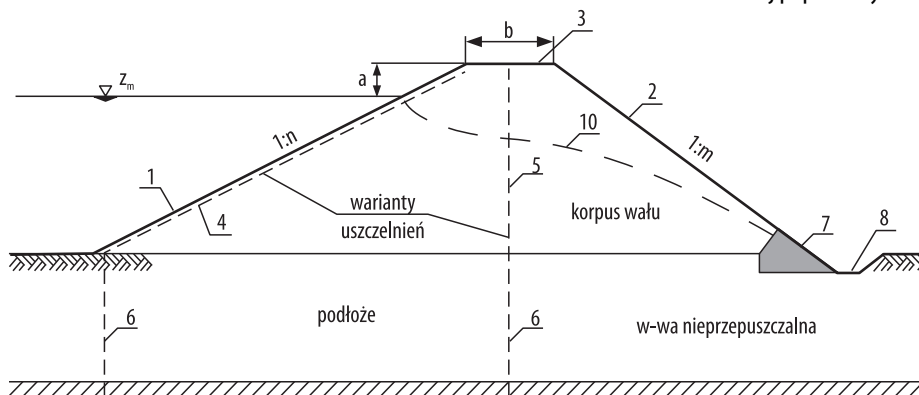
Do wystąpienia zjawiska powodzi może dojść także w wyniku nieroztropnej działalności człowieka. Przykładową bardzo niebezpieczną sytuacją może być awaria zapór wodnych, której przyczyną może być gwałtowne wylanie się dużej ilości wody na teren znajdujący się poniżej zapory. Kolejnym elementem generującym powódź jest nieprzemyślana w następstwach regulacja rzek. Skrócenie, likwidacja meandrów, zmiana trasy rzeki i jakakolwiek manipulacja jej naturalnym spływem wiąże się często ze zmniejszeniem pojemności koryta i zdolnością infiltracyjną podłoża. Podstawowym zabiegiem hydrotechnicznym zapobiegającym występowaniu niekontrolowanych i częstych powodzi na terenach szczególnie nizinnych jest budowanie wałów przeciwpowodziowych.

Ogóle zasady budowy wałów

Ogólny schemat konstrukcji przekorni poprzecznej wału ma zazwyczaj kształt trapezu. O jego wymiarach decydują szerokość korony i przyjęte nachylenia skarp. Występują dwa rodzaje nachyleń: odwodnej (od strony międzywala) i odpowietrznej (od strony zawala). Rzędną korony tych zabezpieczeń przyjmuje się w zależności od wielkości wody miarodajnej i zapasu mieszczącego stany wód wysokich.

Uszczelnienie konstrukcji wału powinno zapobiec nadmiernemu parciu wody i szkodliwemu działaniu filtracji. Wykonuje się również odpowiednie zabezpieczenia. Są to przeważnie ekrany układane w płaszczyźnie skarpy odwodnej lub rdzenie szczelne z gruntów o niskim współczynniku infiltracji, lub ścianki szczelne umieszczane w osi wału. Należy też uszczelniać podłoże. Można to wykonać, przedłużając uszczelnienie korpusu lub rdzenia.

Woda filtrowana przez korpus wału przechwytywana jest przez drenaż znajdujący się przy stopie skarpy odpowietrznej i odprowadzana zostaje rowem

Rysunek 1
Przekrój poprzeczny wału

1 – skarpa odwodna, 2 – skarpa odpowietrzna, 3 – korona wału, 4 – ekran szczelny, 5 – rdzeń szczelny, 6 – szczelnienie podłoża, 7 – drenaż, 8 – rów odwadniający, 10 – krzywa depresji

Źródło: opracowanie własne.

odwadniającym. Typową konstrukcją wału przeciwpowodziowego przedstawiono na rysunku 1.

Zwierciadło przesączającej się wody – krzywa depresji jest również zaznaczona na rysunku 1. Umieszczony w korpusie drenaż nie pozwala, by woda wysączała się na skarpie odpowietrznej. W sytuacjach, gdy takiego drenażu nie ma lub przestaje on funkcjonować, może dojść do obsunięcia się skarpy, co jest spowodowane wyparciem filtracyjnym gruntu.

Sufozja i kolmatacja to zjawiska mające w tym przypadku znaczący wpływ na bezpieczeństwo całego wału. Towarzyszą one filtracji przez korpus i podłoże wału. Sufozja polega na przemieszczaniu się cząstek gruntu pod działaniem sił filtracyjnych. Jest ona wprost proporcjonalna do gradientu hydraulicznego i ciężaru objętościowego wody.

W efekcie sufozja może doprowadzić do niebezpiecznego skoncentrowania dróg filtracji powodujących przebicie hydrauliczne. Zjawisko to nie zachodzi w gruncie równoziarnistym. Grunt dyfuzyjny charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem niejednorodności uziarnienia ($U = d_{60}/d_{10}$). Zgodnie z klasyfikacją w budownictwie wodnym wynosi ona dla gruntów różnoziarnistych ($5 < U \leq 15$), a dla bardzo różnoziarnistych ($U > 15$). Grunty te nasycone wodą bardzo łatwo mogą być rozluźnione na mniejsze frakcje. Charakterystycznym skutkiem sufozji jest zwiększenie się wydatku filtracyjnego oraz zmiana kształtu krzywej depresji, która staje się bardziej płaska.

Kolmatacja polega na zatrzymaniu i odkładaniu się bardzo drobnych cząstek gruntu w niewielkich obszarach i uszczelnieniu go. Powoduje to zmniejszenie prędkości filtracji i skutkuje wzrostem oporu hydraulicznego. Jeżeli zachodzi

zjawisko kolmatacji, to z czasem współczynnik filtracji maleje, a kąt gradientu krzywej depresji zwiększa się. Skutkiem tego może też być zapychanie się drenaży. Oba zjawiska mają ścisły związek z parciem filtracyjnym na wał. Może być to spowodowane wyparciem gruntu na skarpie odpowietrznej wału lub wyparciem podłoża od strony zawala.

Stosowane zabezpieczenia przed powodzią

Do najbardziej znanych i stosowanych zabiegów inżynierskich ochrony przed powodzią należą obwałowania i zbiorniki retencyjne. Pierwszy sposób należy do ochrony przeciwpowodziowej biernej, drugi – do czynnej. Każdy ze sposobów ochrony przed powodzią ma swoje wady i zalety, a także określone zakresy i ograniczenia stosowania. Na potokach górskich, gdzie w wąskiej dolinie pomieścić trzeba koryto cieku, linie komunikacyjne i nierzadko osiedla ludzkie, nie jest możliwe poprowadzenie systemu wałów. Dlatego najczęstszym rozwiązaniem jest w tym przypadku budowa zbiornika na krótkim odcinku cieku, a na długim – rozbudowa koryta. Odwrotna sytuacja ma miejsce na rzekach nizinnych, dlatego rozległe doliny chronione są zazwyczaj przez obwałowania¹.

Wały przeciwpowodziowe powinny być pod ciągłą kontrolą, prowadzoną przez odpowiednie służby w celu utrzymania ich w odpowiednim stanie technicznym, tak by wytrzymały w sytuacjach zagrożenia określony napór wody. Jednak często się zdarza, że pomimo kontroli ich konstrukcja ulega uszkodzeniu. Wówczas do szybkiej rekonstrukcji, zabezpieczenia przed skutkami powodzi, najczęściej wykorzystywane są mało skuteczne środki doraźne, a najczęściej są to worki wypełnione piaskiem.

Materiały stosowane do wykonania worków wypełnianych piaskiem

Do uszczelniania przecieków w uszkodzonych wałach przeciwpowodziowych stosuje się między innymi worki z piaskiem. Skuteczność uszczelnienia zależy w dużym stopniu od rodzaju włókna użytego do wytwarzania tkaniny workowej. Z reguły stosuje się do ich produkcji włókna produkowane z tworzyw syntetycznych – polipropylenu, polietylenu, polichlorku winylu lub włókien sztucznych – celulozowych, rzadziej naturalnych roślinnych².

¹ S. Bednarczyk, S. Mackiewicz, *Powodzie w Polsce i skuteczność ochrony przeciwpowodziowej*, „Inżynieria Morska i Geotechnika” 1998 nr 2; A. Gorzym, *Wiedza i życie – Potop 97*, Wyd. Prószyński Media Sp. z o.o., Warszawa 1997; *Ochrona przed powodzią*, praca zbiorowa, NOT, Warszawa 1975.

² A. Gruszkiewicz, *Metody uszczelniania wałów przeciwpowodziowych – doświadczenia*, „Gospodarka Wodna” 2000 nr 4; A. Gruszkiewicz, *Wzmacnianie wałów przeciwpowodziowych*, „Gospodarka Wodna” 2003 nr 7.

Polipropylen (PP) jest to jeden z najczęściej stosowanych materiałów do produkcji worków przeciwpowodziowych. Jest tworzywem o najmniejszej gęstości spośród stosowanych polimerów. Materiał ten znalazł uznanie między innymi z tego powodu, że jest bardzo mocny i posiada właściwości hydrofobowe oraz liofilne – cechuje go duża zdolność pochłaniania substancji oleistych. Polipropylen nie ma tendencji do absorbowania cząsteczek wody na swojej powierzchni. Materiał ten ma budowę niepolarną. Woda jest zaś substancją polarną, której cząsteczki mają ładunki elektryczne dodatnie i ujemne, przez co przylega do ciał o budowie polarnej. Dzięki tej właściwości worki przeciwpowodziowe z PP nie osuwają się z podmokłych wałów. Gęsto tkane worki są bardzo mocne dzięki bardzo dobrym właściwościom mechanicznym i dużej odporności chemicznej włókna.

Polietylen jest jednym z dwóch, obok polipropylenu, najczęściej stosowanych tworzyw syntetycznych. W porównaniu do PP odznacza się mniejszą wytrzymałością, sztywnością oraz niższą temperaturą topnienia. Posiada natomiast większą odporność chemiczną, gdyż jest niemal całkowicie nierozpuszczalny i tańszy w produkcji. Polietylen nie posiada, niestety, właściwości hydrofobowych. Jest to materiał o budowie niepolarnej, ale nie jest on odporny na zwilżanie wodą.

Polichlorek winylu (PVC) – jest to materiał wykorzystywany do produkcji głównie folii przeciwpowodziowych, które służą do uszczelniania wałów przeciwpowodziowych. Mogą być również wykorzystane do uszczelniania ław, płyt fundamentowych, stropów, tarasów, zbiorników wodnych, powierzchni o dużej przepuszczalności gruntów i do uszczelniania składowisk odpadów.

Juta to naturalny materiał pochodzenia roślinnego produkowany z łodyg roślin juty. Worki z niej wykonane mogą być zastosowane jako worki przeciwpowodziowe. Takie rozwiązanie stosuje się w przypadku nagłej potrzeby (stan powodziowy) i braku dostępności bądź środków finansowych na korzystanie z lepszych materiałów. Jest to rozwiązanie kryzysowe i nie jest zalecane. Nasiąknięte wodą włókna juty stają się słabsze, a także stają się miejscem ataku i rozwoju drobnoustrojów. Worki wykonane z juty są w 100% biodegralne i nie oddziałują negatywnie na środowisko. Posiadają bardzo dużą wytrzymałość na rozciąganie. Niska ich rozszerzalność zapewnia dobrą „oddychalność” tkanin. Juta posiada także dobre właściwości izolacyjne i antystatyczne.

Wadą podstawową wszystkich tkanin technicznych wytwarzanych z tworzyw syntetycznych, sztucznych i naturalnych jest niski współczynnik rozwinięcia powierzchni. W trakcie obróbki termicznej włókna z tworzyw syntetycznych i sztucznych ulegają sieciowieniu – stopieniu, przez co tracą swoje cenne właściwości (cechy) fizyczno-chemiczne, a głównie hydrofobowość i liofilność. Najkorzystniejsze parametry hydrofobowe posiadają wyroby tkaninopodobne (włókniny) – szczególnie polipropylenowe. Włókna tych półproduktów otrzymuje się metodą pneumatyczną (*melt-blown*) z roztopionej masy polipropylenu krystalicznego rozdmuchiwanego w strumieniu gorącego powietrza. Uzyskuje się wówczas masę włóknistą (runo) przypominające runo wełniane lub watę, o średnicy włókien rzędu 5 μm (dla porównania średnica włosa ludzkiego to przeciętnie 80 μm). Tak pozyskiwane włókno w postaci runa chłonie do 15 g

substancji olejowych na g masy³. Z włókien pozyskiwanych techniką pneumatyczną formowane są również arkusze włókniny o różnej masie powierzchniowej i stosowane przede wszystkim jako wkłady filtracyjne. Cechuje je duża chłonność w stosunku do substancji olejowych i ropopochodnych, a także wysoki współczynnik oporów hydraulicznych. Ta ostatnia cecha pozwala je traktować jako bezkonkurencyjne przy formowaniu ekranów przeciwwilgociowych i hydrooporowych.

W badaniach zainicjowanych w Katedrze Systemów Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej szczególną uwagę zwrócono na wpływ udziału masy włókna PP w przegrodach filtracyjnych, które mogą być stosowane w formie mat do tworzenia osłon zewnętrznych wałów przeciwpowodziowych. Duże opory hydrauliczne kompozytów formowanych w postaci mat osłonowych z przekładką z cienkowłóknistego runa otrzymywanego metodą pneumatyczną wskazują na możliwość stosowania ich w technice zabezpieczeń – szczególnie wałów przeciwpowodziowych od strony skarpy odwodnej.

Celem badań wstępnych, których dotyczy niniejsza praca, było sprawdzenie oporów, jakie stawiają filtrowanej wodzie włókna hydrofobowe (włókna polipropylenowe – PP) użyte w formie luźnego runa. Badania te miały na celu urealnić ewentualną skuteczność stosowania w przyszłości obwałowań przeciwpowodziowych modyfikowanych właśnie tym materiałem.

Metodyka badań

Badania obejmowały przesączanie stałej objętości wody znajdującej się w szklanej kolumnie przez filtry składające się z włókna celulozowego bielonego jako warstwy osłonowej i włókien polipropylenowych formowanych w luźnego runa. Pakiety – filtry układane były w kolumnie filtracyjnej na podłożu piaszczystym o grubości 100 mm. Do badań przygotowano 20 pakietów o różnej masie. Kolumna filtracyjna miała średnicę 40 mm. Przez każdy pakiet filtracyjny przepływało 0,1256 dm³ wody, której czas przepływu, przy różnicy ciśnień od 0,4 do 0,35 mśł. wody, rejestrowano przy użyciu stopera. Próbę filtracji dla każdego pakietu powtórzono 3-krotnie.

Wyniki badań

Analizując wyniki badań, można stwierdzić, że czas przesączenia określonej – stałej objętości wody zwiększał się wraz ze wzrostem zawartości włókien PP w masie filtrów. Jest to spowodowane wzrostem udziału masy włókien polipropylenowych wewnątrz krążków filtracyjnych. Im cięższy jest filtr, tym więcej

³ J. Kałużka, M. Lebidowski, *Polipropylenowe włókniny melt-blown jako sorbenty substancji olejowych*, „Fibres & Textiles In Eastern Europe” 1997 nr 1(16).

Tabela 1
Charakterystyczne cechy pakietów filtracyjnych wykorzystywanych w badaniach

Numer pakietu	Masa pakietu [g]		Masa włókien PP [g]	Masa powierzchni włókien PP w pakiecie [g/cm ²]	Średni czas filtracji [min]	Średnia prędkość filtracji [cm/min]
	bez włókien	z włóknami PP				
1	0,005	0,075	0,07	0,00557	18	0,5555
2	0,006	0,091	0,085	0,00676	20	0,5000
3	0,005	0,093	0,088	0,00700	22	0,4545
4	0,005	0,167	0,162	0,01290	23	0,4348
5	0,005	0,174	0,169	0,01245	30	0,3333
6	0,006	0,184	0,178	0,01417	31	0,3225
7	0,005	0,207	0,202	0,01608	31	0,3225
8	0,006	0,280	0,274	0,02181	35	0,2857
9	0,006	0,283	0,277	0,02200	34	0,2941
10	0,006	0,299	0,293	0,02333	36	0,2777
11	0,005	0,299	0,294	0,02341	35	0,2857
12	0,005	0,382	0,377	0,03001	39	0,2564
13	0,005	0,387	0,382	0,03041	36	0,27777
14	0,006	0,414	0,408	0,03248	37	0,2702
15	0,005	0,509	0,504	0,04013	38	0,2631
16	0,005	0,796	0,791	0,06298	53	0,1886
17	0,006	1,212	1,206	0,09602	67	0,1492
18	0,006	1,414	1,408	0,11210	71	0,1408
19	0,006	2,142	2,136	0,17006	81	0,1234
20	0,006	2,874	2,868	0,22834	95	0,1052

Źródło: M. Wiszniewski, *Ocena skuteczności obwałowań przeciwpowodziowych modyfikowanych włókniną hydrofobową*, praca magisterska, Politechnika Białostocka, Białystok 2012.

włókien i większe opory napotykała ciecz filtrowana. Dodatkowo istotnym czynnikiem zwiększającym opory filtracji były właściwości hydrofobowe materiału. Dzięki nim cząsteczki wody nie były absorbowane na powierzchni włókien polipropylenu. W rzeczywistości więcej i bliżej położonych obok siebie włókien powodowało, że ciecz nie była w stanie, przy określonej granicznej ilości masy PP i przy stosowanym nadciśnieniu słupa wody w kolumnie przepłynąć przez filtr. Powodowało to wydłużenie się czasu filtracji.

Średnie wartości czasu filtracji dla poszczególnych pakietów z podaniem udziału masy runa PP zastawiono w tabeli 1.

Zależność czasu filtracji próbek wody od zawartości w pakietach masy runa PP przedstawiono na rysunku 2. Krzywa tej współzależności może być opisana równaniem:

$$t = 56,36 \cdot m^{0,494} \quad (1)$$

gdzie:

t – czas przesączania – filtracji, w minutach [min],

m – masa runa polipropylenowego w pakiecie, w gramach [g].

Obserwowane i potwierdzone badaniami wydłużanie się czasu filtracji jest związane ze wzrostem udziału masy PP w pakietach.

Potwierdzeniem tego są wyniki uzyskane przy obliczeniu współczynnika przepuszczalności k pakietów.

Prędkość średnia filtracji $v = \frac{Q}{F}$ była zmienna w pomierzonym czasie t .

Zależy ona od wysokości słupa cieczy nad warstwą filtracyjną h , która zmieniała się w trakcie obserwacji od 400 do 300 mm sł.w. Woda wyciekała przez swobodne pory próbki filtracyjnej. Powierzchnię filtrującą badanych próbek można w tym przypadku przyjąć jako proporcjonalną do powierzchni kolumny filtracyjnej:

$$F_p = k \cdot F \quad (2)$$

Współczynnik k w równaniu (2) można uważać za potencjalnie równy współczynnikowi przesączania (infiltracji). Zgodnie z zasadami hydrauliki procesu filtracji wartość tego parametru

$$k = \frac{\sqrt{2}}{(t\sqrt{g})(\sqrt{h} - \sqrt{h - h_t})} \quad (3)$$

gdzie:

g – przyspieszenie ziemskie,

h – początkowa wysokość słupa cieczy w kolumnie filtracyjnej,

h_t – poziom słupa cieczy nad warstwą filtracyjną po czasie t ,

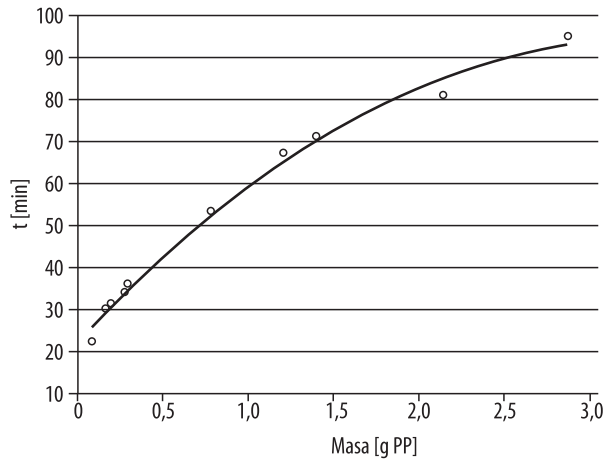
t – czas filtracji.

Wartości współczynnika k obniżała się wraz ze wzrostem ilości włókien polipropylenowych w pakiecie filtracyjnym. Zależność wartości parametru k od masy PP w pakiecie filtracyjnym przedstawia rysunek 3.

Wartości pomierzonych współczynników k mieściły się w przedziale $4,0 \cdot 10^{-4}$ m/s do $5,0 \cdot 10^{-5}$ m/s. Porównując ich wartości z parametrami zestawionymi w tabeli 2 dla naturalnych gruntów mineralnych, mieściły się one w strefie wartości charakterystycznych dla piasków drobnoziarnistych.

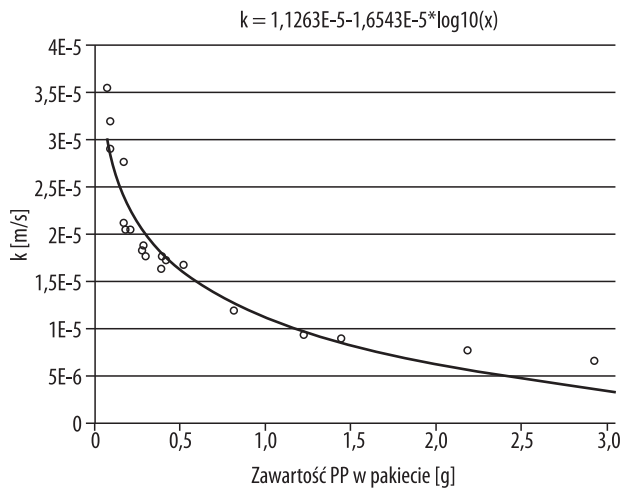
Na podstawie rysunku 3 można stwierdzić, że włóknina polipropylenowa będzie stawiać skuteczny opór cieczy (w tym przypadku wodzie), nawet przy niewielkim udziale masy PP w pakiecie filtracyjnym. Ochronna warstwa filtracyjna ułożona na wale przeciwpowodziowym, wraz ze zwiększaniem w niej masy udziału runa PP, w sposób znaczący może wydłużyć drogę przesączania wody przez wał ziemny. Doskonale widać to na rysunku 4, gdzie graficznie została przedstawiona zależność drogi przesączania od zawartości włókien polipropylenowych w próbach. Im większa jest zawartość włókna hydrofobowego, tym droga przesączania wody jest mniejsza. Jest to korzystna cecha, umożliwiająca

Rysunek 2
Zależność czasu filtracji od zawartości masy włókna PP w postaci runa w pakietach filtracyjnych



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 3
Stosunek współczynnika przepuszczalności „k” od masy PP w pakiecie filtracyjnym



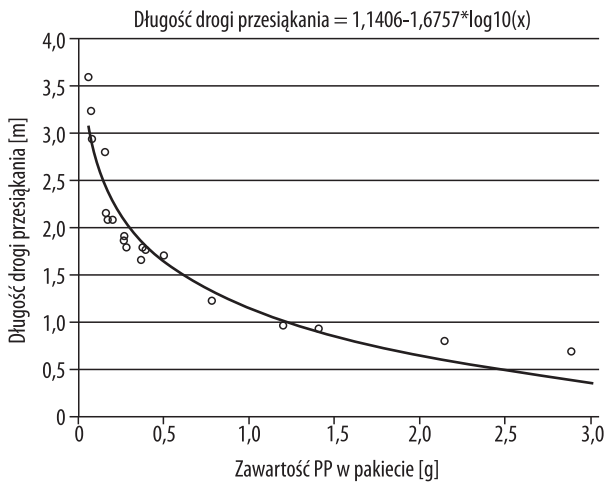
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2
Współczynnik filtracji k dla gruntów naturalnych

Rodzaj gruntu	Współcz. filtracji (k) [m/s]
Otoczaki, grunt narzutowy	$10^{-1} - 10^{-2}$
Żwir	$10^{-2} - 10^{-3}$
Piasek gruboziarnisty	$10^{-3} - 10^{-4}$
Piasek drobnoziarnisty	$10^{-4} - 10^{-5}$
Piasek gliniasty	$10^{-5} - 10^{-6}$
Glina piaszczysta	$10^{-6} - 10^{-7}$
Ł	$10^{-7} - 10^{-8}$

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4
Długość drogi przesiąkania w zależności od udziału masy włókniny polipropylenowej w pakietach filtracyjnych



Źródło: opracowanie własne.

skuteczne ekranowanie wałów przeciwpowodziowych tym tworzywem. Nie można również wykluczyć, że włókno PP w postaci runa przy odpowiedniej ilości w masie wyrobu może doprowadzić do całkowitego zatrzymania przepuszczalności wody do podłoża drenowanych powierzchni warstw przeciwpowodziowych. Jest to możliwe dzięki strukturze oraz właściwościom hydrofobowym.

Podsumowanie

Skuteczność polipropylenu jako tworzywa o wybitnych własnościach hydrofobowych wymaga spełnienia dwóch warunków. Pierwszy to odpowiednia jego ilość, a drugi – odpowiednie ułożenie włókien. Tylko ściśle rozłożenie na powierzchni wyrobu tego materiału zapewni odpowiednią barierę dla wody – opór napływającej wodzie. Dodatkowo materiał ten ma zdolności pochłaniania substancji oleistych, przy bardzo dużej odporności na destrukcyjne działanie kwasów, zasad, alkoholi, tłuszczów i soli.

Cenną zaletą innych wyrobów zawierających PP jest to, że zrobione z niego na przykład worki, wykorzystywane przy wzmocnieniach wałów przeciwpowodziowych, nie osuwają się z nich. Ponadto minimalny procent absorbowania wody (0,01-0,03%), dobra przepuszczalność powietrza i niewielka przepuszczalność sprawiają, że worki z tego materiału nie ulegają degradacji, chociaż ich własności hydrofobowe w porównaniu z matami zawierającymi runo PP są znacznie obniżone.

W Polsce wyroby zawierające PP są dość popularne i wiele zakładów wyspecjalizowało się w ich produkcji. Przekłada się to na ich dostępność. Dzięki temu mogą być one oferowane hurtowo na terenie kraju po okazjnych cenach.

Wyniki przeprowadzonych badań powinny być traktowane jako analiza wstępna dotycząca skuteczności obwałowań przeciwpowodziowych włókniną hydrofobową. W celu uzyskania dokładniejszych i bardziej wiarygodnych danych badania będą kontynuowane i rozszerzone.

Artykuł powstał w ramach pracy statutowej S/WBiŚ/2/2011.