

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2019), 28 (1), 95–104
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2019), 28 (1)
Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2019), 28 (1), 95–104
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2019), 28 (1)
<http://iks.pn.sggw.pl>
DOI 10.22630/PNIKS.2019.28.1.9

Monika GAŚOWSKA, Ryszard OLESZCZUK, Janusz URBAŃSKI

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW
Faculty of Civil and Environmental Engineering, Warsaw University of Life Sciences
– SGGW

Ocena tempa osiadania odwodnionego torfowiska oraz weryfikacja równań empirycznych opisujących ten proces

The estimation of the subsidence rate of drained peatland and verification of empirical equations of this process

Słowa kluczowe: osiadanie torfowisk, tempo osiadania, równania empiryczne osiadania
Key words: subsidence of peatlands, subsidence rate, empirical equations of subsidence

Wprowadzenie

Jednym z procesów degradacyjnych torfowisk niskich jest obniżanie się ich powierzchni wskutek zaniku siły wyporu. Powoduje to zachwianie równowagi wewnętrznej torfowiska. Zjawisko obniżania się powierzchni torfowisk składa się z dwóch faz. Tempo osiadania zależy sposobu użytkowania, od rodzaju utworu torfowego, jego miąższości, głębokości odwodnienia oraz czasu jego trwania (Ilnicki i Szajdak, 2016). Wraz z odwodnieniem rozpoczyna się pierwsza faza osiadania, trwająca do około

10 lat, podczas której wielkość osiadania dochodzi do kilku centymetrów rocznie (Ilnicki, 1972; Hillman, 1997; Jurczuk, 2000; Chrzanowski i Szuniewicz, 2002; Schipper i McLeod, 2002; Snyder, 2005). Przyczyną osiadania w tym okresie jest przede wszystkim wzrost nacisku wierzchnich warstw gleby torfowej na warstwę leżącą poniżej. Pomimo zakończenia procesu odwadniania i ustabilizowania się zwierciadła wody gruntowej na stałym poziomie, proces osiadania nie ustaje. Związane jest to z zachodzącym procesem mineralizacji, kurczenia się i zagęszczenia materii organicznej (Okruszko, 1993; Ilnicki, 2002). W kolejnej, drugiej fazie proces ten nosi nazwę zanikania, a jego wielkość wynosi około $1\text{--}3\text{ cm}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Ilnicki, 1973; Lipka, 1978; Jurczuk, 2000; Grzywna, 2016, 2017; Lipka, Zając, Hlотор i Siejka, 2017).

W przypadku długotrwałego odwodnienia obszarów użytkowanych łąkowo wielkość zanikania jest mniejsza niż na glebach użytkowanych ornice. Szuniewicz, Jaros i Nazaruk (1991) przedstawili wyniki badań osiadania torfowiska ze Stacji Doświadczalnej Biebrza. Wykazali, że wraz ze zwiększającą się miąższością złoża torfowego wielkość zanikania jest większa: dla złoża o miąższości 1,3 i 5,0 m osiadanie powierzchni torfowiska wyniosło odpowiednio 6 cm i 18 cm. W zlewni rzeki St. John na Florydzie badania wielkości zanikania torfowiska prowadzone były od 1913 roku (Stephens, Allen i Chen, 1984). Oszacowano, że na tym obszarze roczne zanikanie wynosi 1.4–2.4 cm·rok⁻¹. Badania dotyczące tego procesu prowadzili także między innymi w Kanadzie Silins i Rothwell (1998), w Nowej Zelandii Schipper i McLeod (2002), w Wielkiej Brytanii Dawson, Kechavarzi, Leeds-Harrison i Burton (2010) oraz w Holandii Querner, Jansen, van den Akker i Kwakernaak (2012).

Celem artykułu jest określenie tempa osiadania odwodnionego torfowiska niskiego w drugiej fazie, w okresie 37 lat (1978–2015). Na podstawie uzyskanych danych pomiarowych dokonano także próby weryfikacji opracowanych przez różnych autorów równań empirycznych opisujących tempo osiadania odwodnionych torfowisk w tej fazie.

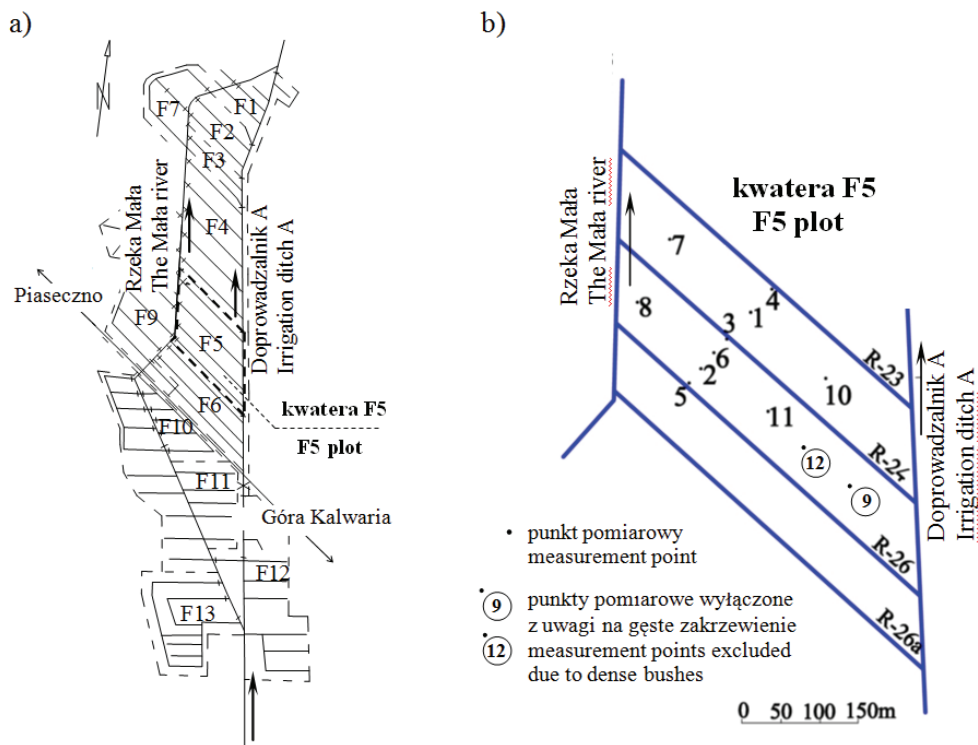
Material i metodyka badań

Analizowany w pracy obiekt Łąki Soleckie (rys. 1a) jest zlokalizowany w województwie mazowieckim, na Równinie Warszawskiej, w powiecie

piaseczyńskim, w gminie Góra Kalwaria, w pobliżu wsi Solec (52°02'39" N, 21°06'17" E). Od 2011 roku teren ten jest objęty ochroną w ramach sieci Natura 2000 (PLH140055).

Łąki Soleckie o powierzchni około 220 ha to torfowisko dolinowe powstałe w dolinie rzeki Małej, gdzie występują gleby organiczne, wytworzone z torfów niskich turzycowych i turzycowotrzciniowych o średnim i silnym stopniu rozkładu (Kaca, 1981). Pierwsze prace melioracyjne w obiekcie Łąki Soleckie przeprowadzono w latach 1941–1943 (Brożek, 1967). Polegały one na zaprojektowaniu głównej sieci rowów oraz wykonaniu części budowli piętrzących. W 1967 roku powstał projekt modernizacji melioracji użytków zielonych, w wyniku którego obiekt Łąki Soleckie podzielono na 13 kwater (F1–F13, rys. 1a). W obiekcie od kilkunastu lat nie jest prowadzona żadna gospodarka wodna z użyciem istniejącego systemu melioracyjnego. W kwaterze F5 (rys. 1b) w kilkudziesięciu punktach w 1978 roku przeprowadzono badania miąższości złoża torfowego (rys. 1; Kaca, 1981).

W celu obserwacji zmian położenia zwierciadła wody gruntowej na analizowanym obszarze zainstalowano 10 studzienek obserwacyjnych w miejscach, w których przeprowadzane były badania miąższości złoża torfowego w 1978 roku (Kaca, 1981). W pobliżu studzienek obserwacyjnych wykonywano pomiary miąższości złoża torfowego za pomocą laski glebowej w trzech powtórzeniach oraz położenia poziomu zwierciadła wody gruntowej w studzienkach. Pomiary wykonano w pięciu terminach: listopad 2013, marzec i październik 2014, lipiec i sierpień 2015 roku. Do dalszych



RYSUNEK 1. Mapa obiektu Łąki Soleckie (a) oraz lokalizacja punktów pomiarowych miąższości złoża torfowego na kwaterze F5 w 1978 roku (Kaca, 1981) i w latach 2013–2015 (b)
 FIGURE 1. The map of Łąki Soleckie site (a) and localization of measurement points of the deposit thickness of peatland on F5 plot in 1978 (Kaca, 1981) and in years 2013–2015 (b)

analiz przyjmowano średnie wartości miąższości złoża torfowego obliczone z trzech powtórzeń. W punktach 9 i 12 nie wykonywano pomiarów z racji występowania w tym miejscu gęstych zarośli krzewiastych (rys. 1b).

piryczne umożliwiające prognozowanie tempa zanikania torfowisk. Powyższe zjawisko jest bardzo niekorzystne, ponieważ w dłuższym czasie prowadzi do zmniejszania się miąższości złoża, jego powierzchni, a w konsekwencji zaniku torfowiska w środowisku naturalnym.

Przegląd równań empirycznych do szacowania wielkości osiadania złóż torfowych

Istnieje możliwość prognozowania wielkości zanikania torfowiska w drugiej fazie jego osiadania. W tabeli 1 przedstawiono wybrane równania em-

Wyniki badań

Ocena tempa osiadania torfowiska Łąki Soleckie

Pomimo że analizowana kwaterna F5 ma niewielką powierzchnię (około 15 ha), zbliżone warunki wodne i kli-

TABELA 1. Wzory empiryczne opisujące prognozę osiadania odwodnionych torfowisk niskich w drugiej fazie

TABLE 1. The empirical equations describing the subsidence rate of drained peatlands in the second phase

Torfowisko Peatland	Wzór (numer) Eq. (number)	Oznaczenie symboli według publikowanej literatury Parameters described according cited literature
Torfowisko niskie dolina Noteci Fen lowland peatland Noteć river valley (Ilnicki, 1972)	$h = 0,14H + 0,3t + 0,005L - 0,53$ (1)	H – pierwotna miąższość – initial thickness [m], t – głębokość rowów – the depth of the ditches [m], L – czas – time [lata – years], h – osiadanie powierzchni – surface subsidence [m]
Torfowisko Kuwasy Peatland Kuwasy (Krzywonos, 1974)	$S = 0,0065H + 3,1$ (2)	S – osiadanie – subsidence [cm] H – początkowa miąższość – initial thickness [cm]
Obiekt Stary Borek Stary Borek site (Jurczuk, 2000)	$S = 1,88H^{0,204} \cdot t^{0,6}$ (3)	S – osiadanie – subsidence [cm], t – liczba lat od odwodnienia – the years after drainage H – początkowa miąższość – initial thickness [cm]
Obiekt Stary Borek Stary Borek site (Jurczuk, 2000)	$S = 0,024D - 0,54$ (4)	S – tempo osiadania – subsidence rate [cm·rok ⁻¹] D – średnia głębokość położenia zwierciadła wody gruntowej w okresie wegetacji – the average ground water level in vegetation period [cm]
Obiekt Zegveld (Querner i in., 2012) Zegveld site (Querner et al., 2012)	$S = 23,54D - 6,68$ (5)	S – tempo osiadania – subsidence rate [mm·rok ⁻¹] D – średnia głębokość położenia zwierciadła wody gruntowej w okresie wegetacji – average ground water level in vegetation period [m]

matyczne, a miąższość złoza w 1978 roku była prawie jednakowa na całym obszarze (średnia miąższość około 130 cm, oprócz punktów 9 i 10), to obecnie zmiana miąższości złoza torfowego jest bardzo zróżnicowana (tab. 2, rys. 2). Średnie roczne tempo zanikania złoza torfowego na tym fragmencie Łąk Soleckich w ciągu 37 lat waha się w granicach od około 0,06 do około 1,56 cm·rok⁻¹. Wielkość tego parametru zmienia się prawie 26-krotnie. Wartości te są zbliżo-

ne do danych dostępnych w literaturze przedmiotu, w której wielkość zanikania złożeń torfowych użytkowanych łąkowo jest w zakresie od około 1 do 3 cm·rok⁻¹ (Ilnicki, 1973; Lipka, 1978; Ilnicki i Szajdak, 2016; Jurczuk, 2000; Lipka i in., 2017). Ze względu na różne usytuowanie tych punktów względem sieci rowów odwadniająco-nawadniających i rzeki wielkość zanikania jest zróżnicowana. W perspektywie lat 1978–2015 największą miąższość (1,6–1,4 m), a za-

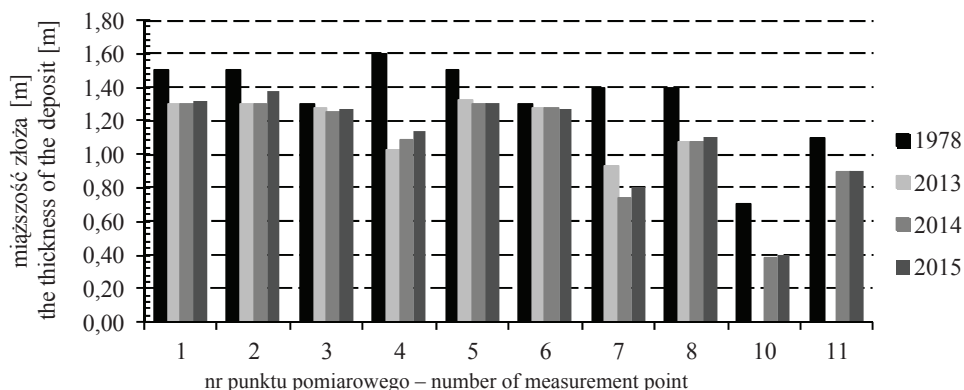
TABELA 2. Zestawienie wyników pomiarów miąższości złoza torfowego na kwaterze F5 w latach 2013–2015 z wynikami Kacy z 1978 roku (Kaca, 1981)

TABLE 2. The comparison of measurements results of the deposit thickness in F5 in years 2013–2015 with the results by Kaca in 1978 (Kaca, 1981)

Punkt Point	Średnia miąższość złoza – The average thickness of the deposit [cm]				Średnia miąższość – Average thickness [cm]	Odchylenie standar- dowe – Standard deviation [-]	Średnie zwiercia- dło wody gruntowej – Average ground water level [cm]	Ubytek miąższości złoza w latach 1978–2015 – The loss of deposit thickness in years 1978–2015		Średnie roczne tempo zanikania 1978–2015 – The annual average subsidence rate 1978–2015	
	1978	2013	2014	2015	2013–2015	2013–2015	2013–2015	[cm]	[%]	[cm·rok ⁻¹]	
1	150	130	130	132	131	4,81	45	19	13	0,52	
2	150	130	130	138	133	8,54	31	17	12	0,47	
3	130	128	125	127	127	1,83	67	3	3	0,09	
4	160	103	108	114	108	5,53	37	52	32	1,40	
5	150	132	130	130	131	4,23	24	19	13	0,52	
6	130	128	128	127	128	4,75	58	2	2	0,06	
7	140	93	74	80	82	10,18	48	58	41	1,56	
8	140	107	107	110	108	5,30	60	32	23	0,86	
9	50	brak dostępu (zakrzaczenie) – no access (shrubs bushes)									
10	70	–	38	40	39	3,94	31	31	44	0,84	
11	110	–	90	90	90	5,91	17	20	18	0,54	
12	110	brak dostępu (zakrzaczenie) – no access (shrubs bushes)									

razem największe tempo osiadania złoza torfowego (powyżej 1 cm·rok⁻¹) odnotowano w punktach 4 i 7 zlokalizowanych odpowiednio w pobliżu rowu R-23 i koryta rzeki Mała. Mniejsze tempo osiadania (0,47–0,84 cm·rok⁻¹) w analizowanym okresie odnotowano w większości punktów pomiarowych: 1, 2, 5, 8, 10 i 11

charakteryzujących się miąższością złoza w 1978 roku na poziomie 0,7–1,5 m. Punkty te są zlokalizowane w większości w środku łąnu między rowami R-23, R-24 i R-26. Najmniejsze tempo osiadania (praktycznie bardzo niewielkie, tj. 0,06–0,09 cm·rok⁻¹) zaobserwowano w dwóch punktach pomiarowych po-



RYSUNEK 2. Zmiany miąższości złoza torfowego w latach 1978–2015
 FIGURE 2. Changes of peat deposit thickness in the years 1978–2015

zonych w pobliżu rowu R-24, tj. 3 i 6 o tej samej początkowej miąższości złoza (1,3 m). Oceniając procentowy ubytek miąższości złoza torfowego (2013–2015) w stosunku do 1978 roku, największe straty wynoszące 41–44% zaobserwowano w punktach pomiarowych 7 i 10, a najmniejsze rzędu 2–3% w punktach 3 i 6 (tab. 2).

Weryfikacja wzorów empirycznych z wynikami pomiarów terenowych tempa osiadania

Dysponując wymaganymi danymi do wzorów empirycznych przedstawionych w tabeli 1, tj. wynikami pomiarów miąższości złoza torfowego, położenia zwierciadła wody gruntowej, czasu odwodnienia (37 lat) oraz głębokości rowów ($t = 1$ m) (Kaca, 1981; Oleszczuk, Gąsowska, Guz, Urbański i Hewelke, 2017), podjęto próbę oszacowania wielkości osiadania złoza torfowego w drugiej fazie i porównania wyników obliczeń z wartościami pomierzonymi w warunkach terenowych (tab. 3). Zamieszczone w tabelach trzy wielkości osiadania wyrażono każdorazowo w jednostkach wy-

maganych przez autorów poszczególnych równań empirycznych w celu ułatwienia porównywania wartości pomierzonych i obliczonych. Wyniki pomiarów terenowych i obliczeń z wykorzystaniem kolejnych równań uznawano za zadowalająco zgodne wówczas, gdy różniły się one nie więcej niż o 30% (wyróżniono je pogrubioną czcionką w tab. 3).

Równanie (1) Ilnickiego (1972) umożliwia dosyć dokładne szacowanie wielkości osiadania powierzchni torfowiska w przypadku głębokiego złoza przy znajomości głębokości rowów, czasu trwania odwodnienia i początkowej miąższości złoza ($H = 1,5$ m, punkty pomiarowe 1, 2 i 5) w danym okresie pomiarowym (kolumna 2 – wartości pomierzone odpowiednio 0,19; 0,17 i 0,19 m, kolumna 7 – obliczone 0,17 m, tab. 3).

Wykorzystując wzór (2) Krzywonośa (1974) do szacowania wielkości osiadania jedynie według miąższości początkowej złoza, podobnie jak w przypadku wzoru (1), najlepszą zgodność pomiarów z wynikami obliczeń uzyskano dla punktów pomiarowych 1, 2 i 5 (miąż-

TABELA 3. Średnie pomierzone i obliczone wielkości osiadania złoża torfowego z zastosowaniem wzorów empirycznych (1–5) na kwaterze F5
 TABLE 3. The average measured and calculated subsidence rate values of the peat deposit using empirical equations (1–5) on the plot F5

Punkt Point	Miaższość złoża – The thickness of deposit 1978		Pomierzone osiadanie w latach 1978–2015 Measured subsidence in years 1978–2015				Zwiercia- dło wody gruntowej Ground water level	Ilnicki (1972) Wzór (1) Eq. (1)	Krzywonos (1974) Wzór (2) Eq. (2)	Jurezuk (2000) Wzór (3) Eq. (3)	Jurezuk (2000) Wzór (4) Eq. (4)	Querner i in. (2012) Wzór (5) Eq. (5)
	m	cm	m	cm	cm·rok ⁻¹ cm·year ⁻¹	mm·rok ⁻¹ mm·year ⁻¹						
1	1,5	0,19	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	1,5	0,17		19	0,47	4,7	45	0,17	12,85	45,60	0,54	3,91
3	1,3	0,03	3	3	0,09	0,9	67	0,14	11,55	44,29	1,06	8,97
4	1,6	0,52		52	1,40	14	37	0,18	13,50	46,21	0,34	1,91
5	1,5	0,19		19	0,52	5,2	24	0,17	12,85	45,60	0,03	1,08
6	1,3	0,02	2	2	0,06	0,6	58	0,14	11,55	44,29	0,85	6,97
7	1,4	0,58		58	1,56	15,6	48	0,15	12,20	44,97	0,60	4,53
8	1,4	0,32		32	0,86	8,6	60	0,15	12,20	44,97	0,90	7,44
10	0,7	0,31		31	0,84	8,4	31	0,05	7,65	39,04	0,20	0,62
11	1,1	0,20		20	0,54	5,4	17	0,11	10,25	42,81	-0,14	-2,74

Wartości pomierzone i doliczone zgodnie w granicach 30% zaznaczone pogrubioną czcionką.

szość złoza 1,5 m). Wynik obliczenia wynoszący 12,85 cm jest stały pomimo zaobserwowanych w warunkach naturalnych wielkości osiadania wynoszących odpowiednio 19, 17 i 19 cm (tab. 3, kol. 8 i 2). Wzór ten ewentualnie może być pomocny tylko przy szacowaniu wielkości osiadania złóż torfowych o podobnej miąższości (około 1,5 m).

Stosując wzór (3) Jurczuka (2000) uzależniającego wielkość osiadania od początkowej miąższości złoza i liczby lat od odwodnienia, otrzymano na podstawie obliczeń zbliżone wielkości osiadania do pomierzonych w punktach pomiarowych 4 i 10.

W przypadku wzoru (4) Jurczuka (2000) uwzględniającego tylko średnią głębokość położenia wody gruntowej w okresie wegetacyjnym najlepsze oszacowanie tempa osiadania powierzchni złoza ($\text{cm}\cdot\text{rok}^{-1}$) uzyskano dla dwóch punktów pomiarowych (1 i 8), gdzie zwierciadło wody gruntowej zalegało w okresie pomiarowym na poziomie odpowiednio 45 i 60 cm (tab. 3, kolumna 4 – pomierzone, kolumna 10 – obliczone).

Równanie (5) Quernerera i in. (2012) uzależniającego wielkość osiadania złoza torfowego ($\text{mm}\cdot\text{rok}^{-1}$) od położenia zwierciadła wody gruntowej umożliwiło tylko w przypadku dwóch punktów pomiarowych (1 i 8) w dosyć dokładny sposób oszacowanie wielkości tego parametru na analizowanym obiekcie (kolumna 5 – pomierzone i kolumna 11 – obliczone).

Wnioski

1. W analizowanym fragmencie obiektu Łąki Soleckie (kwatera F5), pomimo jego niewielkiej powierzchni

(około 15 ha), zbliżonych warunków wodnych i klimatycznych i prawie jednakowej miąższości złoza w 1978 roku zaobserwowano bardzo wysokie zróżnicowanie tempa osiadania gleb organicznych, tzn. od 0,06 cm do 1,56 $\text{cm}\cdot\text{rok}^{-1}$ na przestrzeni 37 lat.

2. Procentowy ubytek miąższości złoza torfowego w latach 1978–2015 na analizowanym obszarze był zróżnicowany i nie zależał od początkowej miąższości złoza torfowego (H). Wahał się on w granicach od 2 do około 44%.
3. Wyniki obliczeń uzyskane z zastosowaniem poszczególnych wzorów zazwyczaj były zbliżone do pomierzonych w dwóch – trzech punktach pomiarowych. Najwyższą zgodność wyników pomiarów terenowych tempa osiadania z wynikami obliczeń uzyskano w przypadku trzech punktów pomiarowych wykorzystując równanie Ilnickiego (1972) uwzględniającego pierwotną miąższość złoza, głębokość rowów i czas po odwodnieniu.

Literatura

- Brożek, W. (1967). *Projekt melioracji użytków zielonych, obiekt rzeka Mała Solec, powiat piaseczyński, woj. mazowieckie*. Warszawa: Centralne Biuro Studiów i Projektów wodno-melioracyjnych.
- Chrzanowski, S. i Szuniewicz, J. (2002). Zaniekanie gleb organicznych na intensywnie zmeliorowanym torfowisku rejonie Biebrzy. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 2(2), 129-137.
- Dawson, Q., Kechavarzi, C., Leeds-Harrison, P.B. i Burton, R.G.O. (2010). Subsidence and degradation of agricultural peatlands in the Fenlands of Norfolk, UK. *Geoderma*, 154(3-4), 181-187.

- Grzywna, A. (2016). Zanikanie powierzchni torfowiska na odwodnionych użytkach zielonych Polesia Lubelskiego. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*, 15(1), 81-89.
- Grzywna, A. (2017). The degree of peatland subsidence resulting from drainage of land. *Environmental Earth Sciences*, 76, 559.
- Hillman, G.R. (1997). Effects of engineered drainage on water tables and peat subsidence in an Alberta treed fen. W C. Carl (red.), *Northern Forested Wetlands: Ecology and Management* (strony 253-272). Boca Raton: Lewis Publisher.
- Ilnicki, P. (1972). Osiedlenie powierzchni torfowisk niskich w dolinie Noteci będących w długotrwałym rolniczym użytkowaniu w zależności od ich budowy i intensywności odwodnienia. *Rozprawy WSR w Szczecinie*, 30, 1-63.
- Ilnicki, P. (1973). Rozmiar osiadania zmeliorowanych torfowisk nadnoteckich. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 146, 33-61.
- Ilnicki, P. (2002). *Torfowiska i torf*. Poznań: Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego.
- Ilnicki, P. i Szajdak, L.W. (2016). *Zanikanie torfowisk*. Poznań: Wydawnictwo Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk.
- Jurczuk, S. (2000). *Wpływ regulacji stosunków wodnych na osiadanie i mineralizację gleb organicznych*. Biblioteczka Wiadomości IMUZ 96. Falenty: Wydawnictwo IMUZ.
- Kaca, E. (1981). *Model matematyczny procesu podnoszenia się zwierciadła wody gruntowej przy nawodnieniu podsiąkowym* (rozprawa doktorska). Warszawa: SGGW-AR.
- Krzywonos, K. (1974). Pomelioracyjne osiadanie torfowisk. *Wiadomości IMUZ*, 12(1), 151-169.
- Lipka, K. (1978). Zanikanie torfowisk dawno zmeliorowanych w okolicach Rudnika nad Sanem, Leżajska i Przeworska. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 79(4), 95-127.
- Lipka, K., Zając, E., Hlotov, V. i Siejka, Z. (2017). Disappearance rate of a peatland in Dublany near Lviv (Ukraine) drained in 19th century. *Mires and Peat*, 19, 1-15.
- Okruszko, H. (1993). Transformation of fen-peat soils under the impact of draining. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 406, 3-73.
- Oleszczuk, R., Gąsowska, M., Guz, G., Urbański, J. i Hewelke, E. (2017). Wpływ procesów osiadania i zanikania gleb organicznych murszowych na profile podłużne rowów odwadniająco-nawadniających. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*, 16(3), 3-13.
- Querner, E.P., Jansen, P.C., van den Akker, J.J.H. i Kwakernaak, C. (2012). Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows. *Journal of Hydrology*, 446-447, 59-69.
- Schipper, L.A. i McLeod, M. (2002). Subsidence rates and carbon loss in peat soils following conversion to pasture in the Waikato Region, New Zealand. *Soil Use and Management* 18(2), 91-93.
- Silins, U. i Rothwell, R.L. (1998). Forest peatland drainage and subsidence affect soil water retention and transport properties in an Alberta peatland. *Soil Science Society of America Journal*, 62, 1048-1056.
- Snyder, G.H. (2005). Everglades agricultural area soil subsidence and land use projections. *Annual Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida*, 64, 44-51.
- Stephens, J.C., Allen, Jr. L.H. i Chen, E. (1984). Organic soil subsidence. *Reviews in Engineering Geology*, 6, 107-122.
- Szuniewicz, J., Jaros, H. i Nazaruk, G. (1991). Gospodarka wodna na glebach torfowych. *Biblioteczka Wiadomości IMUZ*, 77, 43-58.

Streszczenie

Ocena tempa osiadania odwodnionego torfowiska oraz weryfikacja równań empirycznych opisujących ten proces. W pracy przedstawiono ocenę tempa zanikania fragmentu odwodnionego dolinowego złoża torfowego w latach 1978–2015. Zaobserwowano bardzo duże zróżnicowanie tego zjawiska na relatywnie małej badanej powierzchni (ok. 15 ha) wynoszące od 0,06 do 1,56 cm·rok⁻¹. Procentowy ubytek miąższości złoża torfowego w latach 1978–2015 na analizowanym obszarze był zróżnicowany i nie zależał od początkowej miąższości złoża torfowego. Wahał się on

w granicach od 2 do około 44%. Uzyskane dane pomiarowe umożliwiły weryfikację dostępnych w literaturze wybranych równań empirycznych opisujących proces osiadania. Umożliwiło to zarekomendowanie wybranych równań do stosowania w przypadku przewidywania wielkości tempa osiadania dla podobnych odwodnionych gleb organicznych.

Summary

The estimation of the subsidence rate of drained peatland and verification of empirical equations of this process. The paper presents the soil surface subsidence rate of drained (1967–1971) peat deposit in 1978–2015 years. The very high differences of the rate was observed on relatively small area (15 ha). The subsidence rate was observed in the range from 0.06 to

1.56 cm·year⁻¹. The percentage loss of the peat deposit thickness in the years 1978–2015 in the analyzed area was varied and did not depend on the initial thickness of the peat deposit. It oscillated between 2 and approx. 44%. The obtained measured data were able to perform the verification of selected published in the literature empirical equations to predict the subsidence rate of soil surface of drained many years ago lowland peatlands.

Authors' address:

Ryszard Oleszczuk
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Kształtowania Środowiska
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
e-mail: ryszard_oleszczuk@sggw.pl