

Badania emisji hałasu do środowiska przez pracujące urządzenia wiertnicze zgodnie z wymaganiami PN i UE

Measurement of noise levels emitted to environment by drilling rig performed according to requirements of Polish and EU standards

Janusz Buczek, Zbigniew Balawajder, Tadeusz Kwilosz

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: Wierceniom otworów w górnictwie naftowym towarzyszy emisja hałasu wytwarzanego przez urządzenia wiertnicze. Proces wykonywania otworu wiertniczego, na który składają się operacje wiercenia, zapuszczania i wyciągania kolumny przewodu wiertniczego oraz prace pomocnicze podzespołów urządzenia wiertniczego, pomp płuczkowych, agregatów prądotwórczych i urządzeń pomocniczych, wywiera znaczny wpływ na kształtowanie się poziomu hałasu w otoczeniu wiertni. W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące hałasu w środowisku wiertni oraz rozkład poziomu hałasu w środowisku otaczającym urządzenie wiertnicze. Wykonano pilotowe badania hałasu podczas pracy urządzenia wiertniczego typu Bentec EURO RIG 450 na wiertni X. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabelach oraz na mapie rozkładu poziomu hałasu w otoczeniu wiertni. Do badań użyto zestawu aparatury pomiarowej posiadającej aktualne świadectwa wzorcowania. Pomiarów wykonano według odpowiednich procedur w czterech kierunkach co 90° w odległości 50 m, 100 m, 200 m, 400 m oraz w sąsiedztwie budynków mieszkalnych. Do generowania przestrzennych rozkładów poziomu hałasu użyto metod geostatycznej analizy danych. Zastosowano metodę krigingu bazującego na wartościach zmierzonych w punktach pomiarowych oraz parametrach przestrzennego rozkładu takich jak korelacja i wariancja. Mając wygenerowaną mapę rozkładu poziomu hałasu w postaci wartości na siatce modelu, można dokonać kwalifikacji punktów siatki, w których poziom hałasu jest dopuszczalny lub przekroczone. Jakość wykonywanych pomiarów na urządzeniu wiertniczym w czasie operacji wiertniczych ma decydujące znaczenie dla analizy zagrożeń hałasem. Opracowano program obliczeniowy pozwalający na szybką analizę wprowadzonych danych. Arkusz pozwala w prosty i szybki sposób wyliczyć podstawowe parametry oceny hałasu oraz oszacowania niepewności uzyskanych wyników. Wszystkie formuły zastosowane w algorytmach makra obliczeniowego arkusza są zgodne z aktualnie obowiązującymi normami. Biorąc pod uwagę postęp techniczny i zastosowanie środków zmniejszających hałas w projektowaniu urządzeń wiertniczych, zagrożenia wynikające z emisji hałasu powinny być zmniejszane, w szczególności u źródła.

Słowa kluczowe: hałas, środowisko, emisja, arkusz.

ABSTRACT: Drilling of hydrocarbon wells is accompanied by emission of noise created by drilling rig. The process of making a well consists of drilling operations, drilling pipe trips and auxiliary activity of drilling rig subassemblies, mud pumps, electric power generators and other equipment which has significant impact on noise in the drilling rig environment. This publication presents noise issues in the drilling rig environment and the noise level distribution in the environment around the rig. Pilot noise measurements were performed during operation of the Bentec Euro Rig-450 at the X drilling site. Measurement results were shown in tables and in the noise distribution map of the terrain surrounding the well. Measurements were performed using a set of measuring instruments with current calibration certificates and according to appropriate procedures in four directions every 90° at a distance of 50, 100, 200, 400 m and in the vicinity of residential buildings. Geostatic data analysis method was used to generate spatial distributions of noise levels. A kriging method based on the values measured at measurement points and spatial distribution parameters such as correlation and variance were used. With the noise level distribution map generated in the form of values on the model grid, the grid points may be qualified as points with acceptable or excessive noise. The quality of measurements performed on the drilling rig during drilling operations is of significant importance for the analysis of noise hazards. A spreadsheet was created to allow quick analysis of the entered data. This sheet allows for quick and easy calculation of the basic parameters of noise assessment and to estimate the uncertainty of the obtained results. All formulas used in the spreadsheet macro algorithms are compliant with the currently applicable standards. Taking into account technical progress and the application of noise reducing measures in the design stage of drilling rigs, the risks resulting from noise emissions should be reduced, in particular at its source.

Key words: noise, environment, emission, spreadsheet.

Autor do korespondencji: T. Kwilosz, e-mail: tadeusz.kwilosz@inig.pl

Artykuł nadesłano do Redakcji: 21.12.2021 r. Zatwierdzono do druku: 09.09.2022 r.

Wstęp

Proces wykonywania otworu wiertniczego, na który składają się operacje wiercenia, zapuszczania i wyciągania kolumny przewodu wiertniczego oraz prace pomocnicze podzespołów urządzenia wiertniczego, pomp płuczkowych, agregatów prądotwórczych i urządzeń pomocniczych, wywiera znaczny wpływ na kształtowanie się poziomu hałasu podczas wiercenia. Zazwyczaj hałas ten przekracza poziomy wartości dopuszczalnych według przepisów i norm obowiązujących w tym zakresie, oddziałując niekorzystnie na otaczające wiertnię środowisko. Hałas emitowany w czasie całodobowej pracy wiertnicy ma szczególne znaczenie w przypadku zlokalizowanej w bliskim sąsiedztwie zabudowy, zarówno gospodarczo-rolnej, jak i mieszkaniowej (Zaleska-Bartosz i Kołodziejak, 2018; Urba i Kwilosz, 2012).

Emisja do środowiska hałasu wytwarzanego przez eksploatowane typy urządzeń wiertniczych budzi zainteresowanie Państwowej Inspekcji Sanitarnej oraz Ministerstwa Klimatu i Środowiska. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia i innych danych oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz.U. z 2008 r. nr 215, poz. 1366) oraz wymaganiami Unii Europejskiej pracujące urządzenia wiertnicze w kraju lub za granicą winny posiadać udokumentowaną ocenę emisji hałasu do środowiska.

Cel realizowanej pracy, zgodnie z przyjętym harmonogramem, osiągnięto poprzez wykonanie pomiarów poziomu hałasu w otoczeniu wiertni, porównaniu izofon z wartościami dopuszczalnymi w eksploatowanych wiertnicach oraz wykreślenie map rozkładu poziomu hałasu zgodnie z wymaganiami dyrektywy w tym zakresie (Dyrektywa 2002/49/WE). Wartości poziomu hałasu uzyskano poprzez pomiary przeprowadzone według odpowiedniej metodyki. Wyniki pomiarów i obliczeń, wykonanych w oparciu o matematyczny model przestrzennych rozkładów poziomu ekspozycji na hałas, obrazujących bezpieczne strefy w otaczającym obszarze, przedstawiono w postaci map obejmujących badany teren.

Hałas jako szkodliwy czynnik środowiska

Wierceniu otworów w górnictwie naftowym towarzyszy emisja hałasu mechanicznego i hałasu aerodynamicznego wytwarzanego przez urządzenie wiertnicze oraz mechanizmy pomocnicze wiertni. Operacje wiertnicze w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkaniowej, zarówno jednorodzinnej, jak i wielorodzinnej, powodują szereg zaburzeń w postaci hałasu, wibracji, oświetlenia, chemicznych pyłów obróbki

płuczki wiertniczej, co w konsekwencji sprzyja zagrożeniu dla zdrowia pracowników obsługi urządzenia wiertniczego, a także obniżeniu wydajności pracy (Bednarz i Urba, 2005). Długotrwałe oddziaływanie hałasu nieprzekraczającego progu bólu, np. w zakresie 90–95 dBA, powoduje przewlekły uraz akustyczny. Przy rozpatrywaniu kwestii zezwolenia na wiercenie w danym miejscu ważną rolę zaczyna odgrywać posiadanie przez firmę wiertniczą umiejętności zarządzania hałasem wiertniczym, które objęte jest systemem zarządzania środowiskowego lub zintegrowanym systemem jakości. Hałas jest głównie dokuczliwy w porze nocnej i w okresie letnim – z uwagi na częstsze przebywanie ludzi na zewnątrz budynków. W znacznym stopniu wywiera on także wpływ na środowisko przyrodnicze (ptactwo, zwierzyne).

Przykładem wdrożenia rozwiązań w tej kwestii są przepisy holenderskie dotyczące hałasu pochodzącego z operacji wiertniczych. Przepisy te odnoszą się głównie do porównania zmierzonych, w sposób ciągły, wartości poziomu dźwięku (w odległości 300 m od źródła hałasu) z podanymi w odpowiednich aktach prawnych (Bednarz i Urba, 2007; Dyrektywa 2002/49/WE) wynikami wykonanych pomiarów w mieszkaniach oraz szczytowych wartości w różnych porach doby. Uwzględnia się tam także wymagania krajowe, lokalne i regionalne. Planując wiercenie otworu wiertniczego, należy wziąć pod uwagę konieczność uzyskania pozwolenia środowiskowego.

Ocena hałasu opiera się na pomiarach wykonywanych na określonym obszarze i przy wykorzystaniu mapy terenu – z uwzględnieniem zabudowań i obszarów środowiska naturalnego.

Zagadnienie hałasu w środowisku wiertni

Wierceniu otworów w górnictwie naftowym towarzyszy emisja hałasu wytwarzanego przez urządzenia wiertnicze. W pracy przedstawiono rozkład poziomu hałasu w środowisku otaczającym urządzenia wiertnicze oraz wykonano matematyczny model przestrzennych rozkładów poziomu hałasu, a także program wyznaczający bezpośrednie strefy w otaczającym obszarze – w postaci odpowiednich map akustycznych, odnoszących się do badanego terenu.

Wartości poziomu hałasu uzyskano poprzez pomiary przeprowadzane według odpowiedniej metodyki, a następnie porównano je z wartościami dopuszczalnymi. Biorąc pod uwagę postęp techniczny i zastosowanie środków zmniejszających działanie hałasu na etapie projektowania urządzeń wiertniczych, zagrożenia wynikające z emisji hałasu powinny być zredukowane w szczególności u źródła.

Operacje wiertnicze w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań mieszkalnych powodują szereg zaburzeń w postaci

hałasu, wibracji, oświetlenia, zapachów itp. Najbardziej uciążliwy jest hałas, który występuje przez całą dobę i wszystkie dni tygodnia. Nadmierny hałas stanowi również zagrożenie dla zdrowia pracowników obsługi urządzenia wiertniczego, a także dla sprawności psychofizycznej i wydajności pracy (Bednarz i Urba, 2005). Długotrwałe oddziaływanie hałasu o poziomie przekraczającym 85 dBA powoduje przewlekły uraz akustyczny.

Przy rozpatrywaniu kwestii zezwolenia na prace wiertnicze na danym obszarze dużą rolę odgrywa posiadanie przez firmę wiertniczą umiejętności zarządzania hałasem, które objęte jest zintegrowanym systemem jakości lub systemem zarządzania środowiskowego (Baławajder i Buczek, 2014–2021).

Hałas jest bardziej dokuczliwy w porze nocnej i okresie letnim z uwagi na częstsze przebywanie ludzi na zewnątrz domu.

Uzyskanie pozwolenia środowiskowego, aczkolwiek czasochłonne, powinno być przy planowaniu wiercenia brane pod uwagę. Hałas jest też przedmiotem zainteresowania załogi w miejscu pracy na wiertni. W przypadku przekroczenia 85 dBA konieczne jest stosowanie osobistego sprzętu ochronnego lub odpowiedniego systemu pracy.

Ocena działania hałasu opiera się na pomiarach wykonanych na określonym obszarze otaczającym wiertnię przy wykorzystaniu mapy terenu z uwzględnieniem zabudowy i chronionych obszarów środowiska naturalnego.

Jak wiadomo, pierwszoplanowym środkiem ograniczającym hałas jest uwzględnienie wymagań ochrony przed hałasem na etapie projektowania urządzenia wiertniczego (Bednarz i Urba, 2007). Większość urządzeń będących w posiadaniu krajowych firm wyprodukowano w latach osiemdziesiątych, gdy kryterium standardów ochrony przed hałasem nie miało takiej rangi, jaką uzyskało w ostatnim czasie. Z tego powodu należy obecnie, zwłaszcza w przypadku otworów umiejscowionych w rejonach gęsto zaludnionych, brać pod uwagę zastosowanie osłon na niektórych maszynach lub ich częściach, a także rozważyć sposób wypełnienia peryferii obiektu (kontenery, obwałowania ziemne okalające teren wiertni itp.). Do takich rozwiązań należą: umieszczenie sprężarek, jednostek hydraulicznych, generatorów prądowych w kontenerach izolowanych wykładziną dźwiękochłonną. W tym kierunku zmierza także zastosowanie cichych układów hamulcowych wyciągu wiertniczego, pokrycie osłonami części napędowych pomp płuczkowych, zastosowanie hydraulicznego systemu manewrowania rurami z ograniczeniem użytkowania wind powietrznych. W sytuacji przymusowej istnieje możliwość ogrodzenia terenu wiertni ścianami dźwiękochłonnymi, podobnie jak w przypadku firm MAN i KCA Deutag, które zainstalowały ściany o wysokości 10 m od ziemi (szerokość panelu – 2,5 m, masa – 10 t) i długości 400 m. Każdy panel zaopatrzony był w podpierający zastrzał, zapewnione były szczelne połączenia boczne. Maksymalna siła wiatru,

jaką przyjęto w projekcie, wynosiła 12° w skali Beauforta (Schoenmakers et al., 2007). Mostek wieżowy również został obudowany odpowiednimi ścianami dźwiękochłonnymi. Tuż za barierą poziom dźwięku był mniejszy o 25 dBA, natomiast w dalszej odległości – o 5 dBA.

Poza modernizacją urządzenia innym sposobem, który może ograniczyć hałas wiertniczy, jest właściwe postępowanie załogi podczas pracy. Do uzyskania zmiany sposobu pracy i postępowania ze sprzętem może być zastosowany system monitorowania hałasu wyposażony w światła (np. typu drogowego). Zbliżanie się lub przekraczanie nastawionego poziomu granicznego przez emitowany dźwięk (wartości szczytowe) daje sygnał świetlny i generuje odpowiednie sprzężenie zwrotne. Do zdarzeń takich należeć mogą: przejście na napęd silnikiem wgłębnym, unikanie silnych uderzeń metal–metal podczas operacji wyciągania–zapuszczania przewodu, manewrowania rurami, młotkowania, wcześniejsza instalacja poza wiertnią centralizatorów na rurach, unikanie jałowego biegu sit wibracyjnych itp.

Można tu także uwzględnić planowanie na porę dnia prac związanych z dużym hałasem. Dotyczy to również transportu ciężarowego. Ponadto samochody ciężarowe mogą oczekiwać z transportem na pobliskich parkingach i być wzywane tylko wtedy, gdy są potrzebne, np. w momencie rozładunku. Samochody ciężarowe powinny być wyposażone w sprawne tłumiki, w tym także tłumiki zaworów powietrznych szybkiego opróżniania, światła błyskowe zamiast sygnalizatorów dźwiękowych cofania, osłonięte sprężarki, maty gumowe na stalowych podestach kratowych (gratingach) itp. Aby zwrócić uwagę na znaczenie i skalę koniecznych zabiegów, można przytoczyć przypadek obudowania wieży wiertniczej na wysokości 47,5 m prostopadłościenną, wykonaną na planie kwadratu 20 × 20 m, budowlą wyłożoną panelami dźwiękochłonnymi (2 × 10 m) o masie 60 t i odporną na wiatr o sile 12° w skali Beauforta. Efekt zmniejszający hałas wynosił 10 dBA. Taka kosztowna konstrukcja powstała z powodu lokalizacji wiertni w odległości mniejszej niż 100 m od budynków mieszkalnych (Baławajder i Buczek, 2014–2021).

Dopuszczalne poziomy hałasu emitowanego do środowiska, dla terenów o określonym przeznaczeniu i charakterze zagospodarowania przestrzennego, regulowane są Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. (Dz.U. z 2012 r. poz. 1109) w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. W rozporządzeniu tym poszczególnym rodzajom terenu przypisano wartości dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku dla pory dnia i nocy.

Wskaźnikami służącymi do oceny oddziaływania hałasu na środowisko są:

- $L_{Aeq,D}$ – równoważny poziom dźwięku dla pory dnia (rozumianej jako przedział czasu od godz. 6.00 do godz. 22.00);

– $L_{Aeq}N$ – równoważny poziom dźwięku dla pory nocy (rozumianej jako przedział czasu od godz. 22.00 do godz. 6.00).

Z uwagi na najbardziej prawdopodobny charakter terenów, w których obrębie potencjalnie może być zlokalizowana wiertnia (tereny rolne), jak również przeważający charakter zabudowy występującej w obrębie lub sąsiedztwie tych terenów (zabudowa mieszkalno-gospodarcza oraz zagrodowa) przyjmuje się, w większości, dopuszczalne poziomy hałasu obowiązujące m.in. dla terenów zabudowy zagrodowej, tj. 55 dBA w porze dnia oraz 45 dBA w porze nocy.

Metoda badania poziomu hałasu zastosowana w ramach niniejszej pracy oparta jest o wytyczne i procedury zawarte w następujących dokumentach:

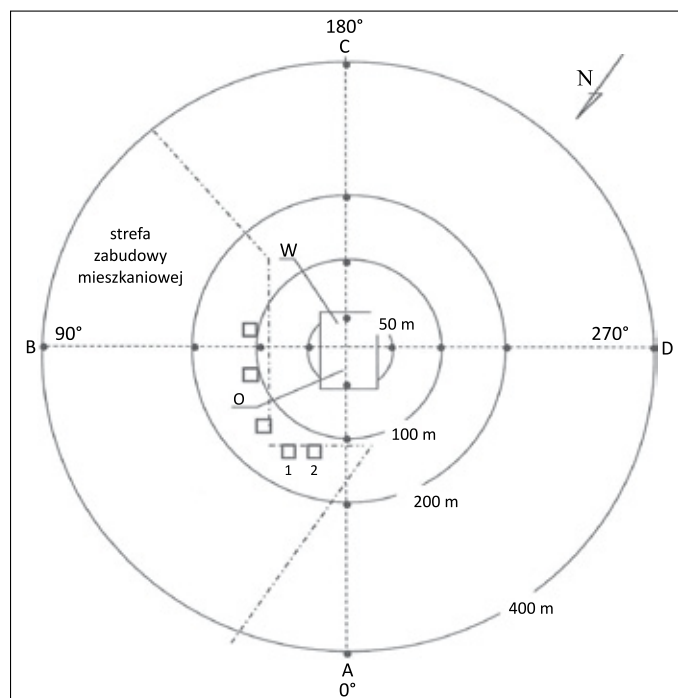
- Załącznik nr 7 do Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 września 2021 r. (t.j. Dz.U. z 2021 r. poz. 1710) pt. *Metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku pochodzącego z instalacji lub urządzeń, z wyjątkiem hałasu impulsowego*;
- normy i udokumentowane procedury badawcze:
 - PN-N-01341:2000/Ap1:2001,
 - PN-ISO 1996-1:2006,
 - PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002;
- prezentacja wyników pomiarów według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 19 listopada 2008 r. (Dz.U. z 2008 r. nr 215, poz. 1366).

Badania poziomu hałasu w strefach otaczających wiertnie

W celu oceny i wyznaczenia stref bezpieczeństwa związanych z narażeniem na hałas podczas wiercenia otworu w zadanym czasie ekspozycji wykonano serie pomiarów poziomu hałasu za pomocą zestawu aparatury, tj. miernika dźwięku i drgań klasy 1 typu SVAN958 z przedwzmacniaczem typu SV12L produkcji firmy SVANTEK i mikrofonu typu SV22 oraz stacji meteorologicznej Davis Vantage Vue 6250EU do monitorowania warunków środowiskowych (temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne) z aktualnymi świadectwami wzorcowania wydanymi przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach i Laboratorium Pomiarowe MUTECH w Łowiczu. Miernik sprawdzono kalibratorem akustycznym typu 4231 Brüel & Kjaer ze świadectwem wzorcowania wydanym przez Okręgowy Urząd Miar w Łodzi. Mikrofon w trakcie pomiarów skierowany był w stronę źródła hałasu (Przewodnik PKN-ISO/IEC). Badania wykonano podczas operacji wiercenia dwóch otworów wiertniczych na urządzeniu wiertniczym (Bentec EURO RIG 450 na wiertni X).

Do generowania przestrzennych rozkładów poziomu hałasu użyto metod geostatycznej analizy danych (PN-N-01341:2000).

Zastosowano metodę krigingu bazującego na wartościach zmierzonych w punktach pomiarowych oraz parametrach przestrzennego rozkładu takich jak korelacja i wariancja. Mając wygenerowaną mapę rozkładu poziomu hałasu w postaci wartości na siatce modelu, można dokonać kwalifikacji punktów siatki, w których poziom hałasu jest dopuszczalny lub przekroczony. Jakość wykonywanych pomiarów na urządzeniu wiertniczym w czasie operacji wiertniczych ma decydujące znaczenie dla analizy zagrożeń hałasem w miejscach pracy i przebywania pracowników.



Rysunek 1. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych poziomu hałasu emitowanego do środowiska podczas pracy urządzenia wiertniczego typu Bentec EURO RIG 450; A – strona składowania przewodu wiertniczego, • – punkty pomiaru poziomu hałasu, O – otwór wiertniczy, W – teren wiertni, □ – budynek mieszkalny

Figure 1. Noise measurement points location around operating drilling rig of BENTEC EURO RIG-450 type; A – drilling pipe side, • – noise intensity measurement points, O – wellbore, W – rig terrain, □ – residential building

Na rysunku 1 przedstawiono schemat rozmieszczenia punktów pomiaru poziomu hałasu emitowanego do środowiska w odległości 50 m, 100 m, 200 m, 400 m od otworu wiertniczego oraz w strefie najbliższych sąsiadujących z wiertnią budynków mieszkalnych. Badania przeprowadzono zgodnie z załącznikiem pt. *Metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku pochodzącego z instalacji lub urządzeń z wyjątkiem hałasu impulsowego* (Załącznik nr 7 do Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 września 2021 r. (t.j. Dz.U. z 2021 r. poz. 1710)), dyrektywą 2002/49/WE, a także według norm

PN-N-01341:2000/Ap1:2001; PN-ISO 1996-1:2006; PN-ISO 1996-2:1999/A1:2002.

Badania poziomu hałasu na wiertni X wykonano podczas wiercenia otworu wiertniczego na głębokości 160–180 m świdrem skrawającym typu PDC \varnothing 23". Na wiertni pracowało urządzenie wiertnicze typu Bentec EURO RIG 450 o mocy 2000 km z napędem VFD (elektryczny).

Podczas wykonywania pomiarów hałasu pracowały: silniki elektryczne wyciągu wiertniczego typu BAFD-400S 623 Ex, silniki elektryczne pompowe typu BAFD-400L 623 Ex i 5GEB 22A5, pompy płuczkowe typu Drillmec T-1600 i Bentec T-1600, agregaty prądotwórcze typu SR-4 napędzane silnikami spalinowymi typu CAT 3512B, sita wibracyjne typu SVACO-Mongoose.

Wiatr wiał z prędkością 0,5–1,0 m/s z kierunku południowego, temperatura powietrza wynosiła +13°C, wilgotność 52%, ciśnienie atmosferyczne wynosiło 966 hPa.

W tabeli 1 przedstawiono zmierzone wartości poziomów dźwięku w porze dnia. Niepewność pomiaru wyznaczono według Instrukcji Nr IB-01/KA z dnia 23.04.2018 r. (niepewność

rozszerzona oszacowana dla poziomu ufności 95% i współczynnika rozszerzenia $k = 2$).

Pomiary poziomu hałasu rozpoczęto przy głębokości otworu 160 m, a zakończono przy głębokości 180 m. Przewiercany profil geologiczny stanowiły łupki, łowce, mułowce.

Rozkład poziomu hałasu [dBA] emitowanego do środowiska podczas pracy urządzenia wiertniczego zaprezentowano na rysunku 2.

Przy budynku nr 1 równoważny poziom dźwięku wynosił około 61,2 dBA, natomiast przy budynku nr 2 około 61,3 dBA.

- Przy budynku mieszkalnym nr 1 wartość równoważnego poziomu dźwięku A wyrażonego wskaźnikiem hałasu LAeqD po korekcie z uwagi na lokalizację punktu pomiarowego przy elewacji budynku przekracza dopuszczalną wartość normy o 3,2 dB.
- Przy budynku mieszkalnym nr 2 wartość równoważnego poziomu dźwięku A wyrażonego wskaźnikiem hałasu LAeqD po korekcie z uwagi na lokalizację punktu pomiarowego przy elewacji budynku przekracza dopuszczalną wartość normy o 3,3 dB.

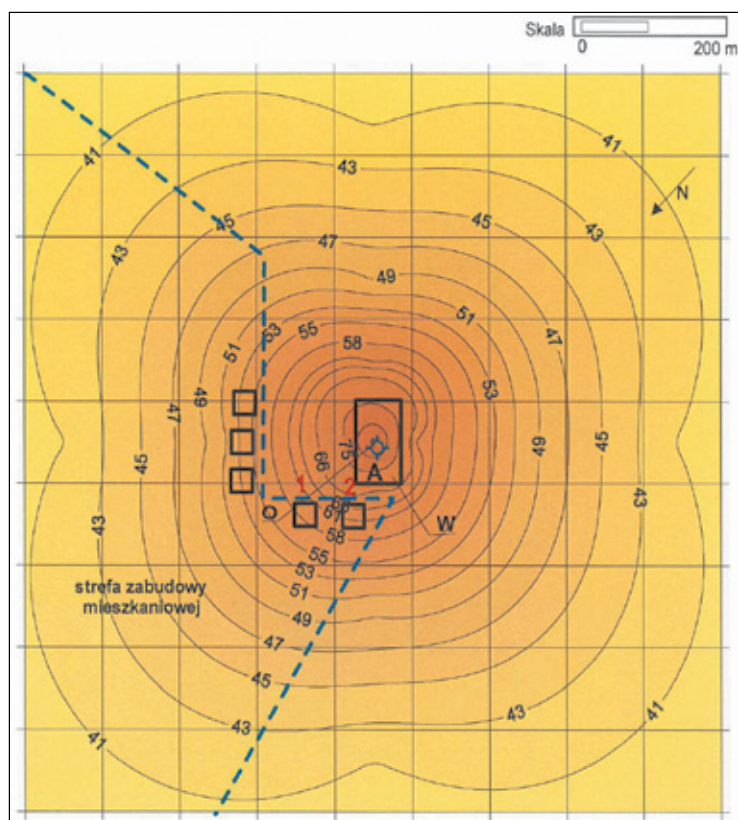
Tabela 1. Zmierzone wartości poziomów dźwięku w porze dnia. Faza pracy urządzenia wiertniczego – WIERCENIE. Parametry wiercenia: ciężar na haku: 21 t, ciśnienie zatłaczania: 86 bar, liczba pracujących pomp: 2, nacisk na świder: 6 t

Table 1. Measured values of sound levels at day hours. Drilling rig duty phase – DRILLING. Drilling parameters: hook load: 21 t, drilling mud pressure: 86 bar, number of working pumps: 2, bit load: 6 t

Lokalizacja punktu pomiarowego (kierunek – odległość wg rysunku 1)	Zmierzony poziom dźwięku (próbki) L_{Ak}	Czas pomiaru próbki t_0	Średni poziom dźwięku L_{Asr}	Średni poziom tła akustycznego L_{At}	Poziom emisji hałasu L_{Aem}	Czas pracy (czas odniesienia) T
	[dB]	[s]	[dB]	[dB]	[dB]	[h]
A-50	62,4 62,1 62,2	60	62,2	34,5+ 0,9	62,2 + 0,9	praca całodobowa (8 h)
A-100	51,1 51,0 51,3	60	51,1		51,0 + 0,9	
A-200	46,4 46,1 46,2	60	46,2		45,9 + 0,9	
A-400	40,3 40,1 40,0	60	40,1		38,8 + 1,0	
B-50	63,1 63,3 63,0	60	63,1	34,5+ 0,9	63,1 + 0,9	praca całodobowa (8 h)
B-100	54,2 53,9 53,8	60	54,0		53,9 + 1,0	
B-200	48,2 48,0 47,8	60	48,0		47,8 + 1,0	
B-400	41,3 41,0 41,1	60	41,1		40,1 + 0,9	

cd. Tabela 1/cont. Table 1

Lokalizacja punktu pomiarowego (kierunek – odległość wg rysunku 1)	Zmierzony poziom dźwięku (próbki) L_{Ak}	Czas pomiaru próbki t_0	Średni poziom dźwięku $L_{A\bar{s}r}$	Średni poziom tła akustycznego L_{At}	Poziom emisji hałasu L_{Aem}	Czas pracy (czas odniesienia) T
	[dB]	[s]	[dB]	[dB]	[dB]	[h]
C-50	65,3 65,1 64,8	60	65,1	34,5+ 0,9	65,1 + 1,0	praca całodobowa (8 h)
C-100	55,3 55,1 54,8	60	55,1		55,0 + 1,0	
C-200	48,9 49,1 49,3	60	49,1		49,0 + 0,9	
C-400	41,8 42,1 42,3	60	42,1		41,2 + 1,0	
D-50	62,4 62,1 62,3	60	62,3	34,5+ 0,9	62,3 + 0,9	praca całodobowa (8 h)
D-100	53,1 53,4 53,0	60	53,2		53,1 + 1,0	
D-200	46,7 46,5 46,4	60	46,5		46,3 + 0,9	
D-400	40,5 40,3 40,1	60	40,3		39,0 + 1,0	



W celu usprawnienia działań związanych z obliczaniem parametrów oceny hałasu emitowanego do środowiska w strefie pracy wiertni opracowano arkusz kalkulacyjny. W tabeli 2 przedstawiono hałas emitowany do środowiska podczas eksploatacji urządzeń wiertniczych z napędem mechanicznym i elektrycznym oraz o różnej mocy przy zasilaniu z agregatów prądotwórczych oraz przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej. Ze względu na rozmieszczenie najgłośniejszych urządzeń do pomiarów wybrano kierunek „C” (według rysunku 1).

Kolorem zielonym zaznaczono poziom hałasu zmierzony podczas zasilania urządzenia wiertniczego z sieci

Rysunek 2. Mapa rozkładu poziomu hałasu [dBA] emitowanego do środowiska podczas pracy urządzenia wiertniczego typu BENTEC EURO RIG 450 w porze dnia; O – otwór wiertniczy, W – teren wiertni, A – strona składania przewodu wiertniczego, 1, 2 – budynki mieszkalne

Figure 2. Map of noise level [dBA] distribution emitted to work environment during work of drilling rig type BENTEC EURO RIG-450 (drilling the well at day hours), O – well-bore, W – rig terrain, A – drilling pipe side, 1, 2 – residential buildings

Tabela 2. Hałas emitowany do środowiska podczas eksploatacji urządzeń wiertniczych
Table 2. Noise emitted to environment during operation of drilling rigs

Urządzenie wiertnicze	Moc [KM]	Rodzaj napędu	Odległość od otworu wiertniczego [m] Kierunek „C”, poziom hałasu [dBA]			
			50	100	200	400
IRI 750	720	mechaniczny	81	62	60	47
			79	61	57	44
Kremco K900	900	mechaniczny	77	62	58	45
			76	60	56	42
Skytop TR800	950	mechaniczny	75	61	56	47
			68	56	50	39
Cabot 750	700	mechaniczny	73	53	45	39
			71	62	54	40
MR 8000 Drillmec	1000	mechaniczny	80	67	55	42
			78	65	52	41
IRI 1200	1200	SCR	79	69	59	46
			78	67	56	43
MASS 6000E	1700	SCR	65	54	47	40
			71	62	56	46
Drillmec 2000HP	2000	VFD	80	67	57	47
			68	51	48	40
IDM 2000	2000	VFD	79	58	49	42
			61	51	46	40
Bentec EURO RIG 450	2000	VFD	65	55	49	42
			63	52	47	41

elektroenergetycznej. Wybrano kierunek „C” ze względu na to, że z tej strony umieszczone są agregaty prądowców, które emitują największy poziom hałasu.

Na podstawie wykazu przedstawionego w tabeli 2 można zaobserwować, że największe efekty wytłumienia hałasu uzyskuje się, tłumiąc go u źródła, poprzez zastosowanie kontenerów z wytłumionymi ścianami, ale przede wszystkim stosując cichsze napędy jednostek, jakimi są napędy elektryczne i hydrauliczne – w obecnym czasie coraz częściej stosowane.

Podstawowe wzory

- Średni poziom dźwięku, L_{sr} [dB]

$$L_{sr} = 101g \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right]$$

- Ekspozycja względna, E [-]

$$E = \frac{p^2}{p_0^2} = 10^{\frac{L_i}{10}}$$

- Estymata średniego odchylenia standardowego wartości średniej, s [-]

$$s = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (E_{lr} - E_i)^2}$$

- Niepewność typu A na poziomie ufności 95%, $U_{A,95}$

$$U_{A,95}(E_{lr}) = \tau(n) \cdot s$$

- Niepewność rozszerzona $U_{R,95}$ [-]

$$U_{R,95} = \sqrt{U_{A,95}^2 + U_{B,95}^2}$$

gdzie:

- L_i – wynik pojedynczego pomiaru dźwięku [dB],
- p – ciśnienie akustyczne [Pa],
- p_0 – ciśnienie odniesienia (próg słyszalności) [Pa],
- E_{sr} – wartość średnia poziomu ekspozycji [-],
- E_i – poziom ekspozycji dla pojedynczego pomiaru [-],
- $\tau(n)$ – wartość krytyczna rozkładu t-Studenta,
- $U_{A,95}$ – niepewność typu A dla poziomu ekspozycji na hałas [-],
- $U_{B,95}$ – niepewność typu B dla poziomu ekspozycji na hałas [-],
- n – liczba wykonanych pomiarów dla jednego punktu pomiarowego.

Wnioski

- Praca ma charakter stosowany i jest na bieżąco użytkowana przy ocenach emisji poziomu hałasu do środowiska w zakładach przemysłu naftowego.

2. Jakość wykonywanych pomiarów na obiektach naftowych oraz obiektach branż pokrewnych ma decydujące znaczenie dla dalszej analizy zagrożeń hałasem w środowisku.
3. Zagrożenia wynikające z emisji hałasu powinny być redukowane w szczególności u źródła.
4. Największe efekty wytłumienia hałasu uzyskuje się, tłumiąc go u źródła, poprzez wykorzystanie kontenerów z wytłumionymi ścianami, ale przede wszystkim stosując cichsze napędy jednostek, jakimi są napędy elektryczne i hydrauliczne.
5. Opracowany arkusz kalkulacyjny pozwala w stosunkowo krótkim czasie dokonać oceny wyników badań poziomu hałasu w środowisku.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Badania emisji hałasu do środowiska przez pracujące urządzenia wiertnicze zgodnie z wymaganiami PN i UE*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0026/KA/2021, nr archiwalny: DK-4100-0014/2021.

Literatura

- Balawajder Z., Buczek J., 2014–2021. Badania poziomu hałasu emitowanego do środowiska przez urządzenia wiertnicze wykonane w latach 2014–2021. *Materiały niepublikowane Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego*.
- Bednarz S., Urba R., 2005. Noise intensity researches in drilling rig operation environment. *Transactions of the VSB – Technical University Ostrava, Mining and Geological Series, Monograph*, 15.
- Bednarz S., Urba R., 2007. Emisja hałasu urządzeń wiertniczych do środowiska otaczającego wiertnię. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 12: 15–22.
- Przewodnik PKN-ISO/IEC Guide 99:2010 (VIM). Międzynarodowy słownik metrologii – Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane.
- Schoenmakers J., Kerckers T., Louis A., Böttger D., 2007. Noise management practices enable, promote drilling operations in densely populated areas. *Drilling Contractor*, 5/6: 90–95.

- Urba R., Kwilosz T., 2012. Emisja hałasu urządzeń wiertniczych do środowiska obsługi wiertnic. *Nafta-Gaz*, 68(12): 1055–1062.
- Zaleska-Bartosz J., Kołodziejak G., 2018. Emisje hałasu w górnictwie nafty i gazu – wiertnie. *Nafta-Gaz*, 74(5): 380–385. DOI: 10.18668/NG.2018.05.05.

Akty prawne i dokumenty normatywne

- Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku.
- PN-ISO 1996-1:2006 Akustyka. Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego.
- PN-ISO 1996-2:1999 Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu.
- PN-N-01341:2000 Hałas środowiskowy. Metody pomiaru i oceny hałasu przemysłowego.
- Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 września 2021 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 1710). Załącznik nr 7: Metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku pochodzącego z instalacji lub urządzeń, z wyjątkiem hałasu impulsowego.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. z 2012 r. poz. 1109 z późn. zm.). Załącznik nr 1.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia i innych danych oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz.U. z 2008 r. nr 215, poz. 1366).



Zbigniew BALAWAJDER
Specjalista techniczny w Laboratorium Badań Środowiskowych
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: zbigniew.balawajder@inig.pl



Dr Tadeusz KWIŁOSZ
Adiunkt w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: tadeusz.kwilosz@inig.pl



Janusz BUCZEK
Specjalista techniczny; kierownik Laboratorium Badań Środowiskowych
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: janusz.buczek@inig.pl