

Ewa BURSZTA-ADAMIAK

Katedra Budownictwa i Infrastruktury, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Department of Building and Infrastructure, Wrocław University of Environmental and
Sciences

Ocena przydatności geowłóknin do ochrony gruntu przed kolmatacją*

Assessment of nonwoven geotextiles usefulness in order to ground protection from clogging

Słowa kluczowe: geowłókniny, infiltracja, kolmatacja

Key words: nonwoven geotextiles, infiltration, clogging

Wprowadzenie

Zawiesiny nanoszone wraz z infiltrującą wodą i odkładane w porach oraz na powierzchni złoża filtracyjnego powodują zjawisko kolmatacji. Proces ten niekorzystnie wpływa na okres eksploatacji urządzeń do infiltracji wód naturalnych (Coadini i in. 1995, Bouwer 1996, Ravina i in. 1997, Geiger i Dreiseitl 1999, Warnaars i in. 1999, Rick-Pfeiffer i in. 2000, Dechesne i in. 2004). W systemach do infiltracji wód opadowych zjawisko kolmatacji mogą powodować pyły wypłukiwane przez opady atmosferyczne z powietrza lub zawiesiny wypłukiwane

z powierzchni. Urządzenia do uzdatniania wód powierzchniowych, w których wykorzystuje się zjawisko infiltracji ulegają kolmatacji w wyniku zatrzymywania się w porach cząstek koloidalnych, zawiesin i żywych mikroorganizmów występujących w wodach infiltrujących do gruntu.

W celu zapobiegania wglębnej kolmatacji złoża filtracyjnego coraz częściej wykorzystywane są geowłókniny. Swoją popularność zyskują dzięki niskim kosztom transportu i łatwości montażu oraz neutralności w środowisku. W literaturze można znaleźć liczne wyniki badań poświęcone zmianom właściwości hydraulicznych geowłóknin pracujących w układzie grunt/geowłóknina (Bartoszewski 1983, Błażejowski 1985, Borzdyńska-Marahori i Ossowski 1989, Borzdyńska-Marahori i Rogala 1991, Bo-

*Badania składu granulometrycznego zawiesin użytych do badań wykonano w ramach projektu badawczego KBN nr 3 P04G 051 25 pt. „Wykorzystanie granulometru laserowego w monitoringu wód powierzchniowych”.

uwer 1996, Bartels i in. 1997, Młynarek i Vermeersch 1999, Alfakih i in. 1999). Młynarek i Vermeersch (1999) za główne przyczyny zmian właściwości hydraulicznych geowłóknin uznali odkładanie się stałych cząstek wewnątrz materiału syntetycznego i na jego powierzchni poprzez „pakowanie” kolejnych warstw na siebie, tworzenie przez bakterie warstwy biofilmu na powierzchni geowłóknin, wytrącanie się tlenków żelaza w wyniku zachodzących reakcji utlenienia i redukcji w roztworach wodnych, wytrącanie soli głównie węglanów i siarczanów. To ostatnie zjawisko zachodzi najczęściej w czasie odparowania wody. Borzdyńska-Marahori i Ossowski (1989) wykazali, że zjawisko kolmatacji geowłóknin zachodzi w dwóch charakterystycznych etapach. W pierwszym następuje wypełnienie przestrzeni porowej materiału syntetycznego cząstkami, których wymiary zbliżone są do średnicy porów geowłókniny. Etap ten został nazwany przez autorów okresem wypełniania przestrzeni porowych. W drugim etapie w wyniku klinowania się cząstek drobniejszych powstają struktury, co prowadzi w konsekwencji do gwałtownego spadku wodoprzepuszczalności geowłókniny. Czas trwania poszczególnych etapów zależy od rodzaju zastosowanej geowłókniny i składu granulometrycznego zawiesin.

Skuteczność w ochronnym oddziaływaniu geowłóknin pracujących w układzie zawiesina/geowłóknina/grunt jest stosunkowo mało rozpoznana. Takie układy mają miejsce w przypadku infiltracji wód naturalnych.

W artykule przedstawiono wyniki badań nad oceną przydatności geowłóknin do powierzchniowego zatrzymywania cząstek zawieszonych w infiltrującej

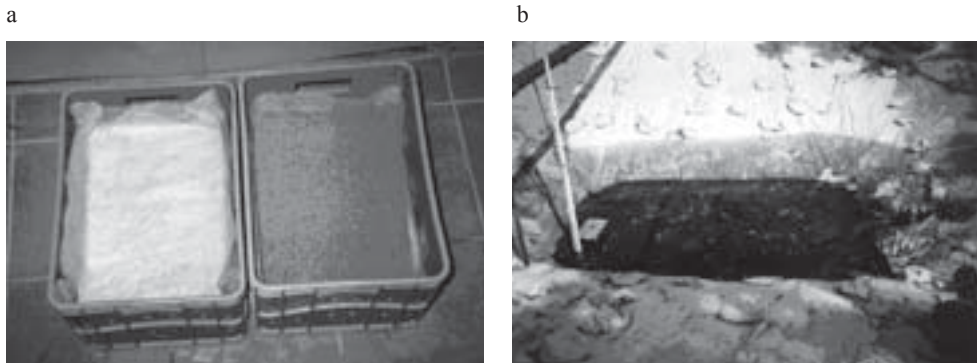
wodzie, a tym samym nad ochroną systemów chłonnych przed wglębną kolmatacją (Burszta-Adamiak 2005).

Metodyka badań

Badania skuteczności geowłóknin w zatrzymywaniu zanieczyszczeń pochodzących z wód naturalnych wykonano w skali laboratoryjnej i półtechnicznej. Stanowiska badawcze w laboratorium składały się z prostopadłościennych pojemników o wymiarach 0,75 m szerokości, 0,36 m długości i 0,25 m wysokości (rys. 1a). Na ich dnie i bokach ułożono geowłókniny wykonane z polipropylenowych włókien ciągłych o grubości 1 mm. Złożem filtracyjnym był przepłukany piasek średni. Stanowiska badawcze zalewano raz na dobę przez okres trzydziestu dni zawiesinami sporządzonymi na bazie bentonitu i gliny.

Jednorazowo do skrzyń wprowadzano 20–21 dm³ zawiesiny bentonitu (gliny) o stężeniu odpowiednio 120 g·m⁻³ dla bentonitu i 510 g·m⁻³ dla gliny. Do badań stosowano zawiesinę sporządzoną na bazie wody wodociągowej oraz po kilkudniowym okresie namoczenia minerałów, aby wyeliminować ich proces pęcznienia na stanowiskach. Podczas całego okresu badań do pojemnika zalewanego zawiesiną bentonitu wprowadzono 75 g tego minerału ilastego, a do drugiego analizowanego stanowiska 321 g gliny.

Badania w skali półtechnicznej były prowadzone na stanowisku badawczym wykonanym w formie odwróconej, ściętej pryzmy o wymiarach podstawy 4 × 5 m. Na jego dnie i skarpach ułożono geowłókniny o grubościach 1,0, 1,2



RYSUNEK 1. Stanowiska badawcze: a – w skali laboratoryjnej, b – w skali półtechnicznej
 FIGURE 1. Test stands: a – laboratory scale, b – semi-technical scale

i 1,9 mm (rys. 1b) Stanowisko okresowo zalewano wodą rzeczną.

Pomiar objętości i rozmiaru cząstek występujących w zawiesinach zastosowanych do zalewania stanowisk pomiarowych oraz znajdujących się w osadach odłożonych na geowłókninach, w ich wnętrzu oraz pod powierzchnią wykonano na granulometrze laserowym Mastersizer 2000 firmy Malvern Instruments Ltd. Przyrząd pozwalał oznaczać cząstki o wielkości od 0,02 do 2000 μm .

Wodoprzepuszczalność prostopadła do płaszczyzny zastosowanych geowłóknin, według danych producenta, mieściła się w granicach od $150 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (grubość geowłókniny 1 mm), $130 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (grubość 1,2 mm) i $90 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (grubość 1,9 mm). Wodoprzepuszczalność w płaszczyźnie geowłókniny wynosiła odpowiednio $2,0\cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$, $3,2\cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ oraz $4,8\cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$. Z parametrów technicznych geowłóknin wynika, że opór hydrauliczny w stanie fabrycznym nie miał wpływu na szybkość infiltracji wody do gruntu. Rozmieszczenia włókien w tkaninie filtracyjnej oraz rozmiar porów, istotne z uwagi na analizowane zjawisko kolmatacji, zbadano, wykonu-

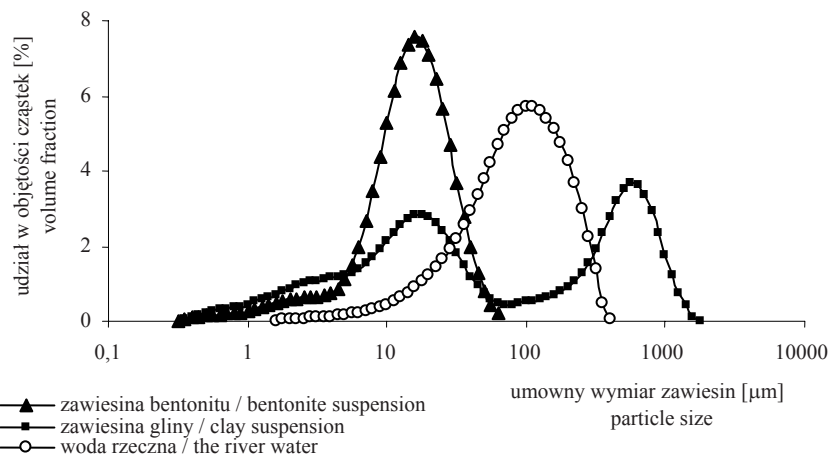
jąc zdjęcia skaningowe czystych geowłóknin. Rozmiar wszystkich porów mieścił się w przedziale 5–120 μm . Według danych producenta, umowny wymiar porów (O_{90}) wynosił 120 μm dla geowłókniny o grubości 1 mm, 110 μm dla geowłókniny o grubości 1,2 mm i 100 μm dla geowłókniny o grubości 1,9 mm.

Wyniki badań

Na rysunku 2 przedstawiono rozkłady wielkości cząstek występujących w zawiesinach użytych do badań.

Zawiesiny bentonitu charakteryzowały się cząstkami o wymiarach mieszczących się w przedziale 0,3–63 μm . Cząstki o średnicy zastępczej od 10 do 30 μm stanowiły największy udział w objętości wszystkich cząstek występujących w zawiesinie. Zawiesiny sporządzone z gliny charakteryzowały się dużym udziałem cząstek o średnicach zastępczych przekraczających 100 μm . Najwięcej było cząstek o wielkości od 350 do 700 μm .

Skład granulometryczny zawiesin z rzeki znajdował się pomiędzy składem



RYSUNEK 2. Rozkład wielkości cząstek występujących w zawiesinach użytych do badań
 FIGURE 2. Distribution of particles size occurring in suspensions which were used in research

granulometrycznym zawiesin bentonitu i gliny. W wodzie rzecznej identyfikowano cząstki z przedziału średnic zastępczych 1,7–400 μm, a udział cząstek o małych średnicach w porównaniu z bentonitem i gliną był znacznie mniejszy.

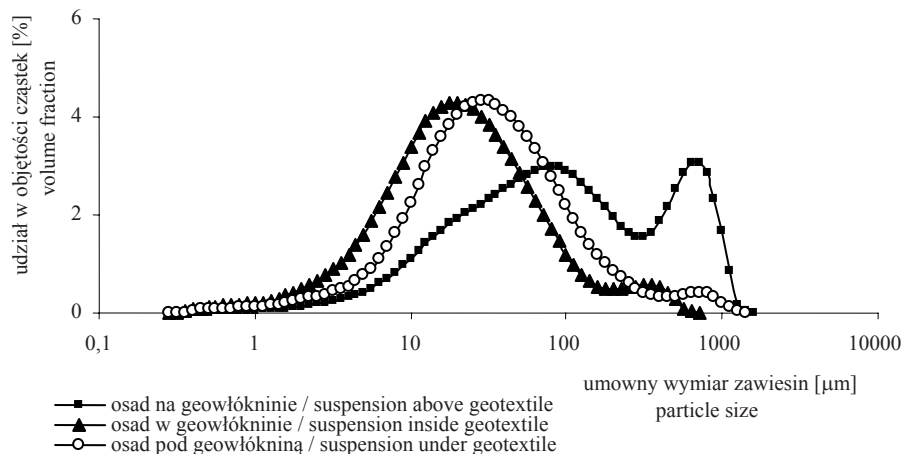
Po zakończeniu badań określono objętość i skład granulometryczny zawiesin zgromadzonych na geowłókninach, wewnątrz geowłóknin i pod ich powierzchnią. Na powierzchni geowłókniny w stanowiskach laboratoryjnych zatrzymało się w ciągu okresu badań 57,2% całej ilości bentonitu wprowadzonego z zawiesiną. Wewnątrz geowłókniny ilość zatrzymanego minerału wynosiła 31,1%. Pozostały bentonit, stanowiący około 11% całej masy tego minerału wprowadzonego w formie zawiesiny, został zatrzymany wewnątrz złoża. W przypadku pojemnika zalewanego zawiesiną gliny na geowłókninie zostało odłożone 54,1% całej ilości gliny wprowadzonej w postaci zawiesiny, podczas gdy we-

wnątrz geowłókniny odłożyło się 20,8% gliny. Pozostała część osadu, stanowiąca 25,1% wniknęła w głąb złoża. Skład granulometryczny zawiesin odłożonych na geowłókninach, w ich wnętrzu oraz pod ich powierzchnią przedstawiono na rysunku 3 i 4.

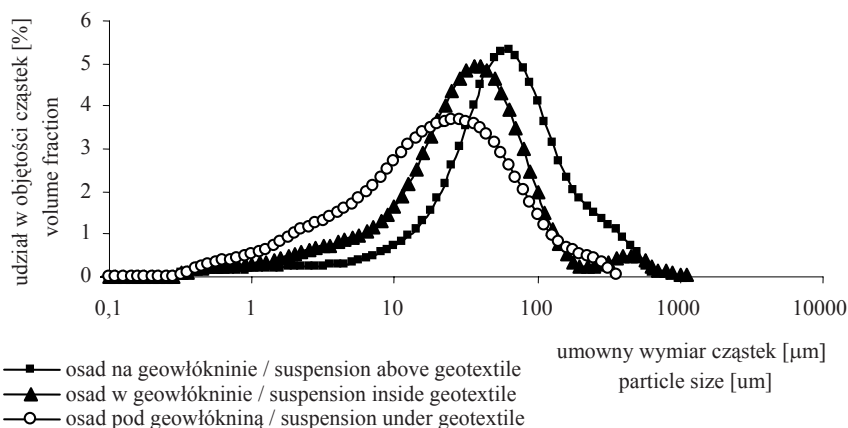
W przypadku stanowiska z bentonitem w osadzie odłożonym pod geowłókniną zaobserwowano cząstki powyżej 600 μm, których nie identyfikowano w osadzie zakolmatowanym w geowłókninie. Zjawisko to można wytłumaczyć aglomeracją cząstek bentonitu, do której dochodziło na ziarnach złoża po przedostaniu się przez warstwę geowłókniny.

W stanowisku zalewanym zawiesiną gliny udział drobnych cząstek był największy w osadzie pod geosyntetykiem. Cząstki powyżej 350 μm zostały zatrzymane przez geowłókninę.

Badania wykazały, że na powierzchni geowłókniny ułożonej na gruncie powstaje w czasie infiltracji filtr namywany, ograniczający wnikanie zawiesin w głąb



RYSUNEK 3. Rozkłady wielkości cząstek zawiesin bentonitu odłożonych na geowłókninie, wewnątrz geowłókniny oraz pod jej powierzchnią
 FIGURE 3. Distribution of particles size occurring in bentonite suspension above, inside and under geotextile

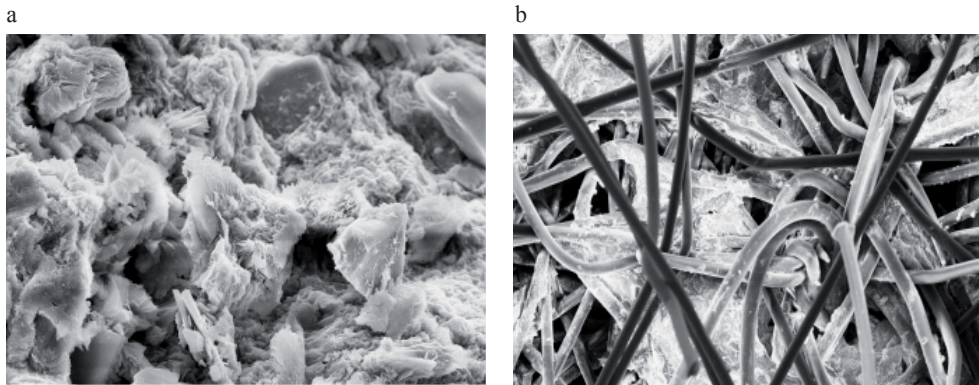


RYSUNEK 4. Rozkłady wielkości cząstek zawiesin gliny odłożonych na geowłókninie, wewnątrz geowłókniny oraz pod jej powierzchnią
 FIGURE 4. Distribution of particles size occurring in clay suspension above, inside and under geotextile

gruntu. Przykładowe zdjęcia skaningowe osadu odłożonego na poszczególnych warstwach filtra doświadczalnego przedstawiono na rysunkach 5–8.

Osady odłożone na geowłókninie w stanowisku zalewanym zawiesiną bentonitu tworzyły pierzastą zwartą

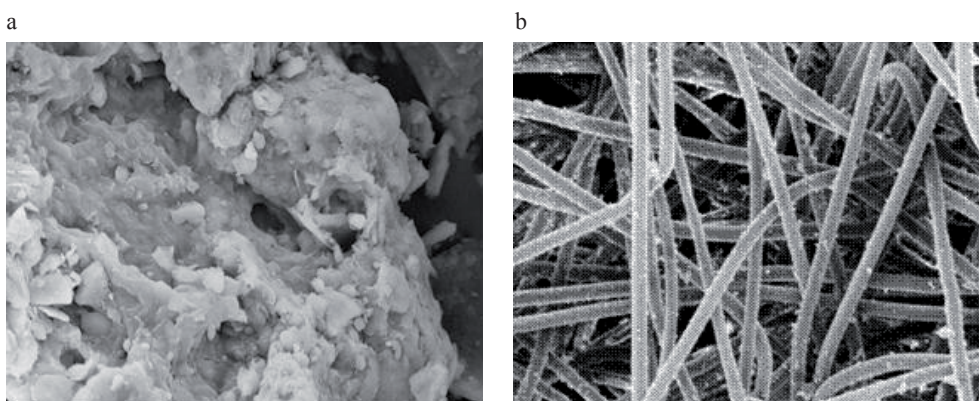
strukturę. Podobnymi osadami wypełnione były przestrzenie pomiędzy włóknami tworzącymi strukturę geowłókniny. Piasek pod geowłókniną był czysty na powierzchni, a osady były odłożone w szczelinach międzyziarnowych.



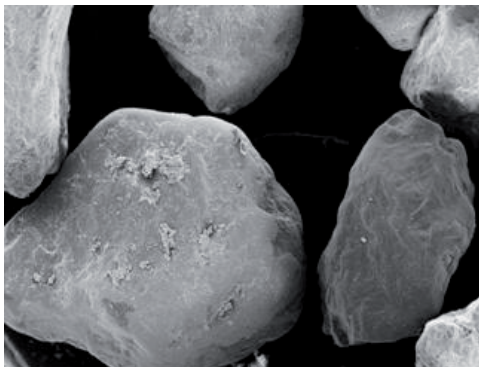
RYSUNEK 5. Zdjęcia skaningowe osadu bentonitu odłożonego na powierzchni geowłókniny (a) i w jej wnętrzu (b) wykonane przy powiększeniu odpowiednio 3000 i 250×
 FIGURE 5. Scanning photos of bentonite suspension accumulated above (a) and inside geotextile (b) in magnification range 3000 and 250×



RYSUNEK 6. Zdjęcie skaningowe złoza pod powierzchnią geowłókniny w stanowisku z bentonitem przy powiększeniu 100×
 FIGURE 6. Scanning photo of the filtering medium in bentonite experimental setup under geotextile in magnification range 100×



RYSUNEK 7. Zdjęcia skaningowe osadu gliny odłożonego na powierzchni geowłókniny (a) i w jej wnętrzu (b) wykonane przy powiększeniu odpowiednio 4000 i 250×
 FIGURE 7. Scanning photos of clay suspension accumulated above (a) and inside geotextile (b) in magnification range 4000 and 250×



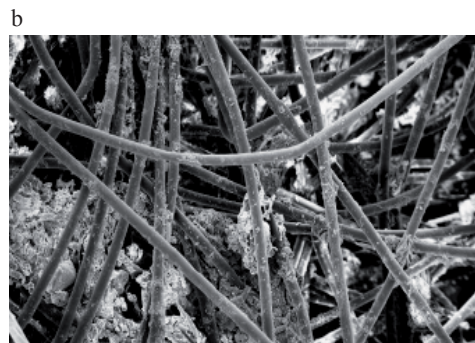
RYSUNEK 8. Zdjęcie skaningowe złoża pod powierzchnią geowłókniny w stanowisku z gliną przy powiększeniu 100×
 FIGURE 8. Scanning photo of the filtering medium under geotextile clay experimental setup in magnification range 100×

Przy infiltracji zawiesiny gliny powstawały na powierzchni geowłókniny osady o strukturze zbliżonej do struktury osadów bentonitowych. W geowłókninie jednak nie stwierdzono tak silnego stopnia zakolmatowania jej przestrzeni strukturalnych. Taki obraz tłumaczy mechanizm wnikania drobnych cząstek gliny w głąb złoża piaskowego, które odkładały się na powierzchni ziaren złoża, tworząc charakterystyczną chropowatość powierzchni.

Zdjęcia wykonane mikroskopem skaningowym osadów odłożonych na powierzchni geowłókniny, wewnątrz

i pod geowłókniną w czasie infiltracji zawiesiny z wody rzecznej przedstawiono na rysunkach 9 i 10.

Na powierzchni osadów można było zidentyfikować okrzemki i inne gliny, a także dużo materii bezpostaciowej. W porach geowłókniny przeważała materia bezpostaciowa. Obraz zakolmatowania geowłókniny zawiesinami z wody rzecznej był podobny do kolmatacji przestrzeni międzywłóknowej geowłóknin w czasie infiltracji zawieszin bentonitu i gliny. Pod osadami i geowłókniną rozwijały się zarówno bakterie saprofityczne, jak i autotroficzne osiadłe na ziarnach gruntu.



RYSUNEK 9. Zdjęcia skaningowe mikrozanieczyszczeń z wody rzecznej odłożonych na powierzchni geowłókniny (a) i w jej wnętrzu (b) wykonane przy powiększeniu odpowiednio 1000 i 200×
 FIGURE 9. Scanning photos of microimpurity from the river water accumulated above (a) and inside geotextile (b) in magnification range 1000 and 200×

RYSUNEK 10. Zdjęcie skaningowe złoża pod geowłókniną wykonane przy powiększeniu 50×
FIGURE 10. Scanning photo of the filtering medium under geotextile in magnification range 50×



Podsumowanie

Użycie do badań zawieszin o budowie mineralnej i organicznej pozwoliło na ocenę skuteczności geowłóknin w zatrzymywaniu obu typów mikrozanieczyszczeń. Przeprowadzone badania wykazały dużą skuteczność zatrzymywania zawieszin na utworzonym na geowłókninie filtrze namywanym.

Geowłókniny spełniają funkcję ochronną, lecz do czasu wytworzenia się warstwy osadu na powierzchni geowłóknin dochodzi do wnikania cząstek wewnątrz złoża. Intensywność tego procesu zależy od wielkości cząstek znajdujących się w wodach naturalnych oraz od wielkości porów geowłókniny i od jej grubości. Badania wykazały, że grubość geowłókniny ma wpływ na przemieszczanie się cząstek w głąb gruntu w przypadku zawieszin o małych średnicach zastępczych (0,23–100 μm). W przypadku zawieszin z cząstkami o średnicach zastępczych powyżej umownego wymiaru porów geowłóknin (O_{90}) następuje powierzchniowe uszczelnienie geowłókniny i odczedzanie małych cząstek zawiesziny na powstającym na powierzchni geowłókniny placku osadu. Dlatego ważne jest, aby każdorazowo dobrać rozmiar porów geosyntetyku do składu granulometrycznego infiltrowanej zawiesziny.

Literatura

- ALFAKIH E., BARRAUD S., MARTINELLI I. 1999: A study of stormwater infiltration system feasibility and design. *Water Science and Technology* 39, 2: 225–231.
- BARTELS H., MALITZ G., ASMUS S., ALBRECHT F.M., DIETZER B., GÜNTHER T., ERTEL H. 1997: Starkniederschlagshöhen für Deutschland. KOSTRA. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach am Main.
- BARTOSZEWSKI K. 1983: Wpływ osadów na wydajność ujęć infiltracyjnych. *Ochrona Środowiska* 15: 61–62.
- BŁAŻEJEWSKI M. 1985: Eksploatacja stawów infiltracyjnych zasilanych silnie zanieczyszczoną wodą powierzchniową. *Ochrona Środowiska* 24–25: 43–46.
- BORZDYŃSKA-MARAHORI L., OSSOWSKI J. 1989: Właściwości filtracyjne geowłóknin polskich. II Konferencja „Problemy hydrogeologiczne (S-W) Polski, Szklarska Poręba.
- BORZDYŃSKA-MARAHORI L., ROGALA R. 1991: The influence of silting-up with sand grains on water permeability of geotextile. IV International Conference on Slope Stability and Protection. Problems of Hydroengineering. Technical University of Wrocław.
- BOUWER H. 1996: Issues in artificial recharge. *Water Science and Technology* 33, 10–11: 381–390.
- BURSZTA-ADAMIAK E. 2005: Badania nad zastosowaniem geowłóknin do przeciwdziałania kolmatacji w procesie infiltracji. Praca doktorska, Wrocław.

- COADINI V., LEGRET M., BROSSEAUD Y., BALADES J. 1995: Metallic Pollution in clogging materials of urban porous pavements. *Water Science and Technology* 32, 1: 57–62.
- DECHESNE M., BARRAUD S., BARDIN J. 2004: Indicators for hydraulic and pollution retention assessment of stormwater infiltration basins. *Journal of Environmental Management* 71: 371–380.
- GEIGER W., DREISEITL H. 1999: Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Poradnik retencjonowania i infiltracji wód deszczowych do gruntu na terenach zabudowanych. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz.
- MŁYNAREK J., VERMEERSCH O. 1999: Filter criteria for geotextile materials in soil filtration and leachate collection systems. Proceedings Sardinia 99. Seventh International Waste Management and landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy.
- RAVINA I., PAZ E., SOFER Z., MARC U., SCHISCHA A., SAGI G., YECHIALY Z., LEV Y. 1997: Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. *Agricultural Water Management* 33: 127–137.
- RICK-PFEIFFER S., ROGUSA S., SZTAJNBOK P., VANDEVELDE T. 2000: Interrelationships between biological, chemical, and physical processes as an analog to clogging in aquifer storage and recovery (ASR) Wells. *Water Research*. 34, 7: 2110–2118.
- WARNAARS E., LERSEN A.V., JACOBSEN P., MIKKELSEN P.S. 1999: Hydrologic behaviour of stormwater infiltration trenches in a central urban area during 2 3/4 years of operation. *Water Science and Technology* 39, 2: 217–224.

Summary

Assessment of nonwoven geotextiles usefulness in order to ground protection from clogging. Use of natural waters which include organic and mineral suspended matter, suspensions, bacteria, microorganisms for infiltration facilities supply contributes to clogging of pores in the interior of the filtering medium as well as to formation of clogging mat at the infiltration surface. Consequences of silting-up enforce using solution designed to regeneration filtration ability of ground. One of methods using in order to devices protection from deep clogging are nonwoven geotextiles. This paper presents the research results indicating effectiveness of nonwoven geotextiles as layer which separate clogged mat from filtering medium.

Author's address:

Ewa Burszta-Adamiak
 Uniwersytet Przyrodniczy
 Katedra Budownictwa i Infrastruktury
 pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
 Poland