

dr hab. inż. Robert Wójcik, prof. UWM<sup>1)</sup>  
ORCID: 0000-0002-3142-7969

# Osuszanie zabytkowych murów fundamentowych metodą drenażu dwufunkcyjnego

## *Dehumidification of historic foundation walls using the dual-purpose drainage*

DOI: 10.15199/33.2022.03.03

**Streszczenie.** Bardzo trudna jest ochrona zabytkowych budowli posadowionych na masywnych fundamentach przed wilgocią gruntową. Dotychczas stosowane metody są zawodne, a podejmowane działania niejednokrotnie przynoszą odwrotny efekt. Zachodzi zatem potrzeba poszukiwania nowych, bardziej skutecznych i mało inwazyjnych sposobów ochrony budowli przed wodą gruntową. W artykule przedstawiono wdrażaną obecnie autorską metodę drenażu dwufunkcyjnego, która polega na rozdzieleniu komina filtracyjnego na strefę osuszającą i odwadniającą. Umożliwiają to materiały najnowszej generacji, np. wodoszczelne i jednocześnie paroprzepuszczalne membrany separujące złożę osuszające.

**Słowa kluczowe:** osuszanie budowli; mury gotyckie; zawilgozcenie muru; drenaż; potencjał wilgoci.

**Abstract.** It is very difficult to protect historic buildings set on massive foundations against ground damp. The methods used so far are unreliable, and the taken actions often bring the opposite effects. Therefore, there is a need to search for new, more effective and minimally invasive methods of protecting structures against groundwater. The article presents the proprietary dual-purpose drainage method that is currently being implemented. The method consists on separating the filter zone (chimney) into a drying and drainage zone. It is possible thanks to the newest materials, such as waterproof and, at the same time, vapor-permeable membranes separating the drying bed.

**Keywords:** building dehumidification; gothic walls; wall dampness; drainage; moisture potential.

Jedną z metod ochrony zabytkowych budowli przed wodą gruntową jest drenaż gruntu przyległego do murów fundamentowych. Rury drenarskie lub studnie depresyjne zlokalizowane wzdłuż muru mogą lokalnie obniżyć poziom zwierciadła wolnej wody gruntowej, co powinno skutkować spadkiem wzniosu kapilarnego wody w murze.

Wyniki badań nad stanem wilgotnościowym wielu zabytkowych obiektów, szczególnie posadowionych na masywnych fundamentach zabezpieczanych drenażem opaskowym, wskazują, że opisane postępowanie nie zawsze przynosi oczekiwane efekty. Oprócz błędów polegających np. na skierowaniu wód drenażowych do odbiornika, w którym okresowo poziom wody podnosi się powyżej poziomu drenażu, powodując wtórne podtopienia, występują również inne problemy. Ustalono, że uformowane przyściennie złoża żwiru oraz obсыпки utrzymują stale wysoki poziom nawodnienia. Jest to spowodowane za-

lewaniem wodami opadowymi, szczególnie spływającymi w postaci filmu wodnego po powierzchni muru. Występują również zaburzenia odbioru wody przez system drenażowy. Powszechnie stosowane są rury drenarskie w oplocie z geowłóknin lub włókien kokosowych, co rzekomo ma zwalniać z obowiązku wykonywania wokół nich filtrów odwrotnych, a także dawać możliwość wykorzystania rodzimego gruntu do zasypania wykopów. Najczęściej jednak rodzime grunty zawierają frakcje pyłaste i już w początkowej fazie użytkowania drenażu z opłotem zachodzi kolmatacja rur drenarskich. Prowadzi to do stopniowego zmniejszenia zdolności filtracyjnej, aż do pełnego uszczelnienia systemu odwadniającego już po kilku latach eksploatacji.

Podczas wielu prac eksperckich rozpoznawałem przypadki spiętrzania się wód opadowych nad rurami drenarskimi w oplocie nawet do wysokości 1 m nad ich poziomem, co wymagało ponownego wykonania instalacji drenażowych z geowłókniną filtracyjną oddaloną od rur o min. 20 cm. W wielu przypadkach brak efektu suszarniczego, pomimo wy-

konania drenażu, był spowodowany miejscowym uszczelnieniem fragmentów pobocznic murów izolacjami powłokowymi lub wylewkami betonowymi wyrównującymi ich powierzchnie. Tego typu elementy stabilizują jedynie wysoki poziom wilgoci pobieranej spodnią powierzchnią fundamentu. Betonowe dolewki odpajają się od lica muru już w fazie początkowego skurczu suszarniczego. Proces ten intensyfikuje się w kolejnych cyklach zamarzania. Powstające mikroszczeliny między murem fundamentowym a betonem stanowią stabilne źródło zasilania w wodę, wciągana zarówno z dolnych stref nawodnionego gruntu, jak i infiltrującą podczas opadów deszczu. Następuje również całkowite zahamowanie parowania pobocznic muru fundamentowego. Lokalne doszczelnienie i pozostawienie spodu takiego ustroju w kontakcie hydraulicznym z wodą gruntową przynosi zwykle odwrotny skutek. Dowodzą tego moje liczne badania zabytkowych murów, np. gotyckiego budynku, w którym obecnie mieści się Centrum Sztuki Galeria EL w Elblągu, czy kompleksu klasztorowego w Stoczku

<sup>1)</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski; Wydział Geoinżynierii; robert.wojcik@uwm.edu.pl

Klasztornym. Spostrzeżenia te dały mi asumpt do poszukiwania nowych metod ochrony przeciwwilgociowej.

## Specyfika masywnych murów fundamentowych

Mury fundamentowe budowli romańskich czy gotyckich mają zwykle bardzo skomplikowaną strukturę i okazałe wymiary. Również późniejsze budowle, wznoszone w okresie renesansu czy baroku z wykorzystaniem pozostałości po starszych budowlach, np. fragmentach zburzonych fortyfikacji obronnych, przysparzają wielu problemów. Mury fundamentowe są to zwykle zlepki okazałych kamieni eratycznych, cegieł, gruzu, zaprawy i gruntu. Kształtem niejednokrotnie znacznie odbiegają od zarysu nadziemnych części budowli. Liczne odsadzki, nawisy i półki zatrzymują wody deszczowe, które następnie są transportowane w nadziemne strefy muru.

Pomimo znacznego rozwoju technik zabezpieczania budowli przed wilgocią gruntową, skuteczna ochrona skomplikowanych masywnych ustrojów jest niezwykle trudna z uwagi na ograniczony dostęp i bariery technologiczne. Ochrona konserwatorska zabrania wyburzania zbędnych fragmentów pozostałości po starych budowlach. Jednym z możliwych sposobów zabezpieczania murów fundamentowych przed wilgocią gruntową jest **impregnacja hydrofobizująca** wykonywana przez otwory wiertnicze [1]. Mieszana, kamiennie-ceglana struktura, klasyfikowana jako ośrodek kapilarno-porowato-szczelinowy, znacznie utrudnia wykonanie ciągłej blokady przed wodą podciąganą kapilarnie z dołu i infiltrującą z gruntu podczas opadów. W przypadku fundamentów mieszanych metoda ta jest mało skuteczna, a czasami z powodów braku możliwości wykonania dostatecznie długich i odpowiednio zagęszczonych otworów wręcz szkodliwa. Występowanie twardych otoczek w otulinie miękkiej zaprawy powoduje zakleszczanie i urywanie się wiertel, przez co pozostają strefy pozbawione zabezpieczeń.

## Stan wilgotnościowy fundamentów

Drenaże odwadniające strefy posadowienia budynku stosuje się zwykle wówczas, gdy w podłożu występują wo-

dy gruntowe i zachodzi konieczność zmniejszenia ich **ciśnienia piezometrycznego**. Zadaniem drenażu jest redukcja ciśnienia w porach gruntu przyległego do fundamentu. Odprowadzanie wody w znacznym stopniu ogranicza oddziaływanie okresowego zwiększenia parcia hydrostatycznego, co skutkuje obniżeniem położenia i stabilizacją krzywych depresji. Na fotografii 1 przedstawiono poziom wody w odkrytce wykonanej przy murze fundamentowym w kościele św. Andrzeja Apostoła w Barczewie – bezwzględnie wskazującej na potrzebę wykonania drenażu.



Fot. 1. Odkrytka uwidaczniająca potrzebę wykonania drenażu odwadniająco-osuszającego (kościół św. Andrzeja Apostoła w Barczewie)

Photo 1. Open pit showing the need for drying drainage (Church of St. Andrew the Apostle in Barczewo)

W murach fundamentowych zachodzą zmiany wilgotnościowe, regularne i nieregularne, głównie spowodowane oddziaływaniem czynników meteorologicznych. Poziom zwierciadła wód gruntowych zmienia się zarówno w cyklu całorocznym, jak i sezonowym. Na fragmentach nadziemnych muru zmiany obserwuje się również w cyklu dobowym, gdy zawilgacanie i wysychanie przypowierzchniowych stref zależy od ukształtowania otoczenia i ekspozycji na zmiany wilgotności powietrza, nasłonecznienia, porywów wiatru czy ukośnego opadu atmosferycznego. W strefach murów przyległych do powierzchniowo uszczelnionego gruntu wilgoć może odzwierciedlać warunki meteorologiczne lub znajdować się w stanie ustabilizowanym na poziomie zbliżonym do pełnego nasycenia. Na fotografii 2 przedstawiono uszczelnienie terenu przyległego do neogotyckiej świątyni betonowymi opaskami i płytami drogowymi, z wadliwym odprowadzeniem wód opado-



Fot. 2. Uszczelniony powierzchniowo teren wokół zabytkowej budowli

Photo 2. Surface sealed area around the historic building

wych, co skutkuje intensywnym zawilgoceniem nadziemnych części murów.

Głównym mechanizmem transportu wody w ośrodkach kapilarnych jest podciąganie wynikające z hydrofilowych właściwości i zwilżalności większości składników murowego konglomeratu. Standardowo zawartość wody w materiałach określa się przez oznaczenie wilgotności masowej:

$$w = m_w / m_s \quad (1)$$

wilgotności objętościowej:

$$\theta = V_w / V \quad (2)$$

lub stopnia nasycenia wodą (stopnia wilgotności):

$$S_r = V_w / V_p \quad (3)$$

gdzie:

$m_w$  – masa wody w próbce muru;

$m_s$  – masa suchej próbki;

$V_w$  – objętość wody;

$V$  – objętość próbki;

$V_p$  – objętość porów.

W przypadku nienasyconych ośrodków wielofazowych parametry te okazują się jednak niewystarczające. W tak złożonej strukturze przydatnym parametrem opisującym zdolność cząsteczek wody do wykonywania pracy w transporcie w kapilarno-porowatym ośrodku, pozwalającym przewidzieć kierunek ruchu, jest **potencjał wody**, czyli energia potencjalna jej cząsteczek. Różnica potencjałów między różnymi miejscami wilgotnego ośrodka determinuje możliwość występowania ruchu, a także kierunek i jego intensywność. Potencjał wody, wyrażany najczęściej w jednostkach ciśnienia  $\text{Pa} = \text{J/m}^3$ , może być wielkością uznawaną za miarę siły ssącej wielofazowych ośrodków muru oraz przyległego gruntu.

Potencjał wody zależy od wywieranego ciśnienia oraz stężenia substancji rozpuszczonych w wodzie. Umownie przyjmuje się, że na poziomie zwierciadła czystej wody pod ciśnieniem atmos-

ferycznym potencjał  $\Psi = 0$ . Potencjał roztworów zlokalizowanych w wyższych partiach murów ma zawsze wartość ujemną. Zwiększenie ciśnienia podwyższa potencjał, a obecność substancji rozpuszczonych go obniża. Ruch wody zgodnie z malejącym potencjałem wody odbywa się od roztworu jonowego w gruncie, przez wypełnione zaprawą spoiny i inne materiały porowate, w kierunku niższego potencjału, czyli w górne partie muru i następnie do atmosfery. Największa różnica potencjałów występuje między powierzchnią muru w strefie wysoleń na powierzchni frontu wzniosu kapilarnego a atmosferą.

W ośrodku kapilarno-porowatym wyróżnia się **trzy potencjały wody: ciśnieniowy  $\Psi_p$ , matrycowy  $\Psi_m$  oraz osmotyczny  $\Psi_s$** . Potencjał ciśnieniowy powyżej zwierciadła swobodnego, wynikający z działania sił kapilarnych i adsorpcyjnych przyciągających wodę przez szkielet ośrodka, jest nazywany **potencjałem macierzowym**. Parametr ten przyjmuje wartości ujemne. Różnicę między potencjałem ciśnieniowym powietrza i wody w strefie nienasyconej przyjmującą wartości dodatnie nazwano ssaniem, potencjałem ssącym lub ciśnieniem kapilarnym, co można zapisać [2]:

$$p_s = p_u - p_w \quad (4)$$

gdzie:

$p_s$  – ssanie;

$p_u$  – ciśnienie powietrza w porach ośrodka;

$p_w$  – potencjał ciśnieniowy.

Jeżeli ciśnienie powietrza w porach i ciśnienie atmosferyczne są takie same, to wartość bezwzględna ssania jest równa potencjałowi macierzowemu. Oczekiwanym kierunkiem działania ochronnego jest obniżenie potencjału wilgoci ośrodka przyległego do muru fundamentowego, tak aby osiągnąć efekt ssania względem ośrodka murowego. W koncepcji drenażu dwufunkcyjnego jest to najważniejszy problem wymagający rozwiązania.

Wartości ssania w nienasyconym ośrodku kapilarno-porowatym zwiększają się ze zmniejszającą się zawartością wody. Im jej mniej, tym większy jest udział sił wiążących wodę ze szkieletem w przeliczeniu na jednostkę jej objętości. Oczywiście możliwości obniżania wilgotności gruntu przyległego do muru fundamentowego są ograniczone do wartości rezydualnej. W warunkach

rzeczywistych drenaż zawsze się kończy, gdy osiągnie pewną minimalną wartość, przy której woda w przyległym do muru gruncie jest utrzymywana przez siły adsorpcji oraz siły kapilarne, których całkowite wyeliminowanie w praktyce nie jest możliwe.

Wykorzystując model „wyraźnego frontu” (SF od ang. *sharp front*), którego zalety przedstawiono w [3], można przyjąć, że wysokość podciągania kapilarnego w warunkach stacjonarnych  $h_s$  opisuje zależność:

$$h_s = S(b/2e\theta_w)^{1/2} \quad (5)$$

gdzie:

$b$  – szerokość muru;

$S$  – sorpcyjność wody przez mur w kontakcie hydraulicznym z wodą [mm·mm<sup>-1/2</sup>];

$e$  – szybkość parowania na jednostkę wysokości zwilżonego muru [mm·mm<sup>-1</sup>];

$\theta_w$  – wilgotność objętościowa strefy podciągania kapilarnego.

Dysponując tego typu parametrami, można oszacować maksymalną wysokość podciągania kapilarnego wody gruntowej, która ściśle zależy od położenia powierzchni zasilania hydraulicznego muru wodą gruntową. Należy przy tym zadbać o stworzenie warunków do swobodnego parowania wody już w jak najniższej strefie muru. Wszelkie „poszerzenia” spodu fundamentu opisane parametrem  $b$  skutkują zwiększeniem wartości wzniosu kapilarnego w murze. Podziemne fragmenty muru pozostające we wzajemnym kontakcie hydraulicznym zwiększają natężenie strumienia wilgoci, z jednoczesnym ograniczeniem parowania.

## Drenaż dwufunkcyjny

Na kanwie zebranych doświadczeń opracowano metodę polegającą na obniżeniu potencjału wilgoci gruntu przyległego do muru. Zmodyfikowano stosowany dotychczas sposób drenażu, co zwiększa efektywność osuszenia muru. Wprowadzono rozdzielenie przysięczonego komina filtracyjnego w drenażu opaskowym na część osuszającą i część zbierającą wodę infiltracyjną. Istnieje pewne podobieństwo do drenażu płaszczynowego wykonanego z zastosowaniem np. folii kubełkowych. Specyfika murów zabytkowych stawia znacznie większe wymagania. Wynikają one głównie ze skomplikowanego kształtu pobocznic fundamentów. Wyniki badań

podziemnych fragmentów zabytkowych murów wykazały, że stosowanie polietylenowych membran kubełkowych na skomplikowanych kamienno-ceglanych strukturach nie przynosi oczekiwanych efektów suszarniczych. Wszelkie próby wyrównywania powierzchni betonem, żeby ułożyć membranę drenażową, pogarszają stan wilgotnościowy muru, co stwierdzono w ramach prowadzonych badań, m.in. krążanków w sanktuarium w Stoczku Klasztornym. Strefa osuszająca musi być w tym przypadku znacznie rozszerzona – niekiedy nawet do szerokości przekraczającej 1 m i odseparowana od strefy „mokrej”. W tym celu zastosowano pionową przegrodę separacyjną (wykonaną z materiału termooizolacyjnego – płyt XPS), która osłania strefę przysięcinną przed boczną infiltracją wód opadowych, a zarazem podwyższa temperaturę złoża filtracyjnego. Wzrost temperatury intensyfikuje przepływ, gdyż lepkość dynamiczna wody zmniejsza się o ok. 2,4% na każdy jeden stopień przyrostu temperatury, a także intensyfikuje parowanie. Łącznie zjawiska te ograniczają ilość wody zawieszanej w złożu, co zwiększa jego porowatość efektywną i utrzymanie całorocznej odsączalności wód opadowych.

Osłony termiczno-separacyjne wykonane z płyt polistyrenowych XPS z wykończeniem krawędzi typu L lub FT (pióro-wpust) zwiększają efektywność separacji wody infiltracyjnej. Ścianki z płyt XPS są łatwe w montażu, co jest szczególnie istotne w strefie występowania pozostałości po starych fundamentach. Dzięki precyzyjnemu dopasowaniu płyt XPS do skomplikowanych kształtów fundamentów izolacja termiczna jest dodatkowo skutecznym zabezpieczeniem przed przemarzaniem osuszanej strefy, co ogranicza intensywność występującej w murach kondensacji pary wodnej.

Głównym elementem rozwiązania jest zabezpieczenie przysięcennej strefy osuszającej przed infiltracją wody deszczowej od góry paroprzepuszczalną i wodoszczelną membraną. Modyfikowana geowłóknina ułożona np. na perforowanej kształtce polistyrenu lub starannie ukształtowanym żwirze odprowadza wody opadowe, w tym głównie wody spływające po fasadzie muru do odsepa-

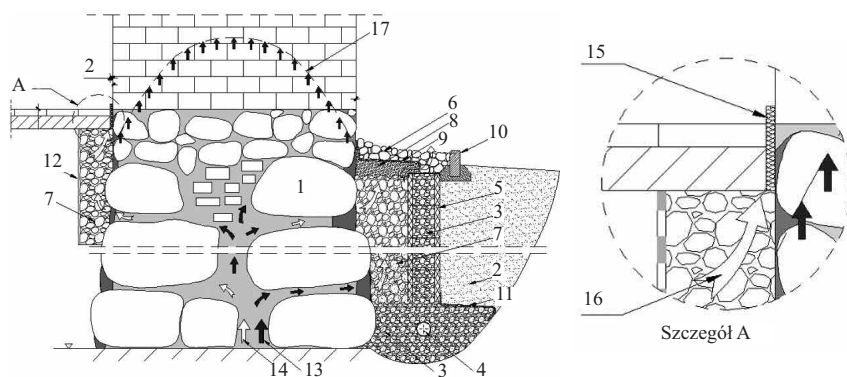


rowanego i pełniącego wyłącznie funkcję odwadniającą złoża. Górna paroprzepuszczalna osłona powinna skutecznie zabezpieczać przed nawadnianiem w okresie opadów atmosferycznych i jednocześnie odprowadzać wodę parującą z pobocznic. Wymagane jest zatem bardzo staranne jej ułożenie zapewniające przyleganie do muru. Należy zachować spadek min. 6%, gwarantujący odprowadzanie wód pochodzących z opadów atmosferycznych do szczeliny odwadniającej, a następnie systemem rur drenażowych do odbiornika.

Obniżenie potencjału wilgoci złoża przyległego do fundamentu od strony zewnętrznej i wewnętrznej jest warunkiem koniecznym obniżenia wysokości podciągania kapilarnego wód gruntowych, skutkującego wysychaniem muru. Przyległe do fundamentu złoże osuszające po stronie zewnętrznej powinno mieć potencjał obniżony względem muru. Niedbałe wykonanie prac lub wadliwy dobór materiałów niweczy podejmowane działania ochronne. Badania prowadzone w laboratorium UWM z wykorzystaniem mierników potencjału wilgoci przedstawiono na fotografii 3. Optymalizacja składu i struktury złoży filtracyjnych pod kątem wpływu odsączalności na potencjał wilgoci jest ważnym czynnikiem wpływającym na efektywność drenażu dwufunkcyjnego. Uzyskane wyniki badań jednoznacznie wykazały przydatność grysów granitowych. Trwają prace nad modyfikacją złoży filtracyjnych ukierunkowane na dalsze obniżenie ich potencjału wilgoci. Istotę ochrony murów fundamentowych metodą drenażu dwufunkcyjnego można przedstawić na podstawie wdrożenia realizowanego w kościele św. Andrzeja Apostoła w Barczewie (rysunek).



**Fot. 3. Badania odsączalności i potencjału wilgoci różnych złoży filtracyjnych**  
Photo 3. Research on the drainage and moisture potential of various filter beds



**Przekrój zabezpieczenia fundamentu metodą drenażu dwufunkcyjnego:** 1 – mur mieszany ze spoinami uzupełnionymi zaprawą otwartodyfuzyjno-liofilową; 2 – wykop, 3 – żwir płukany frakcji 8÷16; 4 – rura drenażowa bez opłotu; 5 – ściana odwadniająca wykonana z płyt XPS; 6 – otoczek granitowy (przeciwbryzgowy) frakcji 32 ÷ 65; 7 – tłuczeń granitowy lub bazaltowy 30 – 60 mm; 8 – drenażowa płyta XPS grubości 5 cm lub granulaty spienionego polistyrenu XPS; 9 – półprzepuszczalna mata separująca wody opadowe; 10 – obrzeże chodnikowe stabilizowane w podsypce betonowej; 11 – geowłóknina polipropylenowa separacyjna (min. 300 g/m<sup>2</sup>); 12 – folia PE separująca obsypkę żwirową od wewnętrznego gruntu; 13 – strumień wody kapilarnej; 14 – strumień pary wodnej; 15 – 3 cm EPS po stwardnieniu podkładu do usunięcia w celu uzyskania szczeliny; 16 – strumień pary wodnej emitowany przez grunt wewnętrzny; 17 – prognozowany przebieg frontu podciągania wód kapilarnych po wykonaniu zabezpieczeń; X – odległość warstwy odwadniającej od lica muru zależna od położenia kamieni oraz innych trwałych przeszkód podziemnych

*Cross-section of the foundation protection using the dual-function drainage method: 1 – mixed masonry with joints supplemented with an open diffusion-lyophilic mortar; 2 – excavation; 3 – trench – washed gravel of 8 ÷ 16 fraction; 4 – drainage pipe without braid; 5 – drainage wall made of XPS boards; 6 – granite pebble (anti-splash) of 32 ÷ 65 fraction; 7 – stabilized granite grit from 16 – 22 fraction, 8 – 5 cm XPS drainage board or XPS expanded polystyrene granulate; 9 – semi-permeable mat separating rainwater; 10 – pavement edge stabilized in concrete ballast; 11 – separation polypropylene geotextile (min 300 g/m<sup>2</sup>); 12 – PE foil separating the gravel cover from the internal soil; 13 – capillary water stream; 14 – water vapor stream; 15 – 3 cm EPS after hardening of the base to be removed in order to obtain a gap; 16 – water vapor stream emitted by the ground internal; 17 – forecasted course of the front capillary rise after the implementation of security measures; X – the distance of the drainage layer from the face of the wall depends on the location of the stones and other lengths any underground obstacles*

**Hydrofobizacja pobocznic murów** ogranicza parowanie wody. W strefie stałego nawadniania muru od spodu i bezpośredniego kontaktu ze złożem osuszającym jest to jednak konieczność. Nawet perfekcyjnie ułożona geowłóknina osłaniająca złoże osuszające od góry z upływem czasu będzie ulegać deformacji i kolmatacji cząsteczkami „zmywanymi” z powierzchni fasady. Sprawi to, że odprowadzanie wody do strefy odwadniającej będzie z upływem lat mniej efektywne. Zaleca się zatem wykonywanie zabiegu hydrofobizacji, który powinien zapewnić powierzchniową ochronę przed poborem wód infiltrujących podczas spływu wód opadowych. Impregnację powinno się przeprowadzać po zakończeniu uzupełniania wątków murowych i spoinowania zapewniającego szybki spływ wody kroplistej. Zabieg ten polega na

zwilżeniu pędzlem powierzchni materiału preparatem impregnującym, który zostaje wchłonięty na skutek kapilarnej chłonności podłoża. Po zakończeniu reakcji na wewnętrznej powierzchni kapilar impregnat utworzy niezwilzalny przez wodę, cienkowarstwowy, hydrofobowy film. Impregnacja zredukuje podczas opadów kapilarne wchłanianie wody spływającej i rozbryzgowanej przez porowate cegły i spoiny, z zachowaniem parowania. Odpowiednim materiałem spełniającym wymienione warunki są np. mikroemulsje silikonowe (SMK).

Nieustannie należy monitorować stan stref osuszających. Konsekwencje zalania muru w strefie podgruntowej są długotrwałe i liczone w latach. Badania, które prowadziłem na terenach popowodziowych, m.in. w kościele w Wilkowie po wielkiej powodzi w 2010 r. [4], wykaza-



## CANASTOL – Water under Control

– kompletny hydrofobizator do systemów mineralnych,  
– prosty w dozowaniu,  
– sprawdzony w działaniu



Rettenmaier Polska  
Sp. z o.o.  
Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B  
02-366 Warszawa  
mobile +48 600 423 423  
Tel + 48 22 608 51 00  
e-mail: arboce@jrs.pl

ły, że efekty nawodnienia muru z kamienia wapiennego na ceglanej podmurówce utrzymywały się przez kilka lat.

### Wnioski

■ Drenaż dwufunkcyjny jest skutecznym sposobem osuszania zabytkowych budowli posadowionych na masywnych fundamentach, z zachowaniem ograniczonej ingerencji w strukturę obiektu. Wymagana jest przy tym perfekcja wykonania i zastosowanie specjalnie produkowanych do tego celu wodoszczelnych membran paroprzepuszczalnych.

■ Zasięg drenowania gruntu należy ograniczyć do niezbędnego minimum, tj. do strefy bezpośrednio przyległej do gruntu.

■ Bezwzględnie należy dotrzymywać zasady całkowitego rozdziału systemu drenażowego od systemu odprowadzenia wód z dachu. Jeżeli woda opadowa nie jest odprowadzana z powierzchni do systemu rynnowego, wówczas powinna być odprowadzana korytami naziemnymi;

■ W przypadku występowania zagrożenia cofnięcia wód z kanalizacji deszczowej do układu drenażowego należy stosować układy przepompowe. Stosowane w takich przypadkach zasowy burzowe nie dają skutecznego zabezpieczenia przeciwwalowego. Z uwagi na małą prędkość przepływu wody w układzie drenażowym (zwykle poniżej 0,15 m/s) dochodzi do zamulania mechanizmów samozamykających.

■ Strefę wykopu drenażowego należy odseparować na całej wysokości od gruntu rodzimego, np. płytami XPS

oraz geowłókniną, która ulegając z upływem czasu kolmatacji, coraz lepiej będzie chroniła strefę drenażową przed boczną infiltracją zamulonych wód podskórnych.

■ W wyniku drenowania strefa saturacji powinna być obniżona poniżej poziomu posadowienia budowli, tak aby mur fundamentowy znajdował się w strefie aeracji, a woda wsiąkowa była odprowadzana do szczeliny odwadniającej. W takim przypadku należy kontrolować stan układu drenażowego za pomocą studni kontrolno-wyczystnych. Sztuczne obniżanie saturacji poniżej poziomu posadowienia budowli wymaga fachowego nadzoru w celu wczesnego wykrycia ewentualnego zagrożenia sufozją. Służą do tego utrzymane w dobrym stanie studnie kontrolno-wyczystne rozmieszczone w newralgicznych miejscach przebiegu drenów. Najczęściej jednak o możliwym obniżeniu poziomu odwadniania decyduje lokalizacja odbiornika wód.

### Literatura

- [1] Klemm P. (red.). 2005. *Budownictwo ogólne. Fizyka budowli.*
- [2] Szymkiewicz A., Z. Sikora, R. Osowski, W. Tisler. 2014. „Właściwości retencyjne, przewodność hydrauliczna i naprężenia efektywne w gruntach nienasyconych”. *Inżynieria Morska i Geotechnika* 5/2.
- [3] Wójcik R. 2019. „Co inżynier budownictwa powinien wiedzieć o osuszaniu budynków”. *Inżynier Budownictwa* 4: 60 – 66.
- [4] Wójcik R. 2010. „Porady praktyczne dla podzian na przykładzie Wilkowa”. *Materiały Budowlane* 7: 89 – 92.

Przyjęto do druku: 31.02.2022 r.

**100 pkt  
za publikację  
artykułów naukowych  
w miesięczniku  
„Materiały Budowlane”.**