

Wpłynęło 18.11.2013 r.
Zrecenzowano 06.02.2014 r.
Zaakceptowano 24.02.2014 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

PRODUKCJA ROLNICZA A JAKOŚĆ WÓD NA OBSZARACH POLDEROWYCH ŻUŁAW ELBLĄSKICH

Tadeusz MARCINKOWSKI ABCDEF

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Żuławski Ośrodek Badawczy w Elblągu

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań wybranych parametrów jakościowych próbek wód gruntowych i powierzchniowych, pobieranych w latach 2011–2012 w pięciu towarowych, rodzinnych gospodarstwach rolnych, położonych na terenie Żuław Elbląskich. Ryzyko potencjalnego zanieczyszczenia wody reaktywnymi formami azotu oraz fosforem i potasem w gospodarstwach oceniano na tle ich wyników ekonomiczno-produkcyjnych, w tym efektywności wykorzystania makroskładników pokarmowych w towarowej produkcji rolniczej, oszacowanej metodą bilansu „u bramy gospodarstwa”. Przeciętny nadmiar azotu w gospodarstwach wynosił od 109 do 190 kg N·ha⁻¹, fosforu od 2 do 38 kg P·ha⁻¹ i potasu od 3 do 103 kg K·ha⁻¹. Stwierdzono, że większość analizowanych próbek wód gruntowych, pobieranych z terenu użytków rolnych analizowanych gospodarstw, zawierała nadmierne stężenie amonowej formy azotu, które często przekraczało 2,33 mg·dm⁻³ N-NH₄. Stężenie potasu było również duże i w większości badanych próbek wód gruntowych wielokrotnie przekraczało wartość 20 mg K·dm⁻³. Obserwowane stężenia fosforanów w zasadzie nie przekraczały wartości 1,63 mg P-PO₄·dm⁻³. Natomiast w analizowanych próbkach wód gruntowych nie stwierdzono nadmiernego stężenia azotanów oraz widocznych przekroczeń wartości granicznych pH. Wiele zastrzeżeń budzi również jakość wód powierzchniowych, które pobierano wyłącznie ze śródpolnych rowów melioracyjnych. Okresowe pogorszenie ich jakości było determinowane nie tylko nadmiernym stężeniem azotu amonowego, ale również stosunkowo dużym stężeniem fosforanów, często przekraczającym 1,00 mg P-PO₄·dm⁻³.

Słowa kluczowe: gospodarstwo rolne, jakość wód gruntowych i powierzchniowych, produkcja rolnicza

WSTĘP

Produkcja rolnicza, ze względu na swój przestrzenny charakter, istotnie wpływa na jakość środowiska przyrodniczego, przy czym jej wpływ jest najczęściej ne-

Do cytowania For citation: Marcinkowski T. 2014. Produkcja rolnicza a jakość wód na obszarach polderowych Żuław Elbląskich. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 1(45) s. 41–52.

gatywny. Liczne błędy w zarządzaniu składnikami nawozowymi w gospodarstwach, nieprawidłowości w stosowaniu zabiegów agrotechnicznych i środków ochrony roślin powodują degradację takich komponentów środowiska, jak gleba, woda, powietrze oraz krajobraz, wraz z jego bioróżnorodnością [DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWICZ 2005; SPIESS 2011]. Problem dotyczy wielu polskich gospodarstw, co z punktu widzenia obecnych oraz przyszłych celów i priorytetów wspólnej polityki rolnej (WPR) na lata 2014–2020, rodzi konieczność natychmiastowego poszukiwania skutecznych i możliwych do realizacji sposobów jego rozwiązania. Nieuchronnie zbliżające się reformy WPR [KOM (2010)672], w tym konieczność realizacji celów dotyczących zrównoważonego gospodarowania zasobami naturalnymi i ochrony klimatu, zobowiązują podmioty działające w rolnictwie i na obszarach wiejskich do skutecznych działań w tym kierunku. W sferze polskiego rolnictwa problem ograniczania emisji substancji biogenych do środowiska ma nadal znaczenie priorytetowe [CZAJKOWSKA 2010; PIETRZAK 2012; SAPEK 2010; SOSULSKI, ŁABĘTOWICZ 2007].

Wśród rozlicznych rodzajów zanieczyszczeń wody i powietrza, migrujących z terenu zagrody i użytków rolnych, miejsce szczególne zajmują azot i jego związki [SAPEK, SAPEK 2006]. Azot niewykorzystany w produkcji rolniczej bardzo łatwo ulega rozproszeniu do środowiska, zwłaszcza w postaci gazowej, a miejsca, kierunki oraz sposoby ograniczania jego migracji są nadal zagadnieniem otwartym i nie zawsze do końca zdiagnozowanym [MARCINKOWSKI 2010]. Na Żuławach Wiślanych wysokie koszty gospodarowania w warunkach gospodarki polderowej (konieczność utrzymywania kosztownych i energochłonnych stacji pomp, ciężkie gleby) wymuszają wysoki poziom intensyfikacji produkcji rolniczej gospodarstw, co bezpośrednio przekłada się na wzrost zagrożeń środowiskowych, związanych z zanieczyszczaniem lokalnych zasobów glebowo-wodnych i powietrza. Należy zatem poszukiwać sposobów efektywnego gospodarowania składnikami pokarmowymi oraz propagować rolnictwo niskoemisyjne.

W pracy przedstawiono wyniki badań wybranych parametrów jakościowych próbek wód gruntowych i powierzchniowych pobieranych w latach 2011–2012 w pięciu towarowych gospodarstwach rolnych regionu elbląskiego. Monitoring jakości lokalnych zasobów wodnych prowadzony jest w ramach zadania 1.3, wchodzącego w zakres Programu Wieloletniego pt. „Standaryzacja i monitoring przedsięwzięć środowiskowych, techniki rolniczej i rozwiązań infrastrukturalnych na rzecz bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich”, realizowanego obecnie przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach. Ryzyko potencjalnego zanieczyszczenia wody reaktywnymi formami azotu oraz fosforem i potasem w gospodarstwach oszacowano na tle ich wyników ekonomiczno-produkcyjnych, w tym efektywności wykorzystania makroskładników pokarmowych w towarowej produkcji rolniczej.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania, które rozpoczęto w 2011 r., prowadzone są w pięciu gospodarstwach rolnych, położonych na obszarach polderowych Żuław Elbląskich, na terenie gmin Gronowo Elbląskie i Markusy. Charakteryzują się one stosunkowo wysokim wskaźnikiem oceny wielkości ekonomicznej gospodarstw (ESU)¹⁾. Gospodarstwa oznaczono umownie symbolami A1, P1, K1, K2, J1, a ich charakterystykę produkcyjno-ekonomiczną (tab. 1) opracowano na podstawie własnych obserwacji oraz informacji uzyskanych od ich właścicieli.

Gospodarstwo A1 położone jest w bezpośrednim sąsiedztwie jeziora Drużno i zajmuje powierzchnię 64 ha. Są to przede wszystkim ciężkie i średnie mady żuławskie. Gospodarstwo prowadzi produkcję mieszaną, tj. uprawia zboża i rzepak oraz produkuje żywiec wołowy i wieprzowy. Europejski wskaźnik wielkości ekonomicznej gospodarstwa wynosi 21 ESU, a zatem należy ono do klasy gospodarstw dużych.

Powierzchnia gospodarstwa P1 wynosi 57,5 ha i obejmuje głównie mady średnie oraz lekkie. Gospodarstwo zajmuje się wyłącznie produkcją roślinną – zbóż i rzepaku. Wskaźnik wielkości ekonomicznej gospodarstwa wynosi 15 ESU, co pozwala zaliczyć je do grupy gospodarstw średnio dużych.

Gospodarstwo K1 zajmuje powierzchnię 42,0 ha i obejmuje w większości grunty położone na średnio głębokich madach ciężkich i średnich, pylastych, zaliczonych w do II i III klasy bonitacyjnej. Podstawowy profil produkcji rolniczej gospodarstwa to towarowa produkcja mleka oraz uprawa zbóż i rzepaku. Według kryteriów wspólnotowych, gospodarstwo ma wskaźnik wielkości ekonomicznej 26 ESU, a zatem należy do klasy gospodarstw dużych.

Kolejne gospodarstwo K2 zajmuje powierzchnię 54,3 ha i jest położone na madach próchnicznych o cechach wyraźnej hydrogeniczności [GOTKIEWICZ 1996]. Jego użytki rolne, pod względem bonitacyjnym, należą do klasy II i III. Gospodarstwo miało w 2011 r. wskaźnik wielkości ekonomicznej w granicach 32 ESU i należało do grupy gospodarstw dużych. W gospodarstwie prowadzona jest towarowa produkcja mleka oraz uprawa zbóż i rzepaku.

Gospodarstwo J1 dysponuje powierzchnią 39,2 ha, położonych w większości na madach lekkich i średnich, które należą do III i IV klasy bonitacyjnej. Gospodarstwo produkuje głównie mleko, zboża i rośliny strączkowe, a wskaźnik jego wielkości ekonomicznej wynosi 24 ESU, co kwalifikuje je również do grupy gospodarstw dużych.

W wytypowanych gospodarstwach prowadzono głównie badania o charakterze obserwacyjno-studyjnym. Raz w roku opracowywano ich charakterystyki ekonomiczno-produkcyjne, ze szczególnym uwzględnieniem efektywności cyklu produk-

¹⁾ European unit of farm economic size, europejska jednostka wskaźnika wielkości ekonomicznej gospodarstwa określająca jego „żywołność ekonomiczną”, czyli dochodowość. W przybliżeniu 1 ESU = 1200 EUR.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka gospodarstw objętych monitoringiem – dane za 2011 r.
Table 1. General characteristics of monitored farms – data for the year 2011

Wyszczególnienie Specification	Kod gospodarstwa Farm code				
	A1	P1	K1	K2	J1
Wielkość ekonomiczna gospodarstwa, ESU Farm economic size, ESU	21	15	26	32	24
Klasa wielkości ekonomicznej gospodarstwa The economic class of farm	duże big	średnio duże medium	duże big	duże big	duże big
Powierzchnia użytków rolnych Area of croplands, ha	64,0	57,5	42,0	54,3	40,5
w tym: użytki zielone grasslands	9,0	–	22,0	31,3	16,0
zboża z mieszankami cereals	39,0	40,0	14,6	16,2	20,5
rośliny okopowe tuber crops	0,2	–	0,2	0,2	–
rośliny oleiste oil seed crops	16,0	17,5	5,2	5,0	–
rośliny strączkowe legumes	–	–	–	–	4,0
Nawożenie mineralne, kg NPK·ha ⁻¹ Mineral fertilisation, kg NPK·ha ⁻¹	191	220	200	360	167
w tym: nawozy azotowe, kg N·ha ⁻¹ nitrogen fertilisers, kg N·ha ⁻¹	132	171	179	202	137
Profil produkcji zwierzęcej Dominating animal production	żywiec livestock	–	mleko milk	mleko milk	mleko milk
Obsada zwierząt gospodarskich, DJP·ha ⁻¹ Animal stock, LU·ha ⁻¹	0,5	0,0	0,9	0,9	0,8
Towarowa produkcja rolnicza, kg·10 ³ Commercial farm production, kg·10 ³					
w tym: mleko milk	–	–	265	225	170
żywiec wołowy slaughter cattle	14,1	–	19,5	3,4	6,2
żywiec wieprzowy slaughter swine	2,0	–	–	–	–
zboża cereals	138	200	20	30	104
rzepak rape seeds	43,2	60	15,6	15	–
groch/fasola pea/bean	–	–	–	–	61
Bilans składników nawozowych w gospodarstwie ¹⁾ Nutrient balance in the farm ¹⁾					
w tym: azot nitrogen, kg N·ha ⁻¹	159	109	181	190	138
fosfor phosphorus, kg P·ha ⁻¹	5	32	2	6	38
potas potassium, kg K·ha ⁻¹	21	42	3	103	68
Wykorzystanie NPK w produkcji towarowej, % Efficiency of NPK utilization in commercial production, %					
w tym: azotu nitrogen	33	81	47	21	35
fosforu phosphorus	73	45	94	85	35
potasu potassium	46	29	92	56	34

¹⁾ Bilans opracowano wg metody „u bramy gospodarstwa”. ¹⁾ Balance by the method “at farm’s gate”.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

cyjnego, tj. wykorzystania składników pokarmowych w produkcji towarowej gospodarstwa. Oceny ryzyka środowiskowego realizowanej w nich produkcji rolniczej dokonano na podstawie uzyskanych wyników bilansu składników pokarmowych za 2011 r., wykonanych metodą „u bramy gospodarstwa”, podaną przez KREMER [2013]. Metoda ta, w odróżnieniu od klasycznej metody „u bramy gospodarstwa” [PIETRZAK 1997; 2013], w szacowaniu strumieni azotu nie uwzględnia dopływu bądź odpływu składnika powodowanego zmianą jego stanu w produktach, surowcach i zwierzętach pozostających w ciągu roku w gospodarstwie. Zastosowana metoda w ocenie losów nadmiaru azotu w gospodarstwie, oprócz jego skutków negatywnych dla środowiska, jak wymywanie i gazowe straty do atmosfery w postaci amoniaku i tlenków azotu, dostrzega również elementy pozytywne, a przynajmniej nie pogarszające jego jakości. Akcentuje się w niej możliwość immobilizacji części nadmiaru azotu w glebie bądź emisję nadmiaru azotu w postaci azotu cząsteczkowego na skutek procesów denitryfikacji.

W latach 2011–2012 prowadzono również całoroczny monitoring jakości lokalnych zasobów wód gruntowych i powierzchniowych, obejmujący obszar gospodarstw i ich otoczenie. Próbkę wody pobierano raz w miesiącu i poddawano ocenie laboratoryjnej w Laboratorium Badawczym Chemii Środowiska ITP w Falentach.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Bilans składników nawozowych uzyskany dla monitorowanych gospodarstw żuławskich (tab. 1) wskazuje, że w grupie gospodarstw dużych występują wyraźne nadwyżki azotu, które kształtują się w przedziale od 138 do 190 kg N·ha⁻¹. W gospodarstwie średnio dużym (P1) prowadzona jest produkcja rolnicza z nadmiarem tego składnika na poziomie 109 kg N·ha⁻¹. Znaczna nadwyżka azotu w grupie gospodarstw dużych jest najprawdopodobniej skutkiem dużego udziału produkcji zwierzęcej w całokształcie towarowej produkcji rolniczej gospodarstw, co z natury rzeczy generuje wysokie straty tego składnika pokarmowego. W przypadku fosforu, w części gospodarstw (P1, J1) saldo tego składnika przyjmuje również bardzo duże wartości – od 32 do 38 kg P·ha⁻¹. Z pewną dozą ostrożności można wnioskować, że nadmiar fosforu w tych gospodarstwach determinowany jest ilością zakupionych nawozów fosforowych w danym roku obrachunkowym, w warunkach ograniczonych możliwości wykorzystania fosforu w bieżącym cyklu produkcyjnym gospodarstw [NOUSIAINEN i in. 2011]. Zbliżone wnioski należałoby wyciągnąć również w ocenie gospodarowania potasem. Z wyjątkiem gospodarstwa K1, nadwyżka tego składnika w badanych gospodarstwach kształtowała się na bardzo wysokim poziomie. Przeciętnie wynosiła od 21 do 103 kg K·ha⁻¹ i mogła stanowić potencjalne i realne zagrożenie dla środowiska.

Również w ocenie efektywności zużycia składników nawozowych bezpośrednio na cele produkcyjne [ULÉN i in. (red.) 2013], nasuwają się liczne uwagi.

W przypadku azotu, w średnio dużym gospodarstwie P1, o wyłącznie roślinnym profilu produkcji, wynosiła ona 81%, zaś w pozostałych, z dużym udziałem produkcji zwierzęcej, była istotnie niższa (tab. 1), przy czym w gospodarstwie K2, o najwyższym poziomie nawożenia azotowego ($202 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), wynosiła zaledwie 21%. Efektywność wykorzystania fosforu i potasu w analizowanych gospodarstwach była wyraźnie zróżnicowana (dla fosforu wynosiła od 35 do 94%, dla potasu od 29 do 92%), jednak z uwagi na brak danych o zasobności gleb w te składniki, trudno obecnie o jednoznaczną interpretację. Jednak, bez względu na stopień i przyczynę bardzo nie zrównoważonego gospodarowania składnikami pokarmowymi w gospodarstwach, pojawia się pytanie, czy skutki ich nadmiaru mają wpływ na jakość lokalnych zasobów wody, gleby i powietrza. Odpowiedź na to pytanie nie jest prosta, a próbę jej uzyskania podjęto na podstawie wstępnej analizy wyników badań próbek wód gruntowych i powierzchniowych (tab. 2), pobieranych w latach 2011–2012 ze studzienek zainstalowanych na użytkach rolnych gospodarstw oraz z przyległych do nich niewielkich cieków wodnych (najczęściej śródpolnych rowów melioracyjnych). Stwierdzono, że jakość większości analizowanych próbek wód gruntowych jest zdecydowanie zła, biorąc pod uwagę stężenie amonowej formy azotu. Z nielicznymi wyjątkami zdecydowanie przekraczało ono stężenie $2,33 \text{ mg N-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$, a więc wartość graniczną dla IV klasy czystości wód podziemnych [Rozporządzenie MŚ ... 2008]. Jako przykład może posłużyć gospodarstwo K2, w którym obliczona nadwyżka azotu w 2011 r. wynosiła $190 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a średnie roczne stężenie azotu amonowego w próbkach wód gruntowych, pochodzących ze studzienek zainstalowanych na użytkach zielonych gospodarstwa, przyjmowało odpowiednio następujące wartości: 14,7 i 12,3 (łąka 1) i 12,6 i 23,7 (łąka 2) $\text{mg N-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$. Łatwo zauważyć, że w omawianym, dwuletnim okresie badań wielokrotnie przekraczało ono wspomnianą wyżej wartość graniczną. W warunkach glebowo-wodnych obszarów depresyjnych, charakteryzujących się z natury rzeczy ograniczoną strefą aeracji profilu glebowego, a więc i utrudnioną nityfikacją, może to dodatkowo ograniczać naturalną możliwość usuwania nadmiaru azotu ze środowiska w wyniku procesów denityfikacji [MARCINKOWSKI 2000]. A zatem ryzyko środowiskowe, związane z produkcją rolniczą analizowanych gospodarstw, gwałtownie zwiększa się. Podobnie należałoby ocenić koncentrację potasu, która w większości badanych próbek wód gruntowych wielokrotnie przekraczała wartość graniczną dla IV klasy czystości wód podziemnych, która wynosi $20 \text{ mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$. Dotyczy to zwłaszcza wód gruntowych, pochodzących z terenu siedlisk zagrodowych gospodarstw K1, K2, J1, A1, a więc w większości z gospodarstw (z wyjątkiem gospodarstwa K1), w których obieg tego składnika był wyraźnie nie zrównoważony. Obserwowane wartości stężeń fosforanów w badanych próbkach wód podziemnych w zasadzie (z wyjątkiem próbek wody pobieranych na terenie zagród) nie przekraczały granicznej wartości $1,63 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$, przewidzianej dla IV klasy jakości wód podziemnych. W analizowanych próbkach wód gruntowych nie stwierdzono natomiast nadmiernego stężenia azotanów oraz widocznych przekroczeń wartości granicznych dla pH.

Tabela 2. Wybrane parametry jakościowe monitorowanych wód gruntowych i powierzchniowych

Table 2. Selected parameters of ground water and surface water quality

Miejsce pobrania próbki Place of water sampling	Rok Year	Parametry Parameters					Poziom wody gruntowej, cm Ground water table, cm
		pH	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P-PO ₄ ⁻	K ⁺	
		mg·dm ⁻³					
1	2	2	4	5	6	7	8
A1 – studzienka na polu A1 – field piezometer	2011	<u>7.2</u> 6,6–7,9	<u>0.91</u> 0,10–5,61	<u>4.80</u> 0,10–11,2	<u>0.38</u> 0,13–0,80	<u>3.97</u> 3,32–4,64	<u>130</u> 90–175
	2012	<u>6.9</u> 6,5–8,0	<u>0.72</u> 0,07–2,05	<u>11.9</u> 7,56–17,6	<u>0.13</u> 0,00–0,35	<u>4.65</u> 4,05–5,42	<u>124</u> 92–145
A1 – studzienka zagrodowa A1 – farmstead piezometer	2011	<u>7.3</u> 6,7–7,6	<u>14.3</u> 0,40–17,2	<u>7.59</u> 3,63–25,4	<u>1.59</u> 0,24–8,50	<u>475</u> 404–546	<u>137</u> 86–171
	2012	<u>7.2</u> 6,9–7,6	<u>31.8</u> 0,41–97,1	<u>4.71</u> 1,53–7,74	<u>0.23</u> 0,03–0,89	<u>717</u> 489–1090	<u>139</u> 105–164
A1 – rów melioracyjny A1 – reclamation ditch	2011	<u>7.2</u> 6,1–7,5	<u>3.02</u> 0,51–3,90	<u>0.43</u> 0,03–2,34	<u>0.38</u> 0,02–0,87	<u>2.35</u> 1,20–3,52	–
	2012	<u>7.0</u> 6,9–7,0	<u>1.46</u> 0,33–3,28	<u>1.24</u> 0,19–1,97	<u>0.11</u> 0,06–0,20	<u>3.53</u> 0,98–5,58	–
P1 – studzienka na polu nr 1 P1 – field piezometer no 1	2011	<u>7.0</u> 6,6–7,3	<u>1.42</u> 0,22–4,40	<u>5.80</u> 0,92–14,3	<u>0.30</u> 0,08–0,45	<u>4.20</u> 1,80–6,82	<u>64</u> 24–118
	2012	<u>6.8</u> 6,6–7,0	<u>0.64</u> 0,08–2,50	<u>23.4</u> 16,2–31,0	<u>0.15</u> 0,04–0,33	<u>5.23</u> 3,13–6,82	<u>60</u> 30–100
P1 – studzienka na polu nr 2 P1 – field piezometer no 2	2011	<u>7.3</u> 6,5–7,7	<u>3.46</u> 0,20–15,5	<u>3.46</u> 0,21–15,5	<u>2.05</u> 0,01–5,39	<u>2.30</u> 1,12–3,17	<u>113</u> 74–165
	2012	<u>7.1</u> 6,7–7,9	<u>12.4</u> 0,26–73,8	<u>4.85</u> 1,08–14,4	<u>0.33</u> 0,03–1,34	<u>3.56</u> 1,79–6,08	<u>119</u> 78–151
P1 – rów melioracyjny P1 – reclamation ditch	2011	<u>7.4</u> 6,6–8,3	<u>0.53</u> 0,20–1,04	<u>1.28</u> 0,43–2,10	<u>1.15</u> 0,78–1,48	<u>8.42</u> 5,81–10,1	–
	2012	<u>6.9</u> 6,8–7,0	<u>0.10</u> 0,01–0,28	<u>9.03</u> 3,36–13,8	<u>0.14</u> 0,04–0,31	<u>13.5</u> 8,07–17,5	–

1	2	2	4	5	6	7	8
K1 – studzienka zagrodowa K1 – farmstead piezometer	2011	<u>7.3</u> 6,5–8,2	<u>1.31</u> 0,20–3,70	<u>4.78</u> 0,08–15,0	<u>1.58</u> 0,42–4,46	<u>327</u> 298–359	<u>51</u> 28–67
	2012	<u>7.3</u> 6,9–8,4	<u>1.50</u> 0,01–3,71	<u>9.65</u> 1,21–31,3	<u>1.16</u> 0,01–2,02	<u>302</u> 239–353	<u>65</u> 24–97
K1 – studzienka na pastwisku K1 – pasture piezometer	2011	<u>7.2</u> 6,4–8,0	<u>0.64</u> 0,10–1,50	<u>4.51</u> 0,06–12,0	<u>0.47</u> 0,28–0,57	<u>349</u> 274–419	<u>112</u> 62–149
	2012	<u>7.3</u> 6,9–8,0	<u>1.50</u> 0,23–6,17	<u>7.39</u> 0,59–19,1	<u>0.35</u> 0,09–0,84	<u>380</u> 250–545	<u>122</u> 70–166
K1 – rów melioracyjny K1 – reclamation ditch	2011	<u>7.6</u> 7,1–8,0	<u>0.20</u> 0,10–0,31	<u>12.1</u> 6,71–19,6	<u>1.66</u> 0,38–3,28	<u>36.7</u> 23,4–50,0	–
	2012	<u>7.6</u> 6,9–7,3	<u>0.19</u> 0,01–0,43	<u>34.5</u> 8,20–127	<u>12.7</u> 1,12–29,5	<u>49.7</u> 22,1–67,1	–
K2 – studzienka na pastwisku K2 – pasture piezometer	2011	<u>7.0</u> 6,3–7,8	<u>0.70</u> 0,10–3,10	<u>7.04</u> 0,99–14,4	<u>0.62</u> 0,21–1,42	<u>9.45</u> 5,70–12,2	<u>76</u> 48–112
	2012	<u>6.8</u> 6,6–7,3	<u>0.51</u> 0,11–2,50	<u>26.5</u> 3,97–58,4	<u>2.26</u> 0,001–6,20	<u>17.6</u> 7,20–41,0	<u>78</u> 59–96
K2 – studzienka na łące nr 1 K2 – meadow piezometer no 1	2011	<u>7.2</u> 6,5–7,6	<u>1.59</u> 0,40–0,60	<u>14.7</u> 4,36–24,0	<u>11.7</u> 0,315–48,7	<u>68.2</u> 46,0–127	<u>58</u> 26–79
	2012	<u>6.7</u> 6,7–7,6	<u>0.53</u> 0,06–1,02	<u>12.3</u> 3,48–23,0	<u>0.96</u> 0,02–1,94	<u>5.48</u> 4,04–9,52	<u>71</u> 34–100
K2 – studzienka na łące nr 2 K2 – meadow piezometer no 1	2011	<u>7.0</u> 6,1–7,7	<u>0.33</u> 0,10–1,00	<u>12.6</u> 5,11–25,0	<u>0.72</u> 0,31–1,56	<u>23.0</u> 6,10–54,4	<u>52</u> 12–81
	2012	<u>6.9</u> 6,6–7,7	<u>0.31</u> 0,01–0,64	<u>23.7</u> 0,54–44,4	<u>1.62</u> 0,10–4,86	<u>4.73</u> 2,50–5,94	<u>74</u> 32–119
K2 – rów melioracyjny K2 – reclamation ditch	2011	<u>7.7</u> 7,0–8,4	<u>0.20</u> 0,10–0,30	<u>19.0</u> 1,10–42,1	<u>1.01</u> 0,29–2,09	<u>43.8</u> 23,8–54,2	–
	2012	<u>7.2</u> 6,9–7,4	<u>0.58</u> 0,01–3,22	<u>0.67</u> 0,26–1,99	<u>0.35</u> 0,05–1,43	<u>26.1</u> 12,4–33,6	–

1	2	2	4	5	6	7	8
J1 – studzienka zagrodowa nr 1	2011	<u>7,1</u>	<u>2,40</u>	<u>27,5</u>	<u>5,54</u>	<u>222</u>	<u>63</u>
		6,5–8,1	0,60–7,10	6,21–63,2	0,17–10,9	102–283	50–84
J1 – farmstead piezometer no 1	2012	<u>6,7</u>	<u>0,90</u>	<u>22,0</u>	<u>4,43</u>	<u>112</u>	<u>72</u>
		6,6–7,1	0,21–2,47	14,4–31,8	0,57–8,11	45,0–145	45–90
J1 – studzienka zagrodowa nr 2	2011	<u>7,2</u>	<u>2,98</u>	<u>19,9</u>	<u>6,57</u>	<u>451</u>	<u>86</u>
		6,7–8,6	0,20–7,90	0,88–64,3	0,05–18,4	340–544	32–115
J1 – farmstead piezometer no 2	2012	<u>7,1</u>	<u>2,66</u>	<u>77,1</u>	<u>8,40</u>	<u>699</u>	<u>108</u>
		6,6–7,8	0,14–7,35	13,8–181	0,87–18,5	586–815	41–132
J1 – studzienka na łące	2011	<u>7,3</u>	<u>2,43</u>	<u>7,51</u>	<u>0,37</u>	<u>7,02</u>	<u>82</u>
		6,9–8,3	0,10–14,8	0,12–60,2	0,11–0,82	4,80–8,90	34–118
J1 – meadow piezometer	2012	<u>7,0</u>	<u>3,80</u>	<u>14,1</u>	<u>2,63</u>	<u>14,3</u>	<u>100</u>
		6,7–8,0	0,13–19,15	0,66–98,1	0,05–15,9	10,5–28,0	54–134
J1 – rów melioracyjny	2011	<u>7,5</u>	<u>3,35</u>	<u>7,50</u>	<u>2,07</u>	<u>43,9</u>	–
		7,0–7,9	2,00–4,70	0,10–60,1	0,43–4,65	40,1–44,2	–
J1 – reclamation ditch	2012	<u>7,2</u>	<u>11,4</u>	<u>0,93</u>	<u>0,71</u>	<u>91,1</u>	–
		7,0–7,4	11,4–12,5	0,90–1,2	0,70–1,22	90,1–103	–

Nad kreską wartości średnie, pod kreską minimalne i maksymalne.

Above line – mean values, under line – min-max values.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Wiele zastrzeżeń budzą również analizowane próbki wód powierzchniowych (tab. 2), które pobierano wyłącznie ze śródpolnych rowów melioracyjnych. Okresowe pogorszenie ich jakości było determinowane nie tylko nadmiernym stężeniem azotu amonowego, ale również stosunkowo dużym stężeniem fosforanów. W badanych próbkach wód powierzchniowych najczęściej przekraczało ono $1,00 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$, a więc było co najmniej dziesięciokrotnie większe niż wynosi graniczne stężenie fosforanów przewidziane dla II klasy jakości wód powierzchniowych ($0,10 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$). W tych warunkach niebezpiecznie duże stężenie fosforu, i jednocześnie dostateczna dostępność azotu i potasu, stwarzają doskonałe warunki do inicjowania procesów eutrofizacji w okolicznych ciekach i zbiornikach wodnych, a pośrednio również w wodach pobliskiego Zalewu Wiślanego, dokąd ostatecznie trafiają nadmiary wód powierzchniowych z obszarów polderowych Żuław Elbląskich.

PODSUMOWANIE

Zastosowane metody diagnozowania ryzyka środowiskowego w gospodarstwie, w tym metoda „u bramy gospodarstwa” wskazują, że produkcja rolnicza towarowych gospodarstw rolnych regionu żuławskiego, objętych badaniami, charakteryzuje się dużą nadwyżką składników pokarmowych. Obserwowany nadmiar azotu, a niekiedy także fosforu i potasu, jest zapewne wynikiem wielu nieprawidłowości w sposobie zarządzania składnikami pokarmowymi w skali całego gospodarstwa [MARCINKOWSKI 2002; PIETRZAK i in. 2013], w tym zwłaszcza nieefektywne ich wykorzystanie z nawozów mineralnych i naturalnych. W świetle koniecznej „ekologizacji” produkcji rolniczej, jednego z głównych celów środowiskowych WPR, może to w nieodległej przyszłości powodować również kłopoty w pozyskiwaniu tzw. dopłat bezpośrednich. Jednak zachowanie zasady równowagi w układzie składniki pokarmowe – produkty rolnicze możliwe jest tylko w gospodarstwach ukierunkowanych na produkcję roślinną i to w ograniczonym zakresie [SAPEK 2010]. Zasada ta zawodzi zupełnie w gospodarstwach z intensywną produkcją rolniczą. W świetle uzyskanych wyników jedynie w średnio dużym gospodarstwie P1 (wg kryteriów wspólnotowych), o wyłącznie roślinnym profilu produkcji, oszacowane straty azotu wynoszą $109 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1), zaś w pozostałych gospodarstwach, głównie o mlecznym profilu produkcji, są znacznie większe – $190 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Należy wyraźnie podkreślić, że nadwyżka azotu ogółem, oszacowana wg metody „u bramy gospodarstwa” akcentuje jedynie prawdopodobieństwo zagrożeń środowiskowych, zwracając przy tym uwagę, że znaczna część tak oszacowanego nadmiaru azotu może mieć ostatecznie postać formy nieaktywnej (N_2), a więc niegroźnej dla środowiska (na Żuławach, ze względu na ograniczoną strefę aeracji profilu glebowego, jest to bardzo możliwe). Biorąc pod uwagę fakt, że nadmierne straty składników nawozowych w produkcji rolniczej to również straty gospodar-

cze, nie umniejsza to znaczenia metody „u bramy gospodarstwa” w ocenie efektywności ekonomicznej gospodarstwa.

Skuteczność zastosowanej metody diagnozowania zagrożeń środowiskowych potwierdzają również wyniki dwuletniego monitoringu jakości zasobów wodnych, znajdujących się na terenie analizowanych gospodarstw i ich otoczenia. Zła jakość większości badanych próbek wód gruntowych, pobieranych ze studzienek zlokalizowanych na użytkach rolnych gospodarstw, jest determinowana głównie nadmiernym stężeniem amonowej formy azotu, w wielu przypadkach przekraczającym graniczną wartość stężenia $2,33 \text{ mg N-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$, jak również potasu, którego stężenie wynosiło często powyżej $20 \text{ mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$. W większości analizowanych próbek wód gruntowych nie stwierdzono nadmiernej zawartości azotanów, co może wynikać ze specyficznych warunków glebowo-wodnych panujących na obszarach polderowych Żuław Elbląskich. W pewnym stopniu potwierdza to słuszność założeń, dotyczących interpretacji wyników nadwyżki azotu w żuławskich gospodarstwach rolnych, uzyskanej metodą „u bramy gospodarstwa”. Jednakże na tym etapie badań dalsze uogólnianie uzyskanych wyników jest jeszcze przedwczesne.

LITERATURA

- CZAJKOWSKA A. 2010. Stopień zanieczyszczenia związkami biogennymi płytkich wód podziemnych w zagospodarowanej rolniczo zlewni Bierawki. *Górnictwo i Geologia*. T. 5. Z. 4 s. 91–103.
- DOMAGAŁA-ŚWIĄTKIEWICZ I. 2005. Wpływ działalności rolniczej na środowisko naturalne. Ochrona środowiska naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia. Kraków. Wydaw. AR s. 57–71.
- GOTKIEWICZ J. 1996. Uwalnianie i przemiany azotu mineralnego w glebach hydrogenicznnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 440 s. 121–129.
- KOC J., KOC-JURCZYK J., SOLARSKI K. 2010. Wielkość i dynamika odpływu azotu z wodami z obszarów rolniczych. *Zeszyty Naukowe PTG O/Rzeszów*. Z. 11 s. 121–128.
- KOM (2010)672 wersja ostateczna. WPR do 2020 r.: sprostać wyzwaniom przyszłości związanym z żywnością, zasobami naturalnymi oraz aspektami terytorialnymi. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Bruksela, 18.11.2010.
- KREMER A.M. 2013. Methodology and Handbook Eurostat/OECD. Nutrient Budgets. EU-27 [online]. Norway, Switzerland. European Commission. [Dostęp: 10.03.2014]. Dostępny w Internecie: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- MARCINKOWSKI T. 2000. Zawartość mineralnych form azotu oraz odczyn wód gruntowych na terenie Żuław Wiślanych. *Wiadomości IMUZ*. T. 20. Z. 3 s. 91–103.
- MARCINKOWSKI T. 2002. Identyfikacja strat azotu w towarowych gospodarstwach rolnych Żuław Wiślanych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*. Nr 1. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 83-88763-12-1 ss. 80.
- MARCINKOWSKI T. 2010. Emisja gazowych związków azotu z rolnictwa. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 10. Z. 3 (31) s. 175–189.
- NOUSIAINEN J., TUORI M., TURTOLA E., HUHTANEN P. 2011. Dairy farm nutrient management model. 1. Model description and validation. *Agricultural Systems*. Vol. 104 s. 371–382.
- PIETRZAK S. 1997. Metoda bilansowania składników nawozowych w gospodarstwie rolnym. *Materiały Instruktażowe*. Nr 116. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 83-85735-63-1 ss. 22.

- PIETRZAK S. 2012. Azotany w wodach gruntowych na terenach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce. Polish Journal of Agronomy. No. 11 s. 34–40.
- PIETRZAK S. 2013. Sporządzanie bilansu składników nawozowych metodą „u bramy gospodarstwa”. W: Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Pr. zbior. Red. B. Ulén. S. Pietrzak, K.S. Tonderski. Falenty. Wydaw. ITP s. 7–33.
- PIETRZAK S., WESOŁOWSKI P., BRYŚIEWICZ A., DUBIL M. 2013. Chemizm polowego splywu powierzchniowego na tle uwarunkowań agrotechnicznych, w wybranym gospodarstwie województwa zachodniopomorskiego. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 3 (43) s. 115–129.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz.U. 2008. Nr 143 poz. 898.
- SAPEK A. 2010. Rolnictwo polskie a ochrona jakości wody, zwłaszcza wody Bałtyku. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 10. Z. 1(29) s. 175–200.
- SAPEK A., SAPEK B. 2006. Wpływ składowania nawozów naturalnych na jakość wody w zagrodzie wiejskiej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 512 s. 503–512.
- SOSULSKI T., ŁABĘTOWICZ J. 2007. Oszacowanie rozpraszania azotu z rolnictwa polskiego do atmosfery oraz wód powierzchniowych i gruntowych. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 5 s. 3–19.
- SPIESS E. 2011. Nitrogen, phosphorus and potassium balances and cycles of Swiss agriculture from 1975 to 2008. Nutrient Cycling in Agroecosystems. Vol. 92 s. 351–365.
- ULÉN B., PIETRZAK S., TONDERSKI K.S. (red.) 2013. Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-624-16-67-7 ss. 99.

Tadeusz MARCINKOWSKI

AGRICULTURAL PRODUCTION AND WATER QUALITY ON POLDER LANDS OF ELBLĄG ŻUŁAWY

Key words: agricultural production, farm, ground and surface water quality

S u m m a r y

This paper presents results of analyses of selected surface and ground water parameters made in 2011–2012 in several market family farms located in Żuławy Elbląskie. Potential risk of water pollution by reactive forms of nitrogen, phosphorus and potassium was estimated on the background of economical-productive factors including the efficiency of macronutrient utilization in market production with the use of method called “at the farm’s gate budget”. Average nutrient surplus in farms was 109–190 kg N·ha⁻¹, 2–38 kg P·ha⁻¹ and 3–103 kg K·ha⁻¹. The majority of ground water samples contained excessive amounts of ammonium nitrogen often exceeding 2.33 mg·dm⁻³ N-NH₄. Similarly high were concentrations of potassium that exceeded 20 mg K·dm⁻³ in most of ground water samples. Measured phosphate concentrations did not exceed 1.63 mg·dm⁻³ P-PO₄. No excess of nitrates or extreme pH values were recorded in analysed ground waters. The quality of surface waters sampled exclusively from mid-field drainage ditches raises some objections. Periodical worsening of surface water quality was caused by high concentrations of ammonium nitrogen and phosphates which often exceeded 1.00 mg P-PO₄·dm⁻³.

Adres do korespondencji: dr hab. T. Marcinkowski, prof. nadzw., Żuławski Ośrodek Badawczy ITP, ul Giermków 5, 82-300 Elbląg; tel. + 48 55 232-46-88, e-mail: T.Marcinkowski@itep.edu.pl