

Eksploracja ropy naftowej metodami górnictwa podziemnego w dawnym złożu Wietze (Niemcy)

Exploitation of crude oil by use of underground mining methods in the oil field at Wietze (Germany)



Prof. dr hab. inż. Krystian Probiez dr h.c.) Prof. Dr. rer. nat. hab. Norbert Volkmann*)*



Dr hab. inż. Marek Marcisz prof. Pol. Śl)*

*Dipl.-Ing. Wolfgang Hänsel***)*

Treść: Na tle zarysu historii rozwoju górnictwa naftowego, począwszy od najstarszej na świecie z 1854 r. kopalni Bóbrka w polskich Karpatach, poprzez Titusville (Pensylwania), Oil Springs (Ontario), Ploiești (Rumunia), przedstawiono funkcjonowanie unikalnej kopalni w Wietze, położonej na północ od Hanoweru w Dolnej Saksonii – Niemcy. W Wietze znajduje się obecnie muzeum ropy naftowej, czynne od 1970 r. Zlokalizowane jest ono na obszarze kopalni, funkcjonującej w latach 1859÷1963, w której eksploatowano ropę naftową metodą otworową jak również metodami górnictwa podziemnego (szyby, chodniki). Na złożu zlokalizowanym na wysadzie solnym odwiercono ok. 2000 otworów wiertniczych z których 4/5 było produktywnych. Głównym horyzontem produktywnym złoża były piaski roponośne wealdu (dolna kreda), z których w latach 1918÷1963 wydobyto ok. 1 mln ton ropy naftowej. Scharakteryzowano warunki geologiczne występowania piasków roponośnych oraz własności eksploatowanej ciężkiej ropy naftowej. Opisano system eksploatacji ropy naftowej metodami górnictwa podziemnego: drenaż złoża chodnikami oraz wydobycie piasków roponośnych systemem krótkich ścian. Przedstawiono również metody podsadzania, transportu materiału oraz sposoby termicznej przeróbki kopaliny i odzyskiwania ropy naftowej.

Abstract: On the background of history development of crude oil mining, beginning from the oldest mine worldwide Bóbrka in Polish Carpathians, through Titusville (Pennsylvania), Oil Springs (Ontario), Ploiești (Romania), the operation of unique mine in Wietze, situated north from Hannover in the Lower Saxonia, Germany was presented. Nowadays in Wietze there is a museum of crude oil, opened in 1970. It is situated in the area of former mine, operating in the years 1859-1963, where the crude oil was exploited by use of borehole method and other mining methods (shafts, galleries). In the deposit, located on the salt dome, there were 2000 drill-holes drilled, from among which 4/5 were productive. The main productive horizon of the deposit was the oil-bearing sand of weald (Lower Cretaceous), from among which there was ca. 1 million Mg of crude oil produced in the years 1918-1963. Geological conditions of oil-bearing sands occurrence and characteristics of the exploited heavy oil were presented. Methods of underground mining for crude oil exploitation are the following: drainage of the deposit with galleries and exploitation of oil sands in a system of short walls. The methods of backfilling, transport of the material and ways of preparation of the rocks with thermal methods application and crude oil recovery were also presented.

*) Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Instytut Geologii Stosowanej, Gliwice **) Technische Universität Bergakademie, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau, Freiberg ***) Vorsitzender des Fördervereins des Deutschen Erdölmuseums, Wietze (Przewodniczący Stowarzyszenia Muzeum Ropy Naftowej)

Słowa kluczowe:

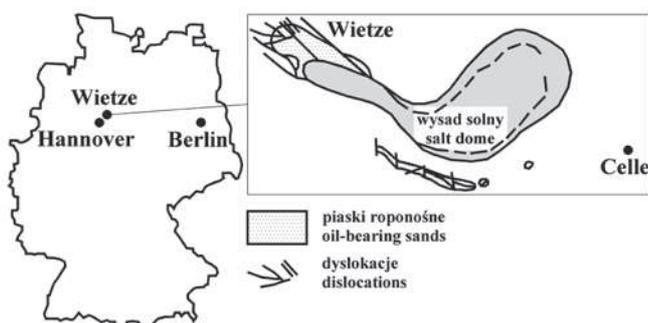
historia górnictwa ropy naftowej, wysad solny Wietze, piaski roponośne, eksploatacja, system ścianowy

Key words:

history of crude oil mining, salt dome Wietze, oil-bearing sands, exploitation, longwall mining system

1. Wprowadzenie

Z problematyką eksploatacji ropy naftowej, a właściwie piasków roponośnych, metodami górnictwa podziemnego mieliśmy okazję zapoznać się podczas jednego z posiedzeń Grupy Roboczej Petrologia Węgla – AKOP (*Arbeitsgemeinschaft für Kohlen- und Organische Petrologie*), odbywającego się w miejscowości Wietze, położonej na północ od Hanoweru w Dolnej Saksonii – Niemcy (rys. 1).



Rys. 1. Szkic wysadu solnego Wietze k. Hanoweru wg [3]
Fig. 1. Sketch of Wietze salt dome (near Hannover) according to [3]

Wypada wyjaśnić, że AKOP założono u schyłku II wojny światowej w Instytucie Geologii Paliw (Brennstoff-geologisches Institut) Akademii Górniczej we Freibergu. Początkowo

zajmowano się jedynie petrografią i petrologią węgla lecz w 1995 r. poszerzono zakres działalności o petrologię organiczną. Siedziba AKOP w dalszym ciągu znajduje się we Freibergu przy tamtejszej TU Bergakademie, a aktualnie przewodniczy jej prof. N. Volkmann. W 2014 r. odbyło się już 80-te posiedzenie Grupy Roboczej zaś jedyne, jak dotychczas, posiedzenie zagraniczne tj. poza Niemcami, odbyło się w 2008 r. na Wydziale Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej [1].

W Wietze znajduje się muzeum ropy naftowej (podobne w założeniach do naszego w Bóbrce) oraz liczne pozostałości po jej intensywnej eksploatacji (rys. 2). Muzeum to powstało w 1970 r., w kilka lat po zakończeniu wydobywania ropy naftowej (co miało miejsce w 1963 r.), zaś początki tego przemysłu sięgają przełomu lat 1858/1859 [3, 15].

Dla porównania kopalnię ropy naftowej w Bóbrce k. Krosna, otwarto w 1854 r. i jest to nadal funkcjonująca kopalnia ropy naftowej. Znajdują się w niej m.in. 2 szyby wydrążone ręcznie około 1860 r. i nazywane kopankami: „Franek” o głębokości 50 m (pogłębiona następnie za pomocą wiertnicy ręcznej do 150 m) oraz „Janina” o głębokości początkowej 132 m (pogłębiona do 250 m) z której uzyskuje się jeszcze 50–100 kg ropy naftowej na dobę. Kopalnię, pełniącą obecnie funkcję Muzeum Przemysłu Naftowego i Gazowniczego im. Ignacego Łukasiewicza udostępniono do zwiedzania w 1972 r. Patron muzeum Ignacy Łukasiewicz, farmaceuta, jest konstruktorem pierwszej na świecie nowoczesnej lampy naftowej (1853 r.), jednakże wynalazcą nafty „kerosene” jest kanadyjski lekarz i geolog A.P. Gesner który w 1846 r. dokonał pierwszego publicznego pokazu destylacji nafty z węgla i jego użytkowania jako płynnego paliwa [7, 8, 10, 14].

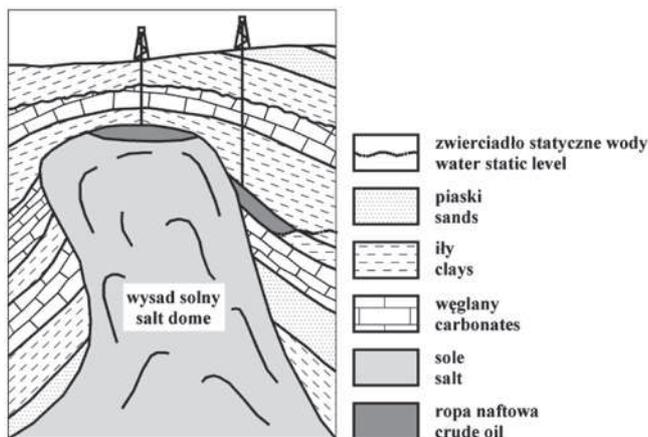


Rys. 2. Ekspozycje w muzeum Wietze, plenerowa oraz kameralna – kombinezon ratownika górniczego (foto M. Marcisz)

Fig. 2. Open air exposition and mine rescue suit in the museum in Wietze (Photo M. Marcisz)

Zasadnicze znaczenie dla eksploatacji górniczej mają dolnokredowe utwory wealdu o sumarycznej miąższości 40÷70 m. W profilu wealdu występuje 11 warstw utworów piaszczystych osiągających łącznie 25–45 m. Tworzą one 4 partie złożowe, które są przeławiczone utworami ilastymi, od piasków zasilonych po ropy zapiaszczone [4].

W obszarze złoża można wyróżnić 7 rejonów złożowych różniących się znacząco zarówno kierunkiem jak i kątem upadu, od warstw poziomych do stromych (rys. 3, 4). Złoże jest ograniczone od stropu transgresyjnymi utworami trzeciorzędu zaś jego dolną granicę wyznacza tzw. statyczne zwierciadło wód złożowych, w których solanka zamiast ropy wypełnia przestrzeń porową skały zbiornikowej rys. 4.



Rys. 4. Schemat eksploatacji otworowej złoża Wietze, z użyciem pomp głębinowych (przy braku ciśnienia złożowego) wg [3] uproszczone

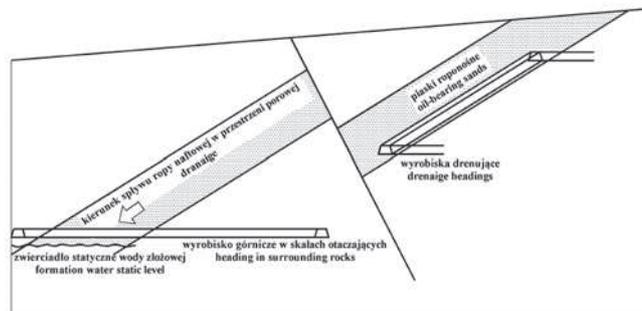
Fig. 4. Scheme of bore-hole exploitation of deposit Wietze with the use of deep-well pumps (by the lack of deposit pressure) according to [3], simplified

Średnie uziarnienie piasków wealdu zmienia się w przedziale 0,6÷0,06 mm i zmniejsza się od dolnej ku górnej partii złożowej. Przestrzeń porowa utworów piaszczystych, osiągająca do 40÷60 % całkowitej obj., wypełniona jest zróżnicowaną ilością ciekłych węglowodorów, często w postaci błonki (filmu). Przed rozpoczęciem procesu eksploatacji (drenowania) złoża do 89 % obj. porów wypełnionych było ropą, co stanowiło 16 % mas. Zasoby ropy naftowej w złożu Wietze przed podjęciem eksploatacji szacowano na 3,24 mln t, z czego ok. 16 % wydobyto otworowo zaś metodami górnictwymi ok. 29 %, czyli niemal dwukrotnie więcej [3]. W pracy Rühla [4] szacuje się, że ze złoża Wietze wydobyto nawet do 60% zasobów ropy naftowej.

Ropa naftowa występująca w złożu Wietze jest zaliczana do tzw. ciężkich o gęstości $0,94 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ i lepkości w granicach 600÷4000 mPa·s, zawartości siarki w przedziale 1–1,4 %, asfaltów od 1,7 do 2,2 % oraz o temperaturze wrzenia około 220–230 °C [4].

Warunki złożowe w Wietze charakteryzują się brakiem ciśnienia złożowego (rys. 4), które występowało jedynie w krótkim, początkowym okresie eksploatacji otworowej. Kierunek przepływu (spływu) ciekłych węglowodorów, uwarunkowany jest wyłącznie grawitacyjnie (*gravity drainage*), z przestrzeni porowej do otworów lub podziemnych wyrobisk drenazowych – sztolni (rys. 5). Zarówno prędkość tego przepływu jak i związany z nią czas drenowania (do osiągnięcia stanu równowagi z siłami kapilarnymi uniemożliwiającymi dalszy grawitacyjny drenaż piasków roponośnych), uzależniona jest od wielu czynników m.in. lepkości ropy naftowej,

przepuszczalności utworów piaszczystych jak i wielkości powierzchni drenażu. Pozyskiwanie ropy (drenaż) uzależnione jest w znaczącym stopniu od udziału minerałów ilastych; przy ich 5 % udziale w złożu pozostaje 15÷20 % ropy zaś przy 25 % udziale minerałów ilastych pozostaje aż 40÷60 % ropy w piaskach złożowych [3].



Rys. 5. Schemat drenażu utworów roponośnych wg [3]

Fig. 5. Scheme of drainage of oil-bearing strata, according to [3]

Z powyższego wynika, że zwiększenie produkcji ropy naftowej przy ówczesnym stanie techniki (okres po I wojnie światowej i początek lat dwudziestych ub. wieku) było możliwe jedynie poprzez drażnienie sztolni drenujących, które zwiększały istotnie wielkość powierzchni drenowania.

3. Eksploatacja ropy naftowej metodami górnictwa podziemnego

W stosowanych na złożu Wietze technologiach eksploatacji ropy naftowej należy wyróżnić dwa podstawowe sposoby wg [3]:

- eksploatację ropy naftowej chodnikowymi wyrobiskami górnictwymi powodującymi zwiększony drenaż ropy naftowej – w przypadku wody użylibyśmy pojęcia „odwodnienie” (rys. 5),
- eksploatację piasków roponośnych systemem ścianowym i odzyskiwanie ropy na powierzchni poprzez przeróbkę piasków metodami termicznymi (rys. 6 i 7).

Eksploatacja górnictwa została umożliwiona dzięki wydrążeniu szybu o głębokości 250 m oraz utworzeniem na głębokości 222 m i 246 m głównych poziomów wydobywczych wraz z wyrobiskami (sztolniami) drenazowymi, które wykonywano w kierunku „do pola”. Podczas drażnienia wyrobisk pojawiały się pewne trudności związane zarówno z doborem odpowiedniego sposobu, jak i z utrzymaniem wyrobisk. Początkowo stosowano odrzwia drewniane (rys. 6), które następnie zastępowano trapezową obudową stalową, która znacznie lepiej przejmowała ciśnienie plastycznie zachowujących się piasków roponośnych. Wysokość wyrobisk wynosiła 2 m zaś ich przekrój 3,5÷4 m². Stropy i ociosy wyrobiska wzmocniano drewnianą wykładką (dł. 1,80 m, szer. 0,2 m oraz 3÷4 cm grubości). Żywotność obudowy, uzależniona w znacznej mierze od oddziaływania roponośnych piasków złożowych, wynosiła od 5 lat w dolnej partii złożowej, do 25 lat w górnej serii złożowej, w której występują najdrobniejsze piaski roponośne. W spągu drażnionych chodników umieszczano w określonych odstępach drewniane skrzynie dla gromadzenia ropy, którą następnie ręcznie czerpano do pojemników rozmieszczonych w wyrobiskach kopalni. Z pojemników tych, z użyciem pomp pneumatycznych, ropa automatycznie była transportowana do zbiorników zbiorczych, a następnie (również z użyciem pomp napędzanych elektrycznie) do szybów i na powierzchnię.



Rys. 6. Obudowa drewniana wyrobisk, fragment ekspozycji muzealnej, po lewej (foto K. Probierz). Po prawej załadunek urobku – piasków roponośnych na przodku ścianowym [6]

Fig. 6. Wooden timbering, fragment of museum exposition (on the left) (Photo K. Probierz). Loading of output - oil-bearing sands in the wall face (on the right) [6]

Pojawiające się gdzieśgdzie wraz z ropą solanki złożowe, były również odpompowywane.

Podczas podziemnego udostępniania złoża we wszystkich rejonach złożowych drążono chodniki podstawowe i kierunkowe. W rozpoznanych podczas drążenia wyrobisk strefach bardziej wzbogaconych w ropę, zazwyczaj występujących lokalnie, wykonywano dodatkowo chodniki (przecznice) po rozciągłości oraz chodniki drenażowe, zgodne z kierunkiem zapadania złoża. Wspomniane już silne zdeformowanie tektoniczne złoża utrudniało niejednokrotnie znalezienie tych wzbogaconych w ropę stref i czyniło proces pozyskiwania piasków roponośnych niezwykle trudnym i kosztownym.

Oprócz wymienionej technologii eksploatacji stosowano także podrzędnie system mieszany otworowo-górnicy. Dotyczyło to jedynie stropowych partii złożowych retu (grn. trias) i obejmowało eksploatację lżejszych frakcji ropy, poprzez wiercenie z drążonych chodników horyzontalnych otworów o długości 100÷150 m.

Sieć podziemnych wyrobisk górniczych kopalni ropy naftowej Wietze, znajdująca się w przedziale głębokościowym 180÷340 m i zajmująca obszar 74 ha, wynosiła ~81 km [3]. Według danych muzeum ich długość do 1963 r. wynosiła 96 km [6]. Wyrobiska górnicze umożliwiły wydobycie ponad 750 tys. t ropy naftowej, co oznacza wydajność 9,2 t/m bieżący wyrobiska, przy czym z utworów wealdu pozyskano aż 714,6 tys. t ropy naftowej i 2 212,5 tys. m³ wody (solanki).

Wydobycie piasków roponośnych zostało spowodowane brakiem możliwości dalszego skutecznego drenowania warstw roponośnych chodnikami. Stwierdzono, że występujące w złożu partie piasków drobnoziarnistych, w miarę rozwoju eksploatacji zarówno otworowej jak i chodnikami, są coraz mniej podatne na dalszy drenaż ropy naftowej i stwarzają coraz większe trudności w jej wydobyciu. Spowodowane to było zbyt dużymi siłami powierzchniowymi pomiędzy ziarnami piasków, a otaczającą ją powłoką (błonką, filmem) ciekłych węglowodorów. Wobec powyższego w 1926 r. rozpoczęto eksploatację drobnoziarnistych utworów piaszczystych metodą „ścianową” (*termin ten stosowano w Wietze, jednakże nie spełnia on ściśle definicji ściany w polskim górnictwie węgla kamiennego*). Początkowo stosowano go w rejonie złożowym charakteryzującym się płaskim ułożeniem warstw (kąt upadu ~10°) i względnie niewielkim udziałem deformacji tektonicznych, co umożliwiało uruchomienie dość szerokiego ścianowego frontu eksploatacji. Stosowano system podłużny (po rozciągłości) z pełną podsadzką, warstwami. W środkowej części obszaru eksploatacji „ścianowej” drążono chodnik

transportowy, z którego w obydwu kierunkach równocześnie, prowadzono „ścianę” o długości 60 ÷ 100 m i wys. 2,5 m do pola. Wokół tego chodnika jak i pozostałych przyścianowych, pełniących funkcje transportowe i wentylacyjne, pozostawiano filary oporowe (rys. 7). Do obudowy stosowano drewniane stojaki (śr. ~20 cm) i stropnice. Dla zabezpieczenia przodka w polu roboczym „ściany” (o szer. 3 m) stosowano tzw. nogę. W przypadku bardziej mobilnych piasków przodek roboczy zabezpieczano dodatkowymi panelami (deskami). Urabianie piasków roponośnych prowadzono z użyciem młotków pneumatycznych zaś współwystępujące bryły skały otaczającej rozdrabniano z użyciem materiałów wybuchowych. Prace strzelnicze prowadzono pod nadzorem Urzędu Górniczego bowiem kopalnia Wietze była kopalnią gazową.

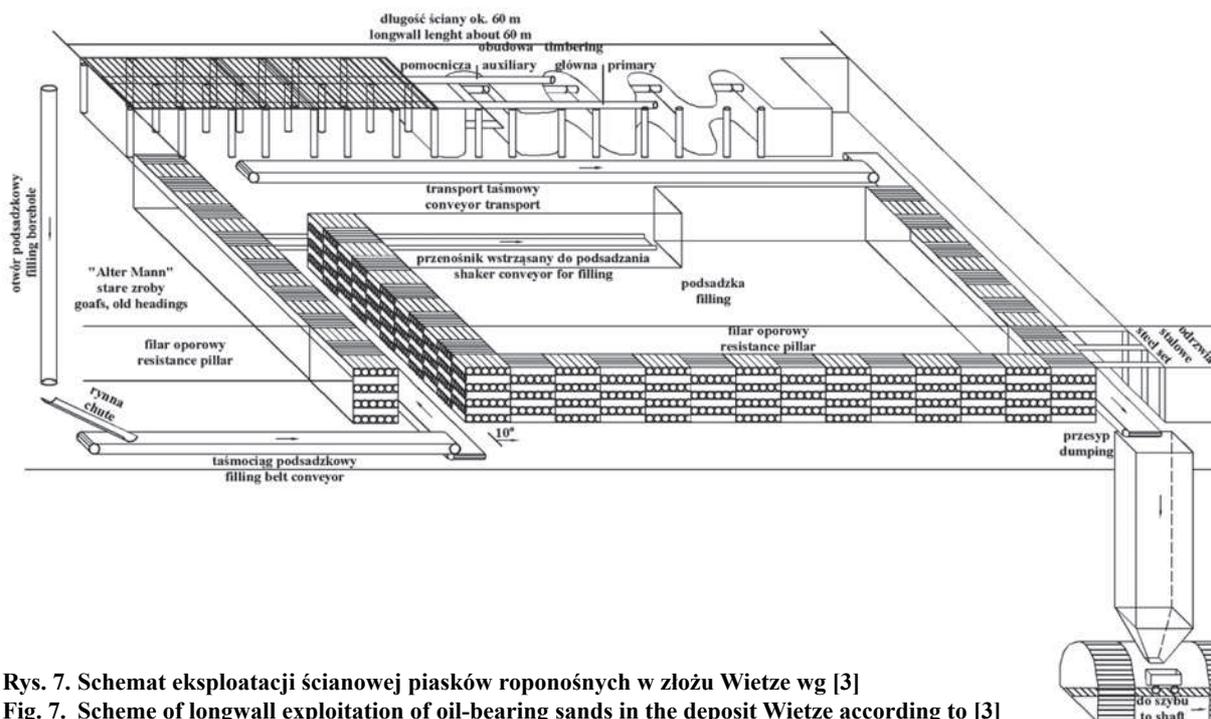
Urobek po ręcznym załadunku na ścianie odstawiano przenośnikami taśmowymi w chodniku dolnym, do miejsca załadunku (przesypu) na wozy w chodniku podstawowym. Załadowane piaskami roponośnymi wozy transportowano do szybu za pomocą lin wyciągowych kołowrotem, a następnie urobek wyciągano szybem na powierzchnię, skąd był kierowany do zakładu przerobczego.

Materiał podsadzkowy składał się głównie z przepłukanego (i pozbawionego ropy naftowej) w zakładzie przerobczym piasku wymieszanego, w celu odciążenia, trocinami. Z powierzchni do wyrobisk górniczych piasek dostarczano wykorzystując początkowo stare otwory poeksploatacyjne. W późniejszych latach podsadzkę dostarczano specjalnie w tym celu odwierconymi z powierzchni otworami podsadzkowymi (o nieco większej średnicy), a następnie przenośnikami na miejsce wyeksploatowanej przestrzeni. Podsadzanie wykonywano ręcznie z użyciem podwieszanych łańcuchowo przenośników wstrząsanych (rys. 7).

Transport drewnianych elementów obudowy (stojaki, stropnice) wykonywano podobnie jak w przypadku podsadzki. Swobodny spadek tych materiałów w otworach o głębokości do 180 m nie powodował ich jakichkolwiek uszkodzeń, bo był on amortyzowany poduszką z trocin na dnie tych otworów.

Opisana metoda eksploatacji piasków roponośnych gwarantowała co prawda niemal pełne (100%) odzyskiwanie ropy, jednakże była zbyt kosztowna, szczególnie po wyeksploatowaniu najbardziej odpowiednich do tej technologii partii złoża, wobec czego tą technologię zarzucono w 1963 r.

Należy także wspomnieć, że próbowano również stosować do eksploatacji piasków roponośnych hydrourabiane solankami o temperaturze 20 °C i ciśnieniu 10÷15 atmosfer. Trudności stwarzały jednakże współwystępujące z piaskami



Rys. 7. Schemat eksploatacji ścianowej piasków roponośnych w złożu Wietze wg [3]

Fig. 7. Scheme of longwall exploitation of oil-bearing sands in the deposit Wietze according to [3]

ił, które opóźniały proces odzysku ropy z emulsyjnej mieszaniny ropno-solankowej (mimo ciągłej regeneracji wody używanej do urabiania).

4. Przeróbka piasków roponośnych i ropy

Eksploatowany zarówno chodnikami drenażowymi jak i systemem ścianowym, roponośny urobek dostarczano do zakładu przerobczego [3]. Urobek o zawartości ok. 8÷12 % wagowych, ropy naftowej był:

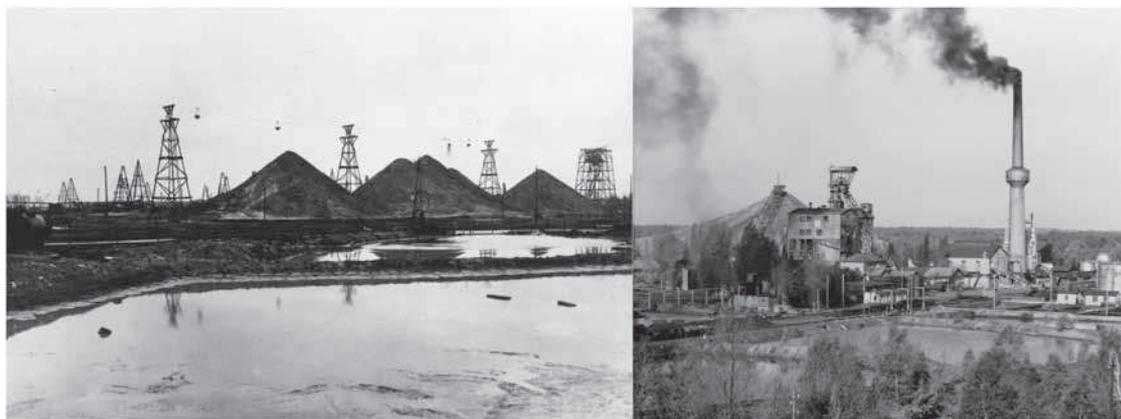
- przesiewany i pozbawiany większych zanieczyszczeń,
- rozdrabniany w kruszarkach,
- płukany,
- mieszany w 3 zbiornikach z wodą (po ok. 25÷30 m³ piasku i wody),
- poddawany obróbce cieplnej (podgrzewany ok. 1,5 h do temperatury ok. 80 °C).

- odszlamowany – podczas podgrzewania olej, jako lżejszy, wypływał z górnej części kotłów i następnie oddzielano go od wody i iłu.

Końcowym produktem procesu przeróbki, po obróbce termicznej w temperaturze dochodzącej do 80 °C, był tzw. olej (ropa) płukana (z niem. *Waschöl*). Piasek po opisanym procesie przerobczym, zawierający przeciętnie 0,7 % wag. ropy, był kierowany do podsadzania wyrobisk lub transportowany kolejką linową, na zwalowisko odpadów (rys. 8).

Zarówno olej płukany (*Waschöl*), jak i olej (ropa) zdrenowany, uzyskiwany bezpośrednio podczas drenażu roponośnych utworów złożowych (z niem. *Sickeröl*), był kierowany do rafinerii.

Wydaje się, że bardzo ważną informacją dotyczącą produkcji ropy naftowej w Wietze jest również ta o działalności przykładowej pralni odzieży roboczej. Otóż według zakładowych rejestrów, z wód używanych w pralni odzyskiwano miesięcznie ok. 4,5 t ropy naftowej! [6]



Rys. 8. Transport odpadów przerobczych na zwalowiska, w głębi szyby naftowe (po lewej). Po prawej szyb główny podziemnej kopalni ropy naftowej [6]

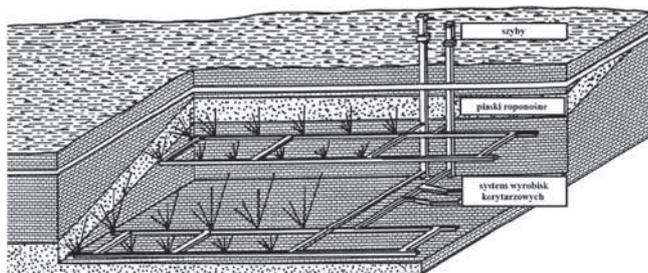
Fig. 8. Transport of preparation wastes on the dumps, in the background of oil wells (on the left). Main shaft of the underground oil mine (on the right) [6]

5. Zakończenie

Opisany system podziemnej eksploatacji, i przeróbki, ropy naftowej metodami górnictwa podziemnego można uznać za unikalny w skali światowej. Podobne do opisanych w złożu Wietze, systemy górniczego wydobycia ropy naftowej stosowano jedynie we Francji, w miejscowości Pechelbronn (Alzacja). W miejscowości tej, położonej na północ od Strasburga, metody górnictwa podziemnego w wydobyciu ropy naftowej stosowano w podobnym do Wietze przedziale czasowym, w latach 1917÷1961. W Pechelbronn była również podobna wielkość produkcji ropy naftowej wynosząca ok. 1 mln t. Uzyskano ją za pomocą 4 szybów i sieci chodników o łącznej długości około 400 km [2].

Czy opisana technika wydobycia ropy naftowej metodami górnictwa podziemnego jest li jedynie zapisem historycznym? A może stanie się jeszcze użyteczną i bardziej interesującą wraz z ubytkiem aktualnie eksploatowanych klasycznych zasobów ropy naftowej? Takie próby eksploatacji ciężkiej ropy naftowej występującej w utworach piaszczystych są podejmowane np. w Athabascie (Kanada). Pojawiają się takie koncepcje również w Norwegii, gdzie przewiduje się zastosowanie tych metod do obszarów złożowych *off-shore*, znajdujących się w niedostępnych rejonach arktycznych i gdzie występują trudności z użytkowaniem platform wiertniczych. Także uwarunkowania wynikające z zasad ochrony środowiska (restrykcje ekologiczne) mogą skłaniać do ponownego zainteresowania taką technologią.

Koncepcja pozyskiwania ropy naftowej siecią wyrobisk górnich dotyczących ich lokalizacji w niewielkiej odległości od złoża 30÷100 m, i to niezależnie od tego czy skały zbiornikowe występują w stropie czy spągu. Wykorzystanie najnowszej współczesnej techniki prowadzenia robót górniczych jak i gęstej sieci podziemnych wierceń umożliwiłoby efektywny drenaż złoża. Technologie górnice i wiertnicze różnią się przecież znacząco od stosowanych w latach 60-tych ub. wieku. Taki schemat koncepcji pozyskiwania ropy naftowej przedstawia rysunek 9.



Rys. 9. Koncepcja eksploatacji złoża ropy naftowej z udostępnieniem złoża szybami i rozcinką wyrobiskami górnich oraz wykorzystaniem gęstej sieci podziemnych wierceń wg [2]

Fig. 9. Conception of oil field exploitation with shafts, mining workings and the use of dense net of underground drill-holes, according to [2]

Dotyczy on złóż, z których możliwe jest pozyskanie jedynie niewielkiej części całkowitych zasobów zbiornika (*OOIP* – *original oil in place*) otworami powierzchniowymi. Także w przypadku gdy pozostawiono w złożu, eksploatowanym taką konwencjonalną metodą otworową, dużo resztek zasobów (*ROIP* – *residual oil in place*). Eksploatacja tych resztek może być efektywna poprzez eksploatację metodami górnymi.

Sprawą otwartą być może, pozostanie także problem „reaktywacji” opisanym sposobem przynajmniej niektórych z nasyżonych złóż, szczególnie tych niezbyt głębokich. Powiększenie bowiem „palety zasobów”, o te które mogą być ewentualnie wydobywane metodami podziemnej eksploatacji górniczej, będzie niewątpliwie miało także jakiś wpływ na bilans zasobów i bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Na zakończenie warto nadmienić, że w 2003 r. w Wietze utworzono sieć europejskich muzeów ropy naftowej, która łączy 11 placówek muzealnych: Dukes Wood Oil Museum (Anglia), Muzeum Techniki w Wiedniu (Austria), Põlevkivi muuseum Kohtla-Järve (Estonia), Musée Français du Pétrole Pechelbronn (Francja), Petroleum museum Stavanger (Norwegia), nasze Muzeum Skansen Przemysłu Naftowego w Bóbrce, National Oil Museum Ploiesti (Rumunia), Almond Valley Heritage Trust Livingston (Szkocja), Engelbergs Oljefabrik Ängelsberg (Szwecja) oraz Magyar Olajipari Múzeum Zalaegerszeg (Węgry).

Literatura

1. Borówka B., Jonczy I., Marcisz M., Stanienda K.: „Odkrywkowa kopalnia węgla brunatnego Welzow-Süd, Łuzyce”, *Przeгляд Górnicy*, t. 68, nr 12, str. 139÷144, Katowice 2012
2. Erdölbergwerke – Innovative Technik zur Erdölgewinnung. Mat. Instytutu Głębokich Wierceń (Tiefbohrtechnik), TU– Clausthal – Zellerfeld, 1989
3. Heuckeroth J.: Die Geschichte des Erdölbergbaus in Wietze. *Bergbau* 6/1963, s. 204÷211
4. Rühl W.: Schwerkraft-Entölung im Erdöl-Bergbau Wietze (Gravity Drainage in the Wietze Oil Mine). *Erdöl, Erdgas, Kohle. Sonderdruck*, Heft 2, 1989, s. 54÷59
5. Wolter R.: Werdegang des ehemaligen Erdölbergwerkes Wietze in der Gemeinde Wietze, Landkreis Celle. *Deutsches Erdölmuseum Wietze, Celle* 2001
6. Zbiory Deutsches Erdölmuseum, Wietze
7. <http://bobrka.wkraj.pl/#/43145/0>
8. wikipedia.org/wiki/Abraham_Pineo_Gesner
9. wikipedia.org/wiki/Absheron_peninsula
10. wikipedia.org/wiki/Ignacy_Lukasiewicz
11. wikipedia.org/wiki/Oil_Springs,_Ontario
12. wikipedia.org/wiki/Titusville,_Pennsylvania
13. www.150deanidepetrol.ro/history.html
14. www.bobrka.pl
15. www.erdoelmuseum.de