

OCENA WPŁYWU INFRASTRUKTURY ZAGRODY WIEJSKIEJ NA ZANIECZYSZCZENIE WODY GRUNTOWEJ

Tadeusz Durkowski¹, Grzegorz Jarnuszewski¹

¹ Katedra Gleboznawstwa, Łąkarstwa i Chemii Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, e-mail: tadeusz.durkowski@zut.edu.pl; grzegorz.jarnuszewski@zut.edu.pl

STRESZCZENIE

Zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rolniczych stanowią istotne zagrożenie dla wód powierzchniowych, gruntowych i podziemnych. We wsiach, na terenie zagród wiejskich, najgroźniejsze dla czystości wody gruntowej są odchody zwierzęce (obornik, gnojowica i gnojówka) i ścieki z gospodarstw domowych. Dla poprawy stanu sanitarnego wsi i czystości wód w jej obrębie konieczna jest odpowiednia infrastruktura oraz co się z tym wiąże utrzymanie jej dobrego stanu (kanalizacja, oczyszczalnie ścieków oraz uporządkowana gospodarka odchodami zwierzęcymi). Badania poziomu zanieczyszczenia wód gruntowych przeprowadzono w latach 2001–2011 w sześciu gospodarstwach położonych w obrębie kilku wsi na terenie zlewni jeziora Miedwie. Na terenie tych gospodarstw umiejscowiono stanowiska pomiarowe (piezometry i studnie). Stwierdzono wysokie stężenia NH_4^+ , NO_3^- i PO_4^{3-} w wodach gruntowych narażonych na ciągły dopływ zanieczyszczeń z zagrody wiejskiej, a także położonych w znacznej odległości od źródeł zanieczyszczeń. Także woda ze studni gospodarskich, okresowo użytkowanych wykazała występowanie dużych stężeń badanych składników chemicznych, szczególnie NO_3^- i PO_4^{3-} , co świadczy o ciągłym dopływie zanieczyszczeń. W monitoringu wód gruntowych w pobranych próbach oznaczano stężenie NH_4^+ , NO_3^- i PO_4^{3-} oraz wartość pH.

Słowa kluczowe: infrastruktura, zagroda wiejska, zanieczyszczenie wody gruntowej, stężenie składników chemicznych.

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF FARM INFRASTRUCTURE ON THE POLLUTION OF GROUND WATER

ABSTRACT

In farm areas, evacuations of animal excrements (manure, liquid manure, slurry) and domestic sewage are most dangerous for pure groundwater. For betterment sanitary condition villages and pure waters in their area will be a necessity of right infrastructure and good condition (sewers, water treatments and proper animal excrements management). Research conducted in 2001–2011 in six farms located in the area of a few villages in the basin of Miedwie lake. Researches points were placed (piezometer and wells) in the area of these farms. High concentration of NH_4^+ , NO_3^- and PO_4^{3-} were found in a ground water which are exposed to contact inflow of pollutant from farms areas, and sources which are occurred in outlying from the source of pollutants. Also water from a farm wells, which are periodically used, manifested the presence of large chemical elements concentration, especially NO_3^- and PO_4^{3-} , what proves a constant inflow of pollutants. For monitoring ground water in samples we marked the concentration of NH_4^+ , NO_3^- i PO_4^{3-} and pH.

Keywords: infrastructure, farms, groundwater pollution, the concentration of chemical pollution.

WSTĘP

W obrębie gospodarstw wiejskich zagrożenie zanieczyszczeniem wód gruntowych pochodzi ze źródeł punktowych i rozproszonych

(Goss i Barry 1995). W obrębie całych wsi i poszczególnych zagród występują określone źródła zanieczyszczeń o zróżnicowanej wielkości i zasięgu. Należą do nich przede wszystkim: źródła komunalne – ścieki bytowe oraz

źródła rolnicze – nawozy naturalne; gnojowica, gnojówka, wody gnojowe, obornik oraz soki kiszunkowe [Follett i Hatfield 2001, Goss i Barry 1995, Grygorczuk-Petersons 2008, Judová Janský 2005, Rossa 2003, Sapek 2006]. Źródła te stanowią istotne zagrożenie dla gleby, wód gruntowych oraz podziemnych i wynikają z wielu powodów związanych przede wszystkim ze stanem wyposażenia gospodarstw w odpowiednią infrastrukturę [Czajkowska 2010, Szymczyk i Świtajska 2013].

W ostatnich latach można zaobserwować poprawę pod względem wyposażenia terenów wiejskich w kanalizację odbierającą ścieki bytowe, sposobu przechowywania nawozów naturalnych i sztucznych oraz ich stosowania. Do niedawna na terenach gospodarstw wiejskich występowały: powszechny brak lub zły stan kanalizacji oraz zbiorników do gromadzenia ścieków bytowych, nieprawidłowe składowanie nawozów naturalnych (brak lub nieuszczelne płyty obornikowe oraz zbiorniki na gnojówkę), niepoprawne składowanie kiszonek. Często praktyką było bezpośrednie odprowadzanie ścieków w rejonie domostw do odbiorników glebowych i cieków wodnych [Durkowski i in. 2004, Woroniecki i Rumasz-Rudnicka 2008].

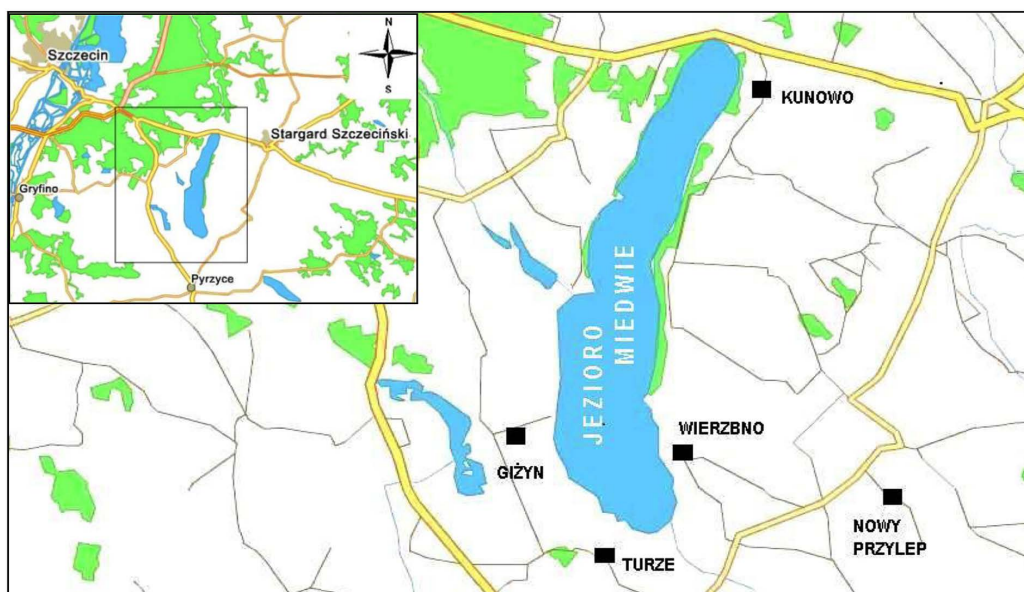
Zagrożenie środowiska wodnego powstające na terenie zagród wiejskich, w całych wsiach i na terenie gmin jest zauważalne w skali całego kraju. Punktowe źródła zanieczyszczeń w skali poszczególnych zagród wiejskich, przez sumowanie oddziaływać, obejmują znaczne obszary

i razem z innymi źródłami zanieczyszczeń na obszarach wiejskich potęgują proces tworzenia się zanieczyszczeń obszarowych. Zanieczyszczenia te charakteryzuje duża różnorodność i dynamika składu chemicznego, dominują jednak składniki nawozowe (azot, fosfor i potas), które migrują do płytkich wód gruntowych. Wraz z wodami gruntowymi rozprzestrzeniają się w różnych kierunkach, na znaczne głębokości i odległości co związane jest z budową geologiczną. Z uwagi na bardzo wolny proces samooczyszczania wód gruntowych, raz wprowadzone do nich zanieczyszczenia dyskwalifikują ich jakość na wiele lat.

Celem pracy było określenie wpływu wyposażenia gospodarstw w urządzenia do składowania i przechowywania nawozów naturalnych na kształtowanie się i poziomu stężeń NH_4^+ , NO_3^- i PO_4^{3-} , K^+ oraz przewodności elektrycznej w wodach gruntowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w sześciu miejscowościach położonych w makroregionie Pobrzeże Szczecińskie (313.2-3), mezoregionie Równina Pyrzycko-Stargardzka (313.31) na terenie bezpośredniej zlewni jeziora Miedwie i zlewni rzeki Gowienicy Miedwiańskiej (Kondracki 2001). Okres badawczy obejmował lata 2001-2004 we wsiach Kunowo, Wierzbno, Giżyn, Turze, natomiast we wsiach Reńsko i Nowy Przylep lata od



Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych
Fig. 1. Localization of reserches points

2001 do 2011. Miejscowości te cechuje zwarta zabudowa wiejska i związana z tym duża koncentracja źródeł zanieczyszczeń bytowych i gospodarskich, a także zły stan sanitarny w analizowanym okresie – niemal całkowity brak kanalizacji ściekowej i oczyszczalni ścieków (Wierzbno, Kunowo, Turze, Giżyn i Nowy Przylep), a w wielu gospodarstwach również płyt gnojowych i zbiorników na gnojówkę i gnojowicę. Koncepcja prowadzenia badań polegała na założeniu, że migracja zanieczyszczeń ze źródeł ich koncentracji do wód gruntowych określana będzie zgodnie z kierunkiem ich spływu. Na terenie wsi wybrano 6 gospodarstw (obiektów) o zróżnicowanej infrastrukturze, w których założono zgodnie z założeniami stanowiska pomiarowe – piezometry ujmujące wody do 5 m głębokości. Oprócz próbek wody pochodzących z piezometrów w okresie od 2001 do 2011 roku analizie poddano także próbki wody pochodzące z 4 studni gospodarskich z wsi Kunowo, Wierzbno, Giżyn, Turze. Pomiar poziomu wody gruntowej i pobór prób wykonywano raz do dwóch razy w miesiącu. W wodach gruntowych oznaczono pH (potencjometrycznie), stężenie jonów NO_3^- (metodą fotometryczną indofenolową z nitrospektralem), NH_4^+ (metoda

fotometryczną indofenolową) i PO_4^{3-} (metodą fotometryczną z molibdenianem amonu) przy użyciu fotometru LF 204 i pehametru PH 204 firmy SLANDI, przewodność elektrolityczną przy użyciu konduktometru firmy Slandi.

WYNIKI BADAŃ

Analizowane wody w obrębie obiektu I zlokalizowanego w miejscowości Kunowo charakteryzowały się odczynem lekko zasadowym oraz podwyższonymi wartościami przewodności elektrolitycznej (średnio 1849–2314 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Badane wody wykazywały zanieczyszczenie NH_4^+ i K^+ (studnia i dwa piezometry), oznaczone stężenia kwalifikowały próbki wody zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 23 lipca 2008 roku do V klasy czystości (wody złej jakości).

Największe średnie stężenia azotu amonowego (11,37 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) zanotowano w punkcie obserwacyjnym położonym w pobliżu bruzdy odprowadzającej odcieki z oddalonej o 40 m od przyzmy obornika (tab. 1). Najwyższe średnie stężenia NO_3^- stwierdzono w piezometrze położonym najbliżej składowiska obornika (4,15–25,35

Tabela 1. Stan sanitarny wsi i badanych gospodarstw (obiektów)

Table 1. The sanitary state of the village and the surveyed households (objects)

Nazwa miejscowości i obiekt	Opis wsi i gospodarstwa (obiektu)
Kunowo Obiekt I	Miejscowość położona jest w gminie Kobylanka w powiecie Stargard Szczeciński, na wschodnim brzegu jeziora, w jego północnej części (rys. 1). Wieś tą cechuje brak kanalizacji sanitarnej i burzowej (rok 2004), większość gospodarstw nie posiadała szamb, a istniejące są często w złym stanie technicznym. W wielu gospodarstwach brakowało infrastruktury do gromadzenia odchodów zwierzęcych, a obornik przechowywany był najczęściej bezpośrednio na gruncie. W badanym gospodarstwie (obiekcie) obornik przechowywany był na przedwojennej płycie obornikowej zbudowanej z bruku.
Giżyn Obiekt II	Wieś zlokalizowana w gminie Pyrzyce i powiecie Pyrzyce. Miejscowość położona jest w południowej części bezpośredniej zlewni jeziora Miedwie, przy jego zachodnim brzegu (rys. 1). Miejscowość ta charakteryzuje się brakiem kanalizacji sanitarnej i burzowej (rok 2004), wiele gospodarstw nie posiada płyt gnojowych i zbiorników na gnojówkę, a istniejące są często w złym stanie technicznym. W badanym gospodarstwie (obiekcie) obornik składowany był na niedokończonej płycie obornikowej.
Wierzbno Obiekt III	Jedna ze wsi gminy Warnice w powiecie Pyrzyce, leży ona na wschodnim brzegu jeziora Miedwie w jego południowej części, w jego bezpośrednim sąsiedztwie (ok. 100 m). Brak oczyszczalni i kanalizacji sanitarnej (rok 2004), powodowała, że część ścieków bytowych odprowadzana była przy pomocy szczątkowej kanalizacji burzowej do rowów melioracyjnych i bezpośrednio do jeziora (rys. 1). Wiele gospodarstw nie posiadało płyt obornikowych i zbiorników do gromadzenia gnojówki. Na terenie gospodarstwa (obiektu), gdzie prowadzono badania wybudowano obiekty do składowania odchodów zwierzęcych, jednak były one w złym stanie technicznym, a wyciekająca z nieszczelnego zbiornika gnojówka tworzyła okresowo zastoiska.
Turze Obiekt IV	Wieś położona w powiecie Pyrzyce, gminie Pyrzyce, jest zlokalizowana w bezpośredniej zlewni jeziora Miedwie na południe od brzegu jeziora (rys. 1). Występuje tutaj podobna sytuacja jak w poprzedniej wsi – brak kanalizacji sanitarnej i burzowej, nieszczelne szamba, płyty obornikowe i zbiorniki na gnojówkę lub często ich brak. W badanym gospodarstwie (obiekcie) obornik składowany był na przedwojennej płycie obornikowej wykonanej z bruku.
Reńsko Obiekt V	Wieś położona w gminie Warnice, powiat Pyrzyce, zlokalizowana w zlewni rzeki Gowienicy Miedwiańskiej (rys. 1). Wieś skanalizowana z własną oczyszczalnią ścieków. We wsi zlokalizowana jest ferma kur oraz krów mlecznych. Ferma posiada zbiorniki na gnojówkę (12000 m^3) oraz płytę obornikową (1000 m^2).
Nowy Przylep Obiekt VI	Nowy Przylep jest jedną ze wsi gminy Warnice w powiecie Pyrzyce, położona jest w zlewni Gowienicy Miedwiańskiej dopływu jeziora Miedwie. Na terenie wsi występuje całkowity brak kanalizacji sanitarnej i burzowej, a w wielu gospodarstwach brak jest infrastruktury do przechowywania odchodów zwierzęcych. Badane gospodarstwo (obiekt) posiada wybudowaną płytę obornikową i zbiornik na gnojówkę, jednak stwierdzono, że jest on nieszczelny.

Tabela 2. Właściwości chemiczne wód gruntowych w latach 2001–2004

Table 2. Chemical properties of groundwater in years 2001–2004

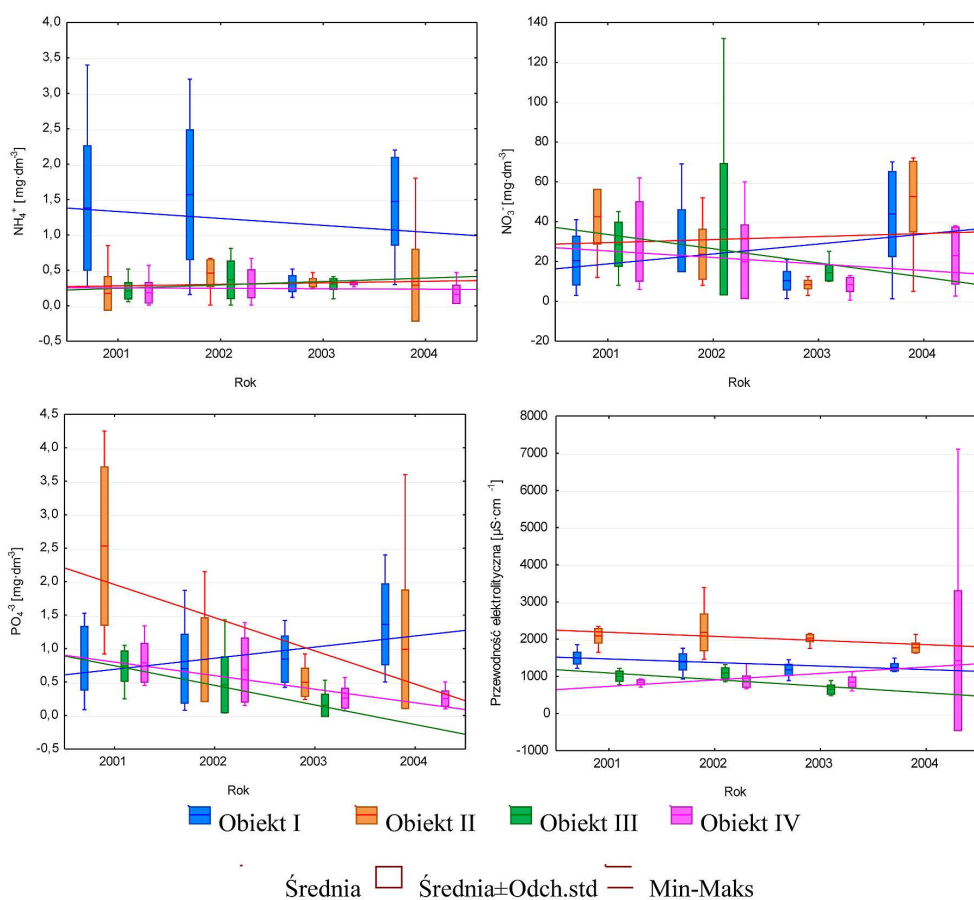
Obiekt	Punkt i odległość od płyty obornikowej	Rok	pH	Przewodność elektrolityczna	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Poziom wody
				μS·cm ⁻¹					mg·dm ⁻³
KUNOWO OBIEKT I	PK1 20 m	2001	7,03	2314	5,04	18,50	0,37	34,11	61
		2002	7,03	2218	4,72	25,35	0,18	26,05	75
		2003	7,06	1849	0,80	4,15	0,33	11,13	103
		2004	7,08	2152	2,91	13,89	0,11	44,43	88
	PK2 40 m	2001	7,08	2152	2,91	13,89	0,11	44,43	88
		2002	7,12	2686	10,46	1,11	1,57	33,21	28
		2003	7,09	2531	11,37	1,84	1,23	26,45	55
		2004	7,14	1809	0,63	2,36	0,26	11,57	76
	PK3 80 m	2001	7,29	1689	0,22	7,13	0,11	17,19	59
		2002	7,38	1515	4,35	2,92	1,18	34,45	3
		2003	7,26	1488	4,34	3,26	1,38	27,65	23
		2004	7,23	1202	0,24	2,24	0,31	14,84	15
WIERZBNO OBIEKT III	PW1 10 m	2001	7,45	2741	34,92	3,66	2,63	30,82	51
		2002	7,28	1673	33,31	20,05	0,77	21,68	66
		2003	7,24	928	15,57	20,00	0,43	11,33	94
		2004	7,34	1700	2,14	26,69	0,96	72,72	83
	PW2 60 m	2001	7,19	2530	0,42	23,65	0,41	18,81	169
		2002	7,20	2575	1,01	27,08	0,73	12,54	160
		2003	7,22	2022	0,54	12,13	0,52	11,07	240
		2004	7,31	1848	0,53	12,58	0,32	53,40	232
	PW3 20 m	2001	7,11	3292	8,00	8,35	0,19	34,33	40
		2002	7,07	2467	6,86	1,88	1,10	25,13	59
		2003	7,21	1293	0,44	2,13	0,40	10,15	92
		2004	7,45	2473	1,15	8,15	1,31	76,21	77
GIŻYN OBIEKT II	PG1 30 m	2001	7,42	2803	0,22	45,64	0,19	31,22	187
		2002	7,28	2095	0,31	30,96	0,37	24,08	162
		2003	7,26	943	0,46	19,04	0,10	11,04	222
		2004	7,32	1864	0,13	48,73	0,47	81,81	233
	PG2 100 m	2001	7,10	2734	0,76	4,39	0,34	26,81	105
		2002	7,09	2678	0,59	11,12	0,39	22,98	108
		2003	7,14	1357	0,37	17,54	0,14	13,93	140
		2004	7,12	2273	0,13	33,04	0,12	57,96	138
TURZE OBIEKT IV	PT1 20 m	2001	6,85	1787	0,26	34,32	0,95	31,56	148
		2002	7,01	1326	0,37	30,08	0,73	25,40	139
		2003	7,20	1064	0,33	8,63	0,20	8,61	128
		2004	7,03	1295	0,12	50,38	0,85	43,36	176
	PT2 30 m	2001	7,20	886	0,65	3,94	0,56	23,89	33
		2002	7,27	984	0,45	7,12	0,87	19,86	31
		2003	7,23	1117	0,43	2,49	0,20	7,61	56
		2004	7,16	1129	0,30	5,19	0,17	22,50	63
	PT3 80 m	2001	7,37	981	3,98	1,78	0,55	32,74	15
		2002	7,59	1071	1,60	0,55	0,14	24,21	17
		2003	7,19	717	2,44	0,34	0,14	8,10	29
		2004	7,04	876	0,97	0,11	0,25	28,93	17

mg·dm⁻³), narażonym na ciągły dopływ zanieczyszczeń z przemy (tab. 2). W wodach studni gospodarskiej użytkowanej okresowo położonej na terenie gospodarstwa we wsi Kunowo także zaobserwowano wysokie stężenia NH₄⁺, NO₃⁻ i PO₄³⁻ (rys. 3) wskazujące na jej niezadawalającą jakość.

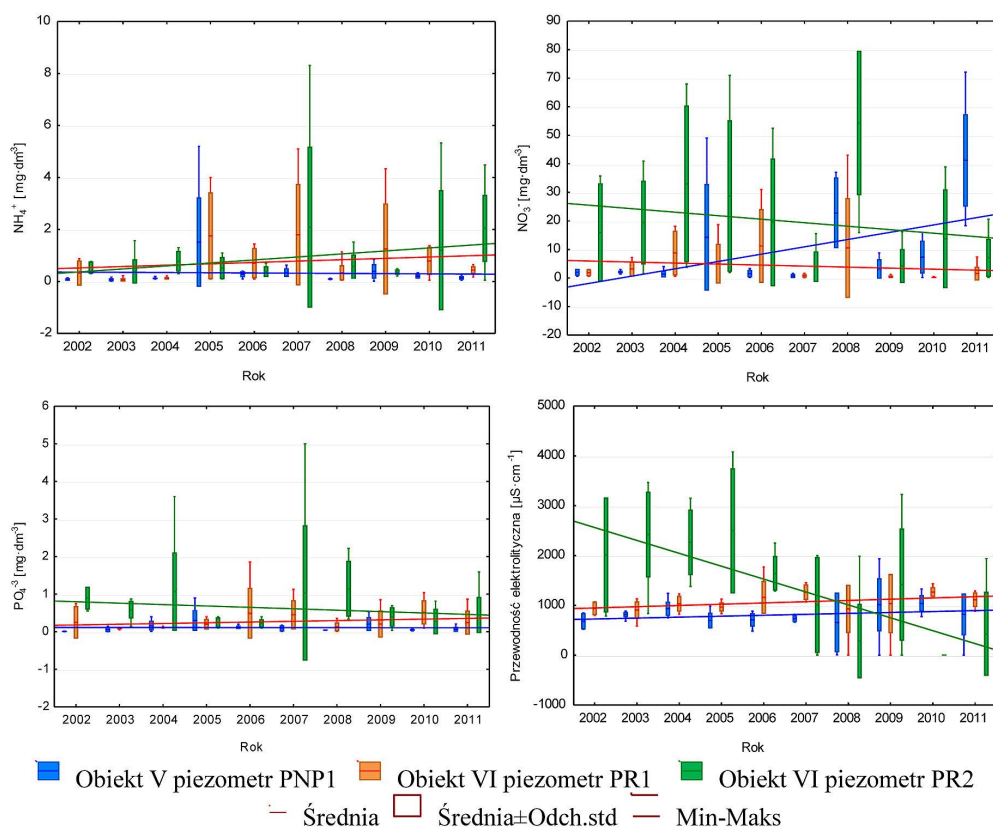
W gospodarstwie położonym w obrębie miejscowości Giżyn (obiekt II) obornik składowany był na niedokończonej płycie obornikowej. Woda pobierana z piezometru usytuowanego najbliżej składowiska obornika (ok. 30 m) charakteryzowała się wysokimi stężeniami NO₃⁻ (odpowiadającymi III i IV klasie czystości) średnio od 19,04 mg·dm⁻³ w 2003 roku do 45,64 mg·dm⁻³ w roku 2001. Stężenia NH₄⁺ i PO₄³⁻ w analizowanych wodach pochodzących z obiektu Giżyn były niskie i nie wskazywały na zanieczyszczenie wymienionymi związkami nieorganicznymi. Wraz ze wzrostem odległości od miejsca składowania obornika zaobserwowano zmniejszenie zanieczyszczenia azotem azotanowym natomiast zawartość K⁺ w wodach pochodzących z obu punktów obserwacyjnych wskazywała na silne zanieczyszczenie średnio od 11,04 do 81,81 mg·dm⁻³ (tab. 2). Podobną sytuację zaobserwowano w przypadku wód

gruntowych pochodzących ze studni (IV i V klasa czystości). Wody te charakteryzowały się wysokimi stężeniami azotanów na poziomie wód niezadawalającej i złej jakości w latach 2001 i 2003, jednak na przestrzeni okresu badawczego można zauważyć spadek zanieczyszczenia (rys. 2).

W przypadku obiektu III zlokalizowanego we wsi Wierzbno największym zanieczyszczeniem charakteryzowały się wody pochodzące z piezometru położonego najbliżej nieuszczelnego zbiornika na płynne odchody zwierzęce. Zaobserwowane stężenia NH₄⁺ i K⁺ (średnio od 2,14 do 34,92 mg·dm⁻³ i od 11,33 do 72,72 mg·dm⁻³) w wodach gruntowych z tego piezometru odpowiadały wodzie niezadawalającej i złej jakości. Średnie stężenie azotu azotanowego średnio od 12,13 do 27,08 mg·dm⁻³ w wodach z piezometru zlokalizowanego w pobliżu zbiornika oraz w punkcie najbardziej oddalonym (pastwisko) także było wysokie jednak nie przekraczało zakresu ustalonego dla wód podziemnych III klasy czystości. Wody okresowo użytkowanej studni gospodarskiej charakteryzowały się wysokimi stężeniami NO₃⁻, które wskazywały na silne zanieczyszczenie odpowiadające III i IV klasie czystości (rys. 3) oraz wysokimi stę-



Rys. 2. Koncentracja zanieczyszczeń w wodach pochodzących ze studni wybranych miejscowości
 Fig. 2. The concentration of pollutants in the water taken from wells some villages



Rys. 3. Koncentracja zanieczyszczeń w piezometrach w miejscowościach Reńsko i Nowy Przylep
Fig. 3. The concentration of pollutants in the piezometers in the villages Reńsko and Nowy Przylep

żeniami PO_4^{3-} w 2001 roku – średnio $2,53 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (wody niezadawalającej jakości).

Stwierdzone wysokie średnie stężenia NH_4^+ (od $2,14$ do $34,92 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), K^+ (od $11,33$ do $72,72 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i PO_4^{3-} (od $0,43$ do $2,63 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) w piezometrze zlokalizowanym w pobliżu nieuszczelnej płyty obornikowej (20 m) świadczą o ciągłym dopływie zanieczyszczeń.

Zanieczyszczenie wód gruntowych stwierdzono także w przypadku gospodarstwa we wsi Turze (obiekt IV). Wysokie stężenia NO_3^- , PO_4^{3-} i K^+ stwierdzono w piezometrze zlokalizowanym najbliżej (20 m) składowiska obornika, na drodze spływu zanieczyszczeń. Średnie stężenia tych składników wyniosły odpowiednio: $8,63$ – $50,38$, $0,20$ – $0,95$ i $8,61$ – $43,36 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 2). Wartości oznaczonych parametrów kwalifikowały badane wody pod względem zawartości azotanów (V) i fosforanów (V) do klas czystości III–IV, a pod względem stężenia potasu do V klasy czystości. Wraz ze wzrostem odległości od miejsca składowania nawozów naturalnych jakość wody ulegała poprawie – stężenia NO_3^- i PO_4^{3-} ulegały zmniejszeniu.

Wody pochodzące ze studni gospodarskiej charakteryzowały się zanieczyszczeniem NO_3^- ,

które klasyfikowało je do wód III–IV klasy czystości (rys. 2).

W miejscowości Reńsko wody gruntowe pochodzące z otworów obserwacyjnych PR1 i PR2 charakteryzowały się zróżnicowanym zanieczyszczeniem. Wyraźnie większe stężenia NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} i K^+ zanotowano w punkcie PR2 zlokalizowanym na drodze spływu wód podziemnych, wyraźnie wyższa była także przewodność hydrolytyczna. Pod względem zawartości NH_4^+ badane wody pochodzące z punktu PR1 wykazywały nieznaczne zanieczyszczenie z wyjątkiem lat 2005 i 2007 gdzie stężenie tego związku kwalifikowało wodę do III, IV i V klasy czystości. Nieco gorsze parametry wykazywały wody pochodzące z piezometru PR2, w których stężenie jonu amonowego okresowo wzrastało do poziomu określonego dla IV i V klasy czystości, a największe zanieczyszczenie stwierdzono w roku 2011. Zawartość azotu azotanowego w wodach pochodzących z piezometru PR2 była wysoka i często kwalifikowała badane wody do wód niezadawalającej jakości co świadczy o wyraźnym wpływie dużego składowiska obornika a także stosowanej gnojówki na polu powyżej piezometru, na tym tle wyróżnia się rok 2008 w którym średnia koncentracja NO_3^- wynio-

Tabela 3. Właściwości chemiczne wód gruntowych w obrębie obiektu V i VI w latach 2002–2011
Table 3. The chemical properties of the groundwater within the facility V and VI in the years 2002–2011

Obiekt	Punkt i odległość od płyty obornikowej	Rok	pH	Przewodność elektrolityczna	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Poziom wody
				μS·cm ⁻¹					mg·dm ⁻³
NOWY PRZYLEP OBIEKT VI	PNP1 150 m	2002	7,26	683	0,08	2,00	0,01	7,33	193
		2003	7,19	818	0,07	2,08	0,06	4,64	189
		2004	7,12	934	0,12	1,36	0,16	12,38	204
		2005	7,22	697	1,51	14,23	0,30	11,79	188
		2006	7,18	712	0,28	1,80	0,12	40,33	184
		2007	7,04	736	0,34	0,67	0,09	–	185
		2008	7,07	660	0,10	22,82	0,04	–	165
		2009	6,81	1014	0,39	3,16	0,20	–	111
		2010	6,90	1042	0,20	7,28	0,05	–	160
		2011	6,93	819	0,14	41,20	0,06	–	123
REŃSKO OBIEKT V	PR1 100 m	2002	7,24	939	0,32	1,87	0,25	11,20	98
		2003	6,81	874	0,19	2,47	0,17	9,91	101
		2004	7,27	1034	0,12	8,73	0,11	14,78	127
		2005	7,17	968	1,76	5,00	0,20	19,53	99
		2006	7,16	1162	0,71	11,18	0,49	27,00	93
		2007	6,83	1265	1,80	0,74	0,45	–	118
		2008	7,18	931	0,33	10,51	0,13	–	98
		2009	6,78	1038	1,25	0,40	0,21	–	94
		2010	6,85	1134	1,03	0,37	0,37	–	116
		2011	6,82	1116	0,44	1,54	0,24	–	63
	PR2 250 m	2002	7,13	2012	0,54	15,93	0,90	27,33	278
		2003	7,13	2423	0,39	19,41	0,59	18,36	202
		2004	7,06	2268	0,78	32,97	1,07	26,11	218
		2005	7,03	2499	0,52	28,70	0,25	55,38	204
		2006	6,89	1647	0,38	19,48	0,22	44,36	229
		2007	6,93	1009	2,09	3,93	1,03	–	206
		2008	6,90	286	0,57	54,31	1,14	–	202
		2009	6,71	1419	0,36	4,14	0,39	–	194
		2010	6,88	4	1,21	13,75	0,27	–	163
2011	6,75	431	2,04	7,04	0,45	–	137		

sła 54,31 mg·dm⁻³. W tym roku stwierdzono także wysokie średnie stężenia fosforanów (V) w badanych wodach – 1,14 mg·dm⁻³. W latach 2002–2005 wody z piezometru PR2 charakteryzowały się także wysoką przewodnością hydrolityczną średnio od 2268 do 2499 μS·cm⁻¹ wskazującą na ciągłe zasilanie wód gruntowych zanieczyszczeniami nawozowymi. Natomiast stężenie K⁺ w wodach w okresie od 2002 do 2006 roku wskazywało na przekroczenie dopuszczalnych norm i kwalifikowało je do wód złej jakości. Pomimo wysokiego zanieczyszczenia można zauważyć, że w analizowanym okresie jakość wody pochodząca z punktu PR2 uległa poprawie.

Stężenie NH₄⁺ w wodach pochodzących z punktu obserwacyjnego zlokalizowanego w obrębie obiektu VI we wsi Nowy Przylep było przeważnie niskie, jedynie w roku 2005 wystąpiło silne zanieczyszczenie jonem amonowym średnio 1,51 mg·dm⁻³ (rys. 2, tab. 3). Zanieczyszczenie azotanami wód gruntowych zaobserwowano w latach 2005, 2008 i 2011, przy czym było ono największe w 2011 roku i kwalifikowało badane wody do III i IV klasy czystości. W analizowanym okresie jakość badanych wód ze względu na stężenie NO₃⁻ uległa wyraźnemu pogorszeniu (rys. 3), poprawiła się natomiast pod względem zawartości NH₄⁺, za-

wartość fosforanów (V) oraz przewodność hydrolityczna pozostały na niskim poziomie.

DYSKUSJA

Z przeprowadzonych badań wynika, że przyczyną złej jakości wód gruntowych w zagrodzie wiejskiej i jej najbliższym otoczeniu jest przede wszystkim nieuporządkowana gospodarka nawozami naturalnymi i wodno-ściekowa [Jaszczyński i in. 2006, Grygorczuk-Petersons 2008]. Najgroźniejszym jednak punktowym źródłem zanieczyszczenia wód gruntowych w gospodarstwie są źle wykonane i niewłaściwie użytkowane płyty obornikowe oraz nieszczelne zbiorniki na gnojówkę co potwierdzają badania Sapek i in. [1998] oraz Terlikowskiej [1998]. Działalność rolnicza i hodowla zwierząt są głównym źródłem podwyższonych stężeń azotanów w wodach gruntowych [Peña-Haro i in. 2009] co odzwierciedlają wysokie stężenia NO_3^- w wodach pochodzących z piezometrów położonych najbliżej miejsc składowania nawozów naturalnych w postaci stałej i płynnej. Stężenie zanieczyszczeń w wodach gruntowych zmniejszało się wraz ze wzrostem odległości od miejsca składowania odchodów zwierzęcych podobnie jak u Rossy [2003] oraz Woronieckiego i Rumasz-Rudnickiej [2008], jednak migrujące z wodami gruntowymi jony NO_3^- [Peña-Haro i in. 2009] zanieczyszczały także wodę w punktach oddalonych od bezpośredniego źródła. Przyczyną tego mogły być procesy dyspersji, adwekcji lub retardacji zanieczyszczeń [Woroniecki i Rumasz-Rudnicka 2008]. Wielu autorów [Rossa 2003, Sapek 2006, Woroniecki i Rumasz-Rudnicka 2008] wskazuje miejsca składowania nawozów jako główne źródło zanieczyszczenia wód gruntowych składnikami nawozowymi na terenie gospodarstw wiejskich, czego dowodzą także przedstawione w niniejszej pracy badania. Wysokie stężenia azotu amonowego w wodach gruntowych w obrębie obiektów I, II, III i IV świadczy o bezpośrednim kontakcie badanych wód z zanieczyszczeniami pochodzenia organicznego, szczególnie widoczne w pobliżu zbiornika na gnojówkę we wsi Wierzbno. Badane wody wykazywały silne zanieczyszczenie potasem 49,9% wszystkich pobranych próbek wody miała stężenie K^+ wyższe niż $20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ co odpowiadało V klasie czystości czyli były złej jakości. Foy i O'Connor [2002], Sapek [2006]

oraz Woroniecki i Rumasz-Rudnicka [2008] wiążą zanieczyszczenie wód gruntowych potasem z miejscami gromadzenia kiszonki jako źródłem bogatych w K^+ soków kiszonkowych odprowadzanych bezpośrednio do gleby. Odchody zwierzęce są zasobne w dobrze rozpuszczalne w wodzie związki fosforu, które mogą silnie zanieczyszczać wody gruntowe [Woroniecki i Rumasz-Rudnicka 2008] co potwierdzają także badania [Sapek 2006], jednak w badanych wodach nie stwierdzono zanieczyszczenia PO_4^{3-} lub występowało ono sporadycznie.

Stwierdzono duże zanieczyszczenie wody NO_3^- i K^+ w studniach gospodarskich obiektów I–IV, wynikające z nieszczelności obudowy studni i przedostawaniu się do nich zanieczyszczeń z terenu obejścia przez długie lata. Zanieczyszczenie wód studni potwierdzają wcześniejsze badania Durkowskiego i in. [1997] oraz Ostrowskiej i in. [1997] prowadzone w na obszarze badań w latach 1993–1996. Grygorczuk-Petersons [2008] potwierdza niekorzystny wpływ długoletniego nieprawidłowego składowania odchodów zwierzęcych oraz niewłaściwej gospodarki wodno-ściekowej na jakość wód płytkich studni. Duża ilość pozostawionych bez należytego zabezpieczenia studni stwarza poważne zagrożenia dla jakości wód gruntowych, gdyż bezwładność hydrologiczna tych wód powoduje, że raz zanieczyszczone mogą być wyłączone z gospodarczego użytkowania.

WNIOSKI

1. Najbardziej zanieczyszczone wody gruntowe występowały w obejściach gospodarskich (obiekty I, II, III, IV i V) mających nieuporządkowaną gospodarkę odchodami zwierzęcymi (składowiska na glebie, nieszczelne płyty obornikowe i zbiorniki na gnojówkę), co jest nagminne w większości wsi tego obszaru.
2. Wysokie stężenia NH_4^+ i NO_3^- stwierdzono w piezometrach ujmujących wody gruntowe narażone na ciągły dopływ zanieczyszczeń z zagrody wiejskiej, położonych najbliżej miejsc składowania i przechowywania odchodów zwierzęcych stałych i płynnych.
3. Badane wody ze wszystkich obiektów należy zaliczyć do wód złej jakości pod względem zanieczyszczenia potasem, natomiast stężenie azotu amonowego i azotanowego było na poziomie III–V klasy czystości przyjętych dla wód podziemnych.

4. W wodzie ze studni gospodarskich, okresowo użytkowanych, stwierdzono występowanie dużych stężeń badanych składników chemicznych, szczególnie NO_3^- i K^+ , co może świadczyć o ciągłym dopływie zanieczyszczeń.

LITERATURA

1. Durkowski T., Burczyk P., Walczak B., Wesołowski P. 1997. Zagroda wiejska – źródłem zagrożenia czystości wody i gleby. Materiały Seminaryjne 39. Wydawnictwo IMUZ Falenty, 147–152.
2. Ostrowska E., Płodzik M., Sapek A., Wesołowski P., Smoroń S. 1997. Jakość wody pitnej z ujęć własnych w gospodarstwach rolnych. Materiały Seminaryjne 39. Wydawnictwo IMUZ Falenty, 161–168.
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz. U. Nr 143, poz. 896.
4. Sapek B., Sapek A. 1998. Monitoring jakości wody gruntowej w zagrodzie wiejskiej i jej otoczeniu. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. z. 458, 495–504.
5. Terlikowska K. 1998. Sposób składowania obornika a jakość wody gruntowej. Materiały konferencyjne Wydz. Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW Warszawa, 65–70.
6. Follett R.F., Hatfield J., 2001. Nitrogen in the Environment; Sources, Problems, and Solutions. Elsevier Science Publishers. The Netherlands, 520 pp.
7. Goss M.J., Barry D.A.J. 1995. Groundwater Quality: Responsible Agriculture and Public Perceptions. Journal of Agricultural and Environmental Ethica 8(1), 52–64.
8. Grygorczuk-Petersons 2008. Wpływ działalności rolniczej i bytowej w obrębie zagrody na jakość wód studziennych. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 35/36, 117–122.
9. Judová P., Janský B. 2005. Water quality in rural areas of the Czech Republic: Key study Slapanka River catchment. Limnologica 35(2005), 160–168.
10. Rossa L. 2003. Zanieczyszczenia wody gruntowej w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów hodowlanych zakładu doświadczalnego w Falentach. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 3, z. 6, 149–157.
11. Sapek B. 2006. Jakość gleby i wody gruntowej z zagrody jako wskaźnik punktowych źródeł rolniczych zanieczyszczeń na obszarach wiejskich. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 6, z. 1(16), 349–366.
12. Czajkowska A. 2010. Stopień zanieczyszczenia związkami biogennymi płytkich wód podziemnych w zagospodarowanej rolniczo części zlewni Bierawki. Górnictwo i Geologia 5(4), 91–104.
13. Szymczyk S., Świtajka I. J. 2013. Wpływ użytku ekologicznego na ograniczenie odpływu z zagrody wiejskiej. Inżynieria Ekologiczna nr 34, 214–221.
14. Durkowski T., Wesołowski P., Woroniecki T., Pawlik-Dobrowolski J., Pieczyński L. 2004. Dopływ zanieczyszczeń do Jeziora Miedwie z jego bezpośredniej zlewni oraz możliwości ich ograniczenia. Opracowanie monograficzne Wyd. IMUZ ss. 105.
15. Woroniecki K. T., Rumasz-Rudnicka E. 2008. Zanieczyszczenie wód gruntowych NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} i K^+ w pobliżu miejsc składowania nawozów naturalnych. Acta Agrophisica, 11(2), 527–538.
16. Kondracki J. 2001. Geografia regionalna Polski. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 441.
17. Peña-Haro S., Pulido-Velazquez M., Sahuquillo A. 2009. A hydro-economic modelling framework for optimal management of groundwater nitrate pollution from agriculture. Journal of Hydrology 373, 193–203.
18. Foy R.H., O'Connor W.C.K. 2002. Managing the effect of agriculture and water quality in Northern Ireland. Agriculture, hydrology and water quality. Pr. zbior. pod red. P.M. Haygarth, S.C. Jarvis. Wallingford: CABI Publ. CAB Intern., 417–440.