



Wpływ eksploatacji złóż gazu łupkowego na wody ujmowane do celów pitnych. Przypadek Lubelszczyzny

*Wojciech Cel, Justyna Kujawska, Aneta Czechowska-Kosacka
Politechnika Lubelska*

1. Wstęp

We współczesnym świecie powszechnie znane są zagrożenia wynikające z postępującej degradacji środowiska w tym także zagadnienia dotyczące zmian klimatu. W mniejszym stopniu dostrzegana jest degradacja środowiska społeczno-ekonomicznego, a przecież bezrobocie oddziałuje równie degradująco na człowieka jak i życie w zanieczyszczonym środowisku. Dlatego problematykę degradacji środowiska należy rozważyć w szerszym kontekście. Właściwych narzędzi do tego dostarcza koncepcja zrównoważonego rozwoju, która stara się integrować ochronę środowiska z problematyką społeczno-ekonomiczną.

Jednym z największych wyzwań stojących przed współczesną cywilizacją jest zaopatrzenie w energię w taki sposób, aby nie przyczyniać się do zmian klimatu. Próbuje się to osiągnąć poprzez promowanie energetyki niskowęglowej. Ta transformacja wykracza daleko poza zastąpienie tradycyjnych technologii nowymi, ponieważ system energetyczny nie ma charakteru systemu jedynie czysto technicznego, złożonego z elektrowni, linii przesyłowych itp. Uwzględnić w nim należy również złożony zespół czynników ludzkich, takich jak: użytkownicy, moderatorzy, decydenci, planiści, innowatorzy, pracownicy kompanii energetycznych i mieszkańcy dotknięci efektami ubocznymi [6]. W ostatnich latach zwiększono udział bezwęglowych technologii wytwarzania energii o 0,3%, co można uznać za pewien sukces. Ale równocześnie w tym czasie wzrosło zapotrzebowanie na energię o 2% [23]. Choć należy przyto-

czyć prace wybitnego klimatologa amerykańskiego Lindzena [13], który wykazuje, że wzrost temperatury związany z emisją gazów cieplarnianych będzie dużo mniejszy od przewidywanego przez IPCC [9]. Trzeba wyraźnie stwierdzić, że dostateczna podaż energii jest niezbędna dla rozwoju cywilizacji ludzkiej. Mówiąc o rozwoju należy odwołać się do idei zrównoważonego rozwoju nakazującej harmonizowanie działań w zakresie ochrony środowiska połączonej z ochroną zasobów naturalnych, zagwarantowania dla wszystkich ludzi sprawiedliwego dostępu do podstawowych dóbr [17]. W spełnieniu tego kryterium podstawową rolę odgrywa zaopatrzenie w energię. Interesującym kierunkiem jest rozwój wydobywania gazu z łupków. Polska posiada znaczne zasoby gazu łupkowego, które według szacunków Państwowego Instytutu Geologicznego wynoszą: 346–768 miliardów metrów sześciennych, podobne zasoby gazu z łupków szacowane są przez EIA (2013). Prace poszukiwawcze napotykają jednak na duże protesty mieszkańców, którzy obawiają się skażenia wód ujmowanych do celów pitnych. Eksploatacja gazu z łupków wymaga gęstej sieci odwiertów do których wprowadza się duże ilości chemikaliów [3,8,14,20,25] co może budzić usprawiedliwione obawy.

W czasie wiercenia gazu łupkowego stosowane są płuczki wiertnicze. Płuczka wiertnicza jest płynem utrzymującym równowagę ciśnień w otworze, redukuje tarcie przewodu wiertniczego oraz chłodzi świder. Płuczki są układami koloidalnymi o właściwościach tiksotropowych, stanowiącym złożone kompozyty drobnodispersyjnych ciał stałych (organicznych i nieorganicznych), makromolekuł, polimerów oraz cieczy. Zazwyczaj zawierają duże stężenie chlorków (do 90 000 mg/dm³) i siarczanów (do 20 000 mg/dm³), mogą zawierać metale ciężkie oraz substancje ropopochodne [1]. Niestety dokładny skład płuczek wiertniczych nie jest znany i nie podawany do informacji publicznej. Dobrze byłoby gdyby ustawodawstwo polskie nakazywało upublicznianie takich informacji.

Drugim etapem wydobywania gazu łupkowego jest przeprowadzenie szczelinowania hydraulicznego. Technologia szczelinowania hydraulicznego wymaga wprowadzenia do ośrodka skalnego płynu szczelinującego, którego właściwości i skład chemiczny są zdecydowanie różne od naturalnego środowiska geochemicznego złoża skalnego. Płyn hydrauliczny zawiera głównie piasek i wodę jako dodatki stosuje się kwasy i zasady (HCl, NaOH, KOH) oraz sole różnych metali (KCl, MgCl₂) a często także substancje organiczne [12].

Przeprowadzone liczne studia nad migracją zanieczyszczeń chemicznych, wtłaczanych do odwiertów, do wód podziemnych i powierzchniowych nie potwierdzają tych obaw [18,20,5]. Wobec licznych protestów uzasadnione jest jednak podjęcie badań nad opracowaniem monitoringu jakości wód w otoczeniu prowadzonych prac wiertniczych. Podstawą takiego monitoringu jest przeprowadzenie rozeznania jakie chemikalia wprowadza się do odwiertów. Następnym krokiem było wytypowanie ujęć wodnych znajdujących się w sąsiedztwie odwiertów. Słodka woda, poprzez zaspokajanie potrzeb biologicznych i przemysłowych ludzi, stanowi jeden z podstawowych surowców naturalnych niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania człowieka. Woda jest więc jednym z kluczowych surowców naturalnych, którego dostępność lub brak powinny być brane pod uwagę w strategiach zrównoważonego rozwoju [26].

Badania przeprowadzono w gminie Syczyn. Odwiert w Syczynie prowadził spółka PKN Orlen, która upubliczniła skład płynu hydraulicznego. Skład płynu hydraulicznego wyglądał następująco 96,9% składu stanowiła woda, 2,5% to piasek. Pozostałe 0,6% to dodatki mające na celu zwiększenia efektywności zabiegu np. zmniejszając tarcie pomiędzy cieczą a ścianą rur. Skład dodatków przedstawia tabela 1 [27].

Dysponując tymi danymi postanowiono przeprowadzić analizę wpływu prowadzonych prac wiertniczych na stan wód ujmowanych do celów pitnych. Związki organiczne, które mogły zostać dodane do płynów do szczelinowania odwiertów gazu nie są analizowane w tej pracy. Oceny jakości wód studni we wsi Syczyn dokonano w oparciu o obowiązujące Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 roku (Dz.U. z 2008 r., Nr 143, poz. 896) w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Ponadto dokonano oceny czy badane wody spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wód przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

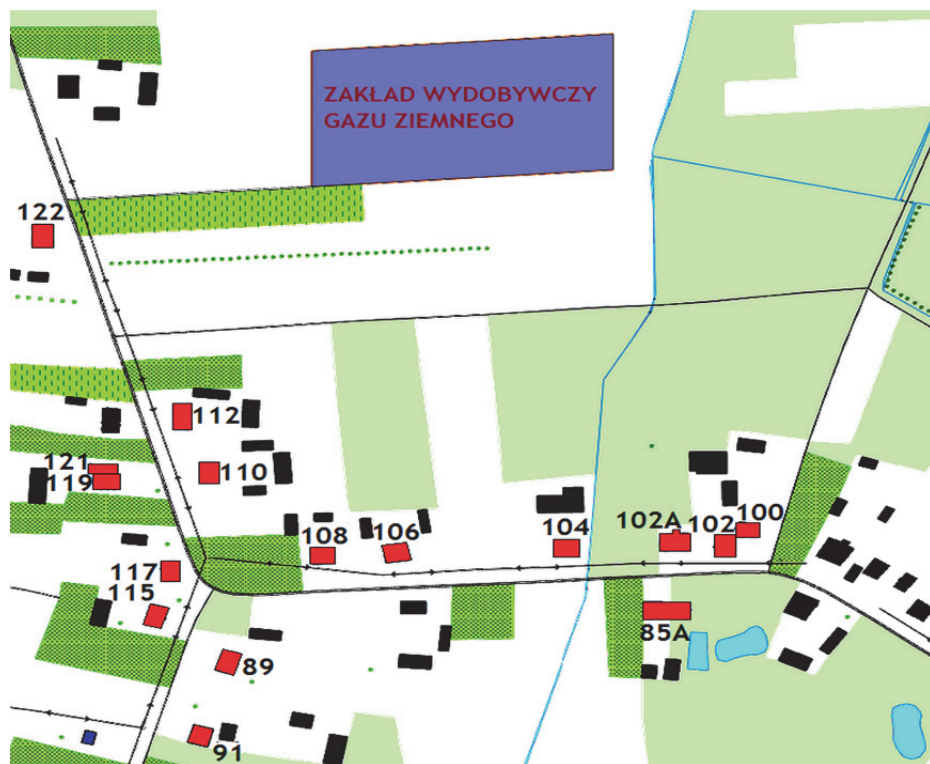
Tabela 1. Skład dodatkowych związków chemicznych stosowanych w płynie szczelinującym stosowanych w odwiercie Syczyn

Table 1. The composition of additional chemicals used in the fracturing fluid which was employed in the Syczyn wellbore

Związki chemiczne	Maksymalne stężenie w płynie szczelinującym [%]
Kwas solny	0,0833
2-(2-butoksyetoksy)etanol	0,0416
Metanol	0,0014
2-butoksyetanol	0,0014
Alkohole alifatyczne	0,0011
Kwasy alifatyczne	0,0011
Guar guma	0,0007
Prop-2-yn-1ol	0,0004
Peroksodisiarazan(VI) diamonu	0,0003
Etylenodioksy di-metanol	0,0000172
Glikol etylenowy	0,0000013
Azotan (V) magnezu	0,0000005
Pentachloro-dimetylo-diazo-tiazol-trione	0,0000002

2. Metodyka badań

Analizą objęto próbki wody pobrane z 17 studni kopanych znajdujących się we wsi Syczyn (rys. 1) oraz 2 studni głębinowych, które stanowią ujęcia wody pitnej dla gminy Wierzbica w województwie lubelskim. Studnie kopane, z których pobrano próbki wody znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie Zakładu Wydobywczego Gazu Ziarnego na terenie, którego znajduje się odwiert gazu z łupków i gdzie również był prowadzony proces szczelinowania. Najbliższa ze studni znajduje się w odległości 220 m, a najdalsza w odległości 600 m. Dwie studnie głębinowe, z których zostały pobrane próbki wody znajdują się w odległości 4,9 km i 6,75 km i są położone po przeciwległych stronach odwiertu. Teren, z którego były pobierane wszystkie próbki jest wyplaszczony, a jego wysokość zawiera się w przedziale 178–181 m. n.p.m.



Rys. 1. Wieś Syczyn z zaznaczonymi miejscami poboru próbek wody.

Źródło: <http://mapy.geoportal.gov.pl>

Fig. 1. Syczyn village with marked locations of water sampling.

Source: <http://mapy.geoportal.gov.pl>

Pomiary wykonano:

- 1) odczyn (pH) wody pH-metrem firmy ORION model VERSA STAR;
- 2) zawartość boru, arsenu, chromu, miedzi, żelaza, kadmu, ołowiu, niklu, manganu, glinu, sodu, potasu, wapnia przy pomocy spektrometru emisyjnego z indukcyjnie sprzężoną plazmą – ICP-OES JY 238 UltraCe (JobinYvon-Horriba Francja) akwizycja danych: ICP V5 ver. 1.0 (dla oznaczeń precyzyjnych). Mineralizację próbek przeprowadzono w piecu mikrofalowym: „*Microwave 3000 solv*” Anton Paar – Austria, wyposażonym w 16 pozycyjny rotor z naczyniami MF-100 zabezpieczonymi dyskami bezpieczeństwa. Maksymalna moc magnetronu 1400 W, która w razie przekroczeń, temperatury w którymkol-

wiek z naczyń lub ciśnienia w naczyniu kontrolnym była automatycznie zredukowana do mocy zapewniającej bezpieczną eksploatację naczyń do mineralizacji. Dla sprawdzenia poprawności przebiegu mineralizacji w dwóch naczyniach mineralizowano tę samą próbkę, a także dla każdego przebiegu dodawano próbę zerową (mineralizowano same kwasy). Do 5 ml próbki dodawano 5 ml HNO_3 (65%) + 2 ml HCl (30%), obydwie kwasy klasy *InstraAnalysed*[®] z certyfikowaną zawartością metali JT Baker – Niemcy. Następnie mineralizaty przenoszono do kolby pomiarowej (PE) i dopełniano wodą do 25 ml. Roztwory do kalibracji ICP-OES przygotowano z wykorzystaniem wielopierwiastkowego roztworu kalibracyjnego CertiPUR[®] VIII (Merck);

- 3) zawartość jonów NO_3^- , NO_2^- i stężenie jonów NH_4^+ oraz PO_4^{3-} przy użyciu analizatora przepływowego z detekcją fotometryczną firmy FossFIAstar 5000. Stężenie jonów NH_4^+ oznaczono zgodnie z normą ISO 11732, stężenie jonów NO_3^- , NO_2^- zgodnie z normą ISO 13395 i jonów PO_4^{3-} według normy ISO/FDIS 15681-1;
- 4) stężenie jonów chlorkowych – miareczkowaniem argentometrycznym, metodą Mohra;
- 5) stężenie jonów siarczanowych metodą badawczą PBL/CH/28/06 wyd. 02 z 07.11.2011 na podstawie metody HACH 8051.

3. Omówienie wyników

Porównanie wyników badań jakości wód podziemnych ze studni we wsi Syczyn z obowiązującymi kryteriami oceny stanu wód podziemnych wykazały duże zróżnicowanie poziomu wartości oznaczanych wskaźników zanieczyszczeń. W większości przypadków utrzymywały się w II, III klasie jakości wód [21]. Jednak ze względu na niedopuszczalne przekroczenie wartości granicznych dla fosforanów, wapnia, niklu i potasu należy je zaliczyć do wód o słabym stanie chemicznym (klasa V – wody złej jakości).

Tabela 2 przedstawia wielkość odczynu pH, zawartość jonów chlorkowych i siarczanowych z wód ze studni we wsi Syczyn. Odczyn pH tych wód wahał się od 6,34 do 8,07 ze średnią równą 7,02 co klasyfikuje je do I klasy jakości wód według Rozporządzenia Ministra Środowiska z 2008 r. Odczyn pH nie przekracza norm dla wód pitnych. Chlorki, są tym wskaźnikiem zanieczyszczenia wody, które mogą być podwyż-

szone na skutek prac wydobywczych prowadzonych we wsi Syczyn. Maksymalne stężenie chlorków w badanych wodach wynosiło 166,85 mg Cl/dm³, co nie przekracza wartości chlorków określonej dla wody pitnej (250 mg Cl/dm³) [22]. Pod względem zawartości chlorków badane wody można zaliczyć do I klasy jakości wody z wyjątkiem gospodarstwa oznaczonego na mapie numerem 91, w którym zawartość chlorków wynosi 166,85 mg Cl/dm³ i klasyfikuje je do III klasy jakości wód [21].

Tabela 2. Odczyn pH, zawartość jonów chlorkowych, siarczanowych (VI) w wodach ze studni z miejscowości Syczyn

Table 2. pH, content of chloride ions, sulphate (VI) in water from Syczyn village wells

Nr pomiaru	Nazwa próbki	pH	Chlorki [mg/l]	Siarczany [mg/l]
1.	Mapa 85a	6,86	0	5,2
2.	Mapa 89	6,97	31,95	63
3.	Mapa 91	6,58	166,85	264
4.	Mapa 100	7,03	53,25	201
5.	Mapa 102	8,07	28,4	85
6.	Mapa 102a	7,06	35,5	64
7.	Mapa 104	7,08	28,4	79
8.	Mapa 106	6,81	24,85	77,6
9.	Mapa 108	6,95	78,8	75
10.	Mapa 110	7,42	14,2	38,1
11.	Mapa 112	6,89	21,3	63,6
12.	Mapa 115	6,73	74,55	201
13.	Mapa 117	6,80	46,15	53
14.	Mapa 119	7,25	10,65	81
15.	Mapa 120	6,95	0	29,3
16.	Mapa 121	7,11	35,5	57
17.	Mapa 122	6,34	106,5	240
18.	Studnia głębinowa Wólka Tarnowska 80m	7,12	28,4	14,4
19.	Studnia głębinowa Wierzbica 100m	6,99	3,55	5,4

Kolejnym wskaźnikiem zanieczyszczenia, który może być podwyższony ze względu na prace wydobywcze są siarczany. Pod względem zawartości siarczanów badane wody podziemne można zaliczyć do I, II klasy jakości wód (5,2–264,0 mg SO₄/dm³). Z wyjątkiem gospodarstwa

91 (264 mg SO_4/dm^3). Zawartość siarczanów w badanych wodach nie przekracza norm jakości wód pitnych (250 mg SO_4/dm^3) [22]. Dane literaturowe wskazują że w województwie lubelskim zawartość siarczanów w wodach ze studni kopanych może sięgać nawet 527 mg SO_4/dm^3 [11]. Przekroczona zawartość siarczanów może pochodzić z utleniania pirytu.

Dane prasowe, literaturowe podkreślają zagrożenie metalami wód w okolicach, w których prowadzone są prace wydobywcze. Tabela 3a i 3b przedstawia stężenie metali z wód ze studni we wsi Syczyn.

Stężenia boru, arsenu, chromu, miedzi, żelaza, kadmu, ołowiu badanych wód ze studni we wsi Syczyn mieszczą się w granicach dopuszczalnych dla I klasy jakości wód podziemnych, wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dn. 23.07.2008 r. i wynoszą odpowiednio: od 0,02 mg B/dm^3 do 0,5 mg B/dm^3 , od 0,0001 mg As/dm^3 do 0,02 mg As/dm^3 , chromu od 0,0001 mg Cr/dm^3 do 0,0009 mg Cr/dm^3 , od 0,01 mg Fe/dm^3 do 0,04 mg Fe/dm^3 , od 0,0002 mg Cd/dm^3 do 0,0002 mg Cd/dm^3 ; od 0,0003 mg Pb/dm^3 do 0,0003 mg Pb/dm^3 . Stężenie niklu wyniosło 0,00054 mg Ni/dm^3 do 0,019 mg Ni/dm^3 . Stężenie niklu w wodach z trzech badanych studni przekroczyła wartość 0,01 mg Ni/dm^3 co klasyfikuje je do III klasy jakości wód zgodnie z Rozporządzeniem z 23.07.2008 r. Żadna z badanych wód ze studni we wsi Syczyn nie przekracza normy jakości wody pitnej równej 0,02 mg Ni/dm^3 [22].

W badanych wodach zaobserwowano wysokie stężenie glinu od 0,063 do 0,774 mg Al/dm^3 . Aż 12 studni zawiera wodę przekraczającą 0,2 mg Al/dm^3 takie stężenie nie spełnia norm jakości wody pitnej [22]. Obecność glinu w różnych komponentach środowiska w przeciągu ostatnich 30 lat wzrosło. Glin pod względem występowania w litosferze znajduje się na 3 pozycji po tlenie (49,9%) i krzemie (26,9%). Wchodzi w skład 250 minerałów z czego około 40% przypada na glinokrzemiany: ortoklaz, albit, anortyt, muskowit, kaolinit. W środowisku kwaśnym minerały uwalniają glin [7]. Zawartość glinu w badanych wodach może wynikać z budowy mineralogicznej badanego terenu oraz składu gleb.

Stężenie manganu waha się od 0,01 do 0,17 mg Mn/dm^3 . Wody ze studni w gospodarstwach numer 89 oraz 104 mają stężenie powyżej 0,05 mg Mn/dm^3 co odpowiada II klasie jakości wód zgodnie z Rozporządzeniem z 23.07.2008 r. Dopuszczalne stężenie tego pierwiastka, w wodach do picia wynosi 0,05 mg Mn/dm^3 . Gleby na terenie gminy są bogate w mangan, stąd jego obecność w analizowanych wodach jest

prawdopodobnie wynikiem naturalnych procesów, związanych z przenikaniem tego pierwiastka ze skał i minerałów.

Zawartość potasu, sodu i wapnia w badanych wodach jest znaczna. Zawartość sodu w badanych wodach wyniosła od 3,23 mg Na/dm³ do 72,43 mg Na/dm³. Wody ze studni z gospodarstw numer 91, 115, 121 zawierają więcej nie 60 mg Na/dm³ co klasyfikuje je do II klasy jakości wód zgodnie z Rozporządzeniem z 23.07.2008 r., pozostałe należą do I klasy. Zawartość sodu w badanych wodach mieści się w normach jakości wody pitnej (200 mg Na/dm³).

Stężenie potasu wyniosło od 3,82 do 132,4 mg K/dm³. Aż 12 z badanych studni zawiera stężenie potasu klasyfikujące je do V klasy jakości wód. Wysoka zawartość jonów fosforanowych i potasowych może wynikać z działalności rolniczej prowadzonej na badanym terenie, od stosowanych nawozów a nie z działalności wydobywczej.

Tabela 3a. Zawartość metali [ppm] w wodach ze studni we wsi Syczyn

Table 3a. Content of metals [ppm] in the waters from Syczyn village wells

Lp.	Nazwa próbki	Ag	Al	As	B	Ba	Mn	Ca	Co ppb
1.	Mapa85a	0,0001	0,250	<d.l.	<d.l.	0,02	0,03	290,50	0,00019
2.	Mapa89	<d.l.	0,115	0	0,25	0,08	0,06	84,79	0,0006
3.	Mapa91	0,016	0,619	0	0,29	0,33	0,02	143,93	0,001
4.	Mapa100	0,00072	0,286	0,02	0,24	0,04	0,01	169,31	<d.l.
5.	Mapa102	0,02	0,685	0	0,04	0,05	0,01	101,62	0,0002
6.	Mapa102a	<d.l.	0,101	<d.l.	0,10	0,06	0,03	195,11	<d.l.
7.	Mapa104	<d.l.	0,259	0	0,15	0,03	0,17	107,57	0,0005
8.	Mapa106	0,035	0,202	<d.l.	0,33	0,07	<d.l.	74,87	0,00085
9.	Mapa108	<d.l.	0,180	0	0,25	0,06	<d.l.	97,07	<d.l.
10.	Mapa110	0,020	1,504	<d.l.	0,12	0,04	<d.l.	88,02	<d.l.
11.	Mapa112	<d.l.	0	0	0,13	0,10	<d.l.	88,24	<d.l.
12.	Mapa115	0,018	1,103	<d.l.	0,20	0,09	0,03	145,55	0,00023
13.	Mapa117	0,00031	0,238	<d.l.	<d.l.	0,10	0,01	94,45	0,001
14.	Mapa119	<d.l.	0	<d.l.	0,20	0,07	<d.l.	170,84	<d.l.
15.	Mapa120	0,01741	0,251	<d.l.	0,04	0,04	0,02	72,84	<d.l.
16.	Mapa121	0,00071	<d.l.	<d.l.	0,50	0,05	<d.l.	100,45	<d.l.
17.	Mapa122	<d.l.	0,273	<d.l.	0,20	0,05	0,16	161,02	0,004
18.	SG 80m	0,019	0,063	0,0005	<d.l.	0,05	<d.l.	108,15	<d.l.
19.	SG 100m	0,00067	0,121	<d.l.	0,02	0,04	<d.l.	128,15	<d.l.

Stężenie wapnia waha się w badanych wodach od 65,16 do 290,5 mg Ca/dm³. Takie stężenie wapnia odpowiada II i III klasie jakości wód. Woda ze studni z gospodarstwa nr 85 (290,50 mg Ca/dm³) odpowiada V klasie jakości wód zgodnie z Rozporządzeniem z 23.07.2008 r. Obecność wapnia może wynikać z budowy skał i składu gleb. Wzrost wapnia może następować w wyniku reakcji ługowania węglanu wapnia oraz dolomitu.

Tabela 3b. Zawartość metali [ppm] w wodach ze studni we wsi Syczyn
Table 3b. Content of metals [ppm] in the waters from Syczyn village wells

Lp.	Nazwa próbki	Cr	Mg	Fe	Cd	Pb	Ni	Na	K
1.	Mapa85a	0,00053	8,28	0,02	0,00017	<d.l.	0,001	3,23	4,13
2.	Mapa89	0,0002	10,92	<d.l.	<d.l.	0,0003	0,010	46,97	100,69
3.	Mapa91	0,00096	7,99	<d.l.	0,00017	0,001	0,014	72,43	3,82
4.	Mapa100	0,00067	16,51	<d.l.	0,00010	0,002	0,004	44,85	132,40
5.	Mapa102	0,0004	6,18	0,01	<d.l.	<d.l.	0,001	16,79	45,52
6.	Mapa102a	0,0002	3,42	<d.l.	0,0002	<d.l.	0,003	20,92	4,60
7.	Mapa104	0,00033	9,49	<d.l.	<d.l.	0,002	0,006	31,01	75,27
8.	Mapa106	<d.l.	9,39	<d.l.	0,00009	0,002	0,009	40,59	54,85
9.	Mapa108	0,0004	12,47	<d.l.	<d.l.	0,002	0,005	48,05	112,76
10.	Mapa110	0,00056	4,99	<d.l.	0,00004	0,0006	0,001	23,75	39,80
11.	Mapa112	0,00037	8,37	<d.l.	<d.l.	0,001	0,002	25,38	95,09
12.	Mapa115	0,00047	18,03	<d.l.	0,00003	<d.l.	0,019	69,87	39,91
13.	Mapa117	0,0004	9,74	<d.l.	<d.l.	0,003	0,019	43,55	27,45
14.	Mapa119	0,0005	10,03	<d.l.	<d.l.	0,0009	0,003	21,92	14,70
15.	Mapa120	0,00065	2,95	<d.l.	0,00002	0,001	0,001	9,59	8,61
16.	Mapa121	0,00059	10,46	<d.l.	0,00005	<d.l.	0,004	59,45	88,11
17.	Mapa122	0,0001	17,42	<d.l.	<d.l.	<d.l.	0,015	70,72	46,89
18.	SG 80m	0,0003	7,39	<d.l.	<d.l.	0,001	0,017	5,82	3,99
19.	SG 100m	0,00042	12,05	<d.l.	0,0001	<d.l.	<d.l.	7,72	5,48

Zawartość jonów amonowych, azotanowych (III), azotanowych (V) przedstawia tabela 4.

Zawartość azotanów i fosforanów w wodach podziemnych zwiększa się przede wszystkim przez wielkość i sposób nawożenia [19].

Stężenia fosforanów w badanych wodach są znaczne i zróżnicowane wahają się w granicach 0,025–7,93 mg PO₄/dm³. Stężenia te w nielicznych studniach odpowiadają wartościom dopuszczalnym dla I, w pozostałych 5 przypadkach zawartość fosforanów klasyfikuje je do IV klasy oraz 5 studni do klasy V jakości wód według Rozporządzenia

z 23.07.2008 r. Zawartość związków fosforu w wodach gruntowych jest nie tylko wynikiem działalności człowieka, ale także efektem procesów zachodzących w glebie. Wielkość stężenia tych związków zależy od rodzaju i zwięzłości gleb, wielkości opadów atmosferycznych, intensywności migracji tych związków w profilu glebowym oraz naturalnych potrzeb roślin i bakterii glebowych. Fosfor, w przeciwieństwie do azotu, jest pierwiastkiem bardzo słabo przemieszczającym się w glebie. Wymywanie fosforu z gleby występuje w określonych warunkach glebowych. Fosforany najłatwiej wymywane są z gleb mających odczyn pH = 6–7 [16]. Związki fosforu, mimo że nie są szkodliwe dla zdrowia człowieka, są niepożądane w wodzie do picia, ponieważ sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów. Obecność tych związków w wodzie przeznaczonej do spożycia budzi także obawy natury higieniczno-sanitarnej, zwłaszcza jeżeli występują wraz ze związkami azotowymi [24].

Tabela 4. Zawartość jonów fosforanowych (V), azotanowych (V), azotanowych (III) oraz amonowych w ppm w wodach ze studni z miejscowości Syczyn
Table 4. Content of ions of phosphate (V), the nitrate (V), nitrate (III) and ammonium in the water from Syczyn village wells (ppm)

Lp.	Nazwa próbki	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N
1.	Mapa 85a	0,025	6,37	0,014	0,129
2.	Mapa 89	6,918	8,63	0,017	0,10
3.	Mapa 91	7,931	–	–	0,205
4.	Mapa 100	1,931	11,9	0,014	0,11
5.	Mapa 102	2,809	–	–	–
6.	Mapa 102a	0,443	2,73	0,008	0,080
7.	Mapa 104	6,332	10,2	0,018	0,21
8.	Mapa 106	7,128	11,5	0,008	0,314
9.	Mapa 108	7,273	10,8	0,011	0,16
10.	Mapa 110	1,088	10,3	0,009	0,064
11.	Mapa 112	0,247	12,5	0,011	0,111
12.	Mapa 115	1,640	10,8	0,011	0,082
13.	Mapa 117	0,581	12,1	0,007	0,27
14.	Mapa 119	0,282	12,2	0,007	0,12
15.	Mapa 120	0,163	6,67	0,012	0,075
16.	Mapa 121	1,095	11,0	0,005	0,073
17.	Mapa 122	0,168	11,6	0,017	0,25
18.	Studnia głębinowa Wólka Tarnowska 80 m	0,100	–	–	0,14
19.	Studnia głębinowa Wierzbica 100 m	0,140	–	–	0,24

Zakres zmienności stężeń jonu amonowego w wodach ze studni kopanych w Syczynie zawierają się w granicach: 0,064–0,31 mg NH_4/dm^3 co odpowiada I klasie jakości wód zgodnie z Rozporządzeniem z 23.07.2008 r.

Zakres stężeń jonów azotanowych (III) w wodach gruntowych, pobranych do badań wynosił: 0,005–0,018 mg NO_2/dm^3 stężenie tego jonu odpowiada I klasie jakości zgodnie z Rozporządzeniem z 23.07.2008 r.

Zawartość jonów azotanowych (V) w badanych wodach mieści się w granicach 2,73–12,5 mg NO_3/dm^3 , wartość ta odpowiada II klasie jakości wód zgodnie z rozporządzeniem z 23.07.2008 r. Stężenie jonów azotanowych (III) oraz azotanowych (V) w badanych wodach nie przekracza norm jakości wody pitnej (0,05 mg NO_3/dm^3 i 50 mg NO_3/dm^3) określonej Rozporządzeniem z 29.03.2007 r.

Azot azotanowy (III) jest najbardziej niekorzystną formą związków azotowych w wodach podziemnych, gdyż wykazuje dużą toksyczność dla organizmów żywych. Azotany (III) powstają w pierwszym etapie redukcji azotanów (V) i mogą powodować potencjalnie śmiertelną chorobę – met-hemoglobinemię. Ponadto wysoka zawartość azotanów (III) w wodach podziemnych świadczy o bardzo intensywnych przemianach azotowych zachodzących najczęściej w warunkach niedotlenionych lub beztlenowych, czyli w warunkach niekorzystnych dla organizmów tlenowych [4]. W badanych próbkach wody nie odnotowano przekroczenia normy.

4. Wnioski

Jakość wód podziemnych w Polsce nie jest zadowalająca. Badania prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny w ramach umowy z Głównym Instytutem Ochrony Środowiska wykazują trend wzrostu boru, manganu, niklu, wapnia, potasu, arsenu, baru, siarczanów, azotanów, ogólnego węgla organicznego, jonu amonowego, związku te są głównie pochodzenia antropogenicznego [15].

Przyjmuje się, iż jednym z najistotniejszych parametrów wpływających negatywnie na jakość wody w studniach jest niewłaściwe użytkowanie terenu wokół studni. Nieodpowiednia lokalizacja studni na terenie działki – zbyt bliskie odległości od budynków mieszkalnych i inwentarskich oraz nieszczelne szamba wydatnie wpływają na skład fizykochemiczny wody.

Wykonane badania jakości wód ze studni we wsi Syczynie nie wykazują podwyższonych zawartości związków nieorganicznych mogących pochodzić z płynów technologicznych używanych w czasie poszukiwania i eksploatacji gazu z łupkowych formacji skalnych.

Praca zrealizowana w ramach grantu NCBiR Blue Gas BG1/SOIL/2013.

Literatura

1. **Abbe E.O., Grimes M.S., Fowler D.G., Boccaccini R.A.:** *Novel sintered glass-ceramics from vertified oil well drill cuttings.* Journal Material Science. 44(16), 4296–4302 (2009).
2. **Akman I., Mishra A.:** *Green Information Technology Practices among IT Professionals: Theory of Planned Behavior Perspective.* Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development. 9(2), 47–54 (2014).
3. **Barbot, E., Vidic N.S., Gregory K.B., Vidic R.D.:** *Spatial and temporal correlation of water quality parameters of produced waters from Devonian-Age shale following hydraulic fracturing.* Environmental Science and Technology. 47, 2562–2573 (2014).
4. **Chelmicki W.:** *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona.* Wyd. Nauk PWN, Warszawa 2001.
5. **Duda R.:** *Assessment of disposable groundwater resources for hydraulic fracturing of gas shales in the Lublin Basin (eastern Poland).* Gospodarka Surowcami Mineralnymi. 30(2), 79–96 (2014).
6. **Grunwald A.:** *Sustainability research as inter- and trans-disciplinary activity: the case of German Energiewende.* Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development. 9(1), 11–20 (2014).
7. **Gworek B.:** *Glin w środowisku przyrodniczym a jego toksyczność.* Ochrona środowiska i zasobów naturalnych. 29, 27–38 (2006).
8. **Harrison S.S.:** *Evaluation system for ground-water contamination hazards due to gas-well drilling on the glaciated Appalachian plateau.* Ground Water. 21, 689 (1983).
9. **IPCC:**2014. Forth Report.
https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WG2AR5_SPM_FINAL.pdf
[dostęp 20.11.2014].
10. **Jarzyńska W., Pawłowski A., Viktorovich N.:** *Technological development of wind energy and compliance with the requirements for sustainable development.* Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development. 9(1), 167–177 (2014).

11. **Jóźwiakowski K., Steszuk A., Pieńko A., Marzec M., Pytka A., Gizińska M., Sosnowska B., Ozonек J.:** *Ocena wpływu przydomowych oczyszczalni ścieków z drenażem rozsączającym na jakość wód podziemnych w studniach kopanych i głębinowych.* Inżynieria Ekologiczna. 39, 74–84 (2014).
12. **Krogulec E.:** *Modelowa analiza przekształceń chemizmu płynów technologicznych stosowanych w pozyskiwaniu gazów z łupków (shale gas) metodą szczelinowania hydraulicznego.* Przemysł Geochemiczny. 451, 161–168 (2012).
13. **Lindzen R.:** *Global Warming: The origin and nature of the alleged scientific consensus.* Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development. 5(2), 13–28 (2010).
14. **Osborn S.G., Vengosh A., Warner N.R., Jackson R.B.:** *Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing.* Proc. Natl. Acad. Sci. 108, 8172 (2011).
15. Państwowy Instytut Geologiczny: Raport Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu jednolitych części wód podziemnych w dorzeczach w latach 2012–2014.
http://mijwp.gios.gov.pl/g2/oryginal/2014_06/e59e3449d9ec0d4591a937827abe83c9.pdf [dostęp 20.11.2014].
16. **Pawęska K., Malczewska B., Zyglińska B.:** *Zawartość fosforanów w wodach studziennych na przykładzie wsi Przeździeca, Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich.* Infrastructure and ecology of rural areas. 7, 169–177 (2011).
17. **Pawłowski A.:** *Rozwój zrównoważony a globalizacja.* Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development. 8(2), 5–16 (2013).
18. **Rahm B.G., Riha S.J.:** *Toward strategic management of shale gas development: Regional, collective impacts on water resources.* Environ. Sci. Policy. 17, 12–16 (2012).
19. **Rauba M.:** *Zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych zlewni użytkowanej rolniczo na przykładzie zlewni rzeki Śliny.* Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 40, 505–512 (2009).
20. **Rozell D.J., Reaven S.J.:** *Water pollution risk associated with natural gas extraction from the Marcellus shale: Risk Analysis.* Economics of unconventional shale gas development, 32 (8), 1382–1393, 2012.
21. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 roku w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz. U. 08.143.896).
22. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi (Dz. U.10.72.466).
23. **Shan S., Bi X.:** *Low Carbon Development of China's Yangtze River Delta Region.* Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development, 7(2) 33–41, 2012.

24. **Sieradzki, T.:** 2005. *Wpływ wieloletniego nawożenia gnojówką bydłęcą pastwiska na jakość wody gruntowej*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, Falenty, 51 (13), 2015.
25. **Vidic R.D., Brantley S.L, Vandebossche J.M, Yoxheimer D., Abad J.D.:** *Impact of shale gas development on regional water quality*, Science, 340, 826–833, 2013.
26. **Widomski K.M.:** *Selected methods of water resources accounting in the aspect of sustainable development*. Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development, 7 (2) 33–41, 2012.
27. http://www.opppw.pl/projekt/Syczyn_OU2K_Component_disclosure_card_OP3PW.pdf [dostęp 20.11.2014].

Impact of Shale Gas Exploitation on the Drinking Water Reservoirs. Case of Lublin Region

Abstract

The energy supply which would not contribute to climate change is biggest challenge facing modern civilization Bottom line is that the supply of energy is essential for the development of human civilization. In the very near future, shale gas may constitute an important source of energy. Poland has significant shale gas deposits. Polish Geological Institute estimated its amount at around 346–768 billion cubic meters. However, exploration works meets with large protests of residents, who are afraid of the contamination of drinking water. Considering the number of protests, it seems reasonable to undertake research on the development of water quality monitoring system in the shale gas exploitation site. The basic rule of this monitoring is to determine what chemicals are introduced into wells. The next step is to select water intakes located nearby. This paper presents and evaluates the quality of water taking into account inorganic compounds added to drilling fluids and fracturing fluids. The study contains the results on the content of trace metal ions, chlorides, nitrates, phosphates and sulphates. The study does not assess organic compounds content which can be added to the fluids in the process of hydraulic fracturing

Słowa kluczowe:

gaz z łupków, woda pitna, jakość wody, szczelinowanie hydrauliczne

Keywords:

shale gas, drinking water, water quality, hydraulic fracturing