

Ocena zjawiska podciągania kapilarnego w murze budynku o charakterze zabytkowym za pomocą powierzchniowej sondy TDR

Zbigniew Suchorab¹, Stanisław Fic², Danuta Barnat-Hunek³

¹ Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, e-mail: z.suchorab@pollub.pl

² Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, e-mail: s.fic@pollub.pl

³ Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl

Streszczenie: W artykule omówiono możliwości pomiarowe techniki TDR (Time Domain Reflectometry) pod kątem terenowych pomiarów wilgotności murów w budynkach zabytkowych. Do pomiarów wykorzystano zmodyfikowaną sondę powierzchniową umożliwiającą bezinwazyjny pomiar wilgotności materiałów budowlanych, dzięki czemu możliwe jest prowadzenie badań *in-situ*, zwłaszcza na obiektach zabytkowych. Badania polowe wykonano na murze zewnętrznym z cegły ceramicznej pełnej, będącym częścią zabytkowego szpitala zlokalizowanego na terenie Wojewódzkiego Samodzielnego Psychiatrycznego Zespołu Publicznych Zakładów Opieki Zdrowotnej im. prof. dr Jana Mazurkiewicza w Pruszkowie. Mur dotknięty jest zjawiskiem podciągania kapilarnego przez wody pochodzące z gruntu, co jest możliwe do oceny nawet w drodze obserwacji wizualnej. Przeprowadzone badania umożliwiły ilościową ocenę zjawiska, którym dotknięty jest omawiany obiekt. W ramach przeprowadzonych badań wykonano pomiary reflektometryczne za pomocą prototypowych sond TDR. Badania powtórzono w celu wykazania zmian wilgotności muru w czasie. Pierwszą serię pomiarów przeprowadzono w okresie letnim – lipcu 2010 roku, natomiast druga seria pomiarowa zrealizowana została w miesiącu listopadzie tego samego roku. Następnie, na podstawie uzyskanych danych sporządzono mapy wilgotności muru, dzięki którym widoczne są zmiany wilgotności przegrody w pionie i poziomie, co w rezultacie umożliwia stwierdzenie występowania zjawiska podciągania kapilarnego w badanym murze.

Słowa kluczowe: zawilgocenie murów, detekcja wilgoci, podciąganie kapilarne, technika TDR.

1. Wprowadzenie

Jedną z najpoważniejszych przyczyn uszkodzeń elementów budynków jest wilgoć. Zawilgocenie budowli powoduje postępującą dezintegrację strukturalną przegród budowlanych na drodze podciągania kapilarnego, jak i w wyniku działania mrozu i krystalizacji soli rozpuszczalnych w wodzie. W praktyce spotykamy się z szeroką skalą oddziaływania zawilgocenia, od niewielkich, drobnych zawilgoczeń, powodujących utratę estetyki elewacji, pomieszczeń lub występowanie nieprzyjem-

nych zapachów w pomieszczeniach, do poważnych zniszczeń elementów konstrukcyjnych zagrażających zdrowiu i życiu użytkowników.

Profilaktyka konserwatorska obecnie poświęca dużo uwagi zabezpieczeniom stref cokołowych obiektów, gdyż one najbardziej narażone są na zjawiska korozyjne. Największe zjawiska korozyjne można zaobserwować w elementach bezpośrednio stykających się z gruntem [1], za co odpowiada zjawisko podciągania kapilarnego. Należy zwrócić uwagę, że wysokość podciągania kapilarnego wilgoci z gruntu jest większa w murach starych, zabytkowych wznoszonych bez zastosowania właściwych izolacji poziomych niż w murach współczesnych obiektów. Stopień zawilgocenia murów przyziemia zależy od różnych czynników, takich jak: ukształtowania terenu, posadowienia budynku, rodzaju i uwarstwienia gruntów, na których usytuowano budynek, poziomy wód gruntowych, od właściwości fizycznych i chemicznych samych materiałów budowlanych, z których wzniesiono obiekt, grubości muru, a także od składu chemicznego wód gruntowych. Powierzchnia napływu wody z gruntu równa się powierzchni odparowania, która znajduje się w części nadziemnej muru zarówno od strony wewnętrznej, jak i zewnętrznej [2]. Większa wydajność parowania dyfuzyjnego znajduje się przeważnie na zewnętrznej powierzchni ściany, w związku z tym rozkład wilgoci na grubości muru nie jest równomierny. Podwyższony poziom zawilgocenia występuje na wewnętrznej powierzchni ściany, a jego spadek następuje w kierunku zewnętrznym muru.

Negatywne skutki obecności wody w przegrodach budowlanych stanowią podstawę do rozwoju i ciągłego udoskonalania istniejących oraz wdrażania nowych, coraz bardziej dokładnych technik detekcji wilgoci w przegrodach budowlanych.

W artykule przedstawiono możliwość zastosowania techniki TDR (Time Domain Reflectometry) do terenowych pomiarów wilgotności murów. Inwazyjny charakter metody w większości przypadków uniemożliwiał jednak jej praktyczne wykorzystanie lub był przyczyną wielu problemów technicznych. Sonda powierzchniowa umożliwia bezinwazyjny pomiar wilgotności materiału budowlanego i w związku z tym nadaje się do badań *in-situ*, zwłaszcza na obiektach zabytkowych [3,4,5].

2. Metodyka badań

2.1. Opis badanego obiektu

Przedmiotem badań wilgotnościowych był mur zewnętrzny zabytkowego Szpitala zlokalizowanego na terenie Wojewódzkiego Samodzielnego Psychiatrycznego Zespołu Publicznych Zakładów Opieki Zdrowotnej im. prof. dr Jana Mazurkiewicza w Pruszkowie. Pawilon jest obiektem zabytkowym znajdującym się w rejestrze zabytków Konserwatora Wojewódzkiego, w związku z powyższym podlega specjalnej ochronie określonej specjalnymi przepisami odnośnie przeprowadzania wszelkich robót budowlanych w obiektach architektury zabytkowej. Według dokumentacji archiwalnej w początkowym okresie szpital był budowany w stylu eklektycznym, m.in. neogotyckim (kaplica katolicka), ormiańskim (cerkiew) i charakterystycznym dla drugiej połowy XIX wieku stylu architektury klinkierowej (pawilony pacjentów). W okresie dwudziestolecia międzywojennego szpital rozbudowano w stylu art déco, zgodnie z koncepcją miasta - ogrodu i polskim stylem architektury dworskiej. Budynki charakteryzują się elewacjami z czerwonej ceramicznej cegły

z wieloma elementami zdobniczymi jak: pilastry, gzymsy, opaski okienne reliefowe fryzy, cokoły, balustrady schodów, również kominy ponad dachem są wykonane jako elementy zdobnicze.

Budynek jest wolnostojący, całkowicie podpiwniczony, wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany konstrukcyjne wewnętrzne i zewnętrzne wykonano z cegły pełnej ceramicznej na zaprawie wapiennej. Grubość ścian zewnętrznych jest zróżnicowana i wynosi: w poziomie piwnic 78 cm, w poziomie I i II. kondygnacji od 38 do 65 cm łącznie z tynkiem wewnętrznym. Ściany zewnętrzne oblicowane są cegłą pełną ceramiczną glazurowaną o wymiarach 27x12x7-9 cm [6,7].

Elewacje posiadają gzymsy górne, międzypiętrowe i podokienne. Pionowymi akcentami są ryzality biegnące przez całą wysokość budynku od cokołu, aż do gzymsu górnego. Otwory okienne i drzwiowe obramowane są opaską i przesklepione odcinkowo (Rys. 1. i Rys. 2).



Rys. 1. Jeden z segmentów badanego obiektu – elewacja południowa [6].



Rys. 2. Widok na S-W część obiektu - ubytki cegieł w ścianie piwnicy spowodowane uszkodzeniami mrozowymi i obecnością soli rozpuszczalnych [6].

2.2. Badana przegroda

Badania pilotażowe wykonano w lipcu 2010 roku na północnym murze zewnętrznym z cegły ceramicznej pełnej (Rys. 3). Powtórnych pomiarów dokonano w listopadzie 2010 roku w celu wykazania ewentualnych zmian wilgotności muru w okresie jesienno-zimowym. Do badań zakwalifikowano fragment muru charakteryzujący się podwyższoną zawartością wody w wyniku podciągania kapilarnego. Całkowita powierzchnia pomiarowa wynosiła $3,06\text{m}^2$ (2,0m szerokość, 1,53m wysokość). Pomiary wykonano na każdym poziomym rzędzie cegieł z odstępem 25cm. Miejsca w których przykładano sondę pomiarową TDR wyspecyfikowano w Tabeli 1 i Tabeli 2, przy analizie uzyskanych wyników, w rozdziale 3 artykułu.



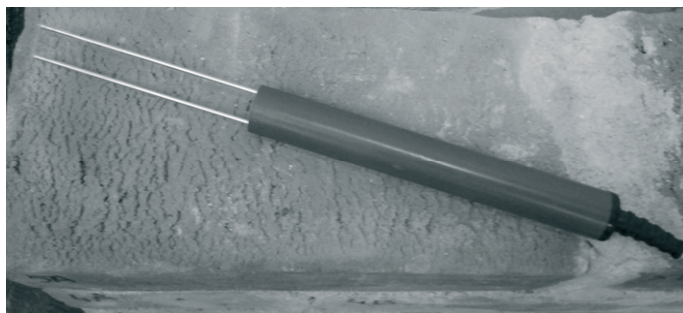
Rys. 3. Elewacja N i E obiektu – miejsce badania wilgotności muru metodą TDR.

2.3. Zastosowana technika pomiarowa

Do pomiarów zastosowano technikę pomiarową TDR opartą o pomiar przenikalności dielektrycznej, charakteryzującą zachowanie się cząsteczek materii przyłożeniu zewnętrznego, zmiennego pola elektrycznego [8]. Pomiar realizowany jest za pomocą miernika (Rys. 4) generującego impuls propagujący wzdłuż kabla koncentrycznego o określonej, stałej wartości impedancji. W przypadku tradycyjnych konstrukcji czujników przewód koncentryczny zakończony jest sondą (Rys. 5) o określonej długości prętach pomiarowych, umieszczanych wewnątrz struktury porowatego materiału. Szczegółowe informacje na temat funkcjonowania techniki TDR przedstawiono w następujących opracowaniach [8, 9, 10, 11].



Rys. 4. Przenośny miernik TDR (FOM - Field Operated Multimeter).



Rys. 5. Typowa, inwazyjna sonda TDR (Easy Test/ Lublin) do pomiarów terenowych (FP/mts).

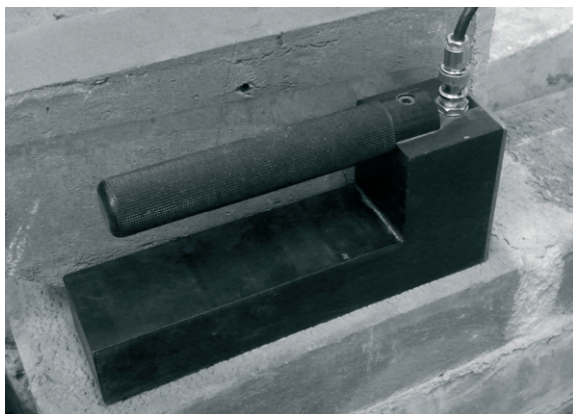
Na wartość przenikalności dielektrycznej odczytanej przez miernik wpływa przenikalność fazy stałej wahająca się w przedziale od ok. 4 do 10, przenikalność dielektryczna powietrza równa 1 oraz przenikalność dielektryczna wody równa 80 [8, 12], której wysoka wartość ma decydujący wpływ na wartość tego parametru dla ośrodka porowatego. Odczytana przez miernik TDR przenikalność dielektryczna jest wypadkową przenikalności wszystkich faz i może być przeliczona na wilgotność za pomocą formuł kalibracyjnych fizycznych oraz empirycznych [13, 14, 15, 16]. Do najczęściej stosowanych modeli uzależniających wilgotność ośrodka od odczytanej za pomocą miernika TDR zaliczamy formułę Topp'a [14] oraz Malickiego [15]. Formuły te zostały wyprowadzone dla ośrodków gruntowych, jednak z powodzeniem mogą być stosowane do szacowania wilgotności materiałów budowlanych, w przypadku materiałów możliwych do zbadania za pomocą sond inwazyjnych (Rys. 5).

Ze względu na zwartą strukturę większości materiałów budowlanych, w porównaniu do ośrodków gruntowych, powstała konieczność modyfikacji tradycyjnej konstrukcji sond pomiarowych pod kątem badań nieinwazyjnych. W tym celu opracowano sondę powierzchniową (Rys. 6), której zastosowanie nie wymaga wewnętrznego montażu prętów pomiarowych. Dzięki powyższemu, możliwe jest szybsze prowadzenie badań laboratoryjnych, a także, co było praktycznie niemożliwe w przypadku sond inwazyjnych prowadzenie badań terenowych. Dodatkowym, istotnym atutem wynikającym z przyjętej koncepcji sondy powierzchniowej był brak konieczności wykonywania odwiertów do montażu prętów sondy TDR, który to zabieg w znacznym stopniu wpływał na strukturę i właściwości ośrodka, tym samym mógł fałszować wynik pomiaru.

Koncepcja sondy powierzchniowej TDR zastosowanej w pomiarach została bardziej szczegółowo omówiona w następujących pozycjach literatury polskiej oraz światowej [17, 18, 19]. Rysunek 6 przedstawia fotografię prototypowej sondy powierzchniowej TDR, którą zastosowano w omawianym eksperymencie.

Zestaw pomiarowy zastosowany w pomiarach składał się z następujących narzędzi:

- przenośne urządzenie pomiarowe (Rys. 4) TDR - FOM (Field Operated Multi-meter – Easy Test/ Lublin),
- komputer przenośny typu laptop (jako stacja sterująca),
- kabel koncentryczny łączący sondę z miernikiem,
- sonda powierzchniowa TDR (według własnego opracowania, Rys. 6).



Rys. 6. Sonda powierzchniowa TDR wykorzystana na potrzeby omawianego eksperymentu, opracowanie własne.

Do sterowania miernikiem i gromadzenia danych zastosowano opracowaną na potrzeby prototypowej sondy aplikację do pomiarów reflektometrycznych z wykorzystaniem sond powierzchniowych TDR Reflectometer v.1.0 [20]. W celu realizacji zaplanowanych badań sondę pomiarową TDR przykładowo w określonych punktach siatki (cegłach) w równomierny sposób, na całej powierzchni badanego muru. W wyniku przeprowadzonego pomiaru, aplikacja sterująca odbierała od miernika tzw. krzywą reflektometryczną (w postaci sekwencji napięć), na podstawie której obliczała wartość przenikalności dielektrycznej, a następnie wartość wilgotności muru w obszarze przylegania sondy powierzchniowej TDR.

Wyznaczenie wartości wilgotności materiału przebiegało w oparciu odpowiednią formułę kalibracyjną uzyskaną na podstawie uprzednich badań kalibracyjnych przedstawionych w następujących pozycjach literatury [20, 21].

3. Analiza wyników

Analiza reflektogramów przeprowadzana była automatycznie przez wcześniej wspomnianą aplikację TDR Reflectometer v.1.0 jednocześnie obsługującą miernik TDR. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w postaci tabelaryzowanej. Tabele 1 oraz 2 ukazują wilgotności masowe przeliczone przez program obsługujący miernik na podstawie odczytanych wartości efektywnych przenikalności dielektrycznych. Jak to wspomniano wcześniej, badania prowadzono w okresie letnim i późno-jesiennym, stąd uzyskane dane przedstawiono w dwóch tabelach.

Stabelaryzowane powyżej dane przedstawiono graficznie na Rysunkach 7 w postaci map wilgotności dla obydwu sesji pomiarowych. Wykresy przedstawiono z rozdzielczością 0,5% wilgotności masowej, wynikającą z rozdzielczości zastosowanego urządzenia i zastosowanego w eksperymencie czujnika.

Z uzyskanych odczytów wynika, że badana przegroda budynku Szpitala w Pruszkowie charakteryzuje się dużym stopniem wilgotności. Maksymalne odczytane wartości wilgotności przekraczają 9% wilgotności masowej, szczególnie w dolnych jej warstwach, bardziej podatnych na wpływ wód pochodzących z gruntu. Wraz z wysokością wartość odczytanej przez zestaw TDR wilgotności

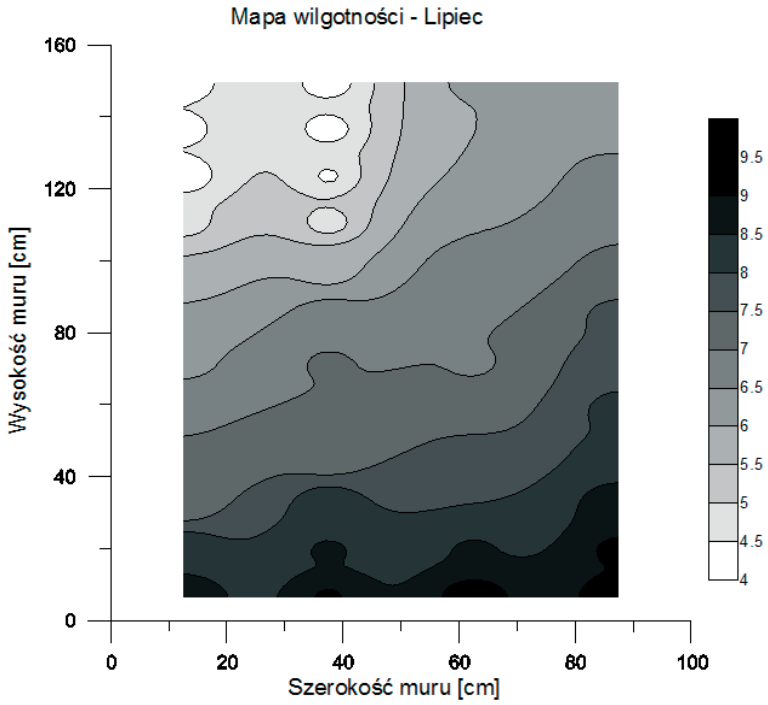
maleje, co potwierdza fakt występowania zjawiska podciągania kapilarnego w przebadanej przegrodzie. Należy zauważyć, iż pora roku (lato – jesień) nie ma znaczącego wpływu na odczytane wartości, chociaż w okresie letnim na wysokości powyżej 1m odczytane wilgotności są mniejsze i oscylują w okolicach 1% wilgotności masowej. Może być to wywołane wyższymi temperaturami powietrza zewnętrznego, a tym samym zintensyfikowanym procesem osuszania muru.

Tabela 1. Odczyty wilgotności za pomocą powierzchniowej sondy TDR w miesiącu lipcu.

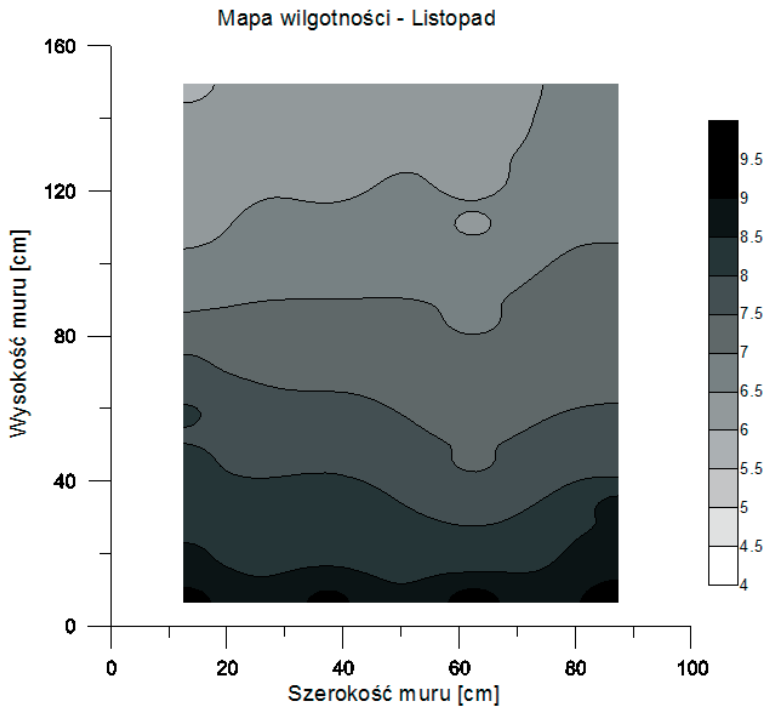
Wysokość [cm]	Odczytana wilgotność [% _{mass.}]			
	12,5 [cm]	37,5 [cm]	62,5 [cm]	87,5 [cm]
149,5	4,2	4,2	6,1	6,3
136,5	4,3	4,2	6,0	6,2
123,5	4,0	4,4	6,0	6,8
110,5	4,7	4,7	6,5	7,0
97,5	5,5	5,7	6,9	7,2
84,5	6,0	6,8	7,0	7,8
71,5	6,3	7,1	6,9	8,0
58,5	6,9	7,0	7,1	8,3
45,5	7,0	7,1	7,8	8,3
32,5	7,1	8,5	8,0	9,0
19,5	8,5	8,6	8,6	9,2
6,5	9,0	9,1	9,5	9,5

Tabela 2. Odczyty wilgotności za pomocą powierzchniowej sondy TDR w miesiącu listopadzie.

Wysokość [cm]	Odczytana wilgotność [% _{mass.}]			
	12,5 [cm]	37,5 [cm]	62,5 [cm]	87,5 [cm]
149,5	5,8	6,0	6,2	6,5
136,5	6,0	6,1	6,2	6,5
123,5	6,0	6,3	6,3	7,0
110,5	6,2	6,5	6,4	6,9
97,5	6,5	6,8	6,9	7,3
84,5	7,0	7,1	6,9	7,3
71,5	7,6	7,3	7,0	7,4
58,5	8,1	7,7	7,2	7,5
45,5	8,1	8,0	7,4	7,9
32,5	8,2	8,5	7,8	8,7
19,5	8,6	8,5	8,4	9,0
6,5	9,3	9,2	9,3	9,5



Rys. 7. Mapy wilgotności badanej przegrody w miesiącu lipcu 2010.



Rys. 8. Mapy wilgotności badanej przegrody w miesiącu listopadzie 2010.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdzają skuteczność detekcji wilgoci w murach z cegły ceramicznej pełnej za pomocą techniki TDR. Zastosowanie proponowanej w artykule techniki pomiarowej umożliwia szacowanie wilgotności w warunkach terenowych, do czego niezbędna jest modyfikacja sondy pomiarowej według informacji przedstawionych w rozdziale 2.3 niniejszego artykułu.

Do podstawowych atutów proponowanej techniki należą:

- bezinwazyjny charakter pomiaru, nie wymagający poboru próbek, dzięki czemu możliwe jest skuteczne jej zastosowanie w obiektach zabytkowych,
- szybkość pomiaru, odczyt wilgotności możliwy jest do uzyskania niemal automatycznie,
- dodatkową zaletą wyróżniającą przedstawioną w pracy technikę pomiarową od innych metod elektrycznych (oporowej lub pojemnościowej) jest jej niska wrażliwość na zasolenie ośrodka, co ma istotny wpływ na odczyty wilgotności w obiektach dotkniętych zjawiskiem podciągania kapilarnego wraz z transportem soli wymywanych z gruntu. Niewrażliwość prezentowanej techniki na zasolenie została dokładniej omówiona w następujących pozycjach [22, 23],
- wysoka rozdzielczość pomiaru, która w przypadku zastosowanego miernika, sondy pomiarowej oraz materiału (cegły ceramicznej pełnej) wynosi około 0,5% masowego, a jej wartość zależy od konstrukcji czujnika oraz badanego ośrodka.

W rezultacie przeprowadzonych badań za pomocą techniki reflektometrycznej potwierdzono fakt występowania zjawiska podciągania kapilarnego w wybranym murze zewnętrznym zabytkowego Szpitala zlokalizowanego na terenie Wojewódzkiego Samodzielnego Psychiatrycznego Zespołu Publicznych Zakładów Opieki Zdrowotnej im. prof. dr Jana Mazurkiewicza w Pruszkowie.

Literatura

- [1] Jasięko J., Matkowski Z., Bednarz Ł. *Problemy w projektowaniu zabezpieczeń przeciwwilgociowych na przykładzie zabytkowego kościoła św. Jakuba w Nysie*. X Jubileuszowa konferencja naukowo – techniczna REMO 2002: *Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych*. Wrocław – Zamek Kliczków, 5 – 7.12.2002.
- [2] Garecki M. *Znaczenie diagnostyki w robotach izolacyjno – renowacyjnych budynków poddanych działaniu wilgoci*. *Renowacje i Zabytki* 4 (2005) 127 – 137.
- [3] Suchorab Z., Barnat-Hunek D. *Sondy powierzchniowe TDR w bezinwazyjnych pomiarach wilgoci obiektów zabytkowych. Karta Krakowska 2000 10 lat później*. Monografia 400 Seria Architektura. Politechnika Krakowska, Kraków (2011) 283-293.
- [4] Suchorab Z., Pavlík Z., Černý R. *Zastosowanie techniki pomiarowej TDR w badaniach terenowych przy wykorzystaniu sond powierzchniowych*. *Budownictwo i Architektura* 8 (2011) 97-106.
- [5] Suchorab Z. *Pomiary terenowe wilgotności murów z wykorzystaniem powierzchniowych sond TDR*. *Materiały Budowlane - technologie - rynek – wykonawstwo* 4(464) (2011) 22-24.
- [6] Hunek R., Barnat – Hunek D., Mróz R. *Ekspertyza techniczna budynku „Pawilon I” dla potrzeb projektu modernizacji obiektu w ramach rewitalizacji Szpitala Tworowskiego*. Centrum Techniki Budownictwa Komunalnego Ekotechnika Sp. z o.o. Warszawa (2007).

- [7] Barnat-Hunek D., Iwanek A. *Badania nad hydrofobizacją zniszczonych murów ceglanych na przykładzie Pawilonu i Szpitala Tworowskiego w Pruszkowie*. Str. 146 – 154. Wiadomości Konserwatorskie 28/2010.
- [8] Skierucha W., Malicki M.A. *TDR method for the measurement of water content and salinity of porous media*. Institute of Agrophysics Polish Academy of Sciences Lublin, 2004.
- [9] Černý, R. *Time domain reflectometry method and its application for measuring moisture content in porous materials: A review*. Measurement 42(3) (2009) 329-336.
- [10] Hansen E.J., Hansen M.H. *TDR measurement of moisture content in aerated concrete*. Building Physics, 6-th Nordic Symposium, (2002) 381-388.
- [11] Suchorab Z., Widomski M., Łagód G., Sobczuk H. *Capillary rise phenomenon in aerated concrete*. Monitoring and simulations, Proceedings of ECOpole 4(2) (2010) 285-290.
- [12] O'Connor, K.M., Dowding, C.H. *GeoMeasurements by pulsing cables and probes*, CRC Press, 1999.
- [13] De Loor G.P. *Dielectric properties of heterogeneous mixtures containing water*, J. Microwave Power 3(2) (1968) 67-73.
- [14] Topp G.C., Davis J.L., Annan A.P. *Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines*. Water Resour. Res. 16 (1980) 574-582.
- [15] Malicki M.A., Plagge R., Roth C.H. *Improving the calibration of dielectric TDR soil moisture determination taking into account the solid soil*. Eur. J. Soil Sci. 47 (1996) 357–366.
- [16] Suchorab Z., Sobczuk H. *Dielectric properties of building materials*, Thermophysics 2009, Conference Proceedings, Valtice 29-30.10.2009, Czech Republic, (2009) 138-146.
- [17] Wraith J.M., Robinson D.A., Jones S.B., Long D.S. *Spatially characterizing apparent electrical conductivity and water content of surface soils with time domain reflectometry*. Computers and Electronics in Agriculture 46 (2005) 239–261.
- [18] Sobczuk H. *Sonda do pomiaru wilgotności ośrodków porowatych, zwłaszcza materiałów budowlanych*, patent nr 198492 B1 z dnia 30.06.2008.
- [19] Suchorab Z., Zarzeka-Raczkowska E. *Time domain reflectometry probes for measurement of moisture in building materials. Energy-saving and ecological materials, installations and technology in construction* Ed. By Fic S. (2012) 76-91.
- [20] Suchorab Z., Sobczuk H., Cerny R., Pavlik Z., Plagge R. *Noninvasive moisture measurement of building materials using TDR method*. Proceedings of the 8th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances (ISEMA 2009) Helsinki: Helsinki University of Technology, Finland (2009) 147-155.
- [21] Sobczuk H., Suchorab Z. *Calibration of TDR instruments for moisture measurement of serated concrete*. w: Skierucha, W. and Walczak, T. (eds.) *Monitoring and modelling the properties of soil as porous medium*. Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Lublin (2005) 156–165.
- [22] Suchorab Z., Deneka B., Łagód G., Sobczuk H. *Możliwość pomiaru zasolenia w materiałach budowlanych za pomocą metody TDR*, Society of Ecological Chemistry and Engineering, Proceedings of EcOpole 3(1) (2009) 199-205.
- [23] Pavlík Z., Mihulka J., Pavlíková M. *Effect of salt concentration on the applicability of TDR method for moisture content measurement*. in Porous Materials. Proceedings of the 8th International Conference on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances (ISEMA 2009). Helsinki: Helsinki University of Technology, Finland (2009) 372-376.

Valuation of the capillary uptake phenomenon in the wall of the historic building using the surface TDR probe

Zbigniew Suchorab¹, Stanisław Fic², Danuta Barnat-Hunek³

¹ Department of Water Supply and Wastewater Treatment, Faculty of Environment Engineering, Lublin University of Technology, e-mail: z.suchorab@pollub.pl

² Department of General Construction of Buildings, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, e-mail: s.fic@pollub.pl

³ Department of General Construction of Buildings, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, e-mail: d.barnat-hunek@pollub.pl

Abstract: Article discusses measuring potential of the TDR (Time Domain Reflectometry) technique for terrain measurement of moisture in the masonries of the historical buildings. For the measurements it was applied modified TDR probe which enables noninvasive moisture detection in building materials, thus enables its application for *in-situ* measurements, especially in old, historical objects. Terrain measurements were realized on the external masonry made of red ceramic brick, being the part of the historical hospital located on the area of the “Wojewódzki Samodzielny Psychiatryczny Zespół Publicznych Zakładów Opieki Zdrowotnej im. prof. dr Jana Mazurkiewicza” in Pruszków. The masonry is stricken with capillary rise phenomenon by the water coming from the ground, which is also visible by visual observation. Conducted measurement enabled quantitative estimation of the phenomenon which threatens to the discussed object. Within the research, reflectometric measurements were conducted using the prototype surface TDR probes. Measurements were repeated to verify moisture changes in time. First series of measurement was conducted in summertime, in July 2010. The second one was conducted in November of the same year. Then, with the obtained data there were drawn moisture maps of the masonry, which indicated horizontal and vertical variations of moisture and interpretation of the obtained results enabled to confirm capillary uptake process in the examined masonry.

Keywords: masonry moisture, moisture detection, capillary uptake, TDR technique.

