



**BUDOWA SYSTEMU OCHRONY KATODOWEJ OBIEKTU  
ZŁOŻONEGO KOPALNI ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO  
LUBIATÓW – MIĘDZYCHÓD – GROTÓW**

**CATHODIC PROTECTION SYSTEM CONSTRUCTION  
OF A COMPLEX OBJECT OF THE OIL AND GAS MINE  
LUBIATÓW – MIĘDZYCHÓD – GROTÓW**

Robert Ciupek

PBG S.A.

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, korozja, obiekt złożony  
Keywords: cathodic protection, corrosion, complex object

**Streszczenie**

W referacie przedstawiono proces budowy systemu ochrony katodowej obiektu złożonego Kopalni Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego LMG. Omówiono problemy instalowania złączy izolujących. Zaprezentowano złożoność budowy instalacji ochrony katodowej. Pokazano montaż punktów pomiarowych. Omówiono trudności w budowie uzimów anodowych w ograniczonym dostępnym obszarze budowy. Zaprezentowano budowę uzimów anodowych w niesprzyjających wysoko oporowych gruntach. Przedstawiono wstępne wyniki pomiarów oraz badań zabezpieczenia przeciwkorozyjnego podziemnej infrastruktury KRNiGZ LMG.

**Abstract**

In the lecture the process has been presented of a cathodic protection system construction of a complex object of the LMG Oil and Gas Mine. The problem of insulating joint installation has been described. The complexity of a cathodic protection system construction has been presented. Mounting of measuring points has been shown. Difficulties have been described in construction of anodic earth electrodes in the construction area with limited access. Construction has been presented of anodic earth electrodes in unfavourable highly resistant soils. Initial measurement results and results of corrosion protection tests have been presented of the KRNiGZ LMG oil mine underground infrastructure.

## 1. Wprowadzenie

Z punktu widzenia potrzeb, zapotrzebowania prądowego, dalszej eksploatacji i obsługi byłoby najlepiej, elektrycznie odizolować za pomocą złączy izolujących podziemne rurociągi od doziemionych obiektów, odwiertów oraz obiektów naziemnych połączonych z instalacją uziemiającą i odgromową. W przypadku tak złożonego obiektu jak kopalnia ropy naftowej i gazu ziemnego, zainstalowanie kilkudziesięciu podziemnych złączy izolujących typu monoblok, jest bardzo kosztowne, ale nie konieczne. Ponadto rurociągi kopalniane transportują media pod większym ciśnieniem od rurociągów przesyłowych i z tych względów monobloki muszą mieć specjalną konstrukcję. Media tłoczone z odwiertów zawierają zanieczyszczenia, a także cząsteczki stałe, które w specyficznych warunkach eksploatacji odwiertów (np. czasowe odstawienie wydobycia z odwiertu), mogą spowodować wytworzenie wewnętrznego ogniwa korozyjnego, które roztwarza, od niechronionej strony, ściankę wewnętrzną monobloku. W celu zabezpieczenia przed korozją wewnętrzną złącza izolacyjne (monobloki), powinny być w miarę możliwości technicznych zamontowane w układzie pionowym. Po stronie wewnętrznej, rurociągi bezpośrednio przyległe do złączy izolujących należy wyłożyć materiałem izolacyjnym. Wewnętrzna powłoka powinna być odporna na szkodliwe oddziaływanie przesyłanych wraz z tłoczonym mediami, zanieczyszczenia, elektrolity zawierające związki chemiczne. Długość powierzchni wyłożonej od wewnątrz powinna, wynosić pięciu odległości średnic rurociągu w obie strony, od środka złącza izolacyjnego i powinna stanowić jednolitą, szczelną powierzchnię. Złącza izolacyjne (monobloki) powinny być wyposażone w zewnętrzne urządzenia zabezpieczające przed przepięciami elektroenergetycznymi i atmosferycznymi. Można zastosować ochronę monobloków izolacyjnych, za pomocą elementów przepięciowych z krótkim czasem reakcji „fail – safe efekt”, na stosunkowo niskie napięcie (do 50 V) oraz dostatecznym prądem z wystarczającym obciążeniem (100 kA z falą 10/350  $\mu$ s). Monobloki izolacyjne winny być okablowane tak, aby pozwalały na bezpośrednie, pośrednie lub regulowane podłączenie obu stron, ewentualnie podłączenie anod galwanicznych. Jednak biorąc pod uwagę wszelkie aspekty mechaniczne, elektrochemiczne oraz trudności eksploatacyjne, zastosowanie tak wielkiej ilości złączy izolujących jest nie zalecane, a wręcz szkodliwe na tak złożonych obiektach jak Kopalnia Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego Lubiatów – Międzychód – Grotów.

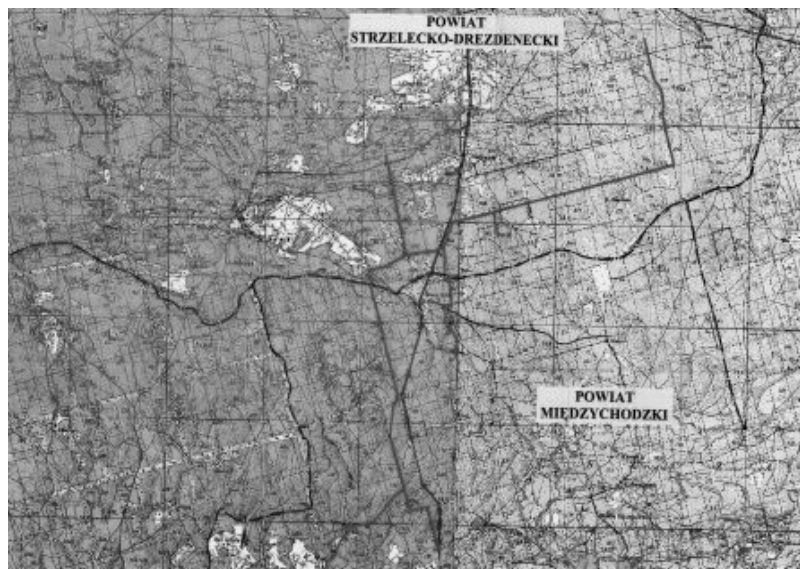
## 2. Opis obiektu technicznego przeznaczonego do ochrony katodowej

Instalacja systemu ochrony katodowej podziemnej infrastruktury KRNiGZ LMG obejmuje swoim zasięgiem strefy przyodwiertowe, Ośrodki Grupowe, Ośrodek Centralny LMG, rurociągi kopalniane oraz rurociągi ekspedycyjne ropy naftowej i gazu ziemnego. System ochrony katodowej pracuje bezkolizyjnie i nie wpływa negatywnie na obce systemy ochrony katodowej obiektów:

- gazociąg gazu do Mieszalni Gazu Kłodawa,
- gazociąg DN 500 należący do przedsiębiorstwa Gaz-System.

Do Ośrodka Centralnego KRNiGZ LMG przyłączonych jest bezpośrednio dziesięć odwiertów o głębokościach od 3200 do 4350 m, poprzez stalowe rurociągi pokryte izolacją fabryczną systemami trójwarstwowymi 3 LPE S-n oraz rurociągi z termicznym poliuretanowym płaszczem PEHD. Łącznie przyłączonych jest 16 rurociągów kopalnianych o łącznej długości 31 km, gazociąg spedycyjny i ropociąg spedycyjny o długości po 20 km. Do ochrony całości infrastruktury podziemnej KRNiGZ LMG wybudowano sześć systemów ochrony

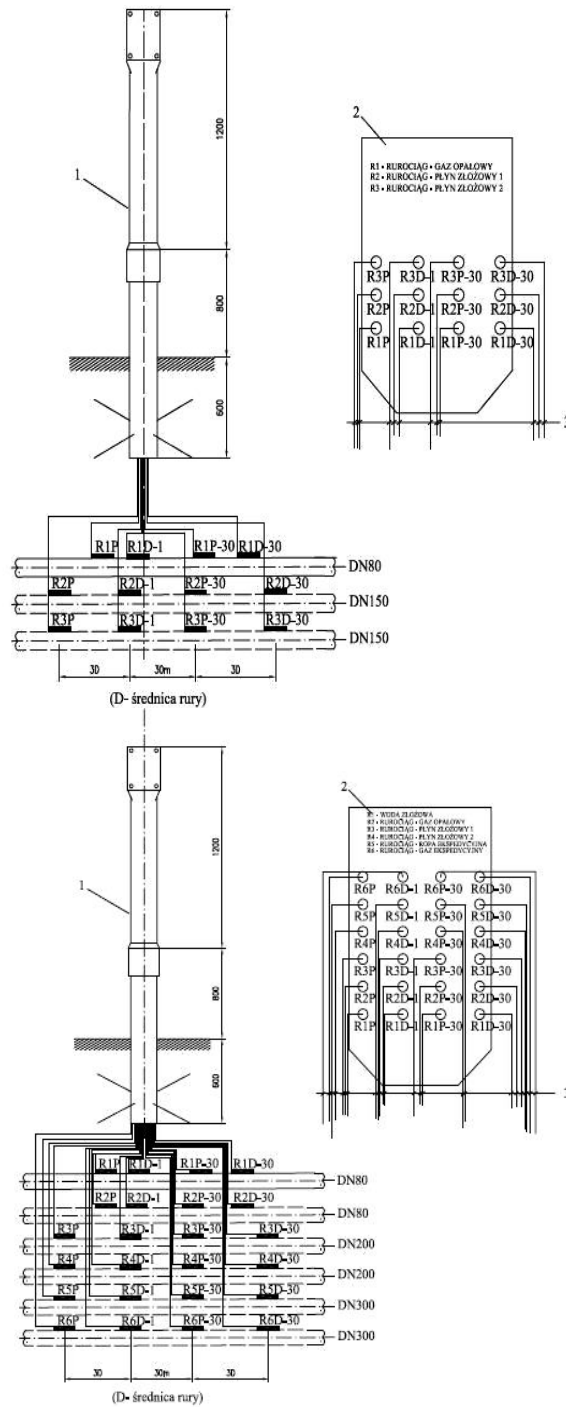
katodowej na terenie Ośrodka Centralnego i trzy na terenach Ośrodków Grupowych, w oparciu o głębokie uziomy anodowe i stacje ochrony katodowej, o łącznym sumarycznym prądzie wyjściowym max 180 A. Stacje te współpracują z uziomami anodowymi głębokimi wybudowanymi na podstawie przeprowadzonych badań karotażowych i wierceń profilu geologicznego zrealizowanego przez firmę Geofizyka – Toruń i są umiejscowione nieopodal terenów: OC LMG, Ośrodka Grupowego Lubiatów IV, Ośrodka Grupowego Grotów I, Ośrodka Grupowego Sowia Góra 2K.



Rys. 1. Mapa lokalizacji KRNiGZ LMG

Rurociągi wchodzące do Ośrodka Centralnego KRNiGZ LMG, chronione są od strony OC LMG stacjami ochrony katodowej z uziomami anodowymi głębokimi do 100m: rurociągi od strony Grotowa przez SOK 1 i uziom anodowy UA1, rurociągi od strony Międzychodu przez SOK 3 i UA3, rurociągi od Sowiej Góry i ekspedycyjny gazociąg i ropociąg przez SOK 2 i uziom UA2. Te same stacje ochrony katodowej chronią podziemną stalową infrastrukturę OC KRNiGZ LMG. Ponadto dla ochrony podziemnej stalowej infrastruktury i głównych zbiorników zainstalowano trzy stacje ochrony katodowej SOK 4, SOK 5 i SOK 6 z uziomami UA4, UA5 i UA6, zlokalizowanymi w pobliżu tychże zbiorników. Podłączenia drenażowe dla rurociągów są wyprowadzone w odpowiednich punktach drenażowych PDI-sEs-1, PDI-sEs-2 i PDI-sEs-3, dla zbiorników w punktach drenażowych PDEs-4, PDEs-5, PDEs-6 i dla podziemnego zbiornika w PD-7. Rurociągi kopalniane pomiędzy ośrodkami grupowymi a Ośrodkiem Centralnym chronione są systemami ochrony katodowej zlokalizowanymi na terenie: Ośrodka Grupowego Lubiatów IV, Ośrodka Grupowego Grotów I oraz nieopodal Ośrodka Grupowego Sowia Góra 2K.

Na całej długości przebiegu rurociągów wybudowano 38 punktów pomiarowo-kontrolnych różnego typu z łączną ilością zacisków na tabliczkach pomiarowych wynoszącą 240 szt. Do wykonania okablowania punktów pomiarowych zużyto ponad 28750 m różnego przekroju przewodów oraz wykonano 271 przyłączy kablowych do ścianek rurociągów.

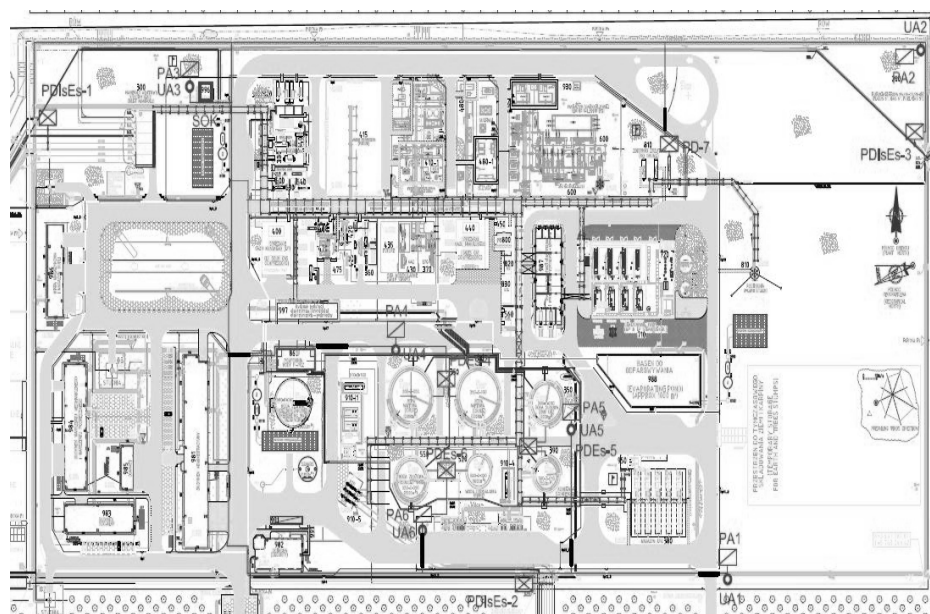


Rys. 2. Przykłady połączeń kablowych w punktach pomiarowych

Całość systemu kontrolno-pomiarowego ma za zadanie dostarczenie jak największej oraz wiarygodnej informacji na temat skuteczności i prawidłowości działania systemów ochrony katodowej całej chronionej katodowo podziemnej infrastruktury kopalni. System ten składa się z szeregu różnego rodzaju punktów pomiarowych przeznaczonych do pomiarów wielkości elektrycznych określających stan zabezpieczenia elektrochemicznego chronionej konstrukcji. Dodatkowo w celu monitorowania przebiegu zjawisk korozyjnych na powierzchniach zewnętrznych obiektów chronionych, zainstalowano 14 sond symulujących oraz 9 elektrod odniesienia, do pomiarów eksploatacyjnych bezpośrednio w terenie. Maksymalna odległość między punktami pomiarowymi wynosi 1500m. W miejscach skrzyżowań z przeszkodami takim jak drogi, rowy, rzeki gdzie zastosowano rury ochronne, wybudowano odpowiednie punkty pomiarowe, w celu badania odizolowania rur ochronnych od rurociągów kopalnianych i ekspedycyjnych. Do określenia rozptyłów prądu w rurociągach wybudowano punkty typu PIs. Natomiast na terenie Ośrodka Centralnego, zainstalowano 7 punktów drenażowo-pomiarowych oraz 6 anodowych.

### 3. Odwierty eksploatacyjne

W obliczeniach oraz koncepcji skutecznej ochrony katodowej założono, że odwierty są elementami doziemionymi, niskooporowymi, bardzo głębokimi oraz posiadają rury okładzinowe o dużych średnicach.



Rys. 3. Widok Ośrodka Centralnego z elementami systemu ochrony katodowej

Przewidywalny potrzebny skuteczny, prąd ochrony katodowej przynajmniej w początkowej fazie polaryzacji konstrukcji chronionej, może wynieść kilkadziesiąt amper. Na terenie Ośrodka Centralnego KRNiGZ LMG nie ma odwiertów eksploatacyjnych, jednakże jest to najważniejszy obiekt, którego cała podziemna infrastruktura połączona jest galwanicznie

z uziemioną, naziemną częścią. Ze względu na złożoność instalacji technologicznej, na układ zasilania elektroenergetycznego TN uziemionym przewodzie PE i połączonych z nim częściach przewodzących dostępnych (biernych), instalacji odgromowej, przepięciowej, przeciwporażeniowej oraz wszelkiego rodzaju instalacji sterowniczej i automatyki, ochrona katodowa zrealizowana jest kompleksowo, ze szczególną uwagą na ochronę zbiorników i rurociągów podziemnych. Ochrona katodowa Ośrodka Centralnego chroni przeciwnikorozyjnie zarówno podziemną infrastrukturę OC jak i wspomaga ochronę korozyjną przylegających rurociągów od Ośrodków Grupowych i odwiertów.

#### **4. Zapotrzebowanie prądu ochrony katodowej**

Powierzchnia zewnętrzna wszystkich rurociągów wynosi ok. 70000 m<sup>2</sup>. Przy założeniu zapotrzebowania prądowego gęstości prądu 0,03 mA/m<sup>2</sup>, przewidywany skuteczny prąd ochrony katodowej wynosi do 2,2 A. Dla wszelkich obiektów technologicznych posadowionych na terenach Ośrodków Grupowych oraz Ośrodka Centralnym przewidywano zapotrzebowanie skutecznej gęstości prądu ochrony katodowej na poziomie do 20mA/m<sup>2</sup>. Powierzchnie łączne stykające się z gruntem obiektów technologicznych wynoszą ok. 1800 m<sup>2</sup>, z czego wynika, przewidywalny skuteczny prąd ochrony katodowej do zabezpieczenia tychże elementów, na poziomie do 34 A. Ponadto rozmieszczony na terenie Ośrodka Centralnego uziom taśmowy o powierzchni 574 m<sup>2</sup>, przy zakładanym maksymalnym, zapotrzebowaniu prądowym ok. 40 mA/m<sup>2</sup>, zużyje 23 A wyjściowego prądu systemów ochrony katodowej. Należy jeszcze uwzględnić pośrednią polaryzację katodową zbrojenia stalowego obiektów budowlanych, która może wynosić ok. 13A. Wszystkie elementy powyżej wymienionej infrastruktury są połączone galwanicznie, a ich sumaryczny prąd ochrony katodowej skutecznie zabezpieczający cały obiekt KRNiGZ LMG, może wynosić 72 A.

#### **5. Opis techniczny elementów sytemu ochrony katodowej – stacje ochrony katodowej.**

Dla ochrony katodowej całości infrastruktury zainstalowano sześć stacji ochrony katodowej na Ośrodku Centralnym oraz trzy stacje ochrony katodowej na Ośrodkach Grupowych. Jako źródło prądu ochrony katodowej Ośrodka Centralnego zamontowano, modułowe, impulsowe urządzenia polaryzujące z automatyczną regulacją potencjału ochronnego oraz maksymalnego i minimalnego prądu ochrony katodowej firmy Corropol.

Stacje ochrony katodowej charakteryzują się następującymi cechami:

- zasilanie z sieci jednofazowej 230 V, 50 Hz,
- znamionowy prąd wyjściowy 20 A,
- znamionowe napięcie max. 48 V,
- sprawność 83%,
- ochrona przeciwporażeniowa od strony zasilania jak również od strony chronionego katodowo obiektu,
- regulacja potencjału ochronnego w granicach +/- 2,5 V,
- regulacja prądu minimalnego i maksymalnego do wartości znamionowej,
- dokładność układu stabilizacyjnego prądu ochronnego stacji ochrony katodowej – 0,2% wartości znamionowej,

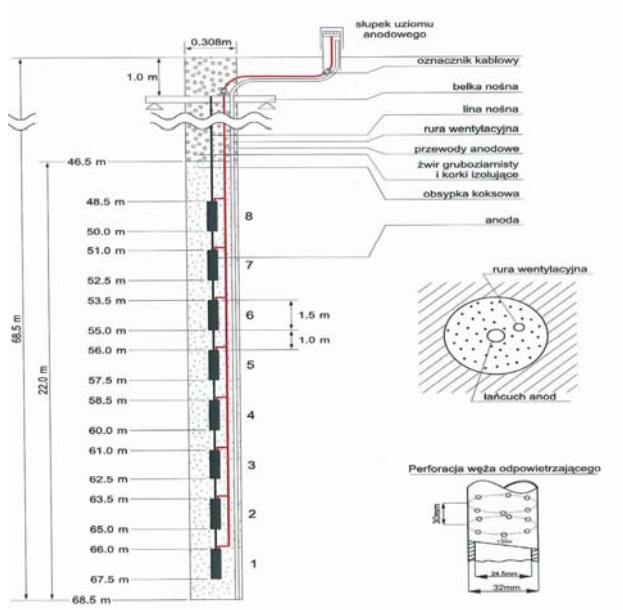
- dokładność układu stabilizacyjnego potencjału ochronnego stacji ochrony katodowej  $\pm 20$  mV,
- automatyczne zabezpieczenie termiczne,
- wysoki stopień ochrony obudowy stacji i odpowiednie zabezpieczenie przed korozją,
- możliwość przerywanej pracy zał/wył,
- moduł do zdalnego monitorowania pracy stacji ochrony katodowej.



Rys. 4. Widok SOK zamontowanych w Ośrodku Centralnym

## 6. Uziomy anodowe

Na terenie Ośrodka Centralnego wybudowano trzy uziomy anodowe (UA) do głębokości 100 m (głównie dla ochrony katodowej rurociągów obiektowych jak i przylegających od Ośrodków Grupowych rurociągów kopalnianych chronionych trzema SOK zlokalizowanymi na terenach OG) oraz trzy uziomy anodowe do głębokości 30 m dla ochrony podziemnej stalowej infrastruktury OC, głównie zbiorników Ośrodka Centralnego KRNiGZ LMG. Uziomy anodowe wraz ze wszystkimi stacjami ochrony katodowej są tak rozmieszczone, żeby zabezpieczały skutecznie całą infrastrukturę podziemną KRNiGZ LMG do najdalszych odcinków rurociągów i odwiertów. Łańcuch elektrod składający się na głęboki uziom anodowy jest zapuszczony w niskooporowy grunt na głębokość kilkudziesięciu metrów oraz otoczony w otworze wiertniczym dobrze przewodzącym wypełnieniem pochodzenia węglowego. Zadaniem wypełnienia anodowego jest obniżenie rezystancji rozptyłu prądu z uziomu anodowego do elektrolitu glebowego, zwiększenie żywotności uziomu anodowego, odprowadzenie gromadzących się czynników gazowych reakcji anodowych. Wykonanie badań jak i otworu wiertniczego pod głęboki uziom anodowy przeznaczony do zainstalowania głębokiego uziomu anodowego zaliczane jest do prac geologicznych, podlegających przepisom ustawy o prawie geologicznym. Wszelkie prace związane z badaniami, projektowaniem oraz wierceniem otworu powierzono firmie Geofizyka Toruń.



Zal. nr 4  
**Uziom anodowy pionowy - przekrój**  
 Temat: Projekt techniczny głębokiego uziomu anodowego na terenie strefy przyodwiertowej L-4  
 GEOFIZYKA TORUŃ Sp. z o.o., 87-100 TORUŃ ul. Chrobrego 50

**PROJEKT GEOLOGICZNO - TECHNICZNY OTWORU**

Nazwa otworu: L-4  
 Miejsowość: Zyrardów - strefa przyodwiertowa L-4  
 Okręg: Międzybóże międzyodrzańskie  
 Powiat: Międzybóże międzyodrzańskie  
 Współrzędne otworu (ukł. 42):  
 X: 583884.4  
 Y: 350970.5  
 Różnica otworu: 51.5 m n.p.m.  
 Progłęb otworu: 68.5 m

Cel wiercenia: otwór techniczny  
 Zleceniodawca: PEG S.A. Wykopowo, ul. Skłodowska 35 62-081 Przemysłowo  
 Wykonawca: GEOFIZYKA TORUŃ Sp. z o.o. ul. Chrobrego 50 87-100 TORUŃ  
 Sposób wiercenia: mechaniczny  
 System wiercenia: obrotowy  
 Urządzenie: URS - 2.5 A  
 Właz: Maut 11.0 m  
 Pompa: ZGRB  
 Obieg płazid: zimny

CZĘŚĆ GEOLOGICZNA					CZĘŚĆ TECHNICZNA										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Głębokość [m]	Przebieg uziomu anodowego	Opis	Przebieg uziomu anodowego	Dane dotyczący pozostawienia w otworze	Opis otworu i próby	Opis otworu i próby	Opis otworu i próby	Opis otworu i próby	Przebieg uziomu anodowego	Przebieg uziomu anodowego	Przebieg uziomu anodowego	Przebieg uziomu anodowego	Przebieg uziomu anodowego	Przebieg uziomu anodowego	Przebieg uziomu anodowego
0															
10		piaski													
15		gliny zwalcowe													
20		piaski													
30		gliny zwalcowe													
40		gliny zwalcowe													
50		mułki iły													
60															
70															

Rys. 5. Fragment dokumentacji wykonania uziomu anodowego strefy przyodwiertowej L-4



Tab. 1. Charakterystyka uziomów anodowych zlokalizowanych na Ośrodkach Grupowych

Lokalizacja	Rezystancja uziomu [Ω]	Głębokość posadowienia anod [m]	Liczba pojedynczych anod [szt]
Strefa przyodwiertowa G-1	2,95	54 – 73	8
Strefa przyodwiertowa SG-2K	2,84	50 – 69	8
Strefa przyodwiertowa L-4	2,72	48,5 – 67,5	8

## 7. System ochrony katodowej KRNiGZ LMG

System ochrony katodowej KRNiGZ LMG stanowi jednolitą instalację. Poszczególne stacje ochrony katodowej rozmieszczone na terenach Ośrodków Grupowych oraz na terenie Ośrodka Centralnego swoim zasięgiem nakładają się i zabezpieczają przeciwnie wszystkim rurociągami, strefy przyodwiertowe, Ośrodki Grupowe, Ośrodek Centralny LMG, rurociągi kopalniane, rurociągi ekspedycyjne. Budowa systemu ochrony katodowej postępowała etapami tak jak budowa rurociągów, Ośrodków Grupowych i stref przyodwiertowych.

Tab. 2. Przykładowe wyniki potencjałów konstrukcji chronionej katodowo przed uruchomieniem systemu ochrony katodowej oraz wyniki polaryzacji podczas wstępnego rozruchu instalacji

Miejsce pomiaru		Wyniki pomiarów		
punkt pomiarowy	lokalizacja	potencjał spoczynkowy E [V]	potencjał złączeniowy E [V]	Rezystancja R – RO R [Ω]
PP	Przy PZ 5	R1P = -0,896 R2P = -0,896 R3P = -0,896	R1P = -1,050 R2P = -1,048 R3P = -1,046	
PR	Przy drodze Międzychód – Skwierzyna	R1P = -0,561 R2P = -0,548 R1RO = -0,455 R2RO = -0,490	R1P = -1,054 R2P = -1,046 R1RO = -0,447 R2RO = -0,422	R1P-R1RO = 112Ω R2P-R2RO = 99,5 Ω
PR	PZ143	R1P = -0,552 R2P = -0,548 R1RO = -0,714 R2RO = -0,724	R1P = -1,052 R2P = -1,043 R1RO = -0,724 R2RO = -0,728	R1P-R1RO = <20k Ω R2P-R2RO = 2050Ω
PR	PZ153	R1P = -0,580 R2P = -0,577 R1RO = -0,363 R2RO = -0,371	R1P = -1,082 R2P = -1,075 R1RO = -0,388 R2RO = -0,410	R1P-R1RO = 123 Ω R2P-R2RO = 142Ω

Obecnie 6 stacji ochrony katodowej zlokalizowanych na terenie Ośrodka Centralnego pracuje w trybie galwanostatu i wysyłają sumaryczny prąd ochrony katodowej na poziomie 15 A (6 SOK po ok. 2,5 A). Natomiast 3 stacje ochrony katodowej rozmieszczone na terenach

Ośrodków Grupowych pracują na następujących parametrach wyjściowych: 2 SOK (G-1, L-4) po ok. 9 A, jedna SOK (SG-2K) 5 A.

## 8. Podsumowanie

Łączny szacunkowy, potrzebny do skutecznego zabezpieczenia przeciwkorozyjnego podziemnej infrastruktury KRNiGZ LMG prąd ochrony katodowej, jaki założono podczas projektowania wynosił  $I_{OK} = 72$  A. Po przeprowadzeniu wstępnej polaryzacji prądem ochronnym rzędu 37 A można pozytywnie ocenić skuteczność zabezpieczenia przeciwkorozyjnego całości podziemnej infrastruktury Kopalni Ropy Naftowej i Gazu Ziarnego Lubiatów – Międzychód – Grotów. Zainstalowanie trzech stacji ochrony katodowej o maksymalnym prądzie wyjściowym 20 A każda w odległych strefach, w pełni zabezpieczy przeciwkorozyjnie elementy Ośrodków Grupowych, stref przyodwiertowych, połączonych bezpośrednio z Ośrodkiem Centralnym rurociągami. Ponadto lokalizacja sześciu stacji ochrony katodowej wokół Ośrodka Centralnego spowoduje dopływ prądu ochrony katodowej do najbliższych rurociągów jak i elementów Ośrodka Centralnego. Większość prądu ochrony katodowej wpływa do obcych metalowych instalacji takich jak uziomy otokowe, uziomy ochronne, pręty zbrojeniowe połączone z uziomami i innych niskoomowych elementów infrastruktury KRNiGZ LMG. Z powyższych powodów zdecydowano o zaprojektowaniu i wybudowaniu systemu ochrony katodowej z dużym zapasem mocy i prądu ochrony katodowej. Ponadto ewentualna, późniejsza rozbudowa, czy też podłączanie nowych rurociągów, odwiertów, nie spowoduje konieczności modernizacji i rozbudowy systemu ochrony katodowej.

## Literatura

- [1] *Ochrona elektrochemiczna przed korozją. Teoria i praktyka, praca zbiorowa*, WNT, Warszawa 1991.
- [2] *Technika przeciwkorozyjna*, praca zbiorowa, PWSZ Warszawa 1973.
- [3] Baeckmann W.V., Schwenk W., *Katodowa ochrona metali*, WNT, 1974.
- [4] Uhli H.H., *Korozja i jej zapobieganie*, WNT, Warszawa 1976.
- [5] Wranglem G., *Podstawy korozji o ochrony metali*, WNT, Warszawa 1985.
- [6] Markiewicz M., Kilijanski K., *Koordynacja ochrony katodowej, odgromowej i przeciwporażeniowej na stacjach gazowych*, „Nafta – Gaz” 2000, nr 4, s. 221–229.
- [7] PN-EN 12954 Ochrona katodowa konstrukcji metalowych w gruntach lub w wodach. Zasady ogólne i zastosowania dotyczące rurociągów.
- [8] PN-EN 14505 Ochrona katodowa konstrukcji złożonych.