

OCENA WYNIKÓW POMIARÓW WILGOTNOŚCI GLEBY WYKONANYCH METODĄ SUSZARKOWO-WAGOWĄ ORAZ METODĄ TDR W DOLINIE ODRY

Wojciech Łyczko, Beata Olszewska, Edyta Nowicka

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy dokonano analizy wyników pomiarów wilgotności mad średnich dla trzech charakterystycznych profili glebowych, w dolinie Odry, w rejonie budowanego stopnia wodnego „Malczyce”. Pomiary uwilgotnienia były prowadzone w latach 2010–2014, równolegle przy zastosowaniu metody grawimetrycznej oraz z wykorzystaniem sond TDR, w comiesięcznych terminach w okresie od kwietnia do października. Dysponując zgromadzonymi dla rozpatrywanych gleb danymi, sprawdzono zależności korelacyjne wilgotności objętościowych wyznaczonych metodą TDR oraz metodą suszarkowo-wagową. Analiza wykazała, że otrzymane zależności są zróżnicowane dla poszczególnych rodzajów gleb. Uzyskane korelacje wskazują na mocny charakter zależności uzyskanych wyników dla gleb piaszczystych oraz słaby na pograniczu mocnego dla gleb gliniastych.

Słowa kluczowe: wilgotność gleby, metoda grawimetryczna, TDR, dolina Odry.

WSTĘP

Stosunki wodne gleb zlokalizowanych w dolinie Odry w sąsiedztwie stopnia „Malczyce” kształtują się pod wpływem warunków naturalnych. Zwierciadło wody grunтовой zalega głęboko i ma mały wpływ na wierzchnią warstwę gleby – jej wilgotność zależy przede wszystkim od ilości i rozkładu opadów atmosferycznych i często odpowiada wartościom wody trudno dostępnej dla roślin [Pływaczyk 1997, Łyczko i in. 2007, Olszewska i Pływaczyk 2013].

Z badań prowadzonych w Polsce i na świecie wynika, że spośród elektrycznych metod określania wilgotności gleb jedną z nowszych jest metoda reflektometrii domenowo-czasowej zwana metodą TDR [Ledieu i in. 1986, Reeves i Smith 1992, Malicki 1993,

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Wojciech Łyczko, dr hab. inż. Beata Olszewska, mgr inż. Edyta Nowicka, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; e-mail: wojciech.lyczko@upwr.edu.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2017

Topp i in. 1996, Oleszczuk i in. 1998, 2006, 2013, Usowicz i Usowicz 2004, Blonquist i in. 2005, Skierucha i Wilczek 2007, Biniak-Pieróg 2008, Janik 2009, Olszewska i Nowicka 2015]. Technika TDR charakteryzuje się niskim poborem prądu, dużą pojemnością pamięci wewnętrznej oraz możliwością sterowania i przesyłania danych na odległość za pomocą łącza internetowego lub radiowego [Skierucha i in. 2004]. Jako największą zaletę tej techniki autorzy wskazują jej niedestruktywny charakter w stosunku do profilu glebowego [Malicki 1993, Skierucha, Wilczek 2007]. Metoda TDR ze względu na niewielką pracochłonność i czasochłonność staje się coraz powszechniej stosowaną.

W dolinie Odry, w rejonie miejscowości Rzeczyca i Zakrzów, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu prowadził wieloletnie badania i obserwacje, w tym m.in. pomiary wilgotności gleby. Dotychczasowe analizy, polegające na porównaniu wyników pomiarów uzyskanych metodą TDR i suszarko-wagową (grawimetryczną) wykazały, że można te metody stosować alternatywnie [Łyczko i in. 2000, Olszewska i Nowicka 2015].

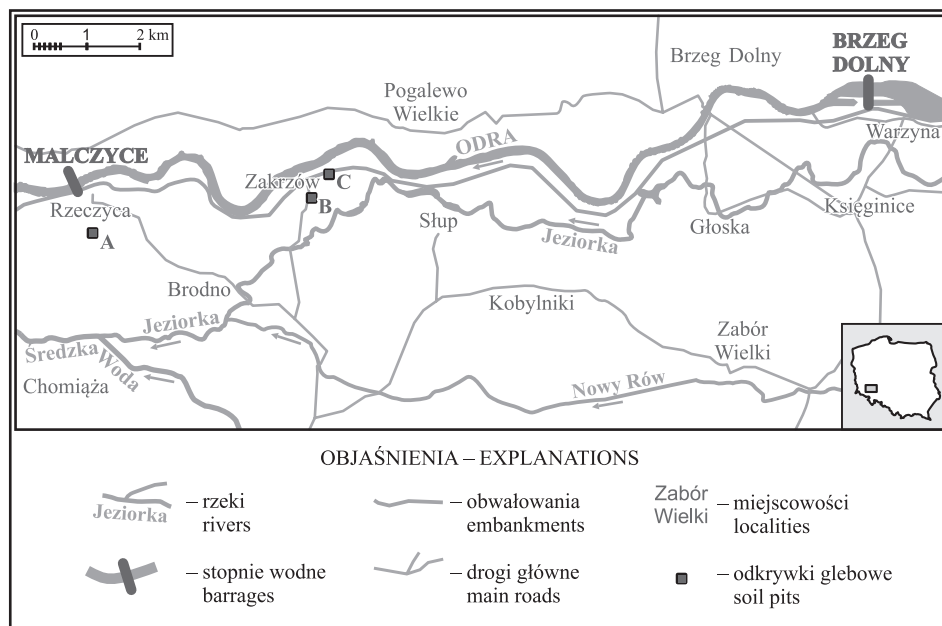
MATERIAŁ I METODY

Odkrywki objęte badaniami znajdują się w rejonie miejscowości Rzeczyca i Zakrzów, położonych w województwie dolnośląskim, w gminie Środa Śląska (ryc. 1). Profil glebowy A zlokalizowany jest na wysokości nowobudowanego stopnia „Malczyce”, w odległości około 1 km od spiętrzenia, natomiast profile B i C znajdują się powyżej, w odległości około 5 km od tej budowli. Omawiany obszar jest typowy dla nizinnych terenów dolinowych, charakteryzuje się bogatym mikroreliefem, spadki poprzeczne doliny na tym odcinku wahają się od 4% do 15% a spadek podłużny wynosi około 0,1–0,5%. Badania geologiczne wykazały, że obszar ten pokrywają utwory trzeciorzędowe oraz czwartorzędowe ułożone warstwowo [Pływaczyk 1997].

Analizowane odkrywki glebowe charakteryzują się typową dla tej części doliny Odry budową profilu glebowego. W warstwach wierzchnich występują utwory zwarte, trudno przepuszczalne, o dużych zdolnościach retencyjnych – głębiej natomiast znajdują się gleby lżejsze o większej przepuszczalności (stanowiące warstwę wodonośną), charakteryzujące się małą pojemnością wodną i niewielkimi zdolnościami magazynowania wody.

Badania wilgotności prowadzone były w latach 2010–2014, w comiesięcznych terminach, w okresach od kwietnia do października. Pomiary wykonywane były dla 6 kolejnych warstw położonych na głębokościach: 0–10, 20–30, 40–50, 65–75, 90–100 i 140–150 cm od poziomu terenu. Próbkę z poszczególnych warstw pobierano świdrem glebowym. Przed wyjęciem danej warstwy umieszczano w niej sondę TDR i dokonywano pomiaru wilgotności objętościowej (w dwóch powtórzeniach). Sposób wykonywania pomiaru sondą TDR nie był sposobem bezinwazyjnym, ponieważ sonda za każdym razem była umieszczana w kolejnej warstwie gleby, co umożliwiło ostatecznie na porównanie wyników uzyskanych dwiema metodami.

Po wyjęciu próbki gleby umieszczano ją w metalowych cylinderkach (w trzech dla każdej warstwy) a następnie wyznaczano jej wilgotność wagową w laboratorium wg metody grawimetrycznej. Na podstawie wilgotności wagowej oraz znajomości gęstości objętościowej gleby (określonej podczas wcześniejszych badań [Łyczko i in. 2007])



Ryc. 1. Lokalizacja odkrywek glebowych
Fig. 1. Location of soil pits

wyznaczono wilgotność objętościową badanej próbki. Otrzymana wartość posłużyła do porównania z wilgotnością objętościową zmierzoną bezpośrednio sondą TDR.

Analizy dokonano dla trzech wydzielonych grup gleb o następującym składzie granulometrycznym (wg normy BN-78/9180-11):

- grupa „a”: piasek luźny, piasek słabogliniasty, piasek gliniasty mocny, piasek gliniasty lekki (pl, ps, pgm, pgl),
- grupa „b”: glina lekka, glina średnia, glina średnia pylasta (gl, gs, gsp),
- grupa „c”: glina ciężka (gc).

Pierwszym etapem analizy była weryfikacja, zestawienie oraz porównanie wyników (wilgotności objętościowych) uzyskanych dwiema metodami. Obliczono wartości charakterystyczne (minimum, maksimum, średnią i medianę) oraz wybrane klasyczne miary stosowane w statystyce [Łomnicki 2007]. Sporządzono odpowiednie zależności korelacyjne, wyznaczono i opisano zależności równaniami regresji wraz z podaniem charakteru związku [Byczkowski 1979].

WYNIKI

Obszar, na którym znajdują się odkrywki, był użytkowany jako grunty orne, a zwierciadło wody gruntowej znajdowało się znacznie poniżej 1,50 m od terenu, co powodowało, że wierzchnie warstwy były pozbawione zasilania wodami gruntowymi. Wcześniejsze badania wykazały, że gęstość objętościowa w poszczególnych odkrywkach

waha się w przedziale od 1391 do 1905 kg · m⁻³, gęstość właściwa wynosi od 2613 do 2730 kg · m⁻³, a porowatości ogólne poszczególnych utworów wahają się od 29,5 do 48,4% [Łyczko i in. 2007]. Dane dotyczące składu badanych gleb wraz z opisem grup granulometrycznych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb w badanych odkrywkach (wg normy BN-78/9180-11)
Table 1. Division into soil particle size fractions in researched soil pits (basis of the standard BN-78/9180-11)

Odkrywka Soil pit	Głębokość, cm Depth, cm	% frakcji, mm % size fraction, mm								Piasek – Sand 1,0–0,1	Pył – Silt 0,1–0,02	Il – Clay < 0,02	Grupa granulometryczna Soil particle size fractions
		1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,002	0,002–0,0002	< 0,0002				
A	0–20	2	5	32	10	13	13	8	17	39	23	38	gs
	20–35	3	6	34	10	13	11	2	21	43	23	34	gl
	35–60	6	5	9	12	13	15	8	32	20	25	55	gc
	60–90	6	16	7	8	6	16	21	20	29	14	57	gc
	90–120	55	25	4	3	1	0	0	12	84	4	12	pgl
	120–130	44	44	4	0	0	1	0	7	92	0	8	ps
	130–150	48	33	10	2	0	1	0	6	91	2	7	ps
B	0–20	1	2	15	12	20	18	5	27	18	32	50	gsp
	20–40	12	19	10	7	5	16	8	23	41	12	47	gs
	40–50	18	40	15	2	3	4	3	15	73	5	22	gl
	50–75	19	38	16	3	5	8	0	11	73	8	19	pgm
	75–110	44	48	3	2	1	1	1	0	95	3	2	pl
	110–150	6	56	36	0	2	0	0	0	98	2	0	pl
C	0–20	3	5	10	10	12	19	11	30	18	22	60	gc
	20–35	4	6	8	4	16	23	12	27	18	20	62	gc
	35–60	2	2	3	7	11	17	10	48	7	18	75	iw
	60–80	1	3	2	4	21	29	7	33	6	25	69	gc
	80–110	0	1	1	14	23	23	7	31	2	37	61	ipl
	110–135	0	0	31	15	17	13	3	21	31	32	37	glp
135–150	0	39	35	10	0	9	0	7	74	10	16	pgm	

Objaśnienia:

gc – glina ciężka, gl – glina lekka, glp – glina lekka pylasta, gs – glina średnia, gsp – glina średnia pylasta, ipl – il pylasty, iw – il właściwy, pgl – piasek gliniasty lekki, pgm – piasek gliniasty mocny, pl – piasek luźny, ps – piasek słabogliniasty

Descriptions:

gc – heavy loam, gl – light loam, glp – silty light loam, gs – medium loam, gsp – medium silt loam, ipl – silty clay, iw – clay, pgl – light loamy sand, pgm – heavy loamy sand, pl – loose sand, ps – weakly loamy sand

Tabela 2 zawiera zestawienie wartości miar statystycznych dla wyników uzyskanych dwiema metodami. Analiza tych danych wskazuje, że we wszystkich trzech grupach gleb wartości minimalne, średnie oraz mediany wartości określonych metodą grawimetryczną są większe od pomierzonych metodą TDR. Porównanie wartości maksymalnych w każdej z grup wykazało, że wyższe wyniki uzyskano w przypadku pomiarów wykonanych aparatem TDR. Analiza rozstępu wskazuje, iż w grupie „b” występuje największa amplituda zmierzonych wilgotności. Dla wilgotności mierzonych obiema metodami wartości odchylenia standardowego są zbliżone dla wszystkich grup gleb. Obliczone współczynniki zmienności wskazują, iż dla gleb utworzonych z utworów piaszczystych występuje większe zróżnicowanie współczynników w porównaniu z glebami zbudowanymi z utworów gliniastych. Współczynniki zmienności dla wilgotności objętościowych określonych metodą TDR osiągały wartości wyższe od otrzymanych metodą grawimetryczną.

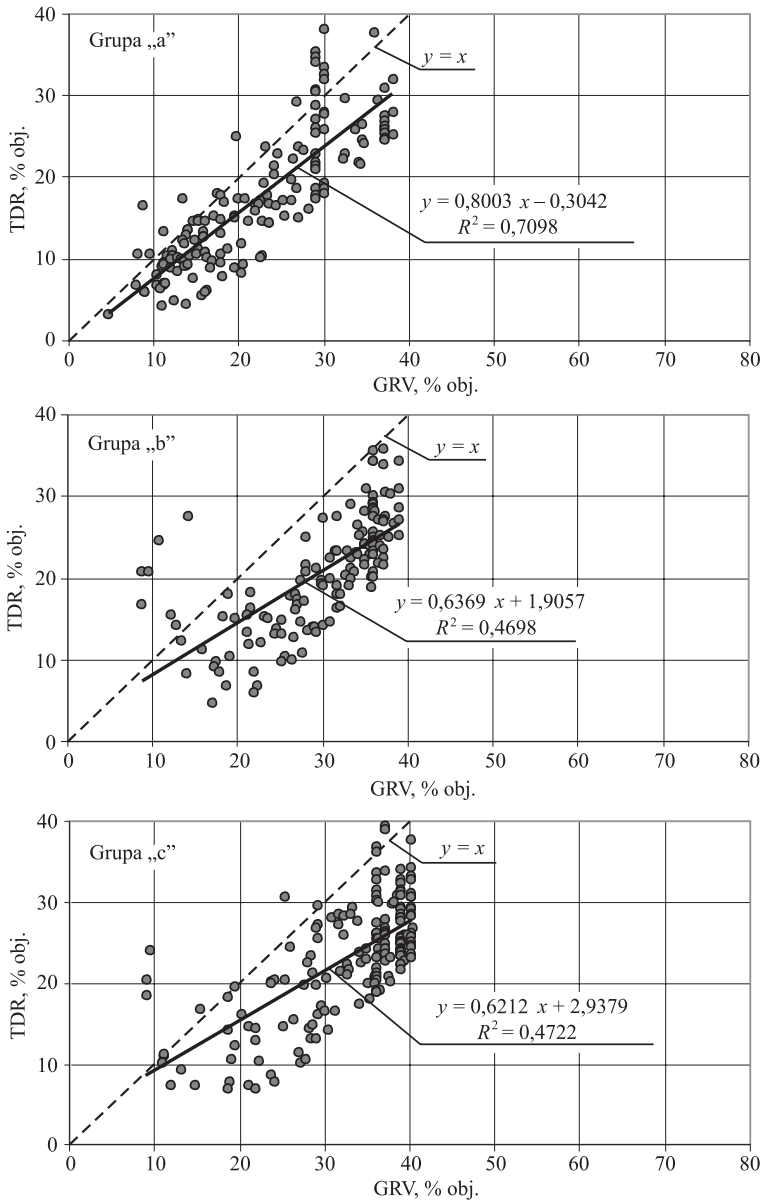
Tabela 2. Zestawienie wartości miar statystycznych dla wyników uzyskanych metodą grawimetryczną (GRV) i metodą reflektometrii domenowo-czasowej (TDR)

Table 2. Specification of statistical measures for results measured gravimetric method (GRV) and time domain reflectometry method (TDR)

Miara – Measure	Grupa gleb – Group of soils					
	a)		b)		c)	
	GRV	TDR	GRV	TDR	GRV	TDR
Wartość minimalna, % obj. – Minimum value, % vol.	4,71	3,30	8,79	4,95	8,93	6,95
Wartość maksymalna, % obj. – Maximum value, % vol.	38,00	38,30	39,00	42,30	40,24	43,50
Wartość średnia, % obj. – Mean value, % vol.	21,83	17,17	29,65	20,79	32,74	23,28
Mediana, % obj. – Median, % vol.	20,81	15,68	31,78	20,98	36,00	24,10
Odchylenie standardowe – Standard deviation	8,58	8,15	7,70	7,16	7,93	7,16
Wariancja – Variance	73,69	66,50	59,34	51,23	62,81	51,33
Rozstęp, % obj. – Range, % vol.	33,29	35,00	30,21	37,35	31,31	36,55
Skośność – Skeweness	0,22	0,54	-0,96	0,09	-1,05	-0,28
Kurtoza – Kurtosis	-1,09	-0,56	0,06	-0,24	1,00	0,04
Współczynnik zmienności – Coefficient of variation	39,33	47,51	25,98	34,42	24,21	30,78

Rycina 2 przedstawia zależności korelacyjne pomiędzy wartościami wilgotności objętościowych uzyskanych przy pomocy metody grawimetrycznej oraz z zastosowaniem sond TDR dla analizowanych trzech grup gleb. Na rysunku przedstawiono także równania regresji oraz współczynniki determinacji (R^2). Na podstawie uzyskanych współczynników determinacji dla badanych grup wyznaczono współczynniki korelacji oraz określono charakter związku – wyniki analizy zawiera tabela 3. Wartość współczynnika korelacji na poziomie 0,8 dla grupy „a” wskazuje mocny związek uzyskanych

wyników pomiarów wykonywanych metodą grawimetryczną oraz TDR. Dla grupy „b” i „c” obliczone wartości współczynników korelacji wynoszą 0,7 – co oznacza związek porównywanych ze sobą metod na pograniczu słabego i mocnego.



Ryc. 2. Korelacje wyników pomiarów wilgotności objętościowych (w poszczególnych grupach gleb) wyznaczonych metodą grawimetryczną (GRV) i metodą TDR

Fig. 2. Correlations of results of volumetric moisture measurements (in selected soil groups) for gravimetric method (GRV) and TDR method

Tabela 3. Poziomy korelacji wraz z ich interpretacją
Table 3. Correlation levels and their interpretation

Wyszczególnienie Specification	Grupa gleb – Group of soil		
	a)	b)	c)
Współczynnik determinacji / Coefficient of determination	0,7098	0,4698	0,4722
Współczynnik korelacji / Coefficient of correlation	0,8	0,7	0,7
Charakter związku / Character of relationship	mocny strong	słaby/mocny weak/strong	słaby/mocny weak/strong

WNIOSKI

1. Porównanie wyników pomiarów wykazało, że wilgotności objętościowe wyznaczone metodą grawimetryczną były w większości przypadków wyższe od określonych za pomocą sond TDR.
2. Najwyższy współczynnik korelacji, wynoszący 0,8 (mocny charakter związku), otrzymano dla grupy „a”, czyli gleb o uziarnieniu piasków luźnych, słabogliniastych, gliniastych mocnych i gliniastych lekkich.
3. Dla obydwu analizowanych grup gleb gliniastych („b” i „c”) współczynnik korelacji wyniósł 0,7 (słaby/mocny charakter związku).
4. Uzyskane zależności korelacyjne o charakterze mocnym i słabym na pograniczu mocnego wskazują, że metoda TDR może być stosowana w warunkach glebowych doliny Odry.

PIŚMIENNICTWO

- Biniak-Pieróg, M. (2008). Wpływ elementów agrometeorologicznych na zmienność zasobów wodnych gleby w półroczu zimowym. Monografia. Współczesne problemy inżynierii środowiska, 7. Wydawnictwo UP, Wrocław.
- Blonquist, J.M. Jr., Jones, S.B., Robinson, D.A. (2005). A time domain transmission sensor with TDR performance characteristics. *J. Hydrology*, 314(1–4), 235–245.
- Byczkowski, A. (1979). Hydrologiczne podstawy projektów wodnomelioracyjnych: przepływy charakterystyczne. PWRiL, Warszawa.
- Janik, G. (2009). Technika TDR w modelowaniu ruchu wody glebowej. *Rozprawy*, 257. Wydawnictwo UP, Wrocław, ss. 99.
- Ledieu, J., De Ridder, P., De Clerc, P., Dautrebande, S. (1986). A method of measuring soil moisture by time domain reflectometry. *J. Hydrology*, 88, 319–328.
- Łomnicki, a. (2007). Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Łyczko, W., Olszewska, B., Pływaczyk, L. (2000). Porównanie metody TDR oraz metody suszarkowo-wagowej do określania uwilgotnienia różnych typów gleb w dolinie Odry. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 385, 253–260.
- Łyczko, W., Olszewska, B., Pływaczyk, L. (2007). Zmiany zapasów wody w madach doliny Odry w rejonie Malczyc w okresie wegetacyjnym 2005 roku. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 6(4), 25–36.

- Malicki, M.A. (1993). Wpływ fizycznych właściwości gleby na elektryczne parametry układu elektrody/gleba w aspekcie pomiaru jej wilgotności i zasolenia. Rozprawa habilitacyjna, Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie. Acta Agrophys., ss. 107.
- Oleszczuk, R., Brandyk, T., Szatyłowicz, J. (1998). Analiza możliwości zastosowania metody TDR do pomiaru uwilgotnienia w glebie torfowo-murszowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 458, 263–274.
- Oleszczuk, R., Brandyk, T., Szatyłowicz, J. (2006). Porównanie różnych sposobów określania zapasów wody w glebie torfowo-murszowej użytkowanej łąkowo. Acta Agrophys., 8(1), 11–21.
- Oleszczuk, R., Gnatowski, T., Chrzanowski, S. (2013). Analiza właściwości fizyko-wodnych wierzchniej warstwy zmeliorowanej gleby torfowo-murszowej. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 12(2), 83–92.
- Olszewska, B., Pływaczek, L., 2013. Gospodarka wodna mad średnich doliny Odry w okresie IV–IX 2011 w warunkach zróżnicowanego zasilania wierzchnich warstw gleby. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 12(3), 103–111.
- Olszewska, B., Nowicka, E. (2015). Comparison of gravimetric method and TDR method applied to medium alluvial soils of the valley of the Oder river in the region of Brzeg Dolny in the period of 2010–2014. J. Ecological Engin., 16(4), 44–48.
- Pływaczek, L. (1997). Oddziaływanie spiętrzenia rzeki na dolinę na przykładzie Brzegu Dolnego. Monografie, 11. Wydawnictwo AR, Wrocław.
- Reeves, T.L., Smith, M.A. (1992). Time domain reflectometry for measuring soil water content in range surveys. J. Range Manag., 45, 412–414.
- Skierucha, W., Wilczek, A., Walczak, R.T. (2004). Polowy system monitorowania parametrów fizykochemicznych gleb i gruntów. Acta Agrophys., 4(2), 533–545.
- Skierucha, W., Wilczek, A. (2007). Polowy system monitorowania wilgotności gleby. PAK, 53(9bis), Lublin.
- Topp, G.C., Watt, M., Hayhoe, H.N. (1996). Point specific measurement and monitoring of soil water content with an emphasis on TDR. Can. J. Soil Sci., 76, 307–316.
- Usowicz, B., Usowicz, Ł. (2004). Punktowe pomiary wilgotności gleb, a jej przestrzenny rozkład na polach uprawnych. Acta Agrophys., 4(2), 573–588.

ASSESSMENT OF THE RESULTS OF SOIL MOISTURE MEASUREMENTS CONDUCTED WITH THE GRAVIMETRIC METHOD AND THE TDR METHOD IN THE ODER VALLEY

Abstract. The paper presents an analysis of results of measurements of moisture of three characteristic medium alluvial soils situated in the valley of the Oder river in the region of the constructed barrage in Malczyce. The measurements were taken at monthly intervals from April till October in the years 2010–2014, with parallel use of the gravimetric method and the TDR method. Correlations of the values of volumetric moisture were determined. The investigations have shown that obtained relationships were differentiated for each kind of soil. The correlation indicates strong relationship of the results obtained for sandy soils and weak/strong relationship for the loam soils.

Keywords: soil moisture, gravimetric method, TDR method, valley of the Oder river

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 2.06.2017

Do cytowań – For citation: Łyczko, W., Olszewska, B., Nowicka, E. (2017). Ocena wyników pomiarów wilgotności gleby wykonanych metodą suszarkowo-wagową oraz metodą TDR w dolinie Odry. Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 16(2), 159–166.