Inżynieria Ekologiczna
Ecological Engineering
Vol. 43, 2015, 122–130
DOI: 10.12912/23920629/58913

ZMIANY JAKOŚCI WÓD POWIERZCHNIOWYCH I GRUNTOWYCH W OKRESIE REALIZACJI DYREKTYWY AZOTANOWEJ W WYBRANEJ ZLEWNI ROLNICZEJ WOJ. ZACHODNIOPOMORSKIEGO

Tadeusz Durkowski[1], Grzegorz Jarnuszewski[1]

[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
Polska w ramach szeroko pojętej polityki zrównoważonego rozwoju oraz zobowiązań międzynarodowych, wynikających z Ramowej Dyrektywy Wodnej, a szczególnie Dyrektywy Azotanowej zobligowana jest do realizacji działań związanych z ochroną jakości wody przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego zwłaszcza azotanami. W województwie zachodniopomorskim w ramach wdrażania dyrektywy w 2003 roku wyznaczono obszar szczególnie narażony na azotany pochodzenia rolniczego (OSN), z którego odpływ azotu ze źródeł rolniczych do wód należy ograniczyć. Obszar ten dotyczył zlewni rzeki Płoni, pomimo realizacji programu zmniejszenia odpływu azotu ze źródeł rolniczych do wód, teren ten został wyznaczony jako szczególnie narażony także w roku 2008 i 2012. Badaniami objęto wody Gowienicy Miedwiańskiej z wybranych przekrojów oraz wody gruntowe pochodzące z piezometrów rozmieszczonych w zlewni rzeki o powierzchni 63,65 km^2 w całości położonej na obszarze OSN. Wody powierzchniowe i gruntowe badano pod kątem zawartości składników nawozowych NO_3^-, NH_4^+ i PO_4^{-3} oraz określono pH. Otrzymane wyniki wskazują na małą skuteczność realizowanych programów działań dla OSN w celu ograniczenia emisji azotanów.

Słowa kluczowe: wody gruntowe, wody powierzchniowe, zanieczyszczenia, obszary OSN.

CHANGES IN QUALITY OF SURFACE AND GROUND WATERS DURING IMPLEMENTATION OF NITRATES DIRECTIVE IN SELECTED AGRICULTURAL RIVER BASIN OF WESTERN POMERANIA

ABSTRACT
The implementation of the EU Sustainable Development Strategy and Water Framework Directive and Nitrates Directive in particular by Poland requires taking actions aiming at protection of water quality against agricultural pollution, especially with nitrates. Therefore, in 2003, in the province of Western Pomerania, the area vulnerable to nitrates of agricultural origin the measures preventing their leaching into waters were undertaken. That area was located in the Płonia river basin. Despite the programme of reducing water pollution caused by nitrates from agricultural sources, in 2008 and 2012 that area was recognised again as a Nitrate Vulnerable Zone (NVZ). The studies focused on the waters of the Gowienica Miedwiańska river, from selected sections, and ground water from the piezometers located in the river basin of 63.65 km^2, within the Nitrate Vulnerable Zone. The concentration of NO_3^-, NH_4^+ and PO_4^{-3} as well as pH in surface and ground waters were determined. The obtained results indicated insufficient effectiveness of action programmes to reduce nitrates emission.

Keywords: ground water, surface water, pollution, Nitrate Vulnerable Zone (NVZ).

WSTĘP

Dopływ zanieczyszczeń z obszarów rolniczych jest jedną z głównych przyczyn pogarszania się jakości wód. Nadmierny dopływ składników biogennych, a szczególnie azotu i fosforu przyczynia się do eutrofizacji i degradacji wód powierzchniowych, gruntowych oraz samego Bałtyku, stwarzając zagrożenie dla ekosystemów wodnych, a także

dla zdrowia ludzi. Przeważająca część zanieczyszczeń w postaci związków azotu i fosforu migrujących do wód powierzchniowych i gruntowych pochodzi z terenów wiejskich, szacuje się, że blisko 50-60% zanieczyszczeń migrujących wraz z wodami do Morza Bałtyckiego pochodzi z rolniczych źródeł obszarowych [Hart i in. 2004, Kiryluk i Rauba 2011, Rossa 2012]. Przyczyną jest długotrwała działalność rolnicza i związane z tym stosowanie nawozów naturalnych i sztucznych w ilościach lub warunkach uniemożliwiających ich całkowite wykorzystanie na potrzeby roślin [Whiters i Lord 2002, Zbierska i in. 2011].

Jednym z pierwszych objawów zanieczyszczenia środowiska wodnego przez rolnictwo jest pojawienie się znaczących, często dużych, ilości azotanów w wodach gruntowych [Durkowski i in. 2007, Rafałowska 2008]. Polska w ramach zobowiązań międzynarodowych, wynikających z Ramowej Dyrektywy Wodnej [2000], a szczególnie Dyrektywy Azotanowej [1991] zobligowana jest do realizacji działań związanych z ochroną jakości wody przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego.

W województwie zachodniopomorskim w ramach wdrażania dyrektywy w 2003 roku na podstawie ustawy z dnia 18 lipca 2001 Prawo wodne (Dz. U. 2001 Nr 115 poz. 1229), rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie….(Dz. U. z 2003 r. Nr 241, poz. 2093) i rozporządzenia Nr 9/2003 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Szczecinie z dnia 28 listopada 2003 r. wyznaczono obszar szczególnie narażony na zanieczyszczenie azotanami pochodzenia rolniczego (OSN) w zlewni rzeki Płoni, z którego odpływ azotu ze źródeł rolniczych do wód należy ograniczyć. W toku kolejnych weryfikacji przeprowadzanych w czteroletnich odstępach (2008, 2012) obszar rzeki Płoni dalej wyznaczany był jako szczególnie narażony na zanieczyszczenie azotanami pochodzenia rolniczego.

Celem pracy jest ocena stanu i zmian zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych substancjami biogennymi (azotany, azot amonowy, fosforany) rozpraszanymi ze źródeł rolniczych w wybranych przekrojach rzeki i piezometrach badawczych zlewni rzeki Gowienicy Miedwiańskiej, położonej na wyznaczonym obszarze OSN rzeki Płoni.

MATERIAŁ I METODY

Gowienica Miedwiańska to rzeka o długości 15,6 km uchodząca od strony wschodniej do Jeziora Miedwie. Zlewnia rzeki o powierzchni 63,65 km^2 położona jest w makroregionie Pobrzeże Szczecińskie (313.2-3), mezoregionie Równina Pyrzycko-Stargardzka (313.31) [Kondracki 2001, Durkowski i in. 2007, Raport….2008]. Na obszarze zlewni występują najlepsze gleby w regionie – czarne ziemie pyrzyckie, objęte w 96% użytkowaniem rolniczym, z czego 86% stanowią grunty orne, a łąki i pastwiska – 10%. Występują tu dogodne warunki agroklimatyczne sprzyjające intensywnej uprawie zbóż (pszenica, jęczmień) i roślin przemysłowych (rzepak, buraki cukrowe) [Durkowski i in. 2007]. Badaniami objęto wody powierzchniowe rzeki Gowienicy Miedwiańskiej oraz wody gruntowe. Badania prowadzone były w latach 2003–2011, wody powierzchniowe do analiz chemicznych pobierano z rzeki Gowienica w przekrojach oznaczonych jako P1, P2 i P3. Wody gruntowe natomiast pobierano z trzech piezometrów, zlokalizowanych w zlewni rzeki oznaczonych jako G1, G2 i G3. Piezometry wykonane były z rur (50 x 4,6 PE80-W) i zabezpieczone na powierzchni terenu rurami PCV 75/100 z korkami. Długość piezometrów wynosiła 3,8–6,0 m i składały się one z rury nadfiltrowej o długości 2,5 m od powierzchni terenu oraz części roboczej filtra o długości 1,0–3,0 m zakończonej korkiem PCV o średnicy 50 mm zabezpieczonej poliamidową gazą filtracyjną. Przestrzeń między obudową a piezometrem wypełniono obsypką z piasku (0,8–1,8 mm), górną część piezometru zabezpieczono gliną lub iłem. W wodach powierzchniowych i 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). Dodatkowo prowadzono obserwacje wielkości opadów w latach 2003–2011 na posterunku w Stargardzie Szczecińskim.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Opady atmosferyczne na badanym obszarze charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem czasowym. Najmniejszą sumę opadów zanotowano w roku 2003 – 374,4

mm, największą natomiast 2010 roku – 755,1 mm. Suma opadów z okresu wegetacyjnego (IV–X) stanowiła od 55,5% w 2005 roku do 70,4% w 2011 roku. Najmniejszą sumę opadu (1 mm) zanotowano w listopadzie 2011 roku, a największą w sierpniu 2010 roku – 184,4 mm. Charakterystyka wilgotnościowa poszczególnych lat z okresu 2003–2011 [Kaczorowskiej 1962] wskazuje, że rok 2003 można zaliczyć do bardzo suchego, natomiast 2005 i 2006 były latami suchymi. Lata 2007 i 2010 można zaklasyfikować natomiast jako bardzo wilgotne. Pozostałe lata pod względem ilości opadów można traktować jako normalne.

Wody powierzchniowe rzeki Gowienicy Miedwiańskiej charakteryzowały się odczynem zasadowym. Średnie wartości pH w poszczególnych latach wahały się w zakresie od 7,08 do 7,91 (tab. 2). W przypadku wód gruntowych odczyn był zbliżony do obojętnego, średnie pH dla poszczególnych lat wynosiło od 6,72 do 7,46. Wody rzeki charakteryzowały się wyższym pH niż wody gruntowe przyległego obszaru przy czym należy zauważyć że zarówno w przypadku wód powierzchniowych jak i gruntowych średnie wartości pH wykazywały tendencję spadkową w okresie od 2003 do 2011 roku (rys. 2, 3). Otrzymane wartości pH były zbliżone do wyników uzyskanych przez innych autorów dla tego obszaru w latach 2000–2004 [Durkowski i in. 2006, Durkowski i in. 2007].

Zasadowy i obojętny odczyn analizowanych wód wynikają z budowy geologicznej zlewni, oraz właściwości okrywy glebowej. Teren sąsiadujący z obecnym Jeziorem Miedwie to głównie obszar utworów pochodzenia wodnego (plejstoceńskie zastoisko wodne) oraz gliniastej moreny dennej. Jego część stanowią holoceńskie limniczne osady węglanowe powstałe wskutek m. in. dekalcytacji pobliskich utworów zwałowych zasobnych w związki wapnia. Gleby tego obszaru także wykazują specyficzne właściwości – alkaliczny odczyn, znaczna zawartość $CaCO_3$ w głębszych warstwach [Borowiec 1961, Meller 2004]. Spadek odczynu badanych wód gruntowych i powierzchniowych można wiązać z procesem zakwaszania się gleb, oraz ze stosowaniem nawozów fizjologicznie kwaśnych [Tkaczyk i Bednarek 2011] na obszarach rolniczych położonych w obrębie zlewni.

Zawartość analizowanych składników nawozowych w wodach powierzchniowych była zróżnicowana. Średnie roczne stężenie azotanów w wodach rzeki Gowienicy Miedwiańskiej było wysokie, wahało się od 2,8 do 29,96 $mg \cdot dm^{-3}$. Najwyższe stężenia NO_3^- zanotowano w roku 2004 dla wszystkich trzech przekrojów obserwacyjnych, odpowiednio P1-12,4, P2-15,87 i P3-29,96 $mg \cdot dm^{-3}$ (tab. 2, rys. 1). Na tle otrzymanych wyników wysokimi stężeniami azotanów w badanych wodach powierzchniowych wyróżniają się także lata 2008 (10,64–15,69 $mg \cdot dm^{-3}$) i 2011 (8,21–13,22 $mg \cdot dm^{-3}$) (tab. 2, rys. 1). W latach 2004 i 2008 we wszystkich przekrojach zawartość azotanów przekroczyła graniczne wartości, powyżej których następuje eutrofizacja w wodach płynących [Rozporządzenie MŚ…2002]. Przekroczenie granicznych war-

Tabela 1. Sumy opadów atmosferycznych w latach 2003–2011 dla posterunku w Stargardzie Szczecińskim
Table 1. Total precipitation in the years 2003–2011 for the post in Stargard Szczeciński

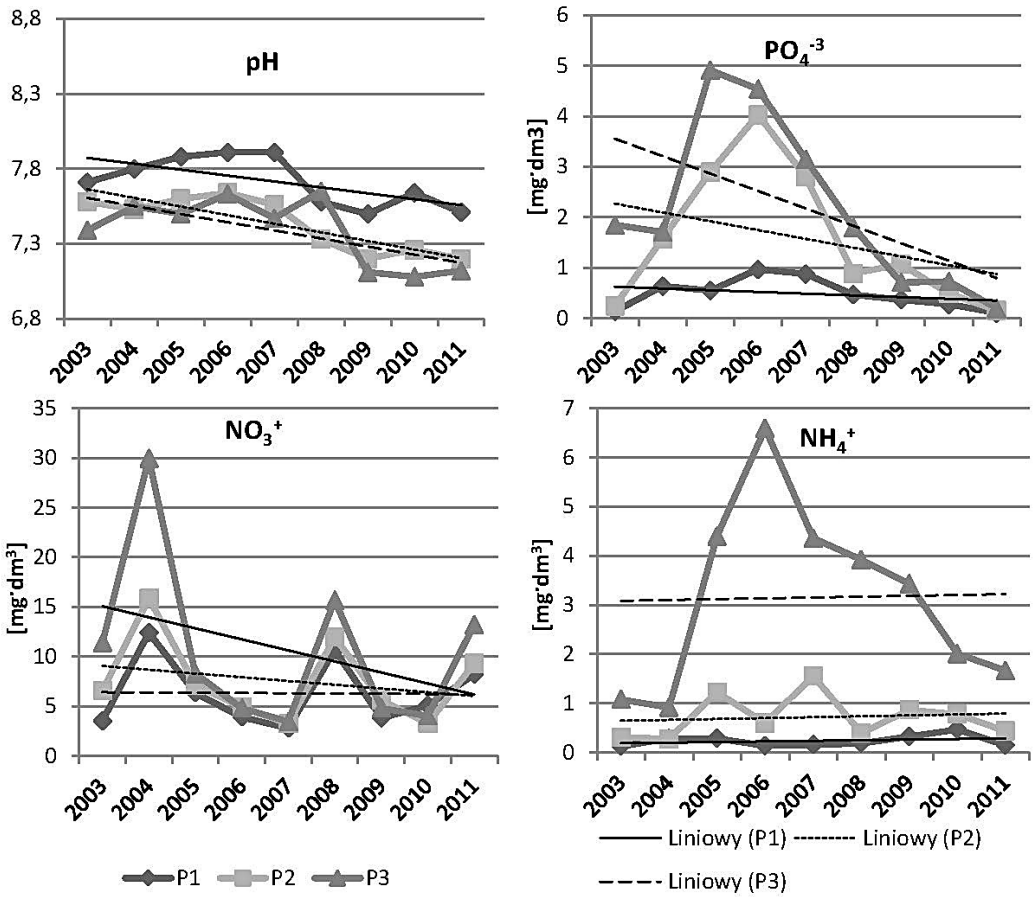
Miesiąc	Lata								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
I	29,2	59,0	60,5	13,7	77,1	56,1	19,4	36,1	31,0
II	6,0	58,1	34,3	36,5	41,2	22,8	49,4	21,2	33,4
III	18,3	42,7	28,5	29,5	48,4	49,2	53,4	43,8	23,9
IV	16,7	28,0	15,8	20,9	6,9	112,4	16,6	16,8	12,5
V	28,3	36,6	64,9	47,7	78,0	10,2	70,3	91,6	27,9
VI	30,4	63,1	25,8	73,0	90,4	33,5	60,7	10,6	44,8
VII	75,7	65,7	64,2	9,5	116,7	21,8	61,9	86,7	148,5
VIII	15,4	53,4	54,7	103,6	119,4	57,5	58,0	184,4	57,7
IX	41,3	27,8	23,7	27,5	38,7	50,4	45,4	56,3	52,2
X	45,7	41,7	23,4	24,1	17,7	65,9	82,7	34,7	37,9
XI	28,2	46,8	23,7	63,9	55,2	40,8	46,9	100,3	1,0
XII	41,2	41,2	71,6	28,5	27,0	36,5	32,7	72,6	70,8
IV-X	253,5	316,3	272,5	306,3	467,8	351,7	395,6	481,1	381,5
Suma	376,4	564,1	491,1	478,4	716,7	557,1	597,4	755,1	541,6

Tabela 2. Zawartość azotu azotanowego, amonowego, fosforanów (V) oraz wartości pH w wodach Gowienicy Miedwiańskiej w latach 2003–2011
Table 2. Content of: nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, phosphates (V) and pH values in waters of the river Gowienica Miedwiańska in 2003–2011

Obiekt	Składnik	Jednostka	Parametr	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
P1	pH		$\bar{x}$	**7,71**	**7,80**	**7,88**	**7,91**	**7,91**	**7,58**	**7,50**	**7,64**	**7,51**
			M	7,68	7,82	7,90	7,89	7,95	7,59	7,58	7,69	7,49
			S	0,20	0,21	0,15	0,28	0,23	0,34	0,35	0,14	0,16
	NO_3^-	mg·dm^3	$\bar{x}$	**3,52**	**12,4**	**6,36**	**3,91**	**2,80**	**10,64**	**3,82**	**5,11**	**8,21**
			M	3,80	5,80	3,75	3,10	1,60	8,43	4,16	6,82	7,38
			S	1,70	16,38	9,16	3,63	3,35	8,70	3,38	3,97	4,49
	NH_4^+		$\bar{x}$	**0,13**	**0,29**	**0,29**	**0,14**	**0,16**	**0,19**	**0,33**	**0,47**	**0,15**
			M	0,11	0,10	0,10	0,11	0,14	0,14	0,34	0,26	0,12
			S	0,12	0,34	0,41	0,05	0,05	0,09	0,17	0,78	0,11
	PO_4^{-3}		$\bar{x}$	**0,14**	**0,64**	**0,55**	**0,97**	**0,88**	**0,47**	**0,37**	**0,28**	**0,11**
			M	0,15	0,60	0,50	0,85	0,88	0,46	0,40	0,29	0,11
			S	0,03	0,41	0,34	0,56	0,36	0,17	0,12	0,24	0,05
P2	pH		$\bar{x}$	**7,58**	**7,53**	**7,60**	**7,64**	**7,56**	**7,33**	**7,20**	**7,26**	**7,20**
			M	7,57	7,53	7,65	7,65	7,50	7,26	7,24	7,28	7,21
			S	0,11	0,18	0,21	0,28	0,22	0,30	0,11	0,24	0,12
	NO_3^-	mg·dm^3	$\bar{x}$	**6,55**	**15,87**	**7,15**	**4,92**	**3,25**	**11,95**	**5,60**	**3,28**	**9,33**
			M	6,30	7,40	3,35	1,36	2,51	7,95	4,06	1,48	7,72
			S	4,66	17,18	10,25	6,51	3,54	10,25	5,44	4,88	6,29
	NH_4^+		$\bar{x}$	**0,31**	**0,28**	**1,23**	**0,60**	**1,56**	**0,40**	**0,87**	**0,78**	**0,44**
			M	0,39	0,10	0,80	0,55	0,37	0,16	0,74	0,54	0,34
			S	0,23	0,46	1,17	0,47	2,45	0,55	0,61	0,99	0,33
	PO_4^{-3}		$\bar{x}$	**0,25**	**1,58**	**2,90**	**4,03**	**2,80**	**0,89**	**1,07**	**0,49**	**0,16**
			M	0,25	1,90	2,05	3,75	2,45	1,03	1,10	0,40	0,15
			S	0,16	1,01	2,44	2,23	1,40	0,38	0,30	0,34	0,07
P3	pH		$\bar{x}$	**7,39**	**7,55**	**7,50**	**7,63**	**7,47**	**7,65**	**7,11**	**7,08**	**7,12**
			M	7,42	7,58	7,53	7,71	7,43	7,25	7,12	7,09	7,10
			S	0,11	0,13	0,13	0,18	0,18	1,22	0,10	0,17	0,12
	NO_3^-	mg·dm^3	$\bar{x}$	**11,41**	**29,96**	**8,29**	**4,81**	**3,47**	**15,69**	**4,81**	**4,03**	**13,22**
			M	11,00	27,00	3,20	0,54	0,59	14,31	4,00	0,78	10,44
			S	6,79	11,65	11,38	10,38	5,64	10,81	5,21	6,55	8,03
	NH_4^+		$\bar{x}$	**1,08**	**0,92**	**4,40**	**6,59**	**4,36**	**3,92**	**3,43**	**2,01**	**1,67**
			M	1,21	0,70	4,00	7,30	3,63	3,55	2,67	1,45	1,70
			S	0,69	0,50	4,12	2,64	3,34	2,15	1,90	2,02	1,40
	PO_4^{-3}		$\bar{x}$	**1,85**	**1,71**	**4,91**	**4,54**	**3,15**	**1,80**	**0,71**	**0,73**	**0,20**
			M	1,03	1,60	4,80	3,40	1,77	1,80	0,52	0,61	0,19
			S	1,46	0,48	3,19	3,42	2,31	0,81	0,56	0,64	0,10

Oznaczenia: $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, M – mediana, S – odchylenie standardowe.

tości stężenia azotanów zanotowano w przekroju P3 także w latach 2003 i 2011. Stężenie azotanów w wodach powierzchniowych w przekrojach P1 i P2 wykazywało wyraźną tendencję spadkową na przestrzeni lat 2003–2011, w przekroju P3 nie zaobserwowano spadku koncentracji NO_3^- (rys. 1). Uzyskane stężenia NO_3^- były wyższe niż wartości uzyskane w latach 2000–2004 przez Durkowskiego i in. [2006] dla tej rzeki. Analiza stężenia azotanów w Gowienicy na 0,2 i 7,3 km przeprowadzona przez WIOŚ w Szczecinie w latach 2001–2004 [Analiza oddziaływania…2005] wykazała maksymalne stężenia azotanów powyżej 50 mg·dm^{-3}, a średnie powyżej 10 mg·dm^{-3}.



Rys. 1. Tendencje zmian wybranych własciwości wód rzeki Gowienicy w okresie 2003–2011
Fig. 1. Trends in change of selected properties of waters of the Gowienica river for the years 2003–2011

Głównymi czynnikami mającymi wpływ na ilość azotanów w wodach powierzchniowych zlewni intensywnie użytkowanej rolniczo są zanieczyszczenia obszarowe związane z produkcją rolną, ale także stan infrastruktury sanitacyjnej wsi występujących w obszarze zlewni oraz oczyszczalni ścieków o różnej sprawności [Durkowski i in 2006, Dąbrowska 2008, Kaca 2010]. Ilość mieszkańców korzystających z sieci kanalizacyjnej na terenie gminy Warnice (obejmującej południową część zlewni rzeki) wynosiła zaledwie 47,0%, a w roku 53,3% przy ponad 95% mieszkańców podłączonych do sieci wodociągowej [GUS 2005].

Średnie roczne stężenie amonowej formy azotu w wodach powierzchniowych wynosiło od 0,13 w 2003 roku do 6,59 mg·dm^{-3} w roku 2006, przy czym w próbkach pobranych z punktów P1 i P2 średnie roczne stężenie tego jonu przeważnie nie przekraczało 1 mg·dm^3, na tym tle wyróżniają się wody powierzchniowe pochodzące z punktu P3 gdzie stężenie amonu jest wyraźnie wyższe (tab. 1). Otrzymane zawartości NH_4^+ w wodach Gowienicy były wyraźnie wyższe niż wyniki uzyskane przez Durkowskiego i in. [2006] w latach 2000–2004 oraz porównywalne z wynikami uzyskanymi przez Dąbrowską [2008] dla zanieczyszczonych wód powierzchniowych zlewni intensywnie użytkowanej rolniczo. Badane wody powierzchniowe nie wykazywały wyraźnych zmian pod względem zawartości NH_4^+ na przestrzeni lat 2003 i 2011. Występowanie wysokich zawartości azotu amonowego w wodach powierzchniowych można wiązać ze stosowaniem nawozów mineralnych na terenach rolniczych zlewni oraz niewłaściwą gospodarka ściekami bytowo-gospodarczymi [Kaniuczak i Augustyn 2011].

Najwyższe stężenie fosforanów PO_4^{-3} zanotowano w przekroju P3 w 2005 roku – 4,91 mg·dm^{-3}, najmniejsze natomiast w 2011 roku – 0,11 mg·dm^{-3}. Uzyskane wyniki w analizowanym okresie były wyraźnie wyższe niż wartości stężenia PO_4^{-3} w latach 2000–2004 [Durkowski i in. 2006].

Wody powierzchniowe pobrane w przekrojach P2 i P3 charakteryzowały się wyraźnie wyższymi średnimi stężeniami jonu fosforanowego w poszczególnych latach od wartości otrzymanych dla punktu GP3. Maksymalne średnie stężenia

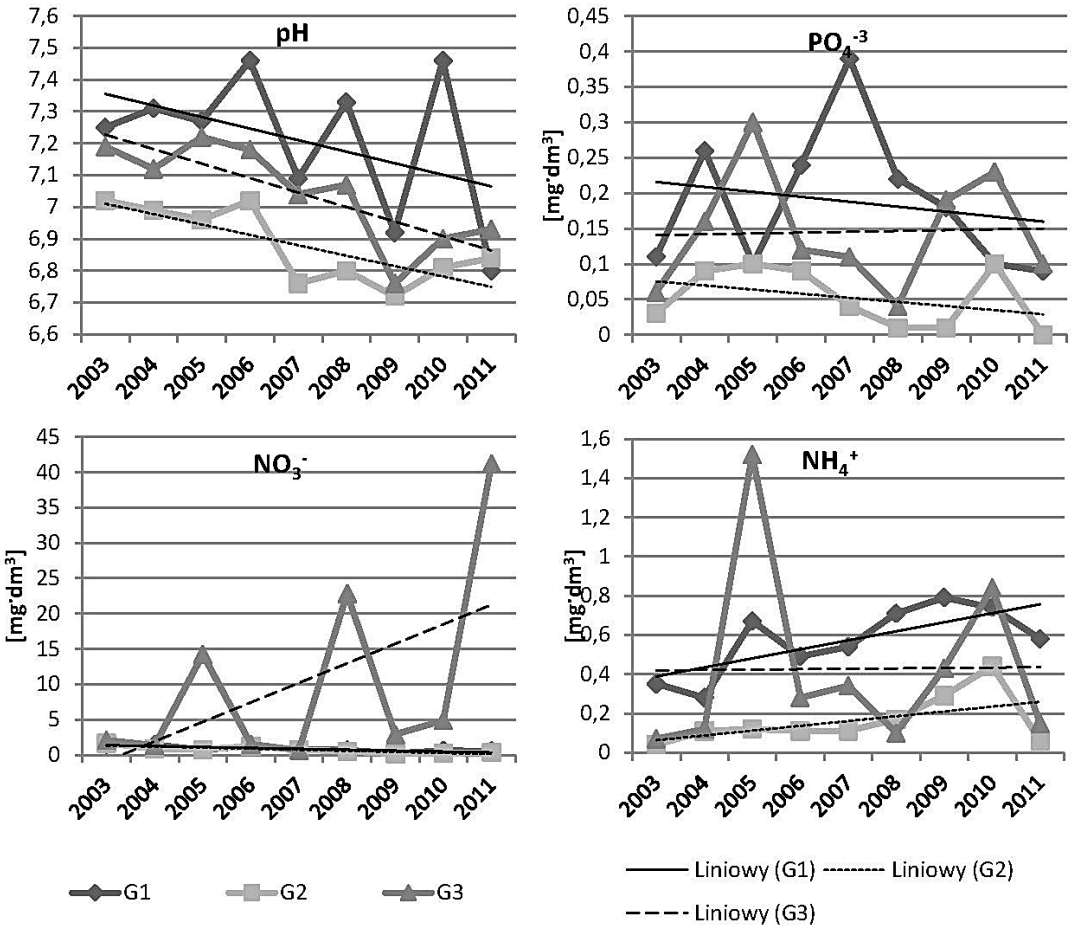
Tabela 3. Zawartość azotu azotanowego, amonowego, fosforanów (V) oraz wartości pH w wodach gruntowych pochodzących z piezometrów G1, G2 i G3 w latach 2003–2011
Table 3. Content of: nitrate nitrogen, ammonium nitrogen phosphates (V) and pH in ground water from piezometers G1, G2 and G3 in the years 2003–2011

Piezometr	Składnik	Jednostka	Parametr	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
G1	pH		$\bar{x}$	**7,25**	**7,31**	**7,27**	**7,46**	**7,09**	**7,33**	**6,92**	**7,46**	**6,80**
			M	7,25	7,28	7,22	7,36	7,12	7,11	6,94	7,09	6,81
			S	0,04	0,28	0,21	0,33	0,18	0,89	0,10	1,10	0,28
	NO_3^-	mg·dm^3	$\bar{x}$	**1,52**	**1,46**	**0,71**	**1,30**	**0,76**	**0,69**	**0,21**	**0,63**	**0,56**
			M	1,50	0,80	0,50	0,65	0,54	0,47	0,10	0,10	0,43
			S	0,41	1,52	0,48	1,80	0,88	0,86	0,28	1,01	0,59
	NH_4^+		$\bar{x}$	**0,35**	**0,28**	**0,67**	**0,49**	**0,54**	**0,71**	**0,79**	**0,74**	**0,58**
			M	0,32	0,30	0,70	0,47	0,60	0,78	0,78	0,57	0,58
			S	0,17	0,14	0,10	0,15	0,31	0,25	0,11	0,68	0,21
	PO_4^{-3}		$\bar{x}$	**0,11**	**0,26**	**0,10**	**0,24**	**0,39**	**0,22**	**0,18**	**0,10**	**0,09**
			M	0,09	0,20	0,10	0,12	0,25	0,13	0,15	0,10	0,09
			S	0,05	0,20	0,00	0,20	0,39	0,26	0,13	0,09	0,06
G2	pH		$\bar{x}$	**7,02**	**6,99**	**6,96**	**7,02**	**6,76**	**6,80**	**6,72**	**6,81**	**6,84**
			M	7,03	6,97	6,90	7,03	6,81	6,82	6,71	6,84	6,76
			S	0,06	0,13	0,22	0,22	0,14	0,13	0,18	0,19	0,27
	NO_3^-	mg·dm^3	$\bar{x}$	**1,66**	**0,87**	**0,78**	**1,23**	**0,75**	**0,50**	0,16	**0,22**	**0,35**
			M	1,80	0,80	0,50	0,50	0,56	0,28	0,11	0,10	0,24
			S	0,59	0,22	0,65	1,86	0,82	0,58	0,11	0,27	0,43
	NH_4^+		$\bar{x}$	**0,04**	**0,11**	**0,12**	**0,11**	**0,11**	**0,17**	**0,29**	**0,44**	**0,06**
			M	0,03	0,10	0,10	0,10	0,10	0,13	0,20	0,16	0,06
			S	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05	0,12	0,32	0,50	0,06
	PO_4^{-3}		$\bar{x}$	**0,03**	**0,09**	**0,10**	**0,09**	**0,04**	**0,01**	**0,01**	**0,10**	**0,00**
			M	0,01	0,10	0,10	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
			S	0,04	0,02	0,00	0,04	0,05	0,01	0,00	0,18	0,00
G3	pH		$\bar{x}$	**7,19**	**7,12**	**7,22**	**7,18**	**7,04**	**7,07**	**6,76**	**6,90**	**6,93**
			M	7,20	7,16	7,12	7,15	7,08	7,04	6,82	6,91	6,95
			S	0,06	0,15	0,21	0,10	0,13	0,11	0,22	0,16	0,16
	NO_3^-	mg·dm^3	$\bar{x}$	**2,08**	**1,36**	**14,23**	**1,52**	**0,67**	**22,82**	**2,91**	**4,88**	**41,20**
			M	2,00	0,95	5,90	1,10	0,23	17,41	0,92	1,59	40,54
			S	0,47	1,16	18,69	1,29	0,73	12,42	3,28	5,80	16,21
	NH_4^+		$\bar{x}$	**0,07**	**0,12**	**1,52**	**0,28**	**0,34**	**0,10**	**0,43**	**0,84**	**0,15**
			M	0,03	0,10	0,90	0,30	0,30	0,10	0,42	0,21	0,15
			S	0,06	0,02	1,73	0,12	0,17	0,02	0,29	1,20	0,07
	PO_4^{-3}		$\bar{x}$	**0,06**	**0,16**	**0,30**	**0,12**	**0,11**	**0,04**	**0,19**	**0,23**	**0,10**
			M	0,04	0,10	0,20	0,10	0,12	0,04	0,12	0,06	0,63
			S	0,07	0,13	0,28	0,04	0,08	0,00	0,17	0,36	0,35

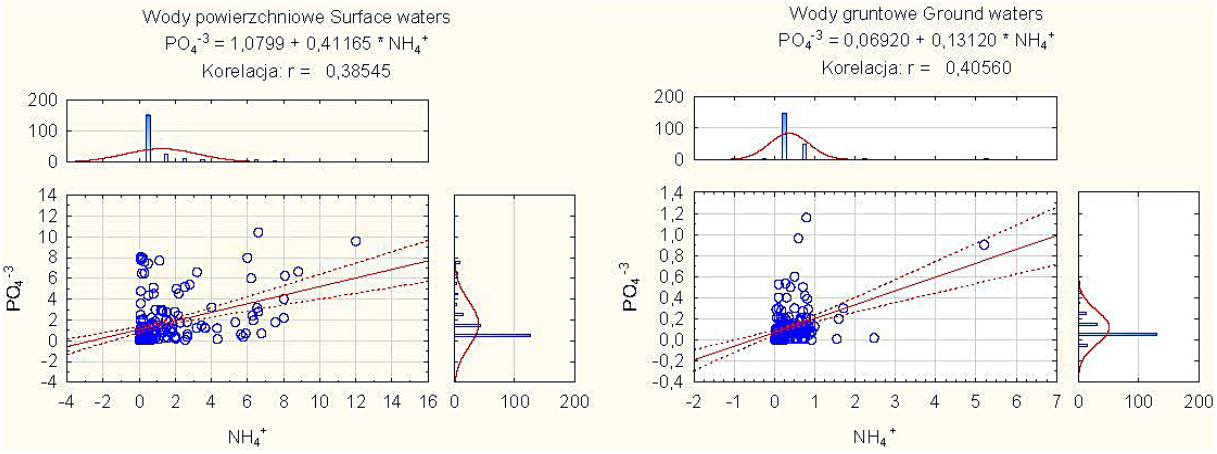
Oznaczenia: $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, M – mediana, S – odchylenie standardowe.

PO_4^{-3} w wodach Gowienicy zaobserwowano w latach 2005 i 2006, przy czym w analizowanym okresie od roku 2003 do roku 2011 stężenie tego składnika uległo wyraźnemu zmniejszeniu (rys. 1). Uzyskane wyniki stężenia fosforanów w wodach Gowienicy w analizowanym okresie były wyraźnie wyższe niż wartości stężenia PO_4^{-3} w okresie 2000–2004 [Durkowski i in. 2006].

Zawartość azotanów w badanych wodach gruntowych była bardzo zróżnicowana, wahała się od 0,16 do 41,20 mg·dm^{-3}. Przy czym w piezometrach G1 i G2 stężenie NO_3^- było niewielkie



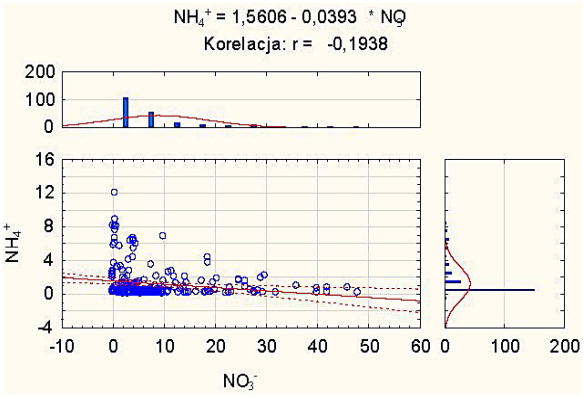
Rys. 2. Tendencje zmian wybranych właściwości wód gruntowych w zlewni rzeki Gowienicy w okresie 2003–2011
Fig. 2. Trends in change of selected properties of ground water in the Gowienica river basin in the years 2003–2011



Rys. 3. Korelacje zawartości NH_4 i PO_4 w wodach powierzchniowych i gruntowych
Fig. 3. Correlation between content NH_4 and PO_4 in surface and ground waters

i wahało się od 0,16 mg·dm^{-3} w 2009 roku do 1,66 mg·dm^{-3} w roku 2003. Zdecydowanie większe stężenia NO_3^- zanotowano w wodach pochodzących z piezometru G3, gdzie w latach 2005, 2008 i 2011 wyniosło ono odpowiednio 14,23, 22,82 i 41,20 mg·dm^{-3} (tab. 3) i były to wartości zbliżone do uzyskanych przez Durkowskiego i in. [2007] dla wód gruntowych pochodzących z gruntów ornych zlewni Gowienicy.

Zawartość azotanów w badanych wodach gruntowych po ustaleniu na tym obszarze OSN nie uległa wyraźnemu zmniejszeniu, a w piezometrze G3 bardzo wyraźnie wzrosła osiągając maksymalną średnią w 2011 roku (rys. 2). Zanie-



Rys. 4. Korelacje zawartości NO_3 i NH_4 wodach powierzchniowych
Fig. 4. Correlation between content NO_3 and NH_4 in surface waters

czyszczenie wody gruntowej NO_3^- uzależnione jest przede wszystkim od intensywności nawożenia azotem, sposobu gromadzenia i przechowywania stałych i płynnych odchodów zwierząt [Durkowski i in. 2007, Rafałowska 2008, Zbierska i in. 2011]. Średnia zawartość azotu w formie amonowej w badanych wodach gruntowych w analizowanym okresie wynosiła od 0,04 mg·dm^{-3} w 2003 roku (piezometr G2) do 1,52 mg·dm^{-3} w 2005 roku (piezometr G3). Otrzymane wartości zbliżone są do wyników uzyskanych przez Durkowskiego i in. [2007] w latach 2000–2004 dla wód gruntowych zlewni Gowienicy. Zawartość azotu amonowego w wodach gruntowych pochodzących z piezometrów G1 i G2 w latach 2003–2011 wykazywała tendencję wzrostową (rys. 2).

Największe stężenie jonów fosforanowych PO_4^{-3} stwierdzono w wodach gruntowych pochodzących z piezometru G1 w 2007 roku – 0,39 mg·dm^{-3}, a najmniejsze w 2011 roku z piezometru G2 - 0,00 mg·dm^{-3}. Inni autorzy otrzymali [Durkowski i in. 2007] zbliżone zawartości fosforanów w wodach gruntowych zlewni Gowienicy w latach 2000–2004. W próbkach wody pochodzących z piezometrów G1 i G2 zawartość PO_4^{-3} w badanym okresie uległa wyraźnemu zmniejszeniu (rys. 2).

Analiza statystyczna otrzymanych wyników stężenia poszczególnych związków w wodach gruntowych i powierzchniowych wykazała istotną dodatnią korelację pomiędzy zawartością jonów amonowych i fosforanowych w wodach powierzchniowych r = 0,385 i w wodach gruntowych r = 0,406 (rys. 3). Dodatkowo zaobserwowano istotny spadek zawartości jonów amonowych przy wzroście stężenia azotanów w wodach powierzchniowych (rys. 4).

WNIOSKI

1. Wody powierzchniowe rzeki Gowienicy Miedwiańskiej charakteryzowały się zanieczyszczeniem azotem azotanowym, zawartość tego składnika w latach 2004 i 2008 we wszystkich analizowanych przekrojach wskazywała na zagrożenie eutrofizacją.
2. Analizowane wody gruntowe wykazywały wysokie zanieczyszczenie azotanami NO_3^-, a otrzymane wyniki zawartości azotu azotanowego dla wód pochodzących z piezometru G3 oraz stężenia NH_4^+ w piezometrach G1 i G2 w analizowanym okresie wskazują na wyraźne pogorszenie ich jakości w okresie 2003–2011.
3. Na zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych azotem w zlewni Gowienicy ma wpływ przede wszystkim intensywna produkcja rolna, ale nie bez znaczenia pozostaje stan infrastruktury sanitacyjnej wsi na tym terenie.
4. Badania przeprowadzone w latach 2003–2011 w zlewni Gowienicy wskazują na brak poprawy jakości wód powierzchniowych i gruntowych, zatem można uznać działania mające na celu zmniejszenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych do wód na obszarze OSN, do którego należy zlewnia za mało efektywne.

LITERATURA

1. Borowiec S. 1961. Zróżnicowanie warunków glebowo-rolniczych obszaru plejstoceńskiego zastoiska wodnego na tle powiatu pyrzyckiego. Rocz. Nauk Rol. tom 84-A-4, 613–630.
2. Dąbrowska J. 2008. Ocena zawartości związków azotu i fosforu w wodach rzeki Trzemny. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Nr 7, PAN, Oddział w Krakowie, 57–68.
3. Durkowski T., Burczyk P., Królak B. 2006. Ocena odpływu składników nawozowych ze zlewni rolniczych Jeziora Miedwie w okresie restrukturyzacji rolnictwa. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 6, z. 2(18), 51–63.
4. Durkowski T., Burczyk P., Królak B. 2007. Stężenie wybranych składników chemicznych w wodach gruntowych i roztworze glebowym w małej zlewni rolniczej. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 7, z. 1(19), 5–15.
5. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dz. U. UE L z dnia 22 grudnia 2000 r.

6. Dyrektywa rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG). Dz. U. UE L z dnia 31 grudnia 1991 r.
7. Gondek K. 2009. Wpływ nawożenia na zawartość mobilnych form wybranych mikroelementów w glebie oraz ich wymywanie w doświadczeniu wazonowym. Acta Agrophysica 13(1), 89–101.
8. Hart M.R., Quin B.F., Nguyen M.L. 2004. Phosphorus runoff from agricultural land and direct fertilizer effects: a review. J. Environ. Qual. 33(6), 1954–1972.
9. Kaca E. 2010. Zagrożenia wynikające ze stanu sanitacyjnego wsi. Probl. Inż. Rol. nr 3, 5–15.
10. Kaczorowska z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Przegląd Geograficzny IG PAN. Nr 33, 112.
11. Kaniuczak J., Augustyn Ł. 2011. Zawartość związków azotowych i fosforanów w wodach powierzchniowych przeznaczonych do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. Inż. Ekol. Nr 27, 46–57.
12. Kiryluk A., Rauba M. 2009. Zmienność stężenia związków azotu w różnie użytkowanej zlewni rolniczej rzeki Ślina. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 9 z. 4 (28), 71–86.
13. Kondracki J. 2001. Geografia regionalna Polski. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 441.
14. Meller E. 2004. Niektóre właściwości chemiczne różnie użytkowanych gleb gytiowo-murszowych w pobliżu Jeziora Miedwie. Rocz. Gleb. tom LV nr 3, 139–146.
15. Rafałowska M. 2008. Ocena zawartości azotanów w wodach powierzchniowych obszaru szczególnie zagrożonego zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych. Proceedings of ECOpole, 2(2), 473–478.
16. Rossa L. 2012. Zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych przez odpływ ścieków opadowych z ferm chowu bydła. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 12 z. 1(37), 119–137.
17. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. Dz.U. 2003, Nr 241, poz. 2093.
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. Dz. U. Nr 241,, poz. 2093.
19. Rozporządzenie Nr 9/2003 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Szczecinie z dnia 28 listopada 2003 r.
20. Urząd Statystyczny w Szczecinie. szczecin.stat.gov.pl/statystyczne-vademecum-samorzadowca strona dostępna 20.10.2014.
21. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 Prawo wodne Dz. U. 2001 Nr 115 poz. 1229.
22. WIOŚ w Szczecinie. 2005. Analiza oddziaływania rolnictwa na środowisko wodne w województwie zachodniopomorskim potencjalne ograniczenia w rozwoju produkcji zwierzęcej. http://www.wios.szczecin.pl strona dostępna 20.10.2014.
23. WIOŚ w Szczecinie. 2008. Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w latach 2006-2007. http://www.wios.szczecin.pl strona dostępna 20.10.2014.
24. Withers P.J., Lord E.I. 2002. Agricultural nutrient inputs to rivers and groundwaters in the UK: policy, environmental management and research needs. Sci Total Environ. 23(282-283), 9–24.
25. Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A. 2011. Stężenie składników biogennych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. Nauka Przyr. Technol. 5(5), 103.