

DOI: 10.37105/enex.2023.1.01

ENGINEERING EXPERT RZECZOZNAWCA



Analiza zawilgocenia części podziemnej wybranego budynku mieszkalnego wielorodzinnego – studium przypadku

Marcin ANDRUSZCZAK ¹

Leopold KRUSZKA ² (ORCID ID: 0000-0001-5129-2531)

Ryszard CHMIELEWSKI ² (ORCID ID: 0000-0001-5662-9180)

Kamil SOBCZYK ² (ORCID ID: 0000-0002-5929-757X)

¹ MARBUD, ul. Zamkowa 8/40, 03 – 890 Warszawa, Polska

² Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Polska

Autor do korespondencji: marcinandr@o2.pl

Streszczenie: W pracy omówiono przypadek zawilgocenia garażu podziemnego w mieszkalnym budynku wielorodzinnym. Ze względu na wysoki poziom wód gruntowych część podziemną budynku wykonano przy użyciu betonu wodoszczelnego W8, dotyczy to zarówno płyty fundamentowej, jak i ścian części podziemnej. Pomimo zastosowania rozwiązań projektowych teoretycznie zabezpieczających część podziemną budynku przed wnikaniem wód opadowych wystąpiły w niej przecieki. Do ustalenia przyczyn tej wady budowlanej, w postaci zawilgocenia badanych elementów konstrukcyjnych, wykonano makroskopowe badania in situ, odwierty przez posadzkę i płytę fundamentową hali garażowej oraz laboratoryjne sprawdzenie stopnia wodoszczelności betonu.

Słowa kluczowe: wody gruntowe, zawilgocenia, beton wodoszczelny, hydroizolacja.

Oficjalną wersją publikacji jest wersja angielskojęzyczna – posiada DOI. Niniejszy plik jest polskojęzyczną wersją.

Zacytuj ten artykuł w następujący sposób:

Andruszczak, M., Kruszka, L., Chmielewski, R., Sobczyk, K.. Analysis of damp in the substructure of a multi-family residential building – case study, *Engineering Expert*, p. 1-10, No. 1, 2023, DOI: 10.37105/enex.2023.1.01

1. Wprowadzenie

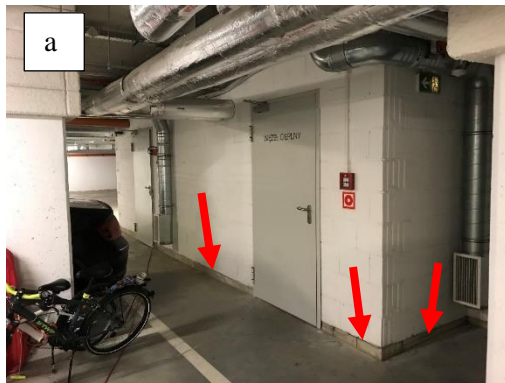
Problematyka zawilgocenia przegród budowlanych w części podziemnej obiektu budowlanego jest aktualna i często poruszana zarówno w opracowaniach naukowych [1-3], jak i w szczególności w ekspertyzach technicznych [4-6]. Tematyka ta dotyczy obiektów na różnych etapach cyklu ich użytkowania, zarówno obiektów zabytkowych, czego przykładem są zawilgocenia ścian w gotycko-renesansowym ratuszu [7], jak również konstrukcji stosunkowo niedawno wybudowanych, czego przykładem może być zawilgocenie w nowym budynku w zabudowie szeregowej [8].

Współcześnie stosowanym zabezpieczeniem przeciwwodnym części podziemnych budynków jest wbudowanie betonu wodoszczelnego W8 jako „hydroizolacji bezpowłokowej” lub tzw. „białej wanny” [9]. Zastosowanie tej technologii eliminuje konieczność zastosowania dodatkowych powłok izolacyjnych, np. papy termozgrzewalnej. Beton wodoszczelny W8 powinien zapewnić wystarczające zabezpieczenie przed przenikaniem wody gruntowej do wnętrza budynku, oczywiście przy spełnieniu wymogów technologicznych i właściwego wykonawstwa robót budowlanych.

Przedstawione w artykule studium przypadku stanowi przykład postępowania od ustalenia przyczyn powstania nieprawidłowości (tj. pojawienie się zawilgoceń w części podziemnej budynku), aż do przedstawienie propozycji skutecznego programu naprawczego.

2. Ocena stanu technicznego części podziemnej budynku

W pierwszej kolejności, jeszcze przed podjęciem przez zespół decyzji o wykonaniu ekspertyzy, przeprowadzono na obiekcie wizję lokalną. Zauważono, że pomimo zastosowania technologii betonu wodoszczelnego, tzw. „białej wanny”, w budynku widoczne były ślady zawilgoceń części podziemnej. Dotyczyły one zarówno ścian garażu, jak i ścian klatek schodowych. Wokół posadzki garażu przy ścianach wykonane były koryta wypełnione kruszywem celem umożliwienia odparowania wód gruntowych, ale również umożliwiły ocenę występowania przecieków wody gruntowej do wnętrza budynku. Na Rysunku 1 a) – h) przedstawiono zawilgocenia ścian części podziemnej budynku.





Rys. 1. Zawilgocenia części podziemnej budynku: a), b), c) ściany pomieszczeń technicznych komórek lokatorskich; d), e) ściany zewnętrzne garażu podziemnego; f), g), h) ściany klatek schodowych.

Analizując na miejscu dokumentację powykonawczą stwierdzono, że w trakcie wykonywania robót budowlanych wprowadzone zostały zmiany dotyczące odwodnienia części podziemnej budynku:

- zamiast odwodnienia liniowego wykonano opaskę żwirową wzdłuż ścian zewnętrznych budynku,
- zmieniono odwodnienie punktowe posadzki na odwodnienie linowe wewnątrz garażu podziemnego,
- wykonano opaskę żwirową w posadzce wzdłuż ścian zewnętrznych od wewnątrz garażu podziemnego.

3. Zastosowane metody diagnostyczne

Na potrzeby opracowania ekspertyzy wykonano następujące czynności diagnostyczne:

- przeprowadzenie wizji lokalnej wraz ze szczegółowymi oględzinami i zlokalizowanie występujących zawilgoczeń;
- wykonanie makroskopowych badań organoleptycznych „in situ”;
- wykonanie niezbędnych odkrywek na styku ścian i posadzki hali garażowej;
- wykonanie odwiertu przez posadzkę i płytę fundamentową hali garażowej;
- laboratoryjne sprawdzenie stopnia wodoszczelności betonu płyty fundamentowej pod posadzką garażu podziemnego;
- wykonanie pomiarów wilgotności ścian garażu podziemnego;
- badanie stopnia zagęszczenia gruntu przy budynku przy użyciu sondy dynamicznej SD 10;
- odwiert w gruncie przy budynku w celu ustalenia aktualnego poziomu wód gruntowych.

4. Wyniki przeprowadzonych badań

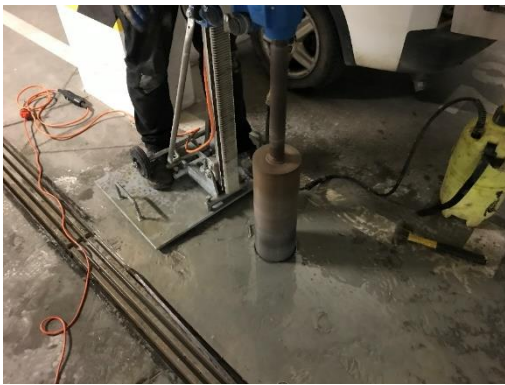
a) Odwiert w posadzce oraz w płycie fundamentowej garażu podziemnego pod tą posadzką

W celu sprawdzenia zgodności z projektem wykonanych warstw oraz w celu pobrania próbki do zbadania wodoszczelności betonu w posadzce oraz w płycie fundamentowej garażu podziemnego wykonano odwiert (Rysunek 2.1). W odwiercie stwierdzono, że pod warstwą posadzki grubości około 10 cm (Rysunek 2.2. i Rysunek 2.3) płyta fundamentowa ma grubość 27,7 cm (Rysunek 2.4 i Rysunek

2.5). Zgodnie z dokumentacją projektową płyta fundamentowa powinna mieć grubość 40 – 60 cm. Pomiędzy warstwą posadzki, a płytą fundamentową w miejscu wykonanego odwiertu nie wykonano warstwy rozdzielającej, np. z czarnej folii budowlanej.

W wyniku wykonanych odwiertów stwierdzono obecność wody gruntowej pomiędzy warstwą posadzki a płytą fundamentową garażu podziemnego. Stwierdzono również, że pod wpływem obciążenia dynamicznego przykładanego do wierzchniej warstwy posadzki woda znajdująca się pomiędzy posadzką, a płytą fundamentową jest wpompowywana do wnętrza otworów po wykonanych odwiertach (Rysunek 2.6). Poziom wody nie uległ podwyższeniu po 24 godzinach obserwacji.

W warunkach laboratoryjnych przeprowadzono badanie stopnia wodoszczelności próbki z odwiertu (Rysunek 2.5) wykonanego w płycie fundamentowej garażu podziemnego. W wyniku przeprowadzonego badania stwierdzono, że stopień wodoszczelności wynosi W8 i jest zgodny z dokumentacją powykonawczą.



Rys. 2.1. Ogólny widok wykonania odwiertów w posadzce oraz płycie fundamentowej garażu podziemnego.



Rys. 2.2. Widok ogólny odwiertu wykonanego w posadzce garażu podziemnego.



Rys. 2.3. Pomiar grubości odwiertu wykonanego w posadzce garażu podziemnego – wynik pomiaru 9,5 cm.



Rys. 2.4. Widok ogólny odwiertu wykonanego w płycie fundamentowej garażu podziemnego.



Rys. 2.5. Pomiar grubości odwiertu wykonanego w płycie fundamentowej garażu podziemnego – wynik pomiaru 27,7 cm.



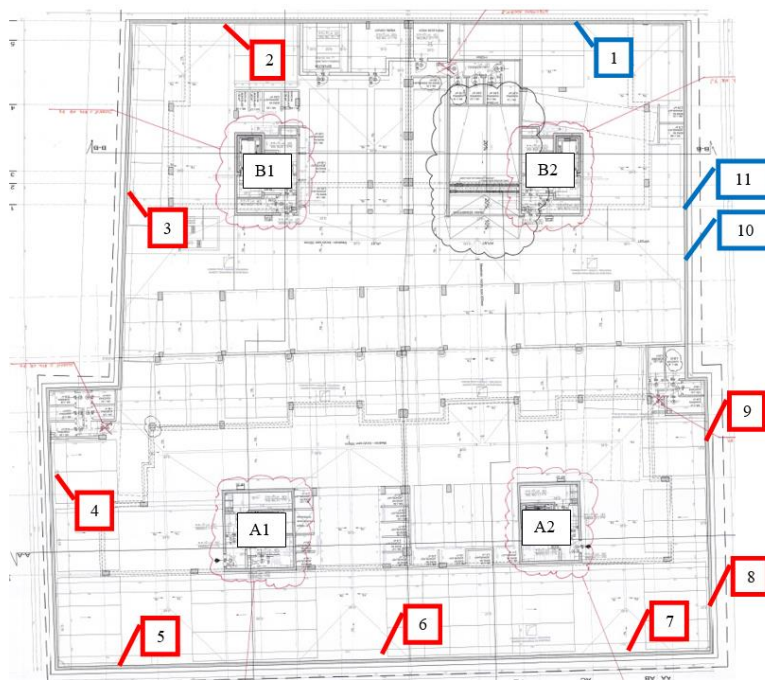
Rys. 2.6. Strzałką koloru czerwonego oznaczono wodę znajdującą się pomiędzy warstwą posadzki a płytą fundamentową.

b) Badania wilgotności ścian zewnętrznych garażu podziemnego

Badania wilgotności ścian zewnętrznych garażu podziemnego wykonano przy użyciu wilgotnościomierza TANEL HGR – 9. Lokalizację punktów pomiarowych przeprowadzonych badań wilgotności ścian zewnętrznych garażu podziemnego przedstawiono na Rysunku 3. Wyniki badań dla poszczególnych punktów pomiarowych zestawiono w Tabeli 1. Dla każdego punktu pomiarowego wykonano dwa badania wilgotności ściany:

- tuż przy dnie koryta żwirowego – oznaczenie kolorem pomarańczowym w Tabeli 1;
- na wysokości około 10 cm od dna koryta żwirowego – oznaczenie kolorem zielonym w Tabeli 1.

Największy poziom zawilgocenia stwierdzono w punktach pomiarowych 1, 10 i 11 – zmierzony tuż przy dnie koryta żwirowego. Lokalizacja tych punktów może wskazywać miejsce, gdzie występuje nie szczelność na połączeniu płyty fundamentowej i ścian.



Rys. 3. Lokalizację punktów pomiarowych badań wilgotności ścian zewnętrznych garażu podziemnego oznaczono kolorem czerwonym i niebieskim. Kolorem niebieskim wyróżniono punkty pomiarowe, w których stwierdzono największy poziom wilgotności. Symbolami A1, A2, B1, B2 oznaczono na potrzeby niniejszego opracowania klatki schodowe.

Tabela 1. Wyniki badań wilgotności ścian zewnętrznych garażu podziemnego dla poszczególnych punktów pomiarowych zgodnie z Rysunkiem 3. Kolorem pomarańczowym oznaczono wyniki badań pomierzone tuż przy dnie koryta żwirowego, kolorem zielonym oznaczono wyniki badań pomierzone na wysokości około 10 cm od dna koryta żwirowego.

Numer punktu pomiarowego (zgodnie z Rysunkiem 3)	Wynik pomiaru [%]	Suchy / Wilgotny
1	2,1	Suchy
	HI – poza skalą	Wilgotny
2	0,9	Suchy
	2,0	Suchy
3	1,6	Suchy
	2,0	Suchy
4	1,2	Suchy
	1,6	Suchy
5	1,4	Suchy
	0,9	Suchy
6	1,4	Suchy
	2,3	Suchy
7	1,3	Suchy
	1,4	Suchy
8	1,1	Suchy
	1,9	Suchy
9	1,4	Suchy
	2,2	Suchy
10	0,8	Suchy
	HI – poza skalą	Wilgotny
11	2,6	Suchy
	5,9	Wilgotny

W celu weryfikacji aktualnych warunków gruntowo-wodnych oraz stanu zagęszczonej zasypki fundamentów przy budynku przeprowadzono sondowanie dynamiczne z wykorzystaniem sondy lekkiej DPL (Rysunek 4) oraz wykonano odwiert kontrolny przy pomocy świda ręcznego.

Wskaźnik zagęszczenia gruntu $I_s \geq 0,98$ stwierdzono do głębokości 80 cm w badanym gruncie, a stopień zagęszczenia $I_D \geq 0,55$ określono do głębokości 90 cm. Występowanie gruntów mocno zagęszczonych, zagęszczonych i średnio zagęszczonych stwierdzono od głębokości 220 cm. Nie stwierdzono zastrzeżeń odnośnie wartości wskaźnika i stopnia zagęszczenia w badanym gruncie.



Rys. 4. Widok ogólny badania stopnia zagęszczenia gruntu sondą dynamiczną DPL.

Odwiert podłoża gruntowego wykonano przy budynku, od strony występowania intensywnych zawilgoceń w części podziemnej. W odwiercie stwierdzono następujący układ warstw:

- występowanie pospółki do głębokości 60 cm od poziomu terenu;
- występowanie piasku gliniastego na głębokości 60 – 100 cm od poziomu terenu;
- występowanie gliny piaszczystej na głębokości 100 – 350 cm od poziomu terenu;
- występowanie zwierciadła wód gruntowych stwierdzono na głębokości 290 cm od poziomu terenu.

Nie stwierdzono istotnych odstępstw aktualnych warunków gruntowo-wodnych od tych, które zostały opisane w Dokumentacji powykonawczej.



Rys. 5. Widok ogólny wykonania odwiertu w gruncie z wykorzystaniem wiertnicy ręcznej.

5. Analiza przyczynowo – skutkowa powstania wad

W oparciu o przeprowadzone badania i oględziny stwierdzono:

- na podstawie wykonanych odwiertów w posadzce garażu podziemnego oraz badania stopnia wodoszczelności betonu tej płyty fundamentowej:

- obecność wody gruntowej pomiędzy warstwą posadzki, a płytą fundamentową garażu podziemnego;
 - w wyniku pracy płyty od obciążenia zmiennego (użytkowego i termicznego) woda znajdująca się pomiędzy posadzką, a płytą fundamentową jest wpompowywana do wnętrza otworu po wykonanych odwiertach;
 - stopień wodoszczelności betonu płyty fundamentowej w miejscu wykonania odwiertów wynosi W8;
- na podstawie badania wilgotności ścian zewnętrznych garażu podziemnego:
- największy poziom zawilgocenia w punktach pomiarowych 1, 10 i 11 zmierzony tuż przy dnie koryta żwirowego;
- na podstawie badania stopnia zagęszczenia gruntu przy budynku z wykorzystaniem sondy dynamicznej DPL:
- brak zastrzeżeń co do poziomu zagęszczenia podłoża gruntowego;
- na podstawie wykonanego odwiertu w podłożu gruntowym przy budynku:
- brak istotnych odstępstw aktualnych warunków gruntowo-wodnych od tych, które zostały opisane w dokumentacji powykonawczej;
 - występowanie zwierciadła wód gruntowych stwierdzono na głębokości 290 cm od poziomu terenu.

Podsumowując, należy stwierdzić, że woda gruntowa wnika do wnętrza budynku pomimo zastosowania betonu wodoszczelnego W8, prawidłowego zagęszczenia gruntu wokół budynku i poziomu wód gruntowych nie odbiegających od stanu na dzień tworzenia założeń projektowych do tego budynku.

Pomimo prawidłowych założeń projektowych i braku dotychczasowego wykazania ewidentnych błędów wykonawczych, ściany budynku pozostają zawilgocone powodując niedogodności w użytkowaniu dla mieszkańców.

Największy poziom zawilgocenia zmierzony tuż przy dnie koryta żwirowego oznaczono kolorem niebieskim na Rysunku 3. W wyniku przeprowadzonych badań i oględzin należy stwierdzić, że woda gruntowa przedostawała się do wnętrza garażu podziemnego na styku ściany zewnętrznej i płyty fundamentowej w miejscach oznaczonych na Rysunku 3 linią koloru niebieskiego. W wyniku braku hydroizolacji powierzchni koryta żwirowego wzdłuż ścian zewnętrznych woda gruntowa miała możliwość wnikania pomiędzy warstwą posadzki, a płytę fundamentową garażu podziemnego. Oddziaływania dynamiczne (od kół samochodów) i termiczne na posadzkę powodowały przemieszczanie się wody gruntowej znajdującej się pomiędzy warstwą posadzki, a płytą fundamentową garażu podziemnego.

W tym miejscu należy zauważyć, że z doświadczenia eksperckiego wynika, iż pomimo zastosowania betonu wodoszczelnego W8, częstym zjawiskiem technicznym jest późniejsze przenikanie wody gruntowej na styku elementów konstrukcyjnych – ścian i płyty fundamentowej. Wynika to z faktu, iż w znaczącej większości przypadków wykonawcy robót budowlanych stosują w tym miejscu tzw. „przerwę roboczą” w betonowaniu co wpływa na nieszczelność betonu w miejscu styku elementów konstrukcyjnych.

W następstwie braku hydroizolacji ścian wewnętrznych (poprawnego wywiniecia pionowego izolacji przeciwwilgociowej pomiędzy ścianą wewnętrzną, a warstwą posadzki) w komórkach lokatorskich, pomieszczeniach technicznych, przedsionkach klatek schodowych, przedsionkach windowych oraz klatkach schodowych, woda gruntowa (znajdująca się pod posadzką) powoduje zawilgocenia ścian w tych pomieszczeniach.

6. Propozycja technologii naprawczych robót remontowych

W związku ze stwierdzonymi zawilgoczeniami przegród budowlanych części podziemnej budynku oraz w nawiązaniu do opisanego powyżej związku przyczynowo–skutkowego proponuje się następującą technologię budowlanych robót naprawczych:

- usunięcia żwiru z koryta w posadzce wzdłuż ścian zewnętrznych wewnątrz garażu podziemnego;
- osuszenie powierzchni koryta;
- wykonanie iniekcji uszczelniających na styku ściany zewnętrznej garażu podziemnego i płyty fundamentowej w miejscach ujawnienia się przecieków;
- uszczelnienie styku posadzki i płyty fundamentowej od strony wewnętrznej koryta żwirowego w garażu,
- odkucie odparzonych tynków ścian wewnętrznych części podziemnej – przedsionków szybów windowych, klatek schodowych i przedsionków klatek schodowych;
- odkucie odparzonych tynków biegów schodowych;
- dokładne osuszenie ścian przedsionków szybów windowych, klatek schodowych i przedsionków klatek schodowych;
- dokładne osuszenie ścian komórek lokatorskich i pomieszczeń technicznych;
- dokładne osuszenie powierzchni bocznych biegów schodowych;
- wykonanie iniekcji żelowej w murze ścian przedsionków szybów windowych, klatek schodowych i przedsionków klatek schodowych oraz komórek lokatorskich i pomieszczeń technicznych – iniekcje wykonać jak najbliżej poziomu posadzki;
- wykonanie iniekcji uszczelniających konstrukcję biegów schodowych – iniekcje wykonać jak najbliżej poziomu posadzki;
- wykonanie izolacji przeciwwilgociowej powłokowej na ścianach wewnętrznych przedsionków szybów windowych, klatek schodowych i przedsionków klatek schodowych oraz ścianach komórek lokatorskich i pomieszczeń technicznych;
- usunięcie warstwy posadzkowej wokół klatek schodowych na szerokości około 20 cm;
- uszczelnienie styku i dodatkowa izolacja na styku ścian klatek schodowych i płyty fundamentowej;
- w przypadku ścian przedsionków szybów windowych, klatek schodowych i przedsionków klatek schodowych – izolacja powinna sięgać do wysokości 50 cm od poziomu płyty fundamentowej;
- odtworzenie posadzki;
- w przypadku ścian komórek lokatorskich i pomieszczeń technicznych – izolacja powinna sięgać do wysokości wykonanej folii w strefie cokołowej;
- odtworzenie tynków (wskazane jest wykonanie tynków renowacyjnych, tzw. „oddychających”) na ścianach klatek schodowych, przedsionków szybów windowych, przedsionków klatek schodowych oraz bocznej powierzchni biegów schodowych;

Po wykonaniu budowlanych robót naprawczych należy prowadzić bieżące kontrole poziomu zawilgoceń przegród budowlanych w części podziemnej budynku. W przypadku stwierdzenia nowych miejscowych zawilgoceń należy powtórzyć opisane wyżej czynności.

Woda gruntowa znajduje się także pomiędzy warstwą posadzki a płytą fundamentową garażu podziemnego. Całkowite osuszenie płyty fundamentowej garażu wymagałoby skucia warstwy posadzki, co jest nieuzasadnione ekonomicznie. Zatem pomimo wykonania powyższego programu naprawczego, lokalnie mogą pojawiać się miejscowe zawilgocenia przegród budowlanych.

7. Wnioski

Na podstawie przykładu omówionego w niniejszym artykule należy stwierdzić, że zastosowanie betonu wodoszczelnego W8 bez dokładnego uszczelnienia styku płyty fundamentowej i ścian zewnętrznych nie gwarantuje pełnego zabezpieczenia budynku przed wnikaniem wody gruntowej do

jego wnętrza. Uszczelnienie takie można wykonać za pomocą specjalnej taśmy (gumowej, stalowej lub betonitowej), która blokuje przepływ wody do wnętrza budynku. Samo ułożenie powinno być wykonane zgodnie z wymogami technologicznymi dotyczącymi przygotowania powierzchni i staranności instalacji, gdyż niestaranność wykonawców może prowadzić do powstawania nieszczelności [2].

Dokładne ustalenie miejsc przecieków wód gruntowych do wnętrza części podziemnych budynków jest utrudnione, gdy już są ułożone górne warstwy posadzkowe. W tym wypadku dobrą praktyką byłoby wykonywanie ich jak najpóźniej, tak aby łatwo lokalizować miejsca ewentualnych przecieków. Na tym etapie ich uszczelnienie i naprawa byłaby zabiegiem łatwiejszym oraz tańszym niż skuwanie ułożonych wcześniej warstw i ich ponowne odtwarzanie.

Celowym jest również wykonywanie izolacji w miejscach styków ścian wewnętrznych z płytą fundamentową. W trakcie procesu budowy stanowi to dość prosty zabieg do realizacji, a skutecznie by zapobiegło przed podciąganiem wilgoci w tych ścianach.

W garażach podziemnych wilgoć zawsze wystąpi, chociażby naniesiona przez parkujące tam pojazdy – konieczne jest zapewnienie skutecznego jej odprowadzenia poprzez szczelny system odwodnienia. Zastosowane w przedstawionym przypadku wewnątrz części podziemnej rozwiązania w postaci koryt żwirowych umożliwią zebranie i odprowadzenie wód spod posadzki, co jest korzystne w wypadku pojawienia się jakiegokolwiek wilgoci pod nią. Ważnym zastrzeżeniem jest, aby unikać wypełniania wodą w tych korytach, na przykład w trakcie mycia posadzki.

Literatura

- [1] Hola, J.; Matkowski, Z.; Schabowicz, K.; Sikora, J.; Wójtowicz, S. New Method of Investigation of Rising Damp in Brick Walls by means of Impedance Tomography, 17th World Conference on Nondestructive Testing, China, 2008.
- [2] Stachecki, B. Błędy wykonawcze w izolacjach przeciwwodnych - wybrane przykłady. Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, 2019, 25, 252-257. <https://doi.org/10.17512/znb.2019.1.39>
- [3] Hola, J.; Matkowski, Z.; Schabowicz, K. Tomografia impedancyjna w badaniach zawilgoconych murów ceglanych. Czasopismo Techniczne. Budownictwo, Wydawnictwo PK, 2007.
- [4] Witomski, P. Ekspertyza mykologiczna (zawilgocenie i zagrzybienie) piwnic budynku zabytkowego Dworek Milusin przy ul. Oleandrów 5 w Sulejówku, 2018.
- [5] Książek M., Ekspertyza techniczna dotycząca ustalenia przyczyn zawilgocenia przyziemia budynku krajowej szkoły skarbowej filii we Wrocławiu przy ul. Sztabowej 100 we Wrocławiu, 2020
- [6] Kruszka L., Chmielewski R., Ekspertyza techniczna budynków mieszkalnych z usługami zlokalizowanych przy ul. Bolesława Prusa 43 oraz Targowej 6 w Pruszkowie, 2013.
- [7] Hola, J.; Matkowski, Z. Nondestructive Testing of Damp Vault Brickwork in a Gothic-Renaissance City Hall. 11th European Conference on Non-Destructive Testing, Prague, 2014.
- [8] Dmochowski, G.; Matkowski, Z.; Schabowicz, K. Uszkodzenie spowodowane nadmiernym zawilgoceniem na przykładzie nowowzniesionego budynku w zabudowie szeregowej. W: Budownictwo ogólne. Zagadnienia konstrukcyjne, materiałowe i cieplno-wilgotnościowe w budownictwie, 2007, ISBN 978-83-89334-39-8.
- [9] Ruszczak, M.; Lejzerowicz, A.; Jackiewicz-Rek, W.; Garbacz, A. Zastosowanie metody georadarowej do wykrywania nieszczelności obiektów wykonanych w technologii „białej wanny” - studium przypadku. X Jubileuszowa konferencja Dni betonu, 2018. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23240.96000>