

Wpłynęło 02.03.2016 r.
Zrecenzowano 31.03.2016 r.
Zaakceptowano 05.04.2016 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

PRZYDATNOŚĆ WSKAŹNIKA WYSYCENIA GLEBY FOSFOREM DO OCENY RYZYKA WYNOSENIA TEGO SKŁADNIKA W SPŁYWIE DO WÓD POWIERZCHNIOWYCH – STUDIUM PRZYPADKU

**Stefan PIETRZAK¹⁾ ABCDEF, Zuzanna MAJEWSKA¹⁾ BEF,
Piotr WESOŁOWSKI²⁾ AD**

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Jakości Wody

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie

Streszczenie

W pracy rozpoznano przydatność wskaźnika określającego stopień wysycenia gleby fosforem (DPS), wyznaczonego wyłącznie na podstawie zawartości fosforu w glebie wyekstrahowanego z użyciem wody destylowanej, do oceny ryzyka wynoszenia fosforu fosforanowego wraz ze spływem powierzchniowym z pola uprawnego. Wykorzystana w pracy wersja wskaźnika DPS została niedawno opracowana i ma charakter nowatorski w stosunku do istniejących jego wcześniejszych wariantów. Badania przeprowadzono w latach 2013–2014 na gruncie ornym położonym na stoku o nachyleniu ok. 5%, w wybranym gospodarstwie w województwie zachodniopomorskim. Stwierdzono w szczególności, że: a) wierzchnia warstwa gleby stanowiącego obiekt badawczy pola była wysycona fosforem na poziomie przekraczającym 80%, co oznacza, że potencjalnie istniało duże ryzyko wynoszenia z niej tego składnika ze spływem powierzchniowym; b) stopień wysycenia gleby fosforem był silnie skorelowany z zawartością fosforu w glebie, oznaczonego w wodzie destylowanej, a także – już w mniejszym stopniu, z zawartością fosforu w glebie, oznaczonego metodą Egnera–Riehma; c) stężenie fosforu rozpuszczalnego w spływie powierzchniowym było związane – na słabym, co najwyżej umiarkowanym poziomie – ze stopniem wysycenia gleby fosforem. W ogólnym aspekcie, uzyskane wyniki badań sugerują, że zastosowany w ich ramach wskaźnik DPS może być przydatnym środkiem do oceny ryzyka wynoszenia fosforu ze spływem powierzchniowym z użytków rolnych.

Słowa kluczowe: spływ powierzchniowy, stopień wysycenia gleby fosforem, użytki rolne

Do cytowania For citation: Pietrzak S., Majewska Z., Wesołowski P. 2016. Przydatność wskaźnika wysycenia gleby fosforem do oceny ryzyka wynoszenia tego składnika w spływie do wód powierzchniowych – studium przypadku. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 16. Z. 2 (54) s. 89–98.

WSTĘP

Gleby mają ograniczoną zdolność do zatrzymywania (sorbowania) fosforu. W miarę zwiększania zawartości tego składnika w glebie, zwiększa się jego ilość wynoszona wraz ze spływem powierzchniowym [POTE i in. 1996; TORBERT i in. 2002; SHARPLEY, KLEINMAN 2003]. Straty fosforu z gleb użytkowanych rolniczo, do których dochodzi tą drogą, mogą prowadzić do przyspieszonej eutrofizacji wód powierzchniowych [ANDRASKI, BUNDY 2003; MILLER i in. 2011; SHARPLEY 1993]. Problem ten został zauważony w różnych częściach świata, w szczególności w odniesieniu do strat wymienionego składnika z gleb piaszczystych [NAIR 2014]. Dobrym wskaźnikiem do oceny potencjalnych strat fosforu z gleb użytków rolnych jest stopień wysycenia fosforem – DPS (skrót od angielskiej nazwy „degree of phosphorus saturation”) [ALLEONI i in. 2014]. Wskaźnik ten jest obecnie stosowany w niektórych krajach (w tym w Holandii, USA, Belgii/Flandrii, Niemczech i Kanadzie) do prognozowania wynoszenia fosforu z gleb przez wody opadowe i oceny ryzyka eutrofizacji wód powierzchniowych [RENNESON i in. 2015]. Stopień wysycenia fosforem w jego klasycznej formule określany jest jako wyrażony w procentach stosunek zawartości fosforu w wyciągu glebowym do pojemności sorpcyjnej gleby wobec fosforu, przy czym stosowane są różne podejścia w zakresie wyznaczania składowych tej zależności [CASSON i in. 2006; NAIR i in. 2004]. Procedura wyznaczania wskaźnika DPS według tej formuły jest swoista dla różnych rodzajów gleby, co stwarza określone problemy metodyczne i ogranicza możliwości jego szerszego stosowania [SAPEK 2007]. Niedawno PÖTHIG i in. [2010] opracowali inną metodę wyznaczania wymienionego wskaźnika. Stanowi ona, że jedynym czynnikiem od którego jest zależny parametr DPS, jest zawartość fosforu w glebie oznaczonego z użyciem wody destylowanej – WSP (water-soluble P). Metoda ta jest prostsza w stosowaniu i może być użyta do oceny ryzyka strat fosforu ze wszystkich gleb, niezależnie od ich rodzaju i sposobu użytkowania.

Celem niniejszej pracy było wstępne rozpoznanie – na podstawie studium przypadku – przydatności parametru DPS wyznaczonego za pomocą wyżej wymienionej metody do oceny ryzyka wynoszenia fosforu w spływie powierzchniowym z pola uprawnego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2013–2014 na polu uprawnym występującym na glebie brunatnej wytworzonej z gliny średniej zaliczanej do klasy IVa, położonym na wzniesieniu o nachyleniu ok. 5%, w gminie Stare Czarnowo, w województwie zachodniopomorskim (N: 53°16'2,46" E: 14°46'9,42"). Gleby tego rodzaju jak wymieniona, charakteryzują się dużą zmiennością warunków wodno-powietrznych ze względu na ich dwuwarstwowy układ. Piaszczysta warstwa po-

wierzchniowa jest podatna na podsychanie, przy czym jej warunki wilgotnościowe w dużym stopniu zależą od głębokości zalegania izolacyjnej warstwy gliny średniej. W latach gospodarczych 2013/14–2014/15 na objętym badaniami użytku rolnym uprawiano rzepak ozimy i pszenicę ozimą, pod które to uprawy zastosowano nawożenie fosforowe, odpowiednio w dawkach 48 i 35 kg P₂O₅·ha⁻¹ (nawozów naturalnych nie stosowano).

Na stoku pola wydzielono fragment, z którego w trzech stałych miejscach monitoringu pobierano w tym samym czasie próbki gleby oraz spływu powierzchniowego – każdorazowo po wystąpieniu opadów deszczu wywołujących ten spływ. Próbki gleby pobierano z jej wierzchniej warstwy 0–5 cm, przy czym próbkę reprezentatywną (zespoloną) tworzą z siedmiu pojedynczych próbek. Próbkę spływu powierzchniowego pobierano z trzech specjalnych rynien (zbieraczy), o wymiarach: dł. – 1000, szer. – 200, gł. – 150 mm, usytuowanych pod strefą pobierania próbek gleby.

W pobranej glebie oznaczano metodą spektrofotometryczną za pomocą automatycznego analizatora przepływowego zawartość fosforu rozpuszczalnego (WSP) w wyciągu wodnym, sporządzonym w proporcji: 1 g gleby na 50 ml wody destylowanej oraz (w celach porównawczych) zawartość przyswajalnych form fosforu metodą Egnera–Riehma, z wykorzystaniem do ekstrakcji roztworu mleczanu wapnia (pH ~ 3,55). W próbkach gleby oznaczano także pH_{KCl} metodą potencjometryczną.

W próbkach spływu powierzchniowego po ich przesączeniu oznaczano stężenie fosforanów rozpuszczonych metodą spektrofotometryczną z molibdenianem amonu, zgodnie z normą PN-EN ISO 6878: 2006.

Na podstawie wyników oznaczeń zawartości fosforu w glebie za pomocą wyciągu wodnego obliczono wskaźniki DPS, stosując równanie [PÖTHIG i in. 2010]:

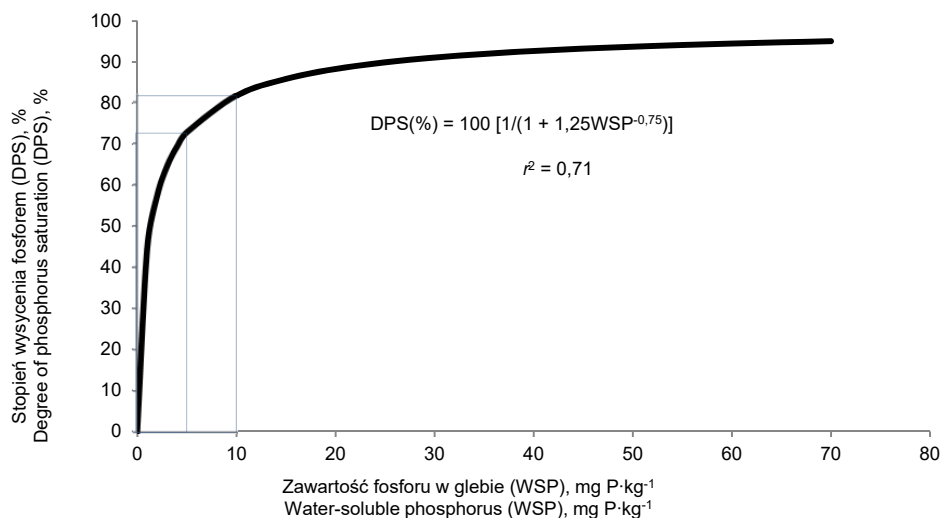
$$DPS(\%) = \frac{1}{1+1,25WSP^{-0,75}} 100 \quad (1)$$

gdzie:

WSP = zawartość fosforu rozpuszczalnego w wodzie, mg P·kg⁻¹ gleby.

Na podstawie wyznaczonych wskaźników wysycenia gleby fosforem dokonano oceny ryzyka wynoszenia fosforu w spływie do wód powierzchniowych, wykorzystując przedziały graniczne określone przez PÖTHIG i in. [2010] – rysunek 1. Przyjęto, że jeśli wartość DPS przekracza 80%, istnieje duże ryzyko strat fosforu z gleby w spływie powierzchniowym, wartości DPS mniejsze niż 70% uznano za bezpieczne, a wartości zawierające się między 70 i 80% za tolerowane.

Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie. Wyniki analiz laboratoryjnych zweryfikowano za pomocą testu Dixona [EPA 2000; TWARDOWSKI, TRAPLE 2006], w celu wykrycia i eliminacji wyników wątpliwych (skrajnych wartości odstających) oraz ustalono korelacje między wszystkimi rozpatrywanymi parametrami.



Rys. 1. Zależność między stopniem wysycenia fosforem (DPS) a zawartością w glebie fosforu rozpuszczalnego w wodzie (WSP); źródło: opracowanie własne na podstawie: PÖTHIG i in. [2010]

Fig. 1. Correlation between the degree of phosphorus saturation (DPS) and water-soluble phosphorus of soils (WSP); source: own elaboration based on: PÖTHIG *et al.* [2010]

WYNIKI I DYKUSJA

W okresie realizacji prac badawczych 21-krotnie pobierano jednocześnie próbki gleby i spływu powierzchniowego do badań laboratoryjnych. Ilość oznaczonego w nich fosforu była znacznie zróżnicowana, w zależności od daty próbkobrania i punktu monitoringu (aczkolwiek punkty te znajdowały się w bliskim sąsiedztwie) – tabela 1. W tym zakresie zawartość fosforu w glebie oznaczonego w wyciągach Egnera–Riehma i wodnym kształtowała się odpowiednio w granicach 34,2–202,4 i 10,3–86,1 mg P·kg⁻¹. Z kolei stężenie fosforu rozpuszczalnego w spływie powierzchniowym osiągało wartości od 0,34 do 17,89 mg P-PO₄·dm⁻³. Również poziom pH gleby w warunkach prowadzonych badań ulegał znacznym wahaniom, osiągając wartości między 4,3 a 6,7.

Na podstawie testu Dixona stwierdzono, że niektóre z uzyskanych wyników pomiarowych miały charakter skrajny (wyraźnie odbiegający od pozostałych), dlatego odrzucone je w dalszej analizie. Dotyczyło to maksymalnej wartości zawartości fosforu w glebie oznaczonej w wyciągu wodnym ($C_{obl} = 0,782 > C_{kryt.} = 0,524_{(\alpha=0,01; n=21)}$) oraz maksymalnej wartości stężenia fosforu rozpuszczalnego w spływie ($C_{obl} = 0,594 > C_{kryt.} = 0,524_{(\alpha=0,01; n=21)}$). Badanie stosunków korelacyjnych tak oczyszczonych wyników wykazało, że występowały statystycznie istotne współzależności między zawartością P oznaczoną w wyciągu Egnera–Riehma oraz

wodnym i między każdym z tych wskaźników a stężeniem P-PO₄ w splywie – tabela 2. Nie istniały natomiast istotne powiązania między pH gleby a innymi rozpatrywanymi czynnikami.

Tabela 1. Wyniki oznaczeń pH oraz zawartości fosforu w glebie i stężenia fosforanów w splywie powierzchniowym

Table 1. The results determinations of pH and phosphorus content in the soil and concentration of phosphate in runoff

Data pobrania próbek gleby i splywu Date of sampling	Nr punktu monitoringu Number of monitoring point	pH _{KCl} gleby pH _{KCl} soil	Zawartość fosforu w glebie Phosphorus content in the soil mg P·kg ⁻¹ oznaczenie w wyciągu determination in the extract		Stężenie fosforu fosforanowego w splywie Concentration of phosphate phosphorus in runoff mg P-PO ₄ ·dm ⁻³
			Egnera–Riehma Egner–Riehm	wodnym water	
15.05.2013	I	6,2	49,9	10,3	0,44
	II	5,5	34,2	13,9	0,34
	III	4,9	46,4	17,3	0,50
28.05.2013	I	6,4	50,9	15,5	1,60
	II	6,0	53,3	16,9	1,11
	III	5,7	47,7	14,7	1,90
17.06.2013	I	5,9	89,3	13,7	1,62
	II	6,6	45,3	14,9	0,96
	III	5,8	38,0	15,1	1,77
24.04.2014	I	6,3	105,6	25,6	1,24
	II	6,5	134,2	29,3	2,58
	III	5,8	202,4	86,1	0,92
21.05.2014	I	6,7	99,1	22,4	1,92
	II	4,3	50,9	15,3	0,47
	III	4,7	88,4	26,5	0,80
10.06.2014	I	5,1	67,2	15,8	17,89
	II	4,8	101,5	25,9	4,74
	III	5,1	107,2	24,0	2,28
14.07.2014	I	6,5	131,1	24,3	5,41
	II	6,7	151,6	31,1	9,25
	III	6,0	105,1	29,6	7,55
Średnia arytmetyczna Arithmetic mean		5,8	85,7	23,2	3,11
Współczynnik zmienności CV, % Coefficient of variation CV, %		12,3	51,3	67,6	133,6

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Tabela 2. Korelacje między analizowanymi wskaźnikami**Table 2.** Correlation between analyzed indicators

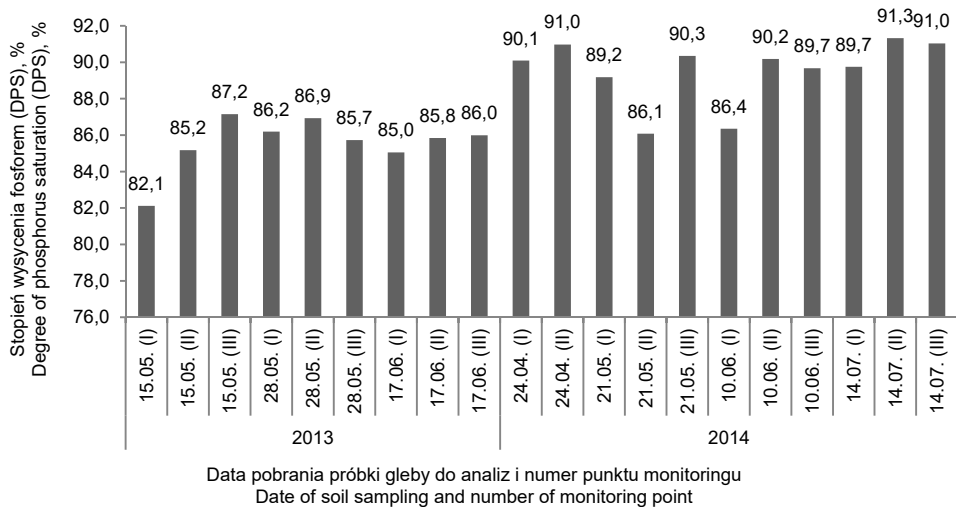
Wskaźnik Indicator	Współczynnik korelacji Pearsona Pearson correlation coefficient			
	pH _{KCl} gleba pH _{KCl} soil	P _{gleba} (Egner-Riehm) P _{soil} (Egner-Riehm)	P _{gleba} (H ₂ O) P _{soil} (H ₂ O)	P _{splyw} P _{runoff}
pH _{KCl} gleba pH _{KCl} soil	1,000	0,254	0,140	0,308
P _{gleba} (Egner-Riehm) P _{soil} (Egner-Riehm)			0,873**	0,484*
P _{gleba} (H ₂ O) P _{soil} (H ₂ O)				0,705**
P _{splyw} P _{runoff}				1,000

Objaśnienia: * – korelacja istotna na poziomie $\alpha = 0,05$, ** – korelacja istotna na poziomie $\alpha = 0,01$.

Explanations: * – correlation significant at the level $\alpha = 0.05$, ** – correlation significant at the level $\alpha = 0.01$.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Stopień wysycenia gleby fosforem (DPS) we wszystkich punktach monitoringu w całym okresie obserwacji przekraczał 80% (rys. 2), z czego wynika, biorąc pod uwagę liczby graniczne podane przez PÖTHIG i in. [2010], że istniało duże zagrożenie wynoszenia fosforu w spływie powierzchniowym ze stanowiącego obiekt badawczy pola. W tym kontekście zwrócić należy uwagę, że wyniki analiz próbek



Rys. 2. Stopień wysycenia gleby fosforem w różnych okresach; źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Degree of phosphorus saturation in different periods; source: own elaboration

glebowych metodą Egnera–Riehma (powszechnie stosowaną w Polsce do oceny zawartości fosforu przyswajalnego w glebach) wykazały, że 50% z nich występowało w „bardzo wysokiej” klasie zasobności gleb mineralnych w fosfor przyswajalny – wskazującej na potencjalnie największe ryzyko strat wymienionego składnika z tych gleb – tabela 3. Wyniki uzyskane za pomocą tej metody sugerują zatem, że niebezpieczeństwo strat fosforu było mniejsze niż określane za pomocą wskaźnika DPS.

Tabela 3. Zawartość fosforu przyswajalnego dla roślin w próbkach glebowych na tle wartości granicznych, według PN-R-04023:1996

Table 3. Content of plant available phosphorus in soil samples on the background limit values, according to PN-R-04023:1996

Przedział zawartości fosforu w glebie mg P·kg ⁻¹ s.m. gleby Range phosphorus content in the soil mg P·kg ⁻¹ DM	Udział próbek w przedziale, % Soil samples percentage in range	Ocena zasobności gleby w fosfor Assessment richness of soil in phosphorus
<22	0,0	bardzo niska very low
<22–45)	9,1	niska low
<45–66)	31,8	średnia medium
<66–88)	9,1	wysoka high
≥88	50,0	bardzo wysoka very high

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Między stopniem wysycenia gleby fosforem a zawartością fosforu w glebie oznaczoną w wyciągu Egnera–Riehma oraz wodnym istniała silna liniowa zależność, wyrażająca się wartościami współczynników Pearsona wynoszącymi odpowiednio 0,885 i 0,978 – tabela 4.

Tabela 4. Współczynnik korelacji Pearsona między DPS a zawartością fosforu w glebie i stężeniem fosforu fosforanowego w spływie powierzchniowym

Table 4. Pearson correlation coefficient correlation between DPS and phosphorus content in soil and phosphate phosphorus concentration in surface runoff water

Wskaźnik Indicator	DPS
P _{gleba} (Egner–Riehm) P _{soil} (Egner–Riehm)	0,885**
P _{gleba} (H ₂ O) P _{soil} (H ₂ O)	0,978**
P _{spływ} P _{runoff}	0,441*

Objaśnienia: * – korelacja istotna na poziomie $\alpha = 0,05$, ** – korelacja istotna na poziomie $\alpha = 0,01$.

Explanations: * – significant of correlation at the level $\alpha = 0,05$, ** – significant of correlation at the level $\alpha = 0,01$.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Bardzo silne skorelowanie stopnia wysycenia gleby fosforem z zawartością fosforu w glebie, oznaczonym w wyciągu wodnym, jest zrozumiałe zważywszy, że wyznaczenie pierwszego z wymienionych parametrów było w całości determinowane tym drugim. Należy dodać, że analizując analogiczne zależności, ale ze wskaźnikami DPS określonymi metodami tradycyjnymi, OHNO i in. [2007] oraz AMARAWANSHA i INDRARATNE [2010] ujawnili, że mogą się one charakteryzować wartościami współczynników Pearsona na poziomie odpowiednio 0,755–0,787 i 0,822.

Stwierdzono również istnienie statystycznie istotnego związku między stopniem wysycenia gleby fosforem a stężeniem fosforu w spływie powierzchniowym. W tym przypadku stopień powiązania tej pary zależności był na umiarkowanym poziomie ($r = 0,441$). Z prac innych autorów wynika, że waga związku między wymienionymi czynnikami może być głęboko zróżnicowana. W zależności od warunków prowadzonych badań i zastosowanych metod badawczych w literaturze spotyka się wartości współczynników korelacji charakteryzujących miarę powiązania między DPS (wyznaczonymi klasycznymi metodami) a $P_{\text{spływ}}$ w granicach od 0,187 [na podstawie: SAWKA i in. 2007] do 0,954 [na podstawie: WANG i in. 2010], czyli wskazujących na stan skorelowania tych wskaźników od bardzo słabego do bardzo silnego. Nadmienić należy, że wyniki te dotyczą badań przeprowadzonych z zastosowaniem symulatora deszczu, a więc odmiennych w stosunku do zrealizowanych w ramach niniejszej pracy (przeprowadzono je w warunkach naturalnych).

Na tle uzyskanych wyników badań i danych z literatury można wstępnie uznać, że wskaźnik DPS, wyznaczony na podstawie metody zaproponowanej przez PÖTHIG i in. [2010], może być dobrym narzędziem do oceny ryzyka wynoszenia fosforu z użytków rolnych w spływie powierzchniowym. Do pełniejszej oceny przydatności tego wskaźnika potrzebne są dalsze badania.

WNIOSKI

1. Zawartość fosforu w glebie oznaczona w wyciągach wodnych oraz metodą Egnera–Riehma była w stopniu odpowiednio wysokim i przeciętnym skorelowana ze stężeniem fosforu fosforanowego w spływie powierzchniowym. Zarazem zawartość fosforu w glebie oznaczona w wyciągach wodnych oraz metodą Egnera–Riehma była wysoce skorelowana ze sobą.

2. Wierzchnia 5-centymetrowa warstwa gleby była wysycona fosforem na poziomie przekraczającym 80%, z czego wynika, że potencjalne istniało duże ryzyko wynoszenia z niej tego składnika ze spływem powierzchniowym.

3. Stwierdzono bardzo silną zależność między stopniem wysycenia gleby fosforem (DPS) a zawartością fosforu w glebie oznaczonym w wyciągu wodnym oraz metodą Egnera–Riehma.

4. Stężenie fosforu rozpuszczalnego w spływie powierzchniowym było związane ze stopniem wysycenia gleby fosforem (DPS). Powiązanie to było na słabym, co najwyżej umiarkowanym, poziomie.

LITERATURA

- ALLEONI L.R.F., FERNANDES A.R., DE CAMPOS M., 2014. Degree of phosphorus saturation of an Oxisol amended with biosolids in a long-term field experiment. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 21. Iss. 8 s. 5511–5520.
- AMARAWANSHA E.A.G.S., INDRARATNE S.P. 2010. Degree of phosphorous saturation in intensively cultivated soils in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*. Vol. 22 (1) s. 113–119.
- ANDRASKI T.W., BUNDY L.G. 2003. Relationships between phosphorus levels in soil and in runoff from corn production systems. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 32(1) s. 310–316.
- CASSON J.P., BENNETT D.R., NOLAN S.C., OLSON, B.M., ONTKEAN G.R., LITTLE J.L. 2006. Degree of phosphorus saturation thresholds in Alberta soils. 40 pp. In *Alberta Soil Phosphorus Limits Project. Volume 3: Soil sampling, manure application, and sorption characteristics*. Lethbridge. Alberta Agriculture, Food and Rural Development ss. 48.
- EPA 2000. Guidance for data quality assessment: practical methods for data analysis. EPA QA/G-9, QA00 Update. Washington. Office of Environmental Information, U.S. Environmental Protection Agency ss. 219.
- MILLER J.J., CHANASYK D.S., CURTIS T.W., OLSON B.M. 2011. Phosphorus and nitrogen in runoff after phosphorus- or nitrogen-based manure applications. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 40(3) s. 949–958.
- NAIR V.D. 2014. Soil phosphorus saturation ratio for risk assessment in land use systems. *Frontiers in Environmental Science* 2:6. DOI: 10.3389/fenvs.2014.00006.
- NAIR V.D., PORTIER K.M., GRAETZ D.A., WALKER M.L. 2004. An environmental threshold for degree of phosphorus saturation in sandy soils. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 33. No. 1 s. 107–113.
- OHNO T., HOSKINS B.R., ERICH M.S. 2007. Soil organic matter effects on plant available and water soluble phosphorous. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 43 s. 683–690.
- PN-EN ISO 6878:2006. Jakość wody. Oznaczanie fosforu. Metoda spektrometryczna z molibdenianem amonu [Water quality. Determination of phosphorus. Ammonium molybdate spectrometric method].
- PN-R-04023:1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych [Agrochemical soil analyse. Determination of assimilated phosphorus contents].
- POTE D.H., DANIEL T.C., SHARPLEY A.N., MOORE P.A., EDWARDS D.R., NICHOLS D.J. 1996. Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 60(3) s. 855–859.
- PÖTHIG R., BEHRENDT H., OPITZ D., FURRER G. 2010. A universal method to assess the potential of phosphorus loss from soil to aquatic ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 17(2) s. 497–504.
- RENNESON M., VANDENBERGHE C., DUFEY J., MARCOEN J.M., BOCK L., COLINET G. 2015. Degree of phosphorus saturation in agricultural loamy soils with a near-neutral pH. *European Journal of Soil Science*. Vol. 66 s. 33–41.
- SAPEK A. 2007. Przyczyny zwiększania się zasobów fosforu w glebach polskich [Reasons for the increasing phosphorus pool in Poland's soils]. *Roczniki Gleboznawcze* T. 58. Nr 3/4 s. 110–118.

- SAWKA C.A., FLATEN D.N., WANG X., AKINREMI O.O., SRI RANJAN R. 2007. Predicting phosphorus concentrations in simulated runoff from soil test phosphorus – preliminary results [online]. Winnipeg. Proceedings 50th Manitoba Society of Soil Science Meetings. [Dostęp 2.03.2016]. Dostępny w Internecie: <http://www.researchgate.net/publication/268273580>
- SHARPLEY A.N. 1993. Assessing phosphorus bioavailability in agricultural soils and runoff. *Fertilizer Research*. Vol. 36 s. 259–272.
- SHARPLEY A., KLEINMAN P. 2003. Effect of rainfall simulator and plot scale on overland flow and phosphorus transport. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 32(6) s. 2172–2179.
- TORBERT H.A., DANIEL T.C., LEMUNYON J.L., JONES R.M. 2002. Relationship of soil test phosphorus and sampling depth to runoff phosphorus in calcareous and noncalcareous soils. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 31(4) s. 1380–1387.
- TWARDOWSKI K., TRAPLE J. 2006. Uwagi dotyczące wątpliwych wyników pomiarów [Remarks on doubtful results of measurements]. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*. T. 32(2) s. 699–714.
- WANG Y.T., ZHANG T.Q., HU Q.C., TAN C.S., HALLORAN I.P.O., DRURY C.F., REID D.K., MA B.L., BALL-COELHO B., LAUZON J.D., REYNOLDS W.D., WELACKY T. 2010. Estimating dissolved reactive phosphorus concentration in surface runoff water from major Ontario soils. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 39(5) s. 1771–1781.

Stefan PIETRZAK, Zuzanna MAJEWSKA, Piotr WESOŁOWSKI

**THE SUITABILITY OF DEGREE OF PHOSPHORUS SATURATION INDICATOR
TO ASSESS THE RISK OF LOSSES THIS COMPOUND
BY RUNOFF TO SURFACE WATER – CASE STUDY**

Key words: *agricultural land, degree of phosphorus saturation, surface runoff*

S u m m a r y

The objective of the current study was to recognize the usefulness of parameter defining the degree of phosphorus saturation (DPS), determined on the basis of the content of phosphorus in the soil, extracted by using distilled water to assess the risk of phosphorus loss from agricultural soils. The version of DPS indicator, used in this study, has been recently developed. Existing variant is innovative as compared to the previous. The study was conducted in 2013–2014 on arable land located on slopes with a slope of approx. 5%, in selected farm in Western Pomerania. In particular, it was found that: a) the top layer of soil was saturated with phosphorus at a level exceeding 80%, which means that potentially there was a high risk of loss this component by runoff; b) the degree of phosphorus saturation was strongly correlated with the content of phosphorus in the soil determined by using distilled water, and – to a lesser extent, phosphorus content in the soil determined by Egner–Riehm; c) concentration of water-soluble phosphorus in runoff water was connected – a weak, at best a moderate level – with the degree of phosphorus saturation. In general, the results of research suggest that DPS rate may be useful to assess the risk of phosphorus loss from agricultural land by runoff.

Adres do korespondencji: dr hab. Stefan Pietrzak, prof. nadzw., Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Jakości Wody, al. Hrabstwa 3, 05-090 Raszyn; tel. +48 22 735-75-62, e-mail: S.Pietrzak@itp.edu.pl