

Prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków – wyniki terenowych badań środowiskowych

Małgorzata Kantor¹, Monika Koniecznyńska², Olga Lipińska²



M. Kantor



M. Koniecznyńska



O. Lipińska

Shale gas exploration – the results of environmental field studies. Prz. Geol., 63: 404–409.

A b s t r a c t. At the beginning of 2015 a research study, which covered the main unconventional hydrocarbon (shale gas) basins in Poland, was completed. The study was coordinated by the General Directorate for Environmental Protection. Field studies and analysis were carried out by the consortium led by Polish Geological Institute – National Research Institute, in collaboration with University of Science and Technology AGH in Cracow and Gdańsk University of Technology. Seismometric monitoring was conducted by the Central Mining Institute. The involvement of more than 60 specialists with interdisciplinary knowledge and international experience has provided high-quality results. The aim of the study was to analyze

environmental impact of shale gas exploration, taking into account differentiated geological, geoenvironmental, land use, and technological data. The scope of the study included, among others: the groundwater and surface water, landscape, nature conservation forms, soil, noise and ambient air. The study was performed in 7 exploration areas around 7 different wells and included environment baseline study. The results show that there is no long-lasting, significant impact of shale gas exploration on the environment.

Keywords: field studies, shale gas, environmental impact, hydraulic fracturing, well pad, comprehensive research

W ślad za informacjami o szacunkowych zasobach gazu z łupków w Polsce, pojawiły się obawy o stan środowiska i jakość życia mieszkańców terenów, na których były planowane prace rozpoznawcze lub wydobywcze. Niepokój wśród mieszkańców był również spowodowany informacjami o rzekomym zagrożeniu dla wód pitnych wywołanym szczelinowaniem hydraulicznym w USA, które pojawiały się w mediach. Prowadzono także dyskusje na temat składu płynu szczelinującego i szczelności otworów, wynikające przede wszystkim z obawy przed zanieczyszczeniem wód pitnych i gleb w Polsce. W ramach dotychczasowych dyskusji nie przedstawiano faktów, mówiono jedynie o przypuszczeniach lub domysłach, co wynikało z braku obiektywnych, rzetelnie wykonanych badań w tym zakresie. W celu zweryfikowania pojawiających się przypuszczeń co do możliwych zagrożeń dla środowiska, Minister Środowiska podjął decyzję o zleceniu Generalnemu Dyrektorowi Ochrony Środowiska realizacji projektu „Ocena zagrożeń dla środowiska powodowanych procesem poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania niekonwencjonalnych złóż węgłowodorów”.

Jednym z kluczowych celów projektu było przeprowadzenie badań w rejonach prac rozpoznawania złóż niekonwencjonalnych metodą otworową, których wyniki pozwolą na zebranie danych i informacji dotyczących wpływu prowadzonych prac na środowisko. Informacje te, dostarczone organom administracji i nadzoru, umożliwią efektywne zarządzanie i kontrolę prac poszukiwawczo-wydobywczych prowadzonych przez przedsiębiorców.

Na etapie tworzenia założeń projektu wzięto pod uwagę badania stanu środowiska wykonane podczas szczelinowania hydraulicznego i testów złożowych w otworze Łebień LE 2H w 2011 r., których wyniki zostały przedstawione przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w raporcie pn. „Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Łebień LE-2H”³.

Wyniki terenowych badań środowiskowych, przeprowadzonych na terenie zakładów wykonujących roboty geologiczne i w ich otoczeniu, stanowią główny rezultat projektu. Na jego podstawie zostaną opracowane wytyczne (dobre praktyki) dotyczące rozwiązań pozwalających na minimalizację wpływu prowadzonych prac na środowisko, procedury ocen oddziaływania na środowisko, rekultywacji terenów, na których prowadzone były prace, monitoringu środowiska oraz prawidłowej gospodarki odpadami, ściekami i płynami technologicznymi stosowanymi i/lub wytwarzanymi podczas prac.

Wyniki projektu są dedykowane instytucjom, które odpowiadają za wyznaczanie kierunków strategicznych rozwoju branży naftowo-gazowej, wydają decyzje administracyjne i prowadzą nadzór, realizują badania naukowo-badawcze czy też prowadzą działalność dotyczącą poszukiwania, rozpoznawania i/lub wydobywania węgłowodorów w Polsce. Dzięki szczegółowemu rozpoznaniu istnieje możliwość rozwoju strategicznego sektora naftowego w naszym kraju, przy jednoczesnym zagwarantowaniu bezpieczeństwa środowiska naturalnego i ludności na terenach poszukiwań i wydobywania węgłowodorów.

¹ Departament Ocen Oddziaływania na Środowisko, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa; malgorzata.kantor@gdos.gov.pl.

² Program Bezpieczna Infrastruktura i Środowisko, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; mkon@pgi.gov.pl; olga.lipinska@pgi.gov.pl.

³ Raport dostępny na stronie: <http://www.pgi.gov.pl/pl/institut-geologiczny-informacje-prasowe/4091-raport-z-lebienia-materia-prasowe>.

TERENOWE BADANIA ŚRODOWISKOWE

Badania środowiskowe były prowadzone od połowy 2012 r. i początkowo miały trwać około roku. Jednak szybko okazało się, że jest to zbyt krótki czas, żeby zrealizować w pełni zamierzone cele. Podjęto więc decyzję o wydłużeniu okresu badawczego, jednocześnie zwiększając liczbę poligonów badawczych z pięciu do siedmiu.

Istotne było zapewnienie obiektywności i niezależności wyników badań. Do współpracy zostały zaproszone instytucje państwowe: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (lider zespołu), Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Politechnika Gdańska oraz Główny Instytut Górnictwa w Katowicach. Zaangażowanie ponad 60 specjalistów i ekspertów posiadających interdyscyplinarną wiedzę i międzynarodowe doświadczenia, pozwoliło na zapewnienie wysokiej jakości merytorycznej przeprowadzonych badań. Prace zostały sfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Prace badawcze zostały wykonane na obszarach najbardziej perspektywicznych z punktu widzenia występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów – na terenie basenu pomorskiego i podlasko-lubelskiego. Wzięto pod uwagę otwory pionowe i poziome, w których przeprowadzono szczelinowanie hydrauliczne. Badaniami objęto siedem zakładów prowadzących prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków na terenie koncesji Wejherowo, Elbląg, Stara Kiszewa, Lębork, Bytów, Wierzbica i Zwierzyniec. Koncesje te należały do sześciu niezależnych koncesjonariuszy. Dzięki takiemu podejściu zagwarantowano, że zgromadzone wyniki uwzględniają różne uwarunkowania środowiskowe, geologiczne oraz technologiczne. Poligony badawcze (w skrócie PB) obejmowały tereny zakładów prowadzących prace geologiczne oraz ich otoczenie. Były one dobrowolnie i nieodpłatnie udostępniane przez przedsiębiorców. Wielkość poszczególnych poligonów badawczych zależała od lokalnych warunków geologiczno-środowiskowych. Zakres współpracy z operatorami koncesji określano w szczegółowych umowach.

Zaplanowane prace prowadzono przed i w trakcie wiercenia otworów, w trakcie i po zakończeniu zabiegów szczelinowania hydraulicznego i testów złożowych oraz, tam gdzie wykonano rekultywację terenu, po jej zakończeniu. Zakresy i metody badań były dostosowywane do specyfiki każdego z poligonów, co wynikało z uwarunkowań lokalizacyjnych i czasowych prac.

Zadania podzielono na dwa etapy: (1) analiza warunków geologicznych i hydrogeologicznych oraz badania stanu środowiska gruntowo-wodnego, powietrza, klimatu akustycznego, płynów technologicznych i odpadów (Konsorcjum w składzie: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Politechnika Gdańska) oraz (2) monitoring sejsmometryczny (Główny Instytut Górnictwa w Katowicach). Szczegółowe wyniki badań przedstawio-

no w dwóch raportach⁴, które są dostępne na stronie: <http://www.gdos.gov.pl/gaz-z-lupkow>.

Badania środowiska gruntowo-wodnego, powietrza, klimatu akustycznego, płynów technologicznych i odpadów

Badania wykonano w różnym zakresie na obszarze łącznie siedmiu poligonów badawczych, tj.: wokół otworów: Lubocino-2H (PB Lubocino), Stare Miasto-1K (PB Stare Miasto), Wysin-1 (PB Wysin), Syczyn OU-2K (PB Syczyn), Zwierzyniec-1 (PB Zawada), Gapowo B-1A (PB Gapowo) oraz Łebień LE-2H (PB Łebień).

W ramach badań stanu początkowego (zerowego lub zastanego przed rozpoczęciem wiercenia lub zabiegu szczelinowania hydraulicznego) określono: stan wód podziemnych i powierzchniowych, jakość gruntu i skład powietrza gruntowego, wartości tła poziomu hałasu oraz stężenia zanieczyszczeń gazowych i pyłu w powietrzu. Przeprowadzono także pomiary bazowe ukształtowania powierzchni terenu metodą skaningu laserowego, w celu oceny przekształceń krajobrazu oraz wpływu działalności zakładów na rozwój ruchów masowych (dla dwóch poligonów badawczych).

Na etapie wiercenia otworów badania obejmowały opróbowanie, analizy składu chemicznego i badania ekotoksykologiczne odpadów wiertniczych, pomiary natężenia hałasu oraz składu gazów i zawartości pyłów w powietrzu atmosferycznym.

Podczas szczelinowania hydraulicznego prowadzono pomiary natężenia hałasu oraz składu powietrza atmosferycznego. Opróbowano płyny szczelinujące i pozabiegowe oraz gazy złożowe. W pobranych próbkach płynów wykonano analizy ekotoksykologiczne i badania ich składu chemicznego. W próbkach gazu złożowego określono skład chemiczny i charakterystykę izotopową metanu i dwutlenku węgla.

Po zakończeniu szczelinowania hydraulicznego i testów złożowych określono stan środowiska w zakresie analogicznym do stanu początkowego. Dzięki przedłużeniu okresu badań na części poligonów badawczych było możliwe określenie stanu środowiska w dłuższej perspektywie czasowej, tj. po zlikwidowaniu i zrehabilitowaniu zakładu oraz po upływie 1 i 2,5 roku od zakończenia zabiegów szczelinowania hydraulicznego. Podsumowanie statystyczne przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 1.

Wyniki i wnioski. Wykonane badania pozwoliły na stwierdzenie, że proces wiercenia otworów (w tym otworów kierunkowych) oraz zabiegi szczelinowania hydraulicznego nie wpłynęły negatywnie na stan środowiska wodno-gruntowego. Nie stwierdzono zmian stanu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych, pogorszenia parametrów gleb pod kątem rolniczym oraz podwyższenia stężeń radonu w glebie.

Analizy naturalnego uszczelnienia potwierdziły, że złoża gazu z łupków leżą na dużych głębokościach i są przykryte utworami geologicznymi zapewniającymi ich dobre uszczelnienie.

⁴ Wyniki badań środowiskowych przedstawiono w raportach:

„Środowisko i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków. Wyniki badań środowiska gruntowo-wodnego, powietrza, klimatu akustycznego, płynów technologicznych i odpadów”,

„Środowisko i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków. Wyniki monitoringu sejsmicznego”.

Tab. 1. Podsumowanie statystyczne wykonanych badań
Table 1. Statistical summary of the undertaken measurements

Rodzaj badania <i>Type of the measurement</i>	Jednostki <i>Unit</i>	Stan początkowy (zerowy/zastany) <i>Initial status (prior to well pad development) or as-found status (well pad operations)</i>	Podczas wiercenia lub po jego zakończeniu <i>Drilling operations or drilling completion</i>	Podczas zabiegu szczelinowania hydraulicznego <i>Hydraulic fracturing</i>	Po zakończeniu prac <i>After completion of well pad operations</i>	Po 1 i 2,5 roku od zabiegu szczelinowania <i>After 1 and 2,5 years of hydraulic fracturing</i>
Pomiary hałasu <i>Noise level measurements</i>	Liczba poligonów badawczych <i>No. of test sites</i>	6	4	5	2	nd
Opróbowanie powietrza atmosferycznego <i>Ambient air sampling</i>		4	5	5	3	nd
Pomiary zapylenia <i>Airborne particulate tests</i>		2	4	4	1	nd
Badania gruntu <i>Soil testing</i>	Liczba próbek <i>No. of samples</i>	6	nd	4	nd	11
Badania węglowodorów w próbkach powietrza gruntowego <i>Soil gas testing for hydrocarbons</i>		136	46	nd	146	120
Oznaczenia stosunków izotopowych w węglowodorach powietrza gruntowego <i>Tests for isotopic composition of soil gas hydrocarbons</i>		5	4	nd	4	8
Pomiary stężenia radonu w powietrzu gruntowym <i>Soil gas tests for radon (²²²Rn) concentrations</i>		103	nd	nd	97	nd
Badania próbek odpadów i płynów technologicznych <i>Waste and process fluid samples test</i>		nd	17	60	nd	nd
Badania wód podziemnych i powierzchniowych <i>Groundwater and surfacewater test</i>	Liczba punktów, w których pobrano próbki <i>No. of sampling points</i>	71	28	2	67	31
Badania drgań sejsmicznych <i>Measurement of seismic vibration</i>		12	nd	12	12	nd

nd – nie dotyczy / not applicable

Uwaga:

– dla poligonu badawczego Wysin wykonano jedynie badania stanu początkowego, ponieważ przedsiębiorstwo w trakcie realizowanych badań podjęło decyzję o wstrzymaniu prac i niewykonywaniu zabiegu szczelinowania hydraulicznego;
– dla poligonu badawczego Łebień przeprowadzono badania 2,5 roku od zabiegu szczelinowania. Badania stanu początkowego oraz podczas zabiegu szczelinowania zostały przedstawione w raporcie: „Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Łebień LE-2H”.

Please note:

– for the test site Wysin carried only measurement for initial status (prior to well pad development), because the Operator within the project's realization decided to suspend the operations and not to enforce the hydraulic fracturing;
– for test site Łebień the tests had been carried 2,5 years since hydraulic fracturing operations were completed. The study of as-found status and during hydraulic fracturing were presented in a report: “Environmental Aspects of Hydraulic Fracturing Treatment Performed on the Łebień LE-2H Well”.

Prowadzone działania nie miały także wpływu na stan zasobów wód podziemnych i nie spowodowały obniżenia zwierciadła wód podziemnych.

W ramach prowadzonych badań powietrza gruntowego, na kilku poligonach badawczych stwierdzono zwiększenie stężeń metanu, jego cięższych homologów i gazowych alkenów C₂–C₄ oraz dwutlenku węgla, a także obecność

wodoru, co wynikało z gromadzenia się tych gazów pod folią uszczelniającą. Należy podkreślić, że nie mają one związku ze złożami gazu z łupków i są produktami głównie mikrobialnej fermentacji prostych związków organicznych w strefie przypowierzchniowej lub pochodzą z pokładów węgla występujących w utworach górnego karbonu Lubelszczyzny.

Tab. 2. Zakresy wielkości emisji hałasu podczas wiercenia i szczelinowania zarejestrowane na terenie zakładów wykonujących prace geologiczne (zakład) oraz przy najbliższej zabudowie mieszkalnej (receptor)**Table 2.** The value ranges of noise emission registered during drilling and hydraulic fracturing operations at well pads and in the neighborhood of buildings located nearby (receptor)

Etap prac Operation	Zakład Well pad	Receptor Receptor
	L_{Aeq}^*	
Wiercenie Drilling	56,0–69,0 dB	43,8–58,7 dB
Szczelinowanie hydrauliczne Hydraulic fracturing	51,8–74,8 dB	41,9–56,2 dB

** L_{Aeq} – równoważny poziom dźwięku dla pory dnia / equivalent day time noise level

Uwaga:

Podstawą prawną określającą dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku jest Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. Nr 120, poz. 826, zmienione).

Na obszarach poligonów badawczych brak obowiązujących miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, dlatego na potrzeby analizy i interpretacji danych przyjęto dopuszczalne poziomy hałasu dla „zabudowy zagrodowej” wynoszące odpowiednio: 55 dB dla pory dnia i 45 dB dla pory nocy.

Please note:

Permissible noise levels in the environment are specified by Minister's of Environment Ordinance of 14 June 2007 on the permissible noise levels in the environment (Journal of Laws No. 120, Item 826, as amended).

Since the local land use planning scheme are not available for the test site areas, permissible noise levels for “farmstead buildings” equal to 55 dB and 45 dB (for daytime and night-time respectively) have been adopted in this study.

Zdiagnozowano krótkotrwałe przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu, spowodowane pracą generatorów i wysokowydajnych pomp na niektórych etapach zabiegu szczelinowania hydraulicznego. Pomiary wykonywano jednocześnie na terenie zakładów wykonujących prace geologiczne oraz przy najbliższej zabudowie mieszkalnej. Zakresy wielkości emisji hałasu podczas wiercenia i szczelinowania przedstawiono w tabeli 2.

Zaobserwowano także chwilowe wzrosty stężeń węglowodorów C_2 – C_{12} i lotnych związków organicznych w powietrzu, co było związane z pracą urządzeń spaliniowych dużej mocy. Maksymalne stężenia SO_2 , NO_x , metanu, węglowodorów C_2 – C_{12} , lotnych związków organicznych (LZO), benzenu oraz BTEX, zarejestrowane dla poszczególnych poligonów badawczych, przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Maksymalne stężenia wskaźników określających jakość powietrza zarejestrowane na poszczególnych poligonach badawczych
Table 3. Maximum concentrations of ambient air quality indices registered at particular test sites

Poligon badawczy Test Site	Wskaźnik Index	SO_2 [$\mu g/m^3$]	NO_x [$\mu g/m^3$]	Metan Methane [$\mu g/m^3$]	Węglowodory C_2 – C_{12} hydrocarbons [$\mu g/m^3$]	LZO VOC [$\mu g/m^3$]	Benzen Benzene [$\mu g/m^3$]	BTEX [$\mu g/m^3$]
Wartości odniesienia* Value of reference*	uśrednione dla 1 h averaged for 1 h	350	200	nn	3000	nn	30	850
	uśrednione dla roku averaged for 1 year	20	40	nn	1000	nn	5	63
Poziomy dopuszczalne** Permitted level**	uśrednione dla 1 h averaged for 1 h	350	nn	nn	nn	nn	nn	nn
	uśrednione dla 1 roku averaged for 1 year	20	30	nn	nn	nn	5	nn
Lubocino		169 (p)	109 (p)	10108 (p)	7620 (p)	11177 (p)	6,0	23,5 (p)
Stare Miasto		815 (s)	105 (s)	1300 (s)	2900 (s)	5500 (s)	<1	485 (s)
Syczyn		386 (s)	88,7 (z)	1300 (z)	2800 (z)	15400 (s)	<1	120 (s)
Wysin		18 (w)	24 (w)	1000 (z)	3920 (w)	6600 (z)	<1	635 (w)
Zawada		119 (s)	62 (s)	1400 (z)	3500 (z)	6500 (z)	<1	230 (s)
Gapowo		133 (w)	47 (w)	3470 (s)	8544 (s)	32714 (a)	3,2 (s)	33 (s)

– wartości odniesienia nie były przekroczone / the value of reference was not exceeded

* wartości odniesienia wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2010 r., Nr 16, poz. 87);

** poziomy dopuszczalne wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2012, poz. 1031);

() etap prac prowadzonych na terenie zakładu, podczas którego wystąpiło maksymalne zanotowane stężenie: z – stan zastany lub zerowy, w – wiercenie, s – szczelinowanie hydrauliczne, p – odbiór płynu pozabiegowego.

* values of reference according to Environment Minister's Ordinance of 26 January 2010 on the values of references for certain airborne substances (2010 Journal of Laws No. 16, Item 87);

** permitted levels according to Environment Minister's Ordinance of 20 August 2012 on the permitted levels of certain airborne substances (2012 Journal of Laws, Item 1031);

() the stage of operations at sampling is indicated in parentheses: z – as found or baseline status, w – drilling, s – hydraulic fracturing, p – flowback fluid recovery.

W wyniku badań ekotoksykologicznych stwierdzono, że zużyta płuczka oraz odpady wiertnicze, w przypadku niewłaściwego zagospodarowania, mogą stanowić zagrożenie dla organizmów żywych po niekontrolowanym przedostaniu się do środowiska i dlatego należy ściśle przestrzegać zarówno istniejących przepisów prawnych, jak i procedur dotyczących procesów transportu, odzysku/unieszkodliwiania.

Wyniki analiz składu chemicznego płynów technologicznych stosowanych i wytwarzanych podczas prowadzonych prac rozpoznawczych powalają na stwierdzenie, że na skład chemiczny płynów pozabiegowych ma wpływ zarówno skład płynu szczelinującego, jak i ośrodek skalny, w którym prowadzony jest zabieg szczelinowania hydraulicznego. Wyraźnie podwyższone koncentracje niektórych pierwiastków w porównaniu do ich zawartości w płynie szczelinującym mogą wskazywać, że przechodzą one do płynu technologicznego w efekcie jego kontaktu ze skałą. Aktywności właściwe naturalnych izotopów promieniotwórczych w płynach pozabiegowych były nieznacznie wyższe niż w płynach szczelinujących, jednak w zasadzie nadal pozostawały w zakresie odpowiadającym ich naturalnej koncentracji w środowisku. Porównanie zakresów stężeń pierwiastków, dla których zaobserwowano wymycie z formacji łupkowych, oraz aktywności właściwej naturalnych izotopów promieniotwórczych w płynach szczelinującym i pozabiegowych przedstawiono w tabeli 4.

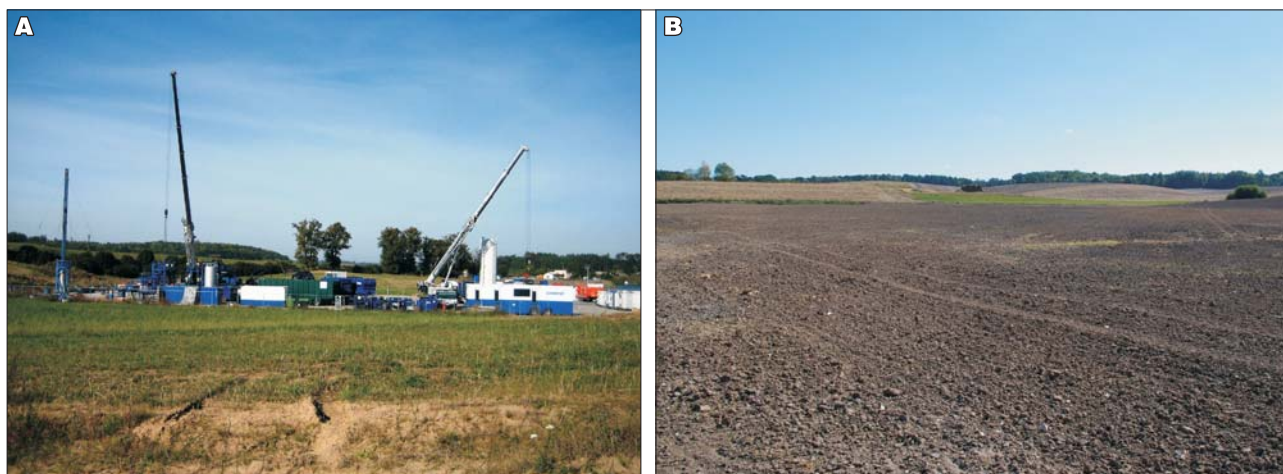
Ingerencja zakładów prowadzących roboty geologiczne w krajobraz jest stosunkowo krótkotrwała i po zakończeniu prac zakład nie powinien pozostawić znaczącego śladu w krajobrazie (ryc. 1). Prowadzone działania mogą mieć potencjalne, bezpośrednie, ale krótkotrwałe negatywne oddziaływanie na obszary cenne przyrodniczo oraz gatunki poddane indywidualnej ochronie, polegające głównie na zwiększeniu natężenia ruchu kołowego i poziomu hałasu.

Na podstawie wyników badań autorzy raportu wskazali zalecenia do prowadzenia monitoringu środowiska oraz rekomendacje dotyczące w szczególności hałasu oraz gospodarki wodnej i gospodarowania odpadami, minimalizujące oddziaływania prac wydobywczych na środowisko oraz gwarantujące zachowanie odpowiednich warunków życia mieszkańców w rejonach wiercen.

Tab. 4. Porównanie zakresów stężeń pierwiastków i aktywności właściwej izotopów promieniotwórczych w płynach szczelinującym i płynach pozabiegowych

Table 4. Comparison of ranges of elements concentration and radioactivity of natural radionuclides in the fracturing fluids and flowback fluids

Pierwiastki <i>Elements</i>	Płyn szczelinujący <i>Fracturing fluids</i>	Płyn pozabiegowy <i>Flowback fluids</i>
	Zakresy stężeń <i>Concentration ranges</i> [mg/dm ³]	
Bor <i>Boron</i>	$1,97 \cdot 10^{-4}$ –48,34	$5,82 \cdot 10^{-3}$ –0,6
Bar <i>Barium</i>	$9,63 \cdot 10^{-5}$ –2,02	$1,28 \cdot 10^{-3}$ –59,50
Wapń <i>Calcium</i>	$0,18^{-2}$ –3,15	0,23–199,56
Cez <i>Cesium</i>	$8,00 \cdot 10^{-4}$ –0,17	$1,61 \cdot 10^{-3}$ –54,57
Potas <i>Potassium</i>	$8,22 \cdot 10^{-2}$ –289,28	1,67–86,68
Sód <i>Sodium</i>	$7,82 \cdot 10^{-2}$ –36,29	0,84–601,65
Selen <i>Selenium</i>	$9,04 \cdot 10^{-2}$ –1,40	$4,19 \cdot 10^{-2}$ –40,58
Stront <i>Strontium</i>	$8,94 \cdot 10^{-4}$ –0,89	$8,80 \cdot 10^{-4}$ –23,45
Srebro <i>Silver</i>	$8,00 \cdot 10^{-4}$ – $1,19 \cdot 10^{-2}$	$1,13 \cdot 10^{-2}$ – $3,04 \cdot 10^{-2}$
Glin <i>Aluminium</i>	$8,49 \cdot 10^{-4}$ –0,9	$1,52 \cdot 10^{-2}$ –2,36
Arsen <i>Arsenic</i>	$8,76 \cdot 10^{-3}$ –0,12	$5,52 \cdot 10^{-3}$ –1,10
Kadm <i>Cadmium</i>	$9,74 \cdot 10^{-4}$ – $1,44 \cdot 10^{-4}$	$7,7 \cdot 10^{-3}$ – $1,2 \cdot 10^{-2}$
Siarka <i>Sulphur</i>	$6,73 \cdot 10^{-3}$ –21,71	0,43–120,36
Aktywność właściwa <i>Specific activity</i> [Bq/kg]		
⁴⁰ K	<10–447	28–492
²²⁶ Ra	<10	<10–48
²²⁸ Th	<10	<10–12



Ryc. 1. Teren zakładu Stare Miasto-1K. **A** – w trakcie prowadzonych robót geologicznych, **B** – po jego likwidacji i wykonaniu zabiegów agrotechnicznych w ramach rekultywacji. Źródło: dokumentacja projektowa

Fig. 1. The view of well pad area Stare Miasto-1K. **A** – during geological operations, **B** – after its demobilisation and site reclamation. Source: project documentation

Monitoring sejsmometryczny

W ramach pracy wykonano badania sejsmometryczne na obszarze 3 poligonów badawczych, w rejonach otworów: Syczyn OU-2K (PB Syczyn), Zwierzyniec-1 (PB Zawada) oraz Gapowo-1 (PB Gapowo). Monitoring polegał na ciągłej obserwacji drgań sejsmicznych na czterech stanowiskach pomiarowych wokół każdego z otworów.

Zainstalowana sieć sejsmometryczna miała na celu rejestrację potencjalnych drgań sejsmicznych wywołanych szczelinowaniem hydraulicznym w otworach. Zasięg obserwacji zależał m.in. od poziomu szumu na stanowiskach, energii zjawisk sejsmicznych, odległości między stanowiskami pomiarowymi a zjawiskami sejsmicznymi oraz od czułości aparatury. Dla zjawisk sejsmicznych, które potencjalnie mogłyby mieć wpływ na zabudowę i infrastrukturę powierzchniową, jako obszar obserwacji przyjęto koło o promieniu około 10 km i środku w miejscu zainstalowania czujnika sejsmicznego.

Wyniki i wnioski. Podczas prowadzenia monitoringu sejsmometrycznego nie zarejestrowano drgań pochodzących od wstrząsów sejsmicznych związanych z procesem pęknięcia górotworu spowodowanego szczelinowaniem hydraulicznym.

W rejonie otworu Syczyn OU-2K stwierdzono drgania parasejsmiczne na powierzchni terenu wywołane pracą urządzeń używanych w czasie szczelinowania hydraulicznego (praca pomp). Drgania te zostały zarejestrowane tylko na stanowisku położonym najbliżej otworu, a maksymalne amplitudy osiągnęły wartość 1 mm/s. Zarejestrowane drgania nie przekroczyły dopuszczalnych wartości drgań według polskiej normy PN-85/B-02170 oraz normy niemieckiej DIN 4150/3 i nie miały wpływu na infrastrukturę budowlaną w miejscu pomiaru.

Rejestrowane drgania parasejsmiczne nie przekroczyły także dopuszczalnych wartości drgań według polskiej normy PN-88/B-02171 i nie miały wpływu na ludzi w budynkach w pobliskiej miejscowości.

PODSUMOWANIE

Wykonane po raz pierwszy w Europie i na świecie na taką skalę terenowe badania środowiskowe (wraz z badaniem stanu bazowego środowiska) towarzyszące poszukiwaniom i rozpoznawaniu niekonwencjonalnych złóż węglowodorów metodą otworową pozwoliły na stwierdzenie, że prowadzone dotychczas prace rozpoznawcze, w tym szczelinowanie hydrauliczne (również wielostopniowe w otworach kierunkowych), nie wpłynęły znacząco na stan środowiska naturalnego. Należy mieć na uwadze, że wpływ na środowisko tego typu inwestycji jest różny oraz uzależniony od rodzaju prac, ich intensywności, technologii i zastosowanych rozwiązań minimalizujących ewentualne negatywne oddziaływania. Zebrane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że prace były wykonywane bezpiecznie i odpowiedzialnie.

Między innymi na podstawie tych wyników zostaną przygotowane wytyczne, które będą dotyczyć działań zapewniających właściwą ochronę środowiska naturalnego i bezpieczeństwo przy realizacji prac związanych z wszelkimi działaniami realizowanymi przez przedsiębiorców i organy administracji. Będą więc dotyczyć działań od etapu ubiegania się o koncesję, poprzez prowadzenie działań w zakresie poszukiwania i rozpoznawania oraz wydobywania gazu z łupków, aż po likwidację zakładów górni-

czych i zakładów prowadzących roboty geologiczne oraz rekultywację terenu.

Badania zostały wykonane w ramach projektu pn. „Ocena zagrożeń dla środowiska powodowanych procesem poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów”, który finansowany jest ze środków NFOŚiGW w ramach programu priorytetowego „Wsparcie realizacji Polityki Ekologicznej Państwa przez Ministra Środowiska” Część 1) ekspertyzy i prace badawcze wskazane przez MŚ, zgodnie z umową nr 4/2012/Wn 50/NE-ZS/D z dnia 05.01.2012 r. (wraz z późniejszymi zmianami). Autorki dziękują Prof. G. Pieńkowskiemu za cenne uwagi.

LITERATURA REKOMENDOWANA

- BADANIA aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Łebień LE-2H. PIG-PIB - WIOŚ w Gdańsku, Warszawa 2011; praca zbiorowa, <http://www.pgi.gov.pl/pl/institut-geologiczny-informacje-prasowe/4091-raport-z-lebienia-materia-prasowe>.
- RAPORT końcowy z realizacji badań na poligonie badawczym nr 1 – Lubocino; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- RAPORT końcowy z realizacji badań na poligonie badawczym nr 2 – Stare Miasto; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- RAPORT końcowy z realizacji badań na poligonie badawczym nr 3 – Syczyn; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- RAPORT końcowy z realizacji badań na poligonie badawczym nr 4 – Wysin; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- RAPORT końcowy z realizacji badań na poligonie badawczym nr 5 – Zawada; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- RAPORT końcowy z realizacji badań na poligonie badawczym nr 6 – Łebień; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- RAPORT końcowy z realizacji badań na poligonie badawczym nr 7 – Gapowo; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. Nr 120, poz. 826, zmienione).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2010r., Nr 16, poz. 87).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012, poz. 1031).
- SUPLEMENT do raportu końcowego z realizacji badań na poligonie badawczym nr 2 – Stare Miasto; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- SUPLEMENT do raportu końcowego z realizacji badań na poligonie badawczym nr 3 – Syczyn; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- SUPLEMENT do raportu końcowego z realizacji badań na poligonie badawczym nr 5 – Zawada; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej, materiał niepublikowany. Arch. GDOŚ, Warszawa.
- ŚRODOWISKO i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków. Wyniki badań środowiska gruntowo-wodnego, powietrza, klimatu akustycznego, płynów technologicznych i odpadów, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2015; praca zbiorowa pod kierunkiem dr M. Koniecznyńskiej; http://www.gdos.gov.pl/files/aktualnosci/32257/Raport_Srodowisko_i_prace_rozpoznawcze_dotyczace_gazu_z_lupkow.pdf.
- ŚRODOWISKO i prace rozpoznawcze dotyczące gazu z łupków. Wyniki monitoringu sejsmicznego, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2015; praca zbiorowa pod kierunkiem dr hab. inż. A. Lurki, http://www.gdos.gov.pl/files/aktualnosci/32257/Srodowisko_i_prace_rozpoznawcze_dotyczace_gazu_z_lupkow_Wyniki_monitoringu_sejsmicznego.pdf.

Praca wpłynęła do redakcji 10.06.2015 r.
Akceptowano do druku 19.06.2015 r.