
Maciej Mazurkiewicz

NAJSTARSZY ZAWÓD ŚWIATA



Szkic dziejów techniki
i technologii górniczej

Maciej Mazurkiewicz

NAJSTARSZY ZAWÓD ŚWIATA

Szkic dziejów techniki
i technologii górniczej



WYDAWNICTWA AGH

KRAKÓW 2019

Wydawnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

© Wydawnictwa AGH, Kraków 2019
ISBN 978-83-66364-07-3

Redaktor Naczelny Wydawnictw AGH: *Jan Sas*

Komitety Naukowy Wydawnictw AGH:
*Andrzej Pach (przewodniczący), Jan Chłopek, Barbara Gąciarz,
Bogdan Sapiński, Stanisław Stryczek, Tadeusz Telejko*

Recenzenci: *prof. dr hab. inż. Piotr Strzałkowski* – Politechnika Śląska, Gliwice
dr hab. inż. Tadeusz Mikoś, prof. AGH – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Projekt okładki: *Paweł Sepielak*

Zdjęcie na okładce: Witraż z Katedry Najświętszej Marii Panny
we Fryburgu Bryzgowijskim, Niemcy (ok. 1330 r.)

Ilustracje wykonane przez autora bądź znajdujące się w jego zbiorach:
7, 21, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 57, 95, 96, 97, 178, 179, 206, 227, 229, 230, 231, 235, 271,
273, 274, 276, 297, 307, 310, 311, 315, 318, 340, 371, 372, 373, 376, 377, 386, 398, 400,
402, 403, 417, 422, 436, 445, 447, 452, 453, 454, 455, 456, 461, 470, 472, 473

Opieka wydawnicza: zespół Wydawnictw AGH

Skład komputerowy: **ART-TEKST**, tel. 501 534 061

Wydawnictwa AGH
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
tel. 12 617 32 28, 12 636 40 38
e-mail: redakcja@wydawnictwoagh.pl
<http://www.wydawnictwa.agh.edu.pl>

Przyszłym górnikom –
z dedykacją –
Historia est magistra vitae

Autor

Spis treści

Od autora	9
Kroki rozwoju techniki i technologii górniczej	17
Gdzieś 3,3 miliona lat temu... ..	19
Pragórnik staje się odkrywkarzem	23
Górník podziemny	26
Ku modelowi kopalni podziemnej z rozwiniętą siecią wyrobisk podziemnych	29
Rzeka Kamienna i jej związki z górnictwem	31
Megality	38
Górnictwo epoki kamiennej to także warzenie soli	40
Miedź, złoto – zwiastuni nowej epoki	41
Pomieszanie metali	42
Przeróbka i wzbogacanie	43
Epoka brązu	44
Bez niewolników – górników pracujących w kamieniołomach – nie byłoby piramid	46
Złoto	53
Żelazo	55
Zalążki nowoczesnej struktury zakładu górniczego	57
Laurion modelem kopalni współczesnej	63
Pierwsze zagrożenia górnicze	65
Kilka słów o narodzinach geodety górniczego	68
Wydobywano nie tylko metale	70
Technika wiertnicza korzeniami tkwi w starożytności	72

Długa przerwa	75
Agricola i jego poprzednicy	77
Rozwój geologii	79
Po raz pierwszy pojawiają się zasady założenia kopalni	84
Roboty udostępniające	85
Przodki eksploatacyjne	91
Urabianie	93
Odstawa i transport w średniowiecznej kopalni	98
Przewietrzanie	99
Maszyny odwadniające	104
Średniowieczne miernictwo	112
Średniowieczna przeróbka	115
Średniowieczne BHP	121
Średniowiecze zmierza ku końcowi	123
Jeszcze o średniowiecznym górnictwie solnym	129
Sztolnie – przełom w odwodnieniu	137
Zastosowanie prochu czarnego w górnictwie	143
Wróćmy do wierceń	146
Opuszczenie koni do wyrobisk	149
Świt węgla kamiennego	153
Rewolucja przemysłowa wkracza do kopalń	155
Kopalnie węgla kamiennego stały się wiodącymi w XIX wieku	158
Struktura udostępniania kopalni węgla	161
Szyb zasadniczym wyrobiskiem udostępniającym	164
System przewozu szynowego	171
Technika strzelnicza oparta na wynalazku Alfreda Nobla	172
Wykonywanie otworów strzałowych	178
Początki mechanizacji urabiania	179
Nowe obudowy wyrobisk korytarzowych	182
Przewietrzanie wyrobisk ślepych	184
Pojawiają się systemy długofrontowe	187

Do zrobów wkracza podszadzka	189
Silnik parowy w służbie przewietrzania kopalni	194
Początki przeróbki mechanicznej	200
Nowe surowce energetyczne – nowe wyzwania	202
Nie byłoby postępu w górnictwie bez rozwoju miernictwa	211
Geofizyka stosowana – nowe możliwości w poszukiwaniu złóż	213
Energia elektryczna i skutki jej stosowania w kopalniach	218
Urządzenia wyciągowe w szybach	218
Nowe technologie głębinia szybów	221
Nowe technologie urabiania	227
Rozwój obudów wyrobisk korytarzowych	236
Lokomotywy w dziewiętnastowiecznej kopalni węgla	240
Odstawa w dziewiętnastowiecznej kopalni węgla	248
Wyrobiska eksploatacyjne w kopalniach węgla	253
Rozwój obudów wyrobisk ścianowych	255
Maszyny do urabiania w wyrobisku ścianowym	260
Strugi węglowe	264
Nowe technologie w wypełnianiu zrobów	267
XX wiek w górnictwie rud i surowców chemicznych	275
Rozwój przeróbki mechanicznej	290
Podziemne zgazowanie węgla	302
Ku bezpieczeństwu pracy	304
Ratownictwo górnicze	326
Wróćmy do początków	329
Bez XX-wiecznego wiertnictwa... ..	351
Bez nauk górniczych nie byłoby postępu	368
Nie samą pracą górnik żyje – słów kilka o zwyczajach w akademiach górniczych i tradycji – <i>rogo vocem pro me</i>	385
Najstarszy i ostatni (?)	402

Spis literatury	405
------------------------------	------------

Od autora

Moje zainteresowania dziejami górnictwa i techniki górniczej sięgają okresu przełomu moich studiów na Wydziale Górniczym krakowskiej Akademii Górniczo-Hutniczej i rozpoczęcia na nim pracy w charakterze asystenta. Wiąza się z osobą mgr. inż. (nazywanego przez nas profesorem i tak go będę tytułował) Witolda Żabickiego¹, wtedy, w latach 60. ubiegłego wieku, dla propagowania tradycji górnictwa i jego historii – postaci kultowej. Kiedy wysłuchałem jego

¹ **Witold Żabicki**, urodził się (jako „Otmar, Henryk, Witold”) we Lwowie 5 maja 1903 r. Rodzina zamieszkała w Wiedniu, gdzie ukończył szkołę realną. Po niemiecku mówił z pięknym akcentem wiedeńskim. Kolejnym jego miastem (do końca życia) był Kraków, gdzie w 1922 r. zdaje maturę w I Szkole Realnej (potem VIII Liceum matematyczno-przyrodnicze). W 1923 r. rozpoczął studia na Akademii Górniczej. Pierwszy stopień kończy z wynikiem dobrym w 1934 r. Studiował długo, pracując. Nabywał doświadczeń w kopalni „Brzeszcze” (1923), uczył w Liceum Pedagogicznym w Krakowie (1925–1926), kopalniach ropy naftowej i soli na kresach Polski (1927–1929), kierował robotami budowlanymi w Krakowie (1930), uczył rysunku i matematyki w szkołach krakowskich (Przemysłowej i Rzemiosł – 1931). W latach 1931–1932 pełnił służbę wojskową w jednostce saperów. Podejmuje pracę w krakowskiej izbie skarbowej (1933), by znowu zostać nauczycielem w Liceum Pedagogicznym (1933–1934). Wraca do górnictwa, podejmując pracę nadgórnika w kopalniach „Hoym-Laura” w Niedobczycach (1934), „Juliusz” w Sosnowcu (1935) i „Mysłowice” (1936–1937). Uczestniczy w redakcji działu technicznego *Encyklopedii powszechnej* – Wydawnictwa Gutenberga (Wydawnictwo J. Przeworskiego, 1937 Kraków, Druk. W.L. Anczyca i Spółki). W 1938 r., podejmuje asystenturę w Katedrze Elektrotechniki Ogólnej w AGH. Okres wojny i pierwsze lata powojenne spędził, będąc kierownikiem wytwórni aparatów grzewczych w firmie inż. B. Jurskiego (1940), a następnie, do końca 1948 r. w okocimskim browarze (kierownik techniczny składu i rozlewni piwa). Powrócił na studia, a jednocześnie do pracy w macierzystej Uczelni w 1948 r. Został asystentem profesora Witolda Budryka (w Katedrze Górnictwa I), pod którego kierunkiem napisał pracę dyplomową z zakresu podsadzki hydraulicznej. Sumuje doświadczenia i materiały, jakie zbierał od czasu pracy w kopalni „Mysłowice”, tj. od 1936 r. Pracę obronił w październiku 1949 r. Bezsprzecznie należy do grona rekordzystów, jeśli chodzi o długość studiów w AGH (30 lat od immatrykulacji!!!). Podczas pracy na Wydziale Górniczym był związany z katedrami: Głębień Szybów (1954), Górnictwa Ogólnego (1956), Rud i Soli (1969) oraz Instytutem Górnictwa Podziemnego. Pracował również w jednostce przypisanej Wydziałowi Geodezji. W 1973 r. przeszedł na emeryturę. Wykłady prowadził do 1982 r. Zmarł w 1992 r.

opowieści prezentujących dość dowolną wizję dziejów górnictwa, kiedy stałem się kontrapunktem na prowadzonych przez niego karczmach piwnych – połknąłem bakcyła. W AGH profesor Witold Żabicki był kontynuatorem pierwszego piewcy tego tematu w uczelni – inż. Stanisława W. Majewskiego², wykładającego te zagadnienia w latach 1938–1939 i 1950–1951. W popularyzację historii i obyczajów górniczych w drugiej połowie XX wieku obaj wnieśli wkład nie do przecenienia.

Nieco później, w dydaktyce, problemy historii kultury materialnej, w tym również górnictwa, podjęła prof. dr hab. Maria Wirska-Parachoniak³.

Zagadnieniami tymi zajmował się również dr hab. inż. Tadeusz Mikoś, mój kolega z Wydziału, wydając kilka prac dotyczących zabytkowych obiektów

² **Stanisław W. Majewski**, urodził się 1 listopada 1878 r. w Nowym Sączu. Ukończył wydziały: Górniczy i Hutniczy Akademii Górniczej w Leoben (Austria) oraz Wydział Filozoficzny Uniwersytetu Lwowskiego (1903). Pracował w galicyjskich kopalniach soli, a w 1910 r. założył Towarzystwo „Kali” we Lwowie, które prowadziło eksploatację soli potasowych. Do 1913 r. był jego dyrektorem. I wojnę światową rozpoczął w armii austriackiej, następnie służył w Wojsku Polskim. Po wojnie w latach 1919–1923 pełnił funkcję naczelnika wydziału solnego w Ministerstwie Przemysłu i Handlu. Do 1939 r. pracował w Wyższym Urzędzie Górniczym w Katowicach, jako naczelnik, a potem jako zastępca prezesa. W latach 1938–1939 oraz 1950–1951 wykładał historię górnictwa i metalurgii w Akademii Górniczej w Krakowie. Był również wykładowcą w Szkole Górniczej w Tarnowskich Górach, przeniesionej w 1933 r. do Katowic. Okres okupacji spędził w Krakowie, gdzie pracował w Monopolu Solnym i wykładał w szkole górniczej. Opracował wówczas memoriał dla konspiracyjnej organizacji polskich inżynierów górniczych w sprawie zorganizowania po wojnie „stanu górniczego”. Po wyzwoleniu zorganizował w Katowicach Państwową Szkołę Górniczą i do 1948 r. był jej dyrektorem. Do 1950 r. pełnił funkcję zastępcy kuratora państwowych pól górniczych, a potem do 1954 r. pracował w Głównym Instytucie Paliw Naturalnych. Pozostawił po sobie: *Historia górnictwa: skrót wykładów z zakresu Górnictwa I wygłoszonych na Akademii Górniczej* (Wyd. nakładem Sekcji Wydawniczej Stowarzyszenia Studentów Akademii Górniczej w Krakowie – 1939) i tłumaczenie *Agricoli: Jerzego Agricoli o starożytnych i nowych kopalniach ksiąg dwoje* (tyt. oryginału: *De veteribus et novis metallis*), Katowice 1931. Zaprojektował obowiązujący do dziś wzór godła górniczego. Zmarł 29 czerwca 1955 r. w Katowicach.

³ **Maria Wirska-Parachoniak** urodziła się 1928 r. Ukończyła studia na Uniwersytecie Jagiellońskim w 1953 r. W 1966 r. uzyskała stopień doktora na AGH, a następnie w 1980 r. — doktora habilitowanego oraz w 1991 r. — tytuł profesora. Kierownik Ośrodka Historii Techniki z Muzeum AGH w latach 1969–1999, w którym prowadziła dydaktykę z zakresu historii kultury materialnej, w szczególności historii ceramiki i szkła artystycznego. W Ośrodku pod jej kierunkiem opracowana została dokumentacja inwentaryzacyjna i fotograficzna licznych zabytków techniki z całej Polski, m.in. z rejonu katowickiego (1976–1984), opolskiego (1979–1982), rzeszowskiego (1985–1988), tarnowskiego (1988–1989), krakowskiego (1985–1997). Wydała *Wybrane zagadnienia z historii kultury materialnej* [235]. Zmarła w 2009 roku.

górnictwa (będę je cytował) oraz szkic historii wydobycia kruszców, głównie na ziemiach (dziś) polskich⁴.

Wspominam te osoby, by podkreślić, że problematyka historii zawodu górnictwa towarzyszy mej macierzystej Alma Mater od początku jej powstania. Z czasem, dla nadania pewnego formalnego kształtu, w latach 50. ubiegłego wieku utworzono Katedrę Historii Techniki i Nauk Technicznych, sytuując ją w strukturze Wydziału Maszyn Górniczych i Hutniczych. Jej działalność skupiała się na badaniach z zakresu podstaw historii techniki i nauk technicznych, inwentaryzacji zabytków górnictwa-hutniczych oraz na współpracy z muzeami o podobnym profilu działalności. Po kolejnych reorganizacjach katedra przekształciła się w Zakład Historii Techniki (przypisany do Instytutu Organizacji i Zarządzania Przemysłem), przy którym (1969 r.) powołano Muzeum AGH. Kontynuowano prace związane z inwentaryzacją zabytków, a także na niektórych wydziałach prowadzono wykłady lub zajęcia w ramach działalności studenckich kół naukowych z historii górnictwa, hutnictwa, ceramiki i szkła, historii kultury materialnej, historii organizacji i zarządzania, historii materiałów wiążących, procesów metalurgicznych, metali nieżelaznych. W 1980 r., po zmianie programów nauczania, zrezygnowano z zajęć z historii techniki. Zakład Historii Techniki odłączono od Instytutu Organizacji i Zarządzania Przemysłem w 1983 r., tworząc jednostkę samodzielną o nazwie Ośrodek Badań Historii Techniki wraz z Muzeum AGH, przekształconą w 2014 r. w Muzeum AGH.

Podkreśliwszy wyjątkowość mojej Uczelni w przeszłości w propagowaniu tematyki historii techniki, wracam do moich zainteresowań nią. Kiedy po śmierci prof. W. Żabickiego „odziedziczyłem” jego materiały (w tym fragmenty zapisków inż. W. Majewskiego), zorientowałem się, że jego wiedza była w istocie zgodna z odpowiedzią na zadane mu kiedyś pytanie: „Dlaczego tak pięknie wykładając dzieje górnictwa, nie spisie pan ich”? „Gdybym napisał, to pytaliby o źródła, a skąd ja im je wezmę? Jak mówię, to nie wiem, czy to do końca tak było naprawdę, czy też ja uważam, że tak było” – odpowiedział. Faktycznie pięknie opowiadał, ale czy w szczegółach zgodnie z faktami?⁵

⁴ Mikoś T.: *Górnictwo skarby przeszłości. Od kruszców do wyrobów i zabytkowej kopalni*. Wyd. AGH, Kraków 2008.

⁵ W 2009 r. mgr inż. Zbigniew Witek „pod firmą” Towarzystwa Przyjaciół Sztuk Pięknych wydał płytę z wywiadami na temat dziejów i rozwoju górnictwa, jakie przeprowadził z profesorem pod koniec jego życia.

Dla słuchaczy było to nieważne. I tak słuchali z wypiekami na twarzy.

Pojawił się dla mnie problem owych źródeł. Nie będąc historykiem, zacząłem ich szukać „na ślepo”. W bibliotece natknąłem się na prace (wymienie tylko polskich autorów): Jarosa, Jodłowskiego, Molendy, Piątek, Piernikarczyka, Zalewskiego, popularną pracę A. Bocheńskiego⁶. Naczytawszy się tych i wielu innych autorów, w 1984 r. przygotowałem skrypt *Zarys dziejów górnictwa* [189]. Okazał się praktycznie bezużyteczny, bo tamte lata w programach studiów technicznych nie widziały potrzeby wykładania zagadnień niezwiązanych z współczesną techniką czy z ideologią.

Kiedy z początkiem XXI wieku w programie studiów pojawiły się przedmioty humanizujące, wychodzące poza zakres ekonomii i filozofii, podjąłem wyzwanie, proponując przedmiot „od górnictwa do geotechniki – szkice z dziejów”. Przygotowując go, posłużyłem się znacznie obszerniejszymi, zidentyfikowanymi (choć z pewnością bardzo wycinkowymi) źródłami, licznymi albumami (niekiedy merytorycznie bardzo ułomnymi), obszerną literaturą popularnonaukową i – oczywiście – internetem.

Po 47 latach pracy w AGH, w 2017 r. przeszedłem na emeryturę, odbyłem ostatni wykład i pomyślałem: „Czy zgromadzona przeze mnie wiedza, choć z pewnością nieprofesjonalna (w sensie historyka techniki), musi zostać tylko przy mnie. Czy znajdą się nią zainteresowani?” I tak podjąłem decyzję o przygotowaniu tej pracy. Pracy z pewnością niespełniającej dla historyka techniki wymogów metodologicznych, a pewnie i innych. Ale w mojej intencji ma ona być przede wszystkim opowieścią, pisaną z pozycji zauroczonego tematyką dydaktyka, opowiadającego o technice górniczej, studiującego od lat jej dzieje, pisaną dla tych, którzy z różnych powodów są również tematem zauroczenia, a także dla tych górników, którzy przyjdą (to nadzieja).

Dlaczego „najstarszy zawód świata”? Używałem podczas wykładów wielokrotnie tego określenia i często było niezrozumiałe. Zatem od początku. Zdefiniujmy najprościej, czym jest górnictwo. Jest działalnością człowieka zaspokajającą jego zapotrzebowanie na surowce mineralne. Więc może trochę „z przymrużeniem oka” – kiedy praczłowiek (a niektóre źródła odwołują się do czasów sprzed milionów lat) świadomie sięgnął po kawałek skały, aby użyć go

⁶ Będę je przywoływał i cytował w dalszej części.

jako narzędzia (np. do obrony przed dzikim zwierzem czy rozmiękczenia pożywienia), wykonał czynność górniczą, ZOSTAŁ GÓRNIKIEM! Czy jest starszy zawód? Ileż lat później pojawiło się rolnictwo!

Dlaczego „...dziejów techniki i technologii górniczej”, a nie górnictwa? Dlatego, że dziejów górnictwa (poza wczesnym okresem kamienia) nie można opisać jako „górnictwa powszechnego”. Musi się je pisać w nawiązaniu do regionu, ludów go zamieszkujących, ich poziomu kultury. Taką próbę dla basenu Morza Śródziemnego, Europy Centralnej, terytorium byłego ZSRR i częściowo Ameryki Północnej podjął G. Gajko i W. Bileckij [24], dla Słowacji temat opracował liczny zespół [212]. W Polsce istnieje szereg opracowań dla poszczególnych regionów, wymieniam ich autorów. Nie sposób jednak przedstawić historii górnictwa w sposób kompleksowy, ogólnosiątkowy. Jest to natomiast możliwe w stosunku do historii techniki górniczej, która rozwija się wprawdzie w różnych częściach świata i z dużymi zakładkami czasowymi, ale której rozwój odbywa się w bardzo logiczny sposób, często niezależny. I nawet jeśli epoka późniejsza (początki podziemnej eksploatacji węgla) powraca do rozwiązań sprzed tysięcy lat (wydobywanie krzemieni), to z technicznego punktu widzenia też ma to swoje uzasadnienie. Nie jestem pierwszy na tej drodze. Pierwszą znaną mi pracą jest podręcznik A. Zworykina z lat 30. XX wieku [237], drugą praca Piotra Strzałkowskiego z Politechniki Śląskiej z początku XXI wieku [226]. Ta druga obejmuje tylko górnictwo podziemne, głównie węglowe. Wreszcie nieoceniona praca S. Gierlotki [27], dotycząca mechanizacji i elektryfikacji kopalń węgla, to także tylko fragment dziejów techniki. Stąd moja decyzja.

Podjmując temat, stanąłem przed problemem wyboru przede wszystkim miejsc, z których będę ilustrować opisywany stan techniki górniczej, w przedmiotowym okresie. Rozwój górnictwa w początkowym okresie (epoka kamienna) przebiegał bowiem w różnych kulturach, jakie istniały w danym czasie i miejscu na zasiedlonym przez człowieka terytorium. Na szczęście przebiegał w sposób bardzo podobny. Myślę, że nie popełnię błędu, stwierdzając, że i później możemy mówić o podobnej prawidłowości. Nawet jeśli odkrycie metalu i podjęcie jego wydobycia w Azji Mniejszej od tegoż samego nad Wisłą dzielą setki lat, to techniki wydobywcze i tu, i tam były zbliżone. Ich opis może więc mieć charakter ogólny. W późniejszym okresie, kiedy wędrówki górników stały się powszechniejsze (np. z Siedmiogrodu do Wieliczki – będę je omawiał), ci przenosili ze sobą zdobyczne techniki (rozpowszechniali je). Zatem i w takich przypadkach można

mówić o tożsamości technik wydobycia na określonym etapie ich rozwoju, tym bardziej że od średniowiecza można mówić o dominacji techniki górniczej w Europie. Powyższe pozwoliło mi przyjąć tok prezentacji techniki górniczej, zgodny z tokiem jej rozwoju, a nie konkretnym miejscem. Ilustracje i określone rozwiązania techniczne czerpałem albo z rejonów, dla których moim zdaniem są najlepiej udokumentowane, albo z tych, dla których dokumentacja jest najlepiej znana autorowi. Uzasadnia to fakt, że ryciny prezentujące konkretne rozwiązania dotyczyć będą różnych zagłębi i rejonów. Okres średniowiecza będę prezentował przede wszystkim, opierając się na epokowym podręczniku górnictwa autorstwa Agricoli⁷. Od średniowiecza coraz częściej będę się ograniczał do przykładów z rozwoju górnictwa obecnych ziem polskich, uważając, że jest ono reprezentatywne. Podstawowym źródłem dla XIX wieku będzie podręcznik Kondratowicza [160], w którym jest kompendium wiedzy kilku nieco wcześniejszych dzieł (co uzasadnię). Historia techniki górniczej wieków XX i XXI będzie mieć znaczące źródła w materiałach internetowych.

Przygotowanie tej pracy ma miejsce w czasie, kiedy górnictwo w Europie jest w odwrocie, kiedy wiodące przez kilka wieków górnictwo węgla kamiennego, również w Polsce, o 70% zmniejszyło wydobycie w stosunku do szczytowego okresu końca lat 70. ubiegłego wieku. Setki, a może i tysiące górników nie rozumieją, dlaczego społeczeństwa odwracają się od węgla, taniego, kopalnego nośnika energii. Upada etos zawodu, przez tysiąclecia stanowiącego wyznacznik postępu. Likwidowane są studia górnicze. Górnictwo obwinia się o dewastację środowiska. Padają argumenty prawdziwe („górnictwo polega na niszczeniu” mawiał jeden z wielkich polskich górników – prof. B. Krupiński⁸, mając na myśli procesy niszczenia – urabiania – skał) i fałszywe. Zapomina się o słowach wspomnianego tu A. Bocheńskiego: „górnictwo zawsze było motorem postępu...” [7]. Bo faktycznie trudno sobie wyobrazić dzisiejszy poziom techniki, ba, kultury technicznej i poziomu rozwoju cywilizacyjnego człowieka, bez górnictwa. Śmiem

⁷ Agricola: *De re metallica. Libri XII*. Pomysł i redakcja Stanisław Firszt, tłumaczenie z czeskiego Karina Kurkova. Jelenia Góra 2000.

⁸ Profesor AGH, twórca nowoczesnych zasad projektowania w górnictwie, pomysłodawca i wieloletni przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Światowych Kongresów Górniczych, współtwórca Komisji Węglowej ONZ. Z jego życiorysem można zapoznać się w pracy [150].

twierdzić, że tylko rolnictwo może stawiać swoje zasługi dla rozwoju cywilizacji człowieka na równi z górnictwem. Choć pamiętajmy, górnictwo jest starsze!

Myślę jednak, że kiedy opadną emocje, przyjdzie czas na spokojną analizę roli górnictwa w dziejach człowieka i wtedy być może kogoś zaciekawia moja praca. Może ktoś zechce prześledzić jego rozwój, rozwój technik, które wypracowało i stosowało, ich wpływ na inne zawody. I dla zainteresowanych tak ujętym tematem jest ta praca. Może zainteresuję też przyszłych górników (którym szczególnie ją dedykuję), bo jak mówił fizyk niemiecki Carl Friedrich von Weizsäcker: „Wszelki postęp jest posuwaniem się naprzód na podstawie tradycji, wszelka tradycja to zachowany postęp przeszłości”.

Składam podziękowania tym wszystkim, w szczególności specjalistom w zagadnieniach, o których mam pojęcie ogólne, którzy byli tacy uprzejmi i odpowiedzieli na me prośby o informacje, konsultacje, a zwłaszcza korektę tekstu. I szczególne podziękowania Jego Magnificencji Rektorowi Akademii Górniczo-Hutniczej za decyzję o wydaniu tej pracy przez Wydawnictwa AGH i wszelkie działania ze strony Szkoły, które temu służyły. Miało to miejsce w roku, w którym AGH obchodzi 100-lecie rozpoczęcia działalności.

Kroki rozwoju techniki i technologii górniczej

Gdzieś 3,3 miliona lat temu...

...któryś z naszych dalekich praprzodków (jeszcze nie ludzi, lecz hominidów), na terenie dzisiejszej Kenii, na zachód od jeziora Turkana obrobił łupek, nadając mu kształt pranaszradzia [59] (rys. 1).

Wedle dzisiejszej wiedzy pierwsi przedstawiciele rodzaju *Homo* pojawili się dopiero 2,8 miliona lat temu. I to ich dziełem są uważane za najstarsze narzędzia człowieka, zaostżone otoczaki sprzed 2,6 mln lat, należące do kultury olduwajskiej, znalezione na stanowisku w Gona w Etiopii (rys. 2). Ich twórcami byli prawdopodobnie przedstawiciele gatunku *Homo habilis* – człowieka zręcznego (rys. 3).

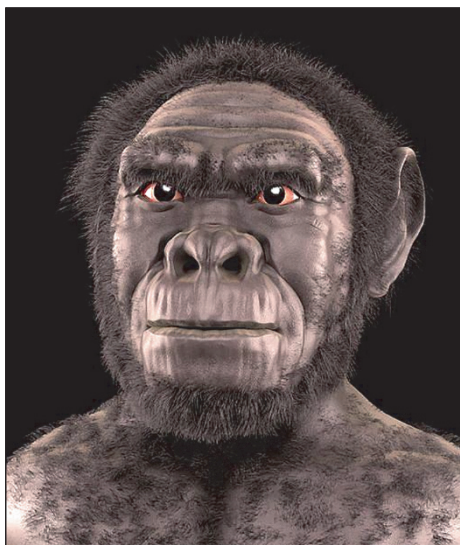
Którego z twórców owych narzędzi należy uznać za pierwszego górnika i twórcę „najstarszego zawodu świata”? Tak, górnika, bo był to osobnik (człokształtny, czy już *Homo*?), który pozyskał surowiec mineralny. To właśnie on wykonał tę górnictwą czynność.



Rys. 1. Jeden z łupków ostrokrawędzistych – „produkcja” 3,3 mln lat temu [59]



Rys. 2. Ostrokrawędzisty pięściak – „produkcja” 2,6 mln lat temu [68]



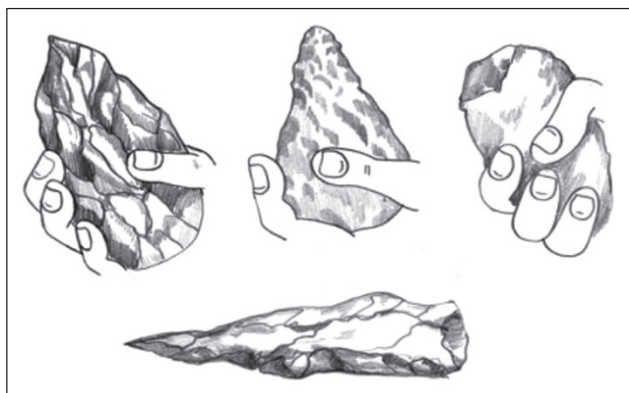
Rys. 3. *Homo habilis* –
czy pierwszy górnik? [59]

Nie powinno to wzbudzać wątpliwości. To nic, że jeszcze bez charakterystycznych elementów ubioru górniczego, hełmu, lampki, bez narzędzi. Za te ostatnie wystarczyły mu własne dłonie, choć może grzebiąc w gruncie, pomógł sobie patykiem.

Wytworzone (jeszcze niewyprodukowane, bo to pojęcie pojawi się z chwilą, kiedy „producent” oprócz potrzeb własnych zaspokajał będzie cudze) narzędzie zaliczamy do tak zwanych pięściaków (rys. 4), poręcznych w uchwycie dłonią. Powstawały w rezultacie odbijania z zasadniczej bryły krzemienia drobnych odpadków (rys. 5), aż uzyskano ostrą kra-

wędź tnącą. Miały owalny kształt. Były narzędziami wielofunkcyjnymi. Używano ich do ćwiartowania zwierząt, odejmowania od kości mięsa, rozbijania kości celem wydobywania szpiku. Zapewne także w polowaniu. Narzędzia te znajdowane są na całym terytorium opanowanym przez naszych praprzodków.

A kiedy górnik pojawił się w Europie Środkowej, na ziemiach polskich? Specjaliści od prehistorii tych ziem twierdzą, że mógł nim być *Homo erectus*, którego ślady sprzed 800 tys. lat odkryto w okolicach Trzebnicy i Strzegomia [111].



Rys. 4. Kamienne pięściaki [106]



Rys. 5. Odłupek [106]

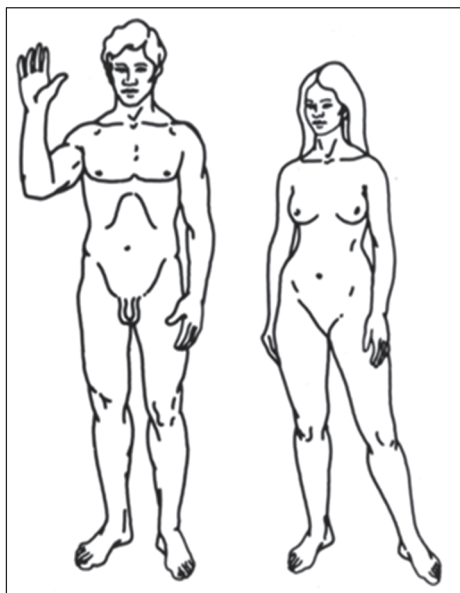
Tam natrafiono na pierwsze odłupki⁹. Inne źródła, choć kwestionowane, wskazują również na okolice Cieszyna (Kończyce Wielkie) [46]. Odnalezione pięściaki są znacznie młodsze i pochodzą przypuszczalnie sprzed ok. 500 tys. lat. Być może kilkakrotne przejścia lodowca w późniejszym okresie te najstarsze narzędzia znacznie uszczupliły i częściowo zniszczyły. Sprzed ok. 220 tys. lat pochodzi kilkadziesiąt narzędzi kamiennych znalezionych w Raciborzu-Studziennej, na Górnym Śląsku.

Podobne wyroby znaleziono w dzielnicy Krakowa Krowodrzy. Ze Śląska pochodzą też pięściaki kultury aszelskiej sprzed 200–180 tys. lat [36].

Znaleziska młodsze wiążą się z takimi miejscowościami, jak: Kraków (110–60 tys. lat BC), Ojców (85 tys. lat BC), okolice Ojcowa i Radomia (70 tys. lat BC), Kielce (60 tys. lat BC), Głubczyce (36 tys. lat BC). Są to ślady pobytu grup *Homo neanderthalensis*, reprezentujących różne kultury. Można przyjąć, że neandertalczycy rozstali się z ziemiami nadwiślańskimi gdzieś 50 tys. lat temu, co było spowodowane okresem pokrycia tych ziem przez lodowiec.

Pod względem techniki pozyskiwania surowca i jego obróbki w tamtym okresie, pomimo upływu dziesiątków tysięcy lat, nie obserwujemy wyraźnego postępu.

⁹ Odłupek – fragment surowiaka oddzielony na skutek intencjonalnego uderzenia. Powstaje przez uderzenie tłuczkiem w odpowiednio dobraną płaszczyznę surowiaka, zwaną piętą lub podstawą uderzeń. W momencie oddzielenia odłupka na surowiaku pojawia się jego negatyw (powierzchnia negatywowa). Surowiak stawał się odtąd rdzeniem.

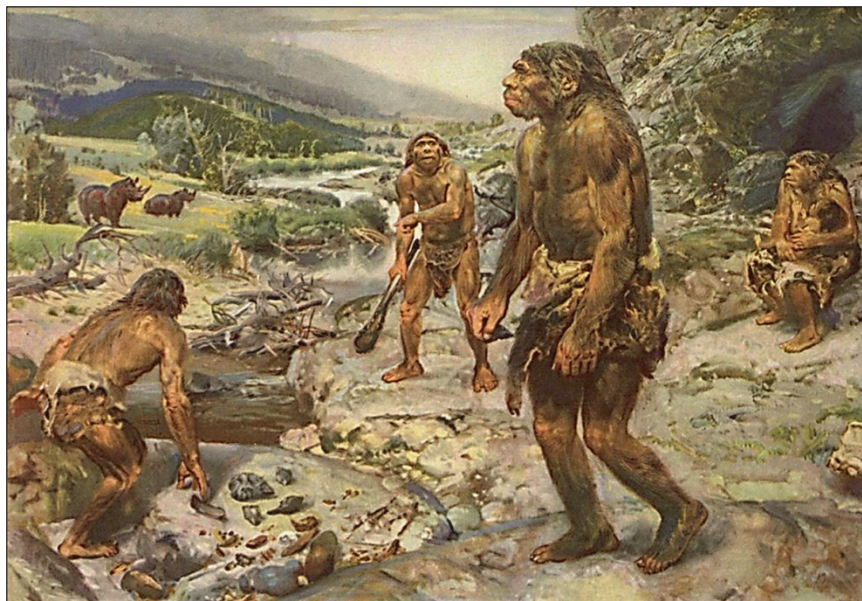


Rys. 6. *Homo sapiens sapiens* –
górnicy bez paradnych mundurów [64]

Kiedy, po cofnięciu się lodowca jakieś 40 tys. lat temu nad Wisłą pojawił się *Homo sapiens sapiens* (rys. 6) i tutaj się osiedlił (rys. 7), podobnie jak we wszystkich rejonach, w których się pojawił, nadal jego podstawowym surowcem mineralnym był kamień, w Europie Środkowej – krzemień.

Wytworzone narzędzia to pięściaki, z czasem z doskonalonym kształtem.

Przez tysiąclecia górnik jednak zbierał doświadczenia. Nieświadom procesów wietrzenia skał, jakie na powierzchni Ziemi mają charakter znacznie intensywniejszy niż na pewnej głębokości, odkrył, że z surowca pozyskanego spod warstwy nadkładu uzyskuje się narzędzia znacznie trwalsze i odporniejsze.



Rys. 7. *Homo sapiens* w obozie

Być może odkrycia tego dokonał, kiedy zamiast podnieść surowiec z powierzchni, wygrzebał go ze ściany wąwozu, który po solidnej ulewie wypłukała woda, albo też z wykrotu pod przewróconym drzewem. W ten sposób, od zwierzęcych krzemieni z utworów czwartorzędowych docierał do utworów starszych znajdujących się w trzeciorzędzie czy wreszcie rodzimych, występujących w postaci konkrecji w warstwach wapiennych. Szukając surowca lepszego...

...pragórnik staje się odkrywkarzem.

Najstarsze stanowiska naszych przodków na ziemiach pomiędzy Wisłą a Odrą znaleziono około Głubczyc oraz w jurajskim obszarze pomiędzy Krakowem a Olkuszem, stanowiącym podkrakowski region osadniczy. Pobyt praprzodków reprezentujących różne kultury przerywany był ostatnimi dwoma zlodowaceniami. Dopiero z chwilą ustąpienia ostatniego glacjału (ok. 12 tys. lat temu) osadnictwo mogło odbywać się bez klimatycznych przeszkód. I to właśnie w tym okresie dokonuje się w obróbce surowca istotny postęp. Do odłupywania dochodzi gładzenie. Nim jednak naszkicuję technikę przetwórstwa surowca, skoncentruję się na technikach jego wydobycia, opierając się głównie na pracach prof. Jacka Lecha [175, 176].

Analizując klasyfikację „technik wydobycia” zaproponowaną przez niego¹⁰, upraszczając ją nieco i opisując współczesnym językiem bardziej górnika niż archeologa, można przedstawić je w kolejności pojawiania się.

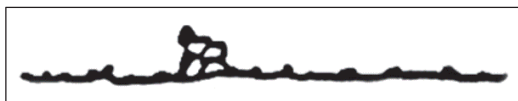
Wszystko zaczęło się (powtórzmy i cofnijmy się dla zachowania kolejności) od **sposobu naturalnego**¹¹, czyli zbieractwa (rys. 8). Siłą rzeczy o śladach tej działalności możemy mówić, obserwując raczej powstałe w jej wyniku pranarzędzia.

Następne etapy pozyskiwania surowca zostały już bezsprzecznie zaliczone do **sposobów kopalnianych** – dla mnie lepiej brzmi: górniczych. Pierwszym z nich jest **grzebanie miejscowe** (górnik chciałby powiedzieć: wydobywanie

¹⁰ Opracowaną poprzez adaptację i rozwinięcie wcześniejszej typologii autorstwa W. Jahna i E. Schmida.

¹¹ Pogrubieniem wyróżniono nazwy własne, technologie, wyrażenia występujące w nazewnictwie górniczym, a użyte po raz pierwszy.

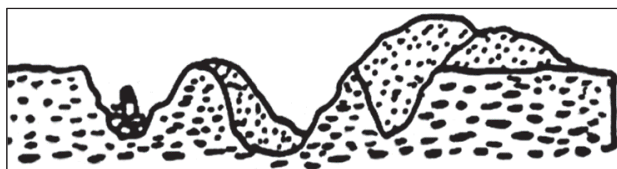
z warstwy gruntu – rys. 9). Archeolodzy jako przykład podają wieś Grodek (Ukraina, obok Równego). Sposób ten udostępniał surowiec do głębokości 30 cm, na powierzchni o średnicy do 1,8 m. Materiał z nadkładu usypywany był obok (pierwsze zwałowisko!), a wysokość przymy nie przekraczała 0,6 m.



Rys. 8. Zbieractwo – czy to już górnictwo? [25]

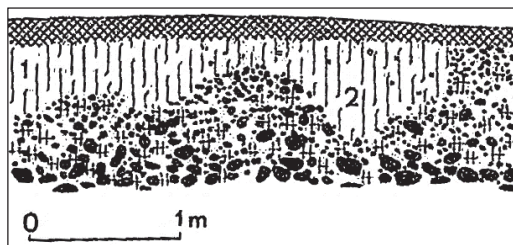


Rys. 9. Pierwsza odkrywka ze zwałowiskiem [25]



Rys. 10. Wyraźny wkop [25]

Naturalną kolejną jest, że neolityczny górnik zaczyna schodzić coraz głębiej (rys. 10). Jego wyrobisko odkrywkowe ma już spąg na głębokości od kilkadziesiąt centymetrów do 1,5 m. Takie wyrobisko zostało zakwalifikowane do **powierzchniowo-jamowych**. Powierzchnia przekroju jamy na poziomie terenu wynosi do 2 m². Jej przekrój zmniejsza się z głębokością, co jest dla nas zrozumiałe z uwagi na stateczność skarpy.



Rys. 11. Obiekty eksploatacyjne (1 i 2) kopalni krzemienia Bębło [175]

Jako przykład zastosowania tej techniki podawane jest podkrakowskiego Bębło (rys. 11).

W trakcie prac neolityczny górnik poznaje właściwości gruntu i skał, umie je rozróżniać, poznaje również podstawowe zjawiska z zakresu stateczności skarp. To pozwala mu kształtować zbocza jamy tak, że może bez powodowania zasypywania jej dna (przodka) po nich wychodzić na powierzchnię terenu. W jamie mógł pracować jeden górnik, gdyż niewielka droga transportu urobku pozwalała tylko na to. Skałę płonną wysypywano obok wyrobiska lub do jamy, która przestała pełnić funkcję przodka (rys. 12).



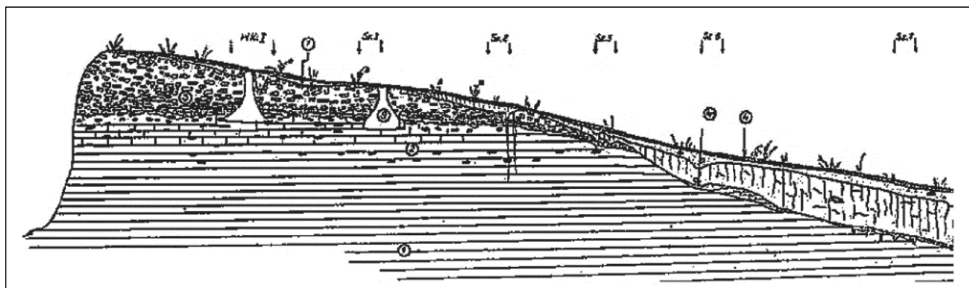
Rys. 12. Tak eksploatowano sposobem jamowym [238]

Wybieranie sposobem jamowym przynosiło wiele nowych informacji i potwierdzało już zdobyte, wśród nich również tę, że surowiec wydobyty spod pewnej warstwy nadkładu ma lepsze parametry wytrzymałościowe. Obrabiając go, zauważono, że trudniej (od tego wygrzebanego) się kruszy, że wykonane z niego narzędzie jest twardsze. Spostrzeżenie to podbudowały obserwacje po wystąpieniu zjawisk, które w sposób naturalny odsłaniały surowiec znajdujący się głębiej. Należały do nich obfite ulewry, które wymywały nieraz dość głębokie wąwozy i powodowały osuwiska, oraz skutki wichur powodujące powstanie głębokich wykrotów. W nich, jak wspominałem, znajdowano skały nieuległe procesom wietrzenia (choć przecież tego procesu tamtejsi górnicy nie byli świadomi).

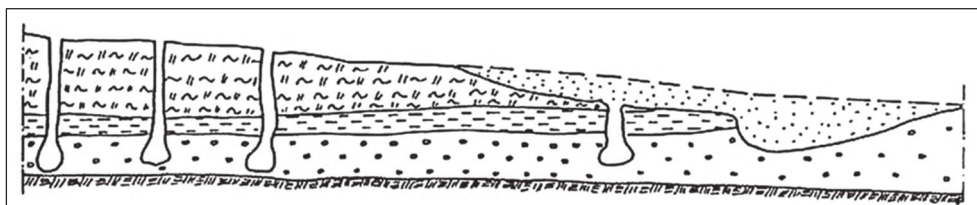
Nic więc dziwnego, że informacja ta zwróciła uwagę neolitycznego górnika na celowość poszukiwania złóż głębiej. Neolityczny kopacz z odkrywkowego przekształcał się w...

...górnika podziemnego.

Nie bez znaczenia były też pierwsze odkrycia geologiczne regularności w zaleganiu warstwy (krzemienionośnej) złoża. Widać to doskonale na przykładzie kopalni w Polanach – spójrzmy na rysunek 13, analizując go od prawej do lewej strony. Krzemienionośna warstwa wapienia miała swoją wychodnię, z której pozyskiwano krzemień ujawniony w procesach erozji. Kiedy okazało się, że dotarto do warstwy niezwiérzającej i stwierdzono, że „znika” ona we wnętrzu wzniesienia, zaczęto jej poszukiwać wyrobiskami podziemnymi (lewa część). Podobny proces można zaobserwować na przykładzie złoża w Spienie (dzisiejsza Belgia – rys. 14).



Rys. 13. Przechodzimy z odkrywki pod ziemię. Kopalnie krzemienia Polany [176]

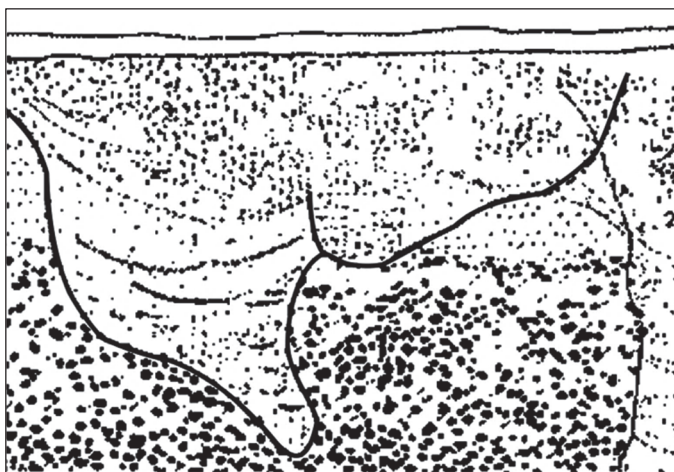


Rys. 14. Kopalnia krzemienia Spiena, Belgia [237]

Zejsście z eksploatacją na większe głębokości możliwe było dzięki dwóm odkryciom. Owa „większa głębokość” to taka, przy której wyjście pracującego górnika z przodka wymaga zastosowania pewnych rozwiązań. Tak zamiast jamy pojawia się szyb. Ale najpierw o owych rozwiązaniach.

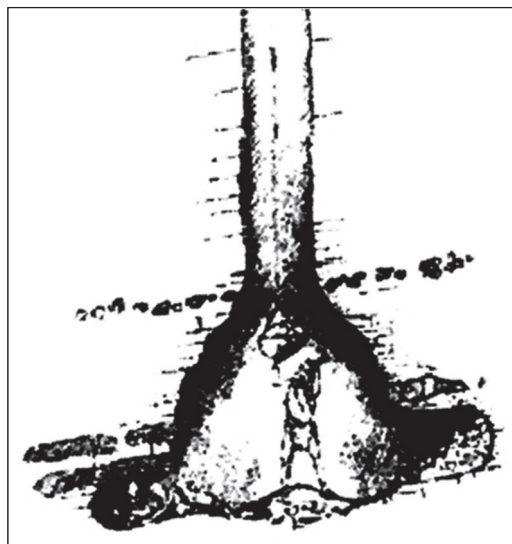
Pierwsze polegało na tym, że wyrobisko docierające do złoża było pionowe tylko na części obwodu. Jedna ze ścian nadal kształtowana była jako nachylona, analogicznie jak w jamie. Służyła do komunikacji, w niektórych przypadkach wycinano w niej stopnie. Drugie rozwiązanie to skonstruowanie „pradrabiny” umożliwiającej komunikację w wyrobisku pionowym. Archeolodzy obie odmiany szybów nazywają **otwartymi**. Pierwszą, mającą pewne cechy jamy, nazywają szybami **szerokimi**, drugie **wąskimi** [175].

Przykłady wyrobiska szerokiego znajdujemy w Sąsławie (rys. 15). Widoczny na przekroju szyb nr 1 z lewej strony ma ścianę prawie pionową. Ścianą prawa jest skarpa służąca do komunikacji. Głębokość takich szybów nie przekraczała 3–5 m. Szerokość na powierzchni dochodziła do 8 m. Objętość wydobytego materiału mogła przekraczać kilkanaście metrów sześciennych.



Rys. 15. Kopalnia krzemienia Sąsław [176]

Szyby wąskie (rys. 16) miały wymiary przy powierzchni znacznie mniejsze (1–4 m) i głębokość do 4–5 m. W niektórych z nich można zaobserwować zaczątki wyrobisk podziemnych (poszerzenie przy spągu). Sporadycznie sąsiadujące szyby łączą takie wyrobiska.



Rys. 16. Szyb otwarty wąski [25]



Rys. 17. Tak rodziła się drabina [237]

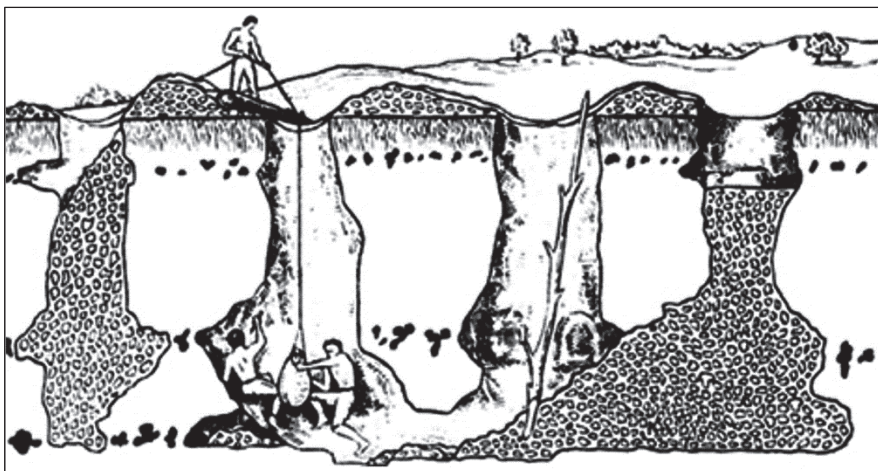
Szyby wąskie, jak wspomniano, wymagały rozwiązania problemu komunikacji pionowej. Doświadczenia zebrane podczas wychodzenia na drzewa wskazały rozwiązanie. Pradrabiną stał się pień drzewa z częściowo usuniętymi gałęziami (rys. 17).

W szybach tych pojawia się również nowy sposób transportu urobku na powierzchnię – ciągnięcie. Lina z łyka, z czasem z konopi, ciągnięta była przez górnika stojącego obok szybu (stąd proces transportu urobku w szybie został nazwany **ciągnieniem**), przesuwając się po belce ułożonej nad rurą szybową.

Szyby otwarte są techniką wydobycia stosowaną najczęściej w społecznościach wczesnorolniczych.

Ku modelowi kopalni podziemnej z rozwiniętą siecią wyrobisk podziemnych

Już w poprzedniej technice wydobywania szybami otwartymi wąskimi zauważamy przypadki, w których w dnie szybu ma miejsce poszerzanie jego wymiarów. Owe poszerzenia archeolodzy nazywają **niszami**. Im dalej od obrysu szybu, tym bardziej nisze zmniejszają swoje wymiary (rys. 18).

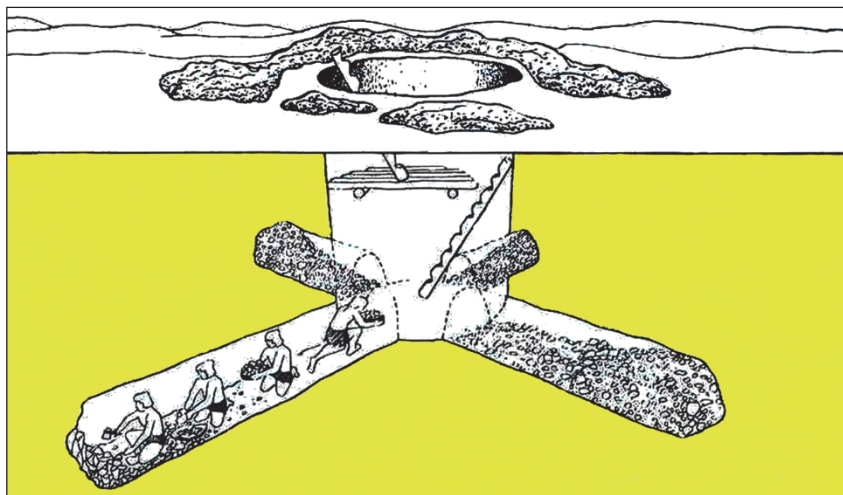


Rys. 18. Nisza w dnie szybu [25]

Od niszy do wyrobiska korytarzowego (chodnika), nazywanego przez archeologów galeriami [176], jeden krok. Owe chodniki idące za złożem były drążone w minimalnych wymiarach (rys. 19). Natrafiając na złożę, górnik powiększa ich wymiary. Tak rodzi się klasyczne (współcześnie) wyrobisko eksploatacyjne – **komora**.

Wymiary chodników (galerii) w skale płonnej na ogół nie przekraczały minimalnych, w których górnik mógł pracować w pozycji leżącej (np. 0,6 m × 0,6 m). Wymiary komór sięgały kilku metrów długości i tyle samo wysokości. Ograniczeniem wymiarów komór były obawy o utrzymanie ich **stateczności** (czyli ich

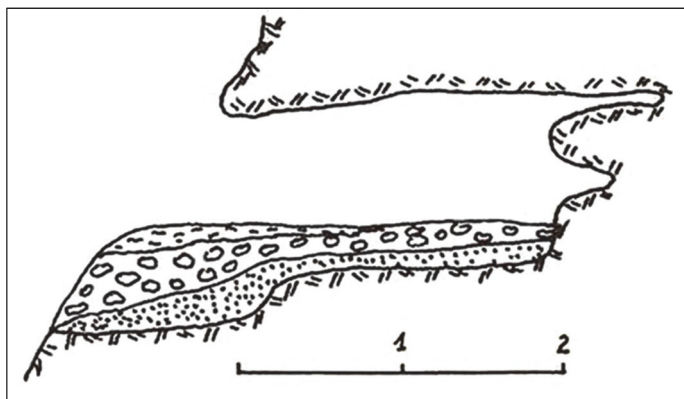
trwania w czasie, niedopuszczenia do zawalenia się skał stropowych). A pamiętajmy, że w kopalniach w tamtych czasach jeszcze nie stosowano obudowy. Pojawi się ona dopiero wtedy, kiedy do ścinania i obcinania drewna zacznie się używać siekiery metalowej, a nie kamiennej. Bowiern, jak wykazały badania, przecięcie pnia sosny o średnicy 40 cm siekierą krzemienną trwa prawie godzinę.



Rys. 19. Szyb z galeriami [25]

Kiedy na przeszkodzie powiększania długości wyrobisk staje problem zawartości w powietrzu tlenu, pojawia się inny problem: przewietrzania (wymiany powietrza zużytego przez oddychającego górnika na świeże – bogate w tlen). Wyrobiska „ślepe” nie mogą przekraczać kilkunastu metrów, bo tylko wtedy dyfuzja jest w stanie transportować cząstki gazu, doprowadzając do ich wymiany. I znowu (prawdopodobnie) decyduje przypadek. Kiedy górnik łączy dwa sąsiadujące szyby, pojawia się **depresja naturalna** (będąca naturalnym źródłem energii występującej w kopalni wskutek zmian temperatury powietrza kopalnianego i jego ciśnienia oraz dołączenia się pary wodnej) i przepływające przez wyrobiska powietrze samoczynnie się odświeża. Oczywiście aby wyciągnąć z tego wnioski, musiał upłynąć czas. Ale kiedy to nastąpiło, celowe łączenie dwóch szybów zaczęło być regułą. Nawet wtedy, kiedy zaleganie złoża tego nie uzasadniało. Pojawiły się specjalne wyrobiska wentylacyjne (służące tylko przepływowi powietrza), zwane świetlikami, niekiedy o wymiarach 0,4 m × 0,4 m.

Nim rozwinie my temat szybów z wyrobiskami korytarzowymi i komorowymi, podając jeden z najciekawszych przykładów z terenów ziem polskich, dla porządku wymienimy, że zgodnie z cytowaną klasyfikacją [176] do wyróżnionych technik wydobywania zaliczamy jeszcze **eksploatację sztolniową**. Pewnym przykładem takiej techniki może być „sztolnia” z terenu Niemiec (rys. 20). Na wychodniach wydobywano w niej kwarcyt¹². Przykładów takiej eksploatacji nie znaleziono na terenie Europy Środkowej.



Rys. 20. Sztolnia – Treis nad Lumdą – dzielnica Staufenberg, Niemcy [237]

Rzeka Kamienna i jej związku z górnictwem

Przerwiemy na chwilę podróż po dziejach techniki górniczej, ale pozostaniemy przy górnictwie okresu paleolitu oraz epoki wczesnorolniczej.

Na południe od Radomia płynie dopływ Wisły, rzeka Kamienna (rys. 21). Tutaj znajduje się [238] stanowisko neandertalczyka, tutaj są dwa rejony górnicze: Rydno i Krzemionki Opatowskie.

¹² Pisząc o górnictwie epoki kamiennej, korzystam z przykładów eksploatacji krzemieni. Oprócz nich i wspomnianego kwarcytu wydobywano również: obsydian, limnokwarcyty, radiolaryty, rogowce, jaspisy i porcelanity.



Rys. 21. Rejon „świtu górnictwa” na ziemiach polskich

Rydno [61] to rozciągający się na długości ok. 10 km fragment doliny rzeki Kamiennej, gdzie archeologowie znaleźli liczne ślady pobytu ludzi z epoki kamienia (głównie schyłkowego paleolitu i mezolitu). Nazwę „Rydno”, od słów: rudy, ryć, rydel, zaproponował jeden z najwybitniejszych badaczy i znawców paleolitu – profesor Stefan Krukowski. Znajdowały się tu kopalnie (sposób jamowy) hematytu – rudy darniowej zalegającej płytko przy powierzchni. Mieszkańcy przetwarzali go do postaci proszku lub maści pełniącej rolę barwnika koloru czerwonego, symbolizującego życie, zdrowie i siłę. Wytwarzali go nie tylko na własne potrzeby, ale również dla innych chętnych, którzy po produkt przybywali niejednokrotnie z bardzo daleka. Służył do posypywania zwłok, co było powszechnym zwyczajem w neolicie, od Bretanii po stepy czarnomorskie. Ochra, bo tak go określano, zwana „krwica”, była symbolem krwi, a więc życia.

Oprócz wytwarzania barwnika hematytowego mieszkający tu nasi przodkowie trudnili się również wysoko wyspecjalizowaną produkcją półsurowca krzemienno-krzemionkowego z krzemienia czekoladowego, którego złoża znajdują się w odległości ok. 15 km od Rydna. W 1922 roku geolog – profesor Jan Samsonowicz – kilka kilometrów na północny wschód od Ostrowca Świętokrzyskiego, przy drodze



Rys. 22. Krzemień pasiasty
i wykonana z niego (współcześnie) siekiera [43]

go na skalę przemysłową wyrabiano na miejscu siekiery. Szacuje się, że w Krzemionkach Opatowskich wytworzono kilkadziesiąt milionów sztuk kamiennych narzędzi [238].

Zagłębie eksploatowane były w latach 3900–1600 BC. Zlokalizowano tu przeszło 2700 szybów połączonych siecią rozchodzących się promieniście chodników. Przeciętna głębokość szybu wynosi 5–6 m, maksymalna 9 m. Maksymalna średnica 4–5 m. Szerokość chodników dochodzi do 0,7 m, a ich wysokość waha się w granicach 0,6–1,2 m (rys. 23).

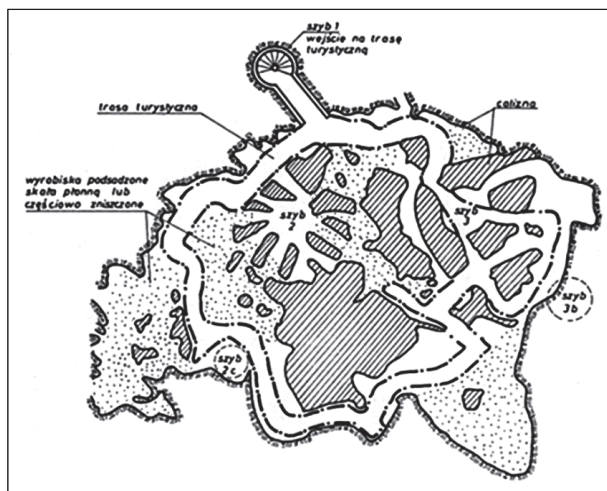
W chodnikach odnaleziono pozostałości filarów celem podparcia (zabezpieczenia) stropu. W drażnieniu podziemnych wyrobisk pomocne było zjawisko poziomego uwarstwienia skał. Urabianie polegało na wbijaniu klinów w szczeliny skalne. W ten sposób urobek miał kształt płyt. Skała płonna uzyskana z prowadzonych robót transportowana była do nieczynnych wyrobisk lub – jeśli się nie mieściła – na powierzchnię, gdzie usypywano z niej hałdę, ewentualnie likwidowano nieczynny szyb.

do Bałtowa, odkrył neolityczne kopalnie krzemienia [45]. Było to niezwykle znalezisko: na obszarze długości kilku kilometrów zlokalizowano ponad 4 tys. wyrobisk – od bardzo prostych szybów jamowych i niszowych poskomplikowane podziemne obiekty komorowe. Dla nas najbardziej interesujące są wyrobiska podziemne. Wydobywano tu szary krzemień pasiasty (rys. 22), z którego



Rys. 23. Tak pracowano w szybie [238]

Urobek zbierano do kosza lub skóry i wynoszono lub wyciągano linami uplecionymi z łyka. Chodniki z dna szybu prowadzono wielokierunkowo nawet na długość ponad 20 m. Obszar górniczy (czyli obszar wokół szybu, w którym lokalizowano wyrobiska prowadzące z niego) wynosił kilkaset metrów kwadratowych (rys. 24).



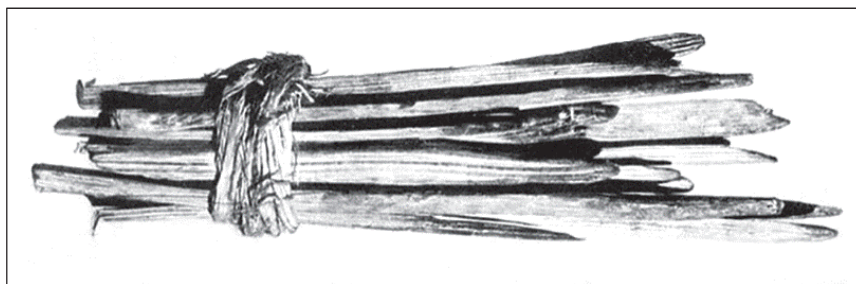
Rys. 24. Plan wyrobisk w rejonie szybów 1-3 [238]



Rys. 25. Współczesny widok chodnika neolitycznego
(fot. A. Jedynak wg www.krzemienie.pl)

Wysokość wyrobisk korytarzowych to kilkadziesiąt centymetrów, a komór 1,2 m (rys. 25). Uzasadnia to budowa geologiczna, gdyż warstwa krzemienionośna w wapieniach ma grubość ok. 1 m. Prace w przodkach wykonywano w pozycji siedzącej lub półleżącej.

Do oświetlenia korytarzy i stanowisk pracy stosowano niewielkie łuczywa ze smolnego drzewa, które pozwalało uzyskiwać wystarczającą ilość światła przy niewielkiej ilości dymu (rys. 26). Stosowano również lampki wykonane z wapienia (rys. 27) lub z gliny (rys. 28).



Rys. 26. Łuczywo



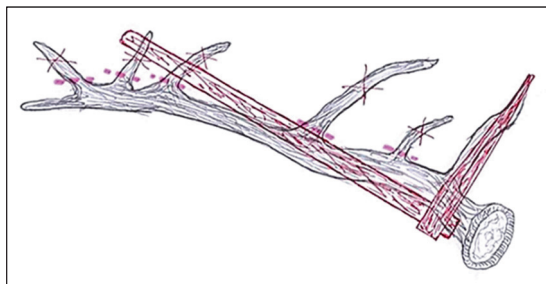
Rys. 27. Lampka – pojemnik na tłuszcz wydrążony w wapieniu



Rys. 28. Lampka wykonana z gliny

Dla zapewnienia wentylacji łączono dwa szyby i wykorzystywano depresję naturalną. Szyb w granicach pola funkcjonował przez kilka sezonów. Jednorazowo („na zmianie”) pracowało od 3 do 9 górników, zarówno pod ziemią, jak i obsługujących kopalnię na powierzchni. Na podkreślenie zasługuje wiedza geologiczna (umiejętność znalezienia warstwy krzemienionośnej, wykrywania

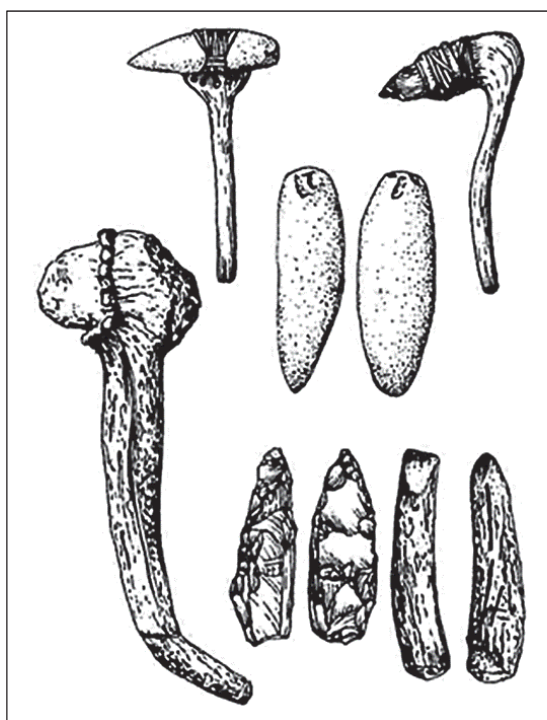
płaszczyzn pomniejszonej spójności i szczelin) i inżynierska. Narzędzia, jakimi posługiwano się podczas pracy w przodkach, to kilofy kamienne, krzemienne (rys. 29) oraz wykonane z poroża zwierzęcego (rys. 30 i 31), a także kamienne lub drewniane: tłuki, kliny i pobijaki.



Rys. 29. Poroże jelenia – surowiec do wykonania kilofa i klinów rogowych



Rys. 30. Poroże jelenia olbrzymiego – surowiec do wykonania łopaty



Rys. 31. Narzędzia górnicze krzemienne [25]

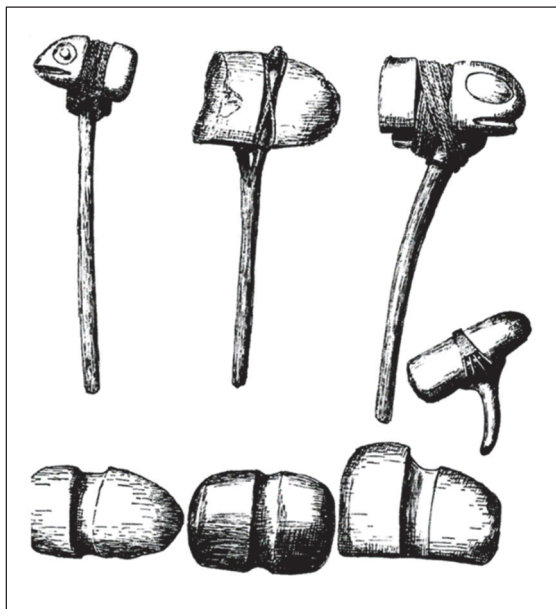
Krzemionki Opatowskie są doskonałą okazją do podsumowania osiągnięć technicznych epoki kamiennej. Kopalnie (powierzchnia, na jakiej są zlokalizowane wyrobiska) zajmują obszar od 1 ha do 20 ha. Wydobycie miało miejsce nierzadko przez kilka tysięcy lat. Obszar eksploatowany wokół jednego szybu („obszar górniczy”) dochodzi do kilkuset metrów kwadratowych.

Wykształca się zawód górnika z podziałem na „specjalistów” – górników pracujących przy urabianiu w przodku („przodowych”) i ich pomocników zajmujących się transportem urobku w wyrobiskach podziemnych („odstawa”) i w szybie („ciągnięcie”).

Wykształca się schemat kopalni podziemnej. Udostępnienie złoża odbywa się szybami. Pojawiają się wyrobiska poziome („przygotowawcze”), którymi dochodzi się do złoża, wykonując w nim wyrobisko eksploatacyjne (komory). Dla ochrony (podparcia) stropu stosuje się pozostawianie filarów lub buduje z kamienia filary sztuczne. Zbędne wyrobiska się podsadza, czyli wypełnia niezawierającym surowca urobkiem (skałą płoną). Kopalnię się przewietrza (łączy dwa szyby) „obiegowym prądem powietrza”.

Stosowane narzędzia górnicze wykonane były z rogu, kości i skał. Do naszych czasów nie zachowały się narzędzia wykonane z drewna, skór i innych surowców organicznych (łyko, a potem konopie). Ich stosowanie jednak nie budzi wątpliwości archeologów.

Wśród narzędzi kamiennych spotykamy nie tylko krzemienne (rys. 31), ale i wykonane ze skał wulkanicznych, metamorficznych lub otoczków kwarcu (rys. 32). Dotyczy to szczególnie młotów o kształcie owalnym służących do pobijania klinów (drewnianych, rogowych) i kruszenia mocnej skały. Narzędzia kamienne do skał (gruntów) miękkich mają krawędź ostrą.



Rys. 32. Młoty kamienne [25]

Teren kopalni był miejscem, gdzie odbywała się obróbka surowca i wytworzenie wyrobu. Bywało jednak (np. kiedy kopalnia znajdowała się daleko od źródeł wody), że obróbkę lub jej ostatnie etapy prowadzono w osadzie. Zwłaszcza zimą, kiedy praca w kopalni zamierała.

Tak dochodzimy do końca epoki kamiennej, w której skały były jedynym surowcem mineralnym używanym do wyrobu narzędzi. Dla porządku wspomnijmy jeszcze o wydobywaniu kamienia w celach innych niż produkcja narzędzi. W neolicie pojawiają się bowiem kamienne...

...megalithy.

Zaczęły powstawać ok. 3 tys. lat BC. Ich znaczenie nie jest jasne do dnia dzisiejszego, choć większość badaczy skłania się ku poglądowi, że prawdopodobnie były to grobowce. Znamy kilka rodzajów megalitów. Najczęściej są to menhiry – pojedyncze głazy w kształcie słupów, stojące pionowo na ziemi, czasem ustawione rzędami.



Rys. 33. Megalithy w Stonehenge [92]

Najbardziej znany jest Stonehenge (rys. 33) w Anglii, megalit wzniesiony 1880–1400 lat BC. Krąg tworzy 30 pionowych głazów o wysokości ponad 4 m. Każdy z nich waży kilkadziesiąt ton. I w tym przypadku nie do końca wiadomo, w jakim celu go wzniesiono. Uważa się, że mogło to być sanktuarium kultu słonecznego. Megality znajdują się w różnych miejscach na świecie (Europa, Ameryka, Azja, Australia, wyspy Oceanu Spokojnego). Uważa się, że ośrodkami, z których idea budowli megalitycznych przeniosła się na tereny Niemiec, Skandynawii, a nawet Polski, są: Półwysep Iberyjski, Bretania i Wyspy Brytyjskie. Występujące na tych terenach budowle megalityczne sięgają czasem I wieku (rys. 34).



Rys. 34. Megalityczna świątynia na Malcie [92]

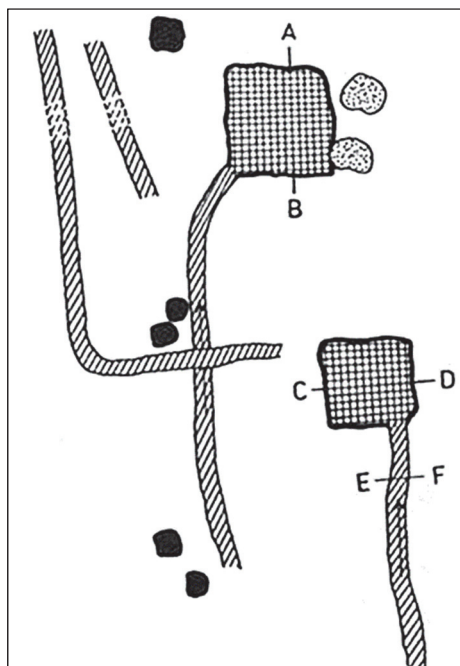
W Polsce megality, pełniące funkcję grobowców, występują w Sarnowie i Wietrzychowicach.

Pod względem technik górniczych pozyskanie bloków skalnych zaliczymy do górnictwa odkrywkowego. Po raz pierwszy spotykamy się z pozyskaniem jednolitych bloków o takich wymiarach. Surowcem, z którego są wykonane, jest uławicony piaskowiec, co ułatwiało oddzielanie bloków od calizny. Stosowano znaną metodę wbijania klinów, korzystając z widocznych płaszczyzn pomniejszonej spójności. Bloków nie obrabiano. Istotnym problemem, jaki musiano rozwiązać,

był transport (przetaczano je po kolejno podkładanych balach drewnianych), niejednokrotnie na znaczne odległości (kilkadziesiąt kilometrów). Kolejną trudnością było postawienie bloków w pionie i położenie na nich poziomego (służyły temu usypywane z ziemi rampy). Rozwiązanie jej świadczy o posiadaniu przez budowniczych określonej wiedzy z mechaniki.

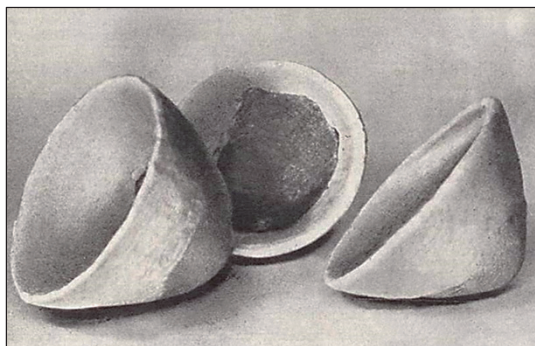
Górnictwo epoki kamiennej to także warzenie soli.

Kamień nie jest jedynym surowcem mineralnym pozyskiwanym w epoce kamiennej. Drugim jest sól [14]. Jako składnik pożywienia pojawia się, kiedy człowiek decyduje się na osiadły tryb życia i w większym stopniu zaczyna spożywać potrawy roślinne (ubogie w chlor). Pierwsze sposoby pozyskiwania soli po-



Rys. 35. „Wyrobiska” doprowadzające wodę do parownika [153]

zostają w mrokach mezolitu. Badacze są zgodni, że używanie soli do konserwowania żywności miało miejsce najprawdopodobniej w obszarach nadmorskich [188], gdzie sól pojawia się jako skutek naturalnego odparowywania wody. Skoro przyczyną jej krystalizacji ze słonej wody (solanki) jest działanie temperatury – promieni słonecznych, taki sam skutek można osiągnąć, działając płomieniem. Tak narodziła się technologia „warzenia soli”. Póki źródłem solanki była woda morska, jej pozyskiwanie nie miało wiele wspólnego z górnictwem. Kiedy jednak naturalne wycieki solanki trzeba było ujmować w rowy, kopać zbiorniki – możemy (znając dalszy rozwój technologii warzenia soli) połączyć ją z działalnością górniczą (rys. 35).



Rys. 36. Kubki do warzenia soli [153]

o powierzchni zewnętrznej czerwonej. To one (rys. 36), odporne na wysoką temperaturę, miały być wykorzystywane w procesie warzenia soli. Również odkryte w Baryczy paleniska i trzy rowki (rys. 35) związane były z produkcją soli. Jeden z rowków o szerokości ok. 50 cm, mający wyraźne ujęście do prostokątnego zbiornika, mógł służyć do odbioru wyciekającej solanki i kierowania jej do miejsca, gdzie promienie słoneczne wykonają pierwszy etap warzenia. Kiedy solanka na powierzchni zaczęła zanikać, dla jej pozyskiwania kopano (a więc górnictwo!) studnie. Taką technikę po wielu latach zastosują pierwsi górnicy wydobywający ropę naftową („kopanki”).

Tyle na razie o technice pozyskiwania soli. Do tematu wrócimy kilkakrotnie.

Miedź, złoto – zwiastuni nowej epoki

Epoka kamienna w rozkwicie. Rozwój cywilizacji powoduje, że towarzysząca człowiekowi od 100 tys. lat biżuteria (ozdoba czy amulet), z prostej, wykonanej z muszli czy drewna, zaczyna być wytwarzana z nowych materiałów. 7 tys. lat BC na terenie dzisiejszego Iranu i Turcji w koraliki z wypalanej gliny ówczesny jubiler wkłada drobiny miedzi. W historii ludzkości pojawia się metal.

Pierwszymi metalami, z jakimi zetknął się człowiek, są właśnie miedź (rys. 37) i złoto (rys. 38). To drugie 1000 lat później.



Rys. 37. Miedź rodzima [104]



Rys. 38. Złoto rodzime [123]

Pierwsze złote ozdoby wykonywali i nosili starożytni Egipcjanie i Babilończycy. Dlaczego właśnie te metale? Dlatego, że oba występują w skałach w stanie rodzimym, czyli czystego metalu. Ich blask z pewnością zwrócił uwagę mieszkańców penetrujących coraz to nowe tereny. Pod względem przydatności do wykonania z nich narzędzi oba metale nie rokowały nadziei, są zbyt miękkie. Miedź ma i tę wadę, że dość szybko pokrywa się jasnozieloną patyną. Traci więc blask. I zapewne ta właściwość była przyczyną tego, że poza okresem (epoka czystej miedzi – „chalkolit”), kiedy to próbowano wykonywać z niej narzędzia (5,5–3,1 tys. lat BC) bez trwałego powodzenia (mała twardość, a więc odporność), nie znalazła szerszego zastosowania. Inaczej było ze złotem. Jego blask bezsprzecznie predysponował je do wykonywania z niego ozdób. Ponieważ cieszły się dużym powodzeniem, miały du-

żą wartość. Z czasem złoto nabrało i drugiej funkcji – pieniądza. Nic więc dziwnego, że stanowiło przedmiot poszukiwań i eksploatacji różnymi technikami. Z tej racji zasługuje na oddzielne omówienie. Najpierw jednak popatrzmy, jak doszło do...

...pomieszania metali...

...i co z tego wyniknęło?

Lata, w których z pozyskiwania i przetwarzania metali rodzimych nasi przodkowie przeszli do wytopu metalu z rudy, giną w mrokach. Bezsprzecznie sam wytop metalu z rudy poprzedzony był nabyciem umiejętności przetwarzania,

odlewania i kucia metali rodzimych (7 tys. lat BC). Kolejno nauczono się wytapiania ołowiu z rud polimetalicznych (6 tys. lat BC). Następnie przyszła kolej na przetwarzanie polimetalicznych rud miedzi (5 tys. lat BC), by wreszcie zacząć wytapiać rudy polimetaliczne (4 tys. lat BC). [48]. Nie bez znaczenia mogły być też doświadczenia z przetwarzaniem rud używanych jako surowiec do wyrobu barwników (malachitu, azurytu).

Pod względem sposobów pozyskiwania rud, a więc techniki górniczej, czasy te nie skutkują istotnymi nowymi pomysłami. Stosowane są metody charakterystyczne dla górnictwa kamiennego, oczywiście dostosowywane do miejscowych warunków (kopalnia odkrywkowa przechodząca w podziemną).

Również kolejny etap obcowania człowieka z metalem: wytapianie miedzi stopowej z rud mieszanych, zawierających As i Pb, nie zmienia sposobów jego pozyskiwania. Ma to miejsce najwcześniej na południowym Kaukazie i w obszarze Morza Egejskiego (ok. 3,5 tys. lat BC), następnie w Egipcie i na Bliskim Wschodzie (Dżemdet Nasr) – ok. 3,4 tys. lat BC, w Europie południowej – 2,8 tys. lat BC, zaś na terenach dzisiejszych wschodnich Niemiec i zachodniej Polski 2,2 tys. lat BC. Mowa o wytwarzaniu brązu. Najstarsze wyroby pochodzące z Kaukazu i Bliskiego Wschodu to brązy arsenowe, czyli składające się z miedzi i arsenu. Miedź eksploatowano ze złóż dostępnych na powierzchni (metoda jamowa) lub metodami szybowymi. Wyjątkiem są stokowe wychodnie żył, gdzie w głąb stoku drażono skośne upadowe lub poziome sztolnie. I ten sposób może być uznany za nową metodę **udostępnienia wyrobiskami pochyłymi**.

Pamiętajmy, że wydobyta ruda to mieszanina minerałów metalonośnych i tych, które metalu nie zawierają. Jak oddzielić jedne od drugich?

Pojawia się okazja do narodzin nowej specjalności górniczej –

przeróbki i wzbogacania.

Rozdzielenie występujących wspólnie minerałów wymaga operacji pokruszenia rudy. Powstające ziarna mają zróżnicowany skład mineralogiczny. Dzieje się tak, ponieważ minerały tworzące rudę charakteryzują się różną twardością. Do kruszenia używano takich samych młotów kamiennych jak w pozyskiwaniu krzemieni. Jeśli wielkość uzyskanych ziaren jest dostateczna, to może mieć miejsce

sortowanie ręczne. Jest ono operacją pracochłonną i zawodną, bo ziarna mogą być trudno rozpoznawalne. Cechami, które sortujący bierze pod uwagę, są ciężar, barwa, połysk, kształt ziarna, a te nie zawsze są „czytelne” w świeżo skruszonym materiale. I znowu górnikom pomogła obserwacja zjawisk świata otaczającego, w tym przypadku obserwacja przemieszczania się kamieni w strumieniu płynącej potokiem wody. Kiedy potok wzbiera i prędkość wody jest większa, unoszone są kamienie większych rozmiarów. Kiedy strumień wody jest ustabilizowany, kamienie cięższe pozostają na dnie, a transportowane są te lżejsze.

Obserwacje takie doprowadziły do narodzin **technologii grawitacyjnego wzbogacania w strumieniu wody**. Jak to zrobić?

W jednym z prehistorycznych centrów produkcji metali na pograniczu dzisiejszej Turcji i Armenii, u stóp góry Ararat, znajduje się wzgórze Medzamor z rzeką o tej samej nazwie. Na jego stoku wydrążono nieckę o objętości ok. 30 m³, do której wrzucano pokruszoną młotami rudę. Do niecki wprowadzano wodę, którą mieszano z materiałem. Kiedy niecka była wypełniona, otwierano zasuwę i „hydromieszanina” spływając po stoku, trafiała na pierwszy poprzeczny rów, w którym zatrzymywały się większe ziarna, mniejsze spływały dalej. Zatrzymywały się na kolejnych „progach” zgodnie z zasadą, że „lżejsze” dopływały dalej. Tak następował rozdział minerałów [181].

Niezależnie od opisanego, rozwiniętego sposobu wzbogacania w innych ośrodkach bezwartościowych domieszek pozbywano się, płuczac rozdrobioną rudę w drewnianych nieckach. Tak rodzi się...

...epoka brązu.

Brąz (rys. 39) jest pierwszym w dziejach człowieka stopem metali użytecznych, z którego wykonane narzędzia zrewolucjonizowały cywilizację.

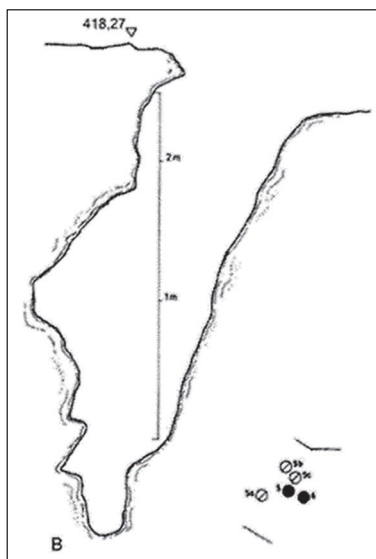
Nazwa brąz wywodzi się od łacińskiego słowa *aes brundisium*, tzn. kruszec brindyzyjski, ponieważ to właśnie Brundisium (współcześnie Brindisi) wyspecjalizowało się w starożytności w obróbce tego stopu. Najbardziej popularny jest brąz cynowy, czyli składający się z 9 części miedzi – Cu i 1 części cyny – Sn. Narzędzia wykonywane z brązu zostaną zastąpione dopiero przez narzędzia żelazne. Ale to będzie miało miejsce dopiero w VII–V wieku BC.

Pierwsze kopalnie rudy miedzi lokowano na wychodniach złóż, których zarówno w Azji mniejszej, jak i Europie Środkowej nie brakuje. Ponieważ rudy te są dość miękkie i słabo zwięzłe, stosowano metody jamowe i szybów otwartych. Przykłady pochodzące z terenów Serbii pokazano na rysunkach 40 i 41.

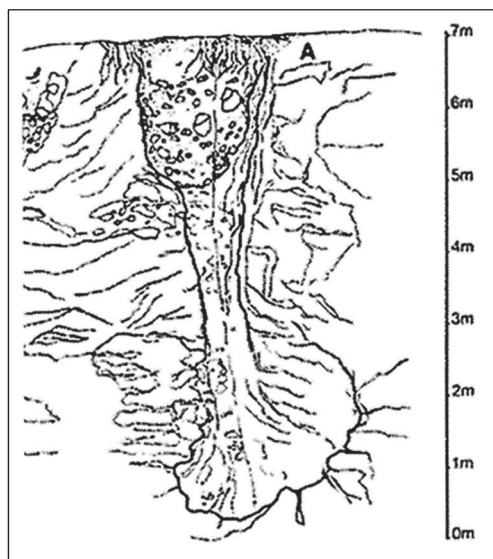
We wczesnym okresie wydobywania rud (ok. 4 tys. lat BC) również narzędzia górnicze są takie same jak w kopalniach krzemienia. Miękka skała z powodzeniem może być urabiana kilofem rogowym.



Rys. 39. Stare brązy [90]



Rys. 40. Szyb otwarty z okręgu Rudna Glava [180]



Rys. 41. Szyb jamowy głęboki z okręgu Rudna Glava [180]

Choć niektórzy z archeologów badających górnictwo wczesnego brązu [180] zwracają uwagę na to, że dla poprawy efektywności oddziaływania narzędzia urabiającego na calizną skalną wykorzystywano ogień (miałyby o tym świadczyć

smolne smugi na ociosach), zastrzegają jednak, że mogą one pochodzić od używania łuczywa. Zatem o przełomowym dla procesu urabiania **podsadzaniu ogniem** opowiemy później, mówiąc o czasach, kiedy sposób ten bardzo się rozwinął.

Pojawienie się wyrobów z brązu powoduje, że i w kopalniach po raz pierwszy zaczynają być stosowane narzędzia metalowe. Są nimi kilofy, kliny i siekiery. Jednak ze względu na łatwość pozyskiwania surowców (eksploatacja na wychodniach) nie skutkuje to istotnym postępem w technikach wydobywania.

Dla techniki górniczej najistotniejszym narzędziem z brązu okazuje się... miecz! To on daje w walce istotną przewagę posiadaczowi, dzięki czemu pojmowanie jeńców staje się prostsze. Zwycięzca przekształca jeńca w niewolnika i tak pojawia się tania siła robocza. Kiedy na przełomie 4 i 3 tysiąclecia BC powstają załóżki państw z panującymi, którzy posiadają wojsko do obrony przed najeźdźcami oraz do łupieżczych wypadów, mających również na celu pozyskiwanie niewolników, by wykorzystywać ich do najcięższych robót, w tym do pracy w kopalniach. I mimo że archeologowie dyskutują, jaki w ich powstaniu był udział niewolników, to jednak wydaje się, że...

...bez niewolników – górników pracujących w kamieniołomach – nie byłoby piramid.

Pierwsze piramidy schodkowe budowane w Sakkarze w Egipcie datowane są na połowę XXVI wieku BC (rys. 42). Najśłynniejsze są jednak piramidy posiadające kształt ostrosłupa w Gizie. Największa z nich piramida Cheopsa (rys. 43) została wykonana na sztucznie wyrównanym terenie, gdzie różnice poziomu wynoszą do 2 cm. Boki kwadratowej podstawy ustawione są względem stron świata z dokładnością 4 minut kątowych. Kamienne bloki z wapienia, pochodzącego ze starożytnego kamieniołomu Tura, ważące około 2,5 tony (największe ok. 15 ton), zostały ustawione z wielką precyzją. Cała budowla składa się w przybliżeniu z 2,3 mln kamiennych bloków, ma masę ponad 6 mln ton. Do budowy komór użyto także pochodzących z Asuanu granitowych bloków ważących

od 25 do 80 ton. Piramida była pierwotnie pokryta w całości warstwą zewnętrzną wykonaną z gładzonego wapienia.



Rys. 42. Piramida schodkowa w Sakkarze [109]



Rys. 43. Piramida Cheopsa [109]

Przytoczony opis wskazuje na ogrom prac, w tym tych, które dotyczą pozyskania surowca, czyli technik stosowanych w kamieniołomach. I to uzasadnia postawioną tezę, że bez niewolników pracujących również w kamieniołomach nie można byłoby wznieść piramid. Ale siła robocza to jeszcze nie wszystko, potrzebna była jeszcze technika.

Sposób wydobywania i obróbki bloków kamiennych budzi wiele pytań. I chyba nie do końca jest wyjaśniony. Gdy patrzymy na piramidę Cheopsa, trudno nam sobie uświadomić, że ilość użytego do jej budowy kamienia to (mniej więcej) tyle, ile wynosiło wydobywanie kamienia we Włoszech w 1985 r. [13]. Większość bloków jest wykonana z wapienia poddającego się stosunkowo łatwo urabianiu i obróbce („paserowaniu”). Ale jej część (głównie komory grobowe) wykonana została z materiału twardego – granitu. Ich dokładność pasowania skłania niektórych z egiptologów [202] do podejrzeń, że stosowano... urządzenia mechaniczne (!). Koncepcje te rozwija między innymi w Polsce cytowany W. Chrząszczewski. Ale nie podejmując dyskusji, w której trzeba by zapytać o napęd owych urządzeń, spróbujmy przyjrzeć się nowym technikom w pozyskiwaniu bloków.

Obfitość złóż wapienia nadających się do eksploatacji [231] z pewnością sprzyjała przedsięwzięciu. Znajdowały się one w klifach Doliny Nilu i Delcie Nilu, na wybrzeżu Morza Śródziemnego, na zachód od Aleksandrii. Oprócz wapieni w budownictwie Egipcjanie używali również skał twardszych (magmowych, metamorficznych). Pochodziły z Doliny Nilu i pustyń: Wschodniej oraz Zachodniej [35]. Odkryte pozostałości po 200 kamieniołomach wskazują, że były one czynne od około 3,5 tys. lat BC do okresu narodzenia Chrystusa.

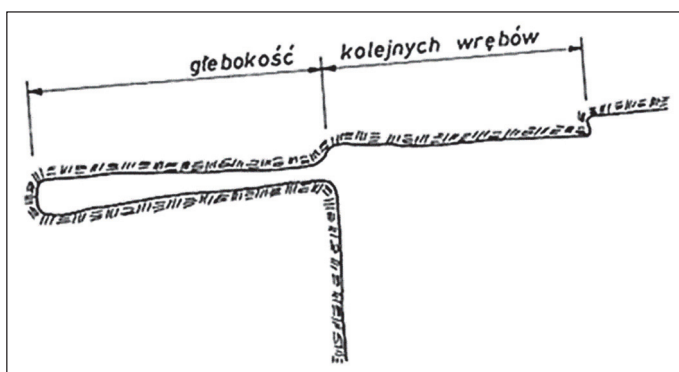
Technologia wydobywania kamienia różniła się w zależności od twardości surowca. Skały miękkie (wapień, trawertyn i słabozwięzły piaskowiec) dzielono na bloki, a następnie obrabiano, korzystając z narzędzi kamiennych, miedzianych i w końcu z brązu. Narzędzia żelazne zaczęto stosować w Egipcie mniej więcej 700 lat BC.

Podstawowym narzędziem był kilof, którym wycinano szczeliny pionowe i poziome (rys. 44). W przypadku eksploatacji podziemnej stosunkowo najtrudniejsze było wykonanie wrębu od stropu (rys. 45).

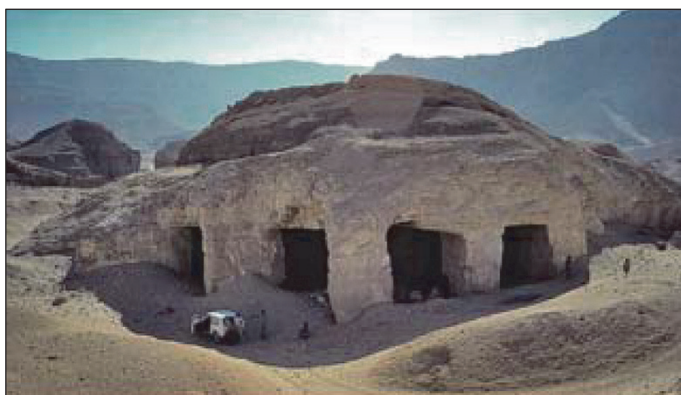
Pozyskiwanie wapienia prowadzono głównie w kopalniach odkrywkowych jednak, gdy warstwa wapienia wchodziła głębiej pod nadkład, przechodzono na sposób podziemny (rys. 46).



Rys. 44. Fragment kamieniołomu odkrywkowego w Dolinie Nilu [35]

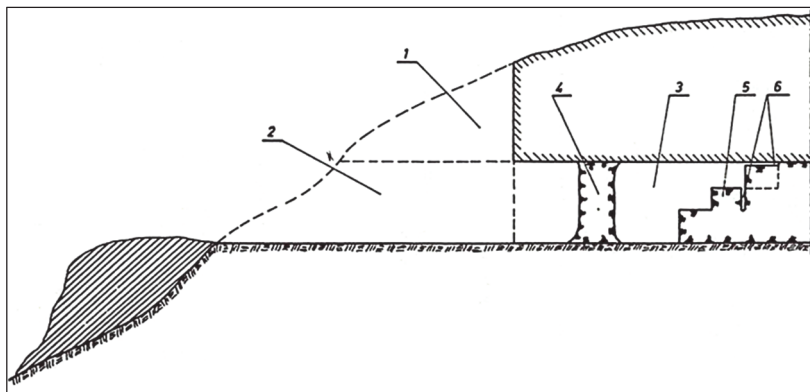


Rys. 45. Schemat wycinania szczelin odcinających blok od góry [237]



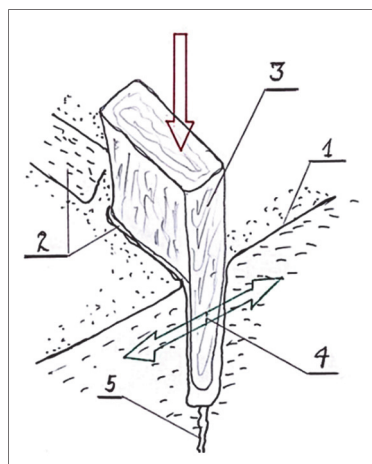
Rys. 46. Kamieniołom „galeriowy” w Dolinie Nilu [35]

W kopalniach wapienia i trawertynu dla zabezpieczania stropu pozostawiano charakterystyczne filary, stąd w niektórych źródłach [35] sposób ten nazywany jest „jaskiniowo-galeriowym”. Niekiedy wyrobiska te sięgają nawet do 100 m w głąb góry. W niektórych z nich w czasach chrześcijaństwa koptyjskiego tworzono pustelnie, świątynie i klasztory [35].



Rys. 47. Sposób przejścia z eksploatacji odkrywkowej na galeriową
(Opracowanie własne na podstawie [237])

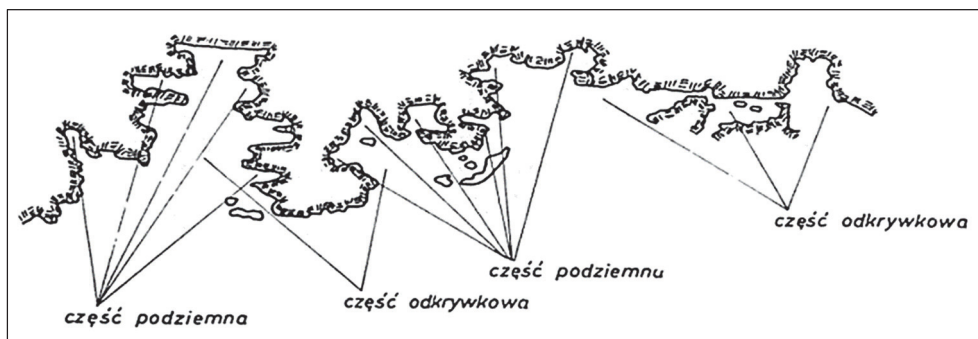
W przypadku takiej eksploatacji (rys. 47) rozpoczynano od zdejmowania części nadkładu (1) i wybierania sposobem odkrywkowym (2). Roboty prowadzono w wytypowanej warstwie (3) o odpowiednich parametrach (grubość, podzielność, zwięzłość). Pozostawiano filary (4) tworzące galerię. Wycinano najpierw duże bloki (5), z których od góry wykonywano wrąb (6). Równocześnie taki sam wrąb wykonywano od dołu, aż wycięto bryłę, którą następnie poddawano dzieleniu na bloki nadające do transportu. Przy odpajaniu bloków korzystano z klinów. Nie jest wykluczone, że w starożytnym Egipcie wykorzystano siłę pęcznienia drewna (rys 48). Odpajanie bloku realizowano najpierw przez wykonanie w nim (1)



Rys. 48. Zasada wykorzystania klina drewnianego polewanego wodą do odpajania bloków
(Opracowanie własne na podstawie [237])

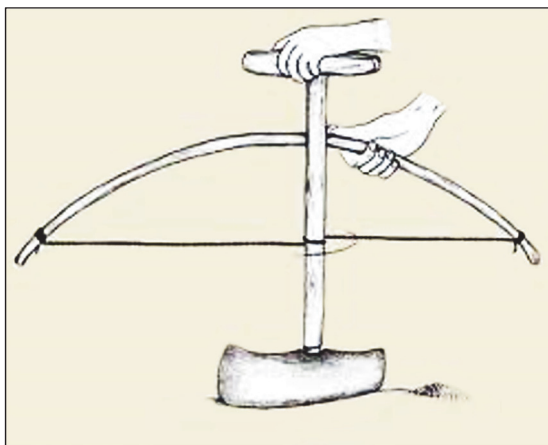
narzędziami z brązu rowków (2), w które następnie wbijano kliny drewniane (3), najkorzystniej z drewna twardego. Następnie polewano je wodą. Klin pęczniejąc, wywiera siłę rozpierającą (4), która powoduje pęknięcie skały (5).

Przykład eksploatacji sposobem jaskiniowo-galeriowym można znaleźć w pozostałościach po kamieniołomie w Ptolemaidzie (rys. 49) [237].



Rys. 49. Schemat kamieniołomów w Ptolemaidzie [237]

Pewne przesłanki wskazują również, że w starożytności przy wykonywaniu szczelin stosowano wiercenia. Zasada ich działania (przedstawiona na rysunku 50) była analogiczna jak w prawiertarkach stosowanych już w neolicie przy wykony-



Rys. 50. Sposób wiercenia otworów przy wykonywaniu ozdób i narzędzi w neolicie [75]

waniu ozdób i narzędzi (rys. 51). Sądzi się [237], że wiercenie w skałe miękkiej realizowano w taki sposób, że na dno wykonywanego otworu wsypywano rozdrobnioną skałę twardszą od zwiercanej. Poruszające się wier-tło (drewniane okute blachą z brązu, później żelazne) powodowa-ło ruch owej skały (wycieranie), która wycierała dno otworu. Pełniła więc rolę cierniwa.

Przy urabianiu skał twardych używano pobijaków (pięściaków)

wykonanych z materiału twardego (doleryt, drobnoziarnisty granit, gnejs anor-
tozytowy, piaskowiec krzemionkowy) [35]. Nadal powszechnie stosowano pod-
sadzanie ognia, który osłabiał masyw przed procesem jego obijania.



Rys. 51. Neolityczne wiertła bezwładnościowe, rekonstrukcja [136]



Rys. 52. Blok metaszarogłazu
z dwoma otworami na kliny
i dołkami punktowymi [35]

Okolo 350 lat BC przy urabianiu i obrabianiu skał twardych w Egipcie rodzi się technika **dołków punktowych** (rys. 52) [35]. Dołki te o niewielkich wymiarach rozmieszczone są pomiędzy otworami wykutymi do wprowadzenia klinów. Pozwalają one na bardziej precyzyjne uzyskanie założonej płaszczyzny pęknięcia.

Jako podstawowego środka transportu używano drewnianych płóc ciągniętych przez niewolników lub przez zwierzęta (osły, później wielbłądy). Szczególnie duże bloki skalne ładowano na nie, korzystając z ramp usypywanych z materiału skalnego. To technika, z którą spotkalismy się przy wznoszeniu megalitów.

Z uwagi na zmniejszenie masy transportowanego materiału jego przeróbka na określone elementy budowla-

ne następuje nadal na miejscu w kopalni. Przykład pokazany na rysunku 53 to kamieniołom bazaltu [35], w dolnej części zdjęcia widać odpady pozostałe po przeróbce wydobytego surowca.

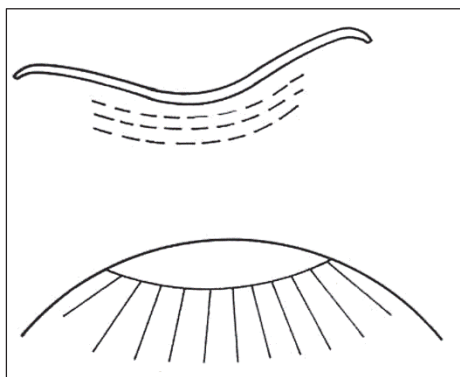


Rys. 53. Kamieniołom bazaltu z widocznymi odpadami przeróbczymi [35]

Starożytny Egipt na znaczną skalę rozwinął również wydobycie kamieni szlachetnych. Do wyrobu biżuterii wykorzystywano głównie: karnelian, jasper, lapis lazuli, malachit i turkus, pozyskiwane z miejscowych złóż. Sposoby ich wydobycia nie odbiegały od technik pozyskiwania rud. Ale same kamienie nie mogły stanowić ozdób i biżuterii. Aby je oprawić, potrzebny był metal szlachetny, czyli...

...złoto.

Pierwsze egzemplarze biżuterii egipskiej pochodzą z 3100 r. BC. Złoto pozyskiwano z płytko leżących złóż, w piasku rzeczonym. Początkowo złote wyroby miały proste formy, wykuwane na zimno, co wynikało z braku metod obróbki.



Rys. 54. Hieroglify egipskie oznaczające złoto [237]

Wytapianie i bardziej precyzyjna obróbka rozwinęły się dopiero w IV wieku BC, kiedy to opracowano sposoby na uzyskanie w piecach wysokich temperatur, dochodzących do 1400°C.

Początki to pozyskiwanie złota rodzimego polegające na płukaniu piasków złotonośnych, jak robi się to i współcześnie. Potwierdzają to egipskie hieroglify oznaczające złoto jako kawałek materiału, z którego cieknie woda (rys. 54) oraz prace autorów starożytnych [31].

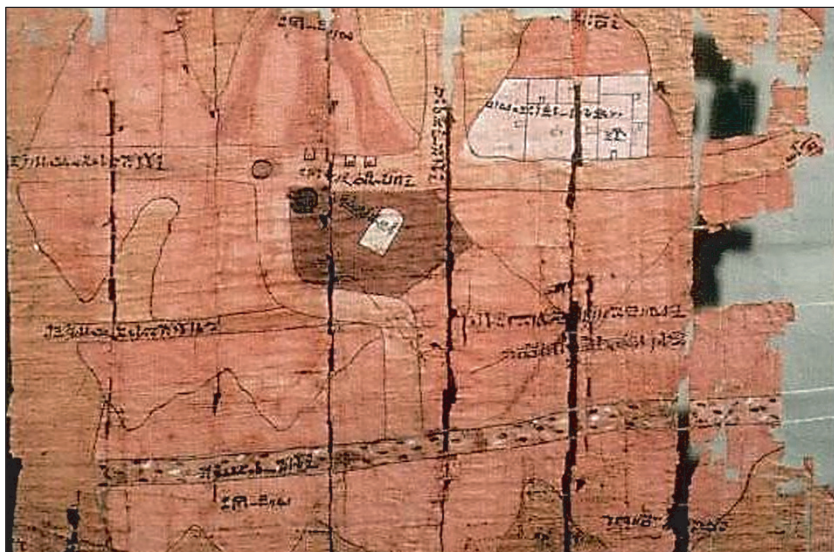
Pewną odmianą wypłukiwania złota było wkładanie do strumienia owczych skór z długim włosiem. Drobinę złota odkładały się pomiędzy włosiem. Taką technikę pozyskiwania złota z rzek Kaukazu opisał Apian z Aleksandrii. Niektórzy sądzą, że odegrała ona rolę przy powstawaniu opowieści o wyprawie Jazona po „złote runo” [31].

Kiedy piasek złotonośny zalegał głębiej, stosowano klasyczne metody odkrywkowe. Pliniusz [31] wydobywanie złota opisuje w sposób następujący: „[...] polega na wykopywaniu dołów w kształcie studzien”. Ten sam autor wspomina też o metodach podziemnych. Píše [wg 31]: „Podkopami prowadzonymi na wielkich przestrzeniach drąży się góry przy świetle latarni”.

Dla rozwoju techniki wydobywania niezwykle interesujące są działania Egipcjan w rejonie leżącym pomiędzy Nilem a Morzem Czerwonym. Odkryto tam ponad 100 kopalń, w których głębokość szybów sięga nawet 100 m a maksymalna długość chodnika dochodzi do 500 m. Z tego rejonu pochodzi bodaj najstarsza mapa terenu górniczego, tzw. „Turyński papirus” datowany na XIII wiek BC (rys. 55), z zaznaczonymi drogami, kopalniami i innymi elementami związanymi z wydobywaniem złota.

Technika wydobywania rud złota różni się już od stosowanej przy pozyskiwaniu bloków skalnych wykorzystywanych w budownictwie. Rozwija się (stosowany wcześniej wyjątkowo) nowy sposób urabiania, zwany **podsadzaniem ognia**. Istotą wynalazku było wykorzystywanie zjawiska pęknięcia skał pod wpływem zmian temperatury. Zjawisko to z pewnością obserwowano, paląc ogniska w terenach skalistych. Aby skałę ogrzać, pod ociosem palono ogień. Następnie

polewano ją wodą, gwałtownie schładzając. Obie operacje powodowały, że skała pękała i tym samym, łuszcząc się, była łatwiejsza do urabiania. Pojawiały się też szczeliny, w które wbijano narzędzia. Technika ta wymagała dostarczania do kopalń wody, którą do przodków transportowano w worach skórzanych.



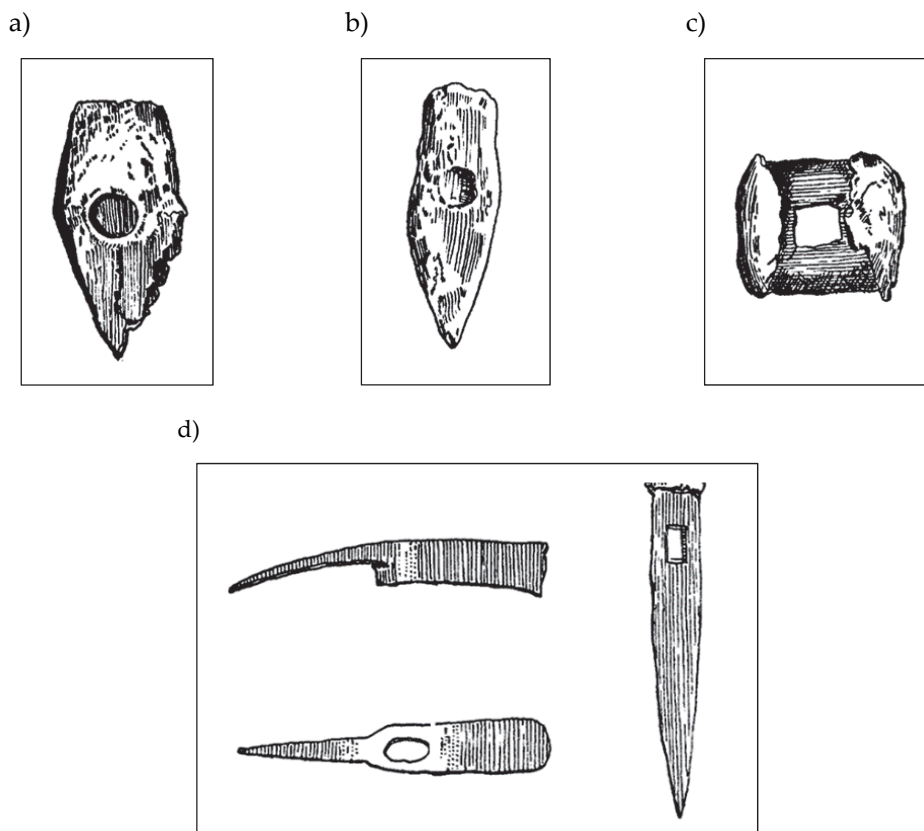
Rys. 55. Fragment „Turyńskiego papirusu”
(mapy terenu górniczego rejonu kopalni „Czysta Góra”
znajdującej się na terenie starożytnego Egiptu – Pustynia Wschodnia) [25]

Podsadzanie ogniem stosowano również przy eksploatacji rud innych metali. W szczególności, kiedy w życiu człowieka pojawia się...

...żelazo.

Najstarsze zachowane wzmianki o tym metalu pochodzą z Egiptu (IV tysiąclecie BC). Pierwsze przedmioty z tego metalu wykonywano jednak z żelaza pochodzenia meteorytowego. Żelazo zwane było tam „czarną miedzią, która przybywa z nieba”, a przez Sumerów – „metalem z niebios”. Ceniono je bardziej niż złoto i stosowano do wyrobu biżuterii. Dopóki brąz i rudy potrzebne do jego otrzymywania były łatwo dostępne, nie zajmowano się poszukiwaniem surowców,

z których można uzyskać ten nowy metal. Okres wielkich wędrówek ludów barbarzyńskich, powodujących upadki wielkich imperiów, doprowadził do zniszczenia szlaków handlowych, którymi dostarczano cynę i miedź. Wtedy zwrócono większą uwagę na żelazo, gdyż jego rudy były powszechnie dostępne [31]. W szczególności magnetyt i hematyt. Istotny jednak był fakt, że nowy metal pozwalał na uzyskanie narzędzi znacznie trwalszych i skuteczniejszych od poprzednich, w tym narzędzi górniczych (rys. 56). I one z czasem będą miały istotny wpływ na rozwój technologii górniczych.



Rys. 56. Narzędzia górnicze żelazne (ok. 500 lat BC) [192]:
 a)–c) młoty (a, b – perlik, c – żelazko); d) kilofy

Powszechność występowania rud, również przy powierzchni czy na niewielkich głębokościach, powodowała, że sposób ich wydobywania nie wymagał

nowych, specjalnych działań. Postęp techniczny realizował się w hutnictwie [31] i przy wydobywaniu innych metali (dziś zwanych „nieżelaznymi”). Rozwój kopalń prowadził do wykształcenia się...

...nowoczesnej struktury zakładu górniczego.

Zacznijmy od truizmu, to jest stwierdzenia, że założenie kopalni wymaga znalezienia złoża. To z kolei wymaga znajomości budowy geologicznej rejonu. Starożytność w prowadzeniu „rozpoznania geologicznego” posługuje się obserwacją takich właściwości, jak kolor gleby, jego zmiana spowodowana utlenianiem, szata roślinna (niektóre rośliny dla wzrostu wymagają zawartości w glebie określonego metalu). Nadal, jak w epoce kamiennej, istotnej wiedzy dostarczają „naturalne odsłonięcia”, wąwozy, doliny rzeczne, w których informacji dostarcza nie tylko stromy brzeg, ale i nianosy (rumosz skalny niesiony przez wodę z terenów, przez które przepływa). Pojawiają się celowo wykonywane wyrobiska, drążone w celu pozyskania informacji o warstwach zalegających głębiej (szybiki i rowy poszukujące). Górnik zajmujący się poszukiwaniem kopaliny to protoplasta dzisiejszego **geologa**. On podejmuje decyzję o położeniu kopalni i lokalizacji wyrobisk udostępniających.



Rys. 57. Lokalizacja kopalń Laurion

Kopalnia podziemna początków epoki żelaza to skomplikowany układ różnych wyrobisk. Jednymi z bardziej znanych podziemnych zakładów górniczych tamtego okresu są kopalnie srebra, ołowiu i żelaza w Laurion, w Attyce (Grecja, przylądek Sunion) (rys. 57 i 58). Działyły od okresu archaicznego do czasów panowania rzymskiego. Wydobywano tu ze skały wapiennej cenne rudy.



Rys. 58. Widok powierzchni wraz ze sztolnią – kopalnie Laurion [25]

Kopalnia eksploatowała srebronośny błyszcz ołowiu, występujący na kontakcie łupków z marmurem. Nad złożem zalega 15-metrowa warstwa hematytu. Było ono eksploatowane powierzchniowo lub za pomocą płytkich szybów, sztolni i upadowych. Pierwsze wyrobiska, z okresu 700–800 lat BC, to sztolnie lub upadowe na wychodniach.



Rys. 59. Widok szybu w kopalni Laurion.
W ścianach widoczne otwory do mocowania dźwigarów [25]

Złoża zalegające głębiej wybierano metodami podziemnymi. Z czasem schodzono coraz niżej, udostępniając je szybami. Miały kształt prostokąta i wymiary 2,0 m × 1,5 m (rys. 59). Ich głębokość w czasach starożytnych sięgała 120 m, a więc poniżej poziomu morza. Stosowano pomosty na dźwigarach wpuszczanych w ociosy. Pojawiają się pierwsze **kołowroty**.



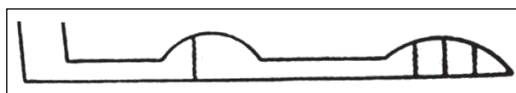
Rys. 60. Kształty wyrobisk korytarzowych w kopalni Laurion [25]

Technika wydobywania, jak poprzednio, polegała na drażnieniu chodników o minimalnych wymiarach (0,6 m × 1,0 m) (rys. 60), w kształcie prostokąta lub trapezu. Po dotarciu do złoża wykonywano komorę o wymiarach „do granicy złoża”. Urabianie odbywało się z „podsadzaniem ognia”, a następnie kruszeniem przy użyciu klinów, kilofów i młotów. Odstawę, jak od kilku tysięcy lat, realizowano w ciągniętych lub pchanych po spągu drewnianych nieckach. Istnieją przesłanki świadczące o tym, że w związku z powszechnym stosowaniem koła w kopalni pojawiły się **taczki**, ale one wymagały wyrobisk o większych wysokościach. W szybach urobek wynoszony był w workach, powszechnie stosowano drabiny sytuowane na drewnianych pomostach. To również technika, która powstała kilka tysięcy lat wcześniej. W upadowych o znacznym nachyleniu, w spągu, wycinano schody.

Budowa złoża pozwoliła na zastosowanie nowych systemów wybierania (eksploatacji): **schodowo-spągowego** (rys. 61) i **schodowo-stropowego** (rys. 62).



Rys. 61. Kopalnia Laurion,
komora w układzie
schodowo-spągowym [237]



Rys. 62. Kopalnia Laurion,
komora w układzie
schodowo-stropowym [237]

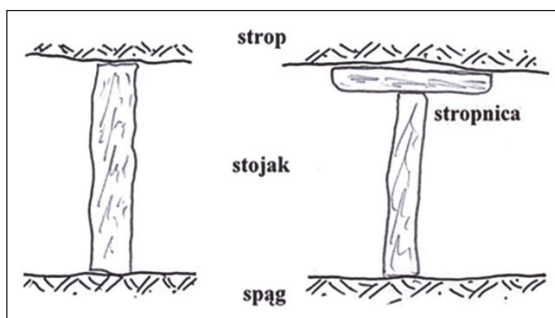
W komorze w układzie schodowo-spagowym urabianie spagu prowadzi do pogłębiania komory. W komorze w układzie schodowo-stropowym urabia się strop, pozostawiając część urobku na spagu. Powoduje to, że „podnosi się on”, stając się „spagiem sztucznym”. Zachowywanie mniej więcej stałej wysokości pomiędzy spagiem a stropem umożliwia jednak pracę. Zalegający w spagu urobek usuwa się po zakończeniu urabiania skał stropowych.



Rys. 63. Filary sztuczne w kopalni Laurion [25]

Zasadniczo prowadząc eksploatację, ówcześni górnicy starali się nie przekraczać wymiarów wyrobisk, tak aby ich stateczność była niezagrożona. Niekiedy jednak zachodziła konieczność podparcia stropu. Wtedy w komorze pozostawiano **filary naturalne** lub **sztuczne** układane ze skały płonnej (rys. 63). Rzadziej stosowano **obudowę drewnianą** w postaci „słupów” (**stojaków**)

z drzewa oliwnego. Pojawia się również obudowa drewniana składająca się ze stojaka i **stropnicy** (rys. 64).

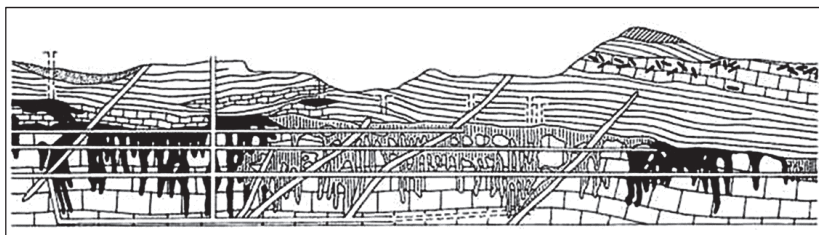


Rys. 64. Stojak drewniany ze stropnicą (rekonstrukcja na podstawie [25])

Do oświetlenia miejsca pracy używano terakotowych lub ołowianych lampek oliwnych, jedno- lub wieloknotowych, umieszczanych w specjalnie wykutych w ociosie niszach. Tak więc i w tym dziale techniki nic się nie zmieniło. Nowością jest coraz powszechniejsze mocowanie lampki do czoła górnika [192].

Rozwój techniki prowadzi do pojawienia się skomplikowanej **struktury kopalni** (rys. 65). Jest to kopalnia powstała wskutek łączenia wyrobisk kopalń mniejszych. Moglibyśmy dzisiejszym językiem powiedzieć, że jest to **kopalnia zespolona**. Jej rozległość była znaczna. Szacuje się, że długość wszystkich wy-

robisk sięga 150 km [25], liczba szybów wynosi ok. 200. Struktura wielopoziomowa kopalni wymagała rozwiązania wentylacji.

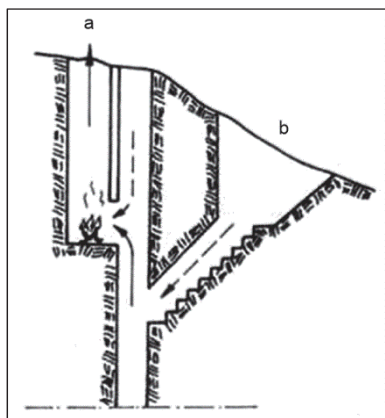


Rys. 65. Kopalnie Laurion, przekrój przez złożo.

Kolorem czarnym zaznaczono skały złożowe, białym – zrobry z okresu antycznego [25]

Pamiętamy, że depresję naturalną odkryto już w neolicie. Jej efektywność wystarczała do przewietrzenia kopalni dwuszybowej, jednak w wyrobiskach rozleglejszych była niewystarczająca. Stąd pojawiła się potrzeba zintensyfikowania przepływu powietrza przez wyrobiska. Pomysł na nowe źródło depresji pojawił się prawdopodobnie w związku z powszechnym używaniem ognia (podkładanie ognia) w celu kruszenia calizny skalnej. Źródło temperatury to **depresja cieplna** zwiększająca intensywność przepływu powietrza. Jej wykorzystanie wiąże się z powstaniem tzw. **żarowni** (jak ją nazywa S. Majewski [184]).

Na rysunku 66 pokazano przykład (prawdopodobnie) kopalni Laurion [237]. Jak widać, wylot szybu na powierzchnię stanowią dwa kanały. Główny (a), który

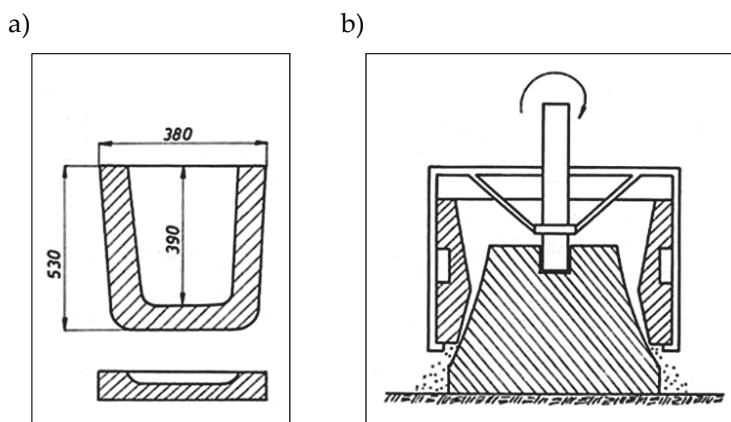


Rys. 66. Szyb z żarownią
(na podstawie [237])

ym powietrze z kopalni wypływa, i boczny (b) umożliwiający dotarcie do kopalni bez kontaktu z dymami z ogniska, które pali się w jednej z części kanału (a). Jego część druga służy do dostarczania opału i dojścia obsługi (coraz częściej ognisko będzie palone w specjalnym koszu żelaznym, który będzie można podciągać do wylotu, to właśnie żarownia). W czasie przewietrzania zarówno część robocza kanału (a), jak i kanał (b) są zamknięte klapami. Tak pojawia się powszechna dzisiaj **wentylacja ssąca kopalni**.

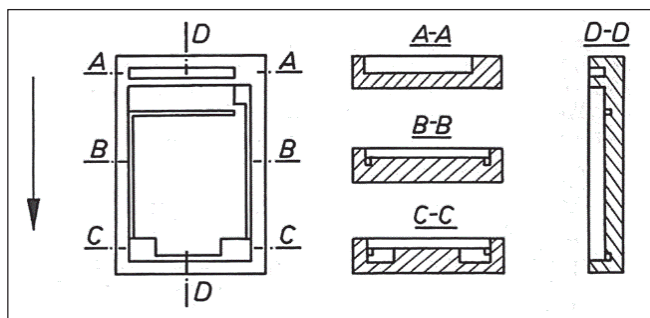
Urobek nim trafił na powierzchnię, podlegał wstępnej kwalifikacji – kopalina czy skała płonna. To znamy z okresu podziemnych kopalń neolitycznych. Podobnie jak wtedy skałę płonną pozostawiano w zrobach oraz wykorzystywano do budowy filarów sztucznych. Urobek na powierzchni podlegał klasyfikacji. Przeznaczony do dalszej obróbki tłuczono w kamiennych stęporach. Podobnie z pewnością postępowano wcześniej, jednak znalezione w Laurion **urządzenia przeróbcze** pozwalają na zaprezentowanie tej gałęzi technologii górniczej.

Do rozdrobnienia rudy służyły **stępor** i **młyny** (rys. 67). W stęporach tłukiem okutym metalem lub zakończonym twardą skałą rozdrabniano materiał na ziarna o wielkości kilkunastu milimetrów. W młynie, działającym na zasadzie żaren używanych do otrzymywania mąki, uzyskiwano ziarna o wymiarach kilku milimetrów (wymiar ziaren prosa). Wydajność tych operacji wykonywanych przez czterech pracowników wynosiła około 4 Mg w ciągu doby.



Rys. 67. Stępor (a) i młyn (b) [wg 237]

Kolejno ziarna poddawane były procesowi wzbogacania w płucce. O technologii wzbogacania rud wspominałem, opisując wykorzystanie strumienia wody płynącej w rzece (rejon góry Ararat). W Laurion pojawia się specjalny **stół płuckowy** (rys. 68). Przygotowana **nadawa** poddawana była procesowi wzbogacania. Wsypany porcję na stół kamienny i polewano wodą. Ziarna niezawierające metalu (lżejsze) przenoszone były w strumieniu wody na dalszą odległość. Wypłukaną rudę suszono i przekazywano do procesów hutniczych (prażenia, topienia).



Rys. 68. Stół płuczkowy – kopalnia Laurion [237]

Laurion modelem kopalni współczesnej

Stawiając powyżej tezę, jej wykazanie rozpoczniemy od problemu **własności złoża**. Pewnie problem ten nie wchodzi w zakres technologii, jednak (jak będziemy wielokrotnie podkreślać) ma na nią wpływ.

Sięgnijmy do czasów wspólnoty plemiennej i przypomnijmy, że znalezione złożo zaspokajało potrzeby całego plemienia (nadwyżki sprzedawano), a jego wydobyciem zajmowali się ci członkowie plemienia, którzy nabyli odpowiednie umiejętności. Jeśli plemię eksploatowało kilka kopalń, to granice pomiędzy załogami w nich pracującymi ustalał wódz.

Kiedy pojawiły się starożytne państwa despotyczne (Egipt, Mezopotamia, Persja) złoża stają się własnością panującego. On ustalał nadzorców kopalń, do niego należały produkty z kopalń lub zysk. Podobnie jest w starożytnych republikach, z tym że zdarzało się, iż różne rody posiadały własne kopalnie.

W demokracji ateńskiej złożo należało do jej społeczności. Dochody uzyskiwane z kopalń dzielono pomiędzy jej członków oraz używano do celów ogólnospołecznych. Decyzje o działalności górniczej w jej imieniu podejmowali urzędnicy wybrani w demokratycznych wyborach. Tworzyli **prawo górnicze**. Powołać również urząd, który zajmował się nadawaniem uprawnień do działalności górniczej oraz sprawował kontrolę nad sposobami jej prowadzenia (w nim można doszukać się pierwowzorów późniejszych urzędów górniczych). Osoba

uzyskująca prawo do wydobywania kopaliny zobowiązana była do płacenia co roku określonej kwoty (zwanej od średniowiecza **olborą**). Urząd sprawując nadzór nad eksploatacją zwracał również uwagę na bezpieczeństwo pracy w kopalni. Szczególnej ochronie podlegały te partie złożeń, które zarządzający kopalnią miał obowiązek pozostawić, by podpierając strop, zapewniały stateczność wyrobisk (dziś nazywamy je **filarami ochronnymi**). Za ich podebranie zarządzającego kopalnią można było ukarać nawet śmiercią (!).

Z chwilą rozpadu wspólnoty pierwotnej górnikami pracującymi przy wydobywaniu kopalin byli niewolnicy. Nie sprzyjało to postępowi technicznemu. Śmiertelność wśród nich była duża, pracowali ciężko, byli słabo odżywiani. W muzeum w Freibergu znajdują się żelazne kajdanki z resztkami kości, znalezione w antycznych wyrobiskach kopalni Laurion. Niewolnik pracujący w takich warunkach nie zdążył nabyć wiedzy górniczej na wyższym poziomie. Stąd częste wypadki górnicze.

Złożoność technologii spowodowała, że wśród ówczesnych górników możemy wyróżnić:

- geologa – poszukiwacza złóż, proponującego lokalizację szybów,
- geodetę – wytyczającego poziomy i kierunki drążenia wyrobisk,
- górnika pracującego w przodku,
- górnika odstawiającego urobek w:
 - wyrobiskach poziomych,
 - szybie,
- górnika zabezpieczającego strop,
- górnika odpowiadającego za przewietrzanie,
- przeróbkarza rozdrabniającego rudę,
- przeróbkarza wzbogacającego rudę,
- hutnika, gdyż przeróbka ogniowa rudy przez wiele lat będzie przypisana do górnictwa.

Nad pracą kopalni czuwał zarządzający, umocowany stosowną umową z „urzędem górniczym”. Do pomocy miał nadzorców (dzisiejszych **sztygarów**) wywodzących się z niewolników o dłuższym stażu. Ci byli cenionymi pracownikami. Kopalnia funkcjonuje prawie całą dobę (dwie zmiany po 10 godzin).

Spoglądając na przedstawiony wykaz, widzimy w nim dzisiejsze specjalizacje w zawodzie górniczym, a kilka powyższych uwag uzasadnia postawioną tezę.

Pierwsze zagrożenia górnicze

Kiedy słyszymy o licznych zagrożeniach, z jakimi pomimo tak rozwiniętej techniki dzisiejszy górnik się zмага, nie sposób nie zadać pytania: czy zagrażały one wydobywającym kopaliny kilka tysięcy lat temu? Bezspornie tak, tylko nie w takiej różnorodności i w takim stopniu.

Pierwszym, z jakim spotkał się górnik, było **zagrożenie osuwiskami i obwałami**. Ze zjawiskiem obsunięcia się skarpy ziemi miał do czynienia już górnik neolityczny, kiedy w wykonywanej jamie, po deszczu, obsunęło się zbocze. Podobnie górnik w Krzemionkach Opatowskich, będąc pod ziemią „zaledwie” 10 m, mógł być przygnieciony opadającą ze stropu bryłą. Tak więc możemy powiedzieć, że **wypadki w górnictwie** są tak samo stare jak samo górnictwo.

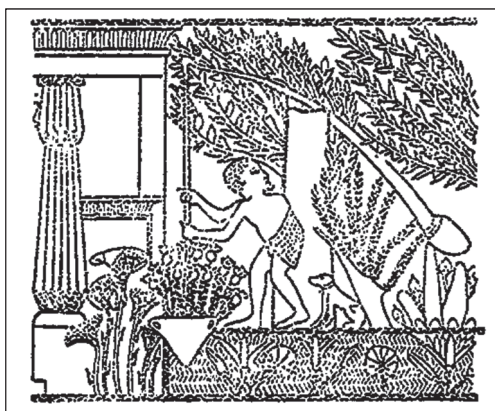
Już w Krzemionkach Opatowskich, kiedy nie zdążono przebić „światlika”, a chodnik miał długość kilku metrów, w wyrobisku mogły się pojawiać „straszne opary” (jak w czasach kopalń Laurion nazywano dwutlenek węgla) i górnik mógł się z braku tlenu udusić.

Występowało również **zagrożenie gazowe** (w odmianie **zagrożenia dwutlenkiem węgla**). Wobec opisanych kłopotów z uzyskaniem efektywnej wentylacji w kopalni o rozbudowanej strukturze i to zagrożenie będzie zbierać żniwo.

Od czasów Krzemionek Opatowskich minęło 3 tys. lat. Starożytny górnik z poziomu eksploatacji 10 m zszedł na głębokość ponad 100 m. Coraz większa głębokość powoduje, że pojawiają się inne zagrożenia – woda. Wiadomo, że pły-

nie z góry w dół! Pierwsze sposoby usuwania wody z przodka to wynoszenie jej – jak urobku – w skórzanych workach i drewnianych wiadrach. Następnie sięgnięto do doświadczeń dnia codziennego.

Pierwszym rozwiązaniem było zawieszenie naczynia na drągu przymocowanym do **żurawia** (taki jeszcze dzisiaj można zobaczyć w skansnach polskiej wsi (rys. 69 i 70).

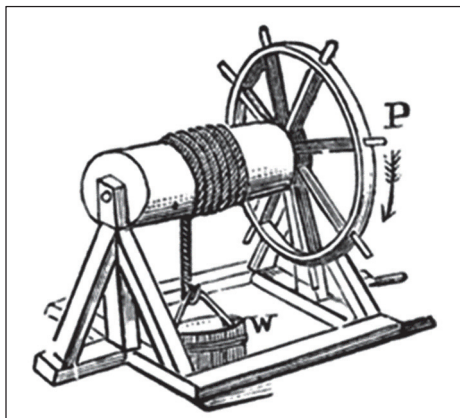


Rys. 69. Żuraw antyczny [25]



Rys. 70. Żuraw z XX wieku [124]

Pierwsze żurawie pojawiły się w kopalniach rud półwyspu Synaj i Egiptu. Zmniejszyły pracochłonność, ale ich zastosowanie było ograniczone do głębokości czerpania zależnej od wysokości podniesienia ramienia żurawia. Drugie ograniczenie to mała wydajność.

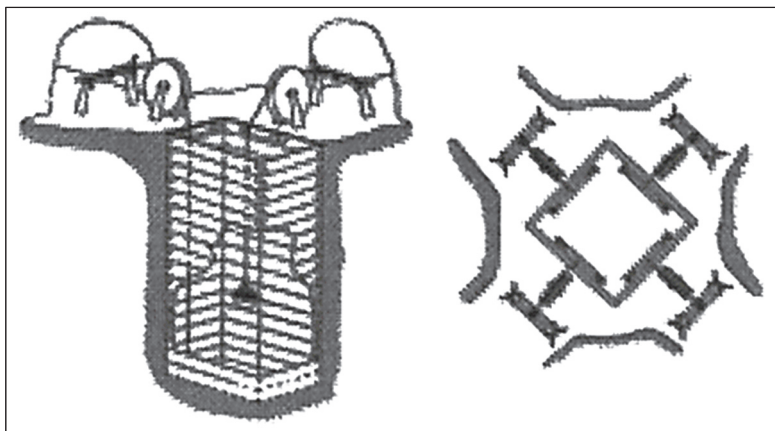


Rys. 71. Kołowrót [115]

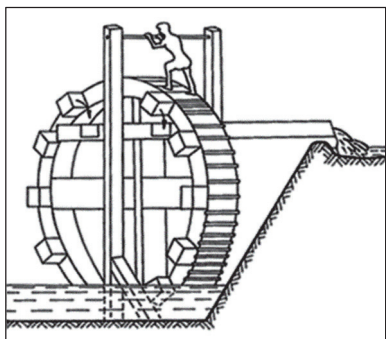
Wzorem ciągnięcia urobku w szybie z zastosowaniem kołowrotu (rys. 71) oraz nawiązując do doświadczeń ze studniami, do odwadniania zastosowano i to rozwiązanie. Jak poprzednie – miało ono wadę – było mało wydajne. Wspomniane urządzenia zapoczątkowały rozwój **maszyn górniczych**. Na rysunku 72 pokazano szybek w jednej z antycznych kopalń hiszpańskich, w którym do wyciągania wody zastosowano równocześnie cztery kołowroty. Zwiększały czterokrotnie wydajność procesu.

Owe najprostsze urządzenia przy większych dopływach wody nie wystarczały. Sięgnięto do rozwiązań stosowanych do nawadniania pól. Były nimi: **koło**

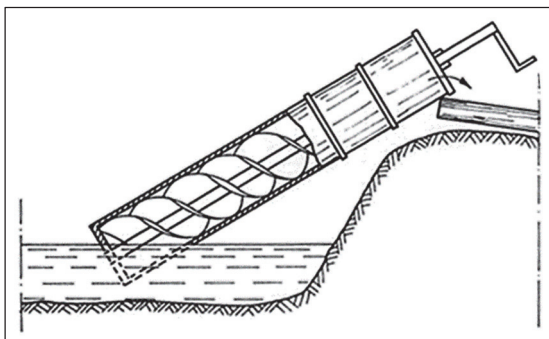
wodne z czerpakiem na obwodzie (rys. 73) i **śruba Archimedesa** (rys. 74), zwane przez niektórych archeologów „machinami hydraulicznymi” [192]. Napędzała je siła mięśni górników. Czerpały dużo wody (miały znaczną wydajność), ale na niedużą wysokość.



Rys. 72. Cztery kołowroty obsługujące szyb,
przykład z jednej z antycznych kopalń hiszpańskich [218]

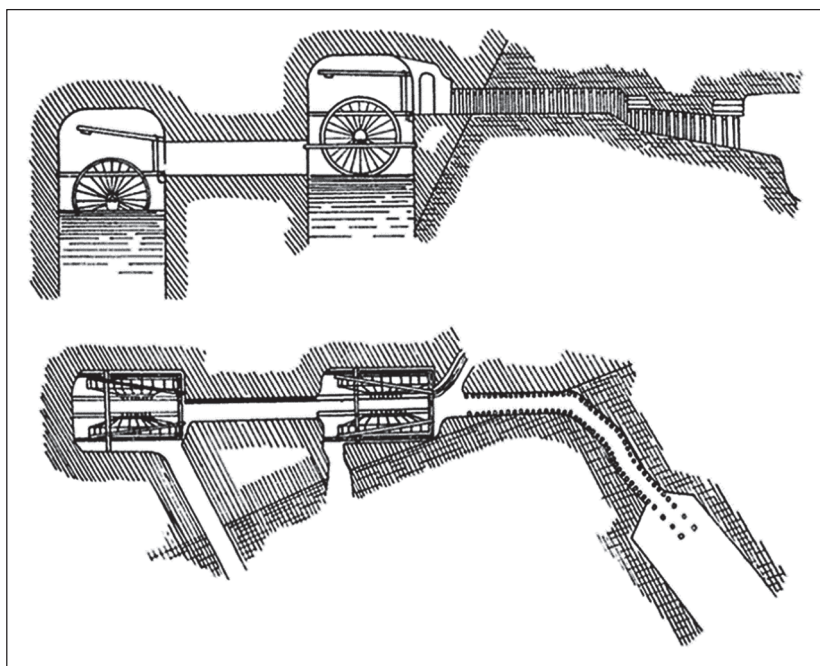


Rys. 73. Koło wodne [192]



Rys. 74. Śruba Archimedesa [125]

Celem zwiększenia wysokości podnoszenia (do kilku metrów) stosowano układy urządzeń (rys. 75). Użycie tak wydajnych maszyn wymagało wyposażenia kopalni w system drewnianych koryt, łączących poszczególne maszyny. Możemy więc powiedzieć, że w okresie około V wieku BC w kopalniach podziemnych rodzi się **system odwadniania**.



Rys. 75. Zespół podwójnych kół wodnych z czerpakami [192]

Kilka słów o narodzinach geodety górniczego

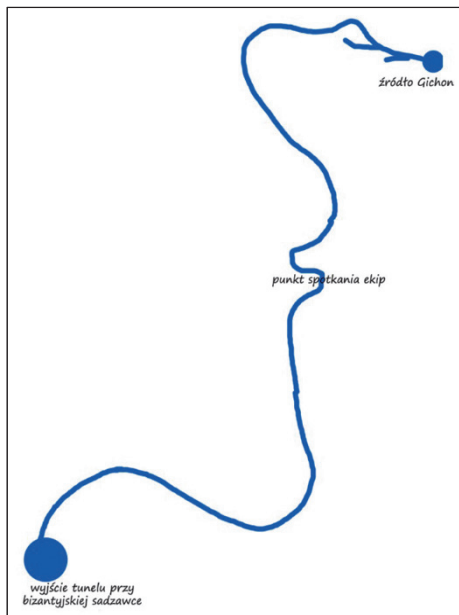
Wyodrębniając specjalistów górników w kopalniach Laurion, wymieniono geodetę, zwanego później przez wiele lat „markszajderem” lub „mierniczym górniczym” [214]. Poświęcę mu nieco uwagi, zastanawiając się, czym on się zajmował i jakimi metodami pracował.

Geodeta to ten, który mierzy odległości, wysokości, kąty (oczywiście w znaczeniu ogólniejszym, w skali „makro”, też ten, który poznawał, mierzył kształt naszej planety). Pomiaru te kiedyś służyły przede wszystkim ustaleniu granic pomiędzy poszczególnymi częściami powierzchni (działkami), ustaleniu miejsca lokalizacji obiektu (istniejącego lub planowanego), wyznaczeniu kierunku. Z czasem kierunki i odległości na powierzchni ziemi zaczęto odwzorowywać, najpierw

na glinianych tabliczkach, potem na papirusie. W ten sposób 3–5 tys. lat BC rodziła się geodezja.

Geodezja górnicza jest młodsza i można przyjąć, że rodziła się wraz z powstawaniem kopalń podziemnych o bardziej rozbudowanej strukturze i czerpała z doświadczeń geodety wykonującego pomiary w terenie. Zadaniem mierniczego górniczego było określenie granic pomiędzy kopalniami oraz ustalenie kierunku i długości wykonywania podziemnego wyrobiska, zwłaszcza wtedy, gdy chodziło o dotarcie do wyrobiska już istniejącego (np. szybu) lub gdy z dwóch szybów prowadzono wyrobiska, które miały się połączyć, na tzw. **zbicie**.

Nie zachowały się opisy pierwszych metod stosowanych przez „markszajderów”. Jeśli chodzi o pomiary, to z pewnością posługiwano się tymi samymi metodami co w budownictwie. A więc długości mierzono sznurami (później łańcuchami), kąt drewnianą węgielnicą (zwaną w Grecji „dioptra”). Do wyznaczenia linii poziomej używano poziomic (zwanej przez Rzymian „chorabate”) lub rozlewano wodę, która tworzyła płaszczyznę poziomą. Największy problem był z przeniesieniem kierunku pod ziemię. W tym celu w szybie opuszczano dwa piony. Wyznaczały one oczekiwaną płaszczyznę (kierunek). Rozpoczynanemu wyrobisku nadawano właściwy kierunek i utrzymywano go. Ułatwiały to wykuvane w ociosach nisze, w których stawiano lampki. Zmiana kierunku drążenia wyrobiska (wykonanie zakrętu) wymagała ustalenia nowego – węgielnicą. Z czasem na stropie wieszano sznurki (tzw. kierunki), utrzymując je w linii prowadzenia wyrobiska.



Rys. 76. Tunel Ezechiasza [62]

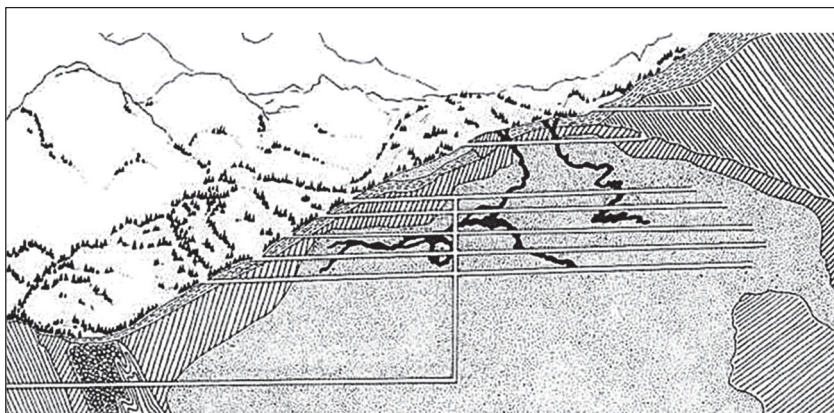
Kunszt starożytnych mierniczych górniczych trudno dziś zobaczyć w kopalniach, z uwagi na ich zachowany stan. Pokażemy go na przykładzie „Tunelu Ezechiasza” (rys. 76), wykonanego w Jerozolimie ok. 700 lat BC, który łączy z sobą źródło Gichon z biblijną sadzawką Siloe. Został wykonany metodą „na zbicie”, co dokumentuje tabliczka z inskrypcją: „A podczas gdy było jeszcze do

wyrąbania 3 łokcie, dał się słyszeć głos mężczyzny wołającego do towarzyszy, ponieważ z prawej i lewej strony warstwy skalne zachodziły na siebie. A kiedy tunel został połączony, robotnicy rozłupali skałę jeden naprzeciw drugiego, topór przeciw toporowi, a woda popłynęła ze źródła w kierunku zbiornika znajdującego się 1200 łokci dalej. Wysokość skały nad robotnikami wynosiła 100 łokci”. Owe 1200 i 100 łokci, jak wykazały pomiary, to 530 m i 45–50 m. Różnica poziomów w miejscu spotkania wynosi 32 cm. Różnica w wysokości (pomiędzy sadzawką a źródłem) to 2,18 m. Tunel ma przekrój trapezowy o podstawie, średnio – 1,65 m, minimalnej wysokości 1,4 m, maksymalnej do 6 m. Nasuwa się pytanie, na które do tej pory nie znaleziono odpowiedzi: dlaczego taki kształt w rzucie poziomym? W linii prostej odległość wynosi 366 m. Hipotez jest kilka. Jedna z nich mówi, że wykonujący posuwali się za przesączającą się wodą. Inna, że kierunek wyznaczały łatwe do urabiania (o mocno rozwiniętej siatce podzielnosci) skały [62]. Jakkolwiek by było, doprowadzenie do zbitcia obu części tunelu świadczy o umiejętnościach ówczesnych mierniczych.

Wydobywano nie tylko metale.

Oprócz kamieni stanowiących przede wszystkim materiał budowlany (ale nie tylko, o czym świadczą rzymskie drogi), metali oraz ich rud (miedzi, cyny, żelaza, ołowiu, złota, srebra, rtęci, kamieni szlachetnych, bursztynu) w starożytności wydobywano sposobem podziemnym również sól kamienną. Wprawdzie z uwagi na łatwość urabiania jej eksploatacja nie wniosła istotnych nowości do techniki górniczej, ale, choćby z uwagi na rozległość eksploatacji przyjrzyjmy się kopalni w Hallstatt oraz rozważmy tezę, jaką stawiają niektórzy badacze, iż była to najstarsza podziemna kopalnia soli w Europie. Znajduje się w Alpach Salzburskich na wysokości ok. 1000 m. Jej początki sięgają VIII stulecia BC.

Na prawie dwa tysiące lat zapomniano o niej. Kiedy współcześnie rozpoczęto eksploatować sól alpejską (kopalnia Salzwelten Hallstatt), natknięto się na wyrobiska prehistoryczne (kolor czarny, rys. 77). Najgłębsze z nich leży 330 m od powierzchni terenu. Z uwagi na technikę, jak wspomniano, kopalnia nie prezentuje niczego nowego. Może poza formą transportowanego urobku, którego bryły miały ciężar nawet 40 kg.



Rys. 77. Przekrój przez prehistoryczną kopalnię soli Hallstatt [188]



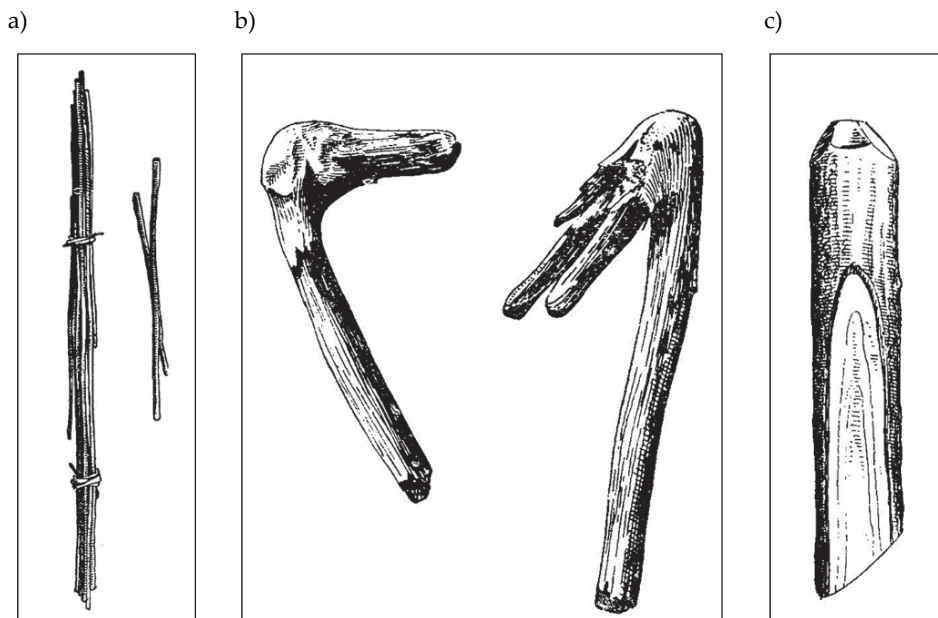
Rys. 78. Torba skórzana na urobek.
Kopalnia Hallstatt [188]

Nowością było też wynoszenie drobnego urobku w torbach (koszach) ze skóry wołowej (rys. 78), o wysokości 0,8 m, co umożliwiałały wyrobiska, w których górnicy swobodnie poruszali się w pozycji stojącej. Stosowano również torby noszone w rękach.

Pewnymi odmiennymi cechami charakteryzują się też narzędzia używane w kopalni (rys. 79). Na przykład pochodnie (a) miały długość do 1 m i składały się aż z 40 drzazg sosnowych i/lub jodłowych związanych łykiem lipowym. Styliśki drewniane do siekier (b) wykonywane z drewna bukowego posiadały charakterystyczne rozwidlenia, w których mocowano narzędzie. Kliny z brązu miały oryginalny kształt.

W kopalni powszechnie stosowano stojaki drewniane, na ogół bez stropnic. Drewniane drabiny (takie same jak w Krzemionkach Opatowskich) z wyciosanymi stopniami ułatwiałały poruszanie się w wyrobiskach

silnie nachylonych. Tutaj też (być może po raz pierwszy) w szybach i szybikach odbywał się **zjazd na linie**.



Rys. 79. Rekonstrukcja narzędzi górniczych używanych w kopalni Hallstatt [188]:
a) łuczywo i pochodnie; b) styliska drewniane do siekier; c) klin z brązu

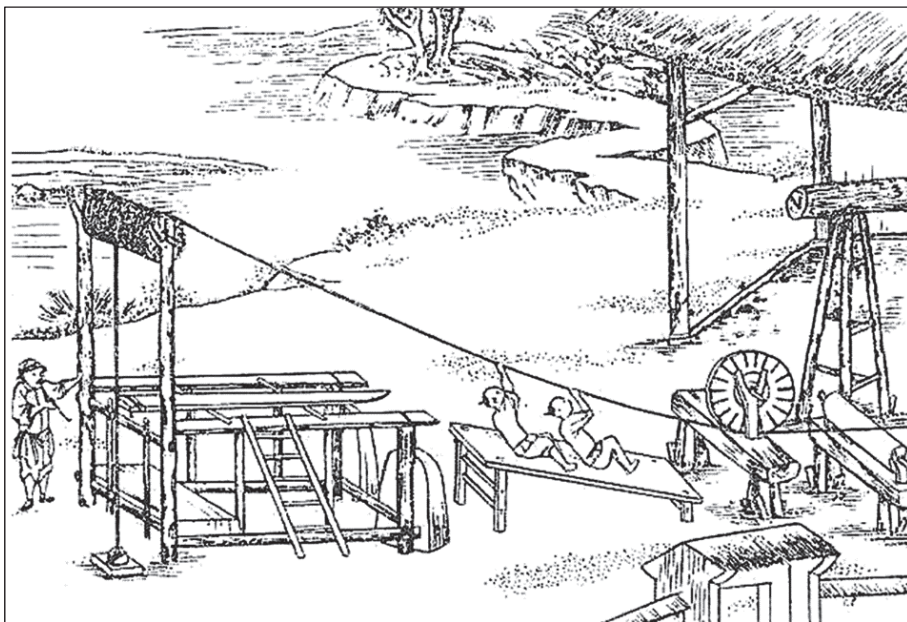
Z archeologicznego punktu widzenia ciekawostką jest to, że w jednym z wyrobisk w 1734 r. znaleziono zakonserwowane w soli zwłoki prehistorycznego górnika. Nie są to jedyne szczątki człowieka znalezione w kopalni, co świadczy o licznych wypadkach, jakie w nich miały miejsce.

Również technika wiertnicza korzeniami tkwi w starożytności.

Wykonywanie otworów polegające na wykuwaniu znane było w neolicie. Również w tamtej epoce nauczono się wykorzystywać ruch obrotowy narzędzia przy wytwarzaniu przedmiotów z kości. Sposób wiercenie otworów w skale, jak wspomniano, opracowano w starożytnym Egipcie. Uzyskany otwór, jeśli nawet

wykonany w skale, nie może być uznany za wyrobisko górnicze, czyli **otwór wiertniczy**. Ten pojawi się dopiero wtedy, kiedy zostanie opracowana technika jego wykonywania celem dotarcia do wód podziemnych (głównie solanek), a więc kiedy dla ich pozyskania wykona się wyrobisko górnicze. Miało to miejsce w starożytnych Chinach [3], ok. 1000 lat BC. Wykonywane otwory miały głębokość kilkudziesięciu metrów, a postęp dobowy wynosił 0,5–1,2 m.

Studnię wykonywano, uderzając w skałę metalowym narzędziem, zwanym **dłutem**, zawieszonym bezpośrednio na linie konopnej (**wiercenie linowe**) albo przymocowanym do łodygi bambusowej pełniącej rolę **żerdzi** (**wiercenia żerdziowe**).



Rys. 80. Wiercenie udarowe – linowe (600 lat BC) [3]

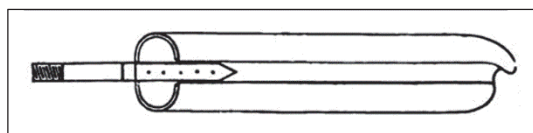
Na rysunku 80 pokazano schemat wiercenia udarowego – linowego. Kruszenie skały (**urabianie dna otworu wiertniczego**) odbywa się z zastosowaniem odpowiednio dociążonego dłuta uderzającego w skałę. Zawieszenie na linie powoduje, że ostrze dłuta za każdym razem uderza w inne miejsce, w efekcie krusząc skałę w całym przekroju dna. Ruch liny (góra – uderzenie, ok. 12 razy/min) powodowali robotnicy (**wiertacze, wiertnicy**) ciągnący za linę.



Rys. 81. Wiercenie uderowe, żerdziowe – stan techniki ok. 600 lat BC [3]

Wiercenie żerdziowe (rys. 81) różni się od linowego tym, że pomiędzy dłutem a liną jest żerdź (do niej jest przymocowane dłuto). Pełni rolę obciążnika (zwiększającego siłę uderu) i pozwala na precyzyjne zachowanie liniowości (pionu) wykonywanego otworu. Ruch narzędzia w prezentowanym przykładzie uzyskuje się na skutek obrotów koła (powodowanych pracą wiertników lub zwierząt), na które nawinięta jest lina. Koło służy również do wyciągania z otworu **przewodu wiertniczego**.

Powstały w wyniku kruszenia dna urobek (**zwierciny**) wydobywany jest na powierzchnię **łyżką**, czyli **narzędziem wiertniczym** wykonanym z metalu, przymocowanym do liny lub żerdzi. Jej kształt powoduje, że wskutek obrotu lub swobodnego opadania na urobek nabiera ona zwiercin. Przedstawiona na rysunku 82 łyżka jest wprawdzie znacznie młodsza (początek XVIII w.), niemniej rycina dobrze ilustruje zasadę działania tego narzędzia.



Rys. 82. Łyżka do wybierania zwiercin z otworu wiertniczego – narzędzie stosowane w XVIII wieku [3]

W Europie z tego okresu nie znajdujemy śladów stosowania techniki wiertniczej do wykonywania otworów. Przyjdzie nam na to czekać do X wieku.

Długa przerwa

W naszej wędrówce po dziejach techniki górniczej dotarliśmy do ostatnich lat istnienia Cesarstwa Rzymskiego. Wspaniała cywilizacja, która i w pozyskiwaniu surowców naturalnych osiągnęła doskonałe wyniki, upadła. Granice Cesarstwa ze wszystkich stron atakowane były przez ciągnące z głębi Azji ludy barbarzyńskie. Rozpoczął się okres wojen na znacznej części kontynentu. Wydarzenia w basenie Morza Śródziemnego spowodowały, że upadają funkcjonujące centra pozyskiwania metali (szczególnie żelaznych).

Na terenie Europy najazdy, wojny i walki powodowały, że nowi „gospodarze” kontynentu potrzebowali przede wszystkim broni, dla której wyrobu podstawą było żelazo. Nic więc dziwnego, że jego rudy stanowiły główny przedmiot zainteresowania górników wczesnego średniowiecza. Obfitość rud darniowych w strefie klimatów umiarkowanego i chłodnego (nie znano tego typu rud w starożytnym Egipcie, Persji czy Grecji) związana z ich tworzeniem się i łatwość pozyskiwania sprawiła, że górnik okresu „barbarzyńskiej Europy” nie musiał posiadać specjalnych umiejętności. W miejscach jej występowania wystarczy zdjąć wierzchnią warstwę gleby, by z dużym prawdopodobieństwem napotkać na głębokości 20–30 cm czerwono-brunatną rudę żelaza, podobną do grubo zmielonej kawy. Grubość takiego złoża jest zwykle niewielka – od kilku centymetrów do najwyżej 1 m. Ruda ma postać pylistą lub gruzełkowatą, a czasami tworzy twarde, lite płyty o powierzchni do kilkudziesięciu metrów kwadratowych (rys. 83). To ruda darniowa, z którą (wykorzystywaną, przypomnijmy, do wyrobu barwników) spotkaliśmy się w Rydnie.



Rys. 83. Podstawowy surowiec mineralny wczesnego średniowiecza – bryłka rudy darniowej [113]

Powszechność występowania tych rud w Europie Środkowej sprawiła, że na terenach dzisiejszej Polski (zachodnie Mazowsze) istniał jeden z dwóch największych ośrodków hutniczych w barbarzyńskiej Europie (drugi, większy, był w Górach Świętokrzyskich), w których wytapiano żelazo [86].

W okresie od I do IV wieku w tysiącach prymitywnych dymarek wytopiono ok. 3000 ton żelaza. Znaczna jego część prawdopodobnie posłużyła do produkcji broni. Wiedząc, że do wytworzenia miecza potrzeba było ok. 1 kg żelaza, łatwo sobie wyobrazić, jak wielką armię można było uzbroić narzędziami walki produkowanymi w tych ośrodkach. Sądzi się, że to one dostarczyły mieczy plemionom barbarzyńców, które potem wyruszyły na podbój Imperium Rzymskiego. Wraz z upadkiem Rzymu, gdy plemiona germańskie przeniosły się na zachód i południe, kończy się masowa produkcja żelaza na tych ziemiach¹³.



Rys. 84. Fragment muru z wbudowanymi bryłami rudy darniowej [113]

Rudy darniowe były również surowcem dla kolejnej gałęzi przemysłu (przypomnijmy: pierwszy – „kosmetyczny”, produkcja barwników w neolicie, drugi – wytop żelaza) – budownictwa (rys. 84). Tam gdzie występują, są powszechnie stosowane jako materiał do budowy fragmentów murów i ścian.

À propos budownictwa. We wczesnym średniowieczu powstaje nowy typ osadnictwa, bardziej odpowiadający barbarzyńcom. Wyludniły się stare miasta rzymskie, a osiedla zakładano na wzgórzach i innych miejscach ułatwiających obronę. W centrum znajdował się dom władcy, otaczały go zabudowania gospodarcze, a całość chronił mur.

¹³ Z przyczyn oczywistych nie omówiono wytopu rudy np. w prostych piecach dymarkowych.

Z chwilą przyjęcia chrztu panujący zaczęli obok swych siedzib wznosić kościoły. Tak pojawiło się powszechne zapotrzebowanie na trwałe budowle. Trwałość zapewnia kamień, powraca lepszy czas dla górnictwa skalnego. Górnik ponownie nie tylko wydobywa, ale i obrabia. Powstają wspaniałe obiekty. Wśród zachowanych budowli można wymienić: Mauzoleum Teodoryka w Rawennie¹⁴ i kościół San Juan Bautista w Baños de Cerrato (661 r.).

Nowy podział Europy, tworzące się potężne królestwa, znaczący wzrost liczby ludności z wyraźnie wyodrębniającą się klasą panującą jeszcze bardziej zwiększają zapotrzebowanie na budulec kamienny. Można zaryzykować twierdzenie, że górnictwo materiałów budowlanych zarówno w średniowieczu wczesnym, jak i w okresie dojrzałego średniowiecza będzie wiodącym działem górnictwa.

Rozważając rozwój techniki górniczej i oceniając postęp, jaki się w niej dokonywał, można zauważyć, że średniowiecze, tak wczesne jak i dojrzałe (od XII do XIII w.) nie wnosi do niego istotnych elementów. Potwierdzają to również liczne ślady kopalń rud metali nieżelaznych istniejących w Azji Średniej (Uzbekistan, Tadżykistan, Afganistan) oraz pojawiające się nowe centra górnictwa rudnego w Europie [25]. Stąd owa długa przerwa!

Agricola i jego poprzednicy

Górnik eksploatuje skały zalegające w skorupie ziemskiej, będące jej elementem. Nic dziwnego, że już starożytni filozofowie zastanawiając się nad „naturą rzeczy”, w swoich pismach zwracali uwagę na kopaliny. O górnictwie wspomina również Biblia. Pojawiają się w niej słowa: kopalnia, ruda, metal (z nazwy wymieniono złoto, srebro, miedź, ołów, cyna), wspomina również o stopach (brąz, spiż), wymienia się narzędzia wykorzystywane w górnictwie (łopata, młot, kilof).

¹⁴ Około 515 r. sprowadzono do Rawenny z Istrii potężny, wstępnie obrobiony blok wapienia o objętości ok. 360 m³. Już na miejscu budowy wykonano z niego sklepioną wewnątrz kopułę.

Temat historii poznawania surowców mineralnych jest niezwykle obszerny. Przy okazji przedstawiania historii hutnictwa stan wiedzy geologiczno-górnictwa, jaki istniał wśród filozofów starożytnych, obszernie omówił J. Górny



Rys. 85. Portret Agricoli [96]

w swej monografii [31]. Już tylko na jej podstawie można stwierdzić, że wiedza geologiczno-górnictwa, jaką ta epoka przekazała średniowieczu, jest znacząca. Kolejny raz zastrzegając, że praca ta nie pretenduje nawet do naszkicowania tematu, jedynie skonstatujmy, że wśród tych, którzy w swych dziełach wspominali o złożach i górnictwie, są: Herodot, Pliniusz, Strabon, Ksenofont, Sofokles, Wergiliusz i wielu, wielu innych. Ich wiedzę na przełomie średniowiecza i renesansu posumował w swych pracach genialny naukowiec-górnictwa (ośmielę się nazwać go ojcem nauk górniczych) – Georg Pauer (Bauer) zwany **Agricolą** (1494–1555) (rys. 85).

Nie on jednak był autorem pierwszego podręcznika o górnictwie. Był nim Ulrich Rülein von Kalbe (Calbus Fribergius), który opublikował w 1505 r. w Augsburgu *Ein nützlich Berg büchlin von allen Metallen* [76]. Była to jednak praca, w której pomieszana została wiedza z wyobrażeniami (o czym później).

Agricola kształcił się na uniwersytetach w Lipsku, Bolonii i Padwie, tam uzyskał doktorat z medycyny. Od 1527 r. pracował jako lekarz w Jachymowie, gdzie jednak większość czasu poświęcił na studiowanie górnictwa, geologii, mineralogii i hutnictwa. Czynił to również podczas licznych wypraw w góry, do kopalń. Dziś powiedzielibyśmy, że prowadził **geologiczne badanie terenu**. W 1533 r. przeniósł się do Chemnitz, gdzie przez pewien czas był burmistrzem. Napisał kilka prac, z których górnictwa i geologii dotyczą: *De ortu et causis subterraneorum* (1544, w której zawarł podwaliny geologii fizycznej), *De Natura Fossilium* (1546, o właściwościach kopalin), *De veteribus et novis metallis* (1546, o starych i nowych metalach) i najważniejsza: *De re metallica* (1556, o górnictwie i hutnictwie). Dwie ostatnie stanowić będą dla autora podstawę opisu stanu techniki tego okresu. Z drugiej pochodzą będą cytaty i wiele zamieszczonych ilustracji¹⁵.

¹⁵ Ilustracje z tego dzieła Agricoli spotykamy powszechnie w literaturze dotyczącej górnictwa. Są chyba najczęściej cytowane przez następców genialnego autora.

Z pewnością Agricola znał również poziom górnictwa z terenu Europy okresu wczesnego i dojrzałego średniowiecza. W miarę jak nowe królestwa krzepły, wzrastało zapotrzebowanie na metale, szczególnie te, z których bito monety oraz wytwarzano kosztowności. Jest ciekawe, że w X–XII wieku nowe centra wydobywcze są własnością zakonu cystersów [25]. Wydaje się, że to oni w dużym stopniu stanowili o postępie technicznym w kopalniach tamtego czasu. Podsumowanie tej wiedzy znajdziemy w wymienionych dziełach.

O poziomie wiedzy górniczej w tamtych czasach świadczy fakt, że już na początku *De re metallica* autor wymienia dziedzinę, z jakich górnik musi posiadać wiadomości. W dzisiejszej nomenklaturze to przede wszystkim: geologia regionalna, geologia złożowa, mineralogia i petrografia, geochemia(!), przeróbka, hutnictwo. Ale i medycyna, astronomia i miernictwo, arytmetyka, budownictwo, prawo i mechanika. Zdaje sobie sprawę z zagrożeń, z jakimi spotyka się górnik pod ziemią („trujące powietrze”, obwały), z **chorób zawodowych** (suchoty, pylica). Na podkreślenie zasługuje, że Agricola do naszego języka wprowadza określenie **sztuka górnicza**. Żmudnie uzasadnia twierdzenie, że górnictwo jest człowiekowi niezbędne (a z jego prac wynika, że już wtedy miało przeciwników).

W aspekcie współczesnych przywiązań do tematyki środowiskowej zadziwiająca jest świadomość autora, jak górnictwo degraduje przyrodę. Pisze: „Lasy i gaje są wycinane, bo ogromna ilość drewna potrzebna jest na obudowę, na maszyny, na wytapianie rudy. Jeśli są wycinane lasy i gaje, wyprowadzają się ptaki i zwierzyzna [...] Zawartość żył pełnych rudy się płucze, co zatruwa potoki rzeki oraz zabija lub wygania ryby”. Zaiste niezwykle stwierdzenia jak na początek XV w. Choć zaraz w obronie górnictwa dodaje: „[...] górnicy zazwyczaj kopią góry nieurodzajne i doliny otoczone ciemnością [...] gdzie lasy się wycina, tam po usunięciu korzeni i krzewów zaraz sieje się zboże, które to nowe pola od razu tak bogate, że wynagradzają dając plony, które mieszkańcy mają z tego powodu, że drożej kupują drewno”.

Przejdźmy do praktyki, zaczynając od...

...rozwoju geologii.

Praktyczna wiedza w zakresie poszukiwań geologicznych jest nieco poszerzona w stosunku do starożytnej. Geolog idzie w teren i na podstawie oznak na

powierzchni ocenia możliwość występowania złóż („żył”). Najwięcej informacji dostarczają doliny potoków i rzek, przede wszystkim za sprawą „minerałów i ich odłamków” zalegających w korytach i na brzegach oraz „smaku” wody. Intensywność występowania w rumoszu skalnym i piaskach „kruszców” czy „kamieni szlachetnych” zależy o odległości od miejsca ich występowania w postaci „żyły”. Również „smak wody” będzie świadczył o występowaniu w sąsiedztwie takich surowców, jak: sól, ałun, siarczan miedzi („witriol”), siarka czy „bitum”, co oznaczało zapewne ropopochodne. Dalej, informacje czerpane były z naturalnych odsłonień, do których, oprócz znanych wcześniej skarp i ścian parowów oraz wykrotów po przewróconych drzewach, dochodzą skutki zjawisk atmosferycznych, takich jak: wiatr, ulewa, lawina kamienna. Podczas uprawy ziemi można spotkać oznaki występowania kruszców, a także w wyniku pożaru lasu, przygotowując teren pod uprawy. Również przyroda ożywiona dostarcza informacji o budowie geologicznej. Według Agricoli rośliny rosnące na rudach wolniej ulegają oszronieniu. Odmienna (od przeciętnej) barwa liści drzew, zwłaszcza wiosną, to również wskazówka występowania rud. Rudy w podłożu mają wpływać na gorsze przyrosty drzew. Stąd też „nad rudami” drzewa są „gorszej jakości, łatwiej podlegają wywróceniu”.



Rys. 86. Różdżkarz [1]

Nadal podstawowym narzędziem stosowanym przy poszukiwaniach złóż jest różdżka (rys. 86), znana i stosowana w starożytności. Teraz jednak pojawia się pewna „specjalizacja aparatury”. Do szukania srebra używa różdżki z leszczyny, miedzi – z jesionu, ołowiu – z sosny, cyny i złota – z żelaza. Agricola posługiwanie się różdżką opiera na istnieniu „siły żył”, która powoduje jej wygięcie. Zauważa, że siła ta działa nie na każdego. Odżegnuje się jednak od stwierdzeń „niektórych”, że aby różdżka zadziałała, należy znać specjalne zaklęcie. Znalezionej żyłce nadaje się imię własne, związane na ogół z osobą odkrywcy (nazwisko, przydomek) lub panującego – właściciela terenu.

Kolejne geologiczne zagadnienie to **formy złożowe**. Agricola generalnie wszystkie złoża zalicza do **żył**. Wyróżnia żyłę: „głębinową”, „pokładową” (**pokład**) oraz „słup” (**wysad**). Jeśli odległość pomiędzy żyłami jest niewielka, skałę tę nazywa „**przerostem**”. Z uwagi na grubość dzieli je na „grube” i „wąskie”. W pokładach wyróżnia „cienkie” (kilkucentymetrowe). Na rysunkach 87 i 88 przedstawiono ilustrację dwóch form żył.



Rys. 87. Przykład żyły prostej [1]



Rys. 88. Przykład żyły pokładowej [1]

Jest to już okres, kiedy znany jest kompas (o którym później), zatem stosunkowo prosto było podawać kierunek zalegania żyły. Określano go w stosunku do kierunku północ – południe. Posługiwano się okręgiem podzielonym na 24 części, numerując je (dwa razy od 1 do 12). Podawano kierunek, np. z „4” na „4”. Nieco inny sposób to korzystanie z greckiej róży wiatrów przypisującej każdemu z 24 kierunków określoną nazwę. W przypadkach złóż złożonych z żył o różnych kierunkach zapadania ustalono kąty pomiędzy nimi. Próbowano odwzorowywać nieregularności i nieciągłości (rys. 89).

Opisowy sposób przedstawiania układu żył złożonych skutkuje wprowadzeniem szeregu określeń dzisiaj niestosowanych (np. „głowa żyły”, „ogon żyły”). Pojawiają się pewne pojęcia z hydrogeologii. Na przykład **żyła wodonośna** to „druzowata”¹⁶ (choć może być zawierająca powietrze), sucha to „pełna”. Autor

¹⁶ Określenie „druzowaty” jest dzisiaj rzadko używane. Oznacza warstwę skał silnie spękanych.

zwraca uwagę również na istniejące w skałach **płaszczyzny pomniejszonej spójności**.



Rys. 89. Żyłą główna (A) przemieszczona (C) [1]

Na podstawie drugiego fundamentalnego dzieła Agricoli (*De vertribus et novis matallis*) należy stwierdzić, że autor posiada bogatą wiedzę o rozmieszczeniu eksploatowanych złóż, zarówno w starożytności, jak i czasach jemu współczesnych. Obejmują one basen Morza Śródziemnego oraz Azję Południowo-Zachodnią, Afrykę Północną i oczywiście Europę¹⁷.

Na koniec rozważań o stanie geologii złóżowej i pokrewnych postawmy tezę, że początek renesansu to okres, w którym ta nauka tak się rozwija, że od tej pory stanowić będzie odrębną od górnictwa dyscyplinę. Choć z pewnością w stosunku do górnictwa nadal będzie pełnić rolę „usługową”.

¹⁷ Tłumacz dzieła inż. Stanisław Majewski deklarował opracowanie swoistej mapy rozmieszczenia opisanych przez Agricolę złóż. Niestety (chyba) nie zrealizował swego zamiaru. Będzie to trudne, bo szereg nazw geograficznych zmieniała się od tamtych lat. Opracowanie tej mapy czeka, a efekt byłby z pewnością interesujący.

Po raz pierwszy pojawiają się zasady założenia kopalni.

Przypomnijmy, w antyku kopalnie lokalizowano i zakładano, kierując się głównie wychodnią złoża i zaczynając na ogół wybieranie systemem odkrywkowym. Kiedy z uwagi na objętość nadkładu konieczną do usunięcia ten sposób stawał się nieefektywny, przechodzono na eksploatację podziemną. W przypadku kilku kopalń sąsiadujących granice ustalał właściciel lub jego pełnomocnik. Brak jest jakichkolwiek zasad, które określałyby odległości pomiędzy szybami (poza względami wentylacyjnymi) czy optymalizowały wielkość pola górniczego. Elementy te pojawiają się w dziele *Agricoli*.

Ciekawy jest fragment, w którym opierając się na geologii, ukształtowaniu i zagospodarowaniu terenu, podaje autor **czynniki wpływające na lokalizację kopalni**. Píše między innymi: „[...] górnik rozważa pole do tej pory niewydobywane, czy jest porośnięte drzewami, czy nie. Jeśli jest zalesione [...] dostarczać mu będzie zapasów drewna na budynki, maszyny, budowle. Jeśli nie ma lasów, rezygnuje, chyba że obok jest rzeka, po której można by drewno przywozić. [...] Górnik myśli o miejscu pochyłym, czy ma stale płynącą wodę. [...] Miejsce, które natura obdarowała rzeką lub potokiem, będzie z wielu powodów pomyślne, bowiem nigdy nie zabraknie wody, którą się doprowadza drewnianymi korytami do domków, gdzie się przemysła i którą doprowadza się do hut [...] by też mogła być doprowadzona do sztolni ... wprowadzać w ruch podziemne maszyny. [...] Górnik musi też pomyśleć o drodze, która prowadzi do kopalni. [...] Obowiązkiem mądrego górnika, by nie wydobywał w miejscach ... jeśli znajdzie w nich znamiona niezdrowości. [...] Oprócz tego górnik powinien spojrzeć na władcę tego miejsca czy jest sprawiedliwym czy tyranem.”

Tyle o lokalizacji. Zauważmy, jak wiele elementów jest branych pod uwagę. Oczywiście w powyższym krótkim cytacie nie uwzględniono szeregu pomniejszych. Nie sposób również zaprezentować wielu dywagacji autora z nimi związanych. Skonstatujmy jedynie, że i ta problematyka, stanowiąca dziś obszerny element zasad projektowania kopalń, pojawia się na początku renesansu.

Wiele miejsca poświęca *Agricola* problemowi wielkości i kształtu obszaru górniczego (księga IV *De re metallica*). Rozpoczyna od stwierdzenia, że odkrycie złoża nie wystarcza do podjęcia eksploatacji. To wymaga zgody „górmistrza”,

który „wynajmuje kopalnię”, czyli nadal to nie odkrywca, a panujący (górmistrz jest jego urzędnikiem) jest właścicielem złoża (utrzymana zasada z okresu starożytności), i aby podjąć eksploatację, należy uzyskać jego zgodę (swoista **koncesja eksploatacyjna**).

Oczywiste jest, że wyniki poszukiwań geologicznych zaleca sprawdzać robotami górniczymi („zwiadowczy szyby”), a dopiero gdy te potwierdzą istnienie złoża i opłacalność eksploatacji, „górmistrz wynajmuje następne szyby”, określając wielkość pola eksploatacyjnego. W rejonie, w którym pracował Agricola („u Niemców”) w tamtym okresie, miarą długości była „stopa górnicza”. Ponieważ jest to wielkość niewielka (ok. 0,3 m), stosowano jej sześciokrotność, czyli „sążień”. On stanowił jednostkę nadawanego przez górmistrza pola eksploatacyjnego. Dla szybu zwiadowczego miało ono (na ogół) długość 42 sążni (w przybliżeniu 80 m) i szerokość 7 sążni (w przybliżeniu 15 m). Jeśli wybieranie w jego granicach uzasadniało podjęcie eksploatacji, nadawano pole eksploatacyjne dla kilku szybów połączonych ze zwiadowczym. Zasady wyznaczania obszarów górniczych (zwykle o kształcie prostokąta) nie są proste. Na ich wielkość wpływa ukształtowanie powierzchni terenu i występowanie cieków wodnych. Skomplikowana jest też procedura ustalania „olbory” (**opłaty eksploatacyjnej**), która w proporcji do wielkości pola przysługiwała panującemu, jego żonie, urzędnikom dworu i wreszcie samemu górmistrzowi. Naszkicowane powyżej zasady obowiązywały w odniesieniu do żył głębokich. Zupełnie inne dotyczyły pokładowych. W przypadku kiedy wynajmującym nie był pojedynczy górnik, lecz gwarectwo (spółka eksploatująca złoża), uzyskany obszar mógł być bardziej rozległy, obejmując np. dolinę rzeki, teren od jednego do drugiego potoku, zbocze góry. Jego granice („graniczniki”) wyznaczają elementy rzeźby terenu (grzbiet góry), jego pokrycia (granica lasu), rzeki, potoki, brzegi zbiorników wodnych. W takim przypadku nie pojedyncza żyła (jak uprzednio), lecz wszystkie zalegające w ustalonych granicach mogą być eksploatowane. I w tym przypadku podział olbory był niezwykle skomplikowany. Skoro znamy zasady założenia kopalni, możemy skoncentrować się znowu na technologii.

Roboty udostępniające

Pamiętajmy, że dzieło Agricoli dotyczy kopalń rud. A więc kopalń przede wszystkim zlokalizowanych w terenie górzystym. Stąd wyrobiska udostępniające mające połączenie z powierzchnią to szyby (pionowe i pochyłe) i sztolnie.

Głębione szyby lokalizowane są w żył i mają przekrój prostokątny o rekomendowanych wymiarach około 4 m × 1,2 m. Na powierzchni wyposażone są w kołowrót i zadaszenie (rys. 90). Z czasem zadaszenie zmieni się w „domek szybowy” (**budynek nadszybia**) nie tylko zabezpieczający pracowników przed wpływami atmosfery, ale i stanowiący miejsce, gdzie górnicy przechowywali narzędzia. To nowość, w kopalniach starożytnych nie było takiego, zapewne dlatego, że tam klimat tego nie wymagał. Szyb jest pionowy lub skośny (**pochyły**) wtedy, kiedy „żyła, za którą górnicy podążają, jest skośną”.

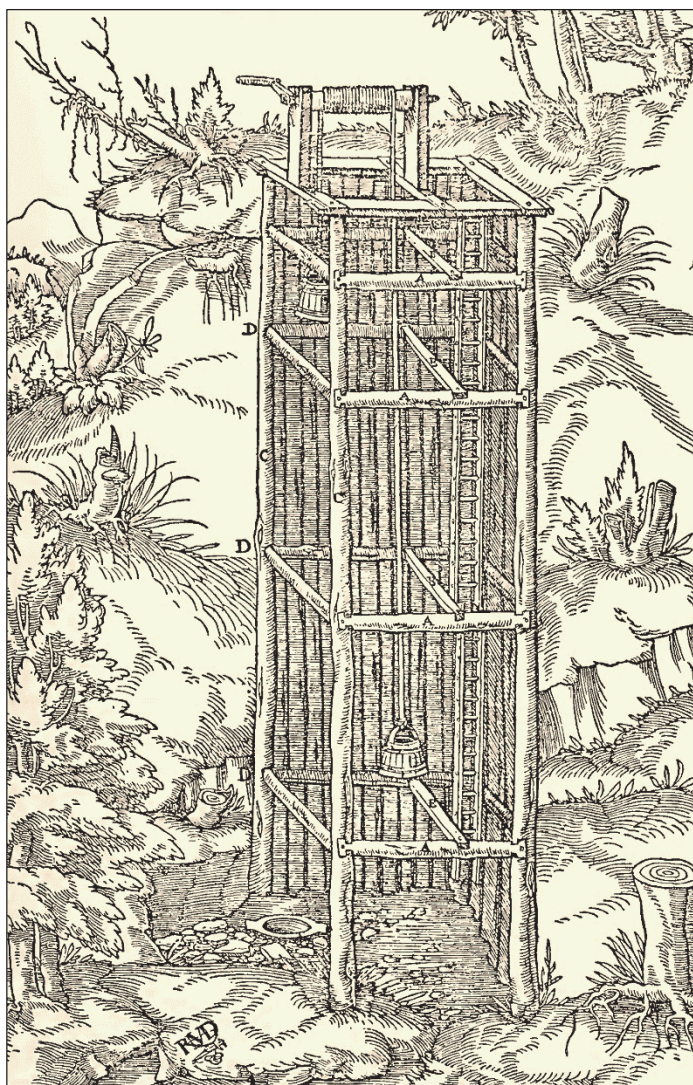


Rys. 90. Szyby pionowe (A, B, C) ze sztolnią (D) [1]

Szyb (rys. 91) ma jeden przedział. Odbywa się w nim wyciąganie urobku oraz transport załogi (**jazda liną**). Są również szyby (na ogół o głębokości nieprzekraczającej kilkudziesięciu metrów) z wyodrębnionymi dwoma **przedziałami** (rys. 92): **wyciągowym** (służącym do wydobywania urobku i czerpania wody) i **drabinowym** (w którym odbywa się **ruch załogi**). Ten drugi jest montowany na specjalnej konstrukcji, składającej się z „przyściennic” (C) umieszczonych w rogach, „poprzecznic” (D) sytuowanych w równych odstępach w formie **wieńców obudowy** i „belek poprzecznych” (B) – oddzielających oba przedziały.



Rys. 91. Szyb jednoprzędziowy i pochyły [1]

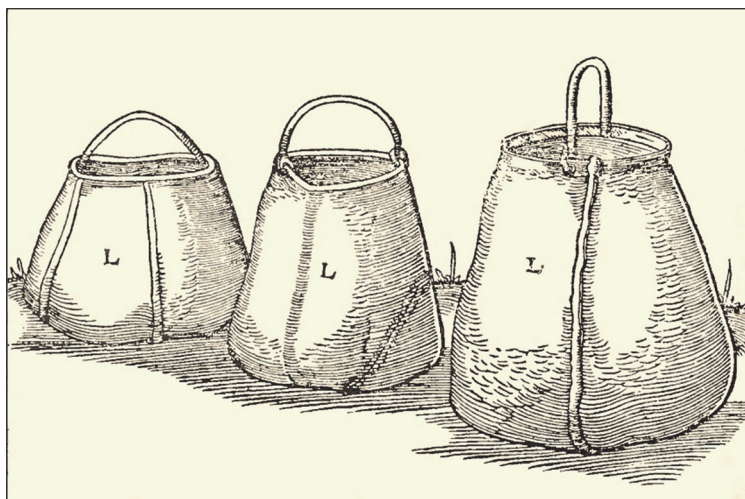
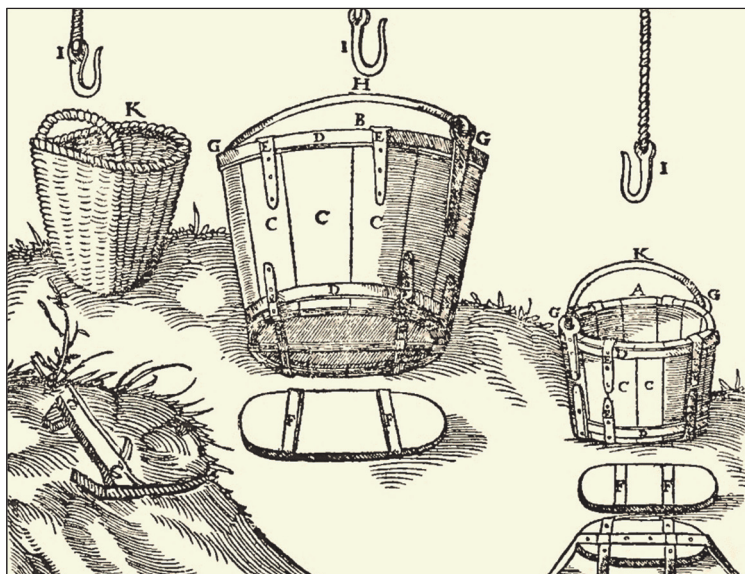


Rys. 92. Zbrojenie szybu
(przedział wyciągowy, przedział drabinowy) [1]

Jeśli szyb posadowiony jest w skałach słabych, oprócz wymienionych elementów konstrukcyjnych na ścianach stosowano pełne deskowanie. W skałach mocnych¹⁸, kiedy nie ma potrzeby stosowania obudowy, wzorem kopalń staro-

¹⁸ Agricola wprowadza klasyfikację twardości (**zwięzłości**) skał.

żytnych przedział drabinowy montuje się na dźwigarach umieszczonych w wykutych w skale gniazdach. Jako naczyń wyciągowych (rys. 93) używano koszy wiklinowych, beczek drewnianych (z klepek, z żelaznym pałakiem i obręczami) i worków skórzanych.



Rys. 93. Naczynia wyciągowe:

I – hak liny wyciągowej, K – kosz, A – beczka, L – worki skórzane [1]



Rys. 94. Kopalnia z rozbudowaną strukturą wyrobisk [1]

Sztolnia to wyrobisko korytarzowe poziome, posiadające połączenie z powierzchnią. Ma przekrój prostokątny o proporcji (wysokości do szerokości) 2:1, „by górnicy i inni mogli w nim chodzić i wywozić materię”. Typowe wymiary to ok. 2,5 m wysokość i 1,3 m szerokość. Zauważmy, że w stosunku do takich samych wyrobisk z okresu antyku wymiary znacznie się powiększyły. Z pewnością wpłynął na to nowy sposób transportu urobku. Sztolnia jest prowadzona tak, by miała połączenie z szybem. Jeśli jest to konieczne dla wybierania złoża, pojawiają się i inne wyrobiska korytarzowe – poziome, nazywane **chodnikiem**

i **przekopem**. Chodnik jest wyrobiskiem zgodnym z kierunkiem zalegania żyły, przekop wyrobiskiem do niego poprzecznym. Pomiędzy wyrobiskami poziomymi stosuje się „szyby” (**szybiki**). Są to wyrobiska pionowe z kołowrotem usytuowanym w wyrobisku korytarzowym (rys. 94). Widzimy na rysunku szyb (A), sztolnię (E), chodnik (C) przekop (B) i szybik (D).

W wyrobiskach kopalń rud opisywanych przez Agricolę w skałach miękkich oraz silnie spękanych powszechnie stosuje się obudowę drewnianą, odrzwio-



Rys. 95. Zamek niemiecki

wą, taką, jaka sporadycznie pojawiała się w starożytności. Odrzwia wykonane są ze stojaków („okrągłe średniej grubości”) „niewiele wkopanych lub wbitych w podłogę”. Opis **zamka** (czyli połączenia stojaka ze stropnicą) sugeruje, że był on **typu niemieckiego** (rys. 95). Odrzwia budo-

wano co 3 m (dość duża odległość). Na stropnicy oraz (jeśli trzeba) pomiędzy stojak a ocios kładziono „dyle” (belki, grube deski) lub „okorki”. Aby je unieruchomić, pomiędzy ociosiem skalnym a deskami wykonywano **wykładkę** (wkładając tam bryły skalne) oraz wbijano kliny drewniane. W wyrobiskach zawodnionych, w spągu („w podłodze”), wykonywano zagłębienia („kanały odpływowe”), którymi płynęła woda.

Przodki eksploatacyjne

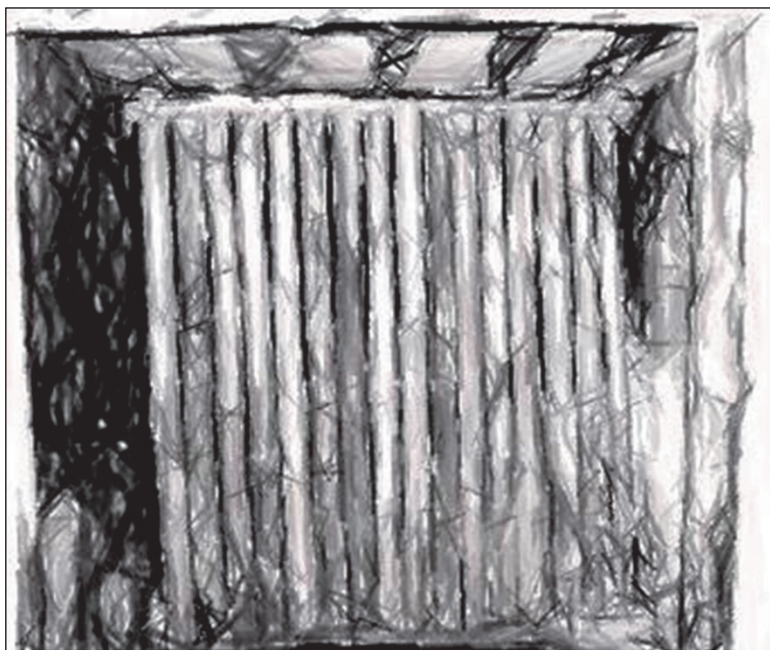
Przodkom eksploatacyjnym Agricola nie poświęca wiele uwagi. Pisze jedynie, że ich wymiary, kierunki urabiania, stosowanie (lub nie) obudowy zależy od właściwości wybieranej „żyły”: charakterystyki i wytrzymałości skał i formy złożowej. Z licznych zachowanych pozostałości górnictwa na terenie Europy [3, 25, 193, 237 i in.] wiemy, że wybierano zarówno wyrobiskami niskimi, jak i szerokimi (Agricola opisuje przypadek wyrobiska, w którym pracuje się w pozycji leżącej: „Żyły pokładowe wydobywa się leżąc na boku, by jednak nie rozerwać ubrania i lewego ramienia nie zranić, przywiązując sobie ochraniacze z desek”). Były także wyrobiska wąskie, lecz wysokie oraz o wymiarach kilkunastu metrów w przekroju poprzecznym i kilku metrów wysokości. Obowiązywała

zasada: wyrobisko kończy się na granicy złoża. Zgodnie z nią w wielu komorach mamy do czynienia z nieregularnymi stropami i ociosami.



Rys. 96. Stos

Komory o większych wymiarach stwarzają zagrożenie wystąpienia obwał. „By nie zapadła się góra lub pagórek [...] szeroko podkopany, pozostawia się jakby podpierające filary, na których się może podeprzeć [...] lub budowane są obudowy, aby trzymały górę” – pisze Agricola. Z filarami ochronnymi spotkaliśmy się 1,5 tys. lat wcześniej, również z elementami obudowy. Teraz jednak są powszechniejsze, pojawiają się nowe konstrukcje: **stosy drewniane** i **organy** (rys. 96 i 97).



Rys. 97. Organy

Nadal rozwijana jest podsadzka sucha – ręczna: „wykopaną materię, która jest płonna, zaraz w niekach odnoszą i otwory [zrobi] wypełniają”.

Nie sposób opisać wszystkich jakże różnorodnych kształtów wyrobisk eksploatacyjnych. Przejdźmy zatem do sposobów realizacji poszczególnych ogniw procesu wydobywczego.

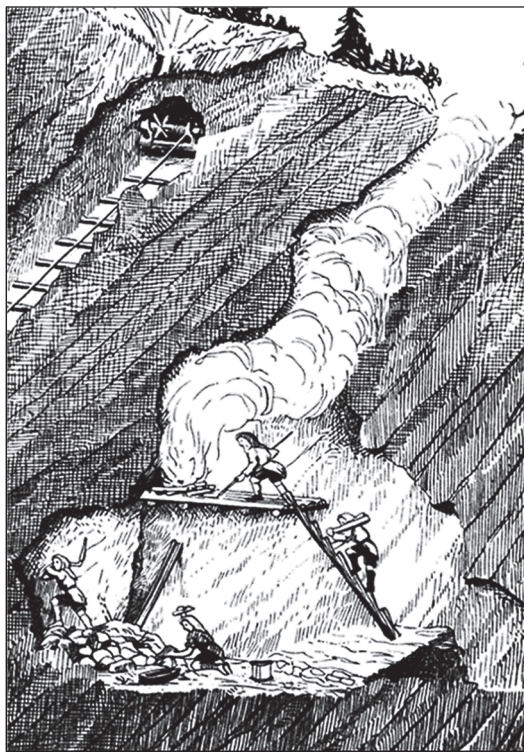
Urabianie

Urabianie prowadzone jest ręcznie (rys. 98), ze wspomaganiem ogniem (rys. 99 i 100). Postęp przejawia się w rozwoju narzędzi. Te dobiera się w zależności od twardości skały, jaką się urabia.



Rys. 98. Urabianie ręczne [63]

Agricola wyróżnia „żyły sypkie” („gdy składa się z ziemi i z miękkich zastygłych roztworów”) i „żyły twarde” („gdy składa się z materii rudy i kamieni średniej twardości”). Do twardych zalicza również skały otaczające, „jeśli zawierają skały, w których jest mało pęknięć i szczelin, a skała prawie zupełnie pozbawiona jest wody, która ją zmiękcza”. Skały otaczające mogą być również „bardzo twarde”, kiedy „składają się z samych twardych kamieni i ich zrostów”. To bodaj pierwsza **klasyfikacja twardości (urabialności) skał**, która służy doborowi sposobu urabiania.



Rys. 99. Urabianie ogniem [3]

Bywa, że dla umiejscowienia ogniska w przodku wysokim wykonywane jest specjalne „żarowe łoże”. Wtedy najpierw zapala się ogień poniżej, od niego zapala się drewno zgromadzone w żarowym łożu. Jeśli w skale występują drobne przerosty, wykuwa się w nich gniazda, w które wkłada się drewno, „które jest dookoła w wióry zestrugane, jak wachlarz nastroszone, które łatwo się rozniecają i przekazują ogień na inne”. Podsadzanie ognia pozwala łatwiej oddzielić rudę od skał otaczających (różny współczynnik rozszerzalności cieplnej).

Wprowadzenie ognia powoduje, że „wydalają [się] trująco śmierdzące opary, a szyby i sztolnie wydają dym (rys. 100), górnicy i pozostali pracownicy nie schodzą do kopalni, by trucizna ich zdrowiu szkodziła, lub nawet życia nie odebrała”. Pojawia się też problem przechodzenia dymu przez szczeliny do kopalń sąsiednich. Wtedy decyzję o tym, jak urabiać, podejmuje górmistrz.

Podsumowując, widzimy, że technika używania do urabiania skał ognia znacznie się rozwinęła. W „zagłębiach”, w których kopalnie sąsiadują ze sobą, stwarza zagrożenie nie tylko w miejscu stosowania. Będzie jednak (pomimo

Wynika to stąd, że: „Miękką żyłę górnicy wydobywają tylko kopcą [...], pracują bardzo starannie, bowiem skałę nadkładową od żyły wydobywają najpierw osobno. [...] Twardą żyłę [...] wydobywają [...] tak zwanymi kilofami, w które stukają młotkami”. Bardzo twardą wydobywają, „używając mocniejszych narzędzi z żelaza, które mają specjalne nazwy”. Skały, których nie da się wydobyć narzędziami, „ogniem wypalają, jeśli na to pozwolą im sąsiadujący gwarkowie”.

Wypalanie ogniem to już skomplikowane procedury. Gdy przodek jest niewysoki, ogień pali się pod ociosem. Przodki wysokie wymagają specjalnego układania drewna i rozpalania go od góry (rys. 99).

wszystko) stosowana jeszcze w latach późniejszych, do czasu zastosowania w kopalniach prochu strzelniczego.



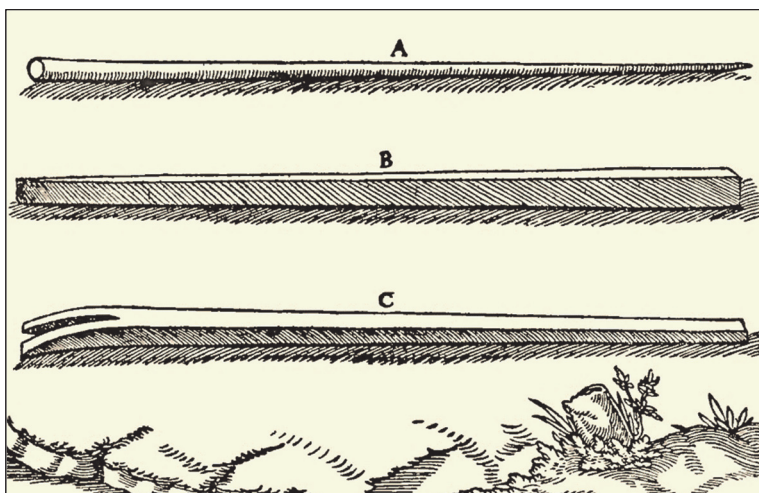
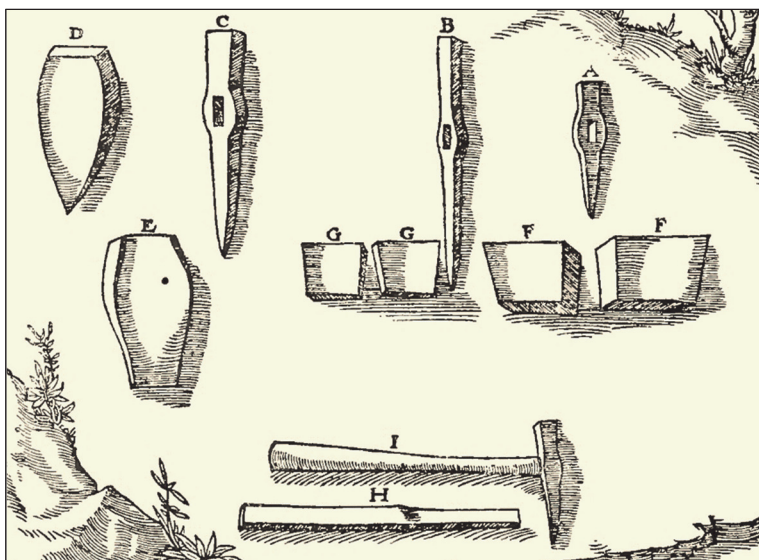
Rys. 100. Urabianie ogniem [1]

Przechodząc do zaprezentowania stosowanych narzędzi (rys. 101), odnotujmy ich różnorodność. Występują kilofy i kliny o różnych rozmiarach. Wiele z nich ma swe nazwy związane z miejscem ich stosowania (np. „kilof rzapowy” stosowany przy głębieniu szybów). Również długości drewnianych rękojeści w kilofach są różne.

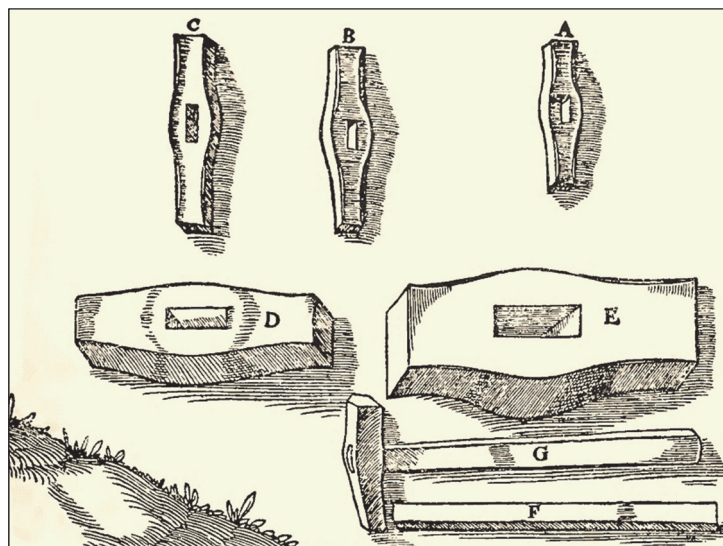
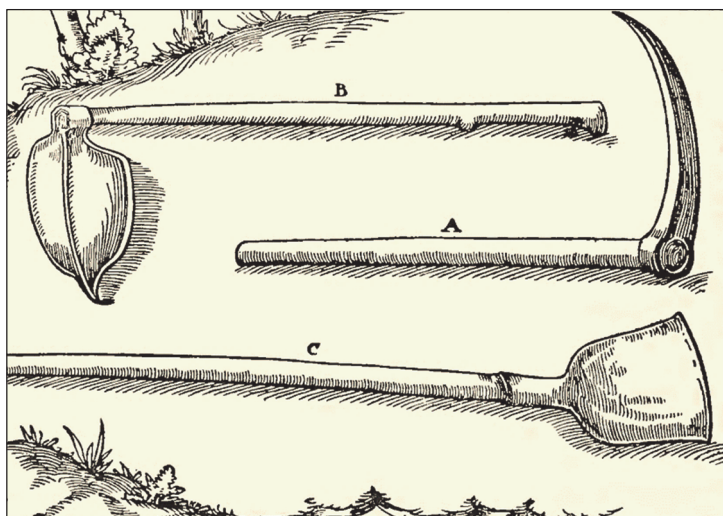
Kopaczka służąca do urabiania skał miękkich, przypominająca rolniczą motykę, różni się od niej ukształtowaniem ostrza. Szpiczak podobny do kilofa, tylko podgięty, nie nadaje się do wbijania w szczeliny i również jest stosowany do urabiania skał o małej zwięzłości, z dużą ilością szczelin. Łopata, narzędzie

stosowane i w innych pracach (rolnictwo, budownictwo) nie wykształciła jeszcze swego kształtu (charakterystycznego dla górnictw wieków późniejszych – „sercówka”).

Młoty przede wszystkim dzielą się na te, do których używania potrzeba dwóch rąk (duże) i jednej (małe). I one w swych grupach mają różne wielkości i kształty.



Rys. 101. Narzędzia górnicze [1]



Rys. 101. cd.

Młotek z zaostrzonym jednym końcem („wrębowe”) z czasem przekształca się w **perlik**. Zresztą przyglądając się kształtom młotów, łatwo da się w nich doszukać pierwowzoru godła górniczego.

Wreszcie drągi i łomy. Są dwa rodzaje drągów: okrągły z zaostrzonym końcem, służący do „przebijania szybu pełnego wody”, drugi płaski na końcu, służący podobnie jak łom do wykonywania **obrywki** skał skruszonych ogniem. Łom ma

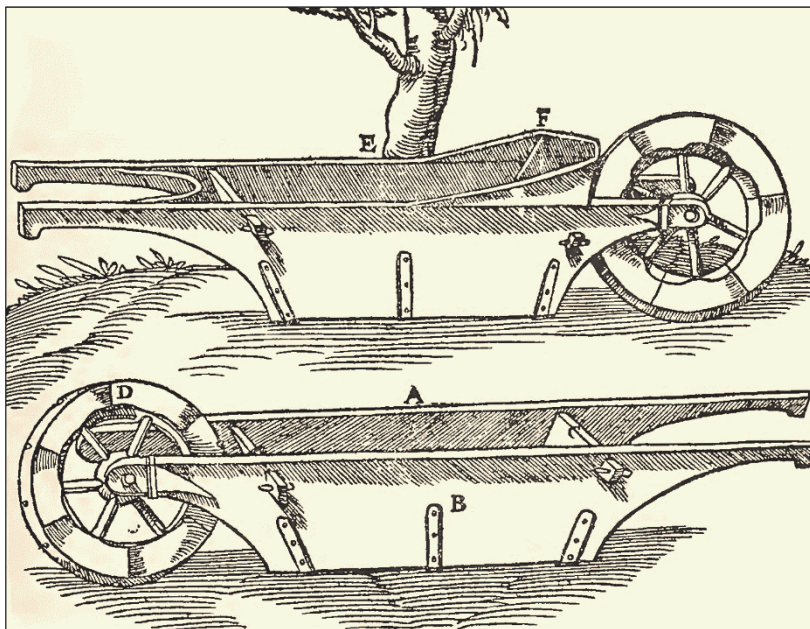
charakterystyczny koniec, spłaszczony, podgięty, z wykonaną szczeliną. Ma zastosowanie również w pracach budowlanych.

Przy drążeniu wyrobisk korytarzowych urabiano równolegle na dwóch poziomach. „Jeden [górnik] kopie wyższą część, drugi niższą, przy czym tamten idzie przodem, a ten za nim podąża” [1]. To też nowość!

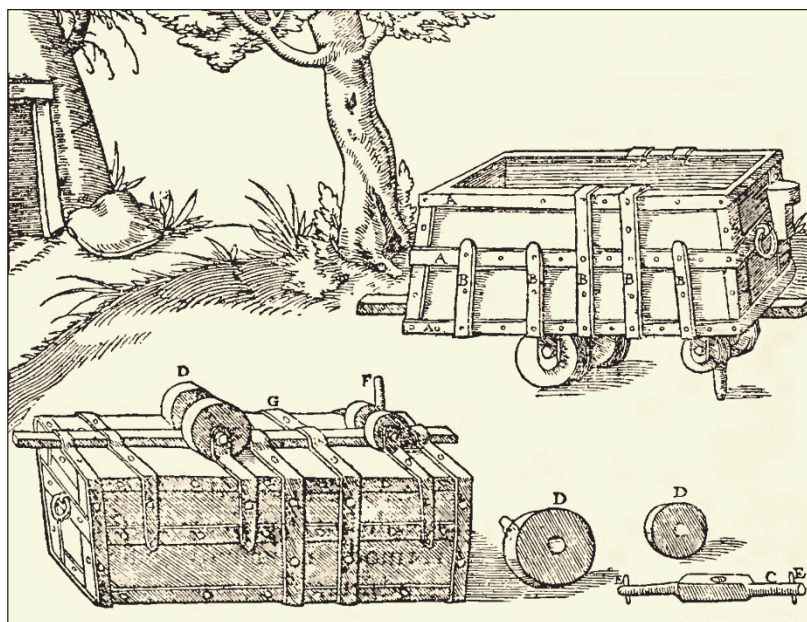
Odstawa i transport

Istotny postęp pojawił się w technologii odstawy. Przypomnijmy, w starożytnych kopalniach używano do tego celu worków skórzanych, niecek drewnianych i koszy wiklinowych. W średniowieczu w wyrobiskach o wysokości umożliwiającej poruszanie się górnikowi w pozycji wyprostowanej powszechnie pojawiły się **kołowe środki odstawy**, taczki (rys. 102) i wózki (rys. 103).

Oba wykonane są z drewna, z okuciami żelaznymi. Taczki miały pojemność do około 0,1 m³. Wózek mieścił kilka tacek.



Rys. 102. Taczki kopalniane [1]



Rys. 103. Wózek kopalniany [1]

W wózku pojawia się nowa konstrukcja podwozia. Na odpowiednio ukształtowanych elementach żelaznych, przymocowanych do dna skrzyni, znajdują się osie. Na nie nałożone są drewniane kółka. Zupełną nowością jest drewniana **szyna**. Stanowi ją belka z centralnie wydrążonym rowkiem. W nim przesuwają się kołeczka drewniane przymocowane do dna wózka. Układ kołeczek – rowek w belce stanowi swoistą prowadnicę, zabezpieczającą wózek przed zsunieniem się z belki w trakcie jazdy. Wózek pchany jest przez górnika. W czasie pracy wydaje dźwięki przypominające szczekanie, stąd przez wieki wózek kopalniany nazywano psem. Wózek używany był nie tylko do transportu urobku, ale i **dostawy materiałów**. W szczególności elementów drewnianych.

Przewietrzanie

W kopalniach udostępnionych układem szyb – sztolnia nie ma problemu z wentylacją. Przepływ zapewnia depresja naturalna (odkryta – przypomnijmy – już w neolicie). „Bowiem na wiosnę i w lecie powietrze wchodzi do wyższego

szybu, przechodzi przez sztolnię lub chodnik i wychodzi ponownie przez wylot sztolni lub niższego szybu. [...] Jesienią i zimą odwrótnie”. Tak opisuje to zjawisko Agricola. Powszechnie stosuje się również szyby z depresją cieplną uzyskaną przez palenie ognia (zastosowana już w starożytności „żarownia”). Jednak coraz bardziej rozwinięta struktura kopalni wymaga poszukiwania nowych rozwiązań.



Rys. 104. Wiatrołap [1]

Do przewietrzania kopalni wykorzystuje się... wiatr. Na wlotach szybów zakłada się drewniane „wiatrołapy” (rys. 104). Konstruowane są w różnych odmianach. „Powiew powietrza” – jak pisze Agricola – może wpływać całym przekrojem szybu lub **wentylacyjną lutnią**, czyli przewodem o przekroju prostokątnym (kwadratowym) wykonanym z desek. Przesyłanie powietrza **lutniociągami** (jak je dzisiaj nazywamy) jest nowym rozwiązaniem.



Rys. 105. Wentylatory osiowe [1]

Nowym rozwiązaniem są również urządzenia będące pierwowzorami **wentylatorów osiowych** (rys. 105). Korpus maszyny ma kształt walca lub prostopa-
dłościanu. W jego centrum, na osi poziomej umieszczone są łopatki o wymiarach
nieco mniejszych od średnicy, zapewniających minimalne szczeliny pomiędzy nimi

a korpusem. Stosowano również uszczelnienia z wiór drewnianych, z miękkiego drewna, mocowanych na końcach łopatek, lub z ptasich piór (rys. 106).

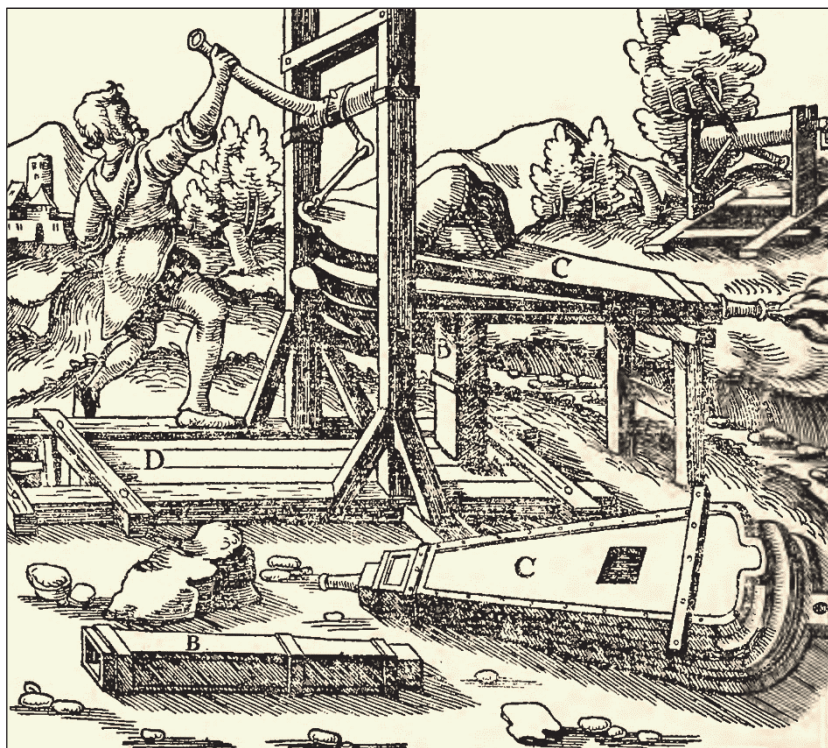


Rys. 106. Elementy „wornika” wentylatora osiowego [1]

Wentylator napędzany był przez górnika, choć autor podaje również przykład napędu skrzydłami wiatraka. I w tym przypadku po raz pierwszy do napędu wykorzystano energię wiatru. Podaje również, że w „sprzyjających warunkach” do napędu wentylatora można zastosować koło wodne (napęd wodny). To również novum w technice górniczej. Agricola wspomina o wykorzystaniu konia¹⁹. Co ciekawe w odniesieniu do obu wymienionych rozwiązań podkreśla, że ich zastosowanie ogranicza pracę górnika.

¹⁹ Pewno stosowano kieraty konne napędzające i „wentylatory”, choć potwierdzenia rysunkiem brak.

Kolejne nowe rozwiązanie to miech wentylacyjny (rys. 107). Jego zastosowanie wymagało wprowadzenia zaworu zwrotnego, by miech do kopalni powietrze tłoczył albo zasysał. Miech wcześniej stosowano w hutnictwie i kuźniach oraz do „zasilania” organów. Przedstawione rozwiązania to wariant odmienny od wentylacji ssącej kopalni, uzyskiwanej przez wykorzystanie depresji cieplnej ognia. W przypadku wiatrołapów i wentylatorów mamy do czynienia z **wentylacją tłoczącą**. W przypadku miecha może być stosowana zarówno wentylacja ssąca, jak i tłocząca. Miech tłoczący powietrze stosowano również w sztolniach ślepych.



Rys. 107. Miech wentylacyjny [1]

W wymienionych maszynach strumień powietrza do kopalni kierowany był poprzez lutnię.

Do przewietrzania wyrobisk ślepych stosowano również miechy (ich skuteczność pozwalała na przewietrzenie wyrobiska o długości prawie 400 m) oraz wymuszony – za pomocą płachty – ruch powietrza (rys. 108) – znany z czasów

starożytności. Według Agricoli przewietrzanie takie jest konieczne, gdyż inaczej „górnicy musieliby drążyć dwie sztolnie (jedna nad drugą) i zawsze najwyżej po 200 stopach (ok. 60 m) je połączyć”.



Rys. 108. Przewietrzanie ślepego przodka przy wykorzystaniu płachty [1]

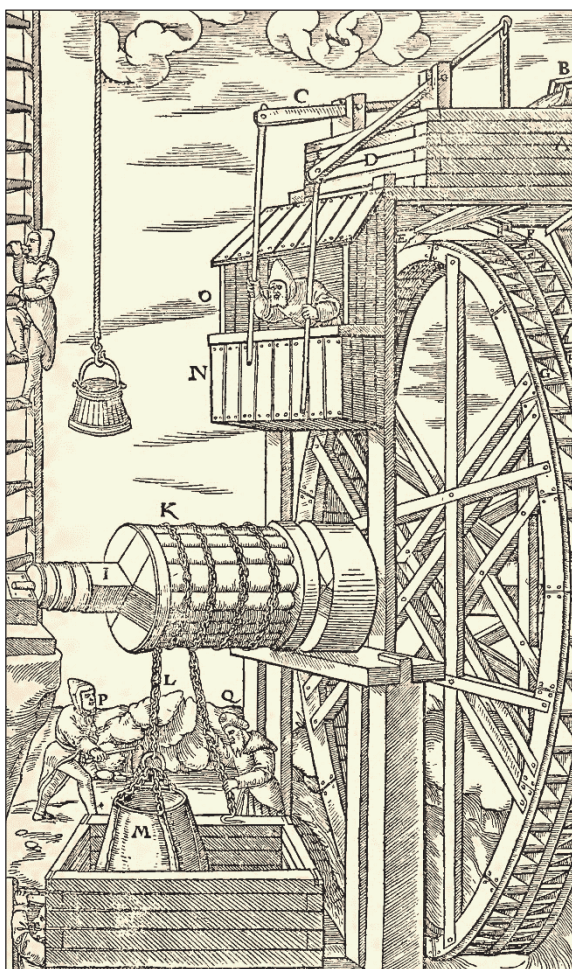
Maszyny odwadniające

Problematykę odwadniania zatytułowałem „maszyny odwadniające”, bo – jak wynika z *De re metallica* – to one stanowią będą o postępie w walce z wodą.

Oczywiście w kopalniach płytkich, o niewielkim dopływie, wodę czerpie się nadal za pomocą kołowrotów, jednak systemy odwadniania kopalń funkcjonować będą z wykorzystaniem mechanizmów. Ich zastosowanie poprzedziło użycie przekładni zębatej, stosowanej już w starożytności (ok. IV wieku BC), która jednak

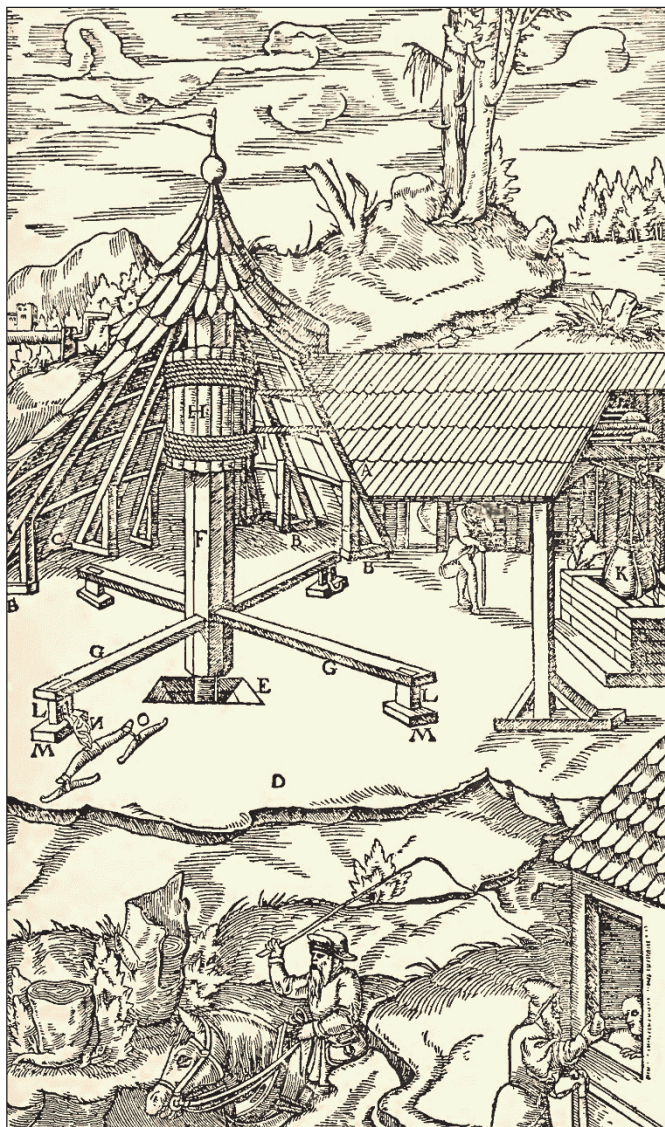
w górnictwie zaistniała na dobre dopiero we wczesnym średniowieczu jako zasadniczy element kieratu konnego, napędu (koła) wodnego, choć i w napędach poruszanych siłą mięśni człowieka ma zastosowanie. W czasach Agricoli stanowi podstawowy element wyciągów szybowych oraz urządzeń odwadniających.

Tam gdzie było to wystarczające, prowadzono najstarszy sposób odwadniania – polegających na wyciąganiu wody w naczyniu z szybu. Nowością była skala działania, naczynie wyciągowe wykonywane były „z dwóch, lub dwóch i pół wolic skór”. Nic dziwnego, że do ich wyciągnięcia konieczne było użycie mechanizmu (rys. 109) napędzanego kołem wodnym.



Rys. 109. Wyciąganie wody z szybu z wykorzystaniem koła wodnego [1]

Przy okazji zauważmy, że w kopalni pojawia się nowe stanowisko pracy: **operator maszyny wyciągowej**. To rozwiązanie jest jeszcze bez przekładni zębatej. W przekładnię wyposażone są te urządzenia, w których podnoszenie wody odbywa się także w naczyniach, ale napęd kołowrotu stanowi kierat konny (rys. 110) lub siła napędzających kierat górników (rys. 111).



Rys. 110. Kierat konny [1]



Rys. 111. Napęd siłą mięśni górników [1]

Przekładnia pojawia się również w nowym pomysle na podnoszenie wody polegającym na czerpaniu jej z szybu kulekami zamontowanymi do „łańcucha bez końca” (rys. 112). Jest to rozwiązanie, które doprowadziło w latach późniejszych do powstania przenośnika (podajnika) kulekowego pionowego (dźwigu pionowego). W wersji zaprezentowanej na rysunku jego napęd stanowi koło wodne, ale jako napęd stosowano również kierat konny bądź wykorzystywano siłę górników („dreptak”).

Średniowiecze to okres, kiedy powszechnie zaczęto stosować pompy. Ich historia sięga III wieku BC, ale pompę ssąco-tłoczącą opisano dopiero w pierwszej połowie XV wieku. Jej istotnym elementem był metalowy zawór zwrotny. Drugim rozwiązaniem niezbędnym do zastosowania pomp były rury. I w tym przypadku rury metalowe (ołowiane) znano w starożytności. Jednak dla celów związanych z odwadnianiem kopalni w średniowieczu powszechniej stosowano

rury drewniane, łączone metalowymi pierścieniami. Do uszczelniania rur i konstrukcji tłoka używano skóry.



Rys. 112. Podnośnik kubełkowy [1]

Przystępując do prezentacji pierwszych rozwiązań **pomp górniczych**, podkreślmy, że z pewnością w tamtym czasie były nowością. Agricola prezentuje kilka ich typów. Pierwszy to w naszym dzisiejszym rozumieniu klasyczna pompa (z zaworem zwrotnym) działająca na zasadzie podnoszenia (rys. 113). Pompy te stosowano z wykorzystaniem siły górnika lub skomplikowanych mechanizmów z napędem efektywniejszym (woda, koń). Również dzięki wykorzystaniu pomysłowych mechanizmów są stosowane w układzie grupowym równoległym (rys. 114) bądź szeregowym. W tym drugim podnoszenie wody odbywa się stopniowo, coraz wyżej. Różnorodność rozwiązań jest imponująca.

Szczegóły konstrukcyjne pomp zadziwiają pomysłowością. Agricola poświęca im wiele miejsca w opisie, wraz z podawaniem wymiarów poszczególnych elementów.



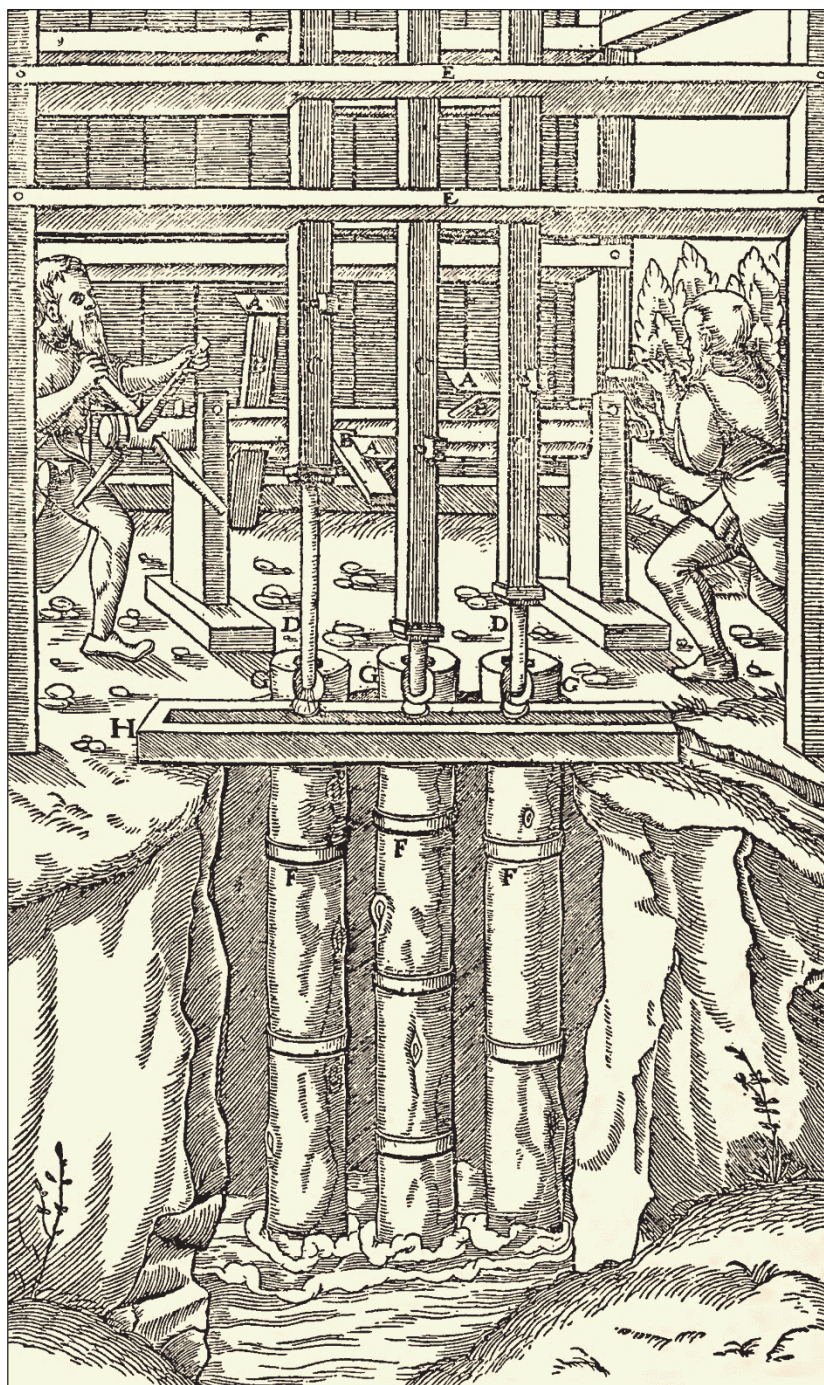
Rys. 113. Pompa tłokowa [1]

Niezwykle ciekawym urządzeniem odwadniającym była pompa wodna, która do historii techniki przeszła pod nazwą „pater noster”²⁰ (rys. 115). Istotą rozwiązania jest umieszczenie w rurze drewnianej łańcucha, na którym zamocowane są swoiste tłoki (kule ze skóry). Dostająca się pomiędzy nie woda w rząpiu transportowana jest na powierzchnię.

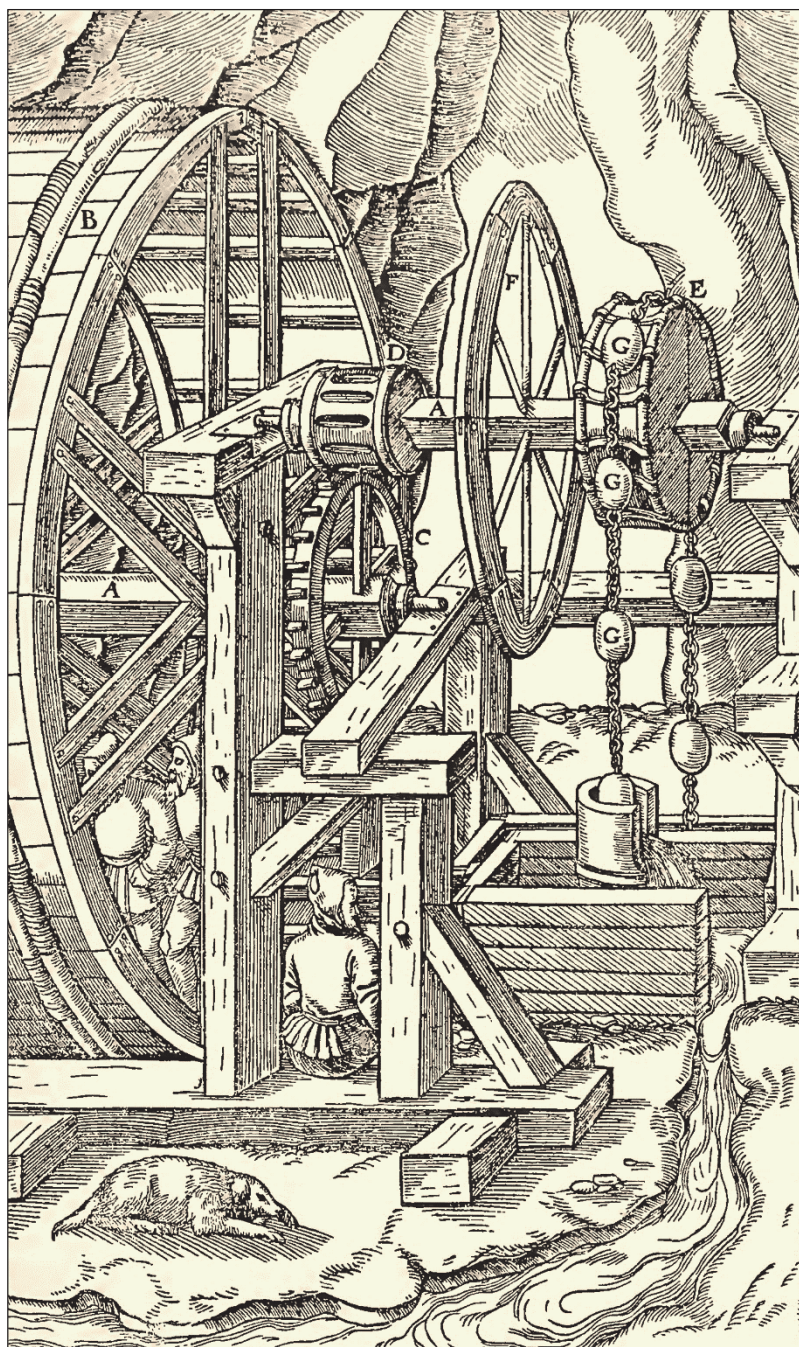
Opisane rozwiązania pozwalały na podnoszenie wody w szybie nawet na wysokość wyższą od 70 m. Ich wydajność wynosiła kilkadziesiąt metrów sześciennych na godzinę.

W sprzyjających ukształtowaniach terenu stosowano również sztolnie odwadniające. Ich długość nie przekraczała kilkuset metrów. Te o rekordowych długościach (kilka tysięcy metrów) w kopalniach pojawią się jednak dopiero za kilkaset lat.

²⁰ Są dwa wytłumaczenia tej nazwy. Pierwsze to skojarzenie ze „sznurem modlitewnym”, drugie, związane z napędem („dreptakiem”) zasilanym przez chodzących w kole górników. Aby szli rytmicznie, odmawiali „Ojcze nasz”.



Rys. 114. Trzy pompy tłokowe pracujące w układzie równoległym [1]



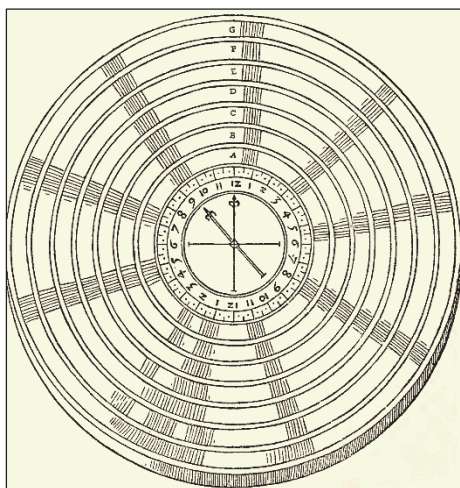
Rys. 115. „Pater noster” –
urządzenie do podnoszenia wody z napędem nożnym (dreptak) [1]

Średniowieczne miernictwo

Przypomnijmy, że wielkość obszaru górniczego na powierzchni wyznaczał górmistrz. Rolą markszajdera było, aby górnik nie przekraczał tych granic pod ziemią. Geodeta górniczy wyznaczał kierunki i wymiary wyrobisk podziemnych, a także ich nachylenie. Obliczenia, jakie musiał wykonać, „bazują na wymiarze trójkąta”. Stąd w pracy Agricoli znajdziemy podstawowy kurs trygonometrii.

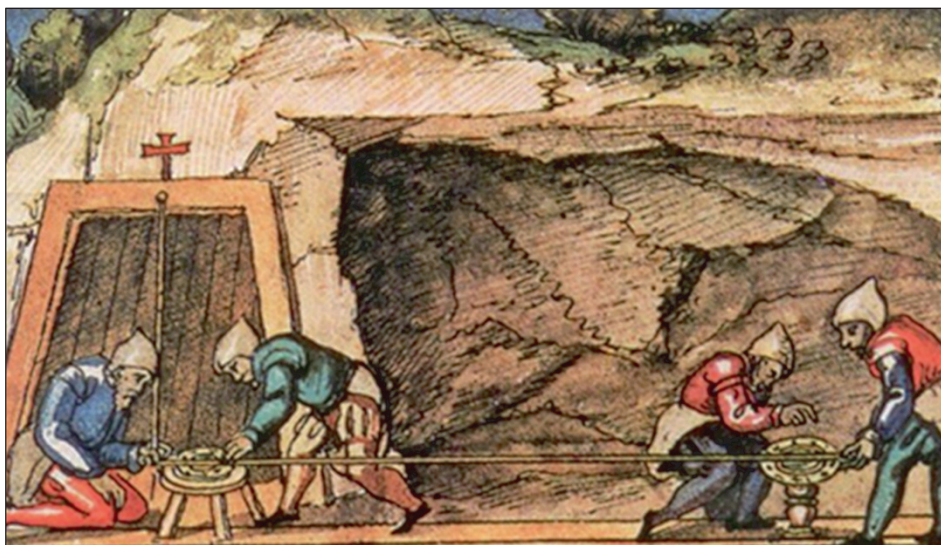


Rys. 116. Sposób przenoszenia kierunku z nadszybia do podszybia [1]



Rys. 117. Miernicza tarcza kątowna [1]

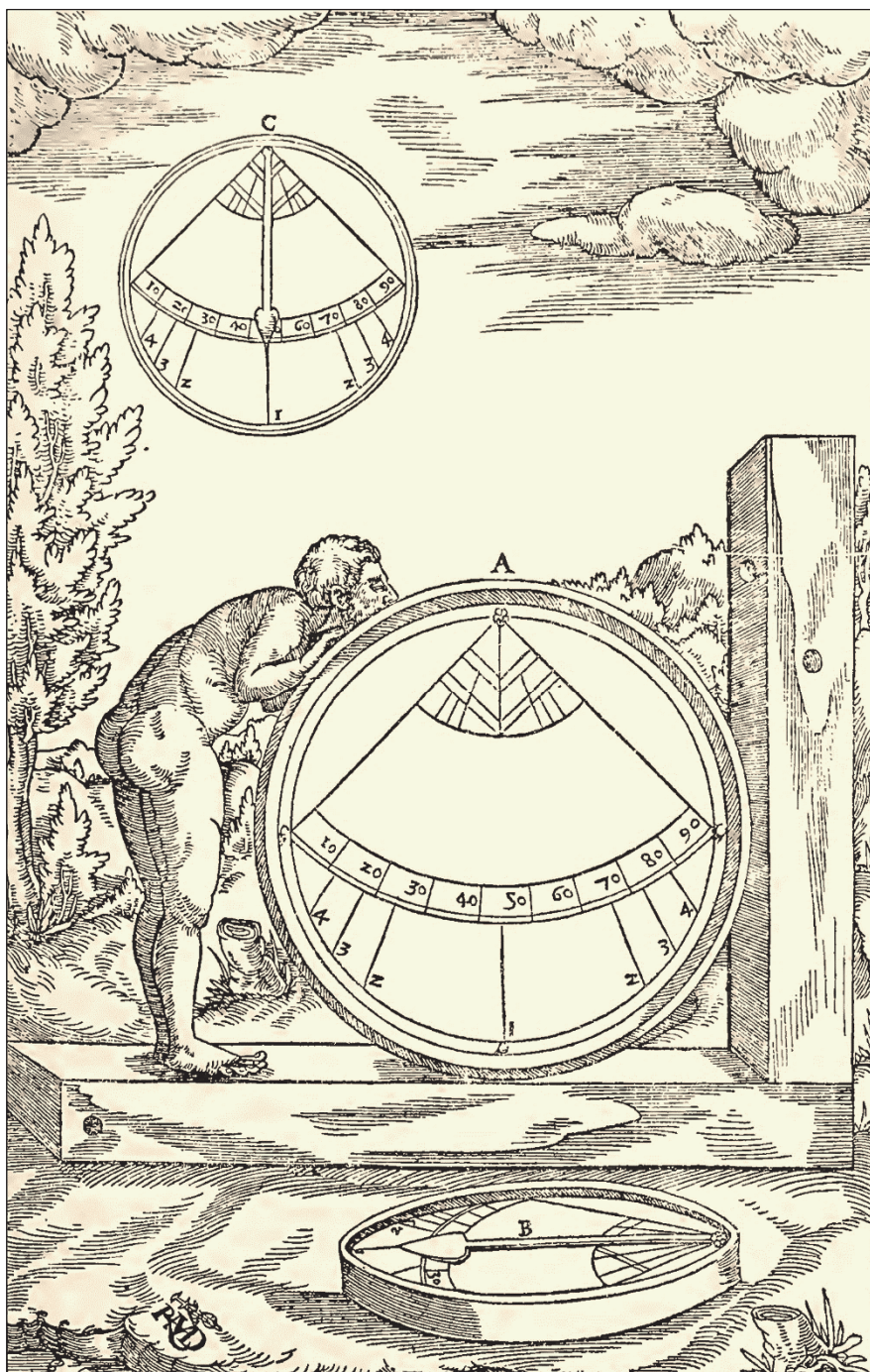
Rozpoczęcie pracy pod ziemią wymagało przeniesienia kierunku określonego na powierzchni do wyrobisk podziemnych. W tym celu, jak poprzednio, korzystano z pionów zawieszonych na nadszybiu (rys. 116), leżących na płaszczyźnie pionowej przenoszonego kierunku. Kierunek ten zostaje zrzucony na płaszczyznę poziomą na podszybiu. Dzięki wykorzystaniu koła kąowego (rys. 117) kierunek ten może być przenoszony do wyrobisk poziomych (rys. 118).



Rys. 118. Sposób przenoszenie kierunku w wyrobiskach podziemnych [25]

W pomiarach górniczych wykorzystywano również „węgielnice” i „klinometr” (rys. 119). Mimo że już od XIII wieku znana była i używana w żegludze busola, Agricola nie wspomina o jej stosowaniu w miernictwie górniczym.

Pomiary długości wykonywano sznurami z łyka lipowego. Posługiwano się miarami obowiązującymi w danym regionie.



Rys. 119. Klinometr [1]

Studiując *De re metallica*, zauważamy, że w porównaniu ze starożytnością w średniowieczu wzrosła rola mierniczego górniczego. Wiąże się to głównie z faktem, że w miejsce kopalń jednego właściciela pojawiły się i sąsiadowały ze sobą kopalnie „na własnym rozrachunku”. Zdarzało się, że sztygarzy zainteresowani zyskiem zapędzali się za bogatą żyłą poza obszar przydzielony kopalni. Zatem pilnowanie, by wyrobiska podziemne nie przekraczały granic obszaru, było bardzo ważne. Stanowiło przedmiot wielu sporów rozstrzyganych przez górmistrzów, a nawet urzędników wyższych rangą.

Przeróbka

Procesy przeróbcze służą przygotowaniu rudy do procesów hutniczych (przeróbki ogniowej). Składają się z procesów: rozdrabniania (kruszenia i mieleńia), przesiewania i wzbogacania. W takim kształcie przeróbka powstała w starożytności. Poprzedzona bywa sortowaniem urobku, co odbywało się częściowo w przodku (pod ziemią) oraz na powierzchni. Średniowiecze, nie zmieniając układu (kolejności) poszczególnych operacji, wniosło do nich nowe procesy, maszyny i urządzenia. Zaprezentujemy przykłady.

Zacznijmy od sortowania: „Doświadczeni górnicy, kiedy rudę wydobywają od razu w szybach i sztolniach [w znaczeniu: na dole w kopalni] oczyszczają rudonośną substancję z ziemi, zastygłych roztworów [...]. Kiedy jednak jakiś górnik niedoświadczony w górnictwie tego nie uczyni, lub doświadczony nie mógł uczynić, jeśli tylko wydobytą kopalinę się z kopalni wyciągnie, wszystko trzeba wysortować i bogatą rudę oddzielić od części, które nie zawierają rudy” – pisał Agricola. Operacje sortowania wykonywano na powierzchni na **stole sortowniczym** (rys. 120).

Następnie prowadzono operację kruszenia. Duże bryły kruszono ręcznie, młotami, drobniejsze w „stęporach”²¹ mechanicznych, na sucho lub mokro (rys. 121).

²¹ Słowo „stępor” w *Słowniku języka polskiego* jest objaśniane jako: „drewniany tłuczek do rozdrabniania ziarna”. Mając na względzie funkcję, jaką narzędzie to pełni, czyli rozdrabnianie, pozostaje przy tej definicji wzorem wykładów S. Majewskiego i W. Żabickiego. Tłumacz Agricoli używa słowa „stępa”.

Jak inne maszyny górnicze stępor mógł mieć napęd kołem wodnym lub kiera-tem. Urządzenie to możemy uznać za prototyp **kruszarki mechanicznej**.



Rys. 120. Stół sortowniczy [1]

Nowością w procesie wzbogacania jest powszechne stosowanie sita (rys. 122). Jest wykonane z przeplatanych drutów (rzadziej z blachy z otworami), stanowiących dno **drewnianej** (lub wykonanej z blachy miedzianej) skrzyni, zawieszanej na sznurach, na belce. Przesiewający wykonuje ruch posuwisto-zwrotny, w wyniku którego ziarna kierowane do dalszej operacji przechodzą przez oczka (przepad), zaś większe (nadmierzno) spadają z sita i kierowane są z powrotem do stępora. Wielkość oczek odpowiada wymiarom orzecha laskowego. Pokazane na rysunku to jedna z wielu stosowanych wersji. Inne to sita okrągłe, którymi się potrzęsa.



Rys. 121. Stępor mechaniczny (kruszenie na sucho) [1]



Rys. 122. Sito [1]

Stosowano również sita w układzie szeregowym, z których każde następne ma otwory większe. W przypadku niektórych rud stosowano „przesiewanie na mokro” w naczyniach. Wtedy przepad osadzał się w nich (rys. 123).



Rys. 123. Sianie „na mokro” [1]

Operacje mielenia przeprowadzano w młynach mechanicznych, z napędem konnym lub kołem wodnym, rzadziej „kieratem ludzkim” (rys. 124). Były to urządzenia dość skomplikowane, bo koło (górne, obracające się), wykonane z kamienia, należało tak umieścić nad dolnym, by szczelina odpowiadała założonym wymiarom ziarna. Te, przez Agricolę nazywane „mąką”, miały średnicę poniżej milimetra.



Rys. 124. Młyn do mielenia rudy [1]

Zmielona ruda podawana jest na płuczkę. Przypomnijmy, w starożytności płuczkę stanowił stół kamienny, na który kierowana była mieszanina wody ze zmieloną rudą. Ziarna cięższe osadzały się wcześniej od lekkich. Ta metoda wzbogacania grawitacyjnego w średniowieczu znacznie została rozwinięta.

Operacja wzbogacania rozpoczynała się od sporządzenia mieszaniny zmielonej rudy i wody. Zwykle strumień wody kierowano na zgromadzoną rudę i mieszano „zgarniarką”. Strumień mieszaniny kierowany był do koryta („splukiwar-ki”), w którym umieszczono poprzeczne deseczki (rys. 125). Podczas przepływu mieszaniny ziarna rudy się osadzały w korycie (**koncentrat**), a woda wraz ze skałą płonną wypływała. Efektywność procesu była niewielka, stąd osadzone ziarna były kilkakrotnie zawracane, aż do chwili gdy w koncentracie znalazła

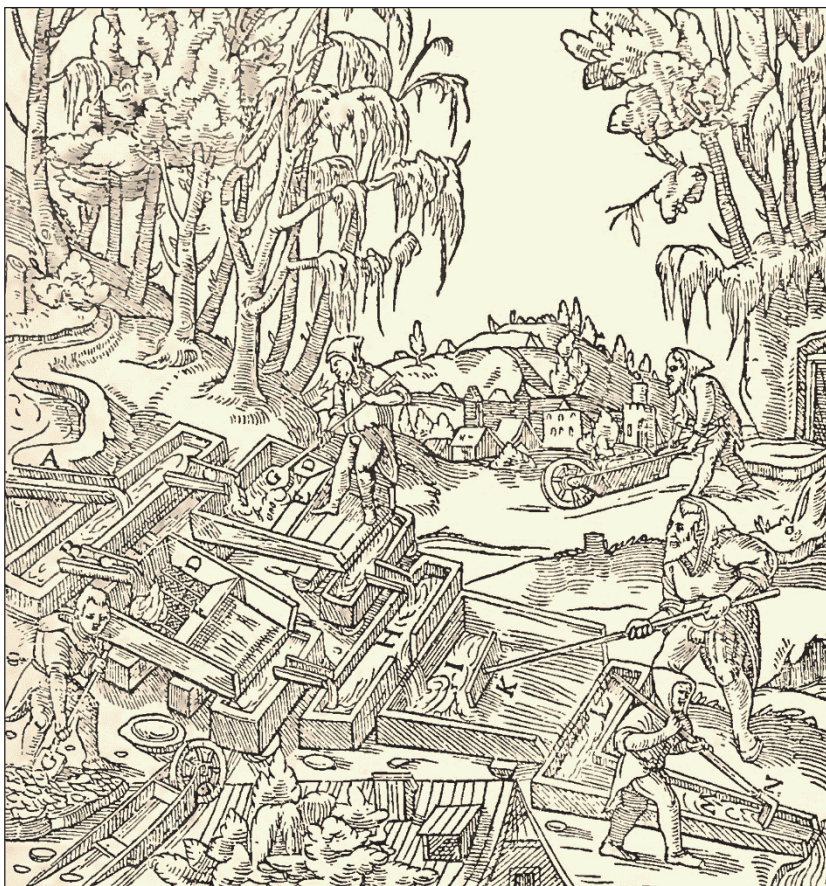
się oczekiwana ilość metalu. Nachylenie koryta oraz odległość pomiędzy deseczkami i ich wysokość dobierano do rodzaju rudy i jej właściwości.



Rys. 125. Wzbogacanie grawitacyjne [1]

Agricola opisuje wiele przykładów wzbogacania opartych na zasadzie grawitacji. Dotyczą one różnych minerałów rudnych i regionów górniczych. Niektóre są wielostopniowe. Jeden z nich przedstawiono na rysunku 126.

Rozwój procesów przerobczych umożliwił wtórną eksploatację zarówno czynnych kiedyś kopalń, jak i hałd, w których zawartość składnika użytecznego, z zastosowaniem przed laty „starej” technologii wzbogacania nie przynosiła efektów. Są to również w historii technik górniczych pierwsze udokumentowane przypadki **eksploatacji wtórnej**.



Rys. 126. Układ szeregowy płukania rud [1]

Średniowieczne BHP

Już mówiąc o wcześniejszych etapach rozwoju technik górniczych, wielokrotnie wspominaliśmy o zagrożeniach, jakie pojawiały się w kopalni, i ich skutkach, jakimi były wypadki, którym ulegali górnicy. W większości dotyczyły działań obejmujących kopalnię (odwodnienie, wentylacja) lub przodki (obudowa, pozostawienie filarów, przewietrzanie ślepego przodka). Agricola, odnosząc się i do nich, po raz pierwszy zajmuje się zagrożeniami **na stanowisku pracy** oraz zaleca stosowanie **środków ochrony indywidualnej**. Zinwentaryzujmy zagrożenia.

Przede wszystkim woda mogąca uniemożliwić kontynuowanie eksploatacji, a także z uwagi na skutki wilgoci dla organizmu (przebywanie w środowisku wodnym „powoduje duży uszczerbek na zdrowiu zwłaszcza na starość” – pisze autor). Woda również może być toksyczna, jeśli rozpuszczone w niej związki do takich należą. Będzie na górnika oddziaływać bezpośrednio przez kontakt z jego skórą, jak również pośrednio (na układ oddechowy), jeżeli w wyniku reakcji wody ze związkiem zawartym w skale do atmosfery kopalnianej przechodzi gaz toksyczny. Oddziaływanie pośrednie może dotyczyć również układu pokarmowego. Wszystkie te oddziaływania autor opisuje.

Kolejne zagrożenie to pyły, powodujące „przez Greków chorobę nazywaną *astmą*” czy pylicą. To zagrożenie według Agricoli było bardzo duże w „kopalniach karpackich”, gdzie „kobiety [...] wychodzą za mąż nawet za siedmiu mężów, których wszystkich przedwcześnie choroba zabrała”. Również pyły mogą powodować alergie przejawiające się owrzodzeniami oraz chorobami płuc i oczu.

Zagrożeniem były również gazy: zarówno CO₂, pojawiający się w wyrobiskach niedostatecznie przewietrzanych, a także (wspólnie CO) będący wynikiem stosowania pod ziemią ognia, jak i produkty utleniania się pod wpływem ognia metali znajdujących się w urabianych rudach. Z pracy Agricoli wynika również, że zagrożenie gazowe może być efektem wydzielania się gazów ze skał (czyżby już wtedy pojawiło się **zagrożenie gazodynamiczne**), bo „niektóre górnicze miejscy, choć nieliczne, same z siebie wydają trujące opary i wypuszczają dżumowe powietrze”. Być może, pisząc: „[gazy] uśmiercają górników, kiedy buchną, a dowodem tego niebezpieczeństwa jest, kiedy zapali się płonąca lampa i zgaśnie” – ma na myśli również metan.

Następne zagrożenie jest wynikiem nieuwagi pracownika lub „niedbałości sztygara”, kiedy „wadliwe drabiny czy niestabilne stopnie schodów powodują, że ludzie [...] wpadli do wody [rzapia] kiedy deski się zerwały”.

Nowością wśród wymienianych zagrożeń są obwały na dużej przestrzeni, sięgające nieraz do powierzchni (pierwszy opis **deformacji nieciągłych** powierzchni), powodujące, że w jednej z kopalń „zasypanych zostało tyle ludzi, że według kronikarzy w ciągu jednego dnia mniej więcej czterysta kobiet straciło swoich mężów”.

Zagrożeniem są również obwały lokalne. „Odłamane kamienie łamią też nogi”. Z pewnością nie tylko nogi. Spośród nieistniejących dzisiaj zagrożeń wymienia „trujące mrówki”, „podziemne zwierzęta” i „demony”. Na te ostatnie jedynym zalecanym środkiem indywidualnej ochrony były „modlitwa i post”.

Jakie inne środki indywidualnej ochrony zaleca Agricola? Przede wszystkim te dotyczące ubioru roboczego: „dość wysokie buty, które chronią nogi przed zimną wodą”, „rękawice sięgające do łokci”, „otwarte pęcherze niby maski na twarz”. Niezależnie zaleca wprowadzanie pewnych zasad (**przepisy BHP**), na przykład takich, by podsadzanie ognia koncentrować przed dniami, w których się nie pracuje. Píše, że „ostrożni górnicy zapalają stos drewna w piątek wieczorem i nie schodzą przed poniedziałkiem do szybów lub nie wchodzą wcześniej do sztolni. W międzyczasie ulotni się ten mocny gryzący dym”.

Pisząc o elementach ubioru służących ochronie indywidualnej, nie ogranicza się do pracy pod ziemią, ale np. górnikom kruszącym urobek w zakładzie przerobczym zaleca, by mieli „nogi chronione grubymi skórąmi nad goleniami, a ręce długimi rękawicami”.

Na koniec rozważań o BHP odnotujmy jeszcze, że warunki pracy („zalanie wodą”, „ciężkie powietrze”, „trujące opary”, „zawalenie ścian skalnych”) „powodują, że nie można głębiej szybów wydobywać”, czyli są powodem do zaniechania eksploatacji (**zamknięcia kopalni**).

Średniowiecze zmierza ku końcowi.

Spójrzmy na przemiany, jakie przyniosło górnictwu, nieco szerzej niż tylko od strony techniki. Zaczniemy od stwierdzenia, że umocniło zasadę, że kopaliny należą do panującego [223], nawet jeśli terenem władał inny właściciel. Król przekazywał pozwolenie na poszukiwanie i eksploatację poprzez swego urzędnika („starostę górniczego”), nawet wtedy, gdy to właściciel terenu chciał podjąć prace górnicze. W przypadkach kiedy teren miał innego właściciela, należało dodatkowo uzyskać zezwolenie „pana gruntowego”. Pozwolenie, jak wspominałem, wiązało się z opłatą („olborą”) zarówno na rzecz panującego, jak i właściciela gruntu²². Zasada ta (regale górniczego) powstała na Zachodzie (Niemcy, Francja,

²² Przypomnijmy, że ta forma obowiązywała już w niektórych krajach w starożytności i zaliczyliśmy ją do pierwowzoru **koncesji geologicznej** oraz **opłaty koncesyjnej**.

Włochy) pod wpływem prawodawstwa rzymskiego. Wprawdzie prawnie sformułowana została w konstytucji ronkalskiej Fryderyka I z 1158 r.²³, jednak jej początki sięgają państwa Merowingów i Karolingów [223].

Zasada regale górniczego, przynajmniej tak sądzi część historyków [223], obowiązywała także w Polsce już od czasów Bolesława Chrobrego. Udokumentowana jest w statucie górniczym Leszka Białego, wydanym pomiędzy rokiem 1222 a 1224. Do wieku XIII Piastowie są właścicielami kopalni na terytorium całego państwa, utrzymują kopalnie własnymi środkami, bez współudziału osób postronnych. Z czasem panujący rozdają przywilej poszukiwania i pozyskiwania kopalni Kościołowi, zakonowi i możnowładcom.

Przejdźmy teraz do sposobu „zarządzania przemysłem górniczym”²⁴. Powiedzieliśmy, że pierwszym urzędnikiem sprawującym nad nim władzę z nadania panującego był starosta górniczy. Posiadał swój urząd, a w nim pisarzy. Starosta „wszystkim kieruje i zarządza, swoim rozumem nakazuje to, co daje owoc korzyści górnictwu i hutnictwu i zabrania wszystkiego odwrotnego. On też nakłada kary i karze winnych oraz rozsądza spory”. Jeśli jakiegoś nie jest w stanie rozstrzygnąć, kieruje go na drogę sądową. „Ustanawia prawo, powierza ludziom urzędy, nakazuje, by je opuścili”. Jak widać, odpowiada on dzisiejszemu **głównemu geologowi kraju** (koncesje) i **urzędowi górniczym** (nadzór, kary, przepisy, zatwierdzenia). W dzisiejszych czasach powiedzielibyśmy, że starosta górniczy stoi na czele państwowego urzędu administracji centralnej.

Powołuje podlegających mu „górmistrzów”. Dopóki przemysł wydobywczy był słabo rozwinięty, górmistrz był jeden, kiedy liczba zagłębi i kopalń się zwiększała, stanowisko to obejmowało coraz więcej górników. I znowu przyrównując do współczesnego górnictwa, można porównać ich do dyrektorów gwarectw (zjednoczeń), a więc organów zarządzania kilkoma kopalniami. Górmistrz ustalał granice obszarów górniczych poszczególnych kopalń i rozstrzygał spory w przypadku ich naruszenia (przysługiwało odwołanie do starosty górniczego). Za przewinienia nakładał kary pieniężne. Mianował i odwoływał funkcyjnych niższego szczebla. I on do pomocy miał pisarza, który nie tylko

²³ Schyłek średniowiecza to okres, kiedy w poszczególnych krajach zaczynają pojawiać się ustawy górnicze.

²⁴ Pewnie istniały różnice w krajach średniowiecznych, tutaj oprzemy się na informacji podawanej przez Agricolę.

prowadził stosowne księgi, ale i zapisywał zarządzenia górmistrza i je ogłaszał (np. wywieszając je na „drzwiach kopalni”).

Kopalnią zarządzali „zaprzysiężeni”, którzy „znają się na górnictwie i mężami są wiarygodnymi”. Sprawując tę funkcję „[...] dogląda kopalnie [...], dla której jest zwierzchnikiem [...], a ze sztygarem myślą i radzą w sprawie wydobywania, maszyn urządzeń i wszystkiego innego”. Ustalają zadania, oceniając warunki, w jakich będą realizowane. „Publicznie karzą niedbałość lub oszustwo sztygarów albo robotników, najpierw ich upomną, by pilnowali obowiązków, albo ich karzą. Potem, jeśli nie staną się bardziej starannymi i lepszymi, doniosą to górmistrzowi i ten ich pozbawi, na podstawie swych kompetencji, ich urzędu, albo jeśli popełnili przestępstwo, do więzienia ich zamyka”. I oni do pomocy mają pisarzy.

Finansami kopalni zawiaduje „zarządca”. Rozlicza się z jednej strony z górnikami i sztygarami (zapłata za pracę), z drugiej z udziałowcami. Pracownikom, których „sztygar przedstawi jako leniwych”, potrąca z wynagrodzenia. Kupuje „przedmioty niezbędne do wydobywania, jak się da w tym czasie najtaniej, takie jak narzędzia, gwoździe, drewno, deski, naczynia sznury, łój”. Co tydzień, w soboty „w obecności sztygara przedstawia ilość wydatków górmistrzowi i zaprzysiężonym”. W pierwszym miesiącu każdego kwartału wypłaca sumę zysku (osiągniętego w poprzednim kwartale), jaka przypada na udział. „I tak, jeśli zarządca górnicy z korzyścią wydawał pieniądze i starannie dbał o kopalnię, wszyscy go wychwalają jako porządnego i uczciwego człowieka. Jeśli z powodu niewiedzy spowoduje szkodę, zwykle jest pozbawiony urzędu, jeśli z powodu jego lekkomyślności i niedbałości ponieśli gwarkowie szkodę, obowiązki go zmuszają, by ją naprawił, jeśli zaś popełni oszustwo lub kradzież, musi ponieść karę pieniężną, iść do więzienia lub ponieść śmierć”. Zarządca ustala, obmierza i rejestruje produkt na każdym etapie jego przetworzenia (od koncentratu do metalu).

Najniższym szczeblem zarządzania jest „sztygar” („dozorca”), który „[...] rozdziela prace pomiędzy górników i starannie dba o to, by każdy swoją pracę uczciwie i należycie wykonywał. Pozbawia górników pracy z powodu niewiedzy lub niedbałości i obsadza innych na ich miejscu [...]. Musi być cieślą, aby szyby drewnem obudować, słupy stawiać i budować urządzenia, które by podtrzymały podkopywaną górę, aby głazy nadkładowe nie będące podparte pod ciężarem gór się nie poluzowały i nie zasypały gruzami górników. Musi się znać na konstruowaniu i kładzeniu kanałów odpływowych do szybów, w których zbiera się woda [...]. Oprócz tego powinien znać żyły i żyłki, by z korzyścią wydobywał

w szybach i wydobytą materię mineralną odróżniał jedną od drugiej, albo aby ludzi swych mógł pouczyć, jak mają minerały prawidłowo rozpoznawać. Ba, powinien także znać się na każdym sposobie płukania [...]. Górnikom zaś kiedy mają rozpocząć pracę daje narzędzia i określoną ilość łożu do latarni i poucza, by wydobywali z korzyścią, i pilnuje, by starannie pracowali". Zakres zadań znacznie przekraczający obowiązki sztygara współczesnego!

I najniżej usytuowani w hierarchii – górnicy. „Prości górnicy nie są ludem bezecnym i pogardy godnym. Przecież w dzień i w nocy lud ten jest hartowany pracą, ma niezwykłą tężyznę fizyczną i bardzo łatwo wytrzyma, jeśli wymaga tego sytuacja, wysiłki i obowiązki wojskowe. [...] Dlatego znawcy walki²⁵ stawiają ich nie tylko przed ludem miejskim, ale i wiejskim". Obowiązuje nadal specjalizacja. Górnicy przypisywani są do poszczególnych czynności. Urabiają w przodku, podkładają ogień, stawiają obudowę, odstawiają urobek na podszybie, obsługują naczynia wyciągowe, obsługują (a czasem napędzają) maszyny wyciągowe, odpowiadają za wentylację przodków i kopalni, obsługują pompy. Dalej cała specjalizacja przy procesach przeróbczych. Do tego dochodzą poszukujący złóż, mierniczy górnicy, zaopatrujący kopalnię w materiały i narzędzia. Na rycinach widzimy, że niektóre czynności wykonują kobiety. W opisie pojawiają się dzieci. Zatem i one pracowały w kopalni. Górnicy byli cenionymi fachowcami. Stąd też nie było niczym nadzwyczajnym, kiedy zmieniając miejsce zamieszkania i pracy, na zaproszenie władz lub w poszukiwaniu środków utrzymania przenosili się do innego kraju [25, 169].

Wróćmy do pisarzy. W pracy Agricoli oznaczają oni urzędników. Ich liczba i rozliczne obowiązki, jakie wypełniają, pracując na różnych szczeblach administracji, świadczą o tym, że w czasach opisanych w *De re metallica* dokumentacja działań urzędów była prowadzona bardzo pieczołowicie. Na szczeblu kopalni rozpoczynała się od rejestracji dniówek poszczególnych górników, z wyceną zadań, jakie realizowali, a kończyła na szczeblu urzędu starosty górniczego, na spisaniu warunków, na jakich panujący udzielił regale. Księgi były starannie przechowywane w szafach „zamykanych na dwa zamki”, do których jeden klucz miał pisarz, a drugi jego przełożony. Tak więc wszelkie spory mogły być rozstrzygane na podstawie dokumentów.

²⁵ Cytat potwierdza powszechny zwyczaj, by w czasie wojny z górników formować oddziały biorące udział w walkach. Zwyczaj ten z czasem będzie coraz powszechniejszy. Świadczyć będą o tym dzieła sztuki prezentujące formacje wojskowe składające się również z górników.

Na koniec kilka słów o organizacji pracy. Górnicy średniowieczni pracowali od poniedziałku do piątku. W sobotę „kupują potrzebne do życia rzeczy. Ani w niedziele ani w coroczne święta zazwyczaj nie pracują, lecz świętym sprawom się poświęcają. Jednak górnicy nie odpoczywają i pracują, jeśli wymaga tego konieczność. Bowiem czasem do pracy wzywa ich napór wody, czasem grożące zawalenie [...] i wtedy zapewne nie uważa się, że praca w święto jest wbrew religii”. Praca była trózmianowa. Rozpoczynała się „dźwiękiem wielkiego dzwonu” o 4 rano. Zmiana (pod ziemią) trwa 7 godzin, godzina między zmianami jest przeznaczona na dojsie i opuszczenie stanowiska pracy. Dwie pierwsze zmiany (dzienne) są „produkcyjne”, trzecia przeznaczona na prace ciągłe (odwodnienie) i remontowe. Nie wolno było pracować dwie zmiany po kolei. Tak przedstawia to Agricola na podstawie znanego mu stanu, przede wszystkim w Saksonii.

Słów kilka o tym, jak w średniowieczu wyglądało zarządzanie przemysłem górniczym w Polsce. Pisaliśmy, że część z historyków stoi na stanowisku, że regale górnicze stosowane było od czasów Bolesława Chrobrego do XIII wieku. Od wieku XIV ma dwie „odmiany”. Pierwsza polega na tym, że panujący prowadzi eksploatację bezpośrednio, tj. pod własnym zarządem i własnym kapitałem (saliny Wieliczki i Bochni), a druga, że monarcha ogłasza górnictwo jako wolne, chcąc w ten sposób ściągnąć górników, którzy by podjęli produkcję górniczą na zasadach dzierżawy, koncesji górniczej (kopalnie rejonu Olkusza) [169]. W tym drugim przypadku monarcha nie tylko określał terytorium, ale i rodzaj kopalin, których wolność górnicza dotyczyła, oraz czas, na jaki obowiązywała. Mogło się zdarzyć, że kto inny miał koncesję na poszukiwania i eksploatację, a kto inny na przeróbkę, handel, a nawet produkcję narzędzi górniczych (kuźnię). Na odmiennych zasadach odbywała się eksploatacja w miejscach nadanych klasztorom i Kościołowi (np. klasztorowi tynieckiemu w 1105 r.), jeśli w akcie nadania zaznaczono, że dotyczy ono również kopalin (a nie tylko „powierzchni ziemi”). Tworzenie obszarów górniczych od XIV wieku zostało poddane określonym zasadom (np. liczba szybów, wyznaczone granice i **filary graniczne**). Również podział zysków był precyzowany, chodziło o spełnienie oczekiwań trzech stron. Z jednej strony monarchy, z drugiej właściciela lub posiadacza gruntu, z trzeciej zaś strony górników. Bywało, że monarcha zastrzegał sobie udział w olborze z kopalń prowadzonych przez klasztory.

W Polsce odpowiednikiem starosty górniczego był żupnik. Pomagał mu podkomorzy. Kopalnia miała kierownika technicznego (zwanego, np. „bergmeister”). Podporządkowanymi mu byli: podżupnik, karbny, szafarz, rządca, klucznik,

pisarz, kucharz, komornik, hutman [170]. Podobnie jak na zachodzie Europy i w Polsce spotykamy górników, którzy równocześnie byli udziałowcami kopalni. Zakładali spółkę z monarchą lub między sobą. Górnicy wykonując różne czynności, reprezentowali określone specjalności, które tworzyły „odmienne, zamknięte w sobie kategorie”.

Odnotujmy też, że schyłek średniowiecza to okres, kiedy opłaca się wprowadzać nowe rozwiązania, które monarcha chroni swoistym **prawem wynalazczym**. Kazimierz Jagiellończyk w 1454 r. upoważnił Szwajpolda Fiola do modernizacji odwadniania w kopalniach olkuskich, za co zagwarantował mu wieczysty zysk – 12 lub 6 grzywien tygodniowo od każdego urzędnika. Jednak tylko połowa zysku szła do kieszeni wynalazcy, druga... do kieszeni króla! Kilka lat później król „zmodyfikował” swoje zarządzenie, przypadającą mu część pobierał tylko przez pierwsze dwa lata. W 1475 r. spółka przedsiębiorców (5 osób) pobierała od każdego założonego przez nią kieratu czynsz w wysokości 10 grzywien tygodniowo. Otrzymała prawo ochrony wynalazku przed naśladownictwem w innych kopalniach. W 1526 r. dwóch wynalazców otrzymuje na 20 lat prawo wyłączności na odwadnianie kopalń na terenie księstwa bytomskiego. Ich rozwiązanie zwiększa głębokość odwadniania do 31 m. Opłata była liczona od metra głębokości odwodnionego szybu. Naśladownictwo i w tym przypadku zostało zakazane. Z pewnością fakty te zwiastują nadchodzące czasy nowożytne.

Na tym kończymy prezentację osiągnięć techniki górniczej średniowiecza na podstawie najważniejszego dzieła Agricoli. Dotyczyło ono kopalń rud, zlokalizowanych głównie w Saksonii. Studiując opisy kopalń rud w innych regionach (np. opracowanie zawarte w pracy [25]), można stwierdzić, że stan techniki w całej ówczesnej Europie i części Azji nie odbiegał o zaprezentowanego. Wykorzystując te informacje, stwierdzmy, że i w tych rejonach funkcjonujące kopalnie tworzyły zagłębia, występujące na terenie kilkudziesięciu kilometrów kwadratowych (np. zagłębie Kutna Hora obejmowało ponad 30 km²). Pracowało w nich kilka tysięcy górników. Rekordowe głębokości szybów w XIV w. dochodziły 450 m. W sprzyjających warunkach geologicznych powierzchnia odkrytego stropu w komorach eksploatacyjnych wynosiła kilkadziesiąt metrów kwadratowych. Sztuka górnicza średniowiecza opisana w dziełach Agricoli będzie na kilka stuleci wzorem dla następnych pokoleń, jak poszukiwać, wydobywać i przetwarzać kopaliny. Były one tłumaczone na wiele języków (niemiecki, włoski, hiszpański, angielski).

Do początku XIX wieku dzieło Agricoli stanowiło najlepsze i najobszerniejsze kompendium górnictwa i hutnictwa. Również ustępy dotyczące metod probierczych zachowały swą aktualność. Dzięki temu, że dzieło *De re metallica* pisane było po łacinie, mogło być dostępne i poza ojczyzną Agricoli. Dotarło ono również do Polski, o czym świadczą zachowane w naszych bibliotekach egzemplarze. Jeden z nich pochodzi z biblioteki króla Zygmunta Augusta. Na innym egzemplarzu, znajdującym się w Bibliotece Jagiellońskiej, figurują podpisy trzech kolejnych właścicieli: Retyka²⁶, Schneeberga i Brosciusa. Ten ostatni, znany również pod nazwiskiem Brożek²⁷, zajmował się m.in. pomiarami podziemnymi w kopalni wielickiej. Pierwsze wzmianki o Agricoli znajdują się u Gabriela Rzączyńskiego²⁸ *Historia naturalis curiosa regni Poloniae, magni ducatus Lituaniae, annexarumque provinciarum* (1721 r.). Uzupełnienie tej książki wyszło w Gdańsku w 1742 r., po śmierci autora, pod tytułem *Auctuarium historiae naturalis curiosae regni Poloniae* – Agricolę wymienia również J.K. Kluk²⁹, autor dzieła *Rzeczy kopalnych, osobliwie zdalniejszych, szukanie, poznanie i zażycie*, który w swej pracy z 1781 r. daje podział rzeczy kopalnych niemal nieróżniący się od podziału Agricoli sprzed dwustu kilkudziesięciu lat na: ziemie, soki skrzepłe, kamienie, fossilia i ineralia. Również i H. Łabęcki³⁰ wspomina Agricolę w swym *Górnictwie w Polsce* (1841) [187].

Jeszcze o średniowiecznym górnictwie solnym

W neolicie i starożytności sól pozyskiwano przez odparowanie solanki pochodzącej ze słonych źródeł. Były także kopalnie podziemne. Za najstarszą uważana

²⁶ Profesor matematyki z Wittenbergi.

²⁷ Matematyk, astronom, literat, teolog, lekarz, mówca, kartograf i geodeta, rektor Akademii Krakowskiej (1585–1652).

²⁸ Polski jezuita, fizjograf, przyrodnik, wierszopisarz, prekursor zoologii w Polsce (1664–1737).

²⁹ Polski przyrodnik i ksiądz katolicki, autor pierwszego podręcznika górnictwa w języku polskim (1739–1796).

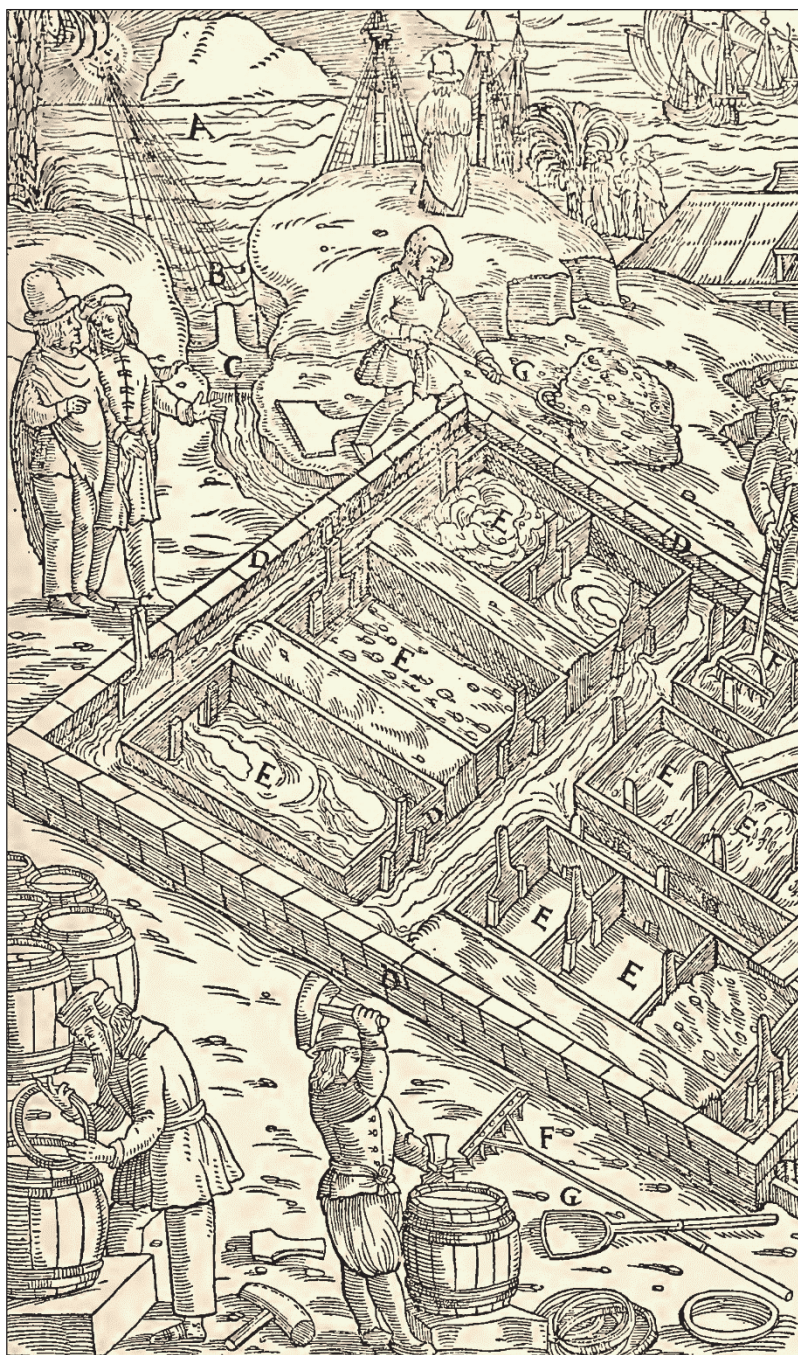
³⁰ Historyk polskiego górnictwa (1809–1862), autor m.in.: *Górnictwo w Polsce. Opis kopalnictwa i hutnictwa polskiego*, Warszawa 1841; *Początki nauki kopalnictwa*, Warszawa 1843.

jest kopalnia znajdująca się w miejscowości Duzdagi w regionie Araxe w Azerbejdżanie [142]. Wydobywano z niej sól już pod koniec epoki kamienia. Początki wydobywania miały miejsce 4,5 tys. lat BC. Około 1000 lat później eksploatacja kopalni stała się intensywna. Świadczą o tym setki kilofów i młotków znajdowanych przez archeologów u wejścia do prehistorycznych podziemnych chodników. Narzędziom górniczym towarzyszą również ułamki glinianych naczyń. Według wstępnych ustaleń pochodzą z epoki brązu. Dotychczas nie ustalono, jaki lud tam eksploatował ani jaką techniką.

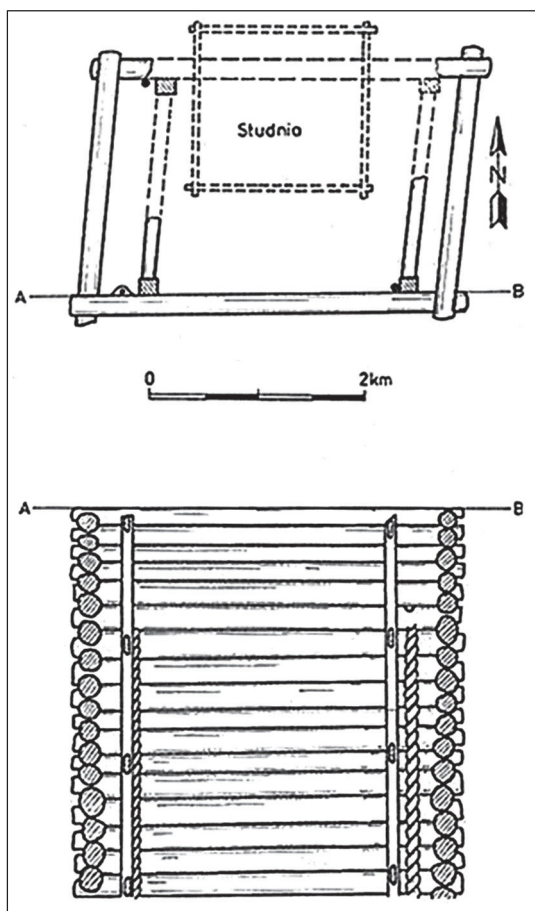
W Polsce, jak pisaliśmy, najstarsze ślady warzenia soli z wód solankowych sprzed około 6 tys. lat archeolodzy znaleźli w okolicach Krakowa, Przemyśla i na Kujawach. Najślynniejsza europejska podziemna kopalnia soli kamiennej znajduje się w Hallstatt w Austrii, o czym też już wspominaliśmy. Sól eksploatowano w niej już 2,5 tys. lat temu. W 1734 r. znaleziono tam zakonserwowane w soli zwłoki prehistorycznego górnika. Kolejna znana starożytna kopalnia soli znajduje się w Chehr Abad w prowincji Zandżan w północno-zachodnim Iranie. Odkryto ją w latach 90. ubiegłego wieku. Znaleziono w niej zakonserwowane w soli zwłoki pięciu górników, datowane na IV wiek.

W średniowieczu kontynuowane jest pozyskiwanie soli ze słonych wód. Tym razem głównie z wody morskiej. Technologie te omawia w XII księdze swego dzieła (*De re metallica*) Agricola. Opis i liczne rysunki wskazują, że od strony technologicznej kilka tysięcy lat nie wniosły niczego nowego. Tylko zbiorniki, w których pod wpływem słońca odparowuje woda, są większe (rys. 127), a naczynia, w których warzy się solankę, mają większą objętość.

Jednym z rejonów w Europie, w których powstają pierwsze, średniowieczne kopalnie soli, jest Siedmiogród. Historia jej pozyskiwania sięga czasów rzymskich. Warzono ją ze słonych źródeł, a następnie pozyskiwano metodą odkrywkową. Jest to możliwe w warunkach stosunkowo suchego klimatu. Legenda o pierścieniu św. Kingi łączy ten rejon z podkrakowskimi złożami soli, związanymi z Bochnią i Wieliczką. Jednak historycy przywołują przywilej księcia krakowskiego Kazimierza I z 1044 r., w którym Wieliczka jest nazwana „Magnum Sal” [151]. Dalej wywodzą, że już za czasów Bolesława Chrobrego w Wieliczce produkowano sól warzoną oraz kamienną w „ciosanych blokach różnej wielkości” [151]. Zatem mamy do czynienia z co najmniej tysiącletnią kopalnią bez przesadzania, czy była podziemną.



Rys. 127. „Salinki” – zbiorniki służące do odparowania wody morskiej w celu uzyskania soli [1]



Rys. 128. Najstarszy odnaleziony szyb
w Kopalni Soli Wieliczka [154]

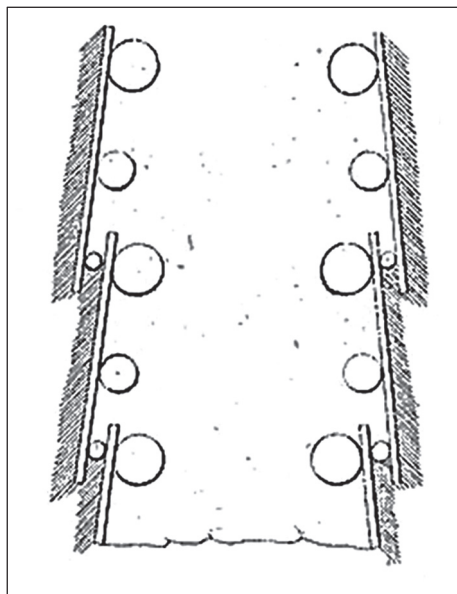
Udostępnienie złóż soli postawiło przed średniowiecznymi górnikami dwa problemy związane z budową geologiczną złóż soli. Na ogół nad czapą gipsową czy anhydrytową zalegają utwory młode, zawodnione. Należało więc nauczyć się głębić szyb w takich utworach, to problem pierwszy. Drugim jest wod szczelność obudowy, niedopuszczenie, by obok niej woda doptywała do złoża. Nawet niewielkie ilości wpływającej wody ługując skałę solną, mogą z czasem doprowadzić do katastrofy.

Pierwszy problem rozwiązywano w dwojaki sposób. Kiedy szyb głębiłono w miejscu, w którym istniała studnia solankowa (tak głębiłono szyb pokazany na rysunku 128) [19], urabiano od dołu (**nadsiewłomem**), powiększano przekrój

Za kroniką Jana Długosza jako moment rozpoczęcia podziemnej eksploatacji soli przyjmuje się w Wieliczce rok 1251, a w Bochni rok 1252. Z kolei Marcin Kromer podaje odwrotnie, przesuwając daty o jeden rok (Wieliczka 1253, Bochnia 1252).

Badania terenowe doprowadziły do odkrycia najstarszego szybu górniczego – na Zamku Żupnym w Wieliczce. Datowano go na pierwszą połowę XIII wieku (rys. 128). Wykonany został jako (prawdopodobnie) szyb poszukiwawczy w miejscu, w którym wcześniej solankę pozyskiwano ze studni. Eksploatację soli na większą skalę rozpoczęto w latach 80. XIII wieku. W tym bowiem czasie wybudowano szyb zwany dzisiaj szybem Goryszowskiego. Zastanówmy się, co wniosła średniowieczna podziemna eksploatacja soli do techniki górniczej.

i zakładano obudowę ostateczną. Drugi sposób to stosowanie **wbijanej obudowy wyprzedzającej**. Istotę rozwiązania pokazano na rysunku 129. Po założeniu wieńca za niego wbija się zaostrome deski odchylone od pionu na zewnątrz, tak by stykały się krawędziami lub by krawędzie na siebie zachodziły. Po wbiciu wybiera się materiał znajdujący się w przestrzeni ograniczonej deskami i buduje kolejne wieńce celem uzyskania rozparcia. Kiedy pojawiały się kłopoty z zatrzymaniem kurzawki za obudową, zagęszczano ją słomą. Dochodząc do końca wbitych desek, czynności się powtarza. Wielkość „marszu” obudowy tymczasowej zależy od warunków. Kiedy tego wymagały warunki, od dołu wykonywano obudowę ostateczną. Musiała być ona wodoszczelna i zapewniać długotrwałą stateczność rury szybowej. Stąd częstym materiałem, z którego wykonywano obudowę, był dąb, z uwagi na jego reakcję w środowisku wodnym. Tam gdzie drewna dębowego nie było, stosowano sosnę. Belki były obrabiane do przekroju kwadratowego lub prostokątnego. Starano się uzyskać płaszczyzny, które przylegałyby do siebie, zapewniając szczelność. Tarcza szybowa miała kształt prostokątny. Szyby z okresu początków podziemnego średniowiecznego górnictwa solnego w całości się nie zachowały. Szczególnie odcinki w warstwach zawodnionych były później wielokrotnie przebudowywane. Stąd o technice, jaką je głębiono, wnioskuje się z fragmentarycznych danych wykopaliskowych. Legenda głosi, iż do uszczelniania przestrzeni pomiędzy wieńcami obudowy używano słoniny.



Rys. 129. Schemat wykonywania obudowy szybowej tymczasowej, wbijanej, wyprzedzającej [179]

Drugim obszarem z zakresu techniki górniczej, w którym obserwujemy odmienne (od górnictwa rudnego) rozwiązania techniczne, jest układ kopalni. Związane to jest z formą złożową. Żyły rudne na ogół eksploatowane w terenie górzystym pozwalały na model udostępnienia szyb – sztolnia. Lokacja większości wyrobisk przygotowawczych wynikała z zalegania żyły. W kopalni soli mamy

udostępnienie kilkoma szymbami. Jej niewielka (początkowo) głębokość, kilkadziesiąt metrów, ułatwiała prowadzenie procesu produkcyjnego. Również właściwości skał solnych ułatwiały urabianie i utrzymanie wyrobisk. Skały solne nie zawierają wody, więc kiedy udało się zachować dostateczny filar pomiędzy wyrobiskami a granicą złoża oraz szyb zgłębić prawidłowo, w kopalni nie występowało zagrożenie wodne. Te czynniki powodowały, że prowadzenie wyrobisk poziomych było ułatwione. Ale odmiennie niż w żyłach prowadzono je w przestrzennej siatce regularnej. Miały stosunkowo duże poprzeczne wymiary



Rys. 130. Ślady odbijania ław i kłapci w komorze [152]

(do 3 m × 3 m). Analogicznie jak w kopalniach rud wyrobiska te pełniły rolę poszukiwawczych. Napotkawszy na fragment złoża, który z uwagi na czystość soli był korzystny, wybierano go systemami komorowymi (analogicznymi jak 1500 lat wcześniej w greckiej kopalni Laurion). Odmiennie niż w kopalniach rud, gdzie rozdrobnienie urobku było porządkane, w kopalni soli opracowano inny sposób urabiania. Starano się uzyskać urobek w postaci brył. Jeśli urabiano ocios, uzyskiwano kłapeć, jeśli spąg lub strop – ławę. Uzyskiwano je przez wykonywanie szczelin (tzw. szramowanie), w które wkładano kliny i tak następowało odspajanie bloków (rys. 130). Kłap-

cie i ławy były potem obrabiane na mniejsze, bałwany, których ciężar wynosił 390 kg lub 520 kg. Złomki, czyli większe okruchy soli, sprzedawano na sztuki, sól drobną ładowano do beczek.

W ten sposób wyrobiskami eksploatacyjnymi były komory o nieregularnym kształcie, o znacznych wymiarach. Ich kubatura wynosiła nierzadko kilkadziesiąt tysięcy metrów sześciennych. Eksploatacja w jednym przodku wydobywczym trwała nierzadko kilkadziesiąt lat.

Z uwagi na kształt bałwanów i beczek transportowano je, tocząc po spągu (rys. 131) lub ciągnięto na saniach (rys. 132) (urządzenia kołowrotowe do ciągnięcia w wyrobiskach podziemnych pojawiły się dopiero u schyłku średniowiecza).

Podobnie jak w kopalniach rud dla podtrzymania stropu pozostawiano filary naturalne, ale coraz częściej, zarówno w wyrobiskach korytarzowych, jak i w komorach stosowano obudowy drewniane. W tych pierwszych stojaki i odrzwia, w drugich – kaszty.

W szybach stosowano całą gamę urządzeń wyciągowych (rys. 133) opisanych przez Agricolę, łącznie z wynalazkiem XV wieku – kieratem konnym (rys. 134). Pozwalał on na wyciąganie ciężaru 2–3 ton [152]. Jak uprzednio nad szybem budowano zadaszenie, z czasem przekształcające się w budynek nadszybia. Mieścił się w nim kierat oraz skład urobku.

Ważnym elementem urządzenia wyciągowego są liny. Najpierw, jak pisałem, były plecione z łyka lipowego, od XIII wieku zaczęto stosować liny konopne, rzadziej lniane.

Pisałem o organizacji pracy według Agricoli. Wspominałem, że w różnych krajach była ona nieco odmienna. W Polsce w wieku XIV praca w kopalniach była na ogół sezonowa, często bowiem górnicy byli równocześnie rolnikami. Według statutu kazimierzowskiego (połowa XIV w.) trwała od połowy listopada do świąt Wielkanocy.

Jak widać, technika w kopalniach soli czerpiąc z doświadczeń techniki kopalń rud, cechowała się znaczną odrębnością.

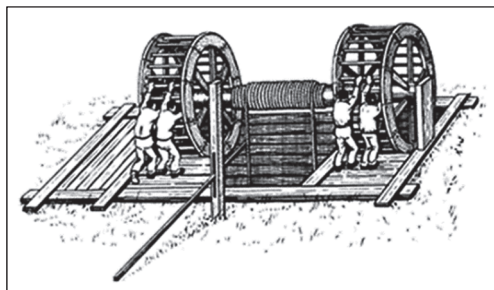


Rys. 131. Toczenie bałwana.
Rekonstrukcja A. Długosz [152]

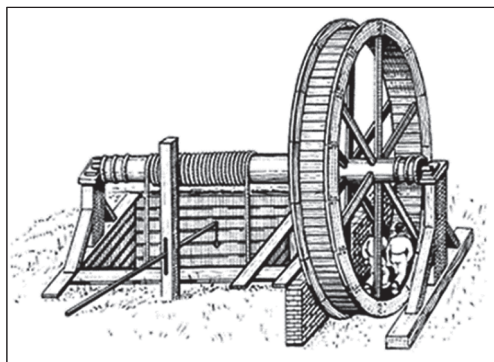


Rys. 132. Sanie do transportu poziomego beczek i bałwanów [152]

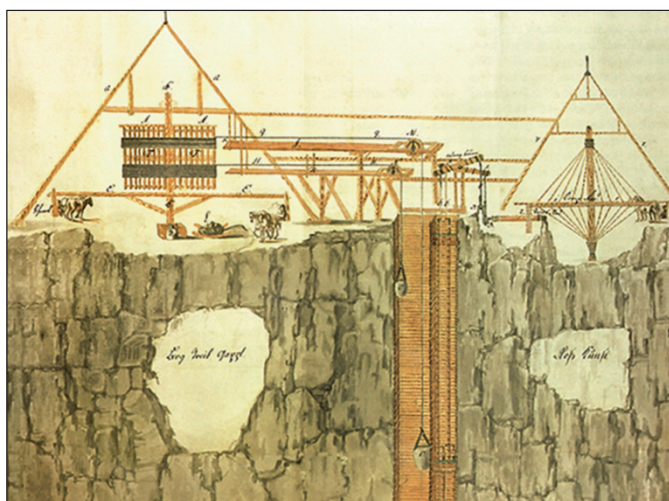
a)



b)



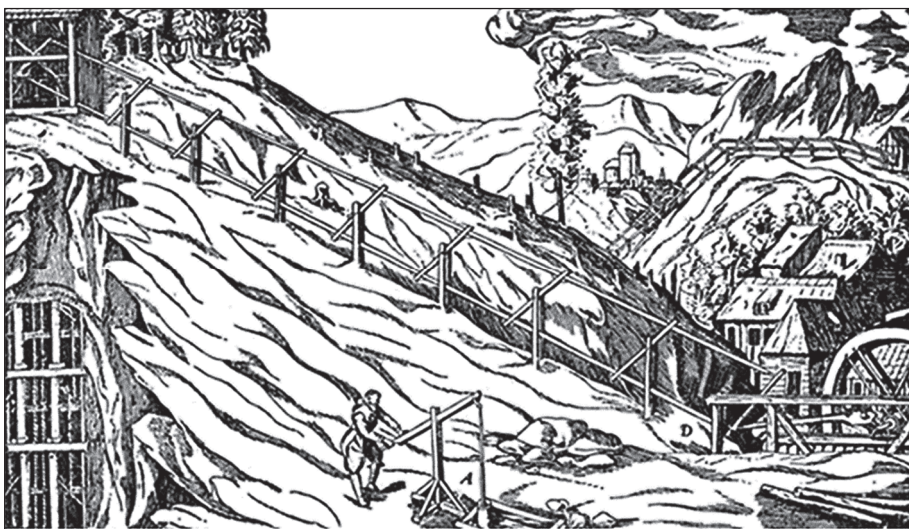
Rys. 133. Urządzenia wyciągowe z wałem poziomym – napęd ręczny (a) oraz nożny (b) [152]



Rys. 134. Konstrukcja kieratu konnego [212]

Sztolnie – przełom w odwodnieniu

Schyłek średniowiecza to okres, kiedy wiele z zagłębi rudnych zaczyna mieć kłopoty z odwadnianiem. Wspaniałe maszyny odwadniające tamtej epoki (rys. 135) nie wystarczają.



Rys. 135. Odwadnianie kopalń pompą ręczną (A)
i pompą napędzaną kołem wodnym (D) w późnym średniowieczu [197]

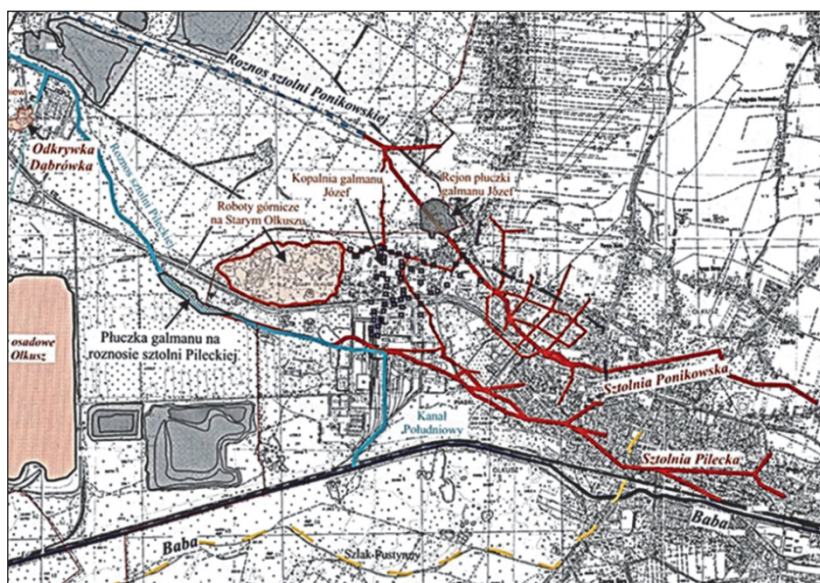
Wyczerpują się płytkie złoża, kopalnie sięgają coraz głębiej, często napotykać warstwy wodonośne. Wymaga to zastosowania bardziej efektywnego sposobu odprowadzenia wody. Poszukiwanie nowego rozwiązania wskazuje na sztolnie.

Wyrobniska te znane były od czasów starożytności, jednak ich funkcja związana była z pozyskiwaniem surowca i przewietrzaniem. Oczywiście odpływała nimi również woda, niemniej z uwagi na koszt i pracochłonność do odwadniania zaczęto je stosować dopiero wtedy, gdy w finansowanie kopalń zaangażował się kapitał spoza gwarectwa.

Jedne z pierwszych sztolni odwadniających o długościach kilkuset metrów powstają na przełomie XV i XVI wieku w kopalniach rud złota i arsenu w Sudetach (rys. 136) [193].



Rys. 136. Widok sztolni, późne średniowiecze [197]



Rys. 137. Sztolnie odwadniające w rejonie Olkusza [229]

Także w zagłębiu bytomskim „suche” złoża również wyczerpują się u schyłku średniowiecza [206]. Wydobyćcie maleje, „bo im przeszkadzały zawdy wody – a zatem góry ustały”, pisze Roździeński w swym wierszowanym poemacie o górnictwie i hutnictwie [209]. Dopiero wdrożenie pomysłu, by odwadniać złoża sztolnią ulokowaną pod przewidywanym poziomem wybierania złoża, przyniosło przełom [194]. I w tym przypadku istotną rolę odgrywa doinwestowanie zagłębia z kasy królewskiej [26]. Z uwagi na ukształtowanie powierzchni terenu miały one długość kilku kilometrów, powiększoną o równie długie roznosy, czyli kanały odprowadzające wodę na powierzchnię, od wylotu sztolni – do naturalnego cieku. Do takich należy układ sztolni w rejonie Olkusza (rys. 137).

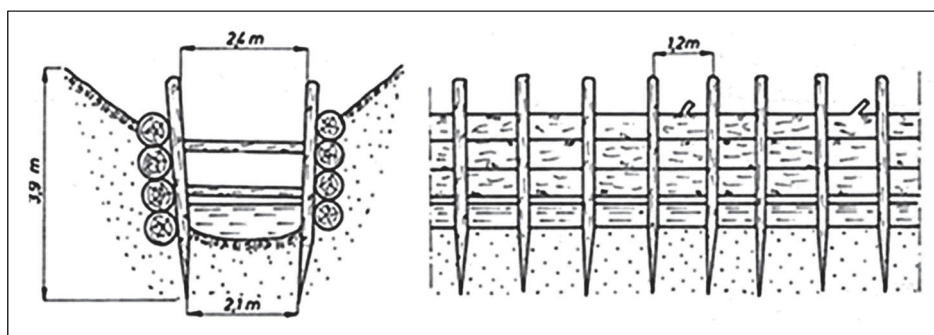
Najbardziej znaną jest Sztolnia Ponikowska. Jej długość wynosiła 7860 m i większość z tego stanowiły podziemne chodniki: główny oraz łączące się z nim chodniki boczne. Głębokość chodników dochodziła do 40 m, a według niektórych badaczy nawet do 60 m. Dostęp do chodników możliwy był za pomocą 63 świetlików (czyli szybków zamykających obieg wentylacji w trakcie drażenia sztolni). Część sztolni była otwartym kanałem – roznosem (rys. 138). Jak podają historycy, koszt budowy 1 km sztolni był porównywalny z ceną wytworzenia jednego dużego okrętu w Gdańsku. Funkcjonowała do początków XVIII stulecia, kiedy to na skutek wylewów kapryśnej rzeki Baby sztolnia została zamulona.



Rys. 138. Roznos Sztolni Ponikowskiej.
Rysował Brzozowski [197]

Roznosy znajdowały się w zasięgu występowania utworów czwartorzędowych (iłów, piasków gliniastych i glin), w związku z czym w trakcie ich budowy górnicy musieli poradzić sobie z licznymi kurzawkami. Obudowy roznosów były więc bardzo solidne. Łabędzki [178] opisując XIX-wieczne prace

renowacyjne przy wyrobiskach górniczych na terenie Olkusza, w trakcie, których odsłanianie stare roboty na Sztolni Ponikowskiej, podaje, że obudowa roznosów składała się z bali długości około 4 m, wbijanych w grunt nieco pod kątem, co 1,2 m. Bale te były rozparte dwiema poprzecznymi belkami o szerokości 2,1 m u dołu, a 2,4 m u góry (rys. 139). Z zewnątrz umacniano ją czterema położonymi wzdłuż palami o długości do 10 m. Dno wykładano przeważnie palami dębowymi. Wymiary roznosów były różne. Głębokości obudowanych kanałów wahały się od 2,5 m do 3,5 m. Wysokość skarp dochodziła do 5 m, a nawet do 10 m [173, 195].



Rys. 139. Sposób zabezpieczenia brzegów roznosu [160]

Technika drażenia sztolni nie odbiegała od tej, jaką stosowano w średniowieczu. Przekrój wyrobiska to prostokąt lub trapez, z wyraźnie wykształconym sklepieniem stropu. Wymiary poprzeczne były bardzo zróżnicowane, choć wyraźnie większe od wymiarów sztolni wczesnego średniowiecza. Do urabiania używano narzędzi żelaznych (rys. 140), takich jak kilofy, kliny, żelazka, młotki, łomy, kopaczki. Z pewnością stosowano również podsadzanie ognia.

Odstawę realizowano w taczkach lub w wózkach. Przodek oświetlano lampkami oliwnymi.

Wykonanie roznosu to nowy element w technice górniczej. Posiłkowano się doświadczeniami z kopania rowów poszukiwawczych lub głębienia szybów w skałach syplikach.

Technika odwadniania sztolniami umożliwiła zejście z eksploatacją na znaczne głębokości. Jedną z kopalń w Kutnej Horze prowadziła eksploatację rud srebra w XV wieku na głębokości ok. 400 m [25]. Pozwoliło to na wzrost wydobywania do

czasów zastosowania pomp parowych. Sztolnia stosowana była wszędzie tam, gdzie udało się, w opłacalnej odległości od rejonu eksploatacji, znaleźć teren położony niżej od planowanej eksploatacji. Sztolnie osiągają imponujące długości, jak ta wykonana z początkiem XV wieku w Bańskiej Szczawnicy, ciągnąca się przez 6 km [25]. Wykonywanie sztolni stymulowało również rozwój miernictwa górniczego.



żelazko



młotek



kliny skalne



kliny



młot dwuręczny



kopaczka

Rys. 140. Średniowieczne narzędzia górnicze [193]

Dzisiaj sztolnie stanowią istotną część obiektów geoturystycznych. W Polsce najbardziej znana jest sztolnia Czarnego Pstrąga w Tarnowskich Górach, pochodząca z pierwszej połowy XVII wieku.

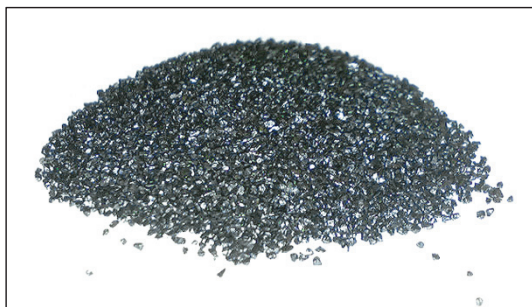
Stan górnictwa przełomu średniowiecza i renesansu podsumujemy przedstawiając go obrazem autorstwa G. Gessego (z 1521 r.), znajdującym się w kościele św. Anny w Anabergu (rys. 141) [25].



Rys. 141. Obraz autorstwa G. Gessego (1521), znajdujący się w kościele św. Anny w Anabergu [25]

Zastosowanie prochu czarnego w górnictwie

Czarny proch (rys. 142) został wynaleziony w Chinach w IX wieku. Prawdopodobnie wynalazek powstał przypadkowo przy poszukiwaniu przez alchemików eliksiru nieśmiertelności. Jest mieszaniną 75% saletry potasowej, 15% węgla drzewnego i 10% siarki. Do połowy XIX wieku był praktycznie jedyną znaną mieszaniną pirotechniczną miotającą. Używano go do wytwarzania sztucznych ogni i petard. W XI wieku prochu zaczęto używać w celach militarnych, w rakietach i bombach zapalających wystrzeliwanych z katapult. Do Europy dostał się przez Indie, Persję i Arabię. W czasach wypraw krzyżowych materiał ten rozprzestrzenił się w Europie, gdzie w XIII wieku przeprowadzono z nim pierwsze doświadczenie zakończone powodzeniem. W Polsce pierwsza wzmianka o stosowaniu prochu czarnego oraz broni palnej (artylerii) znajduje się w Statucie wiślickim, wydanym przez Kazimierza Wielkiego w 1347 r. W 1410 r. w bitwie pod Grunwaldem działa krzyżackie i polskie ładowano prochem czarnym. Miotły one kule kamienne.

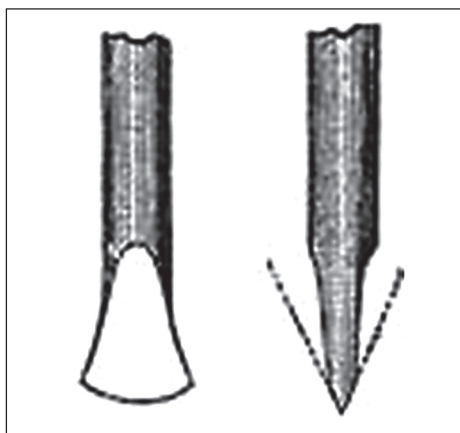


Rys. 142. Proch czarny [88]

O pierwsze zastosowanie prochu czarnego w kopalni toczy się spór pomiędzy kopalniami Freibergu, Clausthal a kopalniami Czech i Włoch. Najnowsze prace wskazują na Włochy, gdzie w kopalniach Sycylii w 1574 r. przeprowadzono pierwsze próby, które nie zakończyły się jednak sukcesem. Za pierwszą udaną próbę urobienia twardej skały przyjmuje się eksperyment przeprowadzony przez wojskowego, w lutym 1627 r. w Bańskiej Szczawnicy. Trzy lata później kopalnie Bańskiej Szczawnicy dzięki powszechnemu zastosowaniu prochu zwiększyły dwukrotnie wydobyte [193].

W kopalni soli w Wieliczce proch czarny zastosowano pierwszy raz w 1743 r., a od 1772 r. używano go powszechnie [156].

Proch czarny i inne **materiały wybuchowe (MW)** pod wpływem bodźca zewnętrznego (**inicjacji**) ulegają gwałtownej reakcji chemicznej o charakterze egzotermicznym, której towarzyszy wydzielenie wielkiej ilości produktów gazowych. Wybuch jest gwałtowną zmianą stanu równowagi układu, prowadzącą do pracy mechanicznej. Wybuch przebiega w dwóch etapach. Pierwszy to zamiana energii chemicznej na energię substancji silnie sprężonej. Drugi to rozszerzanie sprężonej substancji, prowadzące do niszczenia otoczenia. Wybuchowi towarzyszy **fala detonacyjna** powodująca wstrząsy i huk. Gazy powstające w wyniku wybuchu w bardzo krótkim czasie wywierają silne ciśnienie, które kruszy otaczające środowisko.



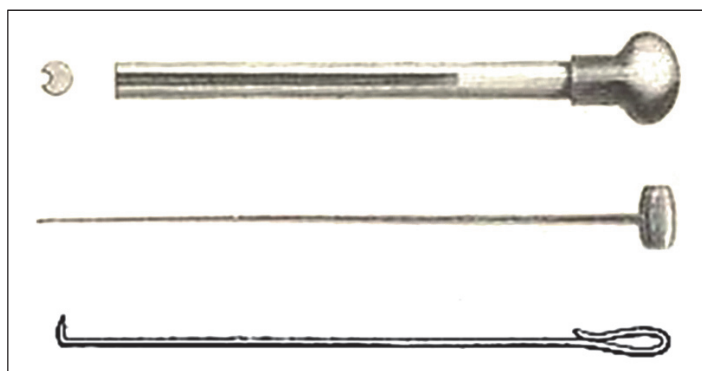
Rys. 143. Dłuta do wykonywania otworów strzałowych [160]

Wykorzystanie wybuchu prochu do niszczenia skał wymagało rozwiązania kilku problemów. Pierwszym było umieszczenie **ładunku MW** w urabianym masywie skalnym. Rozwiązano go, wykuwając w masywie skalnym **otwór strzałowy** specjalnymi dłutami (rys. 143). Po wykonaniu otwór należało wyczyścić ze **zwiercin**. Używano do tego **gracek** i miotełek z ptasich piór. Następnie za pomocą specjalnej łopatkı (rys. 144) ładowano proch do papierowej tutki. W przypadku otworów wilgotnych papier był nasycany tłuszczem lub smołowy.

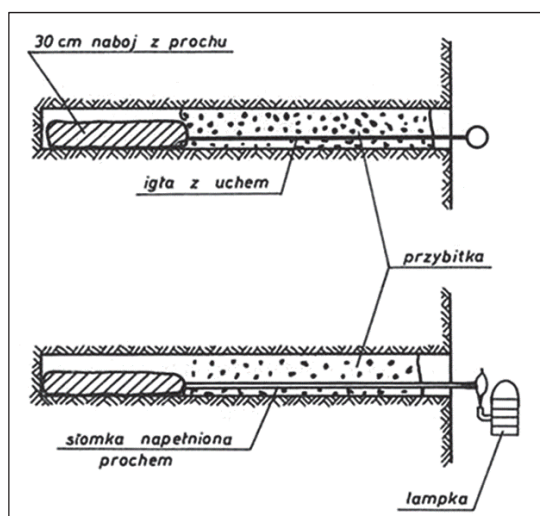
Wielkość ładunku zwykle nie przekraczała 500 g. Z czasem pojawiły się gotowe **naboje** zawierające proch w papierowym opakowaniu lub w postaci prochu sprasowanego. Tak został rozwiązany problem pierwszy.

Problemem drugim do rozwiązania było opracowanie sposobu **inicjacji** wybuchu ładunku (zapoczątkowało to rozwój **środków inicjujących**). Wykorzystano fakt, że proch czarny w postaci ścieżki prochowej pali się i opracowano pierwowzór **lontu prochowego**. Była nim słomka wypełniona prochem, zapalana od lampki. Ale do rozwiązania był jeszcze problem trzeci. Należało doprowadzić do sytuacji, w której **gazy postrzałowe** (gazowe produkty rozkładu prochu) nie zostaną wyrzucone z otworu (jak w przypadku lufy broni palnej), a oddziaływać będą na środowisko skalne. W tym celu otwór strzałowy (część

niewypełnioną **prochem**) zatykano plastyczną gliną stanowiącą **przybitkę** (rys. 145). Polegało to na wkładaniu porcji gliny do otworu i ubijaniu jej specjalnym **nabijakiem** (kijem). Aby przez przybitkę wprowadzić słomkę z prochem, po włożeniu naboju wkładano do niego specjalną igłę (rys. 144), która pozostawała w otworze podczas wykonywania przybitki. **Odpalanie** ładunku realizowano lampką (z czasem zaliczono by ją podobnie jak nabijak do **sprzętu strzałowego**). Czas palenia się „lontu” zapewniał załodze odejście na bezpieczną odległość od miejsca urabiania.



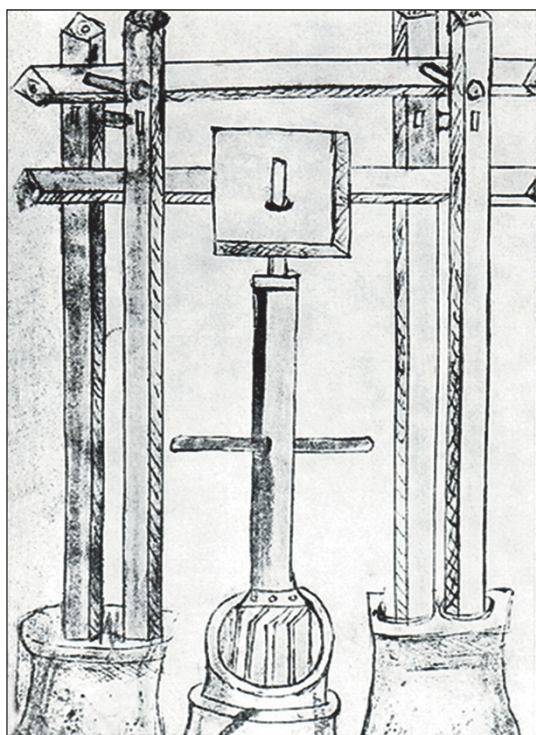
Rys. 144. Łopátka do ładowania prochu,
igła do wykonywania otworu na słómkę i gracka [160]



Rys. 145. Otwór wiertniczy z ładunkiem prochu [160]

Wprowadzenie prochu czarnego do urabiania wprawdzie istotnie poprawiło jego efektywność, lecz nie wyeliminowało pracy ręcznej i podstawowych narzędzi używanych przez górnika. Przynosiło jednak nowe problemy związane zwłaszcza z tym, że w produktach gazowych jego rozkładu znajdują się takie gazy toksyczne jak siarkowodór i tlenek węgla. Stąd po odstrzale należało długo czekać, aż w wyniku wentylacji zostały one usunięte z przodka. Również wysoka temperatura gazów postrzałowych (do 2000°C), podnosząca temperaturę w przodku (chwilowo nawet do 650°C) utrudniała pracę. Te niedogodności istotnie ograniczały zastosowanie prochu w kopalniach podziemnych, z których po wynalezieniu dynamitu (1867 r.) praktycznie został wycofany.

Wróćmy do wierceń,

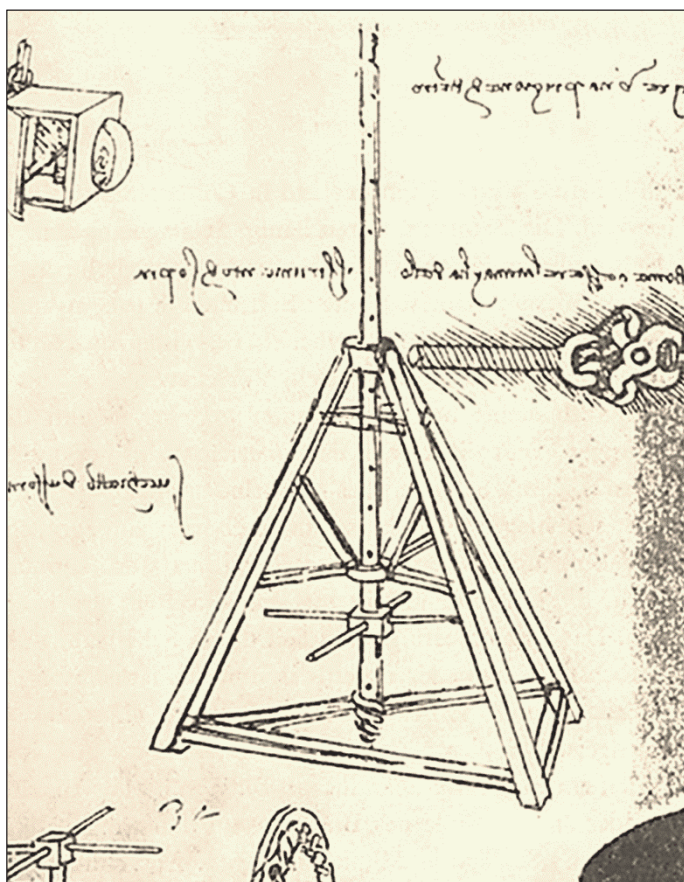


Rys. 146. Projekt urządzenia do wierceń ręcznych z 1430 r. – Włochy [3]

zwłaszcza że konieczność wykonywania głębokich studni wymagała ich rozwoju. A wszystko zaczęło się w średniowieczu, kiedy to warowne miasta lokowano na wzniesieniach. Zaopatrzenie ich w wodę czerpaną wewnątrz murów zapewniało możliwość funkcjonowania w okresach oblężenia. Klasycznie kopano je metodą analogiczną do głębenia szybów. W 1126 r. w Artois (Francja) stwierdzono, że przy korzystnym układzie warstw wodonośnych można czerpać wodę wypływającą pod własnym naporem. Tak powstała pierwsza studnia artezyjska (kopana).

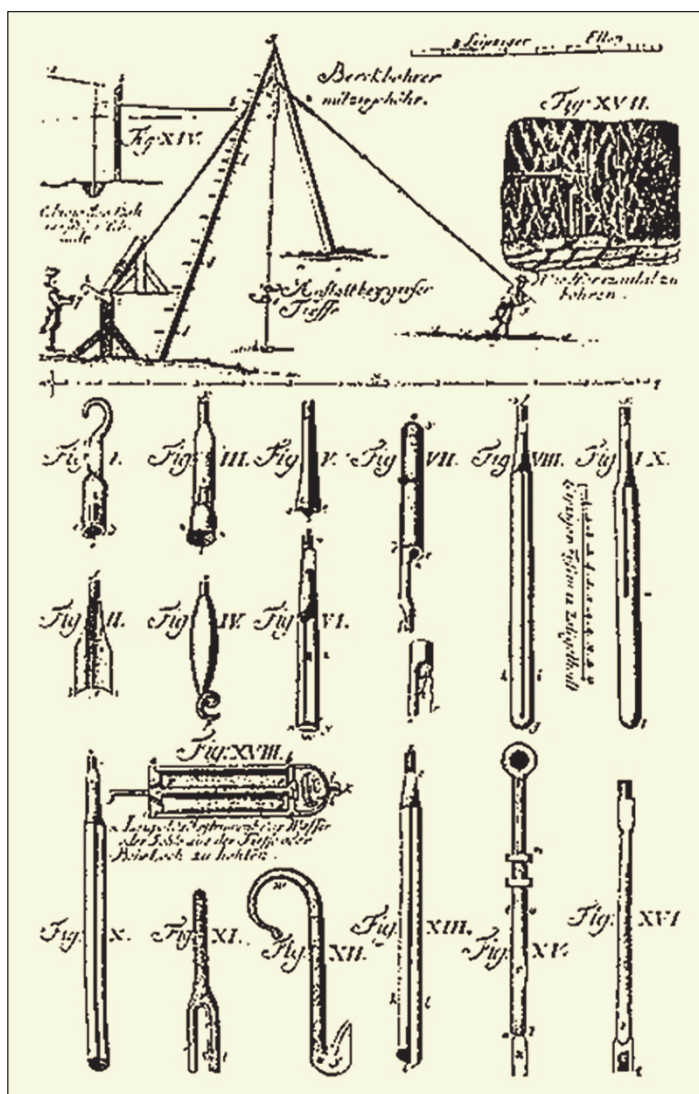
Pracochłonność wykonywania studni kopanych zwróciła uwagę

na zastosowanie do tego celu wierceń. Sądzi się [3], że pomysł ten wywodził się z informacji, które o wierceniach studni w Chinach przywiózł ze swej podróży Marco Polo. Istnieją również informacje o stosowaniu wierceń w celu udostępniania solanek w XIII wieku w Rosji. Udokumentowane prace z XVI i XVII wieku pochodzą z Niżnego Nowogrodu. Pierwsze nowożytne urządzenia wiertnicze w Europie (rys. 146 i 147) zaczęto projektować w XV wieku we Włoszech.



Rys. 147. Wiertnica ręczna
według projektu Leonarda da Vinci z 1500 r. [3]

Dalszy rozwój wierceń odnotowujemy z początkiem XVIII wieku, o czym w swej pracy wspomina Lehman [3]. Z niej pochodzi rysunek narzędzi wiertniczych stosowanych do wierceń udarowych, linowych (rys. 148).



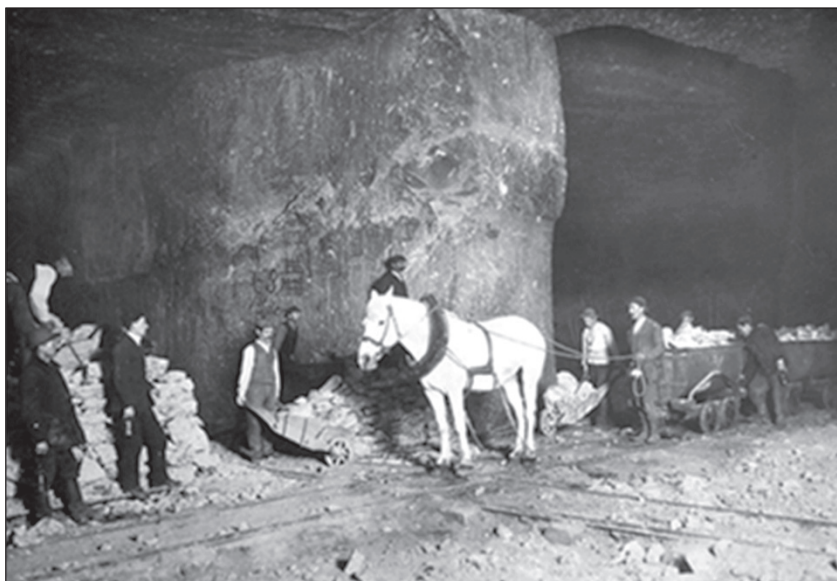
Rys. 148. Narzędzia wiertnicze z początku XVII wieku [3]

W jego górnej części widzimy trójnóg z zawieszoną liną. Można dopatrzeć się na nim wyraźnych podobieństw ze starożytnymi rozwiązaniami chińskimi. W dolnej części rysunku mamy szkice różnych narzędzi. Są dłuta, łyżki do wybierania zwiercin, haki. Pomimo pewnego postępu w stosunku do starożytności na burzliwy rozwój wiertnictwa będziemy czekać dopiero do przełomowego odkrycia Ignacego Łukasiewicza i pojawienia się wieku nafty.

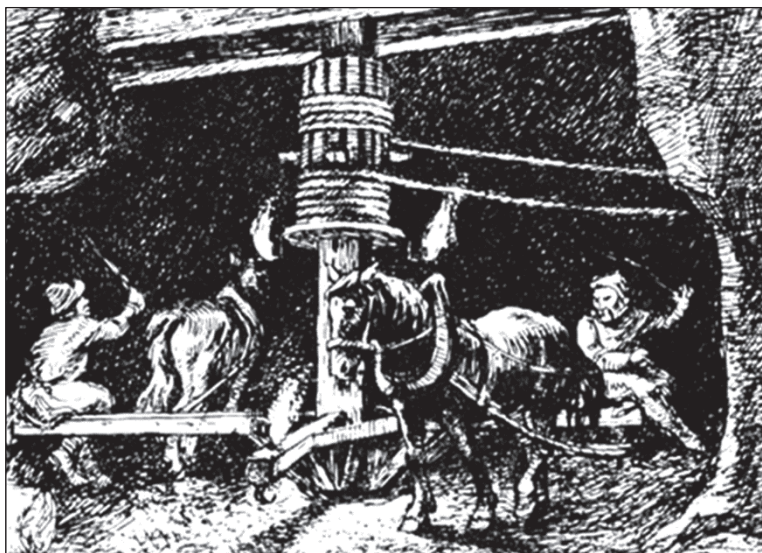
Opuszczenie koni do wyrobisk

Konie pomagają górnikowi od wczesnego średniowiecza. Chodząc na powierzchni w kieracie, napędzają urządzenia wyciągowe, pompy wodne, urządzenia wentylacyjne i maszyny do rozdrabniania w zakładzie przeróbczym. Jednak do podziemnych wyrobisk kopalnianych konie trafiły dopiero w XVI wieku. Jedną z pierwszych wzmianek pisemnych potwierdzających tę informację jest zapis żupnika wielickiego Jana Baptysty Cekkiego z pierwszych lat tego wieku [151]. Konie służyły do ciągnięcia wózków (rys. 149) oraz pracowały przy podziemnych kołowrotach (rys. 150).

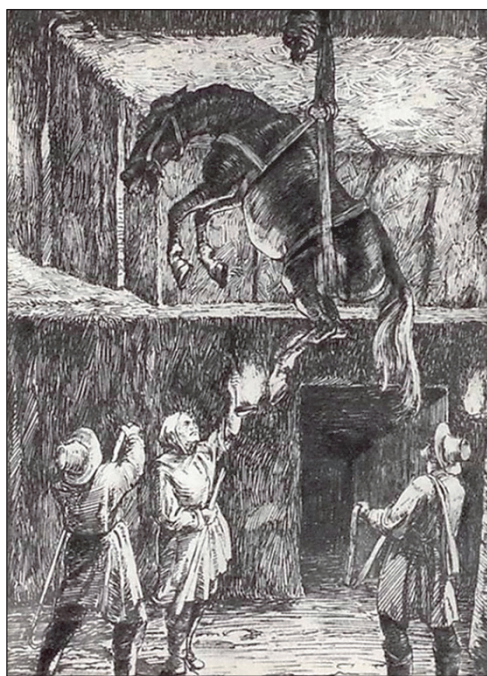
Podstawowym problemem do rozwiązania był sposób opuszczenia konia w szybie. Pamiętajmy, że wyciągi szybowe nie mają jeszcze klatek, do których można by wprowadzić konia. Trzeba było zatem opuszczać konia bezpośrednio na linie w specjalnej uprzęży (rys. 151). W podziemiach lokowano je w obszer-nych stajniach, gdzie pozostawały już do końca życia.



Rys. 149. Transport konny w Kopalni Soli „Wieliczka” [88]



Rys. 150. Podziemny kierat konny w Kopalni Soli „Wieliczka”.
Rekonstrukcja: A. Długosz [154]

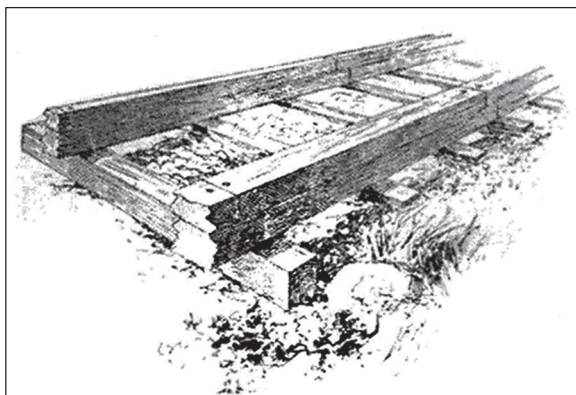


Rys. 151. Opuszczanie konia szybem.
Rekonstrukcja A. Długosz [155]

Każdego dnia na szychtë wyprowadzali je stali opiekunowie. Każde zwierzę miało w stajni własny boks oznakowany tabliczką z nazwą i wiekiem. Prowadzono rejestrację jego czasu pracy. Średni dobowy czas pracy konia wynosił osiem godzin. Dbłość o zwierzęta przejawiała się stanem stajni. Starano się, by były czyste i suche, dobrze przewietrzane, z odprowadzeniem końskiego moczu. Były w nich drabiny i żłoby, w których podawano paszę i czystą (sprowadzaną z powierzchni) wodę. Dbano, by nie było w niej nadmiaru światła, gdyż konie przyzwyczajone do ciemności z nadmiaru światła doznawały uszkodzeń oczu oraz były niespokojne. Wprowadzonoienne normy żywieniowe, które dla koni dołowych przewidywały dwukrotnie większą dawkę obroku niż dla koni powierzchniowych.

Uprząż konia ciągnącego po szynach wózki z urobkiem bardzo różniła się od standardowej. Ze względu na ciasnotę i specyfikę otoczenia na szyję zwierzęcia zakładano ciężkie chomąto. Od chomąta na całym ciele konia ze wszystkich stron mocowane były pasy. Podtrzymywały skórzany worek na grzbiecie, chroniący kręgosłup przed uderzeniami o niski strop, przytwierdzały też ciężki skórzany nagłówek, który swym ciężarem i zmyślną uzdą zmuszał konia do jak najniższego opuszczania łba ku ziemi. Tak skrępowany przez całą szychtë koń ciągnął zestawy wagoników nie klatką piersiową, a łbem, który jednocześnie przez tak wymuszoną sylwetkę zabezpieczony był nie tylko przed uderzeniami o niskie stropy, ale i obudowę ociosów.

Kilka słów o **przewozie**, czyli transporcie urobku w wózkach. W czasach Agricoli wózki pojawiły się po raz pierwszy jako konstrukcje drewniane z metalowymi wzmocnieniami. Poruszały się na dwóch parach drewnianych kółek, z których jedno (w parze) były mniejsze, drugie większe. Taka konstrukcja podwozia współpracowała z prototypem szyny wykonanej z drewna (rys. 103). Nierówny spąg przy toczeniu się po nim kół z większym niż taczki naciskiem sprawiał wozakowi kłopoty. Stąd pomysł na szyny. Nie był to nowy pomysł, bo pierwsze próby stworzenia drogi przypominającej tory sięgają XII wiek BC w państwie Hetytów [217], gdzie w drodze wyprofilowano koleiny prowadzące koła platform przewożących posagi bogów na święta. Potem mamy pomysł rowku wyżłobionego w desce, stanowiącego swoistą prowadnicę dla kołka przytwierdzonego do podwozia wózka. Mniej więcej w tym samym czasie (początek XVI w.) w kopalniach w Siedmiogrodzie powstaje pomysł na dwie belki przytwierdzone do podkładów (rys. 152) [217].



Rys. 152. Pierwsze tory drewniane w kopalni [217]

Dalszy rozwój torów miał miejsce sto lat później, kiedy zaczęto myśleć o kolei parowej. W kopalniach tory metalowe pojawiają się w XVIII wieku, przechodząc ewolucję kształtu przekroju poprzecznego i rozmiarów szyn.

Wróćmy do transportu konnego. Woźnica prowadzący pociąg konny szedł ze światłem przed koniem, zaś koniec pociągu sygnalizowało czerwone światło. Pomiedzy kolejnymi pociągami zachowywano minimum 10-metrowy odstęp. Po kilkakrotnym pokonaniu tej samej drogi konie zapamiętywały trasę do tego stopnia, że w ciemnościach nieomylnie stawiały kopyta w wydeptane dołki pomiędzy drewnianymi podkładami szyn, a wyprzęgnięte po skończonej szybie w płataninie ciemnych chodników same wracały do stajni. Jeden koń ciągnął pociąg składający się z 12–15 spiętych hakami wagoników, których sumaryczny ciężar wraz z urobkiem wynosił około 13 ton [60]. Konie ułatwiały górnikom pracę, jednak istotnie podnosiły koszty. Stąd też ich wprowadzanie do kopalń było powolne. To, że wcześniej niż w kopalniach rud pojawiły się w kopalniach soli, wynikało z wymiarów dróg transportowych, które w tych pierwszych były węższe. W kopalniach węgla zaczęto je wykorzystywać od połowy XIX wieku.

Konie zaczęto wycofywać z dołu kopalń wraz z wprowadzaniem coraz nowocześniejszych urządzeń technicznych, takich jak silniki parowe, silniki elektryczne, lokomotywy elektryczne, wydajne pompy odwadniające. Ostatni koń (w Polsce) z Kopalni Soli „Wieliczka” wyjechał z dołu w 2002 r. „Baśka” pracowała w kopalni przez 13 lat, głównie przy pracach zabezpieczających kopalnię, na wąskich korytarzach, gdzie trudno było zamontować urządzenia mechaniczne. Trzymana była również ze względów sentymentalnych i jako atrakcja turystyczna.

Świt węgla kamiennego

Węgiel kamienny (rys. 153) to jeden z najważniejszych surowców mineralnych w dotychczasowych dziejach człowieka. Był znany i wykorzystywany do orzeczania już w starożytnych Chinach, w rejonie Kaifeng (co najmniej II w. BC).



Rys. 153. Węgiel kamienny

W Europie palne właściwości węgla kamiennego znane były od starożytności. Pisał o nim Arystoteles, określając go jako „kamień łamliwy, zapalający się od węgla drzewnego, palący się jasnym płomieniem, ale wydzielający bardzo nieprzyjemną woń”. W tamtym okresie nie miał on jednak większego znaczenia gospodarczego, częściowo wskutek obfitości drewna, częściowo ze względu na niskie

potrzeby energetyczne społeczeństw. Pierwsze znalezione ślady jego stosowania pochodzą z południowej Walii z epoki brązu. Był tam używany do kremacji zwłok (być może także w celach rytualnych) [22]. Legioniści rzymscy zetknęli się z nim po podboju Brytanii w 43 r. BC. Brytyjczycy używali go do podtrzymywania płomienia ogniska, a jego dym miał odstraszać węże (!). W tym czasie w Chinach trwa era węgla. Potwierdza to Marco Polo, który przebywa tam w drugiej połowie XIII wieku. Według niego monopol na wydobycie węgla ma dwór cesarski.

Węgiel jako paliwo na kontynencie europejskim zaczęto stosować w Anglii w XII wieku. Najbardziej znaczącym obszarem jego wydobycia było Newcastle. Na przełomie XIV i XV wieku węgiel był już stosowany powszechnie w wielu kuźniach, browarach i domach, powodując lokalnie uciążliwe zanieczyszczenie powietrza. Spotkało się to z oporem mieszkańców, którego skutkiem był królewski zakaz używania węgla [22]. Zakaz ten był jednak powszechnie łamany.

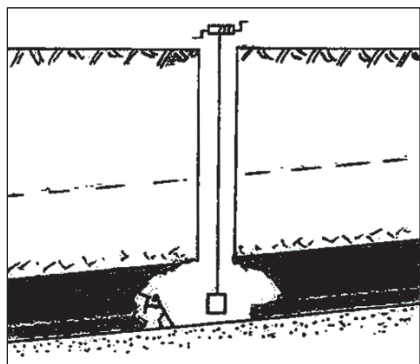
Pod koniec XVI wieku w Anglii narastał kryzys energetyczny spowodowany brakiem drewna i początkiem małej epoki lodowej. Aby go rozwiązać, po raz pierwszy w historii sięgnięto masowo po węgiel kamienny. Anglia była też pierwszym w historii społeczeństwem, którego struktura uległa zasadniczym

zmianom wskutek używania tego paliwa [22]. Znaczne zasoby łatwo dostępnego węgla umożliwiły Anglii dokonanie rewolucji przemysłowej w XVIII wieku.

Z Wysp Brytyjskich umiejętność wykorzystania węgla kamiennego przez ludność w XII wieku przeszła na kontynent, w rejon dzisiejszego Verkrool. Na ziemiach polskich pierwsze informacje o wydobywaniu i stosowaniu węgla kamiennego pochodzą z początku XIV wieku, z terenów późniejszego Zagłębia Wałbrzyskiego [191].

Jak większość innych kopalin węgiel kamienny zaczęto wydobywać na wychodniach metodą odkrywkową. Wystarczyło zdjęcie darni. Wyróbiska miały kształt leja, a ich głębokość nie przekraczała 10 m [203]. Przejście na eksploatację podziemną miało miejsce około sto lat później.

Eksploatacja podziemna węgla kamiennego postawiła przed górnikami nowe wyzwania. Najpierw za sprawą właściwości skał. Bodaj po raz pierwszy na taką skalę przychodzi im wydobywać surowiec będący (w porównaniu z rudami) skałą mniej wytrzymałą, wyraźnie wykształconą w postaci uławiconych pokładów. Również skały otaczające to utwory osadowe. Z czasem do wymienionych odmienności dojdą zagrożenia naturalne, towarzyszące jego wydobywaniu.



Rys. 154. Kopalnia dukłowa [203]

Pierwszy system, jakim eksploatowano węgiel, był bardzo podobny do stosowanego 10 tysięcy lat wcześniej szybu wąskiego (rys. 16). Teraz szyb wąski zostaje nazwany **dukłą** (rys. 154). Jest to forma szybu z minimalną obudową, pomostami, drabinami, kołowrotem. Po wybraniu węgla w pobliżu dukli opuszczano ją, głębiąc kolejną obok. Tak powstawały „kopalnie wędrujące”. Urobkiem płonny zasypywano opuszczoną duklę. Urabiano ręcznie, analogicznie jak w kopalniach rud. Z czasem, kiedy zdarzało się

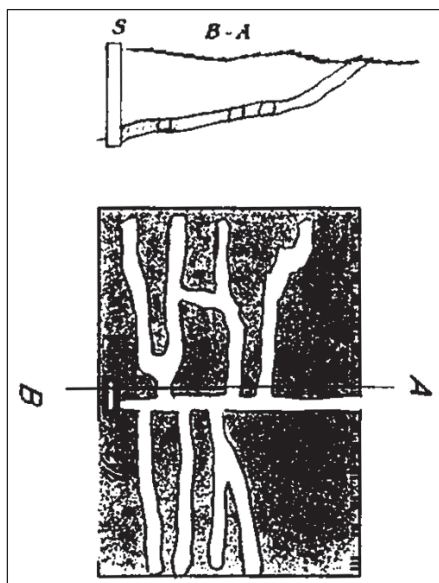
coraz więcej wypadków zaczadzenia, w celach wentylacyjnych łączono dwa sąsiednie szyby. Znowu nic nowego, że przywołam Krzemionki Opatowskie sprzed czterech tysięcy lat. Kubeł, którym wydobywano urobek, służył również do usuwania wody.

W warunkach, w których wydobywano surowiec w pobliżu wychodni, stosowano najbardziej rozpowszechniony w średniowieczu układ, czyli upadowa-

-szyb (rys. 155). Z upadowej drążono chodniki, czasami łącząc je ze sobą. System ten nazwano **chodnikowym**. Ze względu na przewietrzanie długość ślepych chodników nie przekraczała 30 m.

Eksploatacja wyrobiskami korytarzowymi w słabych skałach wymagała stosowania obudowy. Była nią znana drewniana obudowa odrzwiowa. W początkowym okresie eksploatacji węgla kamiennego stosowano najprostsze systemy odstawy, to jest niecki drewniane i taczki. Bardziej rozwinięte środki transportu pojawiły się dopiero w XVIII wieku.

Górnictwo węgla kamiennego w początkach rozwoju nie wymagało wychodzenia z techniką eksploatacji poza proste rozwiązania, które wcześniej stosowano w górnictwach innych surowców. To oczywiście wynikało z tego, że była obfitość złóż płytko zalegających, tym bardziej że do XVIII wieku węgiel wykorzystywano głównie w kuźniach i przy wypalaniu wapna [27]. Pewne ilości stosowano również w browarach, gorzelniach i cegielniach [191]. Węgiel będzie odgrywał ważną rolę, kiedy pojawią się wielkie piece hutnicze opalane koksem (1735 r.) oraz nadejdzie wiek pary i elektryczności.

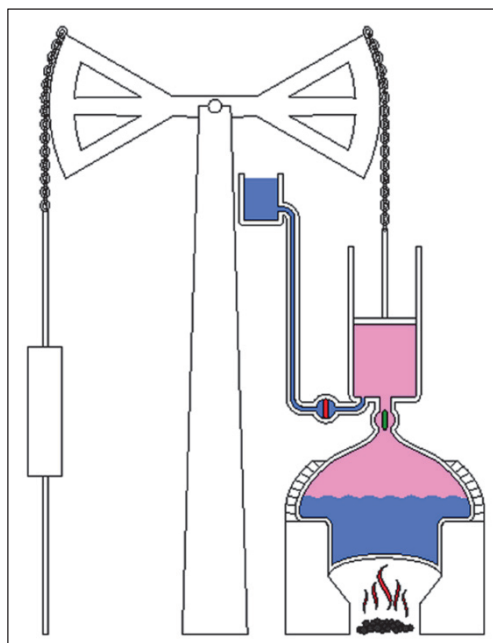


Rys. 155. System chodnikowy [210]

Rewolucja przemysłowa wkracza do kopalń

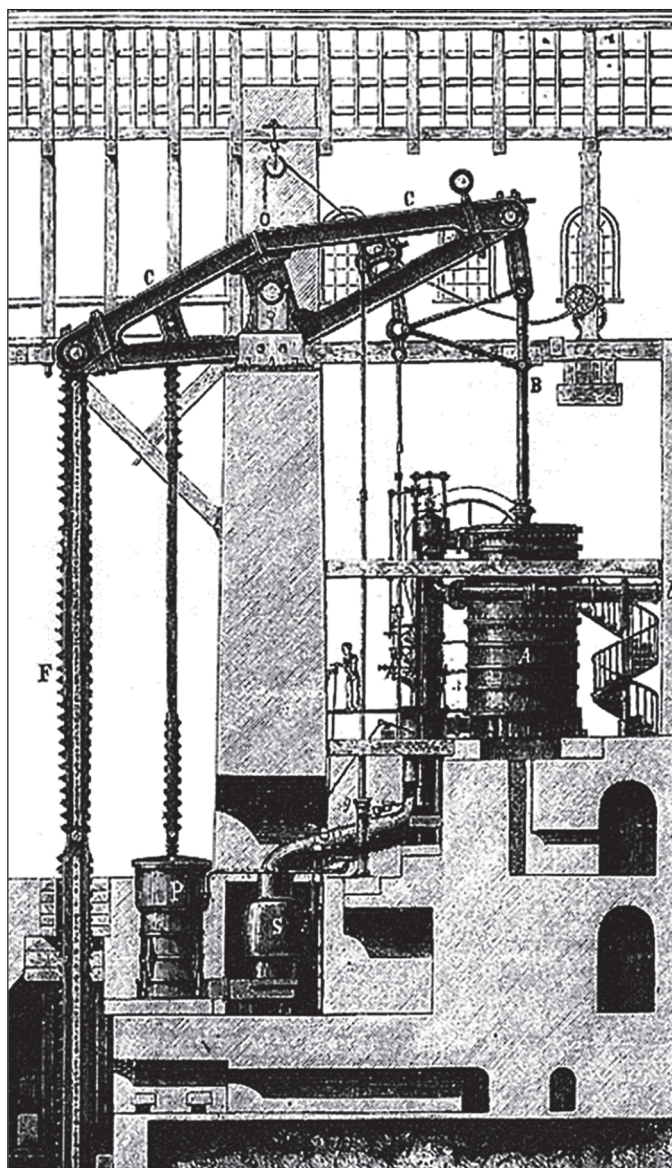
Proces zmian technologicznych, gospodarczych, społecznych i kulturalnych, który został zapoczątkowany w XVIII wieku w Anglii i Szkocji, związany z przejściem od gospodarki opartej na rolnictwie oraz produkcji manufakturowej bądź rzemieślniczej do opierającej się głównie na mechanicznej produkcji fabrycznej, obejmie również kopalnie, w szczególności węgla. Zaczęło się

w Anglii, gdzie już na przełomie XVI i XVII wieku pojawił się kryzys energetyczny spowodowany brakiem drewna oraz początkiem małej epoki lodowej. By go rozwiązać, sięgnięto masowo po węgiel kamienny. Jego znaczne zasoby łatwo dostępne, położone w pobliżu rzek umożliwiających tani transport, były czynnikiem ułatwiającym. Szukano także nowych rozwiązań technologicznych. Najpierw zmodernizowano procesy włókiennicze, a następnie hutnicze i metalurgiczne. Doprowadziło to do przełomowego wynalazku Thomasa Savery'ego i Thomasa Newcomena, którzy w 1705 r. opatentowali tłokową, odwadniającą maszynę parową (rys. 156). Tłok do góry podnosiła para, ruch w dół odbywał się pod wpływem siły ciężkości. Wynalazek został zastosowany w 1712 r. w kopalni węgla w Staffordshire [119]. Maszynę tę udoskonalił James Watt w 1763 r. i tak powstał parowy silnik tłokowy.



Rys. 156. Schemat parowej pompy wodnej Savery'ego i Newcomena [89]

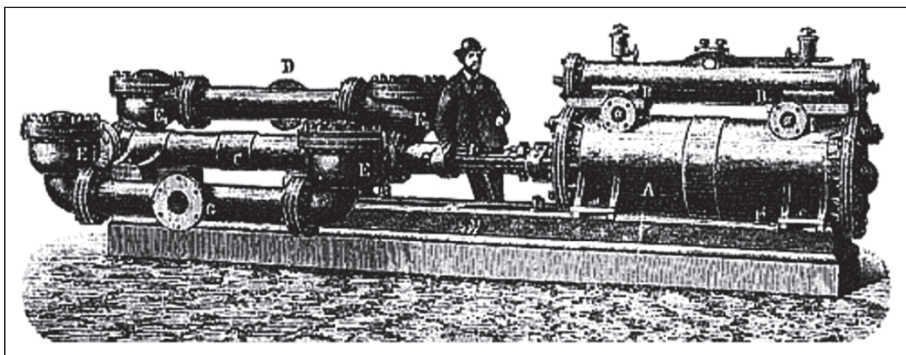
Na ziemi polskiej pierwsza maszyna parowa została sprowadzona z Anglii w 1788 r. Zastosowano ją do odwadniania kopalni Fryderyk w Tarnowskich Górach [27]. Zapoczątkowało to rozwój tej techniki odwadniania (rys. 157).



Rys. 157. Pompa z wahaczem typu kornwalijskiego [160]

Pompy tego typu, montowane na powierzchni, miały wydajność ok. 700 l/min. Ich zasadniczą wadą był długi „trzon” (połączenie kiwaka z tłokiem), który musiał pracować z niewielką częstotliwością. Tego typu maszyny odwadniające stosowane były do głębokości około 300 m. Przy większej preferowano pompy

podziemne. Budowano je, bezpośrednio łącząc cylinder parowy i cylinder pompy (rys. 158). Największą ich zaletą był brak długiego „trzonu”. W związku z tym częstotliwość pracy tłoka mogła być większa. Wysokość podnoszenia wynosiła ponad 500 m, wydajność ok. 15 m³/min. Pompy tego typu zaczęto stosować z początkiem XIX wieku.



Rys. 158. Pompa podziemna typu Cammeron [160]

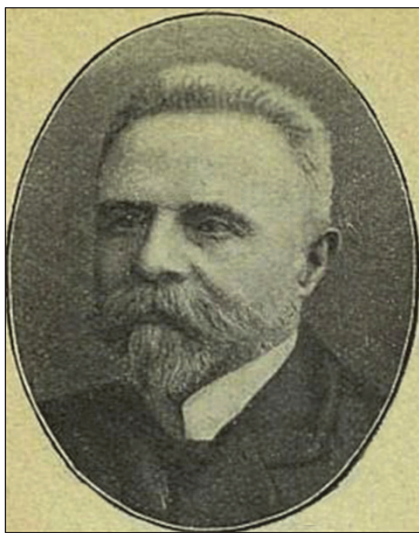
Oprócz wymienionych stosowano również pompy z kołem zamachowym, charakteryzujące się większą wydajnością i większą wysokością podnoszenia. Próbowano również pompy z silnikiem hydraulicznym, którego zasilanie stanowiła woda pompowana z powierzchni przez pompę z maszyną parową. Używano również dwóch i trzech pomp pracujących w układzie równoległym [160].

Pompy parowe pozwoliły na rezygnację z wykonywania drogich sztolni odwadniających. Umożliwiły rozwój górnictwa rud i węgla kamiennego. Maszyny parowe zwiększyły zapotrzebowanie na ten surowiec, powodując, że...

...kopalnie węgla kamiennego stały się wiodącymi w XIX wieku.

W nich głównie będzie widoczny postęp techniczny. Stąd też ich przede wszystkim dotyczy pierwszy wydany w języku polskim podręcznik, autorstwa

Hieronima Kondratowicza³¹ (rys. 159), kompleksowo obejmujący technikę wybierania złóż od geologii po przeróbkę [160]. Autor sumuje w nim wiedzę górniczą poprzedniego stulecia. Poświęcony jest głównie eksploatacji węgla, choć podaje również przykłady z górnictwa rud. W pewnym sensie jego znaczenie można porównać do słynnego dzieła Agricoli. Z uwagi na szczegółowość opisów (ok. 1100 stron tekstu, w tym ok. 1500 rysunków) stanowić będzie podstawę prezentowania rozwoju techniki górniczej w okresie rewolucji technicznej.



Rys. 159. Hieronim Kondratowicz [99]

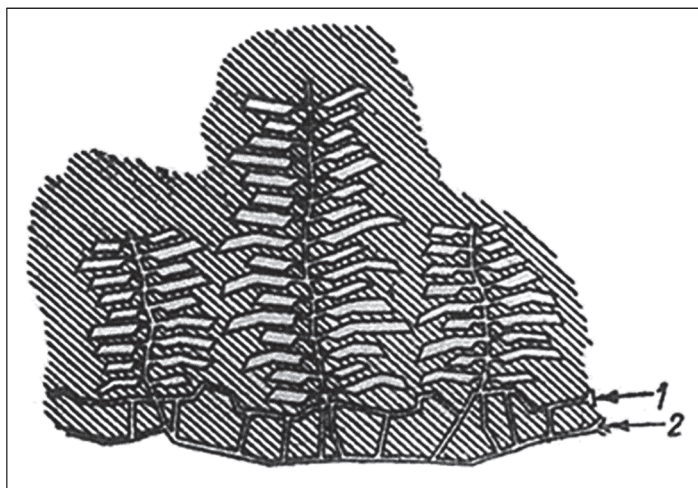
Geologia zagłębia węglowego jest odmienna od geologii złóż rud czy soli. Charakterystyczną cechą zagłębia węglowego jest forma złożowa – pokłady oraz ich wielość. To powodowało konieczność rozwoju struktury udostępnienia kopalni w kierunku modelu wielopoziomowego. Wprawdzie strukturę wielopoziomową miały też kopalnie soli i rud, ale w przypadku kopalń węgla, ze względu na występujące nieregularności w zaleganiu pokładów (uskoki, pofałdowania), struktura ta jest zdecydowanie bardziej skomplikowana.

Pokładowa forma złożowa umożliwia rozwój systemów wybierania („odbudowy” – jak je w tamtych czasach nazywano) w kierunku długofrontowych.

³¹ **Hieronim Kondratowicz** urodził się w 1846 r. W 1868 r. ukończył Szkołę Główną w Warszawie, uzyskując tytuł magistra nauk przyrodniczych. W latach 1868–1872 studiował w Instytucie Górniczym w Petersburgu. Pracował w wielu zagłębiach, był inżynierem w Zagłębiu Dąbrowskim. Angażował się w sprawy powstającej w Dąbrowie Szkoły Górniczej zwanej „Szygarką”, w której przez lata prowadził wykłady z górnictwa. Stały się one, obok literatury zagranicznej, podstawą do opracowania książki w języku rosyjskim – *Gornoje iskusstwo* (1898 r. cz. I i 1900 r. cz. II). W 1903 r. praca ta, znacznie udoskonalona, ukazała się jako dwutomowe polskie wydanie, na którym przez najbliższe 50 lat miały wychowywać się kolejne pokolenia inżynierów i techników górniczych. Po odzyskaniu przez Polskę niepodległości został członkiem komisji powołanej w celu ujednolicenia prawa górniczego w Polsce. Pracował nadal w szkolnictwie górniczym. W 1923 r. za wybitne zasługi dla polskiej nauki technicznej oraz za działalność patriotyczną otrzymał tytuł doktora honoris causa Akademii Górniczej w Krakowie. Jest pierwszym wyróżnionym tym tytułem przez uczelnię. Zmarł w 1923 r.

Te z kolei powodują rozwój wielu maszyn, wcześniej nieznanych. Oto są skutki rewolucji przemysłowej.

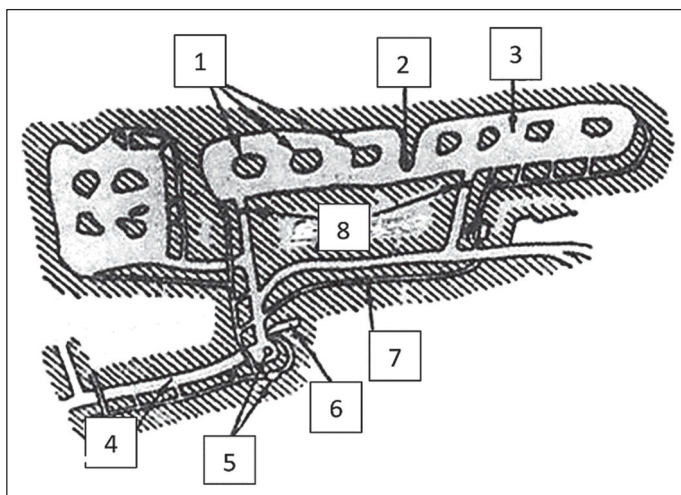
Jak to zwykle bywa, po odkrywkach i systemie duklowym przychodzą systemy chodnikowe. W XVII wieku pojawiają się systemy **zabierkowe** (rys. 160) i **komorowo-filarowe** (rys. 161). Oparte są na udostępnieniu dwoma szybami, jednak wielkość obszaru górniczego takiej kopalni ogranicza się do najbliższego sąsiedztwa szybów. Wybieranie ułatwia poziome lub prawie poziome zaleganie pokładu.



Rys. 160. System zabierkowy eksploatacji węgla w XVIII wieku (Anglia):
1 – wlot świeżego powietrza, 2 – wyrobisko wentylacyjne [237]

Wyrobiska zabierkowe w tamtym okresie były ślepe. Miały szerokość 3–4 m i długość kilkunastu metrów. Ich wysokość była równa grubości pokładu, chyba że ograniczały ją możliwości wykonania obudowy (znane przykłady do 12 m).

Pojawiły się również wyrobiska komorowo-filarowe. Były przeniesieniem doświadczeń z górnictwa rudnego do eksploatacji węgla. Ciekawe było rozwiązanie systemu wentylacji polegające na tym, że do odprowadzenia zużytego powietrza nad pokładem w skałach płonnych prowadzone były wyrobiska wyprowadzające go z komór do szybu wentylacyjnego. Ich przekrój był znacznie mniejszy w stosunku do wyrobisk prowadzonych w węglu. Połączeniem obu rodzajów wyrobisk były szybiki.



Rys. 161. System filarowy wybierania węgla w XVIII wieku (Anglia) [237]:

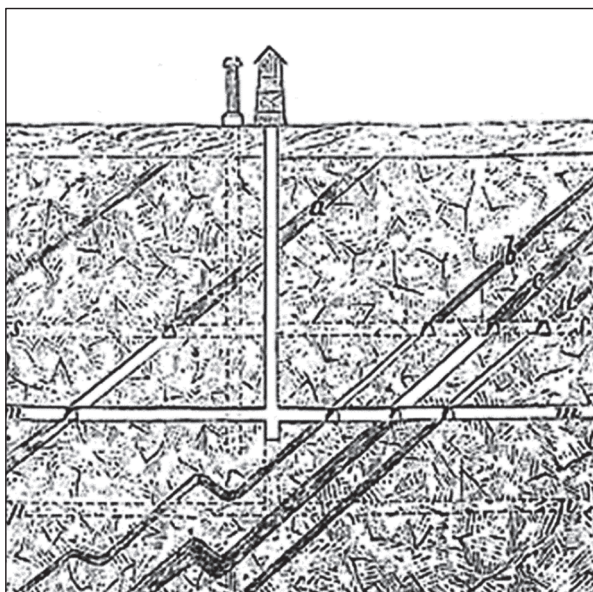
- 1 – filary, 2 – wycinany filar, 3 – komora, 4 – wyrobiska transportowe,
 5 – szybiki do wyrobisk wentylacyjnych, 6 – komora MW,
 7 – stajnia, 8 – wyrobiska wentylacyjne

Prezentowane rozwiązania miały za zadanie zwiększyć wydobywanie z szybu. Dzisiejszym językiem powiedzielibyśmy, że miały służyć poprawie **koncentracji wydobywania**. Stały się początkiem tego typu systemów stosowanych w kopalniach węgla, po licznych modernizacjach w latach późniejszych. W opisywanej postaci funkcjonowały krótko, gdyż zostały wyparte przez systemy długofrontowe. Te pojawiły się w związku z nową strukturą kopalni.

Struktura udostępniania kopalni węgla

Najprostszą strukturę kopalni stanowi układ dwóch szybów położonych w centrum (**szyby centralne**) obszaru górniczego (rys. 162). Jeden z nich to szyb wydobywczy, drugi wentylacyjny. Od szybu wydobywczego poprzecznie do rozciągłości warstw wykonuje się **przecznice** (główna droga transportowa). W miejscach, w których przecznica przechodzi przez pokłady, wykonuje się

chodniki podłużne. Będą one podstawą podziału **wyrobiskami (robotami) przygotowawczymi** złoża na mniejsze jednostki.



Rys. 162. Udostępnienie kopalni dwoma szypami [160]

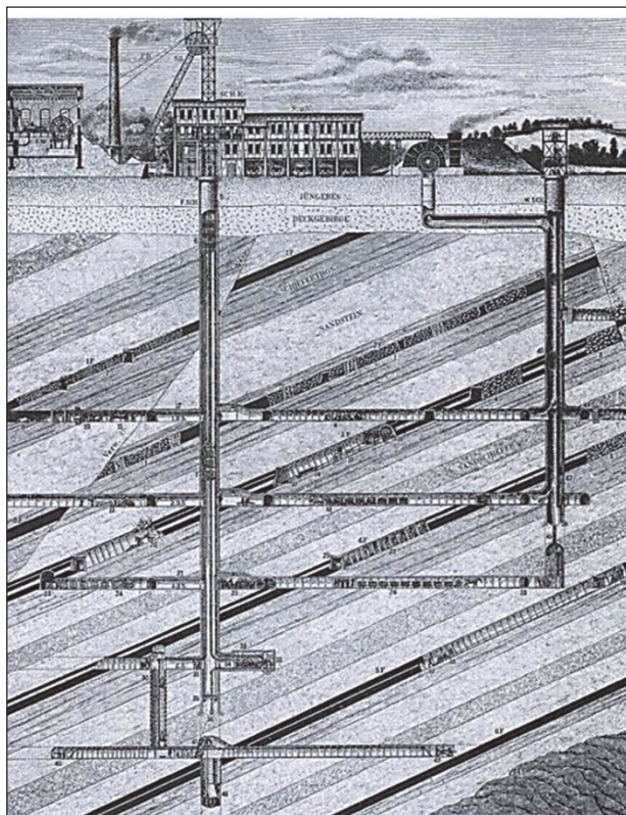
Wyrobiska (przecznica + chodniki podłużne) w takim samym układzie przestrzennym prowadzi się z szybu wentylacyjnego, z tym że ich lokalizacja jest powyżej sieci wyrobisk udostępniających prowadzonych z szybu wydobywczego. Te, powiązane z szypem wydobywczym, mają w nazwie przymiotnik „transportowy”, a prowadzone z szybu wentylacyjnego – „wentylacyjny”. Tak powstaje **poziom wydobywczy** (utworzony z wyrobisk mających mniej więcej tę samą rzędną wysokościową, równą rzędnej podszybia) i **poziom wentylacyjny**. Pomiedzy nimi w ramach robót przygotowawczych dzielących złożę na mniejsze jednostki prowadzi się **pochylnie**. Wydzielają one jednostkę eksploatacyjną – **pole**. W przypadku gdy obszar górniczy kopalni jest przedzielony znacznymi uskokami na rejony (partie), każdy(a) z nich może mieć sytuowane poziomy na innych rzędnych wysokościowych.

Wydzielając pole, stosuje się również wyrobiska poziome łączące pochylne. Są to **chodniki piętrowe**, z których niżej usytuowany to chodnik piętrowy transportowy, wyżej – wentylacyjny. Różnica wysokości pomiędzy nimi to **wy-**

sokość pionowa piętra, długość mierzona po pochylni to **długość pochyła piętra**.
Analogicznie można ustalić wysokości (pionową i pochyłą) poziomu.

Opisuję rozcięcia złożeń i układ wyrobisk przygotowawczych dość szczegółowo, gdyż do czasów współczesnych będzie to kanon robót przygotowawczych, jeśli chodzi o ich geometrię. Kanonem będzie też opracowana wtedy kolejność wybierania. Otóż poziomy eksploatuje się z góry (od najwyższego) ku niższemu, zaś piętra raczej od dolnego ku górnym.

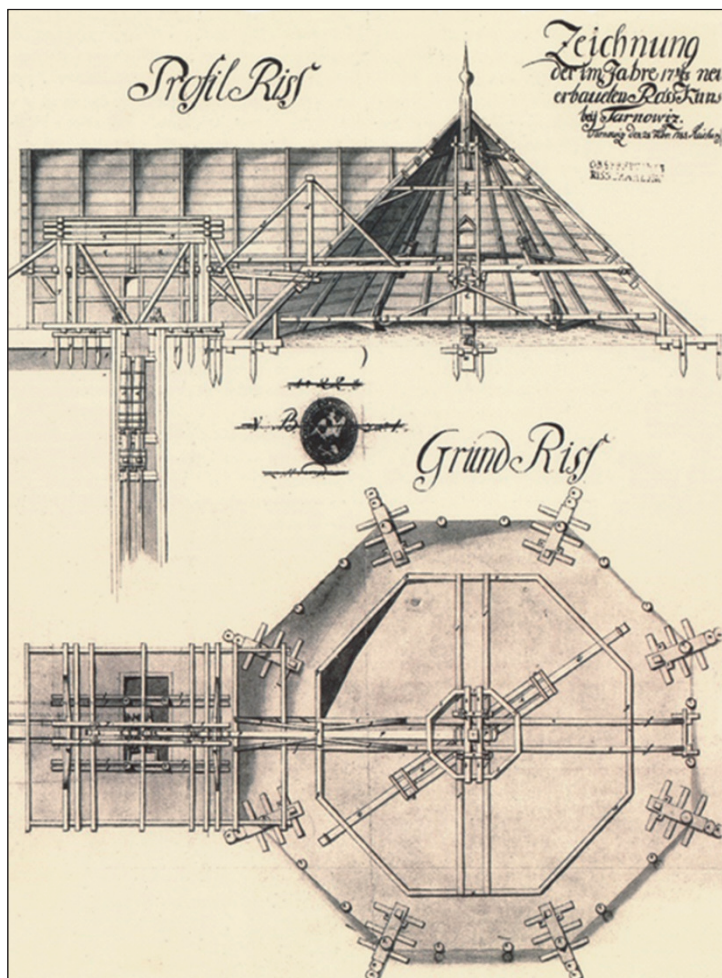
Pokazana na rysunku 163 najprostsza struktura udostępnienia wraz z wybieraniem kolejnych pokładów ulega komplikacji. Nie zawsze oba szyby lokowane są centralnie. Szyb wentylacyjny bywa lokowany w pobliżu granicy obszaru górniczego (tej, przy której pokłady zalegają najwyżej). Wtedy nazywamy go **szybem peryferyjnym**. Pojawia się więcej szybów.



Rys. 163. Struktura udostępnienia kopalni węgla – połowa XVIII wieku [25]

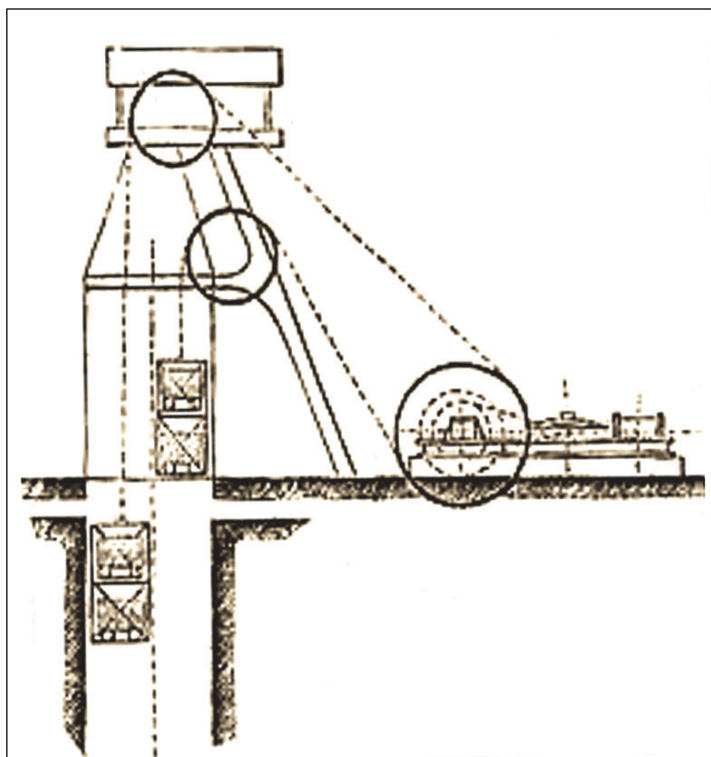
**Szyb zasadniczym
wytwarzaniem udostępniającym**

Przypomnijmy, już w średniowieczu wokół szybów zaczęły pojawiać się budynki. Najpierw był to domek (biuro, magazyn) zawiadującego kopalnią, potem budynek, w którym mieścił się kierat – napęd maszyny wyciągowej (rys. 164).



Rys. 164. Kierat konny z urządzeniem wyciągowym w kopalni Fryderyk w Tarnowskich Górach (ok. 1785 r.) [27]

Kiedy w 1784 r. w angielskiej kopalni Newcastle wprowadzono pierwszą maszynę wyciągową napędzaną silnikiem parowym Watta, zaszła konieczność opracowania nowego **zbrojenia rury szybowej** (zespół konstrukcji znajdujących się i poruszających w niej) oraz zaprojektowania nowego elementu nadszybia, którym jest **wieża szybowa**, będąca do dzisiaj znakiem rozpoznawczym kopalni. W kopalniach śląskich taka maszyna pojawiła się w 1814 r. w kopalni Król w Chorzowie. Jej wydajność przy wyciąganiu z szybu o głębokości 400 m wynosiła około 100 ton/dobę. Nowością było wprowadzenie w 1877 r. koła pędnego typu ciernego [27]. Stworzyło ono możliwość równoczesnego ruchu dwóch naczyń wyciągowych w rurze szybowej, poruszających się w przeciwnych kierunkach. Rozwiązanie Koepego wymagało zastosowania widocznej na rysunku 165 wieży szybowej z kołami kierowniczymi lin (w prezentowanym przykładzie jedno nad drugim).



Rys. 165. Schemat pracy maszyny wyciągowej pracującej z kołem ciernym [160]

Pierwsze konstrukcje wież szybowych z początku XIX wieku były drewniane (rys. 166). Z czasem, kiedy wzrósł udźwig urządzeń wyciągowych, zwłaszcza w przypadku szybów głębszych (powyżej 500 m), zaczęto szeroko stosować różne odmiany wież szybowych stalowych.



Rys. 166. Wieża szybowa drewniana [54]

Kondratowicz wyróżnia wieże „piramidalne” (koźłowe) i „wieże z podporami” (jednozastrzałowe) (rys. 167). Stają się one powszechne od połowy XIX wieku, zwłaszcza te z podporami. Te przedstawione na rysunku 167 są pozostałością po górnictwie dolnośląskim – stan po rozebraniu budynków nadszybia. Powszechne jednak było obudowywanie wlotu szybu budynkiem, zwykle niepołączonym z budynkiem maszyny wyciągowej, stojącym obok (rys. 168). W nim mieściła się maszyna wyciągowa z silnikiem parowym (rys. 169).

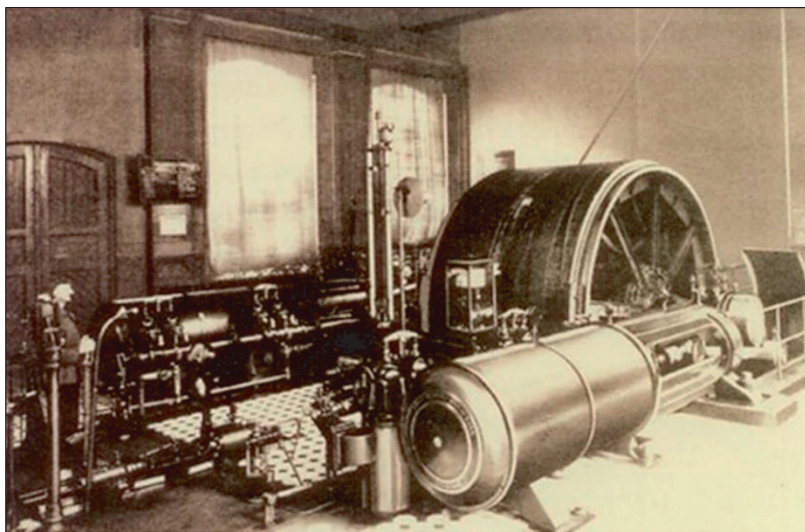
Wprowadzenie parowej maszyny wyciągowej zrewolucjonizowało zbrojenie szybu. Praktycznie przestano głębić szyby w obudowie drewnianej, zastąpiła ją murowa, na ogół z cegły. Powszechny staje się kształt kołowy przekroju rury szybowej. Jej średnica nierzadko przekracza 6 m. Rekordowe głębokości XIX-wiecznych szybów sięgają 1800 m [160].



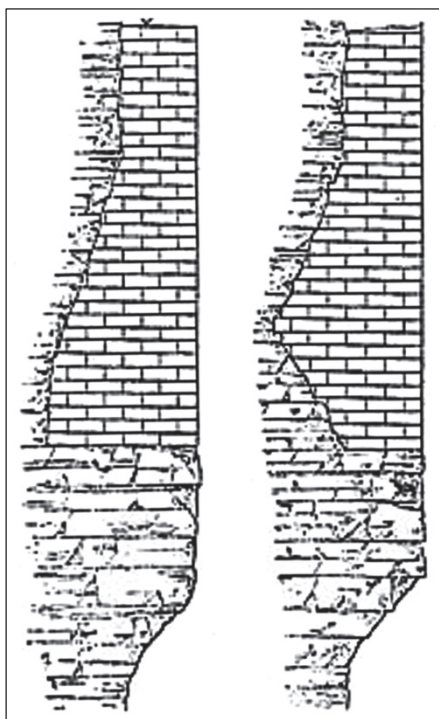
Rys. 167. Wieże szybowe metalowe,
piramidalna (z lewej), z podporami (z prawej) [56]



Rys. 168. Wieża szybowa z podporami
z budynkami nadszybia i maszyny wyciągowej [54]



Rys. 169. Parowa maszyna wyciągowa – połowa XIX wieku [27]



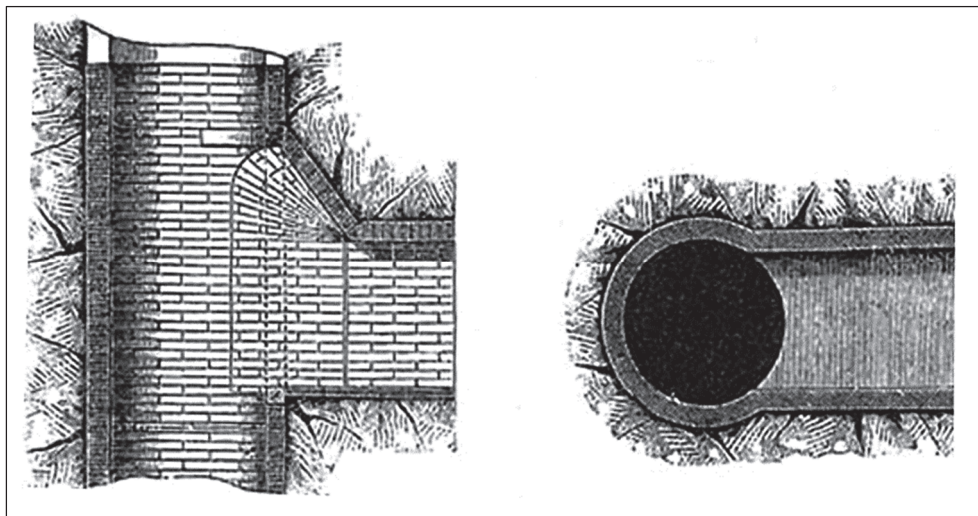
Rys. 170. Wieniec podstawowy (gniazdo) obudowy murowej szybu [160]

Szyby głębi się dwuetapowo. W pierwszym etapie stosuje się tymczasową obudowę drewnianą, którą w drugim zamienia się na murową, posadowioną w **gniazdach**, będących **wieńcem podstawowym**. To nowość w technice wykonywania szybów (rys. 170). Pod koniec XIX wieku rozpoczyna się wprowadzanie obudowy metalowej, betonowej i mieszanej. Materiałem wiążącym przy obudowie betonowej oraz składnikiem zaprawy jest cement portlandzki opracowany w 1824 r.

Dno szybu urabia się ręcznie lub prochem czarnym. Urobek wyciąga się w kubie metalowym. Kubłem też wybiera się wodę, jeśli dopływa.

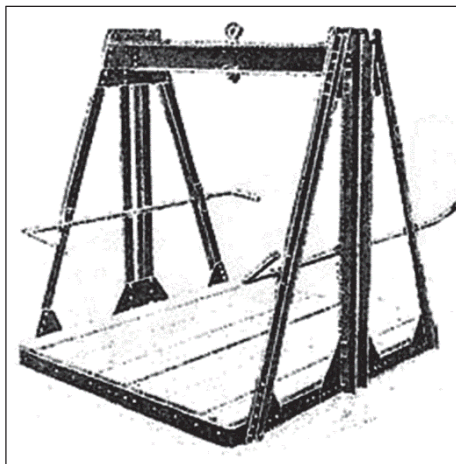
Obudowa murowa wymagała nowych rozwiązań podszybi. Przejście z rury szybowej do poziomych wyrobisk podszybia wykonywano w kształcie sklepienia. Wy-

konywano podszybie z dostępem do szybu z jednej strony lub dwóch. Przy dwustronnym konstrukcja była lustrzanym odbiciem (rys. 171). Obudowa podszybi była murowa z cegły lub żelbetowa.

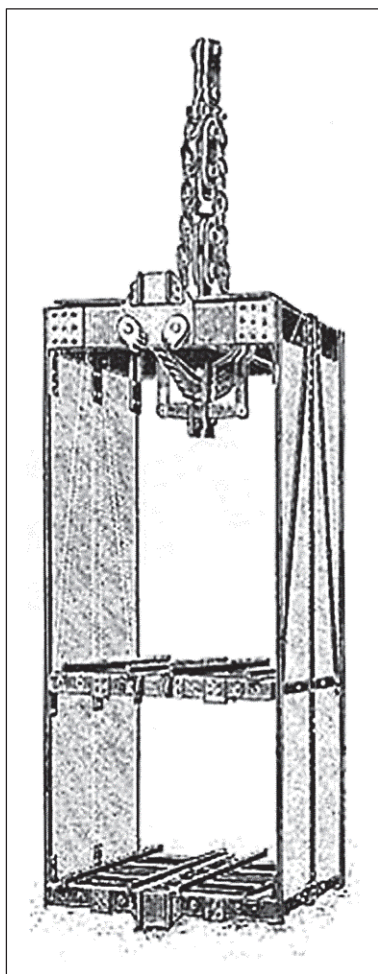


Rys. 171. Podszybie [160]

Wprowadzenie maszyn wyciągowych z silnikiem parowym stworzyło możliwość wyciągania większej ilości urobku. Należało zmienić naczynia wyciągowe. W kopalniach rud przez pewien czas pozostawiono kubły, z tym że o większej pojemności. W kopalniach węgla pozostawienie kubłów powodowałyby dodatkowe kruszenie urobku (w XIX w. węgiel drobny był mało przydatny), zatem zaczęto poszukiwać nowych rozwiązań. Najprostszym z nich było pozostawienie urobku w wózkach, w których go transportowano i opracowanie nowego naczynia, do którego by go wtaczano. Tak pojawiły się klatki, najpierw jednopiętrowe (rys. 172) w 1830 r.,



Rys. 172. Klatka jednopiętrowa [160]



Rys. 173. Klatka
dwupiętrowa [160]

w Anglii [27], potem dwupiętrowe (rys. 173). Do klatek od 1835 r. przytwierdzone są suwaki lub kółka, które będą ślizgać się po **przewodnikach**. Ten nowy element zbrojenia szybu, zwany na początku „kierownikiem”, wykonywano z belek dębowych, przytwierdzanych do dźwigarów mocowanych w obudowie. Ten sposób prowadzenia klatek w szybie jest stosowany do dzisiaj. Rozpoczęto również próby ze stosowaniem przewodników linowych.

Kolejną nowością wprowadzoną w pierwszej połowie XIX wieku były **liny metalowe**. Do ich produkcji („kręcenia”) w 1835 r. w Wiedniu zbudowano pierwszą maszynę [27]. Stosowane liny (najpierw „żelazne”, potem „stalowe miękkie”) wymagały smarowania. Zatem trzeba było opracować smary, które by je zabezpieczały przed korozją. Obsługa szybu otrzymała kolejne zadanie okresowej **rewizji szybu**, polegającej na obowiązkowej kontroli stanu lin.

Na nadszymbiu i podszymbiu wprowadzono **wrota szybowe**, stanowiące zabezpieczenie przed wpadnięciem do szybu. Ze względu na bezpieczeństwo **jazdy ludzi** (transport załogi) podjęto trudny problem zatrzymania klatki w przypadku zerwania liny. Zabezpieczeniem w przypadku zerwania liny były wprowadzo-

ne w 1840 r. „samochwyty”, zwane także „spadochronami” (współcześnie – **łapacze**), działające na zasadzie zagłębiania się ostrego elementu metalowego w drewniane przewodniki. Tę zasadę wykorzystuje się i dzisiaj. Opracowano również zabezpieczenie uniemożliwiające podniesienie klatki (przecignięcie ponad nadszymbie) do koła linowego.

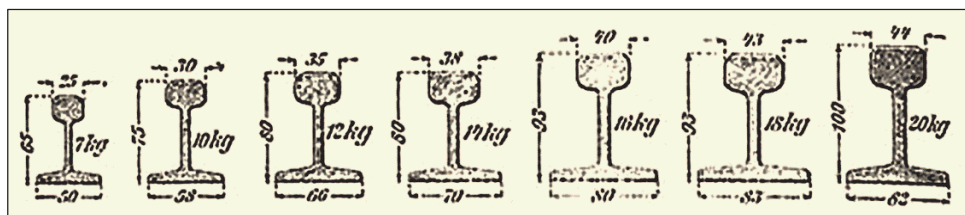
W celu zapewnienia komunikacji pomiędzy nadszymbiem, podszymbiem i operatorem maszyny wyciągowej opracowano system sygnałów dzwonkowych, też stosowany do dzisiaj.

Nim jednak wszystkie te wynalazki i rozwiązania techniczne zafunkcjonowały, potrzeba było opracować...

...system przewozu szynowego.

Zanim opowiem o rozwoju transportu szynowego, wróć do sztolni odwadniających, bo i one miały swój udział w rozwoju transportu w wyrobiskach podziemnych. Transport wodny, jak wiadomo, jest niezwykle tani, nic więc dziwnego, że w kopalniach, w których sztolniami odwadniającymi płynęła dostateczna ilość wody do transportu używano łodzi. Znajdujący się w łodzi górnik ciągnął za linę przytwierdzoną do stropu. Transport taki stosowano i w Zagłębiu Górnos Śląskim, w długiej na 14 km sztolni Królowa Luiza, dostarczając węgiel bezpośrednio do Kanału Gliwickiego.

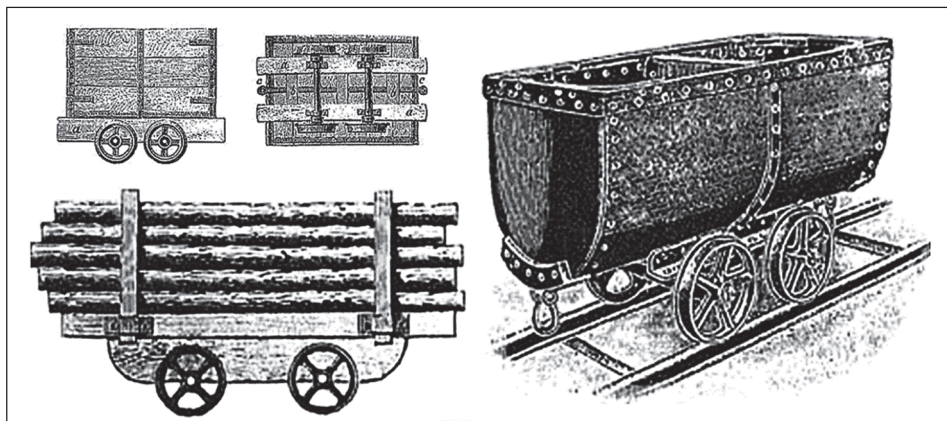
Podstawowym środkiem transportu były jednak wozy ciągnięte po szynach, o czym wspominałem. Rozwój transportu kolejowego doprowadził do zastąpienia opisywanych szyn drewnianych żelaznymi. Najpierw zaczęto je stosować w Anglii, kiedy to w 1716 r. zaczęto pokrywać drewniane belki płytkami kutymi z żelaza. Kilkadziesiąt lat później zastąpiono je żelaznymi szynami – w kopalniach w 1850 r. [182]. Równocześnie eksperymentowano z różnymi ich profilami i wielkościami (rys. 174). Opracowano rozjazdy i skrzyżowania. To w istotny sposób zwiększyło wydajność transportu poziomego.



Rys. 174. Profile szyn – druga połowa XIX wieku [160]

Kiedy pojawiła się pierwsza linia kolejowa, zaczęto w połowie XIX wieku projektować lokomotywy, które mogłyby pracować pod ziemią. Podstawowym problemem do pokonania było zadymienie wyrobisk. Próby wyeliminowania tego

zagrożenia nie powiodły się i na pojawienie się innych napędów trzeba było czekać do końca XIX wieku. W tej sytuacji musiały wystarczyć konie, które ciągnęły wózki coraz to nowszej konstrukcji (rys. 175). Wózki drewniane okute taśmami metalowymi od połowy XIX wieku zastąpiły metalowe.



Rys. 175. Wózki kopalniane używane w XIX wieku [160]

Technika strzelnicza oparta na wynalazku Alfreda Nobla

Stosowanie prochu czarnego w kopalniach stało się powszechne. Istotnym uproszczeniem prac było wynalezienie w 1831 r. przez Bickforda lontu prochowego. Jednak niedogodności związane ze stosowaniem prochu spowodowały poszukiwanie innych materiałów [220]. Próbowano chloranu potasu (1736 – C.L. Barthelet), a kilka lat później inni chemicy tamtego okresu badali saletrę amonową, barową i sodową pod kątem właściwości wybuchowych. Bez rezultatów. Również kolejne prace (H. Braconnot (1833) i E. Pelouze (1846)), polegające na nasączeniu wiór drewnianych kwasem azotowym i wprowadzaniu ich do wody, nie przyniosły pozytywnych efektów, gdyż otrzymana substancja (piroksylina) nie miała stałego składu. Rok później po próbach T.J. Pelouze jego uczeń A. Sobrero wynalazł nitroglicerynę. Nazwał ją „pirogliceryną” i ostrzegał przed jej użyciem,

zaznaczając, iż „jest niezwykle niebezpieczna i niemożliwa do bezpiecznego utrzymania”. Równolegle Ch.F. Schönbein, estryfikując włókna bawełny mieszaniną nitrującą, otrzymał bawełnę strzelniczą. Ponieważ w trakcie jej produkcji dochodziło do wypadków i ona nie została zastosowana. Wynalazkiem A. Sobrero zainteresował się N. Zinin, a za jego pośrednictwem oficer artylerii, który w 1854 r. podjął próby wykorzystania jej do wysadzania obiektów inżynierskich.

Przełomem były jednak badania A. Nobla. Był uczniem wspomnianego powyżej T.J. Pelouze’a. Jego pomysłem było opracowanie technologii nasączania nitrogliceryną ziemi okrzemkowej, w wyniku czego powstała pasta, którą można było formować w pręty o średnicy pasującej do otworów strzelniczych. W 1867 r. opatentował tę technologię i zarejestrował znak towarowy „dynamit”. Żeby detonacja lasek dynamitu stała się możliwa, wynalazł także detonator i zapalnik.



Rys. 176. Słonka z umieszczonym w niej lontem prochowym [160]



Rys. 177. Nabój inicjujący (słonka z lontem + nabój dynamitu) [160]

Wynaleziony detonator (**spłonka**) (rys. 176) to łuska miedziana wypełniona piorunianem rtęci (odkrytym w 1690 r. przez Kunkela i niezależnie w 1799 r. przez Howarda [220]), którego wybuch znacznie lepiej inicjuje dynamit niż proch czarny. Wcześniej piorunian rtęci zastosowano do konstrukcji słonki („kapiszona”), używanej w nabojach karabinowych (1816). Detonator z włożonym do niego lontem prochowym (rys. 177), umieszczony w naboju dynamitu, tworzył **nabój inicjujący**. Nabój ten ładowany był do otworu strzałowego jako ostatni. Znając prędkość palenia się lontu, określano jego bezpieczną długość. Zapalano go od

lampki górniczej, w której od początku XIX w. stosowano olej rzepakowy (rys. 178). Pod koniec XIX w. lampki olejowe zastąpiono karbidowymi (rys. 179).



Rys. 178. Lampa oliwna
z I połowy XIX wieku



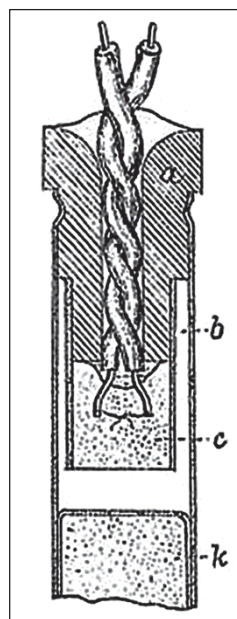
Rys. 179. Lampa karbidowa
z końca XIX wieku

Prawdziwą rewolucję w inicjowaniu ładunków MW spowodowały **zapalniki elektryczne (ZE)**. Ich rozwój rozpoczęły „zapalniki chemiczne” stosowane w marynarce wojennej do detonacji min.

Wprowadzenie zapalników do górnictwa rozpoczęło od pomysłu inicjowania wybuchu poprzez tarcie wyciąganym drutem umieszczonym w rurce zakończonej lontem prochowym, w której dotyka on substancji wybuchowej wrażliwej na tarcie (mieszanina KClO_2 i Sb_2S_3). Zapalniki elektryczne wprowadzano do górnictwa pod koniec XIX wieku. Ich konstrukcja oparta była na pracach wielkich odkrywców elektryczności i wykorzystywała zjawiska pojawienia się iskry (temperatura) powstającej pomiędzy dwoma końcówkami przewodów („zapalnik iskrowy” – rys. 180) lub rozgrzewania się drucika o dużym oporze właściwym, podłączonego do dwóch przewodów (zapalnik drucikowy – rys. 181). Podłączenie źródła prądu do **przewodów zapalnikowych** powoduje przeskok iskry lub rozżarzenie **drucika żarowego**. Od tego impulsu cieplnego następuje zapalenie masy otaczającej końcówki przewodów (**główka zapalcza**), a od niej wybuch „kapiszonu” (spłonki) z piorunianem rtęci, do której jest włożony zapalnik.

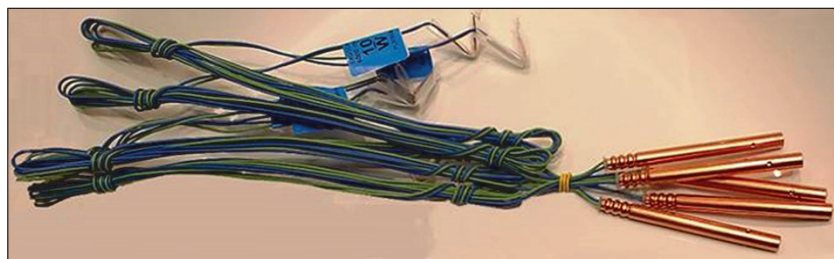


Rys. 180. Zapalnik elektryczny iskowy [160]



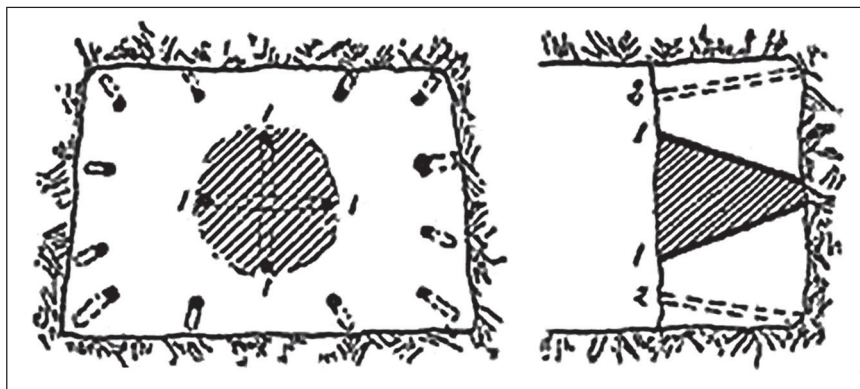
Rys. 181. Zapalnik elektryczny drucikowy [160]

Konstrukcja „zapalnika drucikowego” jest podobna do konstrukcji współczesnych zapalników elektrycznych (rys. 182). Zapalnik i spłonka (zaliczane dzisiaj do **środków zapalających i inicjujących**) produkowane były oddzielnie ze względów bezpieczeństwa. Łączył je ze sobą **górnik strzałowy** w przodku. To umożliwiało **strzelanie zwłoczne**, czyli takie, w którym od chwili doprowadzenia do zapalnika impulsu elektrycznego do wybuchu spłonki upływa pewien czas (**zwłoka**). Zwłokę uzyskiwano, wkładając odcinek lontu prochowego pomiędzy zapalnik a spłonkę.



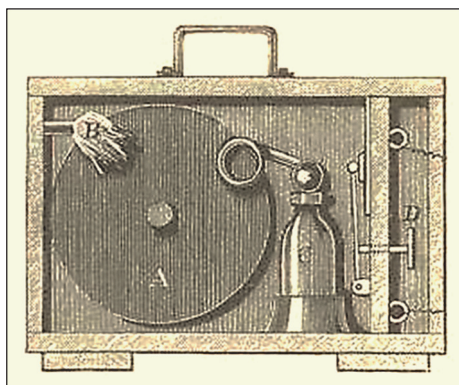
Rys. 182. Współczesne zapalniki elektryczne [122]

Wprowadzenie zapalników elektrycznych ułatwiło równoczesne odpalanie kilku otworów, również z zastosowaniem w niektórych zwłoki. To wymagało projektowania rozmieszczenia otworów strzałowych i innych parametrów strzełań. Tak zaczęto sporządzać **metrykę strzałową** (rys. 183).

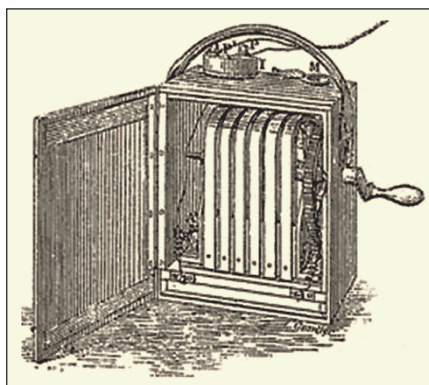


Rys. 183. Metryka strzałowa z końca XIX wieku [160]

Kolejnym problemem do rozwiązania było źródło impulsu elektrycznego, które można stosować pod ziemią. Tak powstała cała grupa **zapalarek elektrycznych**. Pierwsze, z drugiej połowy XIX wieku, wytwarzały energię elektryczną statyczną przez tarcie (rys. 184) lub działały na zasadzie „maszynek” elektromagnetycznych (rys. 185) i dynamoelektrycznych (rys. 186).



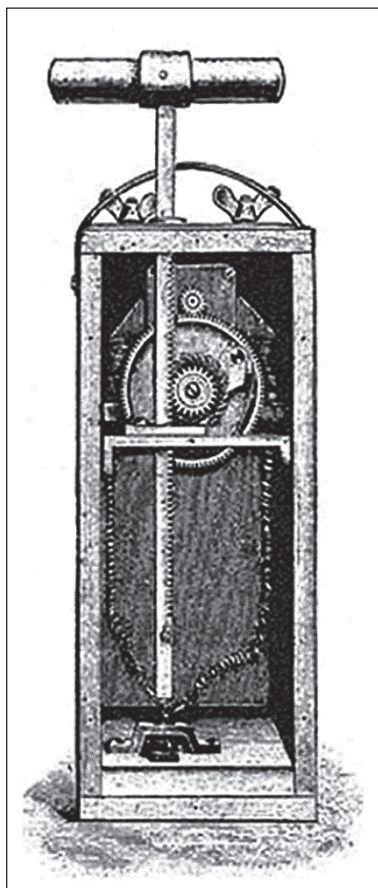
Rys. 184. Zapalarka elektryczna „szczotkowa” [160]



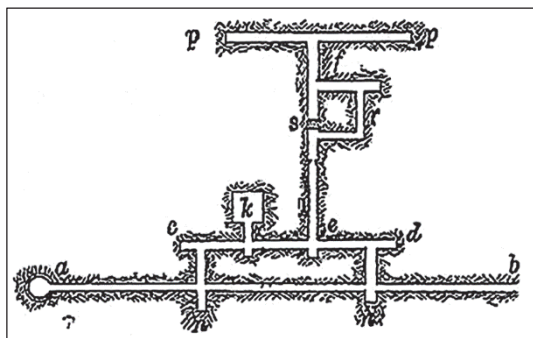
Rys. 185. Zapalarka elektryczna magnetodynamiczna [160]

Należy zaznaczyć, że technika strzelnicza w kopalniach podziemnych rozwijała się równolegle z próbami i zastosowaniami przy drążeniu tuneli.

Technika strzelnicza wymagała gromadzenia pod ziemią dużej ilości materiałów wybuchowych (a w latach 90. XIX wieku do kopalń wprowadzono trotyl wynaleziony przez J.B.F.A. Wilbranda), spłonek i zapalników. Wymagało to wykonania pod ziemią specjalnego magazynu. Tak powstał **podziemny skład materiałów wybuchowych** (rys. 187). Lokowany był w pobliżu szybu wentylacyjnego (a). Zalecane było, by sytuować go w skałach płonnych. Objętość wyrobisk, w których składowano MW (np. proch – „p-p”), winna była wynosić co najmniej 100-krotną objętość zajmowaną przez materiał wybuchowy. Jeśli stosowano różne MW, to dla każdego z nich powinna być osobna komora (wyrobisko). Odłączne komory powinny być przeznaczone na zapalniki oraz spłonki i lonty. Skład zabezpieczony był specjalnym „korkiem”, który w razie wybuchu odcinał pozostałą część kopalni od gazów wybuchowych.



Rys. 186. Zapalarka elektryczna dynamoelektryczna [160]



Rys. 187. Podziemny skład materiałów wybuchowych [160]

Wykonywanie otworów strzałowych

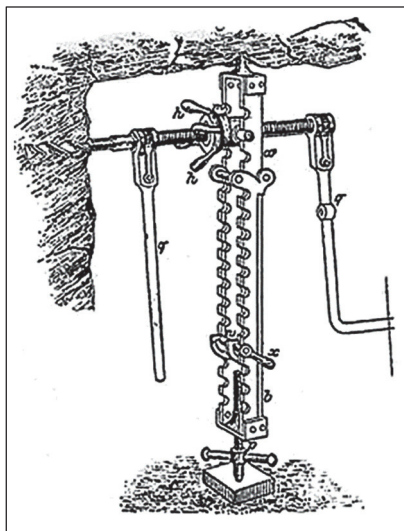
Początki wykonywania otworów strzałowych związane były z ręcznym ich wykuwaniem. Węgiel kamienny, skała znacznie podatniejsza na zwiercanie niż rudy metali, umożliwiła wykorzystanie doświadczeń (sięgających neolitu) z ręcznym wierceniem otworów. W początkach XIX wieku pojawiła się ręczna wiertnica (a może wiertarka) do wykonywania otworów strzałowych, wyglądem zbliżona do wiertarek do drewna (rys. 188).



Rys. 188. Świder ręczny do wykonywania otworów strzałowych w węglu – pierwsza połowa XIX wieku [203]

Jej udoskonaleniem było osadzenie wiertarki na kolumnie (rys. 189). Na rysunkach pokazano przykłady licznej rodziny maszyn tego rodzaju produkowanych w krajach europejskich, dostosowanych nie tylko do wiercenia w węglu, ale i w soli.

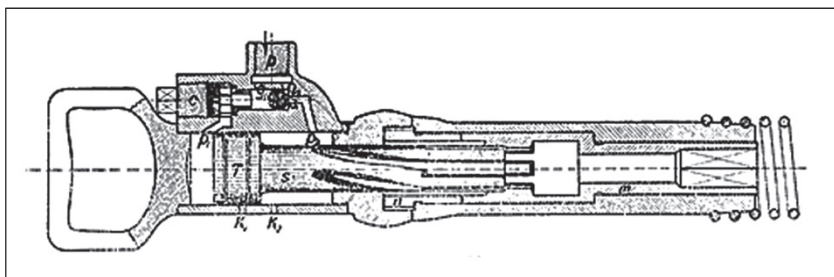
Podjęto próby skonstruowania wiertarek mechanicznych. W 1849 r. w USA wykonano wiertarkę z napędem parowym, która z powodu silnika wymagającego otwartego ognia nie mogła pracować pod ziemią. Kolejnym krokiem było wykorzystanie do napędu wiertarki silnika pneumatycznego. Jego pomysłodawcą był z pochodzenia Polak – Ludwik Mękowski (fr. Louis Mécowski), syn emigranta, powstańca listopadowego.



Rys. 189. Ręczna wiertnica na kolumnie do wykonywania otworów strzałowych [160]

W 1870 r. wymyślił silnik pneumatyczny do napędu tramwajów, który był alternatywą dla tramwajów parowych i konnych. W latach 1872 i 1873 opatentował swój projekt, a następnie w 1876 r. przetestował na ulicach Paryża.

Pierwsze wiertarki z napędem pneumatycznym zastosowano w kopalniach soli w Niemczech [234]. Były to maszyny obrotowe. Ich znaczny ciężar (ok. 90 kg bez kolumny) czynił je mało poręcznymi. Stąd pod ziemią znalazły ograniczone zastosowanie. Dopiero wynaleziony w 1900 r. przez Ernesta Curtiego młot pneumatyczny w pełni wykorzystywał zalety tego napędu (rys. 190).

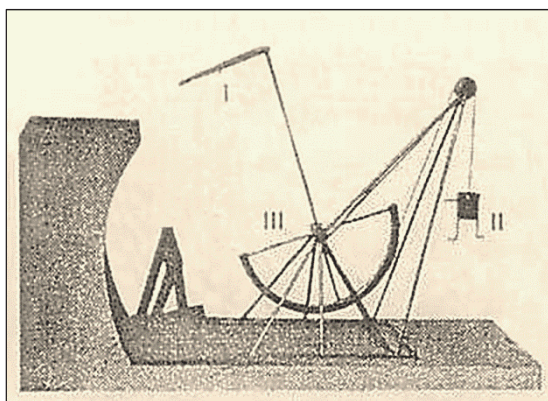


Rys. 190. Młot pneumatyczny – koniec XIX wieku [234]

Początki mechanizacji urabiania

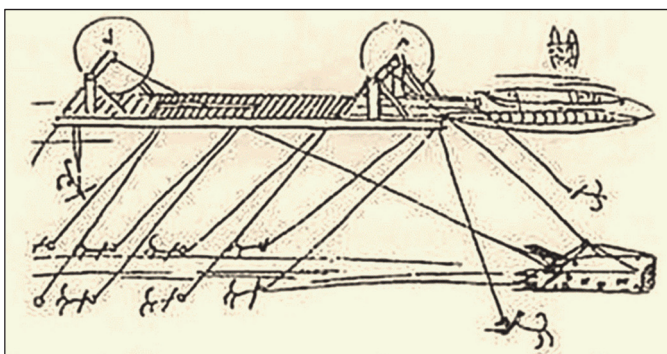
Pomysły na mechaniczne urabianie calizny skalnej sięgają czasów Leonarda da Vinci. On to ok. 1500 r. sporządził szkic kilofa uderzającego w skałę, poruszanego ciężarem z układem wielokrążków (rys. 191). Myślał o jego wykorzystaniu w kamieniołomach.

Drugim jego pomysłem, który można by (przyjmując dzisiejsze kryteria podziału) przypisać



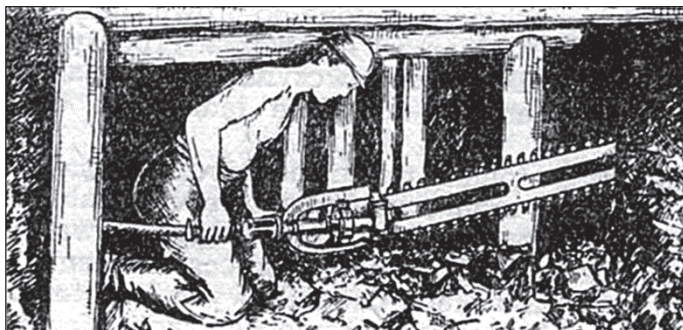
Rys. 191. Mechaniczny kilof – szkic Leonarda da Vinci [144]

eksploatacji spod lustra wody, była pogłębiarka kanałów, ciągnięta za płynącą łodzią (rys. 192).

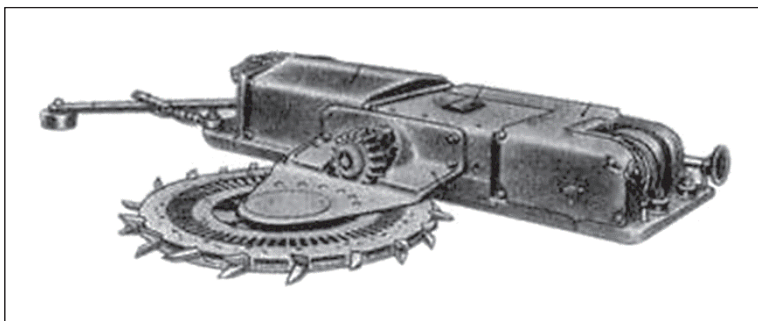


Rys. 192. Pogłębiarka – szkic Leonarda da Vinci [144]

W kopalniach podziemnych pomysły na mechanizację urabiania pojawiły się później. Idąc tropem pomysłu na mechaniczny kilof Leonarda da Vinci, Michael Mensies w 1761 r. zbudował taki kilof poruszany maszyną parową [27]. Z powodów oczywistych (wielkość, otwarty ogień) nie został zastosowany w kopalni. Założyciel słynnej firmy Eickhoff (Carl) w 1849 r. zaproponował ręczną piłę do wycinania **wrębu** (szczeliny) w węglu. Po latach, kiedy w kopalniach węgla pojawiło się sprężone powietrze, przekonstruowano ją na **wrębiarkę mechaniczną** (rys. 193). W tym samym okresie pojawił się pomysł na **wrębiarkę tarczową** (rys. 194), który zrealizowano po wielu latach, choć nie była wykorzystywana w kopalniach zbyt długo.

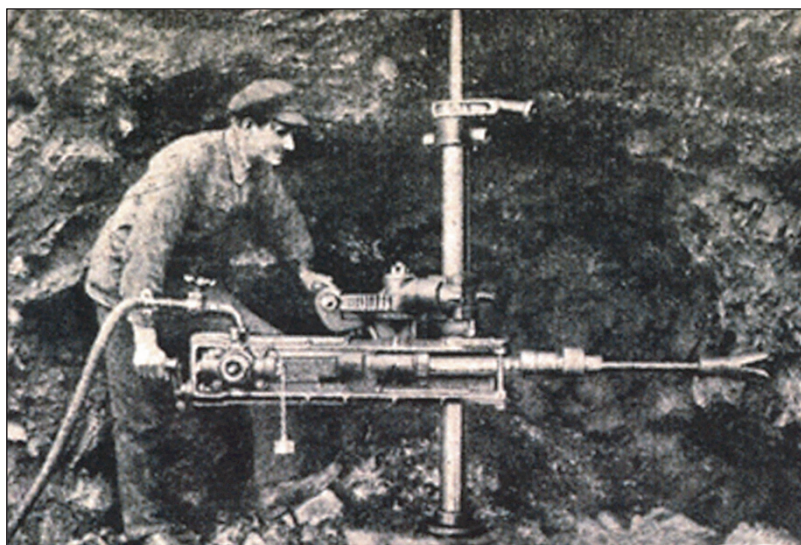


Rys. 193. Wrębiarka napędzana sprężanym powietrzem [27]



Rys. 194. Wrębiarka tarczowa [27]

W drugiej połowie XIX wieku w kopalniach angielskich rozpoczęto stosowanie **wrębiarek żerdziowych**, działających na zasadzie młotka pneumatycznego (rys. 195). W 1864 r. Anglik Baird wynalazł wrębiarkę łańcuchową żłobiącą. W latach 80. XIX wieku ten typ maszyny okazał się projektem tak udanym, iż fabrykanci amerykańscy podjęli się jego produkcji na masową skalę. Produkowano je również w Europie.

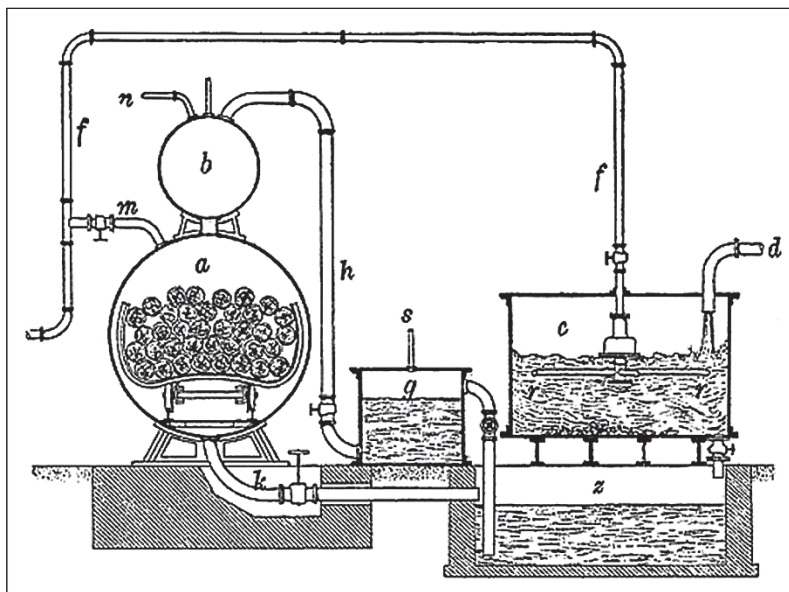


Rys. 195. Wrębiarka żerdziowa [27]

Dalszy rozwój mechanizacji umożliwiło wprowadzenie energii elektrycznej do kopalń.

Nowe obudowy wytrobisk korytarzowych

Nowe techniki urabiania skał i odstawy urobku oraz większe zapotrzebowanie na powietrze w wytrobiskach podziemnych (spowodowane pracą wielu ludzi i koni oraz stosowaniem MW) wymagały drażenia wytrobisk korytarzowych o większych przekrojach. Ich dłuższa żywotność powodowana niektórymi funkcjami (np. podszybie, komora pomp, komora MW, skrzyżowania) oraz znacznie większą rozległością kopalni wymagała zwiększenia stateczności.



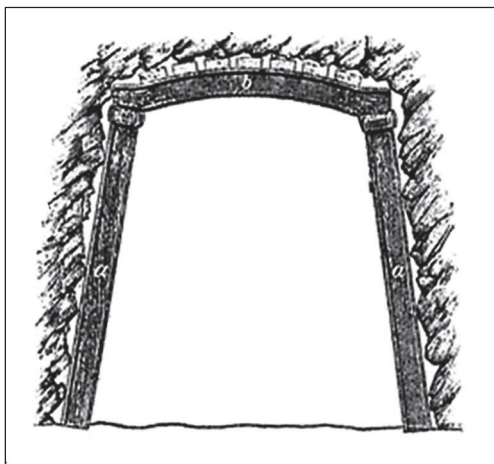
Rys. 196. Schemat sposobu impregnacji drewna kopalnianego solami mineralnymi [160]

Obudowa drewniana nie zawsze spełniała oczekiwania, pomimo że do niektórych celów zaczęto używać drewna impregnowanego (rys. 196). Spadek cen żelaza powodował, że w XIX wieku stało się ono materiałem używanym do wyrobu obudów. Używano żelaza walcowanego i stali.

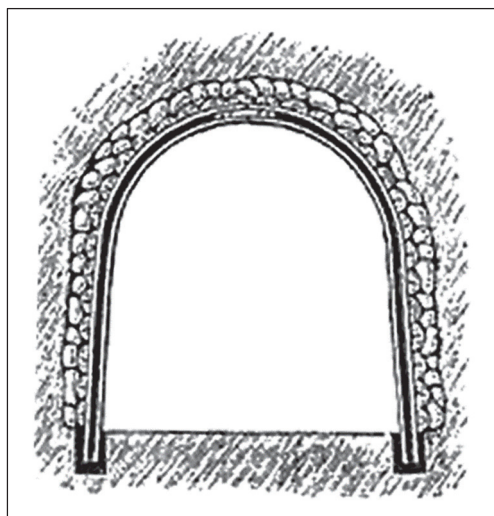
Odrzwia drewniane (w których stosowano coraz to nowe zamki) zastąpiły metalowe. W odróżnieniu od odrzwi drewnianych elementy obudowy utraciły prostoliniowość. Pojawiły się nowe kształty odrzwi, a niektóre ich elementy (stojaki) zaczęto nazywać **nogami**.

Prezentowane na rysunku 197 odrzwia trapezowe wykonywane były z szyn. Odrzwia na rysunku 198 mają kształt eliptyczny i wykonywane były z dwuteownika. W tych drugich brak klasycznej stropnicy, której elementy stanowią przedłużenie nóg. Powszechne staje się stosowanie wykładki, czyli wypełnianie pustki pomiędzy obudową a skałą. Wykonywana była ona z elementów drewnianych („okorków”, „fel”) lub blach metalowych. Pustkę wypełniano bryłami skalnymi. Elementy te wpływają pozytywnie na żywotność i na stateczność wyrobisk. Obudowy metalowe zaczynają przeważać w wyrobiskach udostępniających i głównych przygotowawczych. Wyrobiska przygotowawcze drugiego rzędu, które spełniają swą funkcję przez kilkanaście miesięcy, nadal będą wykonywane w obudowie drewnianej.

Podszybia, komory i inne wyrobiska korytarzowe, które mają służyć przez cały okres funkcjonowania kopalni lub przynajmniej poziomu, wzorem szybów wykonywano w obudowie murowej, na ogół z cegły. Wyróżniano w niej mury oporowe (ociosowe) i mury stropowe. Te drugie wykonywano w kształcie skle-



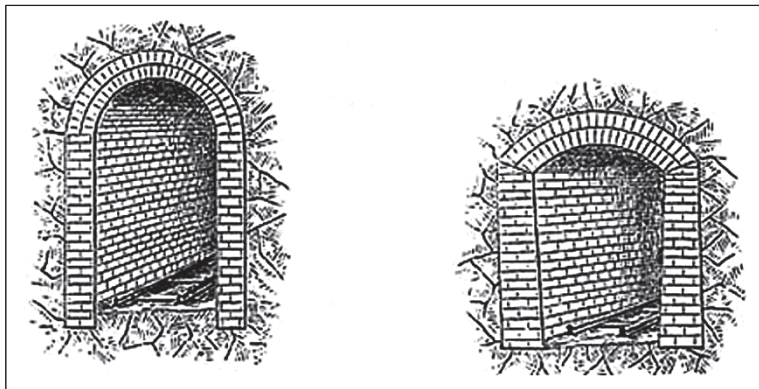
Rys. 197. Odrzwia metalowe, trapezowe [160]



Rys. 198. Odrzwia metalowe, eliptyczne [160]

pienia. Najczęściej stosowano mury oporowe pionowe (rys. 199, lewa strona). Gdy wyrobisko narażone było na ciśnienia boczne (np. w strefie uskokowej), mur ociosowy poszerzał się ku dołowi.

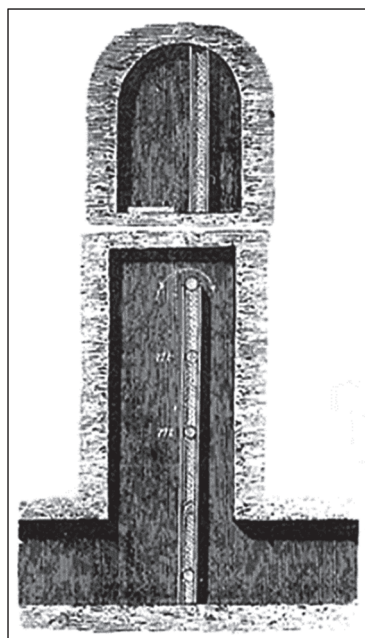
Obudowy betonowe i żelbetowe pojawiły się dopiero w początkach XX wieku.



Rys. 199. Obudowy murowe [160]

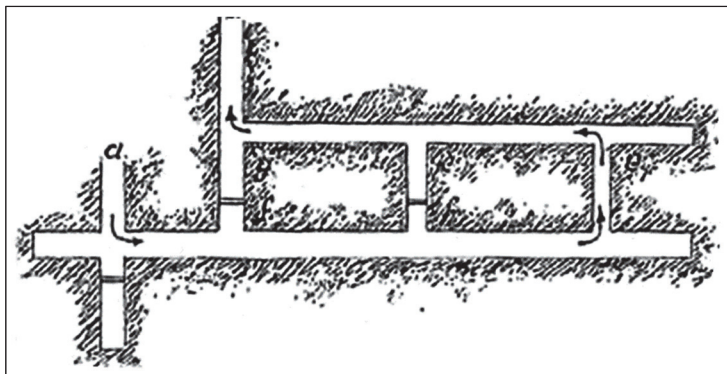
Przewietrzanie wyrobisk ślepych

Pamiętamy, że problem przewietrzania wyrobisk ślepych rozwiązywano wcześniej, stosując płachty poruszane góra-dół i miechy z lutniami. Takie rozwiązania ograniczały jednak długość tych wyrobisk. W XIX wieku zaczęto stosować przepierzenia (rys. 200). Wykonywano je na stojakach, do których z obu stron przybijano deski. Przestrzeń pomiędzy nimi wypełniano miłąłkim piaskiem. W przepierzeniu znajdującym się w wyrobisku, od którego odchodziło drażżone – ślepe, w celu ułatwienia komunikacji wykonywano drzwi.



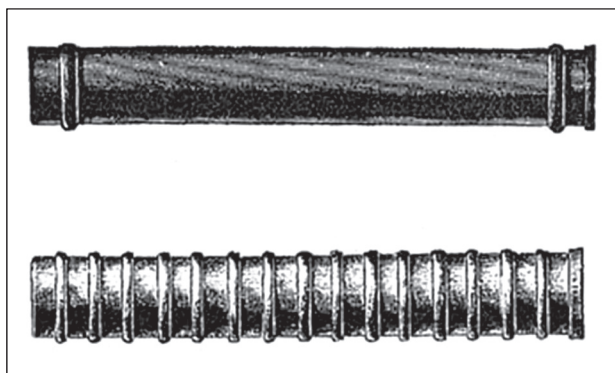
Rys. 200. Przewietrzanie
wyrobiska ślepego
za pomocą przegrody [160]

Jeśli względy eksploatacyjne to uzasadniały, wyrobiska prowadzono w **układzie wyrobisk podwójnych** (rys. 201). Odległość pomiędzy nimi wynosiła ok. 15 m, odcinki ślepe nie przekraczały 30–50 m.



Rys. 201. Drążenie wyrobisk korytarzowych w układzie podwójnych [160]

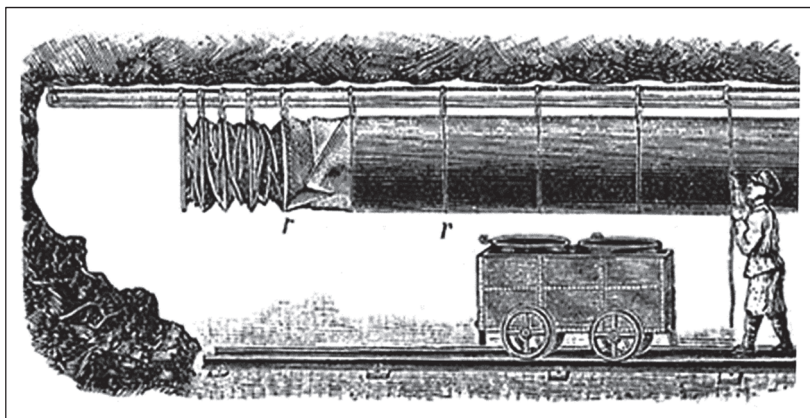
Coraz powszechniejsze stają się stosowane w średniowieczu lutnie. Najpierw o przekroju kwadratowym – drewniane. Łączono je nabijanymi deseczkami. Lutnie blaszane najczęściej jeden z końców miały lekko poszerzony, tak że możliwe było połączenie na wcisk. Uszczelnieniu służą różne pasty (np. robione ze „szmalcu i kalafonii”). Stosowano również mufy zaciskane klinami.



Rys. 202. Lutnie blaszane [160]

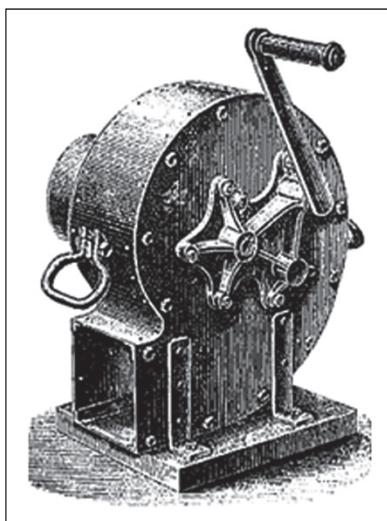
Zarówno lutni blaszanych (rys. 202), jak i sposobów ich łączenia było dużo odmian. Zaczęto stosować również lutnie płócienne (rys. 203). Są one wygodne

przy przedłużaniu lutniociągu w kierunku posuwającego się przodka, dopóki przedłużany odcinek nie osiągnie długości lutni.



Rys. 203. Lunia płócienna w przodku [160]

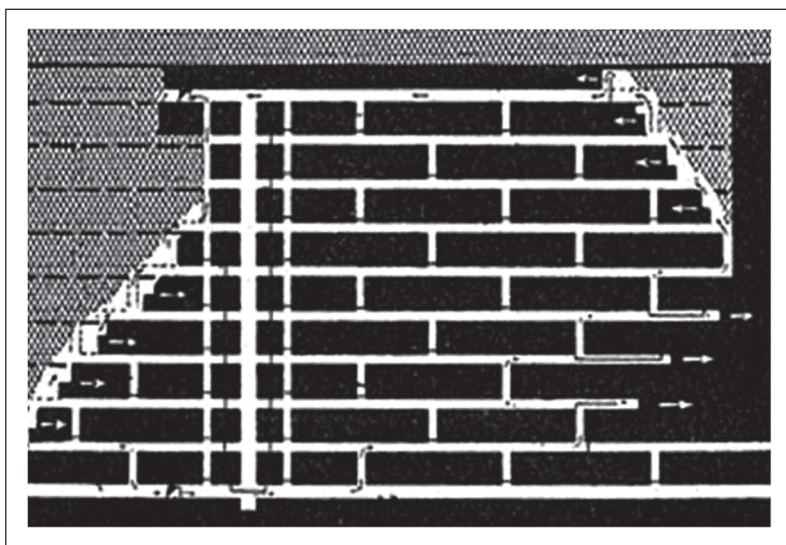
Na początku XIX wieku pojawiają się ręczne wentylatory (rys. 204) współdziałające z lutnią. Kiedy w kopalniach pojawiła się sieć sprężonego powietrza, było ono wykorzystywane do przewietrzania.



Rys. 204. Ręczny wentylator lutniowy [160]

Pojawiają się systemy długofrontowe.

W początkowych latach intensywne wydobywanie węgla kamiennego oparte było na systemach komorowo-filarowych i zabierkowych. Doskonalono je w kierunku zwiększenia koncentracji, o czym wspominałem. Rozwój transportu sprawił, że stosowane systemy okazały się jednak mało wydajne i trzeba było szukać nowych rozwiązań. Przyspieszenie postępu przy drażeniu wyrobisk korytarzowych sprawiło, że można było dzielić poziom na mniejsze jednostki, takie jak piętra (ewentualnie podpiętra), pola eksploatacyjne, a te na filary.



Rys. 205. System komorowo-filarowy – druga połowa XIX wieku [160]

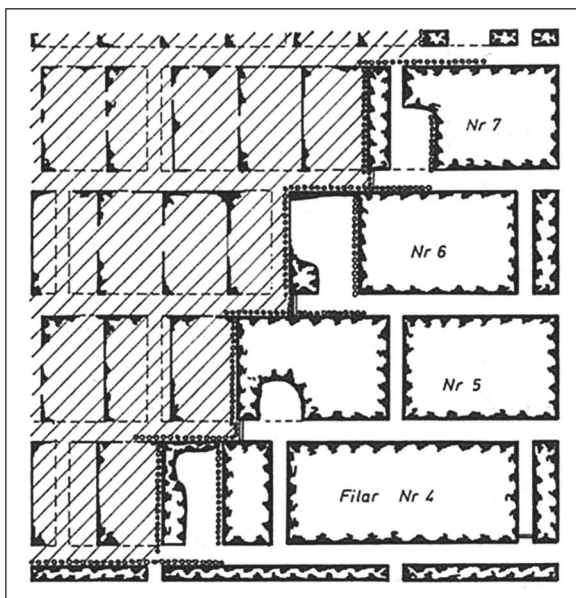
Na rysunku 205 pokazano podział pola na filary podłużne (pojawia się podział systemów filarowych na odmianę podłużną i poprzeczną, kryterium podziału związane jest z układem przodka względem rozciągłości pokładu). Długość filarów wynosiła 200–250 m, a ich szerokość 8–10 m. Wybierano je kilka równocześnie, od wyższych ku niższemu.



Rys. 206. Schemat
zawału stropu

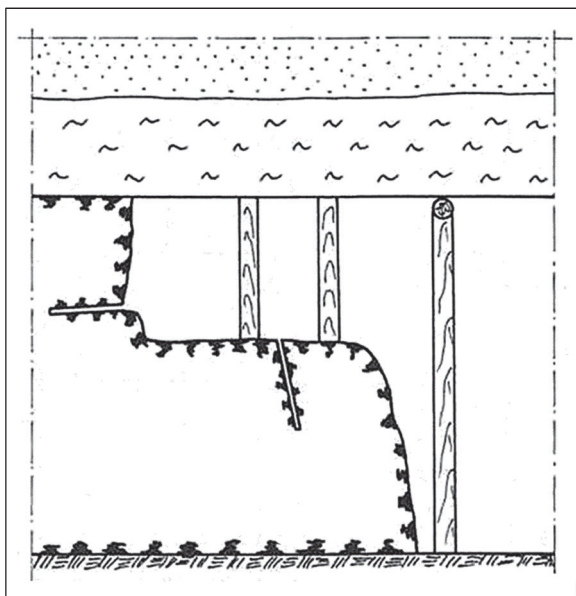
Za postępem przodka wywoływano **zawał stropu** (rys. 206), to znaczy dopuszczano w sposób kontrolowany do tego, by skały stropowe opadały i wypełniały pustkę, powstałą w wyniku wybrania złoża. Tak tworzy się **gruzowisko zawałowe**. Skały znajdujące się powyżej pękają i osiadają na gruzowisku. Proces osiadania sięga powierzchni. Badania nad tym zjawiskiem rozpoczęto w latach 70. XIX wieku. Zapoczątkowały działania na granicy eksploatacji i geodezji – **szkody górnicze**.

Aby kontrolować zawał, najpierw stawiano obudowę drewnianą (w zależności od potrzeb były to same stojaki – „łamacze” – albo stojaki ze stropnicami), oddzielając od zawału przestrzeń, w której pracowali górnicy, a następnie (gdy przodek się przesunął) **rabowano** część obudowy, dopuszczając do jego wystąpienia.



Rys. 207. System śląski (filarowo-zabierkowy) [210]

Pewną odmianą systemu filarowego był tak zwany system śląski (rys. 207), opracowany i stosowany w kopalniach Górnego Śląska, w szczególności do wybierania pokładów grubych (rys. 208), rekordowo do 11 m. Jego charakterystyczną cechą było to, że w pierwszym etapie wybierania filara zabierką pozostawała „noga” oddzielająca zabierkę od zrobów. W drugim etapie wybierano nogę (ile się dało bezpiecznie). Wtedy wyrobisko od zawału oddzielał rząd stojaków, zwanych organami (znanymi już w średniowieczu).



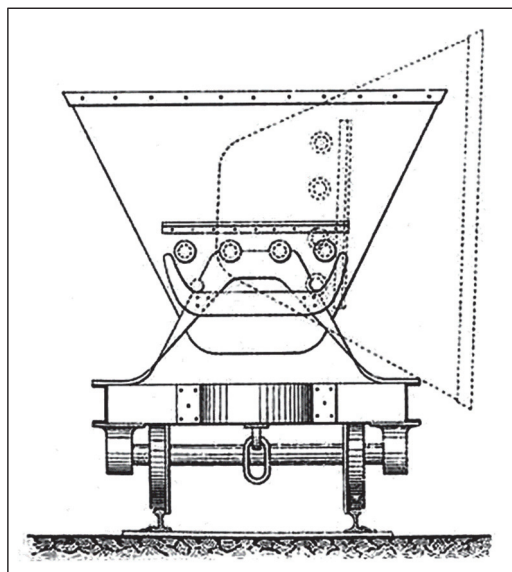
Rys. 208. Przodek w pokładzie grubym [210]

Do zrobów wkracza podsadzka.

Przypomnijmy, że już w neolicie stosowano zasadę, że jeśli pod ziemią pojawiał się urobek płonny, to starano się go lokować w nieczynnych wyrobiskach. W tym przypadku można jednak mówić o „pradziałaniach” związanych z podziemnym składowaniem odpadów³², a nie z podsadzaniem, bowiem jednym

³² Dziś są to technologie stosowane przy podziemnym składowaniu odpadów niebezpiecznych.

z celów stosowania podsadzki jest stworzenie podparcia skał stropowych zalegających nad pustką. Przypadki, kiedy trzeba było pozostawiać filary naturalne do ochrony stropu lub przeciwdziałania wpływow eksploatacji na powierzchnię³³, skłaniają górników do poszukiwania nowych technologii podpierania stropu. Rozwiązaniem była **podsadzka**, czyli celowe wprowadzanie materiału mineralnego w pustkę powstałą w wyniku wybrania złoża. Może on pochodzić z **robót kamiennych** (urobek z wyrobisk prowadzonych w skale płonnej, materiał z przybierki stropu) lub być dostarczany z powierzchni.

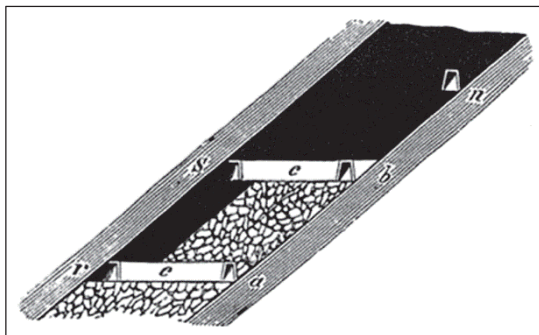


Rys. 209. Wózek samorozładujący się [160]

Jako pierwsza w kopalniach była wykorzystana **podsadzka sucha**. W rejon podsadzanej pustki przywozi się kamień w wózkach (samorozładujących się; rys. 209) do chodnika nadfilarowego o specjalnej konstrukcji i wprowadza (wsypuje) go do zrobów. Taki sposób podsadzania jest możliwy tylko w pokła-

³³ XIX wiek to okres, w którym z uwagi na masowość wybierania na powierzchni kopalń rejestruje się liczne skutki w postaci zapadlisk. Zaczyna rozwijać się geomechanika, czyli nauka między innymi o zjawiskach w górotworze i na powierzchni spowodowanych wybieraniem złóż. Podejmowane są próby wykorzystania zależności z mechaniki klasycznej do opisu zjawisk zachodzących w górotworze.

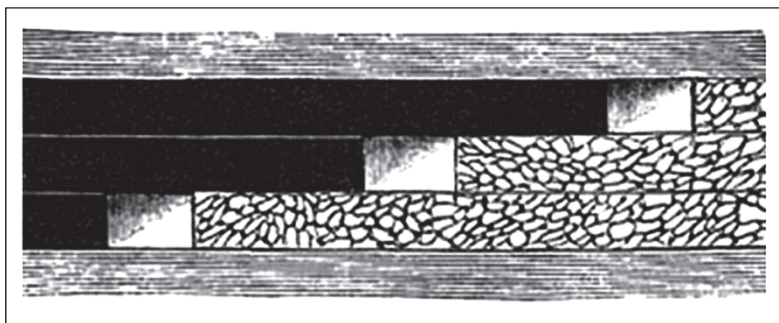
dach nachylonych, w których **materiał podsadzkowy** będzie się staczał do pustki pod własnym ciężarem (rys. 210). Odmianą niezwykle pracochłonną było ręczne wrzucanie brył oraz układanie stosów kamiennych.



Rys. 210. Podsadzka sypana w filarze [160]

Kiedy pod ziemią brakuje materiału podsadzkowego, zwozi się go z powierzchni. Stosowano żwir, gruby piasek, glinę.

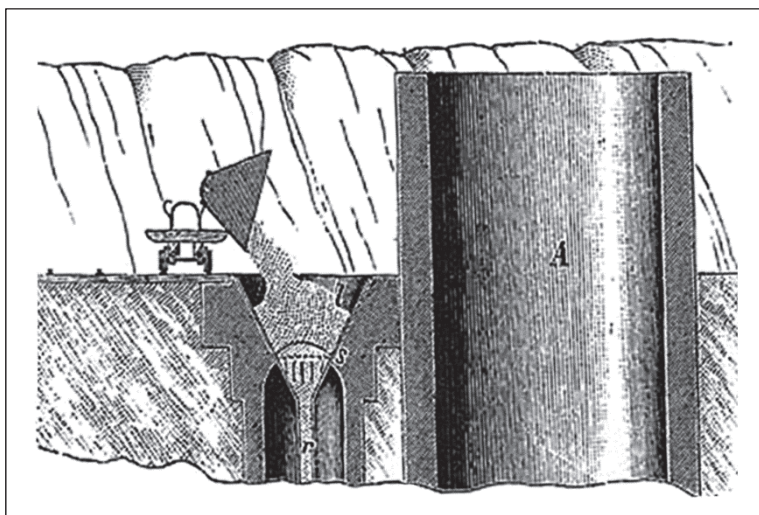
Systemy z podsadzką sypaną rozwinęły się w kopalniach Europy. Zastosowano je przy wybieraniu filarów w grubych złożach (rys. 211) warstwami wybieranymi od najniższych ku wyższym.



Rys. 211. Wybieranie grubego złoża warstwami poziomymi z podsadzką [160]

Drugim rodzajem była **podsadzka hydrauliczna**, zwana w XIX wieku zamulką. Natomiast proces podsadzania zwano zamulaniem. Technologia powstała mniej więcej w tym samym czasie (ok. 1880 r.) w kopalni Dudson-Mine w pobliżu

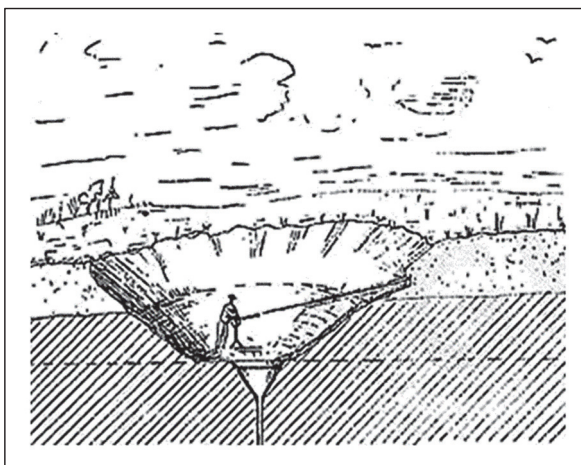
Plymouth USA oraz w kopalni Mysłowice. W obu przypadkach rozpoczęto od spuszczenia rynnymi ułożonymi w upadowej osadów z płukania węgla. Lokowano je w zrobach. Po odsączeniu okazało się, że uzyskany masyw podpiera strop skutecznie. Tak zaczęto tworzyć **instalację podsadzkową**, w której będzie zastosowany transport grawitacyjny hydromieszaniny w rurociągach. Pierwsza instalacja przemysłowa składała się z umieszczonego w szybie **leja zmywczego** z sitem, oddzielającym grube ziarna („nadziarna”), a następnie rurociągu prowadzącego do zrobów. Materiał przez sito wpada do leja, w którym miesza się z wodą (rys. 212). Dalej **mieszanina podsadzkowa** pod własnym ciężarem (grawitacyjnie) spływa do zrobów. Tam się odsąca, materiał tworzy **masyw podsadzkowy**, a woda po oczyszczeniu w układzie odwadniania kopalni wraca na powierzchnię. Od samego początku stwierdzono, że najlepszym materiałem podsadzkowym, zarówno ze względu na transport w strumieniu wody, jak i uzyskany skutek, jest piasek kwarcowy. Dodawano też kruszone skały płonne, żużle wielkopieczowe i odpady z hut metali nieżelaznych. Materiały nie mogły mieć ziaren o średnicy większej od 40 mm [160].



Rys. 212. Sposób sporządzania mieszaniny podsadzki hydraulicznej na nadszybiu [160]

Kiedy złoża piasku znajdowały się na obszarze górniczym, stosowano sposób pokazany na rysunku 213. Wykonywano otwór wiertniczy do wyrobisk,

rurowano go, rozpoczynając rurociąg lejem z sitem. Piasek zmywany spływał lejem do instalacji i dalej do zrobów.

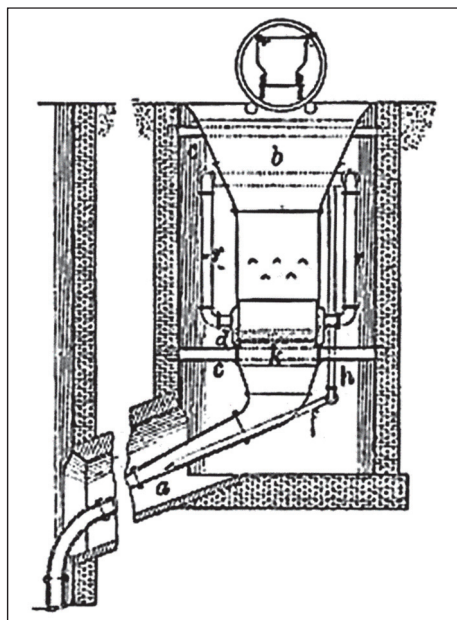


Rys. 213. Sposób zmywania piasku ze złoża w zrobie [160]

Kolejnym krokiem było budowanie **zbiorników podsadzkowych** (rys. 214). Były to (i są do dzisiaj) urządzenia do przechowywania materiałów podsadzkowych, sporządzania mieszaniny podsadzkowej i wprowadzania jej do rurociągu. Urządzenia te rozwinęły się w różne typy (skarpowy, komorowy, szybowy) z początkiem XX wieku.

W instalacji podsadzkowej ze względu na odporność na ścieranie zastosowano rury żeliwne o średnicy 150–200 mm. Grubość ścianek wynosiła 5–12 mm, długość 3–10 m. Kolana miały grubość zewnętrzną zwiększoną do 20 mm.

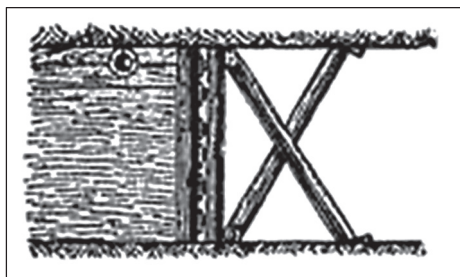
Na przełomie XIX i XX w. na Górnym Śląsku były kopalnie, w których łączna długość rurociągów podsadzkowych



Rys. 214. Jeden z pierwszych zbiorników podsadzkowych na Górnym Śląsku [160]

przekraczała 60 km. Pojawiają się pierwsze teorie ruchu mieszaniny w rurociągu oparte na równaniu Bernoulliego.

Mieszanina wpływa do zrobów otamowanych. **Tamy podsadzkowe** (rys. 215) budowano ze stojaków obijanych deskami. Szpary pomiędzy nimi uszczelniano



Rys. 215. Tama podsadzkowa [160]

mchem, nawozem końskim lub słomą. Podsadzano etapami, robiąc kilkugodzinne przerwy, by mieszanina się odsączyła i osiadła.

W latach 30. XX wieku wprowadzono płótno podsadzkowe (wykonane z juty), które stanowiło element tamy ułatwiający odsączanie.

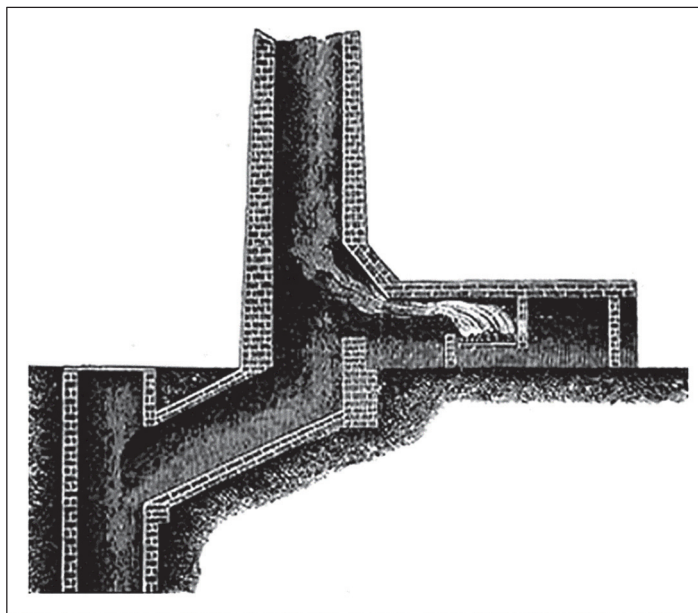
Proces oczyszczania **wody podsadzkowej** (była mocno zanieczyszczona – ponad 10% części stałych) odbywał się albo w specjalnych osadnikach, albo w wyniku przepuszczania jej przez zroby zawałowe, gdzie zanieczyszczenia sedymentowały.

W XX wieku technologia podsadzki hydraulicznej stała się specjalnością polskiego górnictwa.

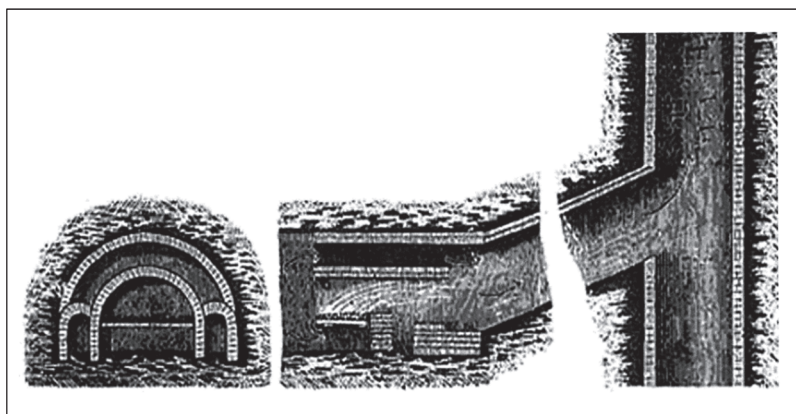
Silnik parowy w służbie przewietrzania kopalni

Przez tysiąclecia kopalnie przewietrzano, korzystając jedynie z depresji naturalnej i łącząc wyrobiska podziemne z powierzchnią dwoma wyrobiskami. W średniowieczu rozpoczęto stosowanie ognia w szybie (żarownie), a także wiatrołapów, miechów i wentylatorów. Kiedy wielkość kopalni wymagała coraz większej ilości przepływającego przez nią powietrza, te rozwiązania przestały wystarczać. Najpierw budowano coraz większe piece przewietrzające (rys. 216). Często wykorzystywano również kominy kopalnianej kotłowni. Skuteczność tych rozwiązań była jednak ograniczona, szczególnie w przypadku szybów głębokich. Istotny bowiem jest stosunek długości odcinka z powietrzem ogrzanym do

głębokości szybu. Stosowano więc piece przewietrzające sytuowane na pewnej głębokości (rys. 217). Wymagały bardziej skomplikowanej konstrukcji, oddzielającej palenisko od otaczających skał. Pojawiły się przegrody regulujące ilość powietrza przechodzącego przez palenisko. Rozwiązania te miały jedną zasadniczą wadę: stwarzały zagrożenie, gdy w atmosferze kopalnianej pojawiał się metan.

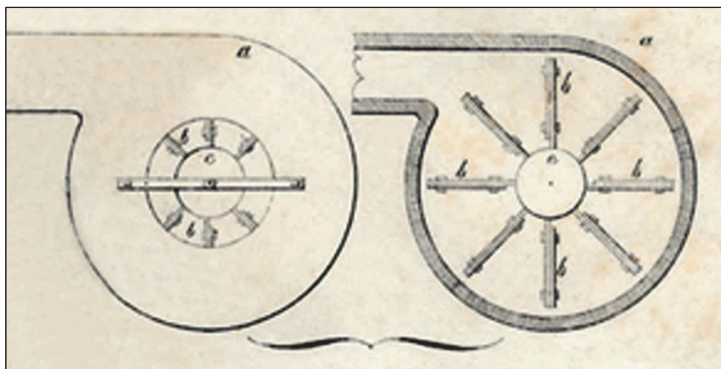


Rys. 216. Piec przewietrzający na powierzchni [160]



Rys. 217. Piec przewietrzający podziemny [160]

Próbowano i innych rozwiązań, takich jak nagrzewanie rur szybowych parą lub inżektory parowe. Żadne z nich nie spełniło oczekiwań dotyczących ilości powietrza. Zaczęto stosować wentylatory zwane niekiedy wiatrozmianami [179]. Urządzenie pokazane na rysunku 218 to wersja opisana przez Hieronima Łabęckiego³⁴ [179].

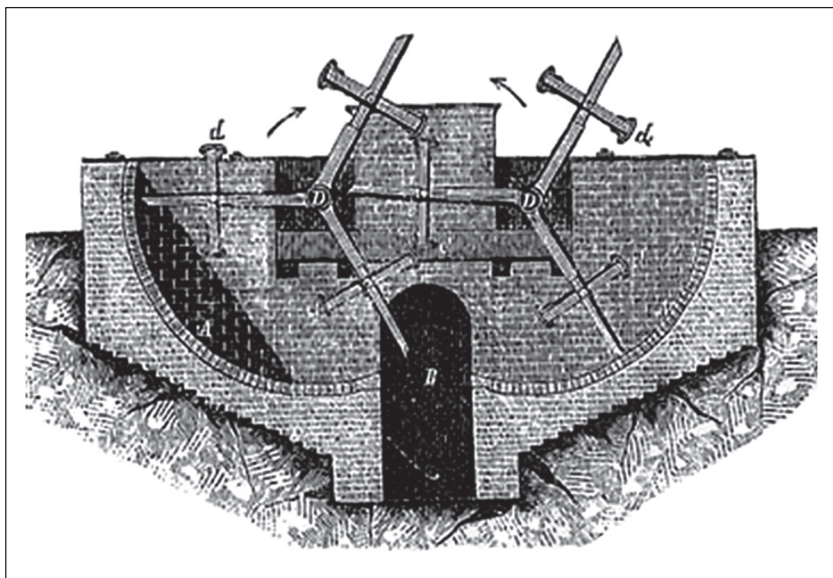


Rys. 218. Wiatrozmian [178]

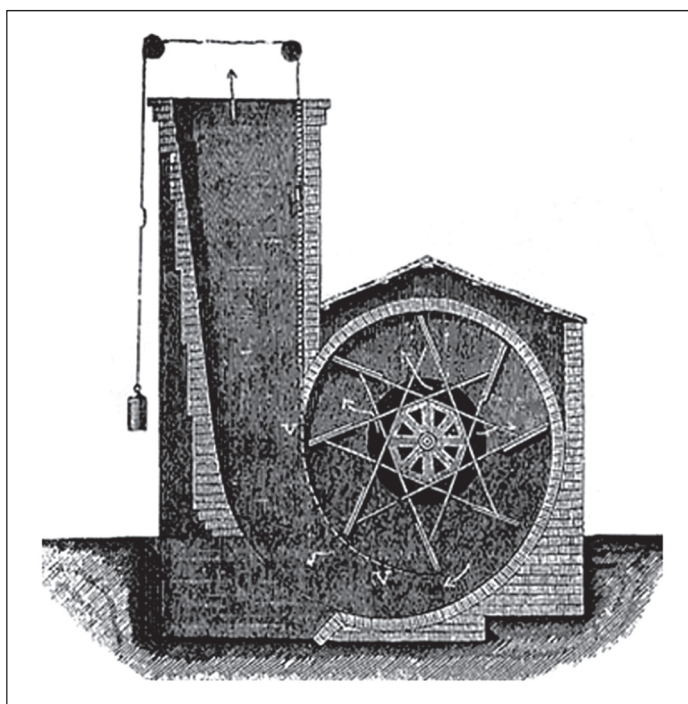
W zakresie wentylatorów wiele eksperymentowano. Próbowano wentylatorów tłokowych poruszanych maszyną parową. Pierwsze próby przeprowadzono w 1827 r. w Anglii. Uzyskiwały wydajność do 80 m³ powietrza/s. Zostały wyparte przez młynki powietrzne (czyli wentylatory promieniowe; rys. 219). Ale i one nie były zbyt wydajne.

Można powiedzieć, że satysfakcjonujący rezultat osiągnięto dopiero, stosując wentylator odśrodkowy z dyfuzorem (rys. 220), którego we wcześniejszych rozwiązaniach nie było. Wpływa on na zwiększenie mocy i sprawności oraz zmniejsza hałas.

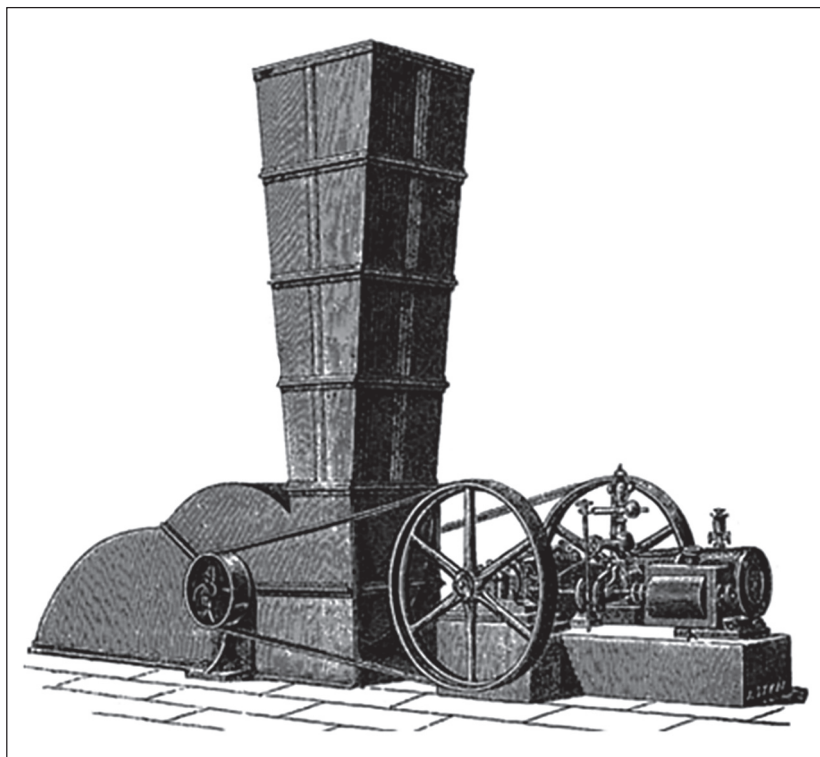
³⁴ **Hieronim Hilary Łabęcki** urodził się w 1809 r. Historyk polskiego górnictwa i hutnictwa, leksykograf. Dyplom magisterski obojga praw uzyskał w 1829 r. i podjął pracę w Ministerstwie Górnictwa Kongresówki. W 1833 r. zaczął karierę w administracji rządowych zakładów górniczych i hutniczych, gdzie pod koniec życia piastował funkcję dyrektora krajowego. Miał wielkie zasługi dla rozwoju tych gałęzi przemysłu w Królestwie Polskim. Kierował pięcioma kopalniami węgla, 28 kopalniami rudy żelaznej i kilkunastoma hutami stali i cynku. Był badaczem historii i prawodawstwem górnictwa, znawcą mineralogii i geologii. Opublikował ok. 50 prac z tych dziedzin. Zmarł w 1862 r.



Rys. 219. Wentylator promieniowy [160]



Rys. 220. Wentylator odśrodkowy z dyfuzorem [160]



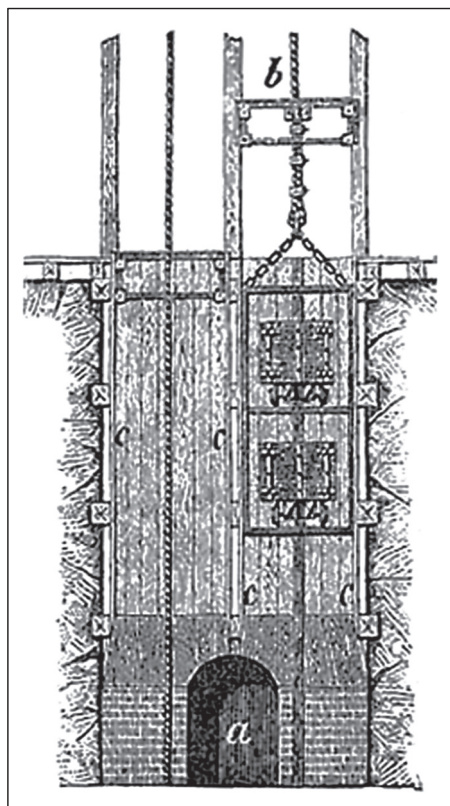
Rys. 221. Wentylator odśrodkowy z silnikiem parowym [160]

Zaprezentowana na rysunku 221 maszyna to wentylator Guibala, jeden z pierwszych tego typu. W wyniku rozwoju wentylatorów odśrodkowych w kopalniach w drugiej połowie XIX wieku pojawiły się konstrukcje o średnicy łopatek ponad 3,5 m i wydajności ponad 50 m³/s. Wymagały silnika parowego o mocy ok. 175 KM (zwanego wtedy także koniem parowym). W kopalni śląskiej pierwszy wentylator tego typu zastosowano w 1867 r.

Stosowano również mniejsze wentylatory o średnicy 0,6–2,5 m. Dostarczały (na przykład) 85 m³ powietrza/s, przy depresji 95 mm słupa wody (ok. 1000 Pa). Prędkość przepływu powietrza w szybie wynosiła 8 m/s.

Druga połowa XIX wieku to okres ogromnego postępu w wentylacji, nie tylko jeśli chodzi o stosowane wentylatory. Zaprojektowano zamykanie ruchomą kłapą szybu wentylacyjnego, w którym pracuje wyciąg (rys. 222). Jest to czas, kiedy rozpoczęto prace nad obliczeniami umożliwiającymi odpowiedni dobór wentylatora. Opracowano zasady łączenia i stosowania wentylatorów w dwóch róż-

nych szybach, podając skutki tych zabiegów dla sieci wentylacyjnej. Wykazano, że ze względu na bezpieczeństwo kopalni korzystniejsza jest wentylacja ssąca.

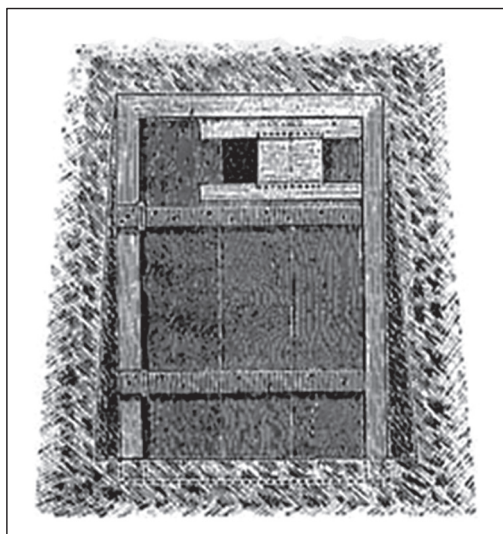


Rys. 222. Sposób zamykania wylotu szybu wentylacyjnego z pracującym wyciągiem:
a – kanał wentylacyjny; b – kłapa zamykająca podnoszona na konstrukcji klatki [160]

Pojawiają się pierwsze próby **rozwiązania i regulacji sieci wentylacyjnej** oparte na wyznaczaniu **oporu przepływu powietrza w wyrobiskach**. Aby nim regulować przepływ, zaczęto stosować **wentylacyjne tamy regulacyjne** („drzwi z oknem”; rys. 223).

Zostaje opracowana „teoria modułów, to jest temperamentów oddzielnych części kopalni” [160]. Pozwala ona na obliczenie depresji, którą musi wytworzyć wentylator, by zapewnić żadaną ilość powietrza przepływającego przez wyrobiska kopalni. Pozwala również na obliczenie niezbędnej mocy silnika napędzającego wentylator.

Opracowano także sposób obliczania depresji, którą trzeba zastosować, by przewietrzyć wyrobisko ślepe.



Rys. 223. Regulacyjna tama wentylacyjna [160]

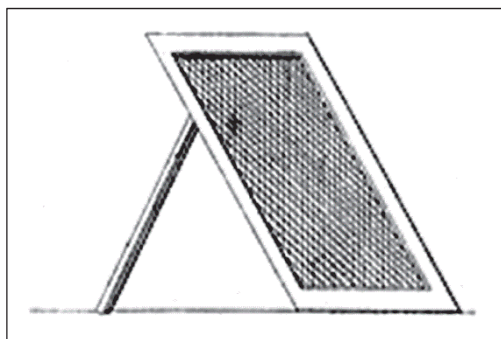
Przeróbka

Przeróbka ma szczególne znaczenie w górnictwie i hutnictwie rud. Stanowi niejako ogniwo pośrednie pomiędzy tymi dwoma działaniami. Jak wielokrotnie wspominałem, dopóki górnik był równocześnie hutnikiem, był również przeróbkarzem. Kiedy te dwa zawody się rozdzieliły, przeróbka w większości krajów pozostała przy kopalni, choć w niektórych krajach stanowi dział hutnictwa.

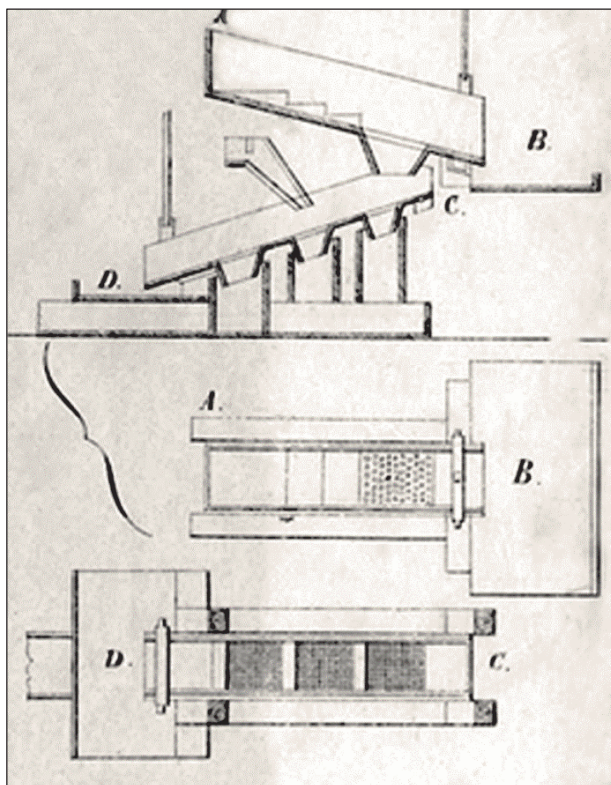
Przeróbka czasów silnika parowego niewiele się różniła od omówionej, zwłaszcza w kopalniach rud, gdzie główną operacją było wtedy kruszenie i mielenie. Pojawił się tylko nowy napęd.

Konieczność sortowania węgla handlowego spowodowała pojawienie się przeróbki i w tych kopalniach. Miało to miejsce około połowy XIX wieku (w kopalni śląskiej w 1860 r.). Konieczne było zastosowanie przesiewaczy, najpierw stacjonarnych – drewnianych, ręcznych (rys. 224), potem również stacjonarnych

– drewnianych, z zestawem sit metalowych, po których urobek zsuwa się pod własnym ciężarem (rys. 225).

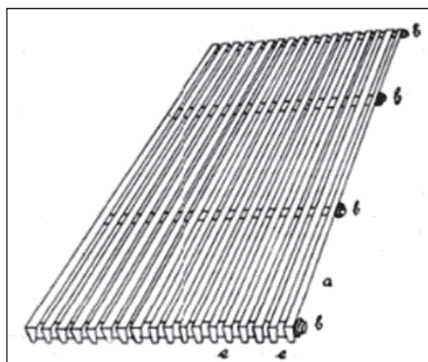


Rys. 224. Drewniane, stacjonarne, sito ręczne [178]



Rys. 225. Zestaw sit konstrukcji drewnianej z siatkami metalowymi, stacjonarnymi [178]

Dały one początek **przesiewaczom rusztowym**, które w tamtych latach były podstawą zakładów przeróbczych w kopalniach węgla (rys. 226).



Rys. 226. Przesiewacz rusztowy [18]

Nowe surowce energetyczne – nowe wyzwania

Ropa naftowa i gaz ziemny to kolejne po węglu surowce energetyczne, które w drugiej połowie XIX wieku zaczęły mieć ogromny wpływ na rozwój naszej cywilizacji. A znane były od zamierzchłych cywilizacji starożytnych dorzecza Eufratu i Tygrysu. Pozostałość po odparowaniu ropy to głównie asfalt. Został on między innymi użyty przy budowie wieży Babel, gdzie stanowił spoiwo cegieł. Znakomity przykład na użycie ropy do uszczelniania łodzi podaje Biblia, w której to sam Noe wysmarował arkę od wewnątrz smołą, by nie przepuszczała wody. Podobne zastosowanie po latach odkryli Indianie w Ameryce, którzy uszczelniali nią czółna, ale również impregnowali ubrania oraz wykorzystywali jako lek. W IV wieku BC Arystoteles wspomina o bituminach. Piszą o nich Pliniusz (I w. BC) i Tacyt (II w.). Korzystanie z ropy naftowej sygnalizuje Bacon (XVI w.) i wielu innych.

Pierwszą polską wzmiankę o niej znajdujemy u Jana Długosza (XV w.). W czasach późniejszych (XVI–XVII w.) opisów jest wiele jako o „lekarstwie i mazi do smarowania osi wozów”.

Niektóre źródła podają, że około 1000 r. Arabowie opanowali sztukę jej destylacji, a od XII wieku wytwarzali naftę na masową skalę. Niestety ich odkrycia przepadły na długie wieki i dopiero wiek XIX przyniósł podobne odkrycia [85].

Pierwsze doniesienia mówią o zbieraniu ropy wyciekającej z ziemi do wiadra wiechciem z końskiego włosia (rys. 227). O zbieraniu ropy i jej zagęszczaniu przez ogrzewanie wspomina również Agricola (rys. 228) [1]. Są to pierwsze próby destylacji. Jej pozyskiwanie jest na tyle intratne, że Austria w 1810 r. do kopalni, na których wydobywanie wymagane jest nadanie, zalicza olej skalny i wosk ziemny.



Rys. 227. Pozyskiwanie ropy naftowej z wycieków



Rys. 228. Pozyskiwanie i zagęszczanie ropy naftowej w XV wieku [1]



Rys. 229. Lampa naftowa –
konstrukcja I. Łukasiewicza
i A. Bratkowskiego (rekonstrukcja)

wał ją (rys. 229) wspólnie z blacharzem Adamem Bratkowskim. Data ta jest symboliczną, oficjalną datą narodzin przemysłu naftowego w Polsce. Czy w świecie? Wciąż trwają dyskusje na ten temat. Można powiedzieć, że wszystko zależy od produktu, który „destylator” uznał za efekt swych dociekań. Jeśli jest nim nafta, to pierwszeństwo Łukasiewicza jest bezsporne.

Równie symboliczny jest rok 1855, kiedy to w podkrośnieńskiej Bóbrce Ignacy Łukasiewicz – farmaceuta, Tytus Trzeciecki – ziemianin i inicjator założenia kopalni oraz Karol Klobassa-Zrencki – właściciel wsi Bóbrka powołali do życia pierwsze na świecie wielowymiarowe przedsiębiorstwo naftowe.

Zarówno odkrycie procesu destylacji, jak i pierwszą kopalnię ropy naftowej niektóre źródła [201] lokują w okolicach Biecza i Gorlic, gdzie na pograniczu wsi Siary i Sękowa istniały już w 1791 r. studnie ropne, dzierżawione i eksploatowane przez chłopów pańszczyźnianych od właściciela pól Jana Wybranowskiego. Według T. Pabisa [201], w styczniu 1852 r. książę Stanisław Jabłonowski założył w „Pustym Lesie” w Siarach k. Gorlic pierwszą na świecie kopalnię ropy naftowej.

W 1817 r. produkty destylacji próbuje się wykorzystać do oświetlenia Drohobycza. O wykorzystywaniu oleju skalnego jako paliwa do lamp wspomina również Stanisław Staszic (1815).

W 1828 r. we Lwowie wychodzi praca Franciszka Siarczyńskiego, której jeden z rozdziałów nosi tytuł: *O skalnym oleju, czyli porkurze, jako właściwym płodzie ziemi galicyjskiej* [15].

Historia techniki początek rewolucji technicznej związanej z destylacją ropy naftowej wiąże z Ignacym Łukasiewiczem, którego prace w lwowskiej aptece Mikolascha doprowadziły do zastosowania w praktyce oświetlenia naftowego podczas pilnej, nocnej operacji w szpitalu powszechnym na lwowskim Łyczakowie w dniu 31 lipca 1853 r. (wcześniej lampa płonęła w oknie apteki). Skonstruował ją

Sprowadził zawodowych górników ze Śląska. W lipcu 1852 r. dostał Jabłonowski szybem kopanym „Stanisław” w głębokości 12 sążni (ok. 20 m) obfity przypływ ropy naftowej [58]. Oto kolejny spór o prymat w świecie techniki górniczej.

W Ameryce Północnej pierwsze wycieki ropy naftowej zostały odkryte w 1750 r. w Pensylwanii, Wirginii i okolicach Nowego Jorku. Przez ponad 100 lat była ona jednak traktowana jako substancja szkodliwa, brudząca wodę. Dopiero odkrycie w 1847 r. przez Samuela M. Kiera procesu destylacji ropy rozpoczęło jej sprzedaż. Okazało się, że świetnie zastępuje tłuszcze roślinne i zwierzęce jako smar, z którego chętnie korzystały wozy udające się na Dzikie Zachód w poszukiwaniu złota. Dziesięć lat później kanadyjski geolog Abraham Gesner otrzymał naftę (cztery lata po Łukasiewiczu) uzyskiwaną w wyniku destylacji oleju skalnego [85]. Początki przemysłu naftowego związane są też z przedsięwzięciem, które zakończyło się bankructwem (podobnie jak to z 1854 r.), kiedy George H. Bissel założył w New Haven w stanie Connecticut spółkę Pennsylvanian Rock Oil Company, która rozpoczęła wiercenia w Titusville. Było to miejsce, gdzie w 1854 r. Edwin L. Drake odwiercił pierwszy szyb naftowy [85], który nie dał oczekiwanych efektów.

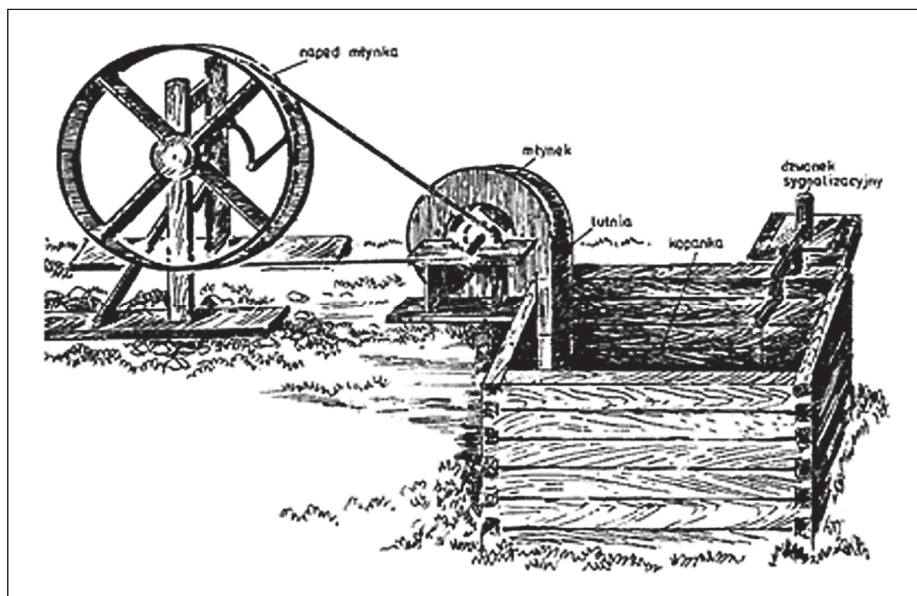


Rys. 230. Kópánka – muzeum w Bóbrce

Technika wydobywania ropy naftowej wykorzystywała zasady działania studni ze względu na płytkość złóż. Te, z których kołowrotem czerpano ropę naftową, nazwano **kópánką** (rys. 230 i 231). Konieczność zapewnienia wentylacji

w trakcie kopania wymusiła zastosowanie wentylatora promieniowego napędzanego ręcznie („młynek”). Technika głębenia była analogiczna do tej sprzed wieków wykorzystywanej przy głębeniu studni i szybów.

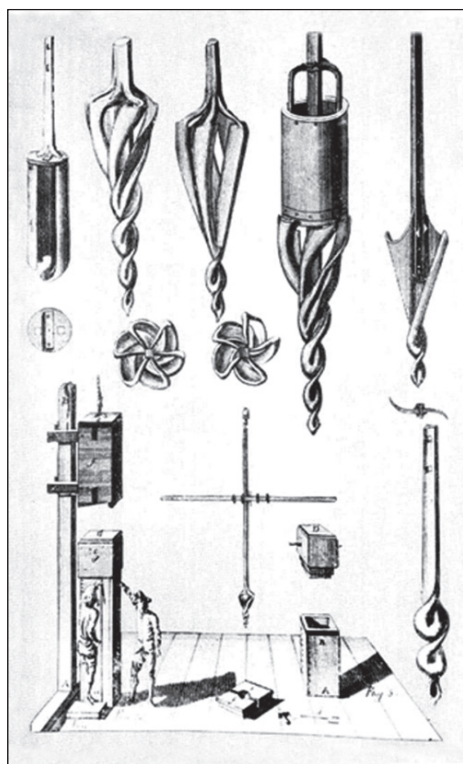
Zachowane do dzisiaj w Bóbrce kopanki wykonane są w obudowie drewnianej, wieńcowej.



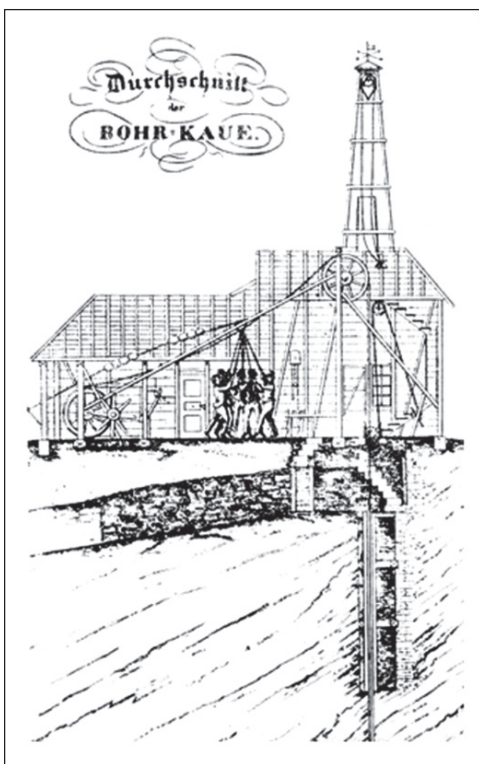
Rys. 231. Kopanka wyposażona w wentylator lutniowy i linkę sygnalizacyjną

Epoka kopanek nie trwała długo. Sięgnięto po doświadczenia zebrane w trakcie wiercenia studni (rys. 232). W Europie zastosowano technikę wierceń na linie, z dłutem urabiającym dno otworu (rys. 233).

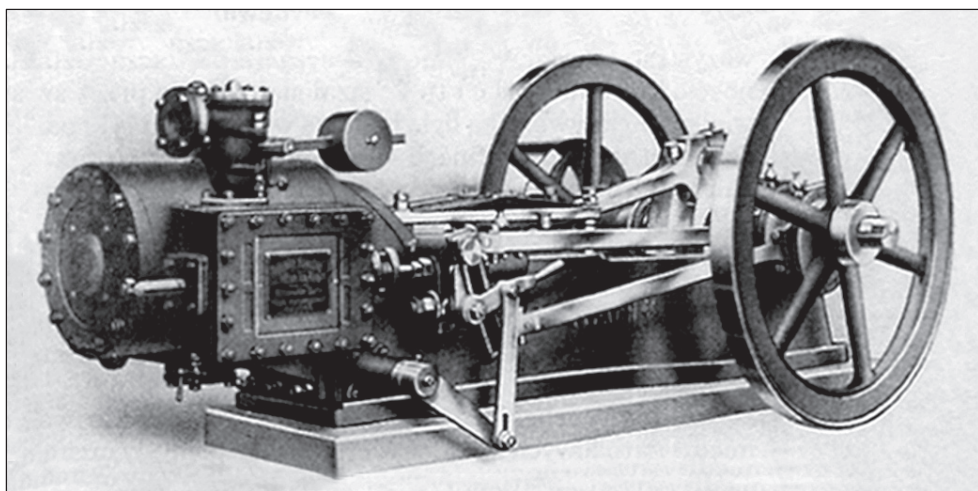
Jednak pierwszy szyb naftowy odwiercono w USA. Miał prymitywną drewnianą konstrukcję z wiertłem napędzanym maszyną parową (rys. 234). Wiercenia bardzo utrudniały dopływ wody i osuwanie się gruntu do wnętrza odwiertu. W ziemię wbito metalową rurę o długości 12 metrów i w jej wnętrzu rozpoczęto wiercenia. Dzięki temu pionierskiemu posunięciu udało się wwiercić na głębokość 27 metrów, gdzie natrafiono na złożę ropy. By ją wydobywać, zamontowano pompę tłokową, która dziennie wydobywała od 10 do 25 baryłek (do 4 tys. litrów).



Rys. 232. Narzędzia wiertnicze,
XVIII wiek – Holandia [3]



Rys. 233. Wiercenie uderowe,
linowe ręczne – początek XIX wieku [3]

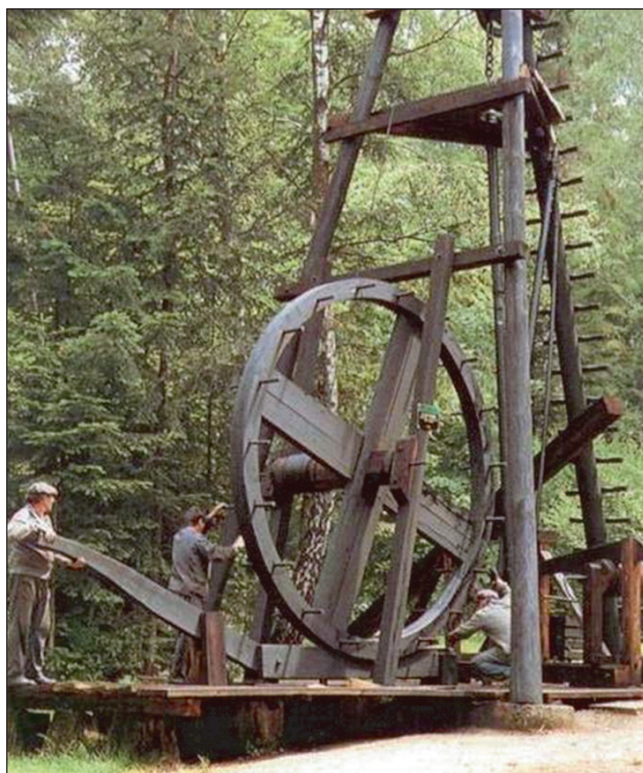


Rys. 234. Wiertnica parowa do wierceń uderowych [200]

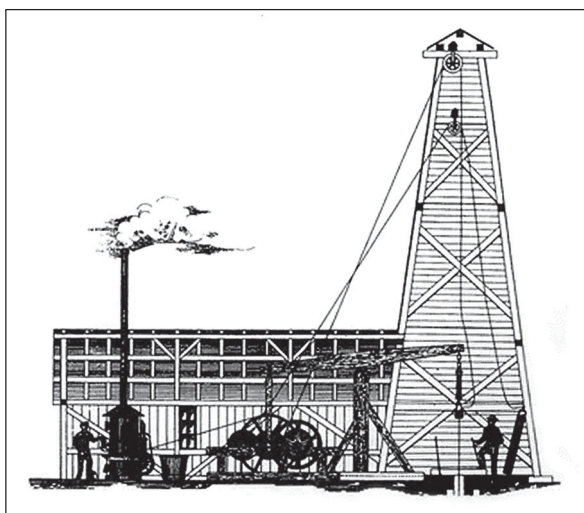
W tym czasie w kopalni w Bóbrce, używając trójnogu (pełniącego rolę **wieży wiertniczej**), wiercono nadal ręcznie (rys. 235). Uzyskiwano głębokości do 200 m. Pod koniec XIX wieku wprowadzono wiercenia udarowe z silnikiem parowym (rys. 236).

W 1867 r. w Kłęczanach A. Fauck zastosował wiercenie udarowe z przewodem linowym (uzyskał głębokość 250 m). Z kolei w 1884 r. W.H. Mac Garvey zastosował po raz pierwszy w Galicji wiercenie z przewodem żerdziowym z użyciem nożyc ogniowych.

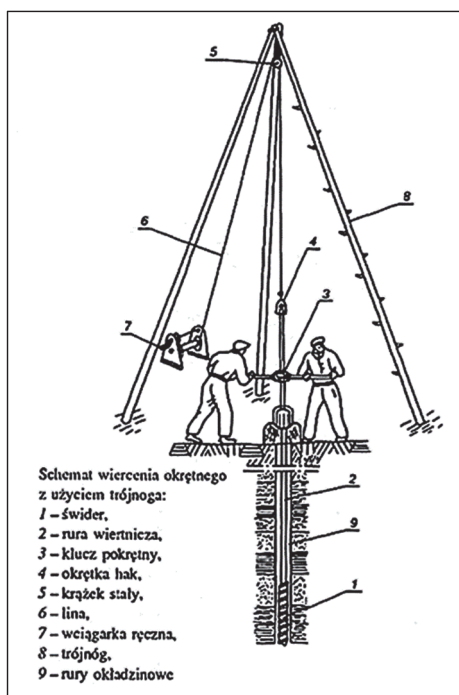
W 1845 r. francuski inżynier P.P. Fauvelle wprowadził w metodzie udarowej **płuczkę wiertniczą** do oczyszczania dna otworu wiertniczego. To znacznie przyspieszało prace, bowiem nie trzeba było stosować łyżki do wyciągania z dna otworu zwiercin. Jej rolę spełniał strumień płuczki wtłaczanej do otworu pompą, który wynosił do góry urobek (**zwierciny**).



Rys. 235. Wiercenie ręczne udarowe żerdziowe –
1862 r. Kopalnia Bóbrka – rekonstrukcja



Rys. 236. Schemat wierceń udarowych linowych z napędem parowym – 1872 r. [16]



Rys. 237. Schemat ręcznych wierceń obrotowych [172]

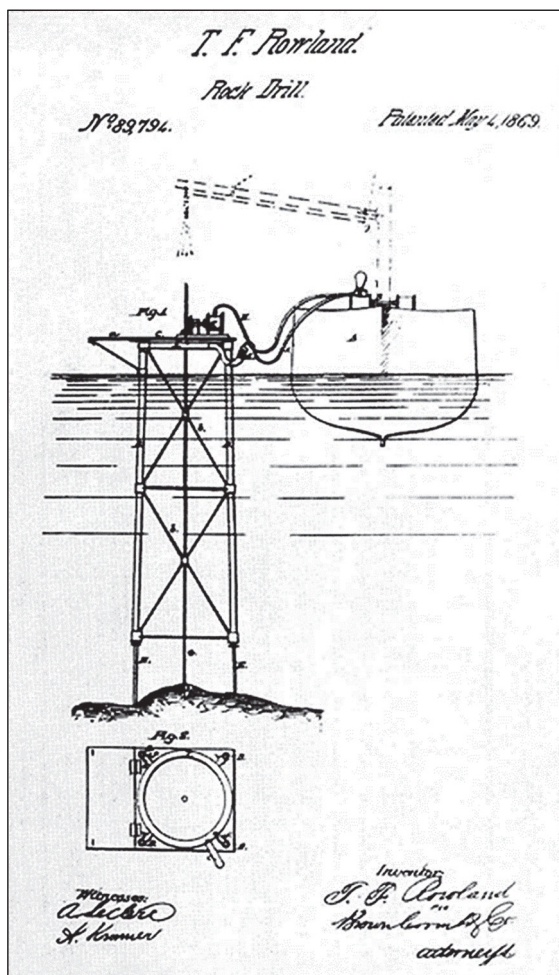
Wynalezienie w 1863 r. przez J.R. Leschotta koronki wiertniczej z osadzonymi w niej diamentami zapoczątkowało technikę wierceń obrotowych. Koronka została wypróbowana przy wierceniu otworów strzałowych w drażonym tunelu drogowym pod Mont Cenis w Alpach. Rozpoczęto od wierceń ręcznych podobnie jak w przypadku wierceń udarowych.

W Polsce pierwsze wiercenia udarowe prowadzono w Borysławiu od 1861 r., początkowo linowe, a od 1884 r. wiercenia z przewodami żerdziowymi. Dominowały one do lat 30. XX wieku.

Metodę wierceń obrotowych otworów „za ropą” (rys. 237) opracował R. Beart w 1884 r. w Wielkiej Brytanii. Jej wdrożenie na szerszą skalę rozpoczęło

się z początkiem XX wieku, kiedy to J.F. Lucas zastosował ją w USA, w odmianie z płuczką. Nazwano ją następnie metodą „rotary”. Technologia ta rozprzeczniła się szybko na całym świecie, wypierając wiercenia udarowe. Ale to już czasy silników elektrycznych.

Odnosić wypada również, że w 1885 r. ukazał się pierwszy w języku polskim podręcznik naftowca Alfreda Jabłońskiego [148]. I na koniec opisu dziełtnastowiecznych osiągnięć wiertnictwa zamieszczono poniżej „proroczy” patent (rys. 238) na wiercenia podwodne w dnie, opublikowany w tym okresie.



Rys. 238. Patent z 1869 r. na wiercenie otworów w dnie morskim, w celu eksploatacji złóż ropy naftowej [3]

Nie byłoby postępu w górnictwie bez rozwoju miernictwa.

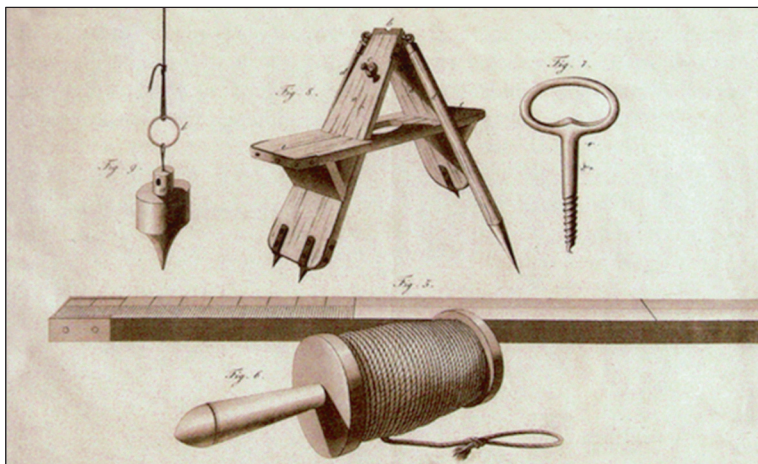
Pisałem już o miernictwie w czasach Agricoli. Prezentowany rozwój kopalń, wielkość obszarów górniczych, ich wielopoziomowość – nie można by tego uzyskać bez rozwoju miernictwa górniczego. Postęp w miernictwie rozpoczął się w kopalniach soli. Już w drugiej połowie XVI wieku pomiary w kopalni wielickiej, a także bocheńskiej wykonywał sztygar Maciej Postt z Bochni. W 1590 r. Zygmunt III ustanowił w Wieliczce stałego mierniczego kopalnianego, którym został Piotr Pranke. Na potrzebę wykonywania map prawdopodobnie naprowadziło występowanie uszkodzeń budynków. W 1582 r. wskutek zawalenia się komory Hałdzyk uszkodzeniu uległo 25 budynków. Pierwsze mapy Wieliczki, kopalni i miasta, wykonał Szwed, Maroin German. Mapy te nazwano „nicią Ariadny w labiryncie” [156].

Najstarsze zachowane mapy górnicze w Europie pochodzą z:

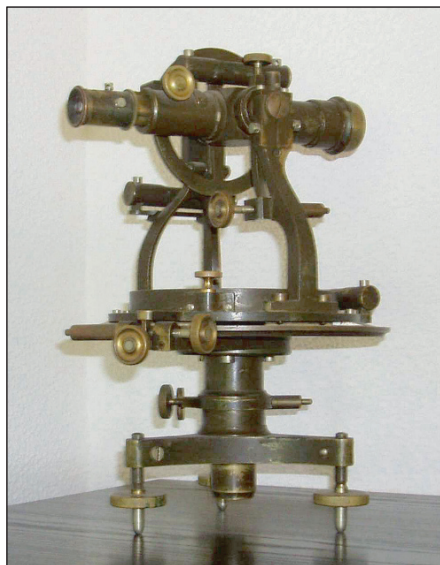
- kopalni cynku Altenberg w Górach Kruszcowych (1574 r.),
- kopalni złota Grankofel k. Steinfeld, w Karyntii (1577 r.),
- kopalni złota Eaglesberg w Sudetach (druga połowa XVI wieku),
- kopalni ołowiu i srebra w Tarnowskich Górach (1577 r.).

Jest to okres, kiedy powszechnie stosowany jest kompas. Jego specjalną wersję górniczną wykonał w 1633 r. B. Rössler, a ulepszył Hildebrant. Sznur mierniczy wykonany najpierw z konopi zastępuje w XV wieku sznur z łyka lipowego (odporny na wilgoć), a w wieku XVIII z nici jedwabnych. Na jedwabnym sznurze wiesza się pion. Stosuje się również przymiary drewniane, pomocne przy wyznaczaniu kierunków drążenia wyrobisk podziemnych. W celu wyznaczania kąta nachylenia wykorzystuje się specjalne przyrządy (rys. 239). W 1739 r. w kopalniach do mierzenia kątów nachylenia pojawia się odmiana „astrolabium” [214]. Nadal stosowane są tarcze z kierunkami. W 1795 r. Polak, gen. Konarzewski przedstawił Francuskiej Akademii Nauk prototyp teodolitu wiszącego. W 1798 r. Breithaupt zastosował odpowiedni przeziernik do celowania. Zastosowanie w 1800 r. (Giuliani) libelli pudełkowej umożliwiło skonstruowanie prototypu nowoczesnego wiszącego teodolitu górniczego. W połowie XIX wieku Weisebach,

udoskonalając powyższe zawiesie, stworzył przyrząd o nazwie zbliżonej do obecnego teodolitu wiszącego. Autorem oryginalnego rozwiązania dotyczącego konstrukcji teodolitu wiszącego z podwieszonym kompasem jest Brandenburg (1910 r.). W XIX wieku wyraźnie zarysowuje się specyfika techniki pomiarów stosowanych na potrzeby górnictwa.



Rys. 239. Przyrządy używane w miernictwie – połowa XIX wieku [212]



Rys. 240. Teodolit – początek XX wieku [116]

Wiek XX wprowadza taśmy miernicze zamiast sznura. Od 1920 r. powszechnie zostają wprowadzone teodolity (rys. 240). W ten sposób prawie dotarliśmy do czasów współczesnych, w których klasycznego teodolitu pod ziemią nie są w stanie zastąpić systemy GPS czy GIS.

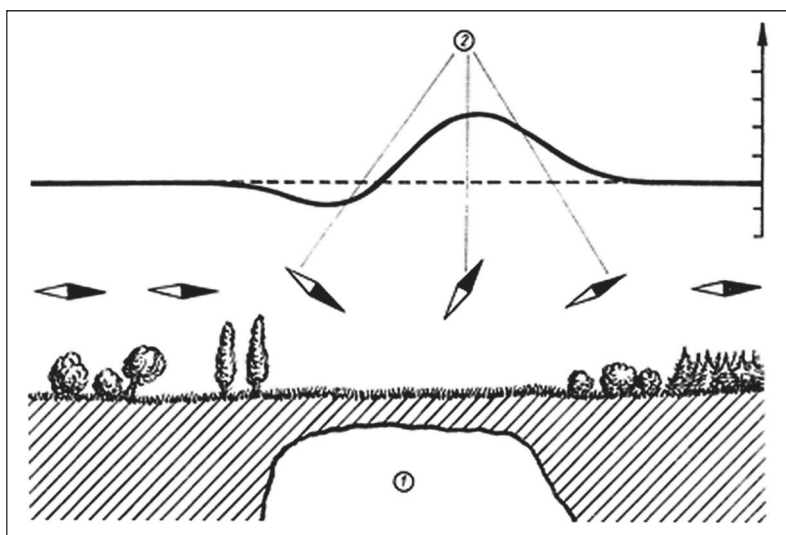
Geofizyka stosowana – nowe możliwości w poszukiwaniu złóż

Z geologią poszukiwawczą rozstaliśmy się w czasach Agricoli, kiedy to podstawowym „przrzędem” poszukiwawczym była różdżka. Korzystano również z metod górniczych, wykonując szybiki i rowy poszukiwawcze. Metody te w podręcznikach polskojęzycznych preferują również ks. J.K. Kluk [158] i H. Łabęcki [178]. W wyniku rozwoju nauk podstawowych, a przede wszystkim fizyki, powstaje nowa dziedzina – **geofizyka**. Zajmuje się ona badaniem Ziemi jako planety i metodami naukowymi używanymi w fizyce. Z czasem wyodrębnia się z niej **geofizyka stosowana**, czyli badanie przypowierzchniowej części skorupy Ziemi oraz określanie właściwości fizycznych skał – elektrycznych, mechanicznych, magnetycznych, cieplnych, jądrowych i innych, na podstawie pomiarów realizowanych na powierzchni Ziemi, w otworach wiertniczych, wyrobiskach górniczych, w powietrzu i na morzu.

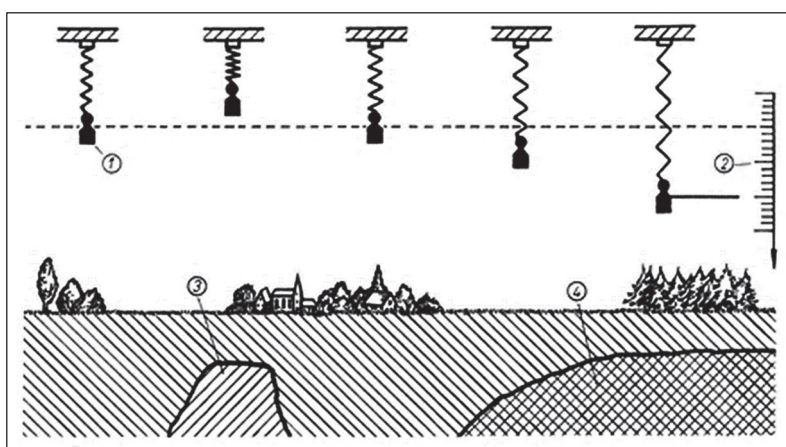
Pierwszą poznaną właściwością skorupy ziemskiej był magnetyzm. Tak powstał kompas opisany w 1088 r. przez Chińczyków. W połowie XV wieku, kiedy znane było pojęcie ziemskiego pola magnetycznego, stwierdzono zależność pomiędzy inklinacją magnetyczną a współrzędnymi geograficznymi. Jego natężenie jako pierwszy zmierzył Carl Friedrich Gauss w 1835 r. Wtedy to stwierdzono też, że pole magnetyczne ulega odchyleniu w pobliżu złoża rud żelaza, zastygłej lawy wulkanicznej i innych struktur geologicznych. Istotne było wynalezienie w 1915 r. wagi magnetycznej. Tak położono podwaliny pod **magnetometrię** (rys. 241).

W 1774 r. N. Maskelyn i J. Hutton stwierdzili, że pion w sąsiedztwie góry ulega odchyleniu w jej kierunku. H. Cavendish w latach 1797–1798 wykonał pierwszy eksperyment, w którym zmierzona została w laboratorium siła grawitacji

pomiędzy masami. Opracował konstrukcję wagi skreń. Z tych i innych rozważań wyciągnięto wniosek, że na podstawie anomalii pola grawitacyjnego można określić różnice w budowie skorupy ziemskiej oraz wykryć złoża minerałów różniących się gęstością od otaczających skał. Powstała **grawimetria** (rys. 242).

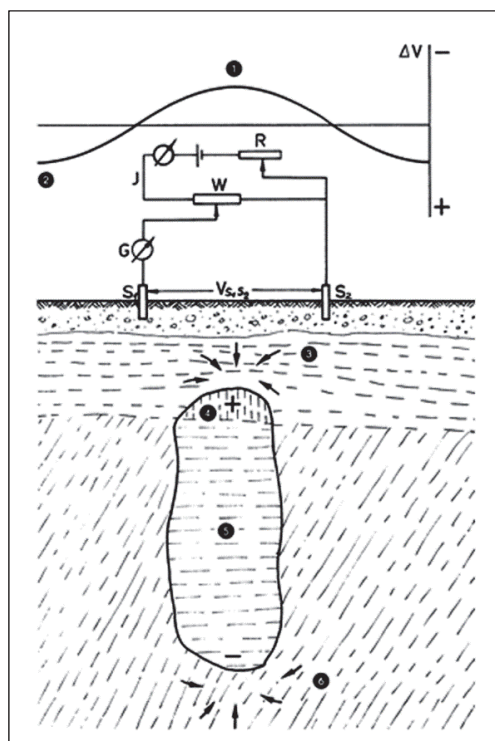


Rys. 241. Schemat poszukiwań magnetometrycznych [3]:
1 – złożo ferromagnetyczne; 2 – odchylenie igły magnetycznej



Rys. 242. Schemat poszukiwań grawimetrycznych [3]:
1 – magnetometr (masa na sprężynie); 2 – skala odchylen magnetometru;
3 – masyw o mniejszej gęstości od tła; 4 – masyw o większej gęstości od tła

Odkrycie przez G. Ohma w 1827 r. związku pomiędzy natężeniem prądu elektrycznego a napięciem elektrycznym i oporem zapoczątkowało zainteresowania przewodnictwem prądu przez warstwy skalne. W 1870 r. stwierdzono, że w wyrobisku górniczym występują słabe prądy pomiędzy spągiem a stropem. Kolejnym krokiem były prace francuskich fizyków – braci Conrada i Marcela Schlumbergerów, którzy w latach 30. XX wieku zajmowali się zjawiskiem występowania potencjałów samoistnych w skałach [200]. Zapoczątkowało to rozwój **metod elektrooporowych** (rys. 243).



Rys. 243. Zasada poszukiwań elektrooporowych [3]:

- 1 – krzywa zmiany potencjału; 2 – aparatura pomiarowa z sondami;
- 3 – skały z natlenioną wodą gruntową; 4 – strefa rudy utlenionej;
- 5 – ruda siarczkowa nieutleniona; 6 – woda podziemna uboga w tlen

Trzęsienia ziemi towarzyszą człowiekowi od zawsze. Pierwszym przyrządem skonstruowanym do ich wykrywania był sejsmoskop. Wymyślony został przez chińskiego uczonego Chan Henga na przełomie I i II w. Było to metalowe

naczynie w kształcie dzbana, do którego ze wszystkich stron przymocowano głowy smoków, a na otaczającej dzban podstawie figury żab. Każdy ze smoków trzymał w pysku dokładnie wyważoną kulkę. W chwili nadejścia wibracji, wywołanych bardzo silnym wstrząsem sejsmicznym, z epicentrum znajdującym się w dość dużej odległości od urządzenia, kulka, ustawiona w paszczy smoka przymocowanego od strony epicentrum, spadała do paszczy ropuchy. O wystąpieniu trzęsienia informowano cesarza.

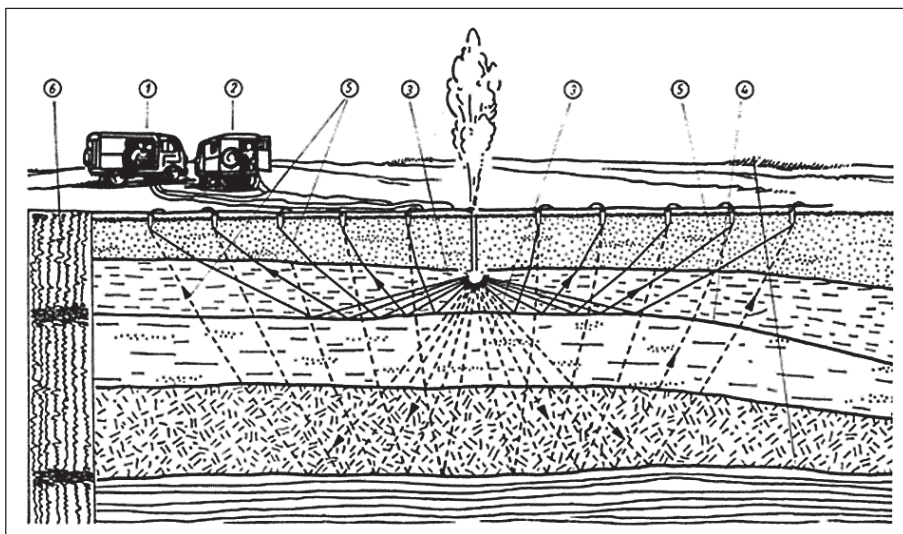
Kiedy w 1755 r. silne trzęsienie ziemi zniszczyło Lizbonę, minister wojny i przyszły premier Portugalii markiz de Pombal przeprowadził we wszystkich parafiach Portugalii ankietę dotyczącą zjawiska i jego skutków. Ankieta ta była pierwszą znaną próbą opisu zjawisk sejsmologicznych na świecie. Z tego względu markiz de Pombal jest uznawany za prekursora **sejsmologii**.

Kolejny krok związany był z pomiarami fali sejsmicznej. Było nim skonstruowanie sejsmografu w drugiej połowie XIX wieku. Działał on na zasadzie wahadła. Drgania gruntu wywołane falami sejsmicznymi powodują ruch masy (element wahadła), a przytwierdzone do niej piórko z atramentem kreśli zapis tego ruchu (sejsmogram). Podczas I wojny światowej zwrócono uwagę na to, że detonacje dużych ładunków materiału wybuchowego wywołują lokalne drgania podobne do sejsmicznych. Zatem mogą być źródłem fal sejsmicznych indukowanych do ośrodka skalnego. Fale te przenoszone poprzez badane skały zmieniają parametry w zależności od właściwości ośrodka. Zaczęto je mierzyć. Tak pojawiły się **badania sejsmometryczne** (rys. 244).

Najmłodsze wśród metod stosowanych w geofizyce poszukiwawczej są **metody radiometryczne**. Sięgają 1896 r., kiedy to H. Becquerel odkrył promieniotwórczość i pierwszy pierwiastek promieniotwórczy – uran. Kolejnym krokiem były prace małżeństwa Piotra i Marii Curie, którzy odkryli polon i rad. Kiedy w 1928 r. H. Geiger wraz z W. Müllerem opracowali licznik służący do detekcji promieniowania jądowego, można było poznawać naturalną i wzbudzoną promieniotwórczość minerałów i skał.

Pierwsze badania terenowe związane z poszukiwaniem złóż surowców mineralnych zaczęto prowadzić po I wojnie światowej. W 1923 r., w odrodzonej Polsce, w okolicach Wieliczki, badania takie prowadzi firma SEISMOS z Hanoweru, stosując sejsmiczne badania refrakcyjne. Rok później tą samą metodą poszukuje się złóż rud cynku i ołowiu w okolicach Chrzanowa oraz węgla w zagłębiach Rybnickim i Dąbrowskim. W 1926 r. metodą elektryczną – pola zmiennego, w okolicach

Borysławia poszukuje się ropy naftowej. W 1928 r. rząd polski powołuje we Lwowie Spółkę Akcyjną „Pionier” dla Poszukiwania i Wydobywania Mineralów Bitumicznych. Stosuje ona badania magnetyczne, grawimetryczne, sejsmiczne. W 1933 r. przy tej spółce powstaje Pionierski Instytut Geofizyki Stosowanej [164].



Rys. 244. Schemat poszukiwań sejsmometrycznych [3]:

1 – rejestracja wskazań sejsmografów; 2 – miejsce odpalania ładunku materiału wybuchowego w otworze; 3 – źródło fali sejsmicznej; 4 – granice warstw, płaszczyzny odbicia fal sejsmicznych; 5 – odbita fala sejsmiczna; 6 – sejsmogram

W początkach XX wieku wprowadzono **geofizykę otworową** (wiertniczą) będącą zespołem metod geofizycznych realizowanych w otworze wiertniczym. Polegają one na **profilowaniu** otworu wiertniczego sondami, zazwyczaj podczas ruchu z dołu do góry. Jej początek związany jest z rokiem 1907, kiedy to Atwood skonstruował kamerę otworową. Pozwalała ona na wykonanie do 50 zdjęć pokrywających 4,5 cala, w interwale dwudziestostopowym. Podobną kamerę skonstruował w 1924 r. Reinhold. Kamery te zostały dokładnie opisane w 1931 r. przez M.H. Haddocka [143].

Poszukiwania geofizyczne zostały rozwinięte po II wojnie światowej. Dziś stanowią obszerną gałąź wiedzy. W interpretacji wyników pomiarów stosuje się metody numeryczne. Poszukiwania geofizyczne są podstawowymi pracami w badaniu struktur skorupy ziemskiej i poszukiwaniu złóż.

Energia elektryczna i skutki jej stosowania w kopalniach

Pisałem, że po raz pierwszy energia elektryczna pojawiła się w technologiach górniczych indukowana w zapalarkach używanych jako źródło prądu służące do inicjacji zapalników elektrycznych. Istnieją informacje, że już około 1870 r. w kopalniach brytyjskich pojawiło się oświetlenie elektryczne [27], zasilane najprawdopodobniej z akumulatorów lub prądnicą prądu stałego, napędzaną kołem wodnym. Również projekt pierwszej lokomotywy elektrycznej wiąże się z górnictwem. Była nią mała lokomotywa skonstruowana w 1879 r. przez Wernera von Siemens, która, pobierając prąd z trzeciej szyny, ciągnęła mały wagonik-ławkę po terenach wystawy powszechnej w Berlinie (1879) [227]. Pomysł zastosowano pod ziemią w 1882 r. w Saksonii [27].

Powszechniejsze wykorzystanie prądu elektrycznego pod ziemią było możliwe, kiedy pojawiła się pierwsza elektrownia zawodowa na świecie, zainstalowana przez Thomasa Alva Edisona. Działo się to w Nowym Jorku 4 września 1882 r. Miała ona sześć generatorów prądu stałego, z których każdy był napędzany silnikiem parowym o mocy 125 KM. Na Górnym Śląsku pierwsza elektrownia została uruchomiona w Zabrzu w 1887 r., a dwa lata później w Chorzowie. Pierwsza elektrownia miejska w Królestwie Polskim powstała w Radomiu w 1900 r., kolejna w 1902 r. w Warszawie.

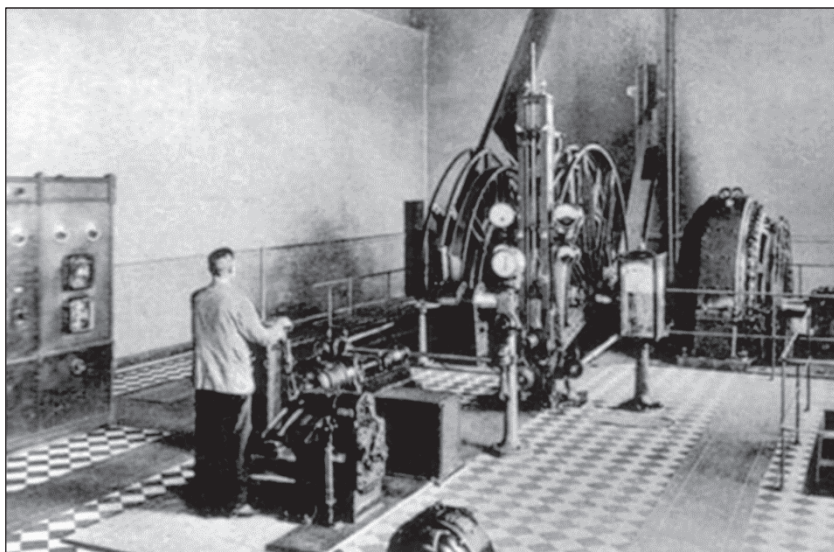
Tak wiek XX stał się wiekiem elektryczności, wiekiem rewolucji technicznej również w kopalniach. Praktycznie na każdym etapie pracy górnika widzimy ogromne możliwości wykorzystania prądu elektrycznego.

Urządzenia wyciągowe w szybach

Pamiętamy, że XIX wiek przyniósł rozwój wyciągowych maszyn parowych. Własny surowiec, własna kotłownia to elementy stabilizujące ich funkcjonowanie. Pomimo pojawienia się maszyn wyciągowych o napędzie elektrycznym (pierwsza w 1894 r. w kopalni „Thiederhall” w Brunszwiku) łatwość użytkowa-

nia napędów parowych sprawiała, że wprowadzane były one w kopalniach do lat 40. XX wieku.

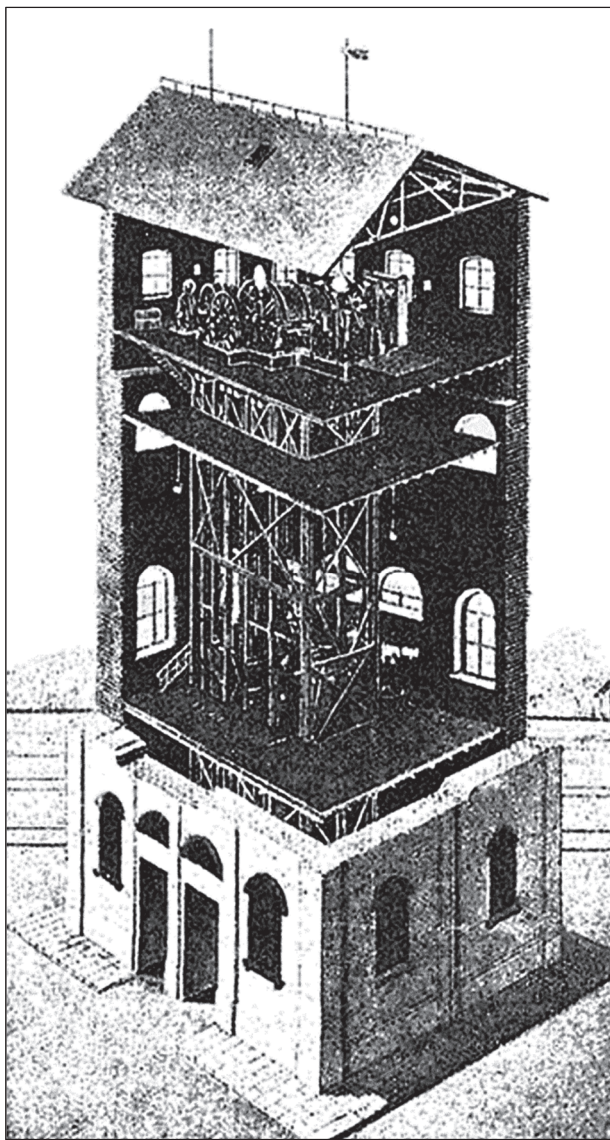
Zasadniczym problemem, który mieli do rozwiązania konstruktorzy napędu maszyny elektrycznej, było zapewnienie płynnej regulacji prędkości obrotów. Stosowano różne rozwiązania, takie jak opornice czy baterie akumulatorów (w celu złagodzenia wahań napięcia i wyrównania obciążeń sieci). Przełom przyniosły prace Warda Leonarda, który w 1891 r. opatentował sposób regulacji obrotów silnika prądu stałego przez regulację obcego wzbudzenia prądnicy zasilającej silnik roboczy. Od jego nazwiska rozwiązanie to nazwano sterowaniem maszyną w układzie Leonarda. Wynalazek ten uzupełnił w 1901 r. Ilgner, proponując zastosowanie koła zamachowego do przetwornicy Leonarda. Rozwiązanie to istotnie przyspieszyło wprowadzanie napędu elektrycznego do maszyn wyciągowych [27] (rys. 245).



Rys. 245. Maszyna wyciągowa z napędem elektrycznym – początek XX wieku [27]

Pierwszą elektryczną maszynę wyciągową na Górnym Śląsku, wykorzystującą oba wynalazki, uruchomiono w 1902 r. w kopalni Concordia w Zabrzu. Kolejnym krokiem wykonanym 60 lat później było zautomatyzowanie sterowania, a dalej wykorzystanie elementów półprzewodnikowych. Pozwoliło to na zastosowanie silników prądu przemiennego, asynchronicznych i synchronicznych.

Napędy elektryczne maszyn wyciągowych, ich mniejszy ciężar w stosunku do parowego oraz stabilna praca spowodowały, że maszyna mogła być usytuowana nie w budynku obok wieży szybowej, a na jej szczycie. Tak pojawiły się wieże szybowe „basztowe” (rys. 246 i 247).



Rys. 246. Rysunek wieży szybowej basztowej z Saksonii –
przełom XIX i XX wieku [160]

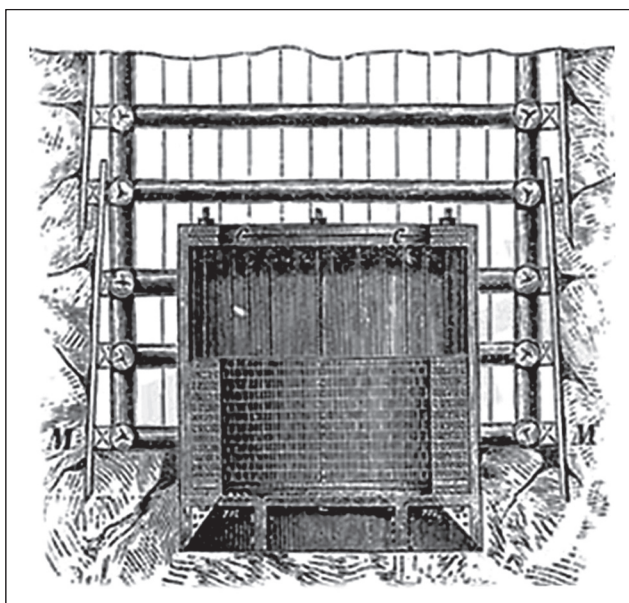


Rys. 247. Wieża szybowa basztowa Zagłębia Wałbrzyskiego – początek XX wieku [54]

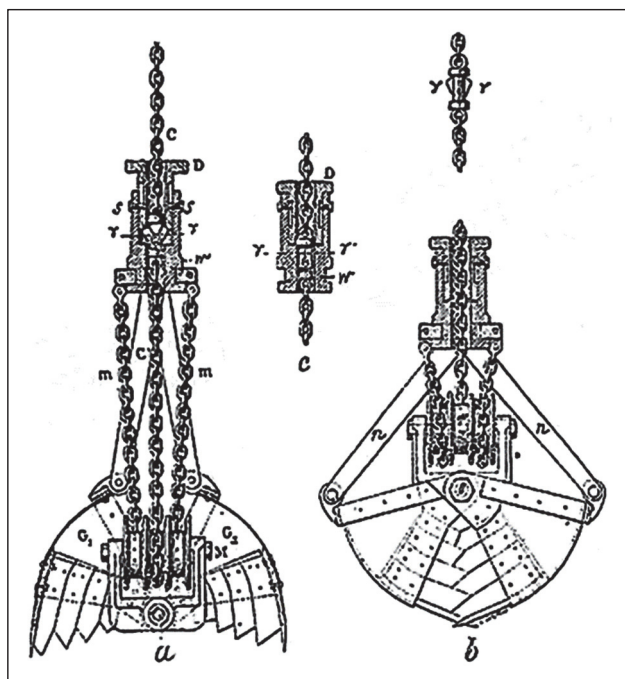
Nowe technologie głębieńia szybów

Od początku wykonywania szybów największym problemem było głębieńie ich w luźnych skałach zawodnionych – kurzawkach. Stosowano tymczasowe obudowy, a kurzawkę zagęszczano słomą lub sieczką. Za najlepsze rozwiązanie uważano stosowanie wyprzedzającej obudowy wbijanej. Nowością stało się zastąpienie wbijanych elementów drewnianych metalowymi. Były nimi rury lub żelazne profile. Stało się to możliwe wówczas, kiedy w przodku głębieńionego szybu można było zastosować kafar. Technologia ta (w odmianie obudowy drewnianej zaprezentowana wcześniej) z powodzeniem stosowana była do początków XX wieku.

Kiedy warstwa kurzawki zalegała płytko pod powierzchnią, w drugiej połowie XIX wieku zaczęto stosować **obudowę opuszczaną** (rys. 248). Montowano ją z elementów metalowych lub metalowych i murowych na powierzchni. Uraabiając w dnie szybu, stwarzano warunki do zagłębiania się obudowy.



Rys. 248. Obudowa opuszczana [160]



Rys. 249. „Pogłębiarka” – ładowarka łapowa [160]

Na przełomie XIX i XX wieku, kiedy maszyny wyciągowe miały coraz większą moc, przy urabianiu dna zastosowano „pogłębiarkę” (**ładowarkę łapową**; rys. 249). Mechanizacja urabiania i ładowania była szczególnie istotna, kiedy to w szybach zastosowano obudowę **tubingową** z lanego żelaza, wypełnioną od wewnątrz murem. Połączenia kolejnych tubingów uszczelniano ołowiem.

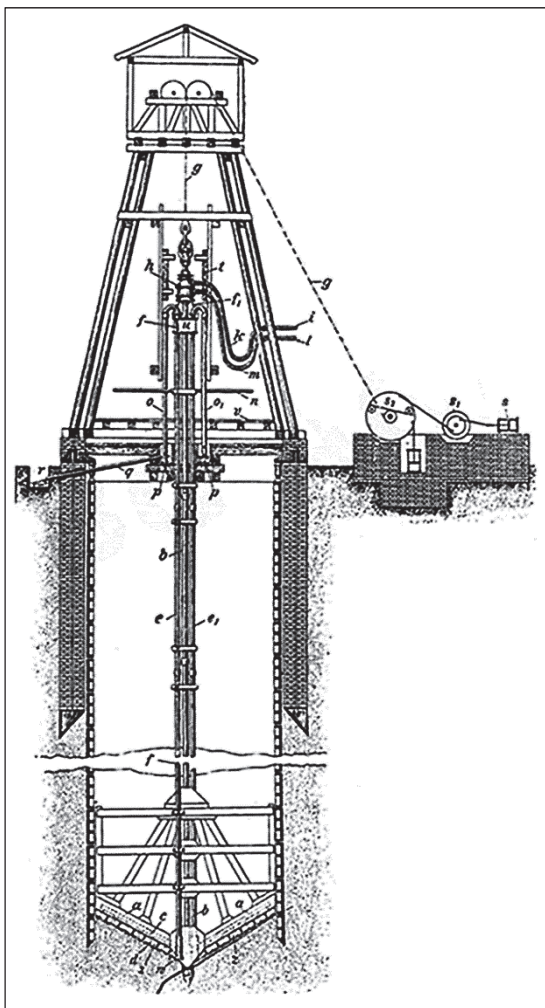
Równoległy postęp techniczny w robotach wiertniczych zwrócił uwagę na możliwość urabiania kurzawki żebrami kierującymi ją do centrum („pogłębiarka obrotowa”), skąd wypompowywana była pompami szlamowymi.

Tak pod koniec XIX wieku powstała technologia będąca prekursorem współczesnych metod **wiercenia szybów** (rys. 250).

W 1887 r. zastosowano tę metodę w niemieckiej kopalni soli potasowej na głębokości od 340 m do 404 m. Średnica szybu wynosiła 4,1 m w świetle obudowy. Uzyskanie postępu 64 m trwało prawie trzy lata [234].

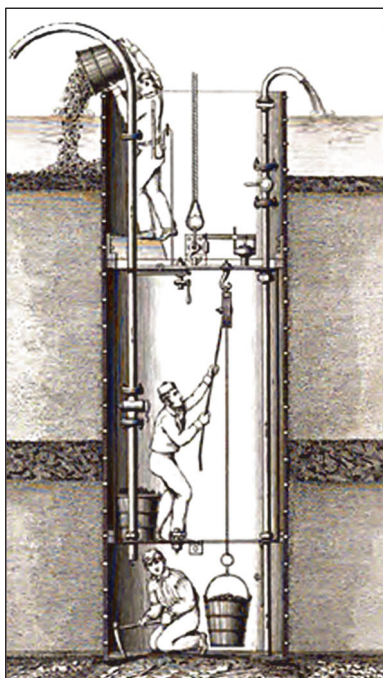
Doświadczenia z początku XX wieku z okręgu Clausthal potwierdziły, że praktyczny postęp dobowy głębienia nie przekraczał 4,5–7,0 m na miesiąc. Tak mały postęp i ograniczona średnica szybu spowodowały, że metoda ta została zaniechana.

XIX wiek to również okres, kiedy przy głębieniu szybów w warstwach zawodnionych zaczęto używać skrzyni stalowej mającej szczelne ściany i otwarte dno, czyli **kesonu**.

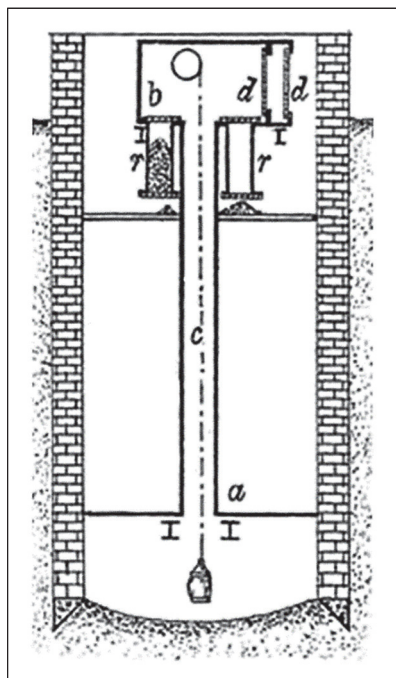


Rys. 250. Schemat metody głębienia szybu z obudową opuszczaną, z urabianiem „pogłębiarką obrotową” [160]

Pierwszym był keson otwarty (rys. 251), czyli taki, w którym panuje ciśnienie atmosferyczne, a wpływająca do niego woda musi być odpompowywana. Z czasem zaczęto używać kesonu pneumatycznego, w którym panowało podwyższone ciśnienie, utrudniające przenikanie wody do wnętrza. Technologię wykonywania szybu z tą odmianą kesonu nazywano „głębieniem za pomocą zagęszczonego powietrza” [160] (rys. 252). W tym przypadku górnik pracuje w warunkach podwyższonego ciśnienia, a gdy opuszcza komorę, narażony jest na chorobę kesonową.



Rys. 251. Keson otwarty z 1846 r. [101]

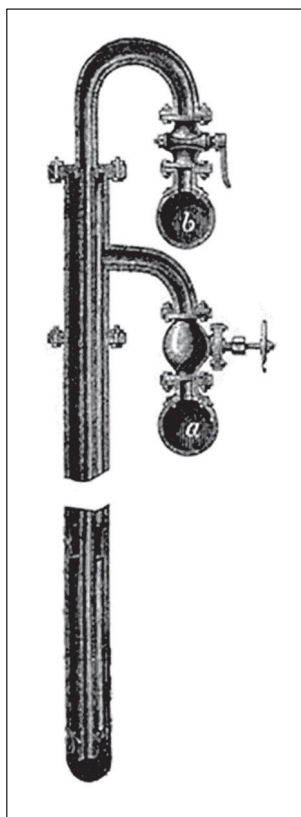


Rys. 252. Keson zamknięty [160]

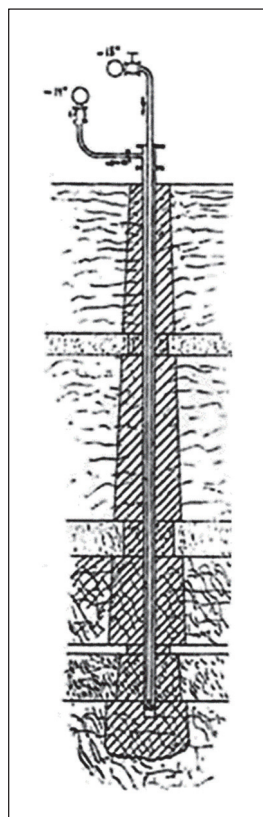
Początek XX wieku to wprowadzanie zabiegów geotechnicznych zmieniających właściwości górotworu. Pierwszy dotyczył zamrażania, na które to rozwiązanie wpadł w 1883 r. Poetsch. Drugim było cementowanie, zaproponowane w 1900 r. Portiera [160].

Zamrażanie pierwszy raz zostało zastosowane przy pogłębianiu szybu w kopalniach lignitu w Saksonii. Jako cieczy chłodzącej używano chlorku lub magnezu wapnia ze względu na ich niską temperaturę zamarzania (-40°C). Do

ich schładzania używano „maszyn chłodniczych” stosowanych do wytwarzania lodu. (Pierwszą chłodziarkę absorpcyjną do produkcji lodu na potrzeby domowe wyprodukowano w 1862 r. w Australii). Parowanie amoniaku w maszynie obniżało temperaturę cieczy chłodniczej do -25°C . Wokół szybu w odległości zależnej od przewodności cieplnej skał wiercono otwory (odległość pomiędzy nimi około 1 m), w które wprowadzano podwójne stalowe „rury oziębiające” (rys. 253) o średnicy zewnętrznej od 100 mm do 200 mm. Średnica rur wewnętrznych to 30–40 mm. Rury łączy się tak, że tworzą pierścień, który z kolei podłączony jest do maszyny oziębiającej. Wokół rury tworzy się strefa zamrożonego górotworu (rys. 254). Strefy sąsiadujące łączą się, tworząc płaszcz mroźniowy wokół głębionego szybu, uniemożliwiający przedostanie się wody do przodka. Umożliwia to bezpieczne urabianie.



Rys. 253. Rura mroźniowa [160]



Rys. 254. Strefa zamrożona wokół otworu mroźniowego [160]

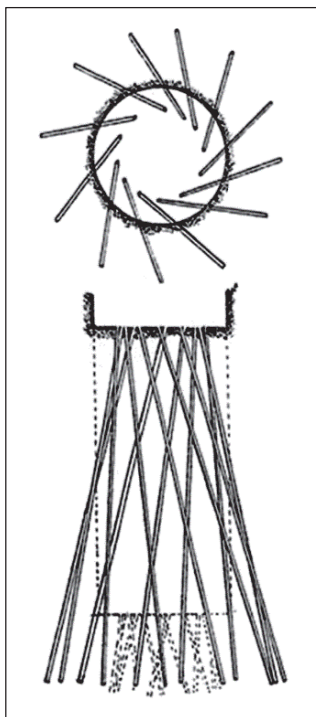
Pierwsze szyby wykonane tą techniką około 1915 r. mrożono do głębokości 200 m, a ich całkowita głębokość wynosiła do 400 m [160]. W strefie mrożenia wykonywano je w obudowie tubingowej, żeliwnej. Po jej montażu płaszcz lodowy się rozmraża. Aby przyspieszyć ten proces, wprowadzano do układu rur ciecz ogrzaną. Zauważono, że korzystne jest odzyskanie rur mrożeniowych i zacementowanie otworów.

Technologia mrożenia w następnych dziesięcioleciach stała się podstawowa przy głębieniu szybów w skałach zawodnionych. Jej zasadnicze kanony opracowane pod koniec XIX wieku są ciągle aktualne. Obecnie mrożenie prowadzi się na głębokościach ponad 1500 m. Technika ta jest również powszechnie stosowana przy wykonywaniu tuneli i przy budowie linii metra.

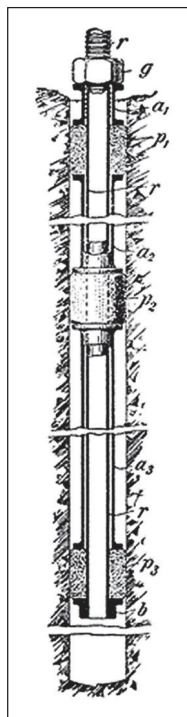
Z początkiem XX wieku, jak wspomniano, opracowana i wdrożona została metoda scalania skał poprzez cementowanie. Idea metody polega na wprowadzeniu w szczeliny skał zaczynu cementowego, który, wiążąc, będzie zmieniał ich strukturę i podnosił wytrzymałość. W tym celu z dna szybu (lub z powierzchni) wierci się siatkę otworów, do których zatłacza się zaczyn (rys. 255). Tworzy się bryła skał o wytrzymałości umożliwiającej zastosowanie klasycznego sposobu urabiania i obudowy. Technologię zatłaczania zaczynów zaczerpnięto również z doświadczeń związanych z cementowaniem w wiertnictwie. Polega ona na wprowadzeniu do otworu rury (rys. 256) zaopatrzonej w pierścienie gumowe, które, kręcąc śrubą znajdującą się u wylotu otworu, można rozeprzeć, co uszczelnia odcinki otworu. Do rury podłącza się wąż, przez który tłoczy się zaczyn. Ciśnienie tłoczenia musi przekraczać ciśnienie wody na głębokości cementowania. Używano cementów magnezjowych, które w porównaniu z cementami portlandzkimi mają krótszy czas wiązania.

Metodę tę stosowano również do uszczelnia skał za obudową szybu. I tak w 1905 r. w jednej z niemieckich kopalń soli wykonano ponad 200 otworów, wtłaczając przez nie ponad 60 ton cementu.

Podobnie jak mrożenie technologia cementacji rozwinęła się do czasów współczesnych. Jest jedną z najbardziej uniwersalnych metod stosowanych w geotechnice do wzmacniania, stabilizacji oraz uszczelniania gruntów i skał. Oprócz klasycznego cementowania różnymi zaczynami stosowana jest jako iniekcja strumieniowa. Polega ona na rozcięciu i rozdrobnieniu gruntu przez działający dynamicznie strumień wody lub zaczynu cementowego (o prędkości ponad 100 m/s) i utworzeniu kolumny tzw. cementogruntu (tworzywa o parametrach wytrzymałościowych od 2 MPa do 10 MPa).



Rys. 255. Schemat rozmieszczenia otworów do cementacji w dnie głębionego szybu [160]

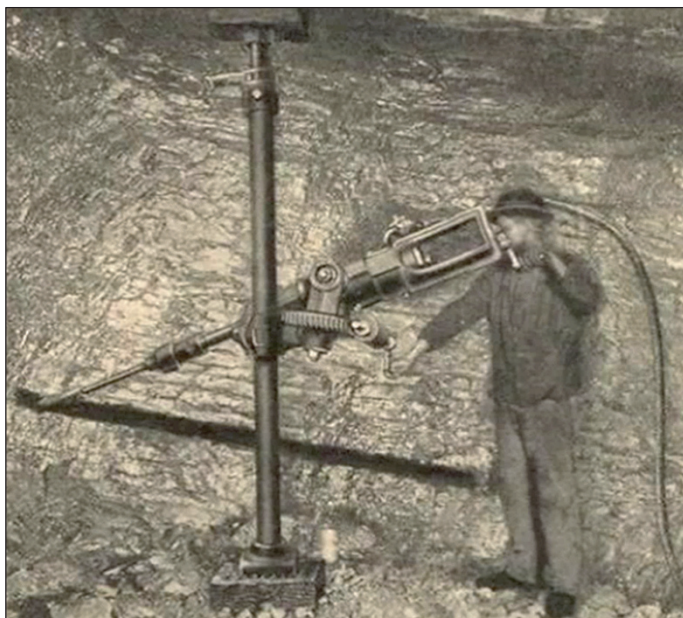


Rys. 256. Rura cementacyjna [234]

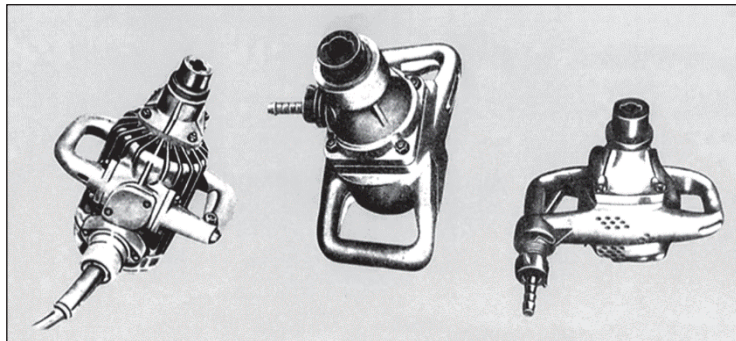
Nowe technologie urabiania

Omawianie technik urabiania w wieku pary skończyliśmy na zaprezentowaniu dynamitu wraz z całą nową techniką strzelniczą opartą na strzelaniu elektrycznym i ręcznych wiertarkach do wiercenia otworów strzałowych. Omówiliśmy również początki maszyn napędzanych silnikiem pneumatycznym, które na przełomie wieków doskonalono (rys. 257).

Z początkiem XX wieku, kiedy opracowano je w postaci zminiaturyzowanej, to znaczy **wiertarek pneumatycznych ręcznych** (rys. 258), nastąpiło znaczne zwiększenie ich liczby w kopalniach, szczególnie metanowych kopalniach węgla.



Rys. 257. Wiertarka pneumatyczna „na żerdzi” – koniec XIX wieku [160]

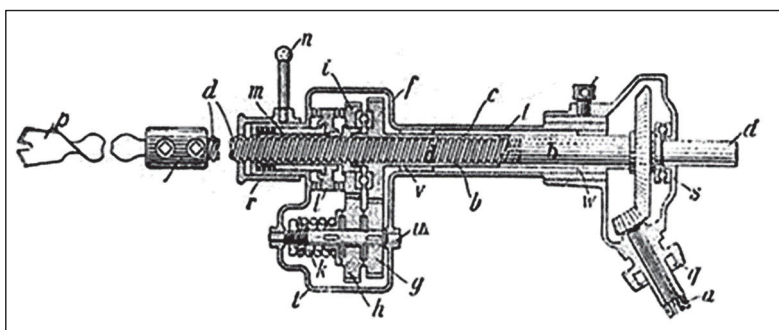


Rys. 258. Wiertarki pneumatyczne ręczne – lata 20. XX wieku [27]

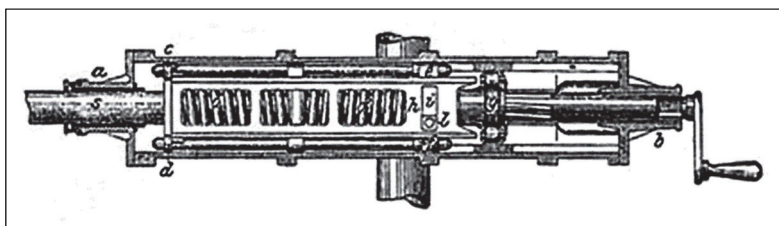
Wiertarki ręczne obrotowe z silnikiem elektrycznym zapoczątkowała konstrukcja Siemens i Schuckerta z początku XX wieku. Ze względu na ciężar budowano je w wersji z oddzielnie transportowanym i dołączanym silnikiem (rys. 259).

Wspomniana firma oprócz wiertarki obrotowej opracowała konstrukcję wiertarek udarowych z napędem elektrycznym. Podobnie jak wiertarki obrotowe (rys. 260) wiertarki udarowe (rys. 261) produkowano w wersji z silnikiem dołą-

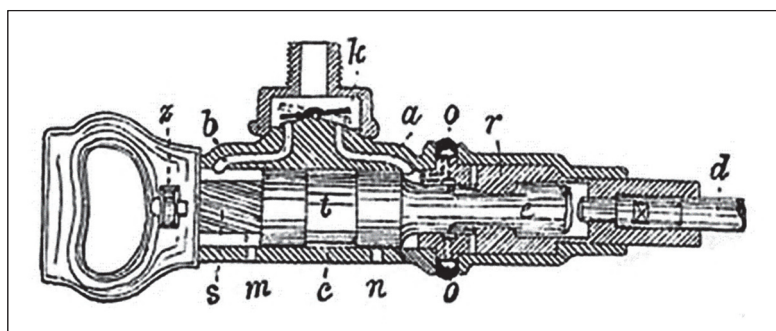
czanym na miejscu. Oba modele ze względu na wagę pracowały przytwierdzone do kolumny pionowej.



Rys. 259. Wiertarka obrotowa elektryczna Siemens-Schuckerta [160]



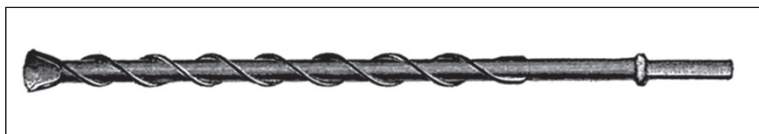
Rys. 260. Wiertarka udarowa elektryczna Siemens-Schuckerta [160]



Rys. 261. Młotek pneumatyczny typu Westfalia [160]

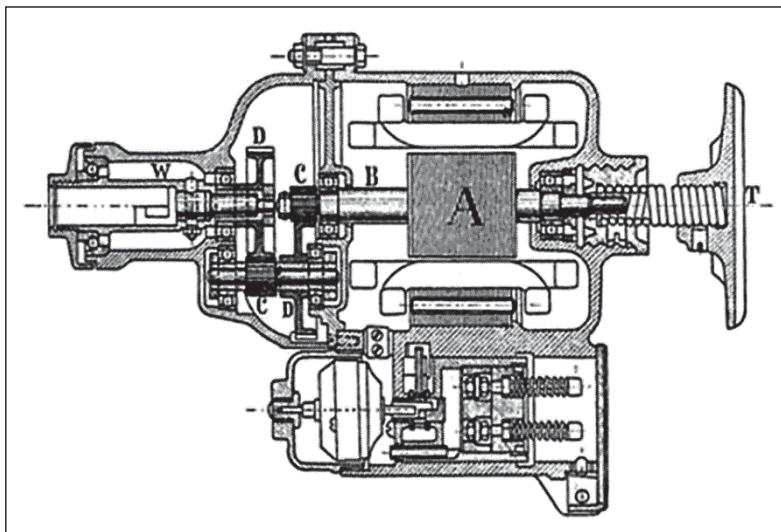
Początek XX wieku to okres, w którym doskonalili się młotki pneumatyczne (rys. 261). Konstrukcje są bardziej poręczne i znacznie mniej ważą (np. 15 kg). Wtedy też powszechna staje się konstrukcja żerdzi (wiertła) wiertarki lub młota

z charakterystyczną ślimacznicą („wężownicą”; rys. 262), ułatwiającą usuwanie zwiercin z dna otworu. Przy używaniu silnika pneumatycznego wprowadzono żerdzie z otworem, przez który do dna wpływało powietrze, dodatkowo wydmuchując zwierciny (płuczka powietrzna).



Rys. 262. Wiertło wiertarki (młota udarowego) ze ślimacznicą do usuwania zwiercin [160]

Dalszy rozwój wiertarek z napędem elektrycznym do wykonywania otworów strzałowych, podobnie jak tych z napędem pneumatycznym, szedł w kierunku miniaturyzacji, co pozwalało na rezygnację z umieszczania ich na rozpartej kolumnie w czasie wiercenia. Kilkakrotnie już przywoływana firma Siemens-Schuckert, przodująca w Europie we wdrażaniu do produkcji nowych rozwiązań, przed I wojną światową wprowadziła do kopalń ręczną wiertarkę obrotową ważącą nieco mniej niż 15 kg (rys. 263). **Wiertacz** obsługujący maszynę trzymał ją dwoma rękami, równocześnie dociskając (rys. 264).



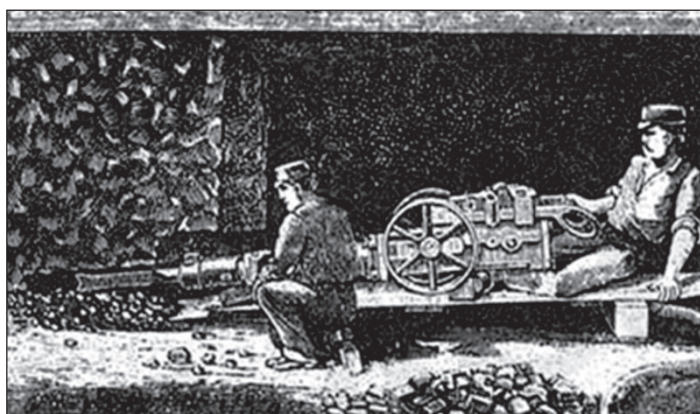
Rys. 263. Ręczna, obrotowa wiertarka elektryczna Siemens-Schuckerta [160]



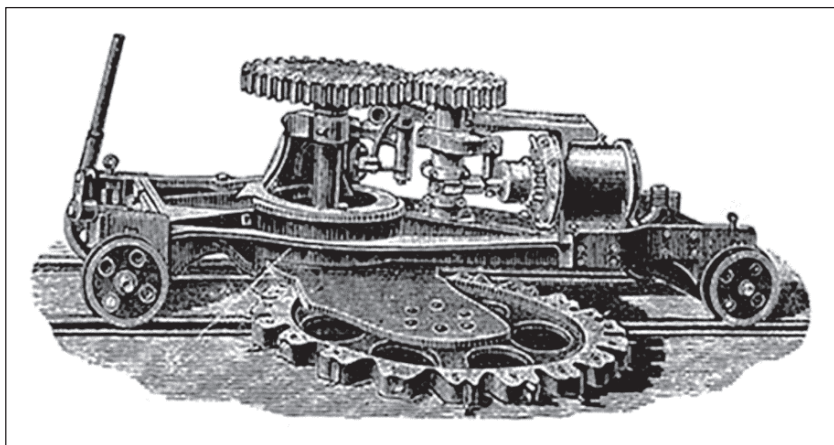
Rys. 264. Górnik z wiertarką ręczną – lata 50. XX wieku [226]

Należy zaznaczyć, że moc wiertarek umożliwiała stosowanie ich również w skałach trudniej zwiercanych od węgla kamiennego, a więc w rudach. Oczywiście postęp w mechanizacji wiercenia otworów strzałowych dotyczył nie tylko robót w wyrobiskach korytarzowych, ale i wybierkowych.

Wspominałem o dziewiętnastowiecznych pomysłach na maszyny do wykonania wrębów i o pierwszych zastosowaniach praktycznych. Szybki postęp obserwujemy we wrębiarkach żerdziowych na podwoziu kołowym (rys. 265). Ich wydajność z tamtego okresu to ok. 4 m²/godz., przy długości wrębownika ok. 1,5 m.

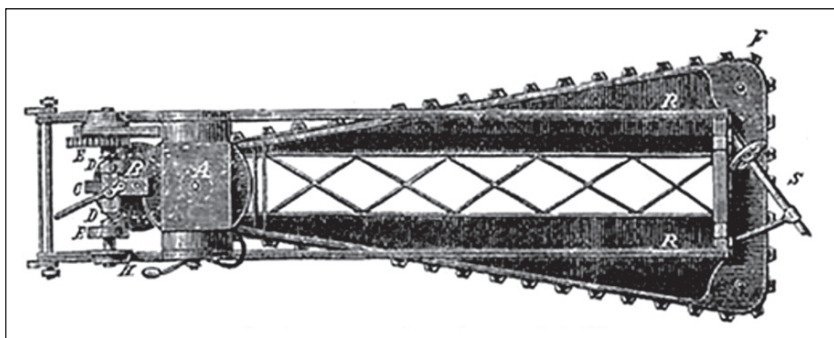


Rys. 265. Wrębiarka żerdziowa konstrukcji Ingersoll-Sergeant o napędzie pneumatycznym [160]



Rys. 266. Wrębiarka tarczowa Winstanlea z napędem pneumatycznym [160]

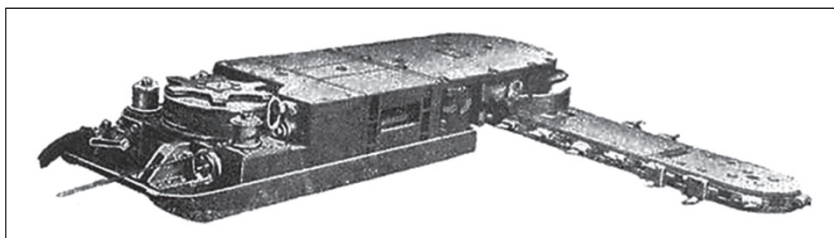
Pisałem o prototypie wrębiarki tarczowej. Modernizowano ją, sytuując na szynach (rys. 266). Ciężar maszyny wynosił do 2,5 tony, szerokość 0,85 m, długość 3 m, a wysokość 0,7 m. Głębokość wrębu 1,0–1,25 m. Maszyny tego typu stosowano w wyrobiskach eksploatacyjnych. Jednak ich nieporęczność spowodowała, że już w pierwszym dziesięcioleciu XX wieku zostały wyparte wrębiarkami łańcuchowymi, mającymi silnik elektryczny. Wrębiarka przedstawiona na rysunku 267 pochodzi z przełomu XIX i XX wieku. Skonstruowana jest na dwóch ramach, z których jedna – nieruchoma, przymocowana jest do spągu, druga – ruchoma, stanowi prowadnicę dla „łańcucha bez końca” z zębami (**nożami**). Uzyskiwano szerokość wrębu 1 m, głębokość 1,7 m, a wysokość szczeliny ok. 0,1 m. Jej wydajność (uzyskiwana płaszczyzna podcięcia) wynosiła ok. 15 m²/godz.



Rys. 267. Wrębiarka łańcuchowa Morgan-Gardner [160]

Stosowanie wrębiarek (ograniczone w zasadzie do kopalń węgla i sporadycznie soli) zmniejszało pracochłonność prac strzałowych i było źródłem zwiększenia wychodów grubych sortymentów węgla, co w tamtych latach było niezwykle istotne.

Pierwsze konstrukcje wrębiarek łańcuchowych rozwijano jeszcze w okresie I wojny światowej. Po niej pojawiły się nowe konstrukcje (rys. 268), w których łańcuch poruszał się na wysięgniku, a silnik z przekładniami i układem sterowania przemieszczał się po spągu lub po przenośniku.



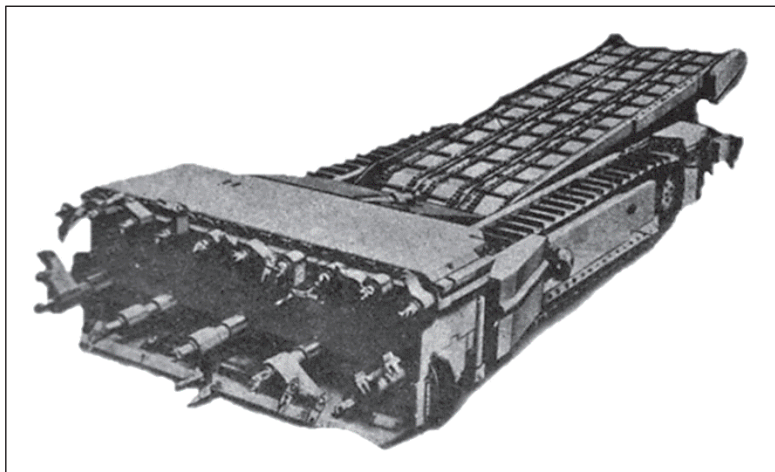
Rys. 268. Wrębiarka łańcuchowa – lata 40. XX wieku [10]

Wrębiarki były podstawą mechanizacji urabiania węgla przez wiele lat. W wyrobiskach korytarzowych zostały stopniowo wyparte przez **kombajny chodnikowe**, natomiast w wyrobiskach eksploatacyjnych przez **kombajny ścianowe**.

Prace nad konstrukcją kombajnu chodnikowego były ściśle związane z drażeniem tuneli. Pierwszy, zaprojektowany przez Chanela, wypróbowano w 1870 r. przy pierwszej próbie drażenia tunelu pod kanałem La Manche z Anglii do Francji³⁵. Był to **kombajn wiercący**. **Organy urabiające** były wykonane w układzie ramionowym, pierścieniowym lub wiertłowym. Kombajny ramieniowe urabiały ostrzami zabudowanymi na obracających się ramionach. Kombajny pierścieniowe miały ostrza urabiające zabudowane w głowicy, w kształcie pierścienia. Kombajny wiertłowe uzbrojone były w obrotową głowicę urabiającą, mającą wiertła piórowe umieszczone na różnych promieniach. Kombajny konstruowane są na przełomie wieków. Literatura [8, 27, 234] podaje kilka przykładów konstrukcji kombajnów i ich wdrożeń z przełomu wieków. Dość ogólnikowe

³⁵ Podaje za [27] choć wg [<https://pl.wikipedia.org/wiki/Eurotunnel>] pomysły inżynierów połączenia tych dwóch lądów (Europy kontynentalnej i Wysp Brytyjskich) do 1945 r. nie opuściły deski kreślarskiej.

informacje nie pozwalają na jednoznaczne prześledzenie ich ścieżki rozwoju. Przyjmijmy [27], że konstrukcje stosowane powszechniej powstały w latach 40. XX wieku. I tak, w ZSRR w 1939 r. skonstruowano kombajn wierzący Cz-4 na podwoziu gąsienicowym, a w 1941 r. zbudowano kombajn pierścieniowy GKN-2. W 1942 r. w Zagłębiu Ruhry, w firmie Schmidt-Kranz, skonstruowano kombajn składający się z trójramienną głowicy wierzącej. W 1948 r. w firmie Sunny Hill Coal Company zbudowano kombajn chodnikowy, wiertłowy (rys. 269).

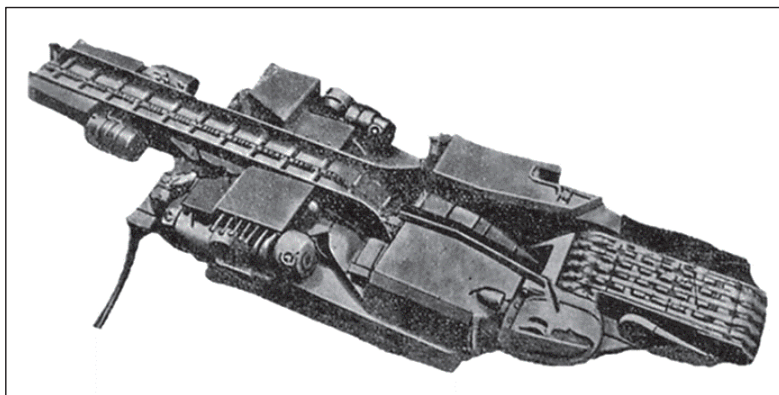


Rys. 269. Kombajn Col Mol [27]

Drugim typem maszyn był **kombajn wycinający**. Pierwszy egzemplarz powstał w 1919 r. w Niemczech. Wykorzystano w nim doświadczenia zebrane w trakcie pracy wrębiarek.

Z perspektywy czasu można stwierdzić, że w górnictwie węglowym wiodącą konstrukcją okazały się **kombajny frezujące**. Ich rozwój rozpoczęła konstrukcja firmy Sullivan z 1925 r. Konstrukcja składała się z wysięgnika zamocowanego do kadłuba maszyny, na którym zamontowano wrębnik w kształcie czaszy uzbrojonej w noże (frez). W wykonanej w 1948 r. przez firmę Joy (rys. 270) maszynie z frezem czteropalcuchowym zastosowano po raz pierwszy podawarkę zgrzeblową, a całość umieszczono na podwoziu gąsienicowym. W tym samym roku w ZSRR zbudowano kombajn chodnikowy PM-1. Składał się on z wysięgnika przytwierdzonego przegubowo do kadłuba. Na końcu wysięgnika umieszczony był obracający się frez zbudowany z uzębionych tarcz. Konstrukcja

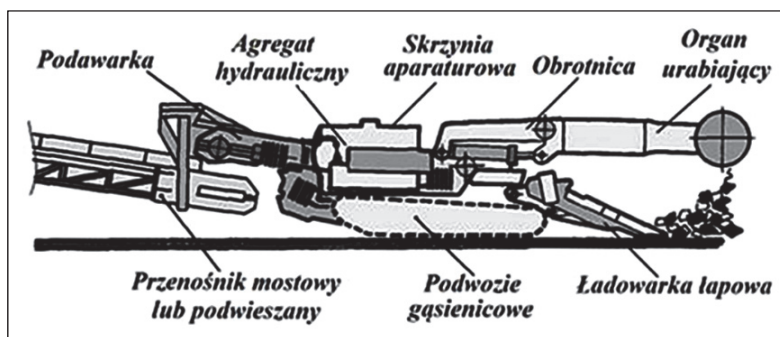
spoczywała na saniach, a urobek zgarniany był na podawarkę łańcuchową, z której przesypanywał się na przenośnik³⁶.



Rys. 270. Kombajn Joy [27]

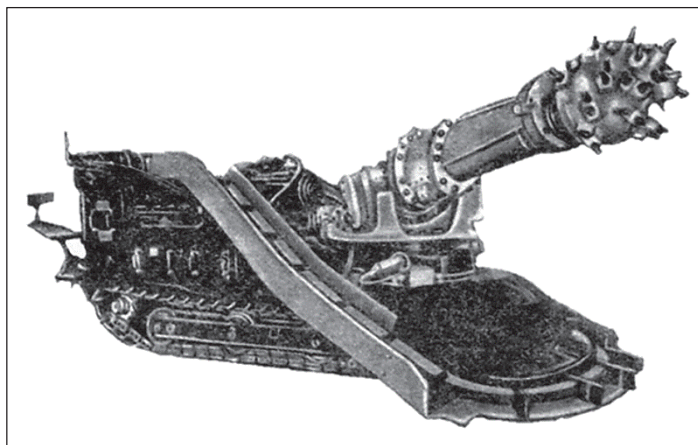
Tak powstała konstrukcja obejmująca wszystkie elementy współczesnej maszyny (rys. 271), której przykładem może być kombajn PK-3 opracowany w ZSRR, a zastosowany po II wojnie światowej w polskich kopalniach (rys. 272).

Dalszy rozwój kombajnów chodnikowych polegał na doskonaleniu zespołów sterowania i doprowadził do wersji współczesnej. Podjęto próby zastosowania ich w kopalniach soli, a także przy urabianiu innych minerałów.



Rys. 271. Schemat kombajnu frezującego chodnikowego

³⁶ Rozwój ładowarek i przenośników zostanie omówiony w dalszej części.

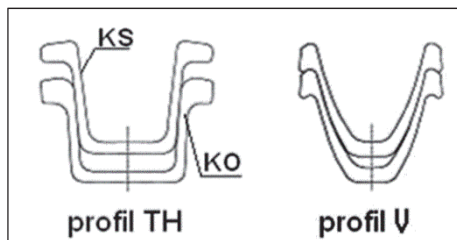


Rys. 272. Kombajn chodnikowy frezujący PK-3 [27]

Równolegle z rozwojem technik urabiania w wyrobiskach korytarzowych przebiegał rozwój tej technologii w wyrobiskach wybierkowych. Związany był ściśle z tworzeniem tzw. kompleksów ścianowych, stąd zostanie omówiony wspólnie z prezentacją rozwoju systemów wybierania i wyposażenia wyrobisk eksploatacyjnych.

Rzwoj obudów wyrobisk korytarzowych

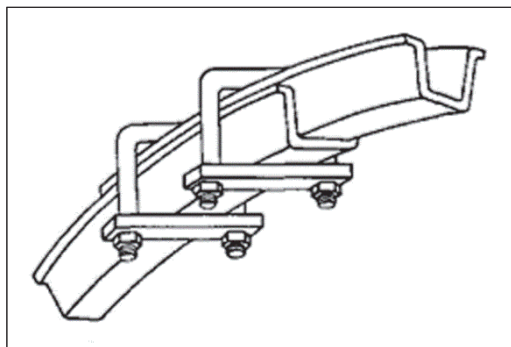
W wieku XIX do wyrobisk korytarzowych o długiej żywotności powszechnie wprowadzono obudowy murową, betonową i żelbetową. W wyrobiskach przygotowawczych wiodącą stała się obudowa metalowa, głównie łukowa. Drewno stało się materiałem, którego używano tylko w wyrobiskach pomocniczych, krótkotrwałych oraz w nietypowych.



Rys. 273. Profil korytkowy „TH” i „V”
w przekroju poprzecznym

Z czasem w przypadku obudów łukowych przyjęto w zasadzie tylko dwa profile („TH” i „V”), z których je wykonywano (rys. 273). Zamek (łączenie łuków)

tworzą jarzma (rys. 274). Obudowa stalowa łukowa została określona mianem podatnej, gdyż pod wpływem obciążenia statycznego ulega deformacji, zapewniając zachowanie drożności wyrobiska.



Rys. 274. Połączenia łuków ŁP
o profilu korytkowym za pomocą kabłąków

Na rysunku 275 pokazano takie zdeformowane wyrobisko. Równocześnie widać na nim stosowane obecnie elementy wykładki, czyli betonity i siatki metalowe.



Rys. 275. Wyrobisko korytarzowe w obudowie łukowej
zdeformowane pod wpływem obciążenia [38]



Rys. 276. Obudowa kotwowa

utwierdzenia żerdzi w skałach stanowi kryterium podziału kotwi na **rozprężne** i **wklejane**.

W 1890 r. pojawiła się nowa obudowa (rys. 276). Od pewnych analogii, które istnieją pomiędzy nią a elementami metalowymi spinającymi budowlę, została nazwana **kotwowa** (lub **kotwowa**). Składa się ona z żerdzi włożonej do odwierconego otworu, scalonej ze skałą na zasadzie głowicy rozprężnej lub wklejenia (kleje syntetyczne, szybkowiążące cementy), oraz podkładki i śruby przytwierdzającej do stropu siatkę metalową (rys. 277). Sposób



Rys. 277. Widok zakotwionego stropu [38]

Obudowę kotwioną najpierw stosowano w skałach zwięzłych. Jest dzisiaj podstawowa w kopalniach rud, zarówno w wyrobiskach przygotowawczych, jak i (w systemach komorowo-filarowych) eksploatacyjnych.

Od połowy XX wieku została również wdrożona w kopalniach węgla kamiennego w wyrobiskach korytarzowych, najpierw jako obudowa mieszana (z podporową), później jako samodzielna. Stosowana jest także do zabezpieczania ociosów przed odspajaniem i innych tego typu celów. Obudowa kotwiona jest powszechnie stosowana w geotechnice.

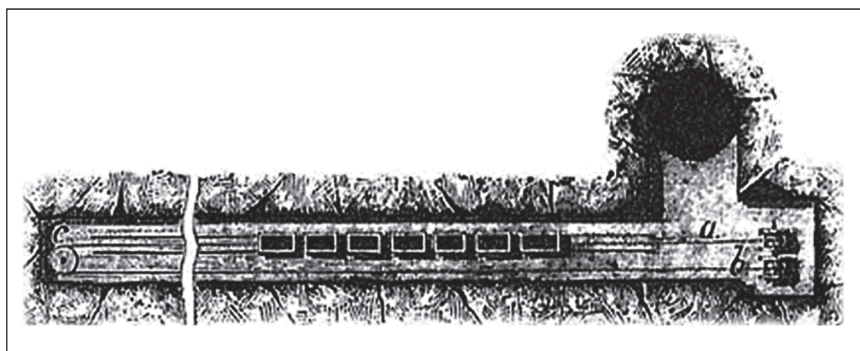


Rys. 278. Zastosowanie torkretu w kopalni [30]

Z początkiem XX wieku zaczęto w kopalniach stosować **torkretowanie** (rys. 278). Wynalazek opracowany przez Amerykanina C.E. Akeleya w 1907 r., polegający na dynamicznym nakładaniu zaprawy lub betonu przez wtryskiwanie lub wstrzeliwanie w miejsce wbudowania, zastosowano po raz pierwszy w 1914 r. w USA. W kopalniach wykorzystano go przy uszczelnianiu ociosów i stropu wyrobisk. Ma to przeciwdziałać migracji gazów (zabezpieczenie przy zagrożeniu samozapaleniem, przed uciezkami powietrza) oraz wzmacniać obudowę.

Transport (przewóz)

Kiedy w wyrobiskach transportowych wprowadzono szyny, jako „napęd” wagoników królował koń. W kopalniach, w których istniały sztolnie odwadniające, korzystano również z transportu łodziami. Nadchodziła jednak era lokomotyw. Pisałem, że pierwsze próby z lokomotywami parowymi przeprowadzone w kopalniach angielskich w połowie XIX wieku zakończyły się niepowodzeniem. Nie spełniły wymagań również lokomotywy, które tylko miały termicznie izolowany zbiornik na przegrzaną wodę i sprężoną parę wodną zasilającą silnik (lokomotywy Lamm–Francka). Odmianą były maszyny, które do podniesienia temperatury pary wykorzystywały zjawiska termiczne na styku soda kaustyczna (potas) – para wodna (lokomotywy Honingmanna). Czas pracy takich lokomotyw bezdymnych był bardzo ograniczony, stąd możemy je zaliczyć raczej do ciekawostek [160].

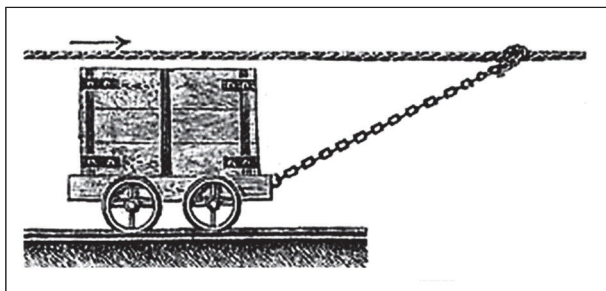


Rys. 279. Zasada transportu liną bez końca [160]

W połowie XIX wieku w kopalniach zaczęto rozwijać system transportu wózkami podpiętymi do liny lub (rzadziej) łańcucha „bez końca” (rys. 279). Stosowano go w wyrobiskach o nachyleniu do około 20°. Było to rozwinięcie transportu linowego – poziomego, który w kopalniach soli, korzystając do napędu kieratu z siły górników lub koni, stosowano już w XVII wieku [156]. Wymagał łagodnych łuków, stosowania kół prowadzących linę przy zmianie kierunków, napinania liny i kontrolowania naciągu. Wymagał również dokładnie wykonanych rozjazdów. Według Kondratowicza [160] próbowano najpierw używać

napędów parowych, ale, jak wielokrotnie wspominałem, zadymienie i otwarty ogień stał temu na przeszkodzie.

Stosowane były wersje z liną prowadzoną przy spągu oraz (częściej) z liną prowadzoną nad wagonikiem (rys. 280). Zdjęcie (rys. 281) przedstawia transport łańcuchowy stosowany w kopalni do przewożenia węgla w wagonikach.

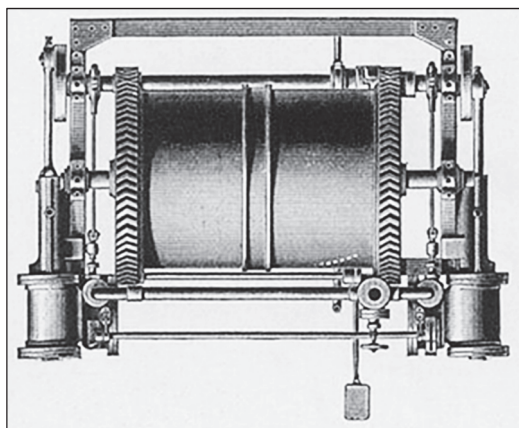


Rys. 280. Transport linowy, wersja lina nad wózkiem [160]



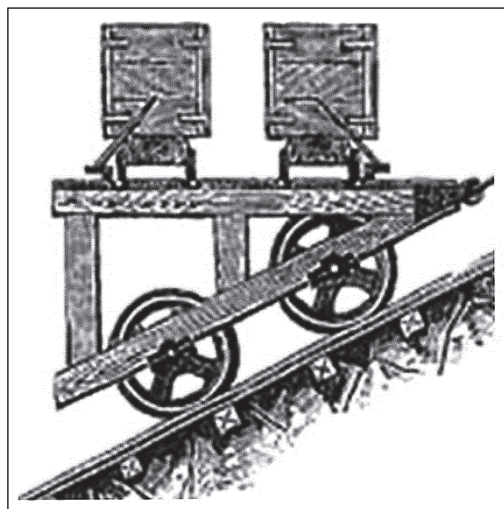
Rys. 281. Transport łańcuchowy wozów z węglem – początek XX wieku [30]

Doświadczenia z transportem linowym doprowadziły do rozwoju kołowrotów linowych z napędem pneumatycznym lub elektrycznym (rys. 282).

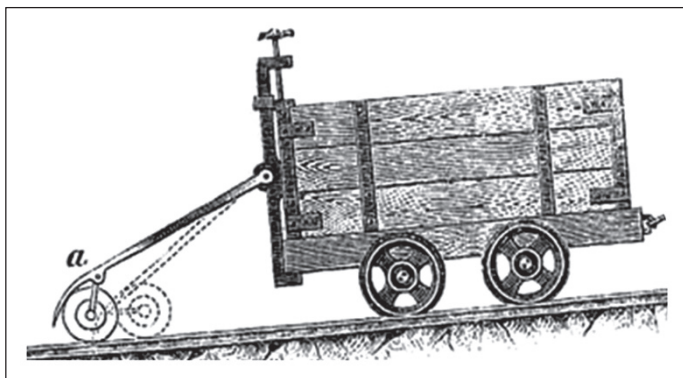


Rys. 282. Kołowrót linowy [160]

Kołowroty służyły również do transportu wózkami w wyrobiskach pochylonych. Korzystano wtedy z platform (rys. 283) lub wózki zaopatrywano w specjalne chwytaki (rys. 284) zatrzymujące je w przypadku urwania się liny.



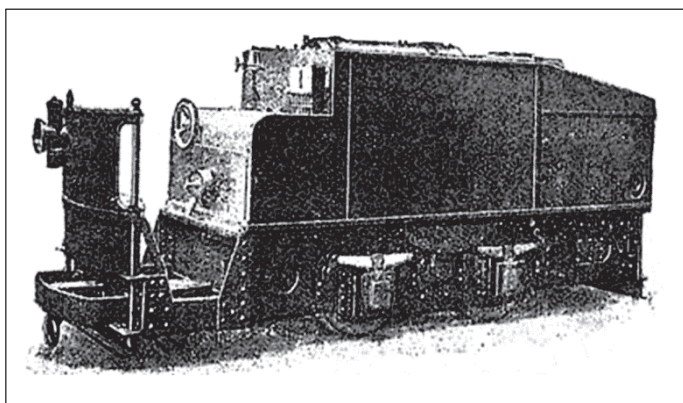
Rys. 283. Platforma do transportu linowego wozów w wyrobisku o znacznym nachyleniu [160]



Rys. 284. Chwytnak zabezpieczający wóz transportowany linowo w wyrobisku nachylonym przy zerwaniu liny [160]

Kołowroty okazały się w kopalniach niezastąpione. Używa się ich i dzisiaj, nie tylko do transportu, ale i odstawy oraz takich prac jak rabowanie obudowy czy wprowadzanie do przodków eksploatacyjnych maszyn i urządzeń (**zbrojenie**).

Jesteśmy w czasach, kiedy pojawia się koncepcja silnika spalinowego, opracowana przez Philippe'a Lebona. W ślad za nią pierwszy silnik, który znalazł zastosowanie, stworzył Étienne Lenoir w 1860 r. W 1870 r. powstaje samochód z silnikiem iskrowym. Nic więc dziwnego, że napęd ten zwrócił uwagę górników i zaczął się okres opracowywania lokomotywy z silnikiem spalinowym.

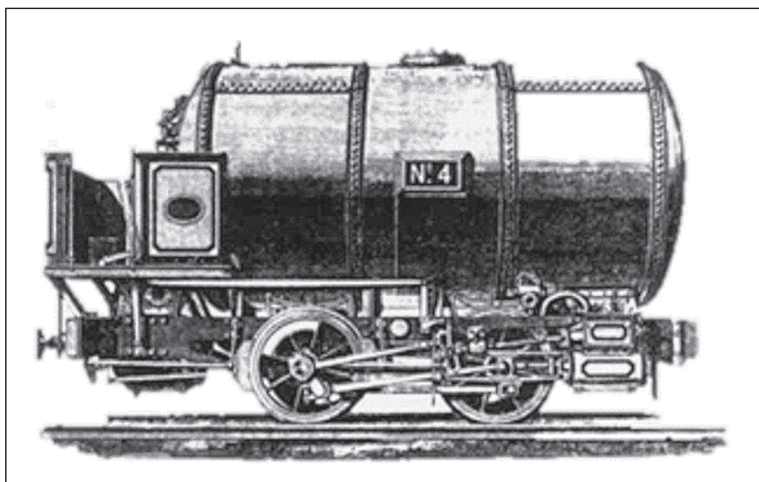


Rys. 285. Lokomotywa spalinowa firmy Deutz [160]

Pod koniec XIX wieku pojawiły się w kopalniach lokomotywy z takim silnikiem firmy Deutz (rys. 285). Był to silnik benzynowy. Poruszały się z prędkością

1,2–3 m/s, spalając ok. 0,7 l paliwa na tonokilometr. Lokomotywa ważyła ok. 5 ton, a jej wymiary były następujące: 3 m długość, 0,9 m szerokość i 1,5 m wysokość. Poruszała się do przodu i do tyłu, miała ręczny hamulec. Jej kariera nie była długa ze względu na wydzielanie spalin i zagrożenie wybuchem benzyny [160]. Konkurencją były skonstruowane w 1897 r. lokomotywy z silnikiem Diesla i wydechem spalin przez filtr wodny. Silnik ten z czasem stał się podstawowym napędem rodziny maszyn samojezdnych.

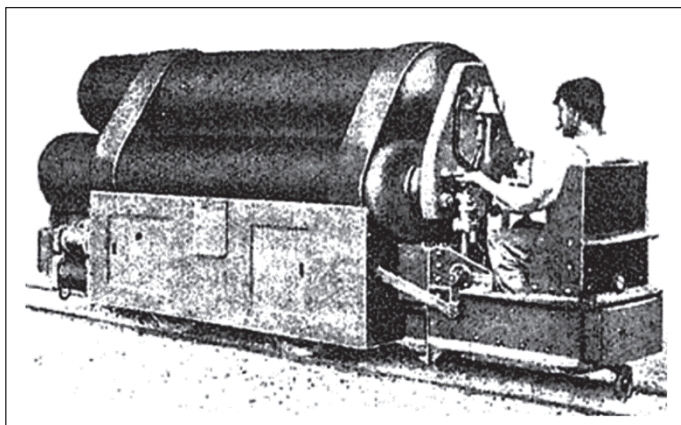
Kolejnym rodzajem napędu w lokomotywach był silnik pneumatyczny. Podobnie jak w przypadku kombajnu pierwszy raz zastosowano lokomotywy z tym silnikiem przy drażeniu tunelu pod górą St. Godarda w 1875 r. Pierwsze lokomotywy kopalniane produkowano z jednym zbiornikiem, w którym ciśnienie wynosiło 5 MPa (rys. 286).



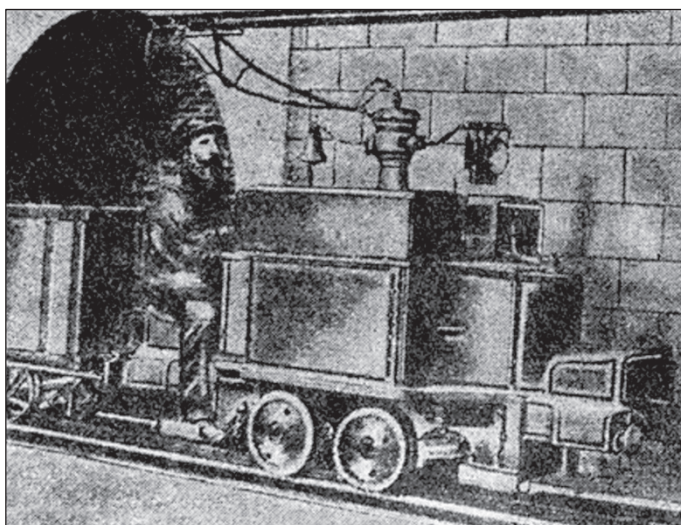
Rys. 286. Lokomotywa kopalniana z silnikiem pneumatycznym z 1882 r. [27]

W celu zwiększenia czasu pracy bez ładowania zbiornika powietrzem rozpoczęto produkować lokomotywy o kilku zbiornikach (rys. 287) i większych wymiarach, np. długości 7 m, ważące 7 ton. Zwiększono również ciśnienie w zbiornikach do 12 MPa. Z czasem ciśnienie powiększono do 20 MPa.

Lokomotywy z silnikiem pneumatycznym wypierane były przez te z silnikiem elektrycznym. I tylko w kopalniach, w których istniało zagrożenie metanowe, używano ich dłużej.



Rys. 287. Lokomotywa z silnikiem pneumatycznym [160]

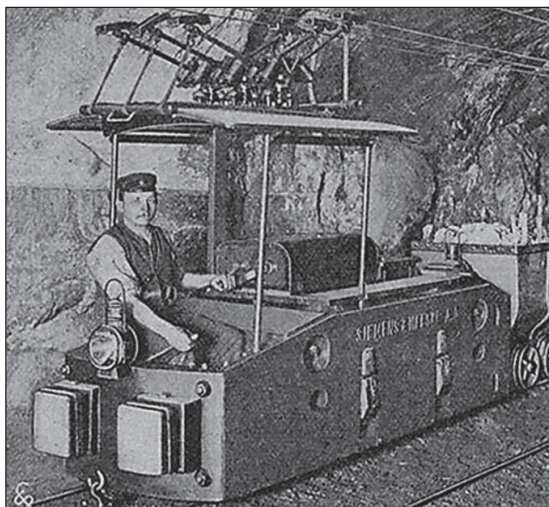


Rys. 288. Jeden z pierwszych elektrowozów – lata 90. XIX wieku [236]

Pisałem o pierwszej lokomotywie elektrycznej pokazanej na wystawie w 1879 r. przez Siemens. Nie została wdrożona. Po raz pierwszy taką maszynę wprowadzono do kopalni w 1882 r. Jej prędkość nie przekraczała 10 km/godz. Była w stanie ciągnąć do 15 wagoników. Pierwsze egzemplarze czerpały prąd z trakcji miedzianej rozwieszanej nad torami na wysokości co najmniej 1,8 m (rys. 288). Istniało kilka systemów połączenia lokomotywy z przewodem: pojedynczym trzewikiem (odbierak rolkowy), strzemieniem różnych odmian (odbierakiem

– pałakiem) oraz odbierakiem ramkowym. Z czasem wprowadzono system jednego przewodu i odbieraka typu pantograf.

W wieku XX nastąpił burzliwy rozwój elektrycznych lokomotyw kopalnianych tego typu. Na ogół napędzane były silnikami szeregowymi prądu stałego o mocy do 20–30 KW. Ale zdarzały się też lokomotywy napędzane silnikiem trójfazowym (rys. 289).

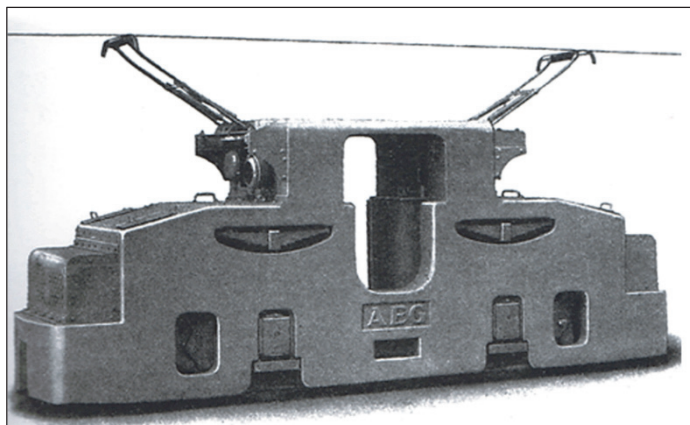


Rys. 289. Lokomotywa elektryczna Siemens–Kalski [160]

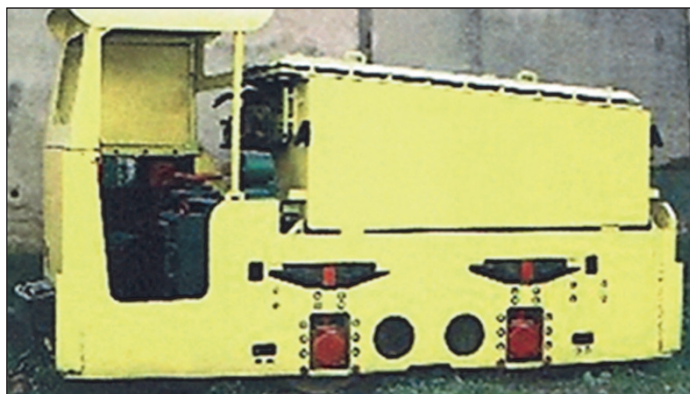
Różnorodność producentów lokomotyw i ich wyrobów skutkuje stosowaniem w maszynach różnych systemów zasilania, różną szerokością torów, różnym napięciem (rys. 290). Kraje, w których je stosowano, oraz koncerny produkujące maszyny dążyły do ujednolicenia parametrów. W Polsce po II wojnie światowej przyjęto napięcie 250 V, prześwity torów 600 mm i 785 mm. Dalszy rozwój obejmował systemy sterowania oraz wprowadzanie prądu zmiennego (ze sterowaniem tyrystorowym).

Wraz z lokomotywami zasilanymi z przewodu ślizgowego opracowywano lokomotywy elektryczne akumulatorowe. Pierwsze z nich akumulatory miały ulokowane na niezależnej platformie. Konstruowano je z myślą o warunkach zagrożeń wybuchowych. Produkowano w dwóch wersjach. Pierwsza, to maszyna o mniejszych gabarytach stosowana do prac manewrowych (rys. 291), druga o większych gabarytach pracowała w oddziale. Pierwsza wersja miała ciężar

2–5 ton, moc godzinową 2,5–10 kW, pojemność akumulatorów 300–450 Ah. Druga wersja jest z reguły ponad dwa razy cięższa, również jej moc godzinowa jest ponad dwa razy większa, a pojemność akumulatorów wynosiła do 760 Ah. Z czasem w lokomotywach tego typu zastosowano odpowiednie rozwiązania, czyniące je iskrobezpiecznymi.



Rys. 290. Lokomotywa elektryczna firmy AEG z 1913 r. [27]



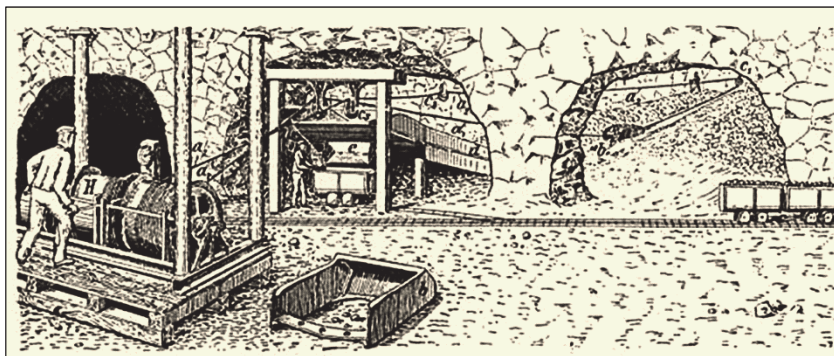
Rys. 291. Lokomotywa akumulatorowa produkcji polskiej Ldag-05 [204]

Lokomotywy elektryczne akumulatorowe konstruowane są również obecnie. Znajdują zastosowanie np. w szynowych kolejkach podwieszanych, które weszły do użycia w latach 70. XX wieku. Oprócz opisywanych wcześniej typów silników stosuje się w nich silniki wysokoprężne spalinowe.

Odstawa

Wprowadzenie w wyrobiskach udostępniających transportu kołowego – szynowego, zwłaszcza kiedy wyrobiska te stawały się coraz dłuższe, spowodowało, że w drodze urobku od przodka do szybu zaczęto wyróżniać dwa etapy. Pierwszy od przodka do załadowania urobku do wagonika (co z czasem odbywało się w wyrobisku udostępniającym) nazwano **odstawą**, drugi w wagoniku – przewozem albo transportem [28].

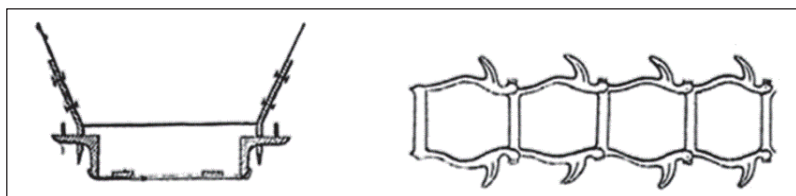
Odstawa pierwotnie (wraz z transportem) odbywała się w nieckach, koszach, na taczkach, wreszcie w wagonikach. Na przełomie wieków XIX i XX w Anglii powstaje pierwowzór **przenośnika zgrzeblowego** (1902) i **taśmowego** (1905). Polski inżynier Roman Zygmunt Rieger, późniejszy pracownik AGH, w 1905 r. opracowuje **przenośniki (rynny) wstrząsane**. Urządzenia te staną się charakterystycznymi środkami odstawy.



Rys. 292. Schemat ładowni oddziałowej z zastosowaniem zgarniacza [160]

Nim do nich przejdę wróć jeszcze do kołowrotów linowych, bo one również odegrały (i dziś jeszcze odgrywają) pewną rolę przy przemieszczaniu urobku. Kołowrót, współpracując ze specjalnie ukształtowaną „łyżką” (zgarniaczem), tworzy system odstawy zwany **zgarniakowym** (rys. 292). Kołowrót, ciągnąc łyżkę zgarniaka „liną bez końca”, przemieszcza urobek w wyrobisku korytarzowym do pomostu, z którego spada on do wozu lub na przenośnik. Prezentowany układ stanowił pierwowzór **ładowni oddziałowej**.

Wróćmy do przenośników. Powstawały na początku XX wieku. Zaczniemy od przenośnika zgrzeblowego zwanego kiedyś „transportem za pomocą łańcucha przesuwającego”, czyli **łańcucha przenośnika**. Pracuje on w układzie „łańcucha bez końca”, poruszając się w „żłobach” (**rynnach**). Do łańcucha poprzecznie przytwierdzone są „żłobaczki” (**zgrzebła**), które przesuwają urobek w rynnach (rys. 293). Przedstawiony na rysunku schemat przenośnika pracuje w układzie łańcucha umieszczonego w rynnie w pionie, jeden nad drugim (górą transport urobku, dołem powrót). Na początku próbowano również wersji dwóch rynien równoległych, z których jedna służyła transportowi, w drugiej łańcuch powracał.



Rys. 293. Prototyp przenośnika zgrzeblowego [160]

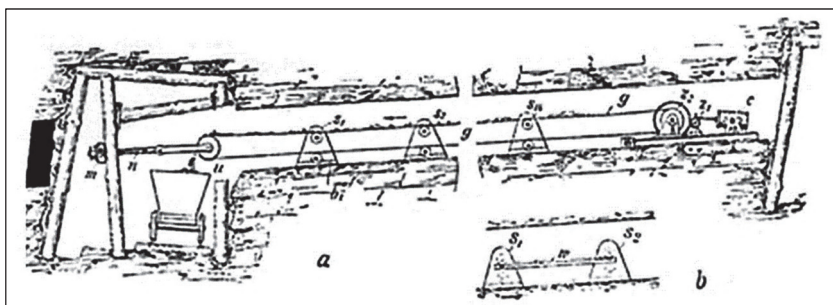
Przenośniki zgrzeblowe z czasem stały się podstawowym środkiem odstawy (rys. 294) w kopalniach węgla, w tym głównie w wyrobiskach wybierkowych. W Polsce pierwsze konstrukcje zaczęto produkować w 1946 r.



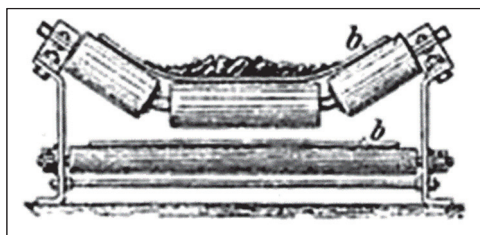
Rys. 294. Przenośnik zgrzeblowy dwułańcuchowy – przesyp – lata 60. XX wieku [112]

Przenośniki taśmowe („transport za pomocą pasa bez końca”) mają bogatą historię. Archeolodzy twierdzą, że już w czasach faraonów do przemieszczania świeżo uformowanej cegły używano tkanej taśmy przesuwanej ręcznie po gładkim pomoście. Była to „taśma bez końca”. Niektórzy podają [199], że w 1860 r. przenośnik taśmowy stosowano w kopalni złota na Syberii Wschodniej. W 1868 r. Anglik Lyster ogłosił w Stowarzyszeniu Brytyjskich Inżynierów pracę o „taśmie bez końca”, wykonanej z płótna żaglowego pokrytego warstwą gumy. W jego propozycji konstrukcja rolek (**krażniki**), po których poruszała się taśma, była drewniana. Pod koniec XIX wieku Amerykanin Thomas Robins również prowadził prace nad konstrukcjami przenośników, które stosowano w zakładach na powierzchni. Pierwsze miały silnik parowy.

W kopalni (jak wspomniałem) konstrukcja ta została zastosowana po raz pierwszy w Anglii w 1905 r.



Rys. 295. Schemat taśmociągu z początku XX wieku [160]



Rys. 296. Konstrukcja krażnika taśmy [160]

Konstrukcja przenośnika (rys. 295 i 296) składała się z napędu, z silnikiem pneumatycznym (z czasem elektrycznym), oraz stacji zwrotnej, taśmy wykonanej z plecionych drutów, tkaniny lnianej, konopnej albo też jutowej – smołowanej,

konstrukcji trasy z rolkami. „Kozły” (krażniki) składały się w części górnej (pod taśmą transportującą) z trzech rolek, w dolnej (dla taśmy powrotnej) z jednej. Były one ze sobą łączone prętami metalowymi. Taśma była „na zakładkę” na długości 1 m. Szerokość przenośnika wynosiła 0,5 m. Prędkość taśmy osiągała do 40 m/min, maksymalna długość transportu – 100 m. Ograniczeniem stosowania było nachylenie wyrobiska do 12°.

Po wprowadzeniu taśm gumowych i układu kilku silników elektrycznych zdominowały one odstawę w oddziałach (rys. 297), a nawet był taki okres, kiedy projektowano w kopalniach poziomy z dostawą urobku do szybu przenośnikami taśmowymi. Zdominowały również górnictwo odkrywkowe węgla brunatnego.

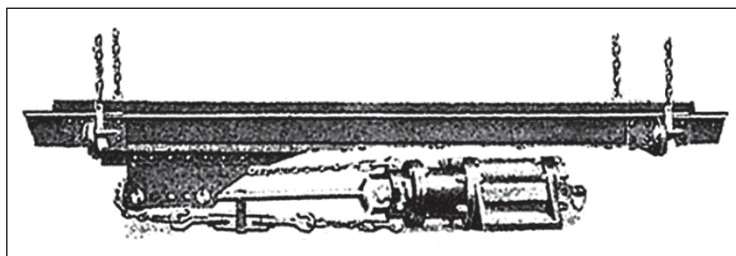


Rys. 297. Przenośnik taśmowy – lata 70. XX wieku

Kolejnym wynalazkiem z początku XX w. były **rynny wstrząsane** („żłoby ruchome”). Ich twórcą był Roman Rieger³⁷. Zasada działania polegała na tym,

³⁷ **Roman Rieger**, urodził się w 1870 r. we Lwowie. Studiował w Akademii Górniczej w Leoben, gdzie w 1895 r. uzyskał stopień inżyniera górniczego i hutniczego. Pracował w przemyśle, a od 1926 r. wykładał w Akademii Górniczej przedmiot „organizacja przedsiębiorstw przemysłowych”. W 1930 r. na Wydziale Górniczym Akademii Górniczej objął Katedrę Organizacji Przedsiębiorstw, którą kierował do 1933 r. W latach 1945–1947 kierował Katedrą Górnictwa Ogólnego. Wynalazł i opatentował urządzenie do transportu urobku – rynnę „potrząsalną”. W 1947 r. Akademia Górnicza nadała mu tytuł doktora honoris causa „za wynalazek rynien wstrząsowych, które odegrały ogromną rolę w górnictwie całego świata”. Zmarł w 1947 r. w Krakowie.

że zawieszone lub ustawione na kółkach rynny metalowe poddawane są ruchowi posuwisto-zwrotnemu, w kierunku „do przodu” wolniejszymu. Urobek znajdujący się na nich zostaje „podrzucony” nad cofającą się rynną. Skutkiem tego jest jego ruch do przodu. Źródłem ruchu był silnik powietrzny (rys. 298) lub elektryczny. Maksymalna długość zestawu rynien wynosiła do 100 m. Ich przekrój był łukowy lub trapezowy. Długość pojedynczych rynien wynosiła 3–4 m, szerokość 0,4–0,6 m, głębokość 0,3 m. Przenośniki te były dość popularne w polskich kopalniach do końca lat 60. XX wieku (rys. 299).



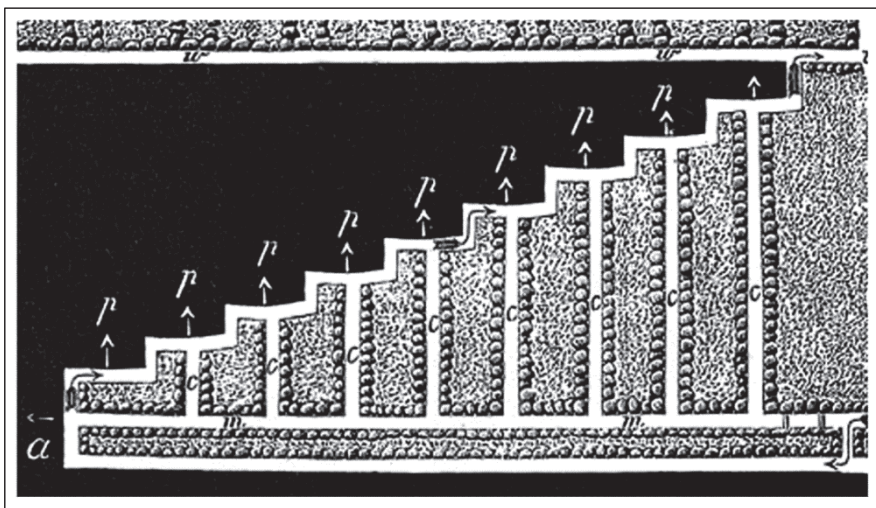
Rys. 298. Rynna wstrząsana – napęd – początek XX wieku [160]



Rys. 299. Rynna wstrząsana w przodku węglowym [27]

Wyrobyiska eksploatacyjne w kopalniach węgla

Za sprawą rozwoju mechanizacji koniec XIX wieku przyniósł rozwój systemów eksploatacji. Jednostką eksploatacyjną było pole lub (mniejszą) filar. Coraz częściej, zwłaszcza w pokładach cienkich zaczynały dominować systemy ubierkowe. W podręcznikach opisujących je bywają nazywane „ścianowymi”, co w świetle klasyfikacji systemów późniejszych jest nieprawidłowe [211]. Do czasu powszechniejszego wdrożenia w przodku mechanizacji na ogół występują w odmianie przekątnej – „schodowej” (rys. 300), choć występują również w odmianach „podłużnej” i „poprzecznej”. Pozwala ona na większą koncentrację wydobywania. W pokładach grubych nadal przeważają systemy zabierkowe (rys. 301) oraz cały szereg systemów opracowanych dla konkretnych warunków.



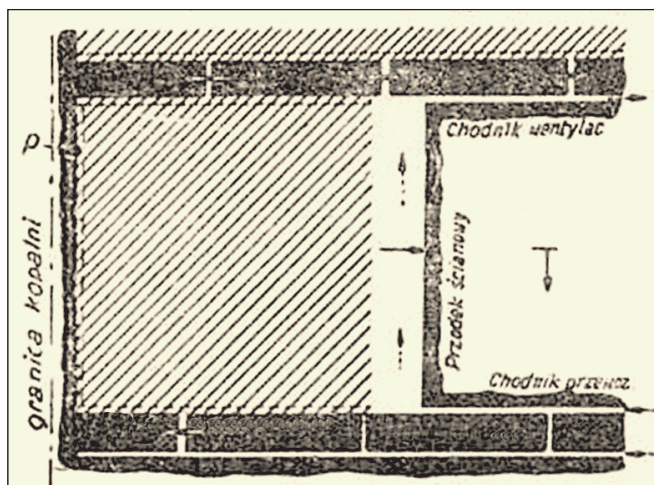
Rys. 300. System ubierkowy – przekątny, schodowy z podsadzką [160]

Jak wspomniałem, istotny wpływ na rozwój systemów miała mechanizacja. Przypomnijmy, że długość „nowych” środków odstawy – przenośników dochodziła do 100 m. Równocześnie były to urządzenia prostoliniowe. Dzięki temu pod koniec drugiego dziesięciolecia XX wieku długość wyrobisk ubierkowych

przekroczyła 50 m. Takie wyrobiska zostały nazwane **ścianami**, a grupa systemów eksploatacji **ubierkowymi ścianowymi** (rys. 302).



Rys. 301. Przodek zabierkowy – druga połowa XIX wieku [210]

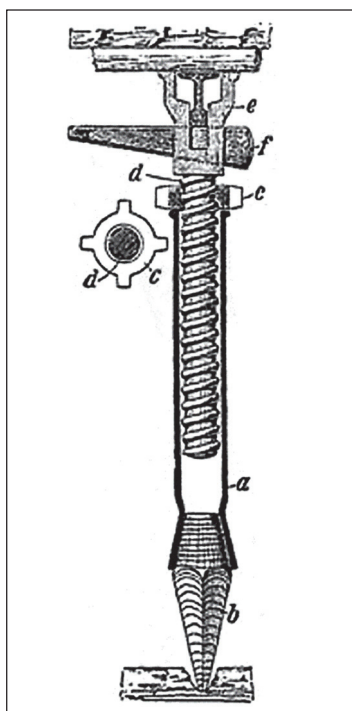


Rys. 302. System ścianowy podłużny z zawalaniem stropu [10]

Systemy te w Europie zdominowały górnictwo węglowe do czasów współczesnych. Ściana została zmechanizowana, zarówno jeśli chodzi o obudowy, jak i urabianie oraz odstawę. Z wyrobisk ścianowych obecnie w ciągu doby wydobywa się tyle węgla, ile w XIX wieku wydobywała cała kopalnia w ciągu paru miesięcy. Wszystko za sprawą mechanizacji i dzięki napędom elektrycznym oraz automatyzacji.

Rozwój obudów wyrobisk ścianowych

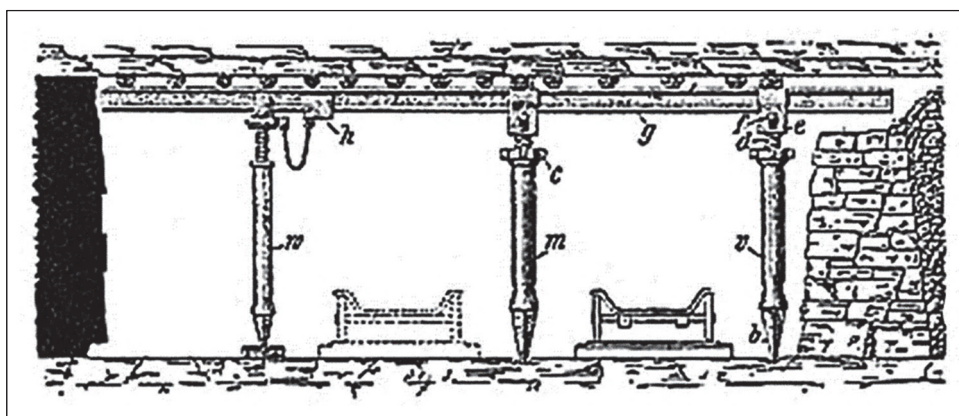
Pamiętamy, że najstarsze obudowy wykonywane były z drewna. Następnie do kopalń zaczęło wkraczać żelazo. Najpierw w postaci obudów pojawiło się w wyrobiskach korytarzowych, by pod koniec XIX wieku zaistnieć również w wyrobiskach eksploatacyjnych. Zaletą obudowy metalowej oprócz trwałości i wytrzymałości jest możliwość wielokrotnego użycia. By to mogło zaistnieć w przypadku stojaka, trzeba było wymyślić taką jego konstrukcję, która umożliwiałaby regulację wysokości. Jedną z pierwszych była opracowana dla warunków kopalń Westfalii obudowa Reinharda (rys. 303).



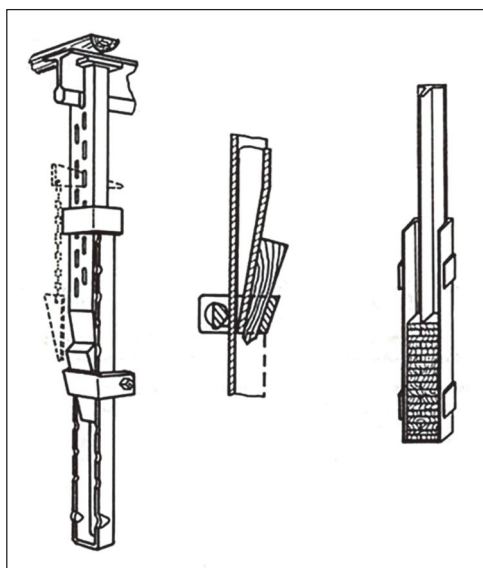
Rys. 303. Stojak metalowy obudowy Reinharda [160]

Zastosowanie połączenia śrubowego pomiędzy dwoma elementami stojaka umożliwiało regulację jego wysokości. Jako stropnice stosowano zużyte szyny. W taki sposób uzyskano obudowę, którą po demontażu można było przesunąć w ślad za postępującym przodkiem. Dobrze współpracowała ona ze środkiem odstawy – rynnami wstrząsanymi (rys. 304). Pewną niedogodnością było połączenie. Śruba w warunkach zapylenia wymagała ciągłej konserwacji.

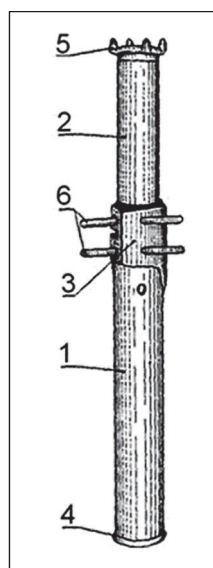
Z początkiem XX wieku zaczynają powstawać inne konstrukcje stojaków metalowych (rys. 305) pracujące na zasadzie dwóch elementów. Na podstawie doświadczeń stojaki o przekroju prostokątnym zostają zastąpione składającymi się ze „spodnika” (element dolny) i wchodzącego w niego „rdzennika” (połączonych „zamkiem”) stojakami o przekroju kołowym. Zamek nie tylko łączy oba elementy, ale, wykorzystując siłę tarcia (przez zabicie klinów), zapewnia podporność. Przykładem takiego rozwiązania jest jeden z najbardziej popularnych w polskich kopalniach węgla stojak typu Valent (rys. 306) [215].



Rys. 304. Zestaw obudowy metalowej z rynną wstrząsaną [160]

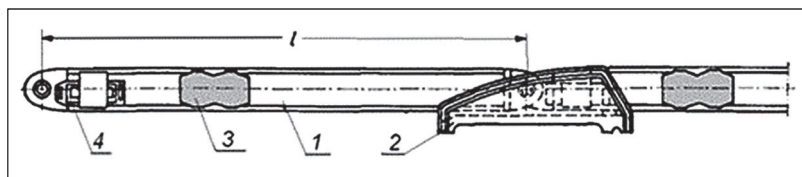


Rys. 305. Stojaki metalowe dwuelementowe – początek XX wieku [226]



Rys. 306. Stojak czarny typu Valent [216]:
1 – spodnik; 2 – rdzennik; 3 – zamek;
4 – stopa; 5 – głowica; 6 – kliny

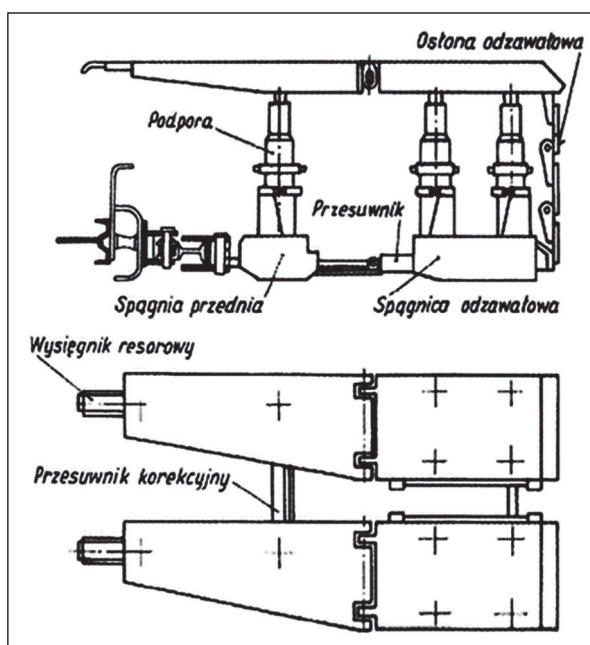
Stojaki metalowe współpracowały z metalowymi stropnicami. Najpopularniejszą była stropnica członowa (rys. 307).



Rys. 307. Stropnica członowa [216]: 1 – belka stropnicowa; 2 – strzemię;
3 – kostka, miejsce podparcia stojaka; 4 – zasuwka

Obudowa metalowa pracowała w ścianach zawałowych i w ścianach z podszkłą suchą (do jej rozwoju powróć). W ścianach z podszkłą hydrauliczną stosowano nadal obudowę drewnianą. Przyczyny były dwie. Po pierwsze, proces podszkowania realizowano co kilka zabiorów, a więc **otwarcie ściany** (czyli odległość od calizny do podszkły) to kilka metrów. Przestrzeń ta musiała mieć obudowę (która była podszkowana). Po drugie, wykorzystano elementy obudowy do konstrukcji tam podszkowych.

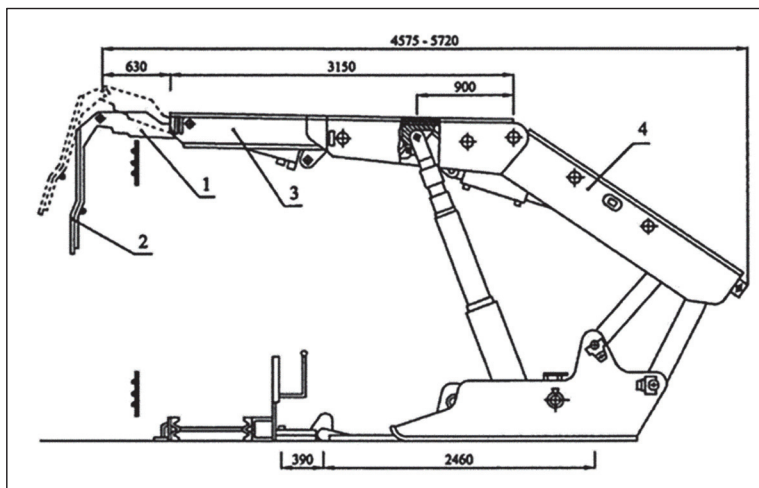
Kolejnym krokiem w rozwoju obudów górniczych było wykorzystanie hydrauliki siłowej. Ta dziedzina techniki powstała wprawdzie na początku XX wieku, jednak na zastosowanie w konstrukcji obudów trzeba było czekać ponad 50 lat. Na lata 50. XX wieku przypada bowiem okres konstruowania zupełnie nowych obudów. Konstruowano je w Anglii, Niemczech i ZSRR. Również Polska podjęła takie prace. Prototyp pojawił się w kopalni w 1961 r. (typ OSM-1). Obudowa składała się ze stropnic podpartych stojakami hydraulicznymi. Stojaki oparte były bezpośrednio na spągu wyrobiska, na małych podstawach, indywidualnych w przypadku każdego stojaka. Stojaki wraz ze stropnicą lub stropnicami stanowiły komplet nazwany sekcją. Tego typu konstrukcja stwarzała jednak problemy przy przestawianiu, gdyż jeśli nie została rozparta, to nie była stabilna. Z czasem zaczęto więc stosować wspólne posadowienie stojaków w sekcji, na jednej lub dwóch spągnicach. To stabilizowało obudowę przy przesuwaniu (rys. 308).



Rys. 308. Polska obudowa zmechanizowana kasztowa – Krab – lata 70. XX wieku [224]

W latach 70. XX wieku rozpoczęto w kraju produkcję sekcji obudowy podporowo-osłonowej, której cechą charakterystyczną była solidna osłona od-

zawałowa, chroniąca wnętrze sekcji przed przedostaniem się skał zawałowych (rys. 309).



Rys. 309. Polska obudowa osłonowa FAZOS [161]

Od końca lat 70. ubiegłego wieku nastąpił burzliwy rozwój konstrukcji takich obudów. Pod koniec XX wieku obudowy stały się jednym z elementów **kompleksów ścianowych** (rys. 310).



Rys. 310. Obudowa zmechanizowana i przenośnik

Drugim są przenośniki zgrzeblowe, z którymi obudowa jest połączona siłownikiem hydraulicznym, dzięki czemu może być realizowany proces przesuwania kompleksu. Są to przenośniki działające na zasadzie opisanej poprzednio, jednak o zupełnie innych parametrach, wytrzymałości itp. Na podsumowanie przyjdzie czas, gdy omówię rozwój trzeciego elementu kompleksu, czyli...

...maszyny do urabiania w wyrobisku ścianowym.

Zaczęto, podobnie jak w chodnikach, zabierkach czy ubierkach właściwych – od wrębiarek. Stosowano te same maszyny, a więc żerdziowe i łańcuchowe. W celu uzyskania lepszego efektu wprowadzono wrębiarki dwuwrębnikowe (rys. 311).

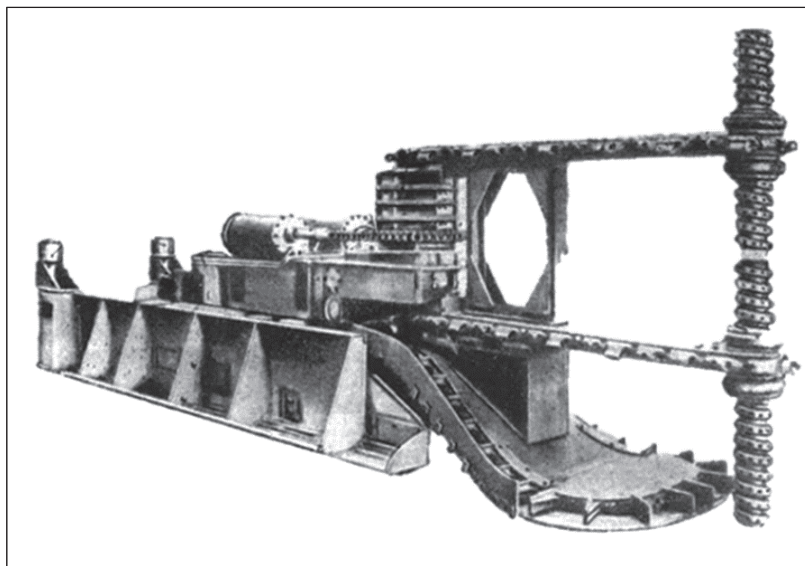


Rys. 311. Wrębiarka dwuwrębnikowa

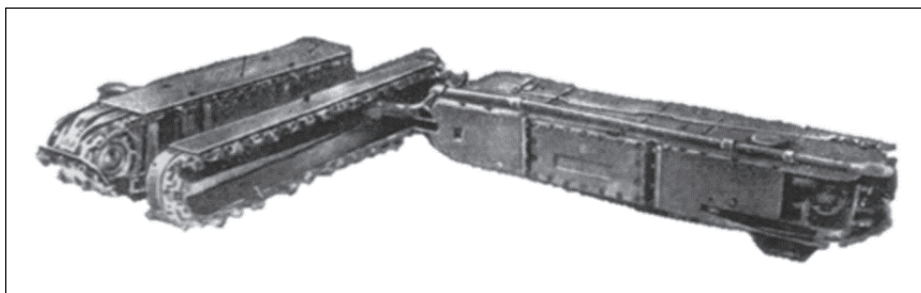
Pierwsze **kombajny ścianowe** pojawiły się w kopalniach angielskich (1932 r.). Był to kombajn **wycinający** skonstruowany na bazie wrębiarki łańcuchowej (dwuwrębnikowej) z żerdziami lub tarczą kruszącą. Wycinał pas węgla o szerokości 1,6 m. Kolejne konstrukcje to również przekonstruowane wrębiarki, na

przykład połączenie ze sobą dwóch i dodanie ładowarki. Maszyny ciągnięte były wzdłuż ściany liną za pomocą kołowrotu [27].

Niemiecka firma Eichhoff w 1938 r. opracowała kombajn również oparty na konstrukcji wrębiarki z dobudowanym organem żerdziowym (rys. 312). Wykorzystywany był w kopalni Bobrek jeszcze po wojnie [27].



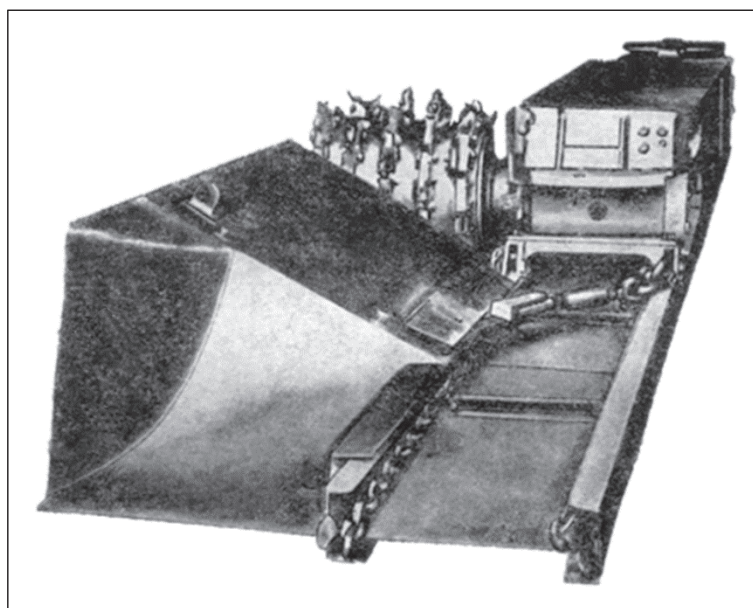
Rys. 312. Kombajn ścianowy firmy Eikhoff [27]



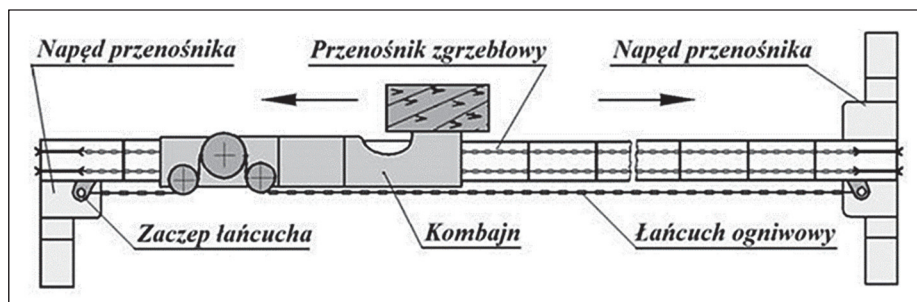
Rys. 313. Kombajn ścianowy Gorniak 1 [27]

W latach 40. XX wieku prace nad zaprojektowaniem kombajnów ścianowych prowadzono również w ZSRR. Jedną z pierwszych konstrukcji, sprowadzoną do Polski, był kombajn typu Donbas (rys. 313). Na podstawie doświadczeń

z maszynami tej serii Polska zaczęła konstruować własne (seria KW). Wadą kombajnów wycinających była ograniczona wysokość urabiania. Było to uciążliwe, szczególnie przy wybieraniu pokładów o większej grubości. Stąd w latach 60–70. XX wieku kombajny wycinające były stopniowo wypierane przez kombajny **bębnowe**. Prace nad nimi rozpoczęto w latach 40. XX wieku w Wielkiej Brytanii. Wycinanie zastąpił bęben z nożami, który obracając się, skrawał i kruszył caliznę. Jedną z pierwszych konstrukcji był kombajn produkcji angielskiej (Anderson) opracowany w drugiej połowie lat 50. ubiegłego wieku (rys. 314).



Rys. 314. Kombajn ścianowy Anderson [27]



Rys. 315. Schemat układu kombajn ścianowy–przenośnik

Kombajny bębnowe przemieszczały się po przenośniku zgrzeblowym. Najpierw, podobnie jak poprzednie maszyny, ciągnięte były kołowrotem – liną. Kolejnym krokiem było zamontowanie napędu w korpusie maszyny, a po pewnym czasie linę zastąpiono łańcuchem rozciągniętym wzdłuż ściany (rys. 315). Kombajn, niejako zaczepiając się o niego, powodował przemieszczanie się maszyny. Kolejnym krokiem było „przytwierdzenie” łańcucha do przenośnika (tak zwane napędy „eikotrack” i „poltrack”).



Rys. 316. KWB-3 [81]

Pierwsze kombajny bębnowe miały organ urabiający w kształcie walca („bębna” – stąd nazwa). Ciągnęły za sobą ładowarkę (rys. 316). Kiedy zmieniono kształt organu urabiającego (ślimak; druga połowa lat 60. ubiegłego wieku), można było zrezygnować z ładowarki. Organ urabiający równocześnie pełnił tę funkcję. Niezaładowany urobek dostawał się na przenośnik poprzez kliny ładujące, domontowane od strony calizny do przenośnika, w trakcie jego przesuwania pod ocios. Pierwsze kombajny po dojeździe do końca ściany musiały mieć wykonaną „wnękę”, aby pomieścić organ urabiający. Zlikwidowano ten mankament, kiedy wprowadzono dwa organy urabiające, a napęd (czy stację zwrotną) przenośnika umieszczono w chodniku. Problem urabiania na całą grubość pokładu rozwiązano dopiero wtedy, kiedy organ urabiający (z czasem dwa) umieszczono

na wahliwym ramieniu. Gdy pojawiły się dwa ramiona, kombajny stały się uniwersalne.

Dalszy rozwój ścianowych kombajnów bębnowych przebiegał w nurcie zmian mechanizacji górnictwa. Podwyższano napięcie zasilania, zwiększano moc silników organów urabiających, automatyzowano sterowanie. Maszyny urabiają zabiór 0,8 m (1,0 m), przystosowane są do pracy w pokładach grubych (~5,5 m), prędkość robocza sięga 10 m/min, a masa dochodzi do 60 Mg. Kombajny, obudowy zmechanizowane i przenośniki tworzą współczesne kompleksy ścienne (rys. 317).

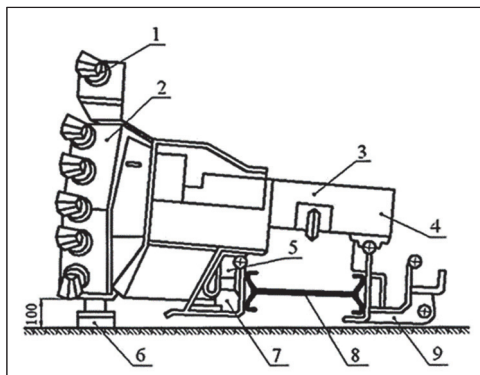


Rys. 317. Kompleks ściany produkcji firmy JOY
(materiały reklamowe firmy JOY)

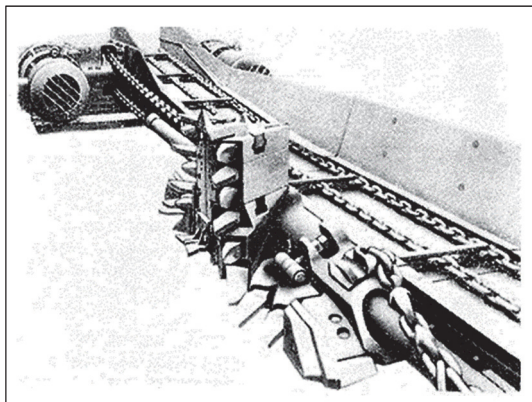
Strugi węglowe

Strugi węglowe jako pewne rozwiązanie alternatywne dla kombajnów ścianowych zaczęto konstruować w latach 40. ubiegłego wieku. Poprzedziły je **tarany węglowe**, czyli maszyna składająca się z korpusu w kształcie półksiężyca, ważącego kilkaset kilogramów, ciągniętego wzdłuż ściany dwoma napędami zamocowanymi na końcu ściany. Uderzając o ocios, odłupywała węgiel. Prowadzono z nimi próby w ścianach nachylonych, w których urobek sam się staczał. Rozwinięciem ich konstrukcji stały się strugi. Zasadnicze elementy konstrukcyjne struga przedstawiono na schemacie (rys. 318). Jest on ciągnięty łańcuchem po przenośniku zgrzeblowym (napęd w chodniku połączony z konstrukcją przenośnika zgrzeblowego) i skrawa warstwę węgla o zabiorze kilku, kilkunastu

centymetrów. Pracuje w dwie strony, co w porównaniu z pierwszymi kombajnami urabiającymi jednostronnie było postępem. Jego przewagą nad kombajnami jest także uzyskiwanie urobku grubego. Niestety nie nadaje się do urabiania węgla zwęzłych.



Rys. 318. Schemat struga węglowego: 1 – nóż; 2 – głowica urabiająca; 3 – zaczep prowadzący; 4 – korekcja położenia w poziomie; 5 – prowadzenie łańcucha; 6 – płoza; 7 – zaczep łańcucha; 8 – przenośnik zgrzeblowy; 9 – zastawka



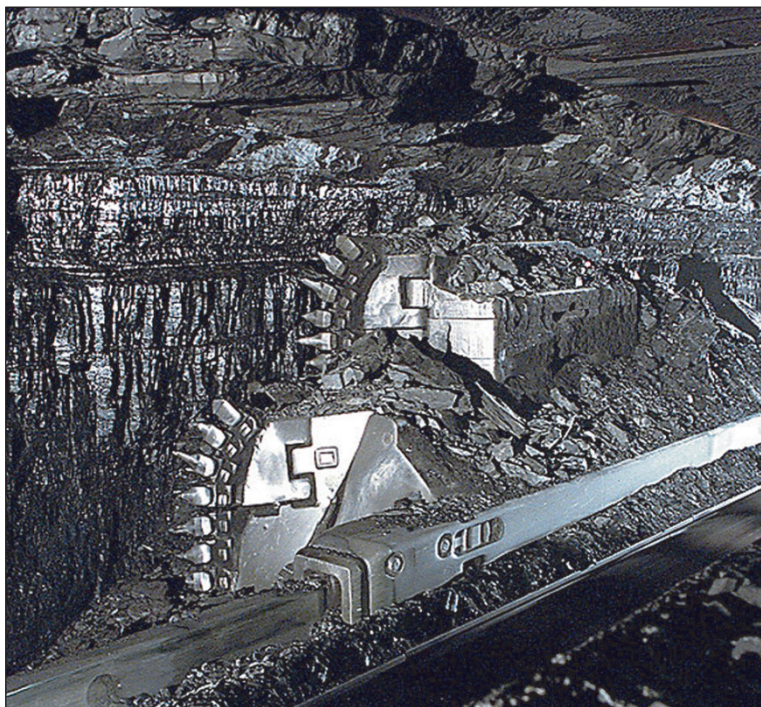
Rys. 319. Strug SWS [216]

Pierwsze konstrukcje strugów powstały w Niemczech. W polskich kopalniach na początku lat 60. XX wieku pracowały maszyny firmy Loebbe. Zastąpiły je konstrukcje polskie z serii SWS (rys. 319) produkcji RYFAMY. Rozwijając konstrukcję strugów, stosuje się ich różne prowadzenia – ślizgowe, ślizgowo-ramowe

i mieczowe. Zmiany w konstrukcji struga węglowego ilustrują rysunki 320 i 321. Tak jak konstruowane są kompleksy ścianowe z maszyną urabiającą kombajnem, tak pracują kompleksy ścianowe strugowe.



Rys. 320. Strug węglowy firmy Caterpillar [133]



Rys. 321. Praca w ścianie struga węglowego firmy Caterpillar [133]

Nowe technologie w wypełnianiu zrobów

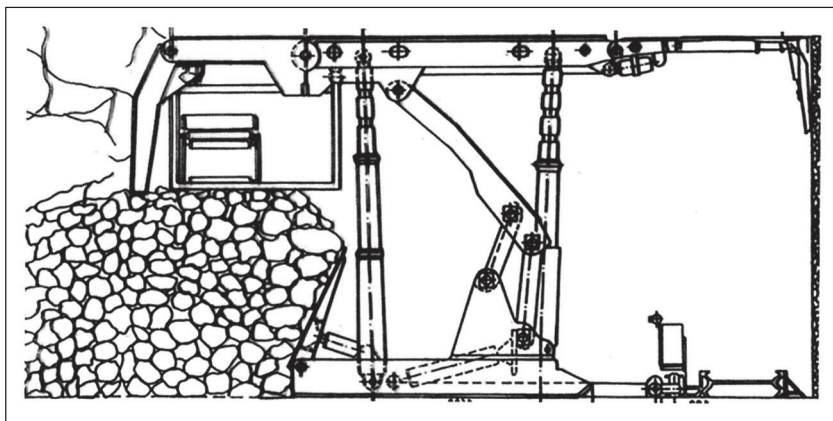
Podsadzka hydrauliczna wymyślona pod koniec XIX wieku była stosowana tam, gdzie kopalny materiał podsadzkowy (piasek) znajdował się w pobliżu kopalń. W zagłębiach, w których nie było takich warunków, rozwijano podsadzki suche. Jako materiał podsadzkowy wykorzystywano skałę płoną, kierowaną do miejsca podsadzania bezpośrednio z robót kamiennych (**zamknięty obieg kamienia**), bądź zwożono materiał z powierzchni (na ogół jako odpad z wzbogacania urobku). Do jej transportu i wprowadzania do zrobów nadal używano wozów (rys. 207). Kiedy pod ziemią pojawiły się kołowroty, do tego celu zaczęto używać zgarniaków [230]. Wprowadzenie pod ziemię **maszyn samojezdnych**³⁸ z silnikami najpierw powietrznymi, a potem spalinowymi umożliwiło wykorzystanie ich również do transportu materiału podsadzkowego [147]. Istotnie przyspieszyło to proces podsadzania, gdyż wozy (z napędem na sprężone powietrze) miały ładowność 2–3 Mg, a z silnikiem spalinowym do 20 Mg. Technologie tę stosowano w kopalniach włoskich, niemieckich i austriackich. Również w Polsce stosowano ją sporadycznie (np. kopalnia rud cynku i ołowiu Trzebionka – lata 70. XX wieku) [20]. Do transportu wykorzystywano również kolejki podwieszane (w RPA).

Oryginalne rozwiązanie w systemie ścianowym zastosowano w latach 80. XX wieku w ścianie polskiej kopalni węgla Ziemowit (rys. 322). Do transportu wykorzystano przenośnik taśmowy współpracujący z podporową obudową zmechanizowaną [190].

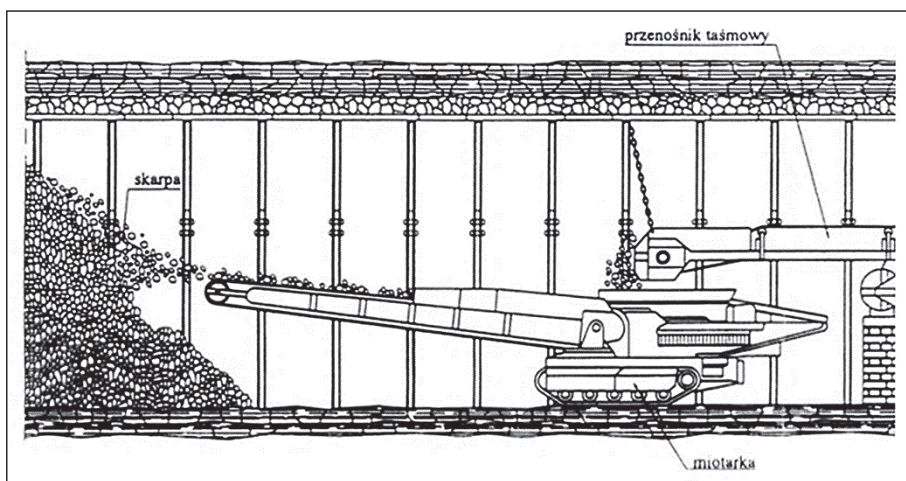
W latach 20. XX wieku w kopalniach niemieckich wprowadzono **podszadzkę miotaną**. Materiał był wrzucany do zrobów siłą odśrodkową. Dostarczany do leja maszyny spadał na obracające się z dużą prędkością koło, skąd wykorzystując siłę odśrodkową, wpadał do zrobów. Zasięg rzutu dochodził do 20 m. Odmianą była maszyna, w której ziarno materiału nabierało prędkości, spadając na poruszającą się z prędkością ponad 10 m/s taśmę [234]. Podszadzarki te, ze względu na

³⁸ Ich omówienie znajdzie się w rozdziale dotyczącym rozwoju mechanizacji przy wybieraniu złóż rud.

duży zasięg rzutu i możliwość kierowania strumienia podsadzki w górę (do 9 m) stosowano powszechnie do wypełniania komór w kopalniach soli. Do konstrukcji tych wrócono w Polsce (rys. 323), kiedy w latach 90. prowadzono próby z wybieraniem węgla systemem chodnikowym – szerokim przodkiem [208].



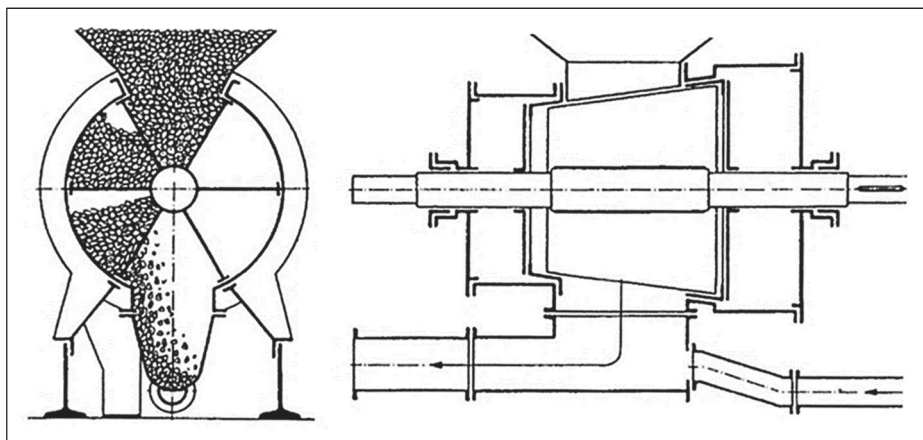
Rys. 322. Podsadzka sucha transportowana taśmociągami [190]



Rys. 323. Podsadzarka do podsadzki miotanej taśmą [208]

Z podsadzek suchych powszechnie została zastosowana **podsadzka pneumatyczna**. Jej początki związane są z wynalazkiem pneumotransportu (lata 30–50. XIX w.). Transport ziaren o wielkościach kilkudziesięciu milimetrów możliwy

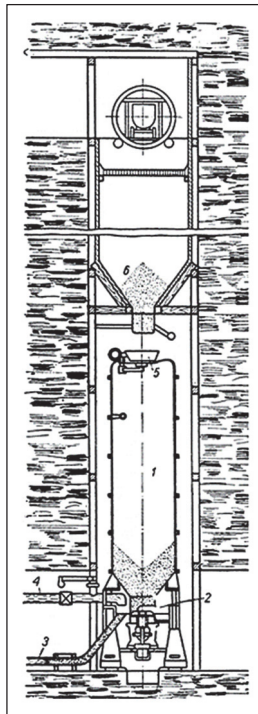
stał się dopiero w 1924 r. Wtedy to w saksońskiej kopalni Deutschland po raz pierwszy wypełniono zroby, transportując materiał podsadzkowy rurociągiem, którym płynęło powietrze [147]. Wykorzystano doświadczenia zdobyte w technologii torkretu, w którym też występuje pneumotransport, ale ziaren drobnych. W tym przypadku wystarczało ciśnienie 0,03 MPa. Dla podsadzki pneumatycznej ciśnienie powietrza musi wynosić 0,15 MPa. Istotą pomysłu było opracowanie maszyny, która by dozowała materiał podsadzkowy do rurociągu, czyli **podsa-
dzarki**. Działała ona na zasadzie przedstawionej na rysunku 324.



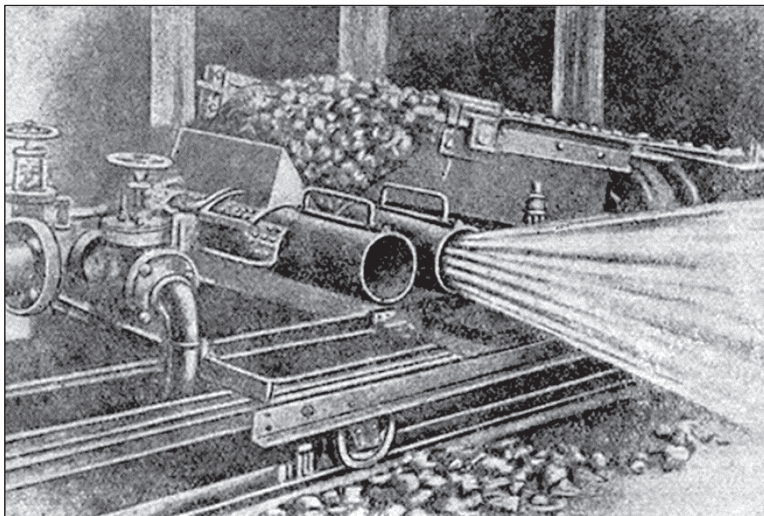
Rys. 324. Schemat działania podsadzarki [21]

Wydajność pierwszych maszyn (rys. 325) była niewielka ($30 \text{ m}^3/\text{godz.}$), zasięg transportu rurami o średnicy 150 mm – kilkaset metrów. Wymagała specjalnej konstrukcji stanowiska, gdyż komora (1) o pojemności 10 m^3 była zamykana hermetycznie. Na przetransportowanie 1 m^3 materiału potrzeba było 300 Nm^3 powietrza [234]. Od samego początku istotnym problemem było zużywanie się (wycieranie) rurociągów. Spowodowało to konieczność opracowania specjalnych ich konstrukcji, szczególnie kolan. Podobnie jak w armaturze podsadzki hydraulicznej i w tym przypadku pogrubiano ich ściany.

Podsadzarki konstruowano również w ZSRR. Przedstawiona na rysunku 326 maszyna z lat 40. XX wieku to wersja podsadzarki miotającej przy wykorzystaniu strumienia sprężonego powietrza [9].

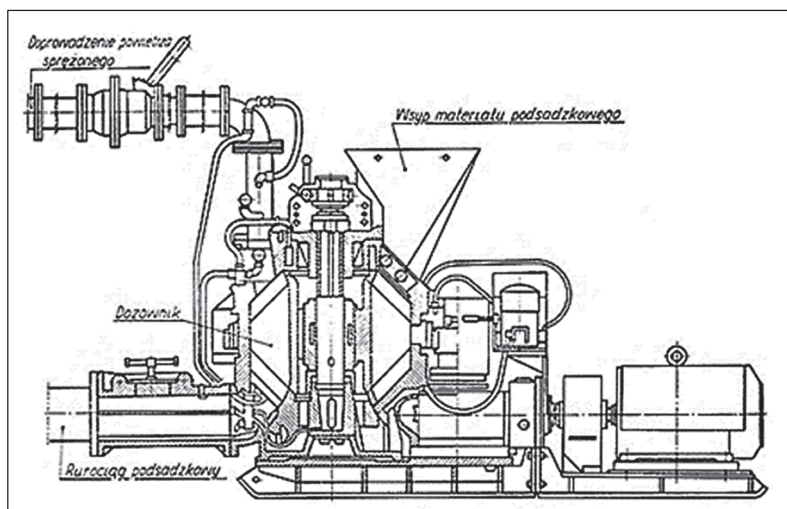


Rys. 325. Podsadzarka jednokomorowa systemu Torkret [162]:
 1 – komora; 2 – koło łopatkowe; 3 – rurociąg podsadzkowy;
 4 – rurociąg ze sprężonym powietrzem; 5 – kłapa; 6 – materiał podsadzkowy



Rys. 326. Podsadzarka miotająca produkcji ZSRR [9]

Współczesne podsadzarki (rys. 327) umożliwiają uzyskanie wydajności do 250 m³/godz., przy zużyciu powietrza 1000 Nm³/godz. i ciśnieniu 0,4 MPa. Umożliwiają transport na długości do 1 km.

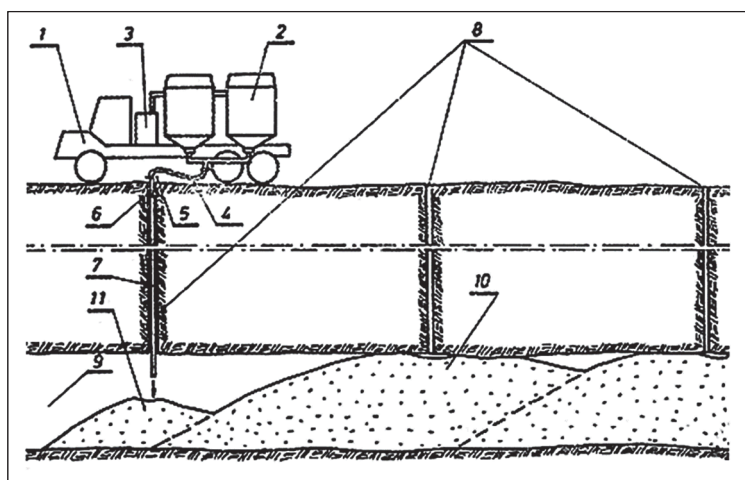


Rys. 327. Podsadzarka PPK-2 z wałem pionowym [216]

W latach 60. ubiegłego wieku, kiedy w USA pojawił się problem pożarów płytko zalegających zrobów po dawnej eksploatacji, opracowano technologię ich **pneumatycznego podsadzania popiołami lotnymi** (rys. 328) [183]. System ten w latach 70. i 80. minionego wieku był z powodzeniem stosowany w Polsce przy likwidacji płytkich pustek na terenie Górnego Śląska [190].

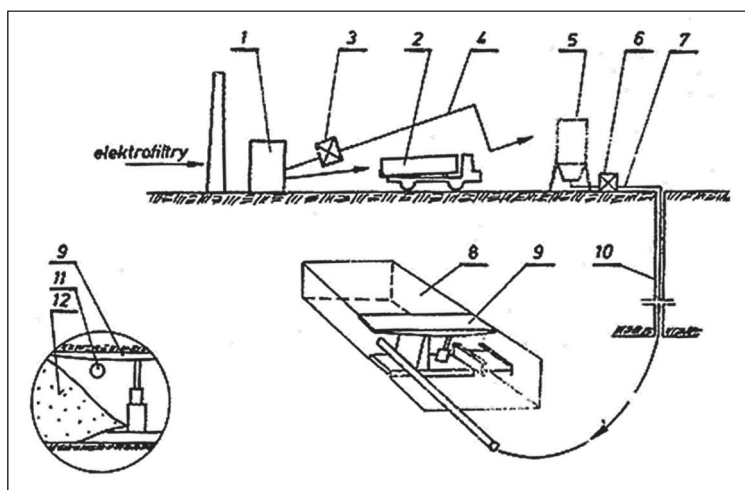
Ciekawą technologią z zakresu podsadzki pneumatycznej z popiołów lotnych było zastosowanie w polskiej kopalni Bolesław Śmiały rozwiązania polegającego na połączeniu rurociągiem, biegnącym po powierzchni i dalej przez otwór wiertniczy, zakładu górniczego z elektrownią dostarczającą popioły lotne (rys. 329) [190].

Kiedy przy eksploatacji węgla zastosowano pełną mechanizację, w systemach z zawalem stropu pojawił się problem zabezpieczenia chodnika, który w układzie wybierania piętra służy dwóm sąsiednim ścianom (rys. 330). Zachodzi wtedy konieczność jego zabezpieczenia przed deformacjami. Klasycznym rozwiązaniem było budowanie stosów wzdłuż ociosu wyrobiska, od strony zawalu. W przypadku mechanizacji wydobywania była to operacja spowalniająca postęp.



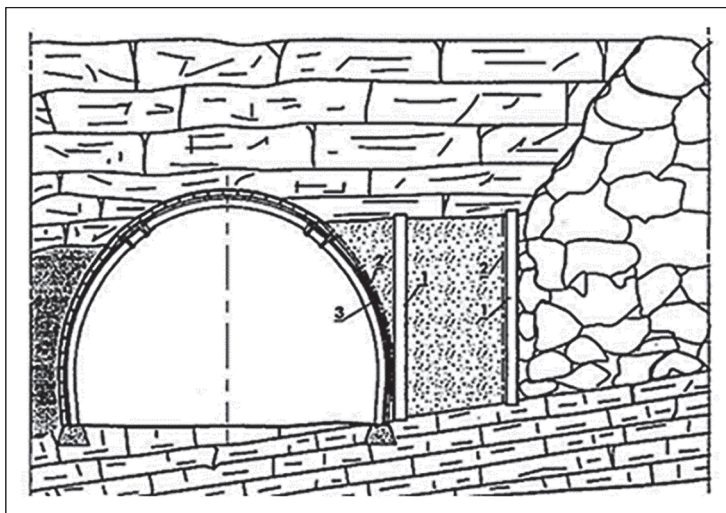
Rys. 328. Schemat pneumatycznego podsadzania popiołami lotnymi płytkich zrobów [190]:

- 1 – samochód przystosowany do przewozu pyłów z rozładunkiem pneumatycznym;
- 2 – zbiorniki; 3 – kompresor; 4 – wąż łączący samochód z głowicą zarzuwanego otworu wiertniczego; 5 – głowica; 6 – rura okładzinowa; 7 – rurociąg podsadzkowy;
- 8 – kolejne otwory wiertnicze; 9 – podsadzana pustka; 10 – masyw podsadzkowy



Rys. 329. Schemat pneumatycznego podsadzania popiołami lotnymi w kopalni Bolesław Śmiały [190]: 1 – zbiornik popiołu w elektrowni;

- 2 – samochód przystosowany do przewozu materiałów sypkich;
- 3 i 6 – pompy zbiornikowe popiołu; 4 – rurociąg; 5 – zbiornik pośredni;
- 7 – rurociąg podsadzkowy; 8 – odcinek podsadzanej ściany;
- 9 – obudowa zmechanizowana ściany; 10 – otwór podsadzkowy;
- 11 – wylot rurociągu; 12 – masyw podsadzkowy



Rys. 330. Ochronny, przychodnikowy pas anhydrytowy [190]:
 1 – stojaki drewniane; 2 – podsadzkowe płótno uszczelniające;
 3 – obudowa wyrobiska zawalowego

W Niemczech w latach 70. opracowano technologię **anhydrytowego pasa ochronnego**. Materiałem, z którego wykonywano pas, był szybkowiązący, mielony anhydryt. Do jego transportu do przestrzeni wygradzonej stojakami drewnianymi i płótnem podsadzkowym firma Brieden opracowała minipodsadzarke przystosowaną do dozowania materiałów pylistych. Technologia ta była wdrażana w kopalniach niemieckich. W Polsce również podjęto takie próby. Nie spowodowały one rozpowszechnienia technologii. W latach 80. firma POLCO opracowała rozwiązanie prostsze i bardziej uniwersalne (rys. 331), dozujące materiał do strumienia płynącego powietrza na zasadzie inżektora. Rozwiązanie znalazło zastosowanie w kilku kopalniach. Wykorzystuje się je również do budowy tam i koreków izolacyjnych oraz wypełniania pustek po obwałach skalnych i wykonania torkretu.



Rys. 331. Urządzenie transportujące POLCO [141]

Kolejną nową technologią wypełniania pustek podziemnych były **podszadzki utwardzane**. Podszadzki takie zostały po raz pierwszy zastosowane w kopalniach Witwatersrandu w RPA, w 1924 r. [21]. Jednak ich rozwój nastąpił dopiero w latach 50. XX wieku. Zastosowania związane były z eksploatacją kopalni cennych (złoto) lub przy wybieraniu pod ważnymi obiektami (zapora wodna w Finlandii). Istota rozwiązania polega na tym, że filary naturalne są zastępowane filarami wykonanymi z podszadzki, której wytrzymałość jest porównywalna ze skałami rodzimymi. Wytrzymałość masywu podszadzkowego uzyskuje się, tworząc mieszaninę podszadzkową z udziałem materiałów wiążących, głównie cementu [225]. Technologie podszadzki utwardzanej rozwinęły się wielokierunkowo. Po pierwsze, mieszaninę wiążącą sporządzano albo na powierzchni, albo materiały transportowano oddzielnie i łączono przed wprowadzeniem do zrobów. Po drugie, stosowano różne materiały wiążące (cementy, mielone żużle, anhydryt itp.). Coraz powszechniej jako wypełniacze w mieszaninie podszadzkowej używane są odpady, głównie wydobywcze. Również w Polsce w latach 50. prowadzono badania nad tymi podszadzkami. Nigdy nie wyszły poza stadium prób technicznych [185].

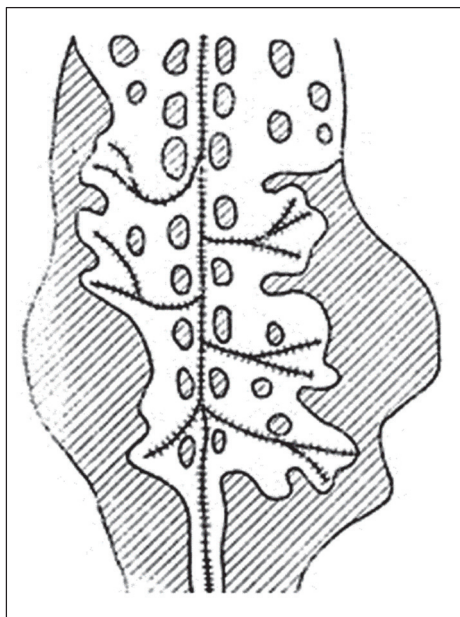
Istotne rozwiązania ze względu na bezpieczeństwo pracy wniosły badania prowadzone przez górników i energetyków na początku lat 80. w AGH [190]. Dotyczyły najpierw opracowania technologii składowania popiołów lotnych w pustkach podziemnych. Kiedy technologia została opracowana i w 1983 r. wdrożona w kopalni „Generał Zawadzki”, okazało się, że będzie odgrywać ważną rolę w izolacji i uszczelnianiu pustek podziemnych. Jej istota polega na wytworzeniu w procesie mieszania **zawiesiny popiołowo-wodnej** (nazywanej w literaturze niekiedy suspensją), która jest cieczą nienewtonowską, przechodzącą po kilkudziesięciu, kilkuset godzinach w ciało plastyczne, a następnie kruche. Stężała zawiesina charakteryzuje się praktyczną nieprzepuszczalnością dla wody i gazów. Górnictwo polskie ma ogromny wkład w rozwiązania dotyczące przemysłowych układów do sporządzania zawiesin. Walory stosowania tej technologii w prawie czterdziestoletnim okresie wykazały, że nadaje się ona do zmniejszenia wpływu eksploatacji na powierzchnię, jest przydatna w profilaktyce i gaszeniu pożarów podziemnych, zmniejszeniu zagrożenia metanowego i zwiększeniu odzysku metanu ze zrobów, a także scalaniu gruzowiska zawałowego w celu utworzenia sztucznego stropu. Można do niej dodawać inne odpady przemysłowe, co pozwala na ich unieszkodliwianie. W szczytowych okresach stosowania rocznie pod ziemię wprowadzano kilka tysięcy megagramów popiołów. Technologię tę wdrożyły górnictwa innych krajów.

Kończąc uwagi o rozwoju technologii podsadzania, wypada stwierdzić, że w XX wieku odegrała ona znaczącą rolę w wybieraniu złóż grubych oraz złóż pozostawionych w filarach pod obiektami. Wystarczy wspomnieć, że w górnictwie węglowym w Polsce, w latach 60., ponad połowa wydobywania realizowana była z podsadzką hydrauliczną. Podsadzka pneumatyczna odgrywała istotną rolę w górnictwie węglowym Niemiec i Czechosłowacji. Dziś, ze względu na koszty i względy ochrony środowiska (ogromne tereny zdewastowane eksploatacją odkrywkową piasku podsadzkowego), technologie te są w zaniku. Ostatnia ściana w polskiej kopalni węgla z podsadzką hydrauliczną została zamknięta z końcem 2018 r. Nadal jednak podsadzki odgrywają istotną rolę przy wybieraniu złóż rud.

XX wiek w górnictwie rud i surowców chemicznych

Z górnictwem rud rozstaliśmy się w czasach, kiedy postęp w technice górniczej przede wszystkim odbywał się w kopalniach węgla (czas wdrażania pary i elektryczności). Jest oczywiste, że nowości stosowane w kopalniach węgla, a dotyczące problemów wspólnych (specjalne metody głębienia szybów, napędy parowe, a potem elektryczne maszyn wyciągowych, energia sprężonego powietrza pod ziemią, wdrożenie dynamitu i inne), wchodziły również do kopalń rud. Nie wprowadzano (lub też robiono to z dużym opóźnieniem) rozwiązań nienadających się do stosowania w skałach twardych (wiertarki ręczne do wykonywania otworów strzałowych, wrębiarki, kombajny itp.). Nie stosowano również tych, których ze względu na zwietłość skał nie było potrzeby stosować (np. obudowy łukowe wyrobisk korytarzowych). Odmiennie przebiegał rozwój systemów eksploatacji. Wynikało to z tego, że węgiel występuje w pokładach, a taka forma złożowa w przypadku rud jest rzadkością. Z kolei znacznie większa zwietłość skał rudnych umożliwiała wprowadzanie takich systemów, jakich w przypadku wydobywania węgla kamiennego nie można było zastosować.

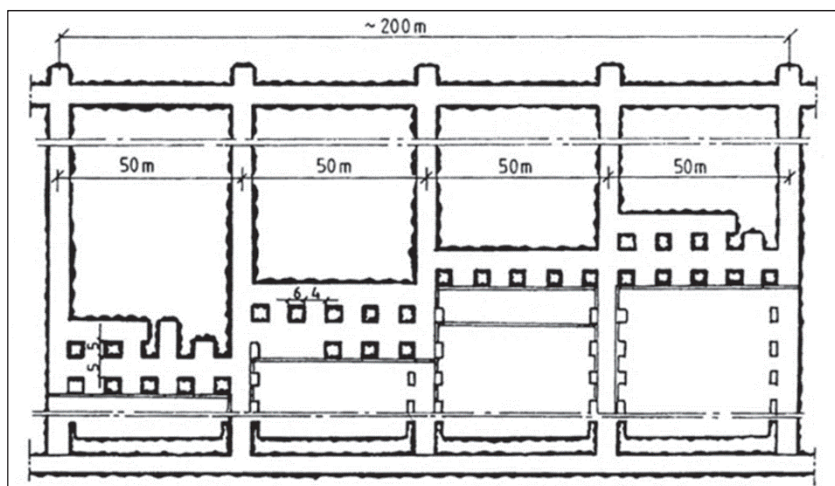
W górnictwie surowców chemicznych (sól kamienna, siarka) rozwój przebiegał jeszcze inaczej.



Rys. 332. System komorowo-filarowy z nieregularnie usytuowanymi filarami [9]

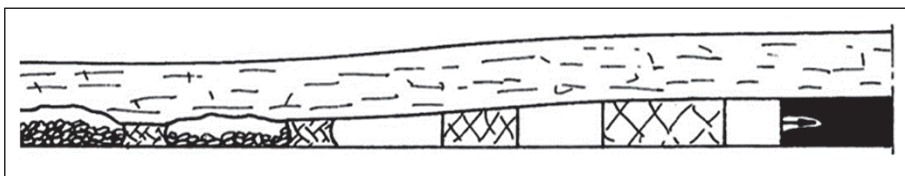
Zacznijmy od systemów wybierania złóż rud, przypominając, że wypracowana jeszcze w neolicie zasada „natrafiając na złożę, powiększam wymiary wyrobiska” obowiązywała nadal. Stąd rozwój systemów głównie z grupy komorowych. Odmianą ich wersję przyjęto w przypadku złóż cienkich i średniej grubości (5–6 m), a inną w przypadku złóż grubych. Systemy dotyczące złóż cienkich i średniej grubości wychodzą od systemu komorowo-filarowego z nieregularnym rozmieszczeniem filarów (rys. 332). Stosowano je jeszcze na początku XX wieku [9]. W połowie XX wieku, kiedy mechanizacja robót odnotowała ogromny postęp (o czym nieco dalej), system ten nabrał formy regularnej (rys. 333), a w drugiej połowie XX wieku występował już w kil-

kudziesięciu odmianach [205]. Były wśród nich systemy z zawalem stropu, z podszadką hydrauliczną, podszadką suchą.

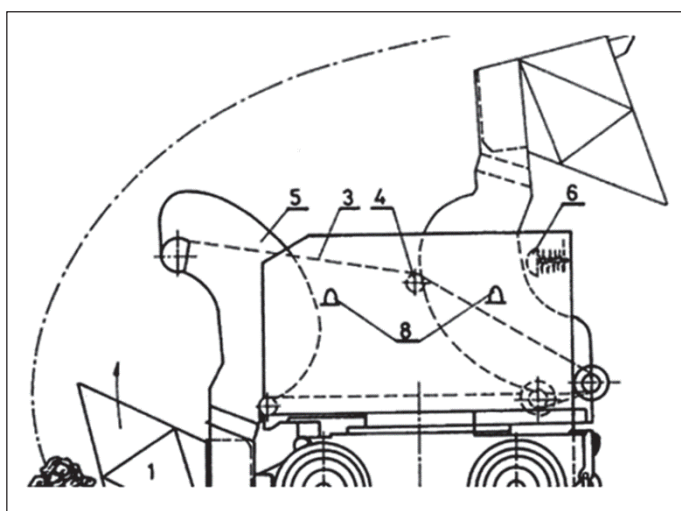


Rys. 333. System komorowo-filarowy [205]

Pod koniec XX wieku w polskim górnictwie miedziowym przewagę zdobyły systemy komorowo-filarowe z **ugięciem stropu**. Ten nowy sposób likwidacji pustki poeksploatacyjnej polegał na stopniowym osiadaniu stropu na rozgniatanych filarach (rys. 334). Umożliwiał maksymalne uzyskanie surowca z **przybieranych** filarów. W przestrzeniach międzyfilarowych występuje również zawal. W systemach tych, jak wspomniano, stosuje się wyłącznie obudowę kotwioną. Urabianie odbywa się wyłącznie techniką strzelniczą. Mechanizację prac zapewniają wozy samojezdne.



Rys. 334. Schemat ugięcia stropu [205]

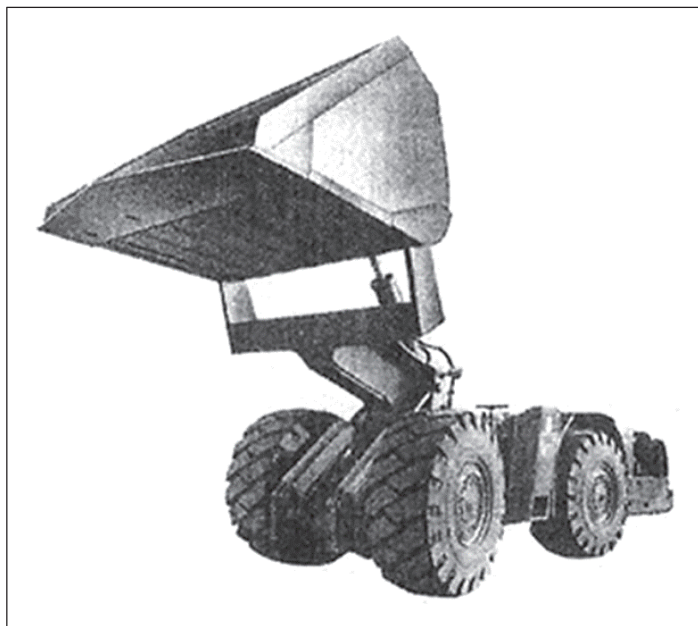


Rys. 335. Ładowarka zasięrzutna [205]:

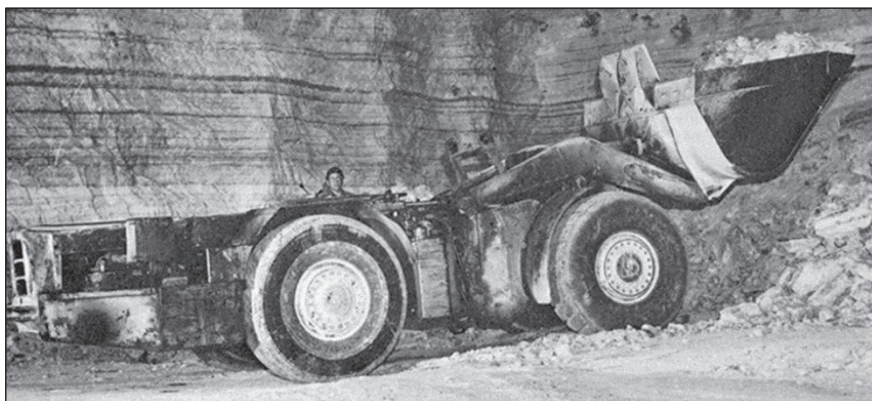
- 1 – czerpak; 2 i 6 – zderzaki; 3 – łańcuch; 4 – krążek odchylający łańcuch;
5 – kołyska; 7 – pomost dla operatora; 8 – dźwignie sterujące

Maszyny samojezdne to wyższy etap rozwoju ładowarek na podwoziu kołowym, poruszających się po szynach (rys. 335). Maszyny te, o napędzie na sprężone powietrze, wdrożone były w drugiej połowie XIX w. Kiedy w pracach

inżynierskich pojawiły się maszyny budowlane, wśród nich ładowarki łyżkowe, napędzane silnikami spalinowymi, opracowano konstrukcje przystosowane do pracy w podziemiach kopalń. W ten sposób w USA w latach 50. pojawiła się cała rodzina wozów samojezdnych. Jednymi z pierwszych były wozy **załadowcze** (rys. 336) i **załadowczo-odstawcze** o napędzie na dwa koła.



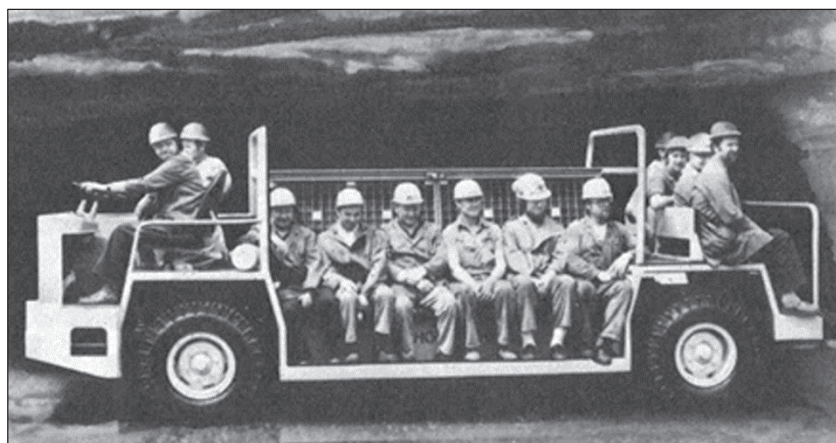
Rys. 336. Wóz załadowczy firmy Wagner (USA) [32]



Rys. 337. Wóz załadowczo-odstawczy firmy Eimco [32]

Pojemność łyżki takiego wozu nie przekraczała 2 m³. Na początku lat 70. pracowały już samojezdne wozy przegubowe, z których ważące 12 Mg wozy załadowczo-odstawcze transportowały 6 Mg urobku. Kilka lat później ładowność wozu wzrosła do 18 Mg (rys. 337). Produkowały je renomowane firmy, takie jak Atlas Copco, Wagber, Caterpillar, Joy, Tamrock [221].

Wozy samojezdne praktycznie przejęły transport oddziałowy, w tym załogi (rys. 338), a ich podwozia służyły do montażu wiertnic (**samojezdne wozy wiertnicze**), urządzeń do pneumatycznego ładowania otworów strzałowych sybkimi materiałami wybuchowymi (**samojezdne wozy strzelnicze**), zabudowy obudowy kotwiowej (**samojezdne wozy kotwiące**) oraz – co było zupełną nowością – **wozów do wyrównywania spągu**.



Rys. 338. Samojezdny wóz do transportu załogi (18 osób)
firmy Maschinenbau GmbH [133]

W Polsce pierwsze wozy samojezdne zaczęły pracować w kopalni miedzi Lubin w 1967 r. Były to maszyny amerykańskiej firmy JOY oraz jej oddziału francuskiego. Zakupiono następujące wozy: wiertnicze, do kotwienia (pierwsze zastosowanie obudowy kotwiowej jako samodzielnej), ładujące i odstawcze. Bazując na podwoziach maszyn budowlanych produkowanych przez firmę Fadroma we Wrocławiu, Zakład Badań i Doświadczeń KGHM (obecnie INOVA) podjął prace projektowe nad opracowaniem własnej konstrukcji. Dokupując we francuskiej Secomie podzespoły, wykonał prototyp wozu kotwiącego. Kolejnym prototypem opracowanym przez zakład, a wykonanym w Fadromie, był wóz ładujący ŁK-1

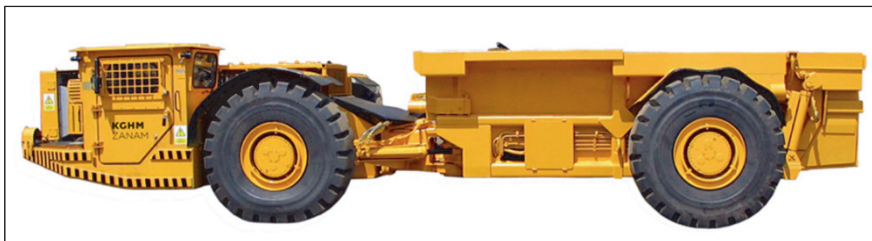
o ładowności 4 Mg. Po pomyślnych próbach rozpoczęto jego seryjną produkcję. Rok później opracowano prototyp wozu ŁK-2 o ładowności 8 Mg. Na jego podwoziu zakłady Legmet w 1972 r. rozpoczęły produkcję wozów wiercących i kotwiących, stając się głównym dostawcą tego typu maszyn dla kopalń miedzi [42].

Nieco później prace nad maszynami samojezdnymi podjęto w Kombinacie Bolesław w kopalniach rud cynku i ołowiu. Pierwszą, o nazwie „Osa”, była maszyna opracowana przez własny wydział badawczy, wspólnie z ZKMPW w Katowicach. Bazę konstrukcji stanowił wózek widłowy „Tarpan”, z silnikiem ciągnika „Ursus”. Był to wóz ładująco-odstawczy, którego próby prowadzono w 1970 r. W tym samym czasie z kopalń miedzi do kombinatu sprowadzono wóz ładujący ŁK-1. Po pomyślnych próbach w 1972 r. zakupiono kilkanaście maszyn z Legmetu oraz firmy EMICO (rys. 339) [177].

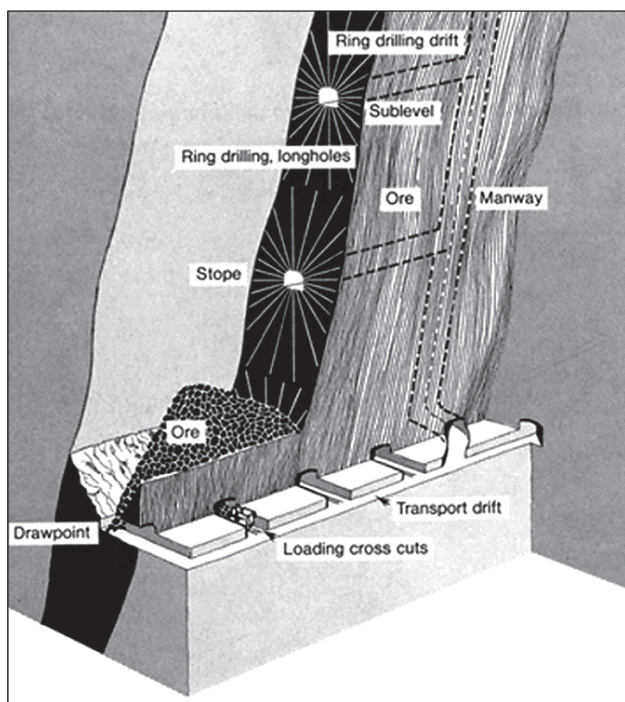


Rys. 339. Samojezdny wóz ładująco-odstawczy firmy EMICO [32]

Współczesne wozy samojezdne (rys. 340) to cała rodzina maszyn przystosowanych do pracy w zróżnicowanych warunkach. Ich silniki mają moc ponad 100 kW, ciężar do 30 Mg i prędkość jazdy do 20 km/godz.



Rys. 340. Wóz odstawczy – KGHM ZANAM



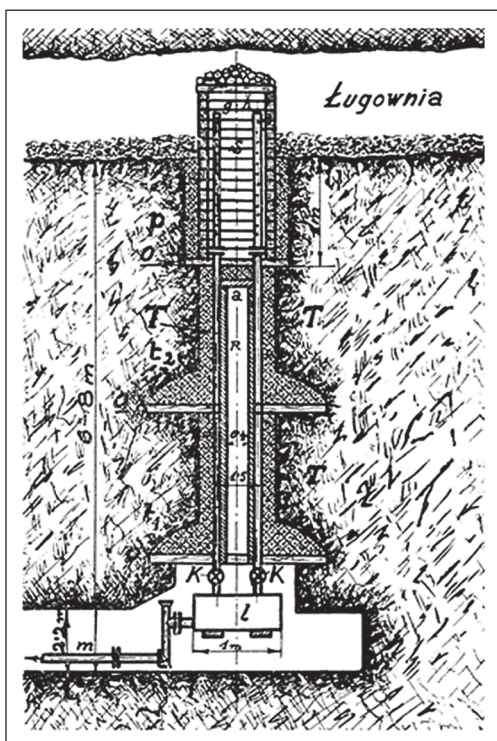
Rys. 341. System komorowy z niedostępnym przodkiem [4]

Przy wybieraniu złóż grubych pojawiły się systemy z niedostępnym przodkiem. Z niedostępnym, to znaczy, że w przodku nie pracują ludzie. Przebieg czynności technologicznych przedstawiono na rysunku 341.

Najpierw drąży się **chodniki podkomorowe**, z których **nadsiewłomem** (czyli urabiając w stropie) wykonuje się **leje zsypcze**. W tych robotach stosuje się technikę strzelniczą, a do odstawy urobku używa się zgarniaczy (skreperów). Następnie z **chodnika nadkomorowego** wierci się otwory strzałowe wachlarzowo w obrysie wykonywanej komory. Po ich załadowaniu są odpalane centralnie (ze znacznej odległości). Urobek, rozluźnując się, wsypuje się do lejów, a przez nie do chodnika podkomorowego, gdzie działa skreper. Po wypuszczeniu całości urobku operację wiercenia otworów z kolejnego, znajdującego się w wyższym piętrze, chodnika nadkomorowego powtarza się aż do osiągnięcia stropu złoża.

Opracowane w połowie XX wieku systemy z niedostępnym przodkiem prowadziły do szkód na powierzchni, łącznie z deformacjami nieciągłymi – zapadliskami. Stąd ich stosowanie było ograniczone. W Polsce były implementowane przy eksploatacji rud cynkowo-ołowianych w rejonie Olkusza. Obecnie

ze względu na owe skutki są stosowane coraz rzadziej. Nastąpił powrót do systemów zabierkowych, warstwowych z podsadzką. Wybiera się od dołu po spągu podsadzkowym utworzonym często z mieszaniny zawierającej odpady wydobywcze (głównie z procesu flotacji) z dodatkiem cementu.

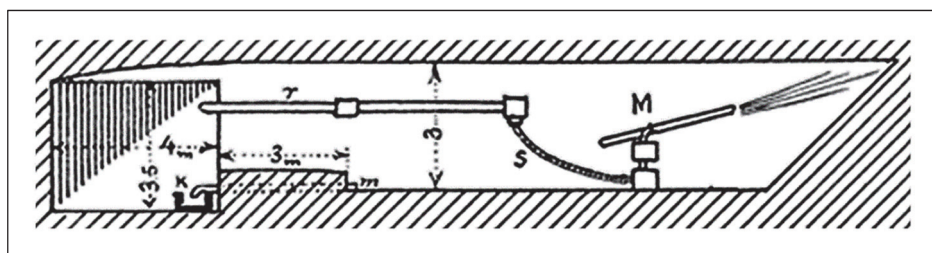


Rys. 342. Ługownia
ze spuszczeniem solanki
do wyrobiska leżącego poniżej [234]

Eksploatacja soli „na sucho” kontynuowana była metodami dziewiętnastowiecznymi. Stosowano systemy komorowe z urabianiem techniką strzelniczą i odstawą, w komorze zgarniakami, dalej wozami. Stopniowo, korzystając z doświadczeń górnictwa rudnego, wiertarki (do wiercenia otworów strzałowych) na ramach zastępowano wozami wiertniczymi, a skrepery – wozami ładująco-odstawczymi.

Rozwijano natomiast **metody ługownicze**. Przypomnijmy, że człowiek

pozyskiwał sól już w neolicie za sprawą naturalnych solanek i słonej wody morskiej. To skutkowało odkryciem procesu warzenia. Proces ten okazał się przydatny również wtedy, gdy do kopalni podziemnej, wpływała solanka spoza złoża. „Dosalając” ją i warząc, uzyskiwano produkt. Warzono również solankę celowo uzyskiwaną z oddziaływania wody na skały solne. Proces ten zapoczątkowany został w kopalniach alpejskich. Postępowano tak w przypadku skał zanieczyszczonych częściami ilastymi, które osadzały się na dnie ługowni (komory wypełniano wodą i opróżniano, kiedy uzyskała ona pełne nasycenie). Proces ten prowadzono dwoma sposobami: z czerpaniem solanki z warstwy górnej z ługowni lub spuszczeniem solanki do wyrobisk leżących poniżej ługowni rurą, której wlot był zabezpieczony filtrem (rys. 342). Techniki te w połowie XIX wieku zostały opracowane teoretycznie, tak że można było prognozować konieczny czas ługowania i spodziewane wymiary ługowni [234]. To drugie było istotne ze względu na zagrożenia deformacjami powierzchni. Do ługowania używano również nienasyconych solanek z dopływów do kopalni. Ze względu na stosunkowo małe wykorzystanie złoża na początku XX wieku zaniechano tej technologii. Ługowanie i warzenie stosowano również przy eksploatacji „na sucho” jako sposób na oczyszczenie produktu.



Rys. 343. Urabianie wodą calizny przodka w chodniku solnym [234]

Ługowanie stosowano również jako sposób urabiania skał solnych (rys. 343), natryskując caliznę wodą i odprowadzając solankę do zbiornika. Znajdowała się ona w obiegu zamkniętym i krążyła do czasu uzyskania pełnego nasycenia. Tym sposobem prowadzono również próby z urabianiem większej calizny („ściany solnej”). Na skutek mechanizacji techniki strzelniczej i tego sposobu zaniechano.

Warzono także solankę uzyskiwaną ze słonych źródeł (powrót do techniki neolitycznej) lub ze studni. Przed warzeniem należało ją zatężyć. Tak powstały

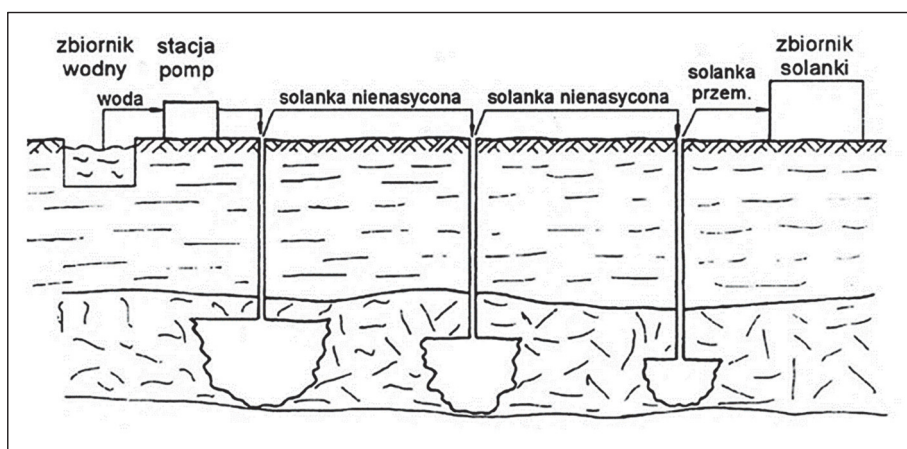
słynne **tężnie** (rys. 344). Nim jednak wybudowano je w Ciechocinku, zebrano doświadczenia. W wiekach XVII i XVIII na znajdujące się na powierzchni drewniane konstrukcje, pokryte gałązkami tarniny, w dni wietrzne i słoneczne wylewano szuflami solankę, która rozpryskiwała się na gałązkach i spływała do zbiornika pod tężnią. Proces ten wielokrotnie powtarzano, co pozwalało uzyskać większą gęstość solanki. Dzięki temu zabiegowi podczas warzenia zużywano mniej energii cieplnej potrzebnej do odparowania wody z solanki i krystalizacji soli. Tężnie ciechocińskie zostały zaprojektowane przez Jakuba Graffa – profesora Akademii Górniczej w Kielcach – i wybudowane w latach 1824–1859. Solanka tłoczona do nich pochodzi właśnie ze słonego źródła.



Rys. 344. Tężnie w Ciechocinku [52]

Obecnie najczęściej stosuje się ługowanie skał solnych, korzystając z otworu wiertniczego. Prawdopodobnie proces ten zastosowano pierwszy raz w 1881 r. w USA w stanie Michigan, w miejscowości Manistee. Charles Rietz rozpoczął produkcję sztucznej solanki przez otwory wiertnicze, wpompowując do otworów wodę. Wcześniej otworami wiertniczymi odbierano tam solanki naturalne spoza złoża [134]. Na ziemiach polskich metodę tę zastosowano po raz pierwszy w początkach XX wieku. Ługowano na złożu w Mątwach pod Inowrocławiem.

Po odzyskaniu niepodległości w Polsce kolejno ługowano złoża Barycz (1922), następnie inne.



Rys. 345. Schemat podziemnego, wieloetapowego ługowania złoża soli poprzez otwory wiertnicze [171]

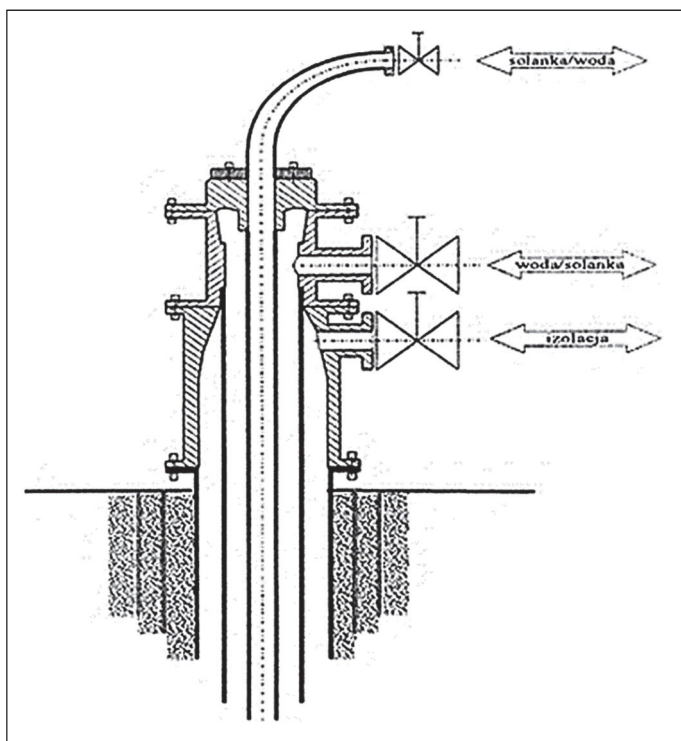
Technologia polega na odwierceniu otworu wiertniczego do złoża, jego uszczelnieniu i wprowadzaniu wody (lub nienasyconej solanki) (rys. 345). Istnieje wiele odmian ługowania. W metodzie przedstawionej na rysunku ługowanie odbywa się etapowo, z kolejno podnoszoną zawartością soli w solance. Dla zapewnienia prawidłowego obiegu cieczy wylot otworu zaopatrzony jest w głowicę (rys. 346) umożliwiającą dwu- i trzykrotny niezależny obieg cieczy – powierzchnia – komora.

Ługowanie komór w wysadach solnych w drugiej połowie XX wieku nabrało znaczenia, gdyż komora po osiągnięciu zaplanowanego kształtu i objętości wykorzystywana jest do magazynowania ropy naftowej, gazu ziemnego, wodoru oraz do składowania odpadów niebezpiecznych³⁹. Aby osiągnąć zamierzony kształt, do komory wprowadza się ciecze izolujące [170].

Historia siarki sięga czasów biblijnych. Wzmiankuje o niej również Homer. Jednak praktyczne jej stosowanie na większą skalę wiąże się najpierw z pracami

³⁹ Od połowy XX wieku kopalnie kończące działalność, w szczególności w złożach soli, wykorzystywane są jako podziemne składowiska odpadów niebezpiecznych, w tym radioaktywnych.

alchemików poszukujących uniwersalnych leków lub sposobu otrzymania złota, później z wynalezieniem prochu. W Polsce, w Swoszowicach, w latach 1415–1884 istniała największa kopalnia siarki w Europie. Kopalnia była trzypoziomowa, posiadała około 30 szybów (w całej historii) o maksymalnej głębokości 60 metrów. Obok pola eksploatacyjnego istniała huta, w której wytapiano siarkę. Sposób jej wydobywania nie różnił się od sposobu wydobywania soli, z tym że ponieważ złoża miało charakter warstwowy, komory eksploatacyjne były znacznie mniejszych rozmiarów. Pod koniec XIX wieku kopalnia upadła⁴⁰.



Rys. 346. Schemat głowicy i uzbrojenia otworu wiertniczego do ługowania soli [171]

Jej rolę przejmują kopalnie sycylijskie, gdzie wydobywanie minerału rozpoczęto w 1808 r. W drugiej połowie XIX wieku do 1914 r. kopalnie te były głównym

⁴⁰ Na znacznie mniejszą skalę na ziemiach polskich w XIX i XX wieku wydobywano siarkę w Czarkowych oraz w Pszowie.

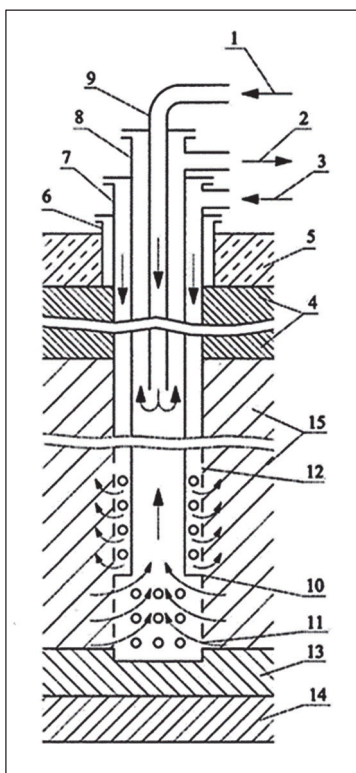
producentem siarki dla rynku światowego. Eksploatowane skały siarkonośne ładowano do wózków o perforowanym dnie. Następnie wprowadzano je do rodzaju tunelu, ogrzewanego powyżej temperatury topnienia siarki (ok. 120°C). Stopiona siarka wyciekała przez otwory w dnie wózków i przez kanały spływała do form. Był to pierwszy przypadek wytopu siarki na miejscu pozyskania (w kopalni).

W 1894 r. Herman Frasch opracowuje proces wydobywania siarki za pomocą przegrzanej wody (**metoda Frascha**). W 1894 r. została ona zastosowana w Sulphur Dome w Louisianie (USA), gdzie złoża siarki leżą na głębokości ok. 240 m pod powierzchnią ziemi, pokryte grubą warstwą wodonośnego piasku. Eksploatacja ich normalnymi metodami górniczymi była więc bardzo utrudniona. W celu wydobywania siarki na powierzchnię do pokładów siarkonośnych wprowadzono poczwórne współosiowe rury stalowe. Przez zewnętrzną rurę takiego urządzenia doprowadzano pod ciśnieniem wodę ogrzaną do 160°C. Powoduje ona stopienie siarki. Wtłaczane zaś równocześnie środkową rurą sprężone powietrze unosi stopioną siarkę i wydobywa ją na powierzchnię. Siarka otrzymywana tą metodą jest bardzo czysta (99,6% S) i nie wymaga dalszego oczyszczania. Metodę tę, nieco później, stosowano również w Meksyku [49].

Kolejną technologię **podziemnego wytopu siarki** opracowano w Polsce. Po odkryciu przez profesora S. Pawłowskiego we wrześniu 1953 r. w okolicy Mokrzyszowa złoża siarki pojawiło się pytanie o sposób jej wydobywania. Istotną rolę w przyjęciu metody podziemnego wytopu odegrali mgr inż. W. Sroka (który po stażu w kopalniach siarki w Meksyku gorąco rekomendował tę metodę) i dr inż. B. Żakiewicz, który prowadził badania wdrożeniowe i wniósł istotne zmiany, dostosowujące technologię do odmienności w budowie geologicznej złoża tarnobrzeskiego w stosunku złóż do amerykańskich. W efekcie na złożu Grzybów 27 maja 1966 r. zaczęto zatłaczanie wody do otworu, a pierwszą siarkę uzyskano 1 czerwca tegoż roku. Tak zaczęła się era „polskiej siarki” [157]. Po kilku latach staliśmy się eksporterami tej technologii, budując kopalnie siarki w Iraku i Chinach.

Metoda otworowa (rys. 347 i 348), jak wspomniano, polega na wytapianiu siarki bezpośrednio w złożu gorącą wodą zatłaczaną pod ciśnieniem otworami wiertniczymi, którymi następnie jest ona przy użyciu sprężonego powietrza pompowana na powierzchnię. W kopalniach tarnobrzeskich, gdzie złoża zalega na głębokości od kilkudziesięciu do 360 m, średnica otworu (7) wynosi ok. 366 mm, średnica rur technologicznych (8) – ok. 220 mm, średnica rury zasilającej powietrzem (1) – ok. 130 mm, temperatura wody – 150–65°C, ciśnienie wody – 0,3–0,6 MPa.

Wydajność otworu była zróżnicowana i wynosiła od 1,0 do 10 Mg siarki/godz. Najpierw prowadzono eksploatację z otwartym obiegiem wody. Polegała ona na tym, że około 60% gorącej wody zatłaczanej do złoża odprowadzane było na powierzchnię (odprężanie złoża) i zrzucane do cieków powierzchniowych, po uprzednim oczyszczeniu z siarkowodoru. Woda odbierana ze złoża ma temperaturę średnio 30–40°C, a ciepło w niej zawarte jest bezpowrotnie tracone, co sprawia, że technologia ta jest bardzo energochłonna. Ponadto silnie zmineralizowana woda złożowa odprowadzana do cieków powierzchniowych powodowała degradację środowiska przyrodniczego.



Rys. 347. Zasada eksploatacji otworowej siarki metodą wytopu [205]:

- 1 – doprowadzenie powietrza; 2 – odprowadzenie mieszaniny siarki płynnej i powietrza;
- 3 – doprowadzenie gorącej wody; 4 – utwory nieprzepuszczalne;
- 5 – przepuszczalny nadkład; 6 – kolumna rur okładzinowych;
- 7 – kolumna rur eksploatacyjnych (woda); 8 – kolumna rur eksploatacyjnych (siarka);
- 9 – kolumna powietrzna; 10 – pierścień redukcyjny; 11 – dolna sekcja perforacji;
- 12 – górna sekcja perforacji; 13 – skała anhydrytowa; 14 – skała płona



Rys. 348. Głowica otworu wiertniczego, eksploatacyjnego –
podziemny wytop siarki [196]

Kolejnym etapem rozwoju technologii otworowej eksploatacji siarki było zastosowanie zamkniętego obiegu wody technologicznej. Istotą tego rozwiązania było wyeliminowanie zrzutu wody odbieranej ze złoża, a tym samym strat zawartego w niej ciepła. Odbierana ze złoża woda, po podgrzaniu do wymaganej temperatury, jest ponownie zatłaczana do złoża w celu wytopienia siarki. Ponownie podgrzewana woda złożowa stanowi ok. 60% wody gorącej zatłaczanej do złoża [196].

Metoda podziemnego wytopu siarki nie jest wolna od awarii. Zdarza się, że niedostateczne uszczelnienie kolumny rur eksploatujących skutkuje erupcją płynnej siarki na powierzchnię (rys. 349). To jedna z najczęstszych awarii przynoszących skutki dla środowiska. Skutki środowiskowe oraz to, że w drugiej połowie 1991 r. korzystna koniunktura siarki na rynkach światowych uległa załamaniu, co było spowodowane zwiększoną podażą taniej siarki z odzysku (siarka uzyskiwana w procesie oczyszczania ropy i gazu ziemnego) oraz ogólnoswiatową recesją gospodarczą, spowodowały gwałtowny spadek produkcji siarki. Metoda podziemnego wytopu pozostaje ostatnim, istotnym osiągnięciem technologicznym w pozyskiwaniu siarki.



Rys. 349. Erupcja ciekłej siarki z otworu [196]

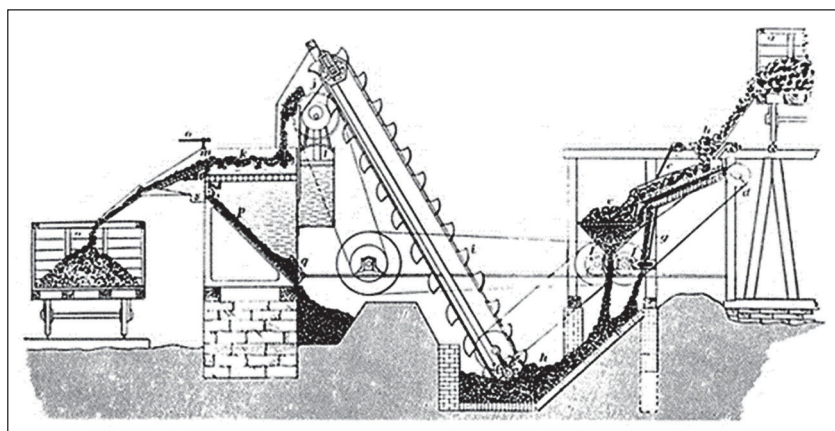
Rzrwój przeróbki mechanicznej

Z przeróbką mechaniczną, z procesami rozdrabniania i wzbogacania rud spotkaliśmy się już w starożytności. Średniowiecze znacznie rozwinęło metody mokre wzbogacania – płuczkę opartą na różnicach gęstości ziaren różnych minerałów (rys. 350).



Rys. 350. Średniowieczna płuczka [25]

Czasy późniejsze, do połowy XIX wieku, nie przyniosły istotnych wynalazków. Rozwój eksploatacji węgla kamiennego, w XVIII wieku, jako ostatnie ogniwo procesu produkcyjnego wprowadził przesiewanie urobku, głównie na sitach nieruchomych – rusztach. Operacja ta na trwałe została umiejscowiona w powierzchniowej części kopalni – **zakładzie przeróbczym** – usytuowanym na ogół w pobliżu szybu wydobywczego. Miało to miejsce około 1880 r. [12]. Pojawiły się **klasy węgla** zwane **sortymentami**, dzielące produkt pod względem uziarnienia od grubego po miął. Operację podziału na klasy nazwano **sortowaniem**. Służące temu przesiewacze pod koniec XIX wieku różniły się konstrukcją, jeśli chodzi o materiał, z jakiego były wykonywane (blacha z otworami o różnych kształtach, plecionka z drutów, pręty profilowane), oraz ruchu, jaki wykonywały (nieruchome, wahadłowe, wstrząsane, o ruchu kołowym, obrotowe, taśmowe, wibracyjne) [17]. Poszczególne konstrukcje nazywano od twórcy (Bauma, Seltnera, Schiefersteina itp.) lub charakterystycznej cechy (szybkobieżny, wibracyjny, wałkowy). Zaczęto tworzyć układy przesiewaczy (rys. 351).



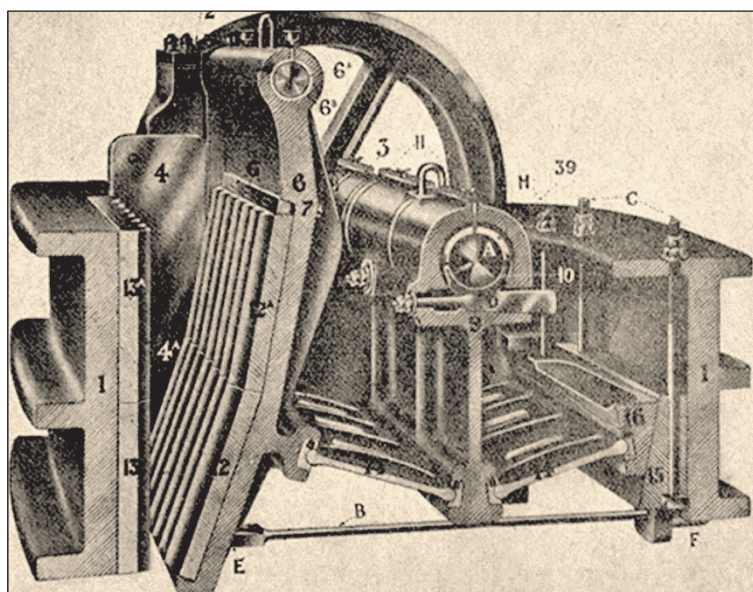
Rys. 351. Układ przesiewaczy Berarda z 1848 r. [12]

XX wiek nie wprowadził istotnych różnic w zasadzie działania przesiewaczy. Postęp wyrażał się w takich cechach, jak oddziaływanie na środowisko (hałas, pylenie), obniżenie energochłonności i poprawa sprawności procesu oraz automatyzacja sterowaniem.

Drugą operacją związaną z klasyfikacją jest rozdrabnianie, również znane od początku istnienia górnictwa jako czynność ręcznego (w średniowieczu stęporami)

kruszenia urobku. W XIX wieku praca ręczna została zastąpiona maszynami – **kruszkami**. Dzieli się je w zależności od twardości (podatności na rozdrabnianie) minerałów podlegających kruszeniu, wielkości ziaren, a przede wszystkim rodzaju siły działającej na ziarno (ściskanie, ścinanie, uderzanie, ścieranie). Mamy więc kruszarki: **szczękowe**, **stożkowe**, **tarczowe**, **igłowe**, **udarowe**, **walcowe**, **młotkowe**. Jeśli rozdrabniamy ziarna na części mniejsze niż 1 mm, operację tę nazywamy mieleniem, a maszynę **młynem** [6].

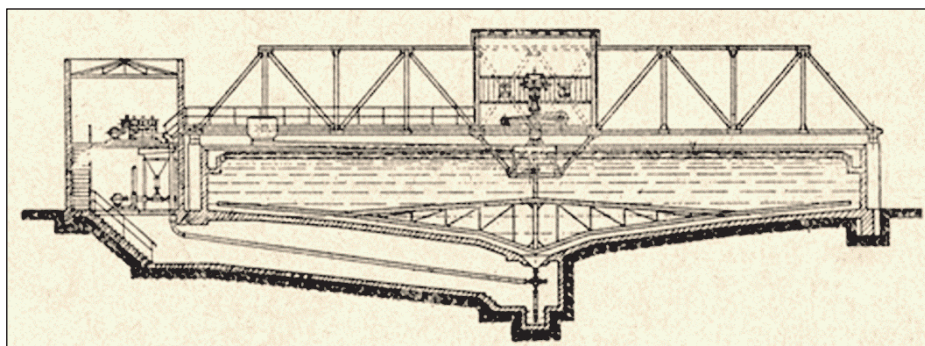
Podobnie jak w przypadku przesiewaczy intensywny rozwój kruszarek rozpoczął się z początkiem XX wieku (rys. 352). Dziś praktycznie nie ma górnictwa mineralnych surowców stałych, w których maszyny te by nie pracowały.



Rys. 352. Kruszarka szczękowa systemu Blake – lata 20. XX wieku [5]

Jak wspomniałem niezwykle istotnym zagrożeniem dla środowiska pracy jest zapylenie, jakie powodują maszyny do przesiewania i rozdrabniania. Stąd w latach 30. XX wieku zastosowano w nich **odpylacze** działające na zasadzie maszyny pracującej w przestrzeni z podciśnieniem. Odsysane powietrze poddawane jest procesowi odpylania z wykorzystaniem komory pyłowej, filtrów workowych, cyklonów, a od kiedy z początkiem XX wieku Amerykanin F.G. Cottrell wynalazł elektrofiltr i z tym odpylaczem.

Równie starą operacją, bo mającą swe początki w starożytności, jest **klasyfikacja hydrauliczna**. Podwaliny współczesnej teorii tej metody łączone są z Peterem von Rittingerem (1811–1872). Rozdział ziaren może mieć miejsce albo przy zróżnicowaniu ich gęstości (a mniej więcej tej samej średnicy), albo przy zróżnicowanej średnicy (a tej samej gęstości). Pierwszy przypadek wykorzystywany jest klasyfikacji rud, drugi węgla. Nowoczesna klasyfikacja hydrauliczna przez prawie 150 lat stosowania (klasyfikator Rittingera – 1867) zaowocowała wieloma rozwiązaniami. W okresie rozwoju wydobywania węgla najdrobniejsze jego ziarna odzyskiwano w klasyfikatorze Dorra, według pomysłu opracowanego w latach 70. XIX wieku (rys. 353). Grubsze ziarna węgla opadają na dno, skąd są wybierane. Oprócz prezentowanego powyżej w europejskim górnictwie węglowym stosowano również klasyfikatory: Robinsona (od 1885 r.), Stewarda-Walde’a (od 1888 r.), Drapera (od 1918 r.).

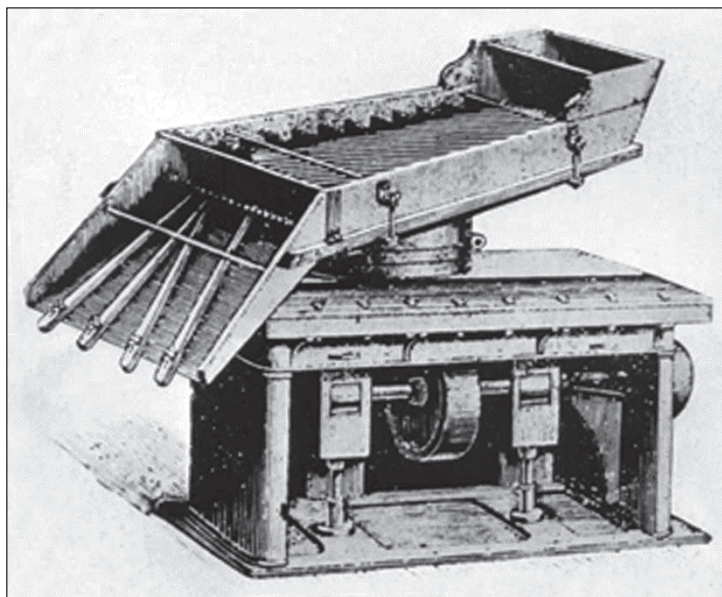


Rys. 353. Klasyfikator Dorra – lata 40. XX wieku [6]

Na tej samej zasadzie co klasyfikatory hydrauliczne działają **klasyfikatory powietrzne**. Zamiast płynu ziarna unosi powietrze. Podobnie jak w podsadzce pneumatycznej, ich „korzenie” tkwią w pomysłach na pocztę pneumatyczną. Pomysłodawcą klasyfikatora był Krom, który opatentował urządzenie w USA i Anglii w 1874 r. [12]. We współpracy z Kromem Paddock opracował wersję przemysłową, która była stosowana w angielskich kopalniach węgla od 1888 r. (rys. 354) [12]. Kilkanaście lat później stosowano separatory opracowane przez Edisona (1899 – do klasyfikacji piasku) i Kirkupa (1924) [17].

Odminnym sposobem separacji w ośrodku ciekłym jest **przemywanie wodą**. I ten sposób był znany w starożytności (eksploatacja piasków złotonośnych).

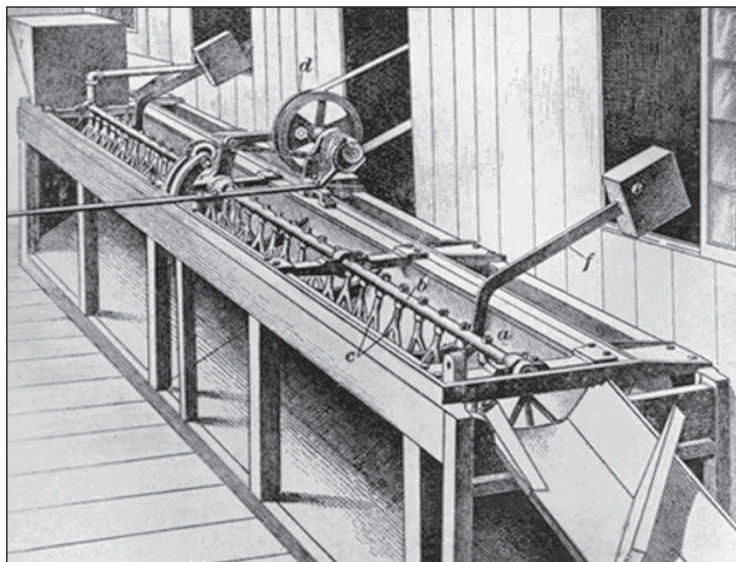
W tym samym celu stosowany był podczas „gorączki złota” w USA (połowa XIX w.). Skutkowało budowaniem instalacji hydraulicznych zakończonych monitorami (jak przy pierwszych podsadzkowniach dla podsadzki hydraulicznej z otworem wiertniczym – rys. 213). Kiedy przemysł nie wystarczało, zastosowano metalowe żłoby (rynny) z obracającym się wałem, rozbijającym zwięzłe kawałki urobku (rys. 355), co ułatwiało wybieranie grudek złota. Na podobnej zasadzie działają **bębny i beczki przemylające** oraz **misy przemylające**.



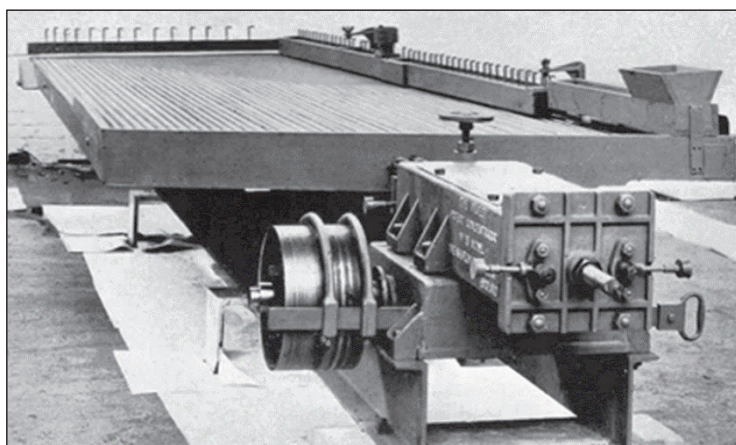
Rys. 354. Klasyfikator powietrzny Paddocka [12]

Omówione powyżej rozwiązania nadają się do nadawy suchej. Ich wadą jest dość „nieostry” podział na klasy. Oznacza to, że w danej klasie znajduje się pewna ilość ziaren przynależnych do klasy innej. Stąd od połowy XIX wieku pojawiły się pomysły na zastosowanie ruchomych **stołów koncentracyjnych** [12]. Skonstruowane są w kształcie nachylonej płaszczyzny o powierzchni gładkiej lub rowkowanej. Klasyfikację prowadzi się, spłukując urobek wodą. Ziarna cięższe i mniejsze są poddane mniejszemu naporowi wody niż lżejsze i większe. Te drugie będą spływały w kierunku strumienia wody, te pierwsze w kierunku wypadkowym pomiędzy kierunkiem ruchu stołu a kierunkiem strumienia wody. Przy powierzchni rowkowanej ziarna większe i lżejsze spływają w poprzek

rowków, ziarna cięższe wzdłuż rowków. Stoły takie okazały się przydatne szczególnie dla ziaren rud o wymiarze poniżej 2,5 mm oraz ziaren węgla do wymiarów 10 mm. Przykładem może być stół zaprojektowany przez A.R. Wilfleya, w 1898 r. (rys. 356). Przełom wieków (XIX i XX w.) przyniósł bardzo dużo rozwiązań konstrukcyjnych takich stołów [12].

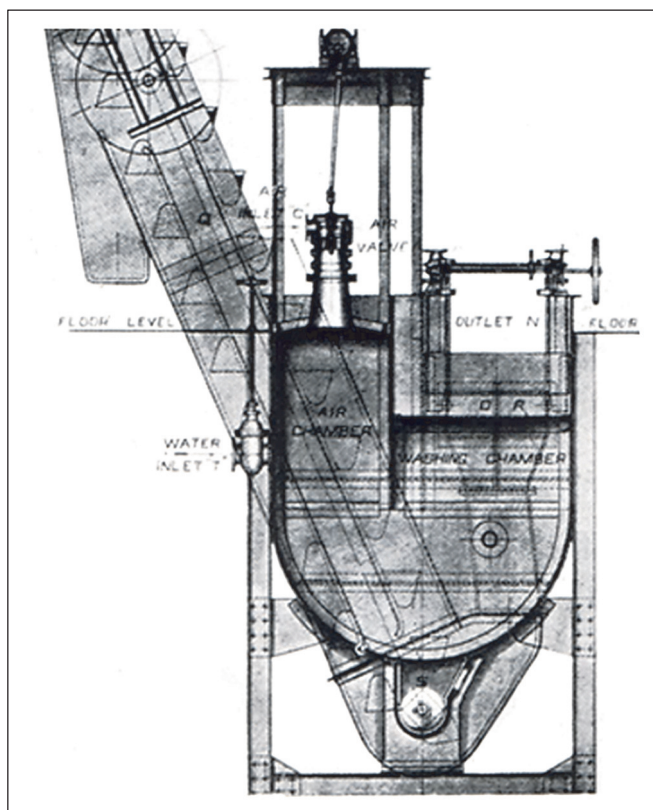


Rys. 355. Metalowy żłób z wałem rozdrabniającym urobek w strumieniu wody (USA, 1905) [12]



Rys. 356. Stół koncentracijny Wilfleya [12]

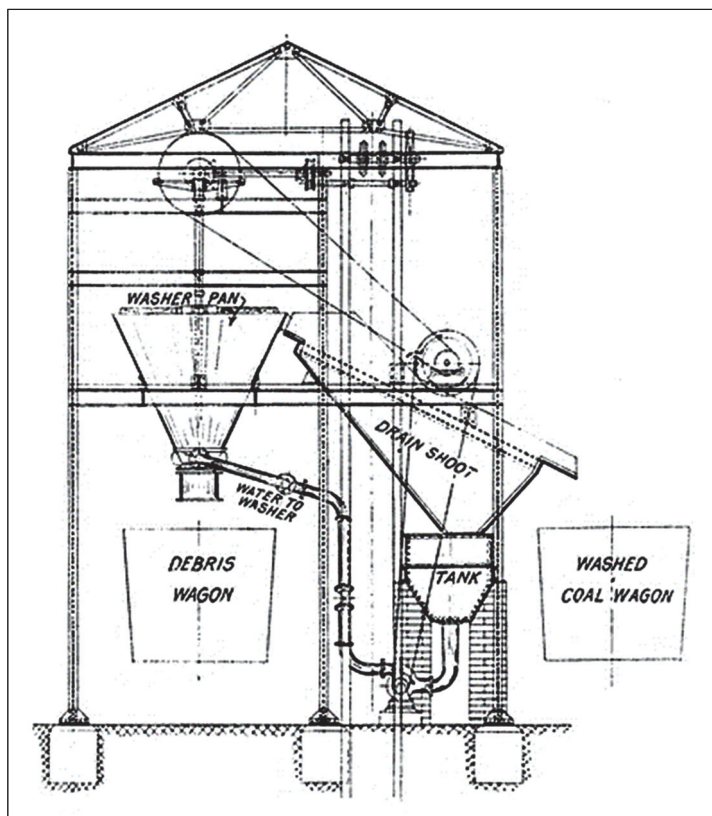
Kolejnym pomysłem w zakresie klasyfikacji mokrej było wykorzystanie różnicy prędkości opadania w wodzie minerałów o różnej gęstości. Tak na przełomie wieków (XIX i XX w.) powstały maszyny osadowe (**osadzarki**). Załadowaną na sito nadawę poddaje się działaniu pulsującego prądu wody na linii góra–dół. Przy ruchu do góry ziarna unoszą się, przy ruchu w dół w dół ziarna cięższe opadają szybciej. Ziarna lżejsze utworzą warstwę nad ziarnami cięższymi. Materiał rozwarstwiony zostaje odprowadzony z osadzarki. Wyróżniono maszyny tłokowe (to ruch tłoka powoduje pulsowanie wody), beztłokowe – pneumatyczne i z ruchomym sitem. Jedną z pierwszych była osadzarka Bauma (rys. 357).



Rys. 357. Schemat osadzarki beztłokowej Bauma – koniec XIX wieku [12]

Rozdział materiału surowego zachodzi również w prądzie wznoszącym wody. Zjawisko to wykorzystano w **osadzarkach hydraulicznych** opracowanych

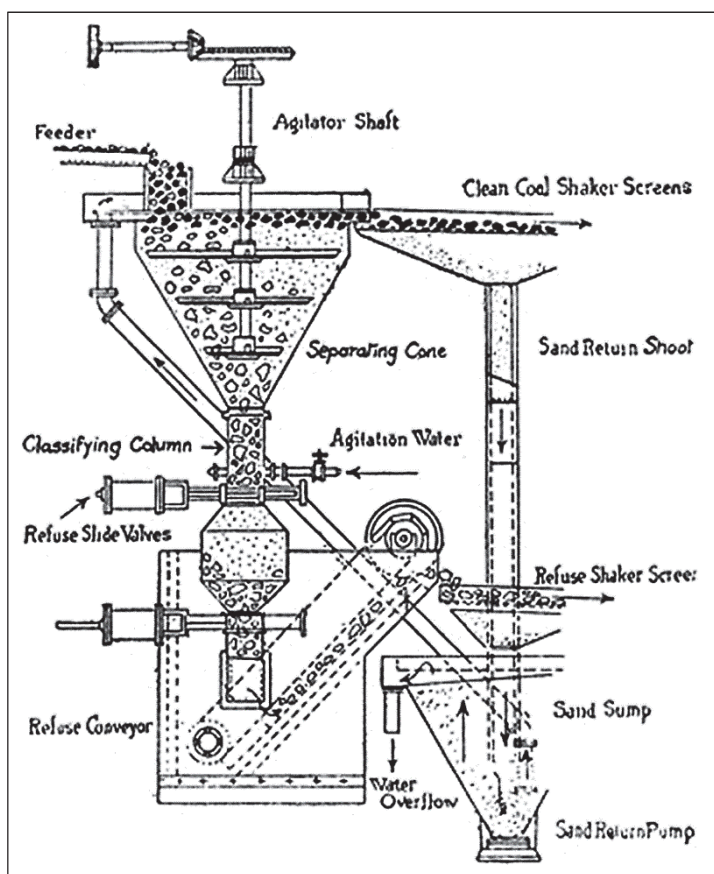
na podstawie doświadczeń Dorra z 1871 r. [12]. Prędkość strumienia wody musi być tak dobrana, by na dno opadały ziarna o określonym ciężarze właściwym. Jedną z pierwszych była konstrukcja Robinsona z 1885 r. (rys. 358). Osadzarki hydrauliczne znalazły szerokie zastosowanie, zwłaszcza przy wzbogacaniu węgla kamiennego [6].



Rys. 358. Schemat osadzarki hydraulicznej Robinsona (1885) [12]

Twórca pierwszej metody otrzymywania stali, Sir H. Bessemer, zajmował się również badaniami nad uzyskaniem cieczy o zadanej gęstości. W 1858 r. opatentował „usunięcie zanieczyszczeń z węgla przez zanurzenie w zbiorniku lub kąpeli zawierającej ciecz, którego gęstość jest większa od czystego węgla i mniejsza niż substancja, która ma być z niego oddzielona”. Nad zagadnieniem tym pracowali również Englinger w Niemczech (1859) oraz Brown w Ameryce (1884). W doświadczeniach tych do tworzenia **cieczy ciężkiej** zastosowano wodny

roztwór chlorku wapnia lub inną odpowiednią sól. Równoległe badania prowadzono również z cieczami organicznymi [174]. Przez długi czas, z uwagi na straty cieczy, jakie były nie do uniknięcia, oraz właściwości korodujące urządzenia, tańszymi metodami wzbogacania były nadal metody mechaniczne. Zatem pojawił się problem taniej cieczy. W 1918 r. opracowano ciecz ciężką o wysokiej gęstości właściwej, utrzymującej się jako zawiesina piasku w wodzie, tak aby zachowywała się jak ciało płynne, o gęstości większej niż woda [12]. To było przełomem. Technologia wzbogacania w cieczach ciężkich **zawiesinowych** została wdrożona.



Rys. 359. Schemat płuczki Chanca [12]

Najpopularniejsze przy wzbogacaniu węgla stało się rozwiązanie zaproponowane przez Chanca (rys. 359), w którym jako obciążnik zastosowano piasek

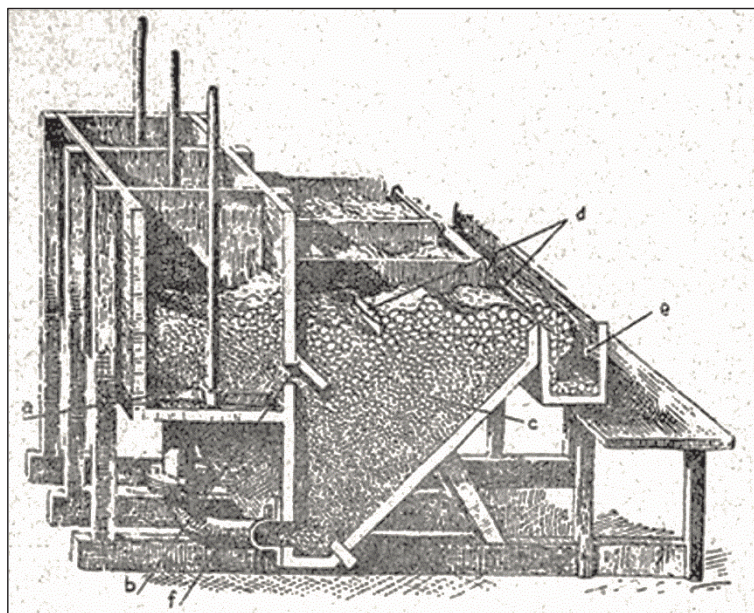
o uziarnieniu 0,2–0,3 mm. Aby utrzymać stabilną zawiesinę, ciecz utrzymuje się w ciągłym ruchu za pomocą mieszadła. Urządzenie wzbogaca węgiel o granulacji 3–150 mm. W latach późniejszych wprowadzono ciecz zawieszinowe tworzone z barytu, lessu, magnezytu, a także ciecz zawierające odpady.

Początki kolejnej technologii wzbogacania – **flotacji** – wiążą się z obserwacją, że niektóre ciała stałe (np. szkło) są łatwo zwilżane przez wodę, a po natłuszczeniu tracą tę zdolność. Doświadczenia ze zwilżaniem minerałów wykazały, że cecha ta przejawia się wśród nich w różnym stopniu. Z kolei okazało się, że dodawanie do wody niektórych substancji organicznych powoduje wypieranie jej z powierzchni niektórych minerałów. W 1860 r. W. Haynes opatentował zjawisko „szczególnego powinowactwa olejów i bituminów do siarczków rud”. Zjawiska tego nie wykorzystano w praktyce. Dopiero prace C.J. Eversona, prowadzone w 1885 r., polegające na energicznym mieszaniu „mułu rudnego” z niewielką ilością oleju wykazały, że wydzielają się z niego siarczki i wypływają na powierzchnię. Intensywność procesu poprawił w 1892 r. Ch.B. Hebron, doprowadzając do mułów sprężone powietrze. Podobne prace nad wzbogacaniem grafitu prowadzili w 1886 r. bracia Bessel, z tym że zamiast sprężonego powietrza gotowali ciecz lub na drodze chemicznej (dodając reagujące ze sobą kwasy i węglany) wytwarzali CO₂. Również w Australii, w 1902 r. pracowano nad procesami transportu cząstek rudy, stosując olej i sprężone powietrze. Jednak za moment podjęcia prac wdrożeniowych można uznać rok 1903, kiedy to w Anglii zostało założone Towarzystwo Mineralne Separation, które wykupiło istniejące patenty i opracowało patent własny, sumujący wiedzę. Zastrzeżono w nim ilość dodawanego oleju oraz sposób dodawania powietrza poprzez mieszadło.

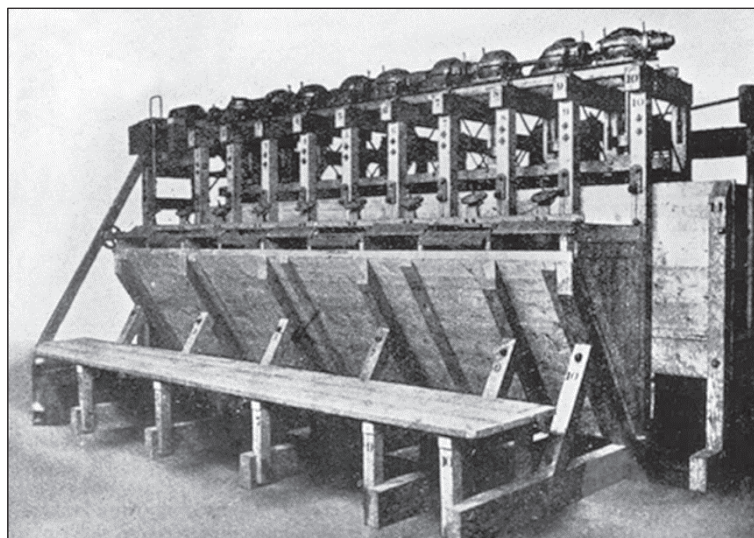
Pierwszy typ **flotownika** opracowany przez TM Separation przedstawia rysunki 360 i 361. Składał się z sekcji, z których każda ma „przedział agitacyjny” z mieszalnikiem (a) oraz „skrzynię szpiczastą” (c). W niej przebiegał właściwy proces. **Męty flotacyjne** (czyli woda z **odczynnikami flotacyjnymi**) doprowadzane są do przedziału agitacyjnego, w którym wirujące mieszadło wytwarza banieczki powietrza. Te z mętami przechodzą przez szczelinę (b) do skrzyni szpiczastej. Przyczepiający się do banieczek flotowany minerał (tworzy **pianę**) zgarniaczem (d) przemieszczany jest do koryta odpływowego (e). Odpady opadają na dno skrzyni, skąd odprowadzane są rurą.

Kolejne prace dotyczyły poszukiwań innych **odczynników flotacyjnych** oraz konstruowania flotowników. Piana wytwarzana jest w nich mieszadłem

mechanicznym (mechaniczne), sprężonym powietrzem (powietrzne) lub w sposób mieszany (mechaniczno-powietrzne).

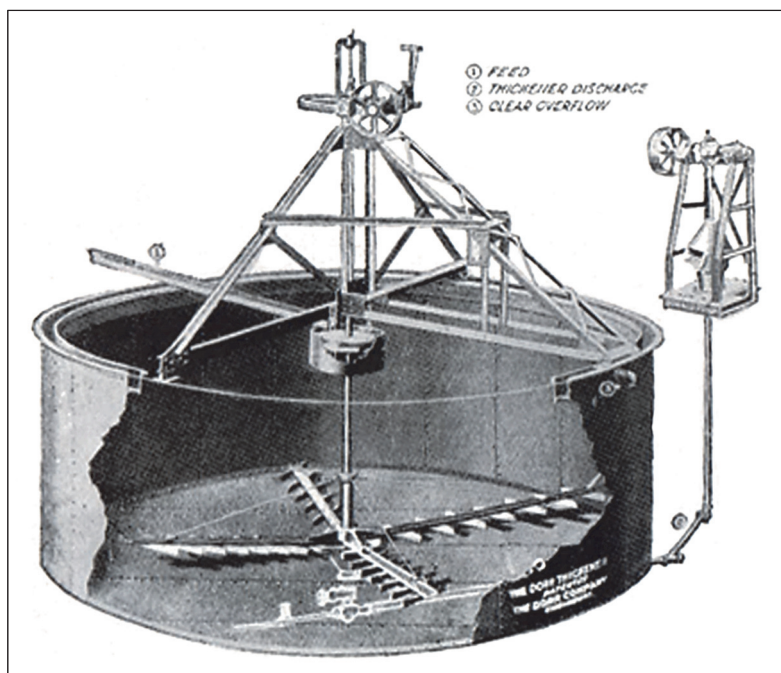


Rys. 360. Schemat pierwszego flotownika TM Separation [6]



Rys. 361. Widok flotownika TM Separation [12]

Współcześnie flotacja jest podstawowym procesem wzbogacania rud. Stosowana jest również przy wzbogacaniu mułów węgla koksujących. Oczywiście proces jest zautomatyzowany. Zjawisko flotacji wykorzystywane jest również w innych dziedzinach, np. w oczyszczaniu ścieków i gospodarce odpadami.



Rys. 362. Zagęszczacz Dorra z lat 20. XX wieku [12]

W przeróbce mechanicznej jeszcze jeden istotny proces z czasem wymagał modernizacji. To problem postępowania z zawodnionymi odpadami drobnopulprastymi. Pierwotnie składowano je na powierzchni w dołach. Jednak kiedy w pobliżu kopalni nie było miejsca na takie składowiska, a przewóz na większą odległość utrudniała konsystencja odpadu („pulpa”), szukano innych sposobów zagospodarowania. Tak w latach 20. XX wieku pojawił się system **zagęszczania i odwadniania mułów** z mokrych procesów wzbogacania. Budowano **zbiorniki odwadniające** (nieruchomy materiał oddaje wodę grawitacyjnie), **odwadniarki odśrodkowe**, **wirówki (centryfugi)**, **hydrocyklony**, **filtry** (tarczowe i płaskie, obrotowe). Spośród nich popularność zyskał zagęszczacz Dorra (rys. 362), w którym w środku zbiornika znajduje się wolno obracający mechanizm zgarniakowy,

przesuwający zagęszczany materiał do centrum, gdzie jest odbierany przez spust. U góry zbiornika znajduje się przelew dla sklarowanej wody. Odwodniony materiał można stosunkowo prosto transportować na składowisko, choć w drugiej połowie XX wieku opracowano technologię jego zawracania pod ziemię, o czym pisałem, prezentując rozwój technologii podszadzenia.

Podziemne zgazowanie węgla

Pisząc o sposobach wybierania węgla, nie sposób pominąć technologii (z punktu widzenia klasycznego górnictwa nietypowej), która i dzisiaj budzi wiele nadziei: podziemnej gazyfikacji węgla. Po raz pierwszy zastosowanie podziemnego zgazowania węgla zostało zaproponowane przez niemieckiego inżyniera Williama Siemensa w 1868 r. Następnie w 1888 r. Mendelejew zainteresował się podziemnymi pożarami węgla, przy których powstaje duża ilość gazów palnych. Wyciągnął z tego wniosek, że dla otrzymania palnego gazu celowe będzie doprowadzenie do kontrolowanego podziemnego pożaru węgla. Pierwszy patent w zakresie podziemnego zgazowania węgla uzyskał amerykański wynalazca A.G. Betts w 1909 r. Pierwsza próba miała zostać przeprowadzona przez brytyjskiego noblistę, chemika Williama Ramsaya w kopalni Durham w północnej Anglii w 1912 r. Istota gazogeneratora jego pomysłu polegała na prowadzeniu procesu zgazowania węgla przez pojedyncze otwory. Eksperyment nie doszedł jednak do skutku z powodu wybuchu I wojny światowej [34]. W 1928 r. udało się opracować w ZSRR technologię podziemnego zgazowania węgla nadającą się do zastosowania na skalę przemysłową. Pierwsza przemysłowa instalacja została uruchomiona w 1937 r. [159]. Program podziemnego zgazowania węgla w ZSRR dynamicznie rozwijał się do początku lat 60., kiedy to na Syberii odkryto ogromne zasoby gazu ziemnego.

Próby podziemnego zgazowania węgla wielokrotnie prowadzono w Europie Zachodniej, np. we Francji, Belgii, Wielkiej Brytanii i Hiszpanii. W Stanach Zjednoczonych pierwsze próby podziemnego zgazowania węgla przeprowadzono po II wojnie światowej. Finansowe wsparcie rządu miało miejsce dopiero po 1970 r., w związku z kryzysem paliwowym. W latach 70. i 80. XX wieku powstało w USA ponad 30 instalacji pilotowych. Spadek cen gazu i ropy na rynkach spo-

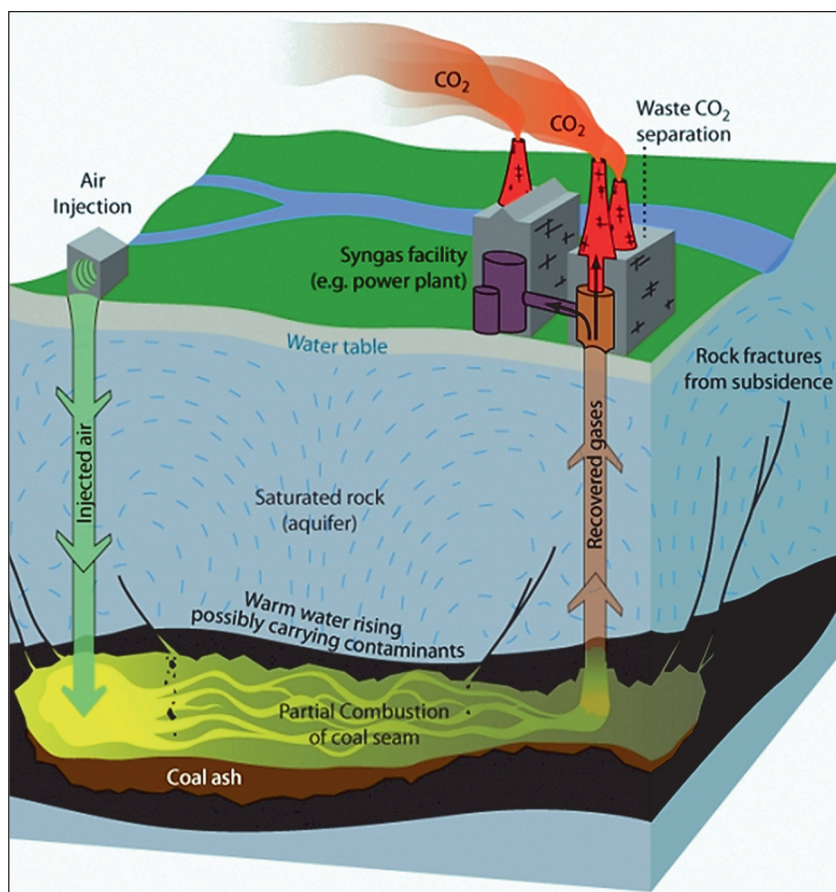
wodował zaniechanie finansowania programu, praktycznie tuż przed uruchomieniem pierwszej komercyjnej instalacji podziemnego zgazowania węgla w stanie Wyoming.

Pod koniec XX wieku wzrosło zainteresowanie podziemnym zgazowaniem węgla. Inżynierowie Len Walker i Cliff Mallett z australijskiego ośrodka badawczego CSIRO wykorzystali technologię odwiertów poziomych do opracowania własnej instalacji, wybudowanej w mieście Chinchilla w stanie Queensland. Już po dwóch latach instalacja zaczęła działać. Wkrótce jednak pojawiły się problemy natury środowiskowej. Podczas jednej z prób prowadzonej jeszcze w latach 70. doszło do skażenia wód podziemnych rakotwórczym benzenem. Władze Australii zaczęły szczególnie uważnie kontrolować spółki zajmujące się podziemnym zgazowaniem węgla i w 2011 r. wymusiły zamknięcie instalacji w Kingaroy, po stwierdzeniu obecności benzenu i toluenu w wodzie gruntowej. W 2012 r., po przeprowadzeniu kontroli, zakazano spółkom Linc Energy i Carbon Energy prowadzenia wydobywania na skalę przemysłową, dopóki nie udowodnią, że możliwe jest bezpieczne wygaszenie ognia i zamknięcie instalacji bez doprowadzenia do zanieczyszczenia wód podziemnych.

Pomimo tych wydarzeń uważa się, że udane próby w Chinchilla były przełomowe dla nadchodzącej rewolucji energetycznej. Amerykańskie sukcesy w wydobywaniu gazu łupkowego zrodziły przypuszczenia, że teraz przyszedł czas na gaz ze zgazowania węgla, który może zmienić sytuację energetyczną takich krajów, jak np. Wielka Brytania. Złóża węgla w Anglii ciągle są bardzo bogate i w dużym stopniu niewykorzystane, zaś część najlepszych złóż znajduje się pod powierzchnią Morza Północnego, gdzie nie można ich wydobywać żadną z konwencjonalnych metod. Aktualnie badania prowadzone są od Kanady, przez RPA, Uzbekistan i Chiny, aż po Australię [145].

Próby prowadzone w latach 30. w ZSRR przyniosły szereg nowych doświadczeń. Zaproponowano cztery metody gazyfikacji: magazynową, strumienia, otworów gazogeneratorowych i filtracji [159]. Obecnie wydaje się, że największe szanse na powodzenie ma wersja prowadzenia gazyfikacji z powierzchni poprzez otwory wiertnicze (rys. 363). Istotnym problemem jest zagospodarowanie powstającego dwutlenku węgla.

W Polsce testy nad podziemnym zgazowaniem węgla kamiennego prowadzono już w latach 50. XX wieku w Głównym Instytucie Górnictwa [5]. Również obecnie trwają prace związane z tym procesem.



Rys. 363. Schemat podziemnego zgazowania węgla poprzez otwory wiertnicze [145]

Ku bezpieczeństwu pracy

Od kiedy górnik zaczął pracować w otoczeniu skał, drażąc wyrobiska, pojawił się problem bezpieczeństwa. Pierwszym zagrożeniem, z jakim się spotkał, były **obwały**. Obrywające się bryły ze stropu były przyczyną śmierci. Jeden z najgłośniejszych takich przypadków to zakonserwowane w soli znalezione w 1734 r. w kopalni Hallstatt zwłoki prehistorycznego (z VI wieku BC) górnika. Z pewnością czas zatarł ślady wielu innych przypadków. Zagrożenie obwałami spowodowało, że od najdawniejszych czasów ograniczano przestrzeń, z której wybierano

złożyć, i pozostawiano filary. Ich istotę w funkcjonowaniu kopalni podkreślają przepisy w starożytnej Grecji. Przypomnijmy, wybranie filara było karane śmiercią. Owe filary ochronne (które spotykamy już w neolicie) były pierwszym sposobem na poprawę bezpieczeństwa. Drugim było wprowadzenie obudowy w starożytności.

Pomimo tych zabiegów obwały zdarzały się. Wspomina o nich Agricola, opisują je późniejsi autorzy. Oczywiście intensywność zdarzeń rosła wraz ze zwiększającą się głębokością wydobywania i rozmiarami wyrobisk. Przy małych głębokościach nie zachodziła potrzeba badania zjawisk prowadzących do obwału. Kiedy w późnym średniowieczu zaczęto schodzić na większe głębokości, obwały przekształcały się w zjawiska przemieszczania pionowego warstw stropowych do wyrobisk. Skutki sięgały powierzchni. Jedne z bardziej znanych to przypadki w kopalniach rtęci w Idrji (Słowenia), w których w 1552 r. wskutek obwału zginęło 50 górników, czy też w kopalni cyny w Altenberg (Saksonia), w 1620 r., w której zasięg zapadliska miał powierzchnię 1 km² [160].

W XIX wieku uważano, że obwał nie wystąpi wtedy, gdy „ciężar skały zalegającej nad przestrzenią wyrobioną nie jest większy od siły spójności pomiędzy jej cząsteczkami na obwodzie wyrobiska”. Zwracano również uwagę na rolę spękań występujących w stropie [160]. Jedynym sposobem dla zabezpieczenia przed obwałami, jaki w XIX wieku był stosowany, to zagęszczanie obudowy. Górnicy „wsłuchują się” też w pracę obudowy drewnianej. Pojawiające się i nasilające trzaski (związane z niszczeniem drewna) są traktowane jako ostrzeżenia i skłaniania pracujących do opuszczenia miejsca pracy do czasu, kiedy trzaski nie ustaną.

Odminnym zagrożeniem pojawiającym się od głębokości wybierania 200–300 m są „obwały, które pochodzą od gwałtownego pęknięcia węgla i skały w przodkach świeżo prowadzonych”, czyli, używając współczesnych określeń, **tąpania i wstrząsy**⁴¹ [160]. Pierwsza wzmianka o tym zjawisku pochodzi 1858 r. z kopalni śląskiej (Wetnowiec), eksploatującej węgiel wyrobiskami komorowymi. Kolejny, w którym odnotowano już wstrząsy na powierzchni, to zjawisko z 1875 r. również z obszaru Śląska (Chorzów) [211]. Pod koniec XIX wieku zjawiska te rejestrowane są w kopalniach Śląska, Westfalii i Czech.

⁴¹ Jeszcze w latach 50. XX wieku używano tylko określenia „tąpania”. W latach późniejszych dla odróżnienia przypadków, w których skutki zjawiska są rejestrowane, a nie obserwuje się przypadków oberwania skał do wyrobisk, wprowadzono pojęcie „wstrząsów”.

Na przełomie wieków XIX i XX niektórzy badacze (np. Liendeman) [210] zaczynają zwracać uwagę na podobieństwo zjawisk tąpnięć i trzęsień ziemi. Pod ziemią zaczęto dokonywać pomiarów sejsmicznych (1855). Istnieją opisy trzęsień ziemi występujących na terenie Górnego Śląska (1785 r. – Żory i Pszczyna, 1786 r. – Bytom, 1858 r. – Rybnik). Są też tacy, którzy pewien wpływ na występowanie zjawiska przypisują zmianom ciśnienia atmosferycznego [160]. Istotną obserwację podaje polski inżynier L. Jaczewski, sugerując, że „ławice skał znajdują się w stanie naprężenia, w stanie równowagi niestałej i niewielki bodziec zewnętrzny wywołuje to zjawisko”. Tym bodźcem jest np. robota górnicza prowadzona z użyciem materiałów wybuchowych [149]. Z początkiem XX wieku zaczynają pojawiać się poglądy łączące tąpnięcia z wstrząsami tektonicznymi, co w latach 30. doprowadzi do pojawienia się pierwszej stacji geofizycznej w Raciborzu (1928)⁴² [210]. Jej obserwacje nie potwierdziły tej hipotezy. W latach późniejszych rozrasta się ona do sieci składającej się z 4 stacji sejsmicznych rejestrujących zjawiska w kopalniach (w tym jednej pod ziemią w kopalni Rozbark w Bytomiu) [186]. Stacje te pracowały po II wojnie światowej, wchodząc w skład sieci stacji Głównego Instytutu Górniczego. Wtedy to W. Budryk⁴³ łączy zjawiska tąpnięć z głównymi uskokami na Śląsku. Późniejsze obserwacje Budryka wskazały, że uskok może być tylko dodatkowym powodem wystąpienia zjawiska, natomiast jego przyczyną jest: „przekroczenie wytrzymałości skał, pośród których prowadzimy roboty górnicze”, a ściślej „ilość potencjalnej energii sprężystej nagromadzonej w górotworze w chwili jego pęknięcia” [219]. Opracowano klasy-

⁴² Pierwszą stację sejsmologiczną założono w 1908 roku w Bochum.

⁴³ **Witold Budryk**, prof. dr inż. (1891–1958). Studia górnicze w Instytucie Górniczym w Petersburgu. Od 1924 r. pracuje w Akademii Górniczej w Krakowie. Pierwszy w historii polski doktor górnictwa (w 1928 r.), członek Akademii Nauk Technicznych (od 1936 r.). 6 listopada 1939 r. wraz z całym gronem profesorskim Uniwersytetu Jagiellońskiego aresztowany i do lutego 1940 r. więziony w obozie koncentracyjnym Sachsenhausen. W okresie 1945–1948 był dziekanem Wydziału Górniczego, kierownikiem Zakładu Górnictwa I i Przeróbki Mechanicznej (od 1952 r. Katedry Aerologii i Hydromechaniki Górniczej), doradcą naukowym w Centralnym Zarządzie Przemysłu Węglowego oraz członkiem Rady Naukowej Instytutu Naukowo-Badawczego Przemysłu Węglowego i przewodniczącym komitetów naukowych Zakładu Górnictwa i Zakładu Przeróbki Mechanicznej tegoż Instytutu. Dziekan Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki w latach 1949–1950. Rektor AGH (w latach 1956–1958), członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk (od 1952 roku). Autor ok. 120 prac, ogłoszonych drukiem w języku polskim, francuskim i niemieckim z zakresu wszystkich dziedzin górnictwa.

fikację skłonności skał do tąpnięć i kategorii zagrożenia tąpnięciami dla rejonów kopalń.

Prace te doprowadziły w połowie XX wieku do opracowania wytycznych **profilaktyki przeciwtąpniowej**. Za podstawę przyjęto obniżenie ciśnienia eksploatacyjnego poprzez: unikanie pozostawiania resztek (filarów), unikanie prowadzenia przodków pod i nad krawędzią eksploatacji, preferowanie kierunku wybierania od zrobów, wybieranie pokładu odprężającego [219].

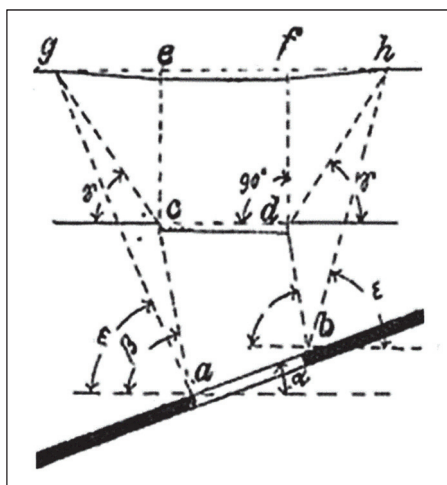
Jeszcze słów kilka o związkach sejsmiki z górnictwem, czyli o **sejsmoakustyce** – określaniu podwyższonego stanu naprężeń w pokładzie za pomocą geofonów (urządzenie służące do rejestrowania drgań sejsmicznych i przetwarzania ich na impulsy elektryczne). Efekt emisji sejsmoakustycznej ze skał został odkryty przez L. Oberata, z końcem lat 30. XX wieku w Oklahomie [186]. Stwierdzono, że emisja akustyczna rośnie przy wzroście naprężenia. W efekcie w latach 40. wprowadzano geofony do kopalń. Okazało się bowiem, że kumulacja naprężeń poprzedza wystąpienie wstrząsu. Stało się to podstawą do zaproponowania **aktywnych metod zwalczania tąpnięć**. Polegają na prowokowaniu zjawiska poprzez odpalenie ładunków wybuchowych dużej mocy, nawadniania skał, niszczenia struktury skał (ich osłabianie) przez tak zwane **strzelania odprężające** lub zatłaczanie wody w warstwy skalne pod dużym ciśnieniem. Stosuje się również łączenie obu, to jest „metodę udarowego, hydraulicznego szczelinowania górotworu za pomocą strzelań odpalanych w otworach wypełnionych wodą pod ciśnieniem”. Opracowano klasyfikacje kopalń i rejonów pod względem zagrożenia sejsmicznego.

Niestety okazało się, że formułowane na początku wieku poglądy, iż tąpnięcia i wstrząsy charakterystyczne są dla górnictwa węglowego, nie znalazły potwierdzenia w praktyce. Zjawiska dynamiczne indukowane działalnością górniczą towarzyszą również eksploatacji rud i innych surowców. Na szczęście profilaktyka i aktywne metody powodują, że w wiek XXI górnictwo weszło bezpieczniejsze wobec tąpnięć i wstrząsów, choć nadal (niestety) są one przyczyną tragedii.

Wspominałem, że już w XVI wieku odnotowano wypadki, kiedy wskutek eksploatacji (powodującej tworzenie się pustek podziemnych) dochodziło do powstawania na powierzchni, nad miejscem prowadzenia eksploatacji, zapadlisk o różnych kształtach i rozmiarach. Dziś takie skutki eksploatacji nazywamy **deformacjami powierzchni**. Nic więc dziwnego, że problem ten stał się przedmiotem rozważań. Już w latach 70. XIX wieku toczył się spór o zasięg przemieszczeń

na powierzchni względem granicy: zroby – calizna. Z początkiem XX wieku prowadzono badania modelowe (dziś powiedzielibyśmy „na materiałach ekwiwalentnych”) w skrzyni szklanej, wypełnionej przemienne różnymi materiałami. Usuwanie części z nich (modelujące eksploatację) doprowadziło francuskiego inżyniera Henryka Fayola do wniosku, że w przypadku pokładu poziomego tworząca się nad zrobami strefa rozluźnianych i osiadających skał „ma kształt kopuły elipsoidalnej”. Oprócz niego problemami tymi zajmowało się wielu inżynierów z Francji i Niemiec [160].

Thiriart (na początku XX wieku) wykazał, że zasięg osiadania powierzchni wychodzi na zewnątrz płaszczyzny pionowej wyprowadzonej ze styku zrobów i nie wybranego złoża. Porównuje zjawisko przemieszczania skał nadległych do tworzenia się skarpy osuwiska. Wprowadza pojęcie „kąta skarpy naturalnej danej skały”. Podaje również, że osiadanie powierzchni rozpoczyna się w rok, a kończy w trzy lata po zakończeniu eksploatacji [160].



Rys. 364. Schemat przemieszczania się skał nad wybranym złożem według Goldreicha [160]

Kolejnym badaczem zajmującym się tym zjawiskiem jest Goldreich. W 1913 r. publikuje pracę, w której pojawia się schemat przemieszczania skał nad wybranym złożem (rys. 364). Zauważmy, że podaje inny kąt nachylenia płaszczyzny, do której przemieszczanie ma miejsce, dla skał karbońskich (β) niż dla utworów młodszych (γ). Nazywa go kątem granicznym.

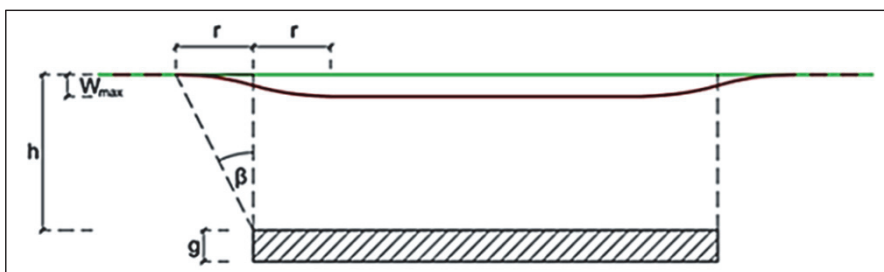
W początkach XX wieku prócz wymienionych badaczy zjawiska zachodzące przy osiadaniu skał nadległych opisują: Hausse, Eckard, Herbst i inni [160].

Znaczny wkład w rozwój poglądów na przebieg opisywanego procesu wnieśli polscy badacze: W. Budryk, S. Knothe, T. Kochmański, Z. Kowalczyk, J. Litwiniszyn i A. Sałustowicz [219]. Pracowali w latach 50. XX wieku. Szczególnie dwaj pierwsi zyskali uznanie w górnictwie światowym dzięki łatwości prognozy wpływów na podstawie sformułowanych zależności. Publikacje Stanisława Knothe⁴⁴ z 1951 r. zostały przetłumaczone i wydane w 1953 r. – tłumaczenie niemieckie, w 1956 r. – rosyjskie, w 1957 r. – węgierskie i angielskie, w 1958 r. – chińskie i francuskie. Teoria Budryka–Knothe’go do dzisiaj stanowi (oczywiście rozszerzona przez wielu badaczy) podstawową teorię do prognozowania skutków eksploatacji podziemnej, zwłaszcza że w sposób prosty przekłada się na programy obliczeniowe. Jest stosowana nie tylko dla złóż węgla, ale i siarki (przy podziemnym wytopie również), rud, soli, a nawet złóż ropy naftowej. Wykorzystując tę teorię, w ostatnich latach bada się nowy problem – deformacji w postaci wypiętrzania powierzchni spowodowanej zalewaniem nieczynnych kopalń. I w tym przypadku teoria okazuje się niezwykle przydatna.

Na rysunku 365 pokazano niekę osiadania wg teorii Budryka–Knothe’go. Skutki dokonanej eksploatacji przenoszą się na powierzchnię w postaci **niecki osiadania**, której zasięg poza powstałą pustką przenosi się o wielkość „ r ” – **promień zasięgu wpływów głównych**, wyznaczoną **kątem zasięgu wpływów głównych** – „ β ”. **Maksymalne obniżenia powierzchni terenu** zależą od grubości wybranego złoża – „ g ”, oraz tak zwanego **współczynnika sposobu likwidacji pustki** – „ a ”. Ten charakteryzuje sposób postępowania ze zrobami, tj. czy dopuszczamy

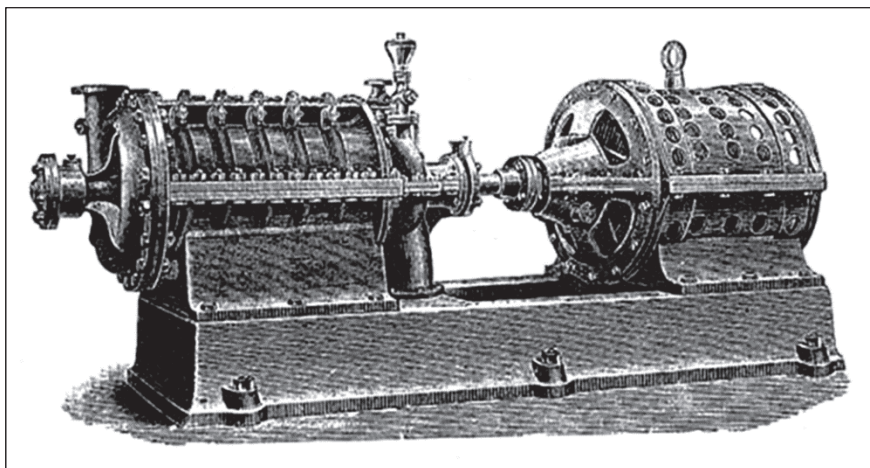
⁴⁴ **Stanisław Knothe**, urodził się w 1919 r. w Sosnowcu. Był związany z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie od 1947 r., kiedy to ukończył studia na Wydziale Górniczym tej uczelni. W 1950 r. obronił doktorat, a w 1954 r. uzyskał habilitację. W 1958 r. mianowany profesorem nadzwyczajnym, a w 1975 r. zwyczajnym. Dwukrotnie, w latach 1958–1960 oraz 1981–1984 sprawował funkcję dziekana Wydziału Górniczego AGH. W 1994 r. uczelnia ta przyznała mu tytuł doktora honoris causa. Specjalista w zakresie górnictwa, badacz ruchów górotworu i aerologii, współtwórca teorii opisującej wpływ eksploatacji na zachowanie powierzchni terenu. Członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk, członek czynny Polskiej Akademii Umiejętności. W latach 1981–1995 pełnił funkcję przewodniczącego Komitetu Górnictwa PAN, od 2005 r. przewodniczącego honorowego. Zmarł w 2015 r. w Krakowie.

samoczynny zawiał ($a = 0,7$), czy też zrobimy podszaszamy (np. podszaszaką hydrau-
licznk – $a = 0,15$).



Rys. 365. Profil niecki osiadania wedlug teorii Budryka-Knothego [117]

Oprócz obwałów i innych ruchów skał zagroženiem, jakie pojawilo się w ko-
palniach podziemnych już w neolicie, byla woda. Pamietamy starozytne koła
wodne, średniowieczne pompy tłokowe wykonane z drewna i pierwsze pompy
napędzane silnikiem parowym. Kiedy w kopalni pojawila się energia elektrycz-
na, powszechne staly się pompy wirowe (rys. 366).



Rys. 366. Pompa wirowa z silnikiem elektrycznym – lata 90. XIX wieku [160]

Kolejne lata w zakresie odpompowywania wody z podziemi przyniosk rozwój
pomp wirowych oraz wprowadzenie pomp głębinowych (rys. 367). Stosowane są

w szczególności w zamykanych kopalniach, w których zachodzi konieczność stałego pompowania wody, w tworzonych w szybach – studniach odwadniających.

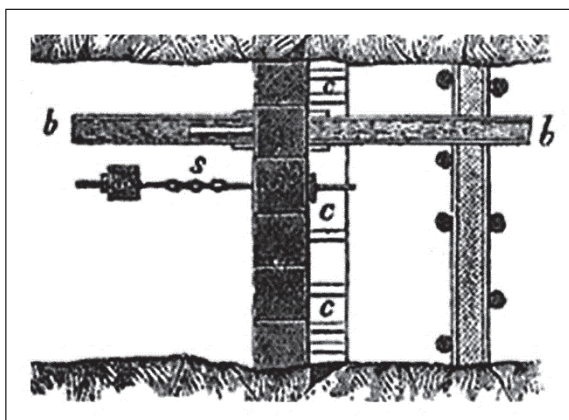


Rys. 367. Pompa głębinowa „Flygt” z serii 5000 [65]

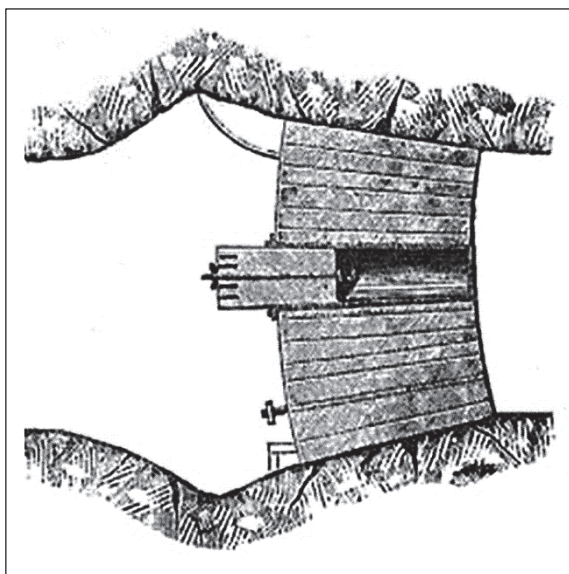
Ale zagrożenie wodne to nie tylko usuwanie wody dopływającej do wyrobisk. To również zabezpieczanie się przed **nagłym wdarcie**m wody do wyrobisk. Może ono nastąpić z powierzchni (w przypadku kataklizmu) lub ze zbiorników podziemnych. Taki przypadek wystąpił w 1881 r. w Sosnowcu. Zginęło wówczas 200 górników. Podobny wypadek miał miejsce w 1969 r. w kopalni w Dąbrowie Górniczej, gdzie wdarcie się osadów węglowych do wyrobisk odcięło 180 górników. Na szczęście udało się ich uratować. Gwałtowny dopływ wody („wdarcie się wody”) może powstrzymać tylko **tama wodna**.

Trudno ustalić, kiedy tamy wodne pojawiły się w kopalniach. Nie wspomina o nich Agricola (XVI w.). Czytamy o nich dopiero w literaturze na temat

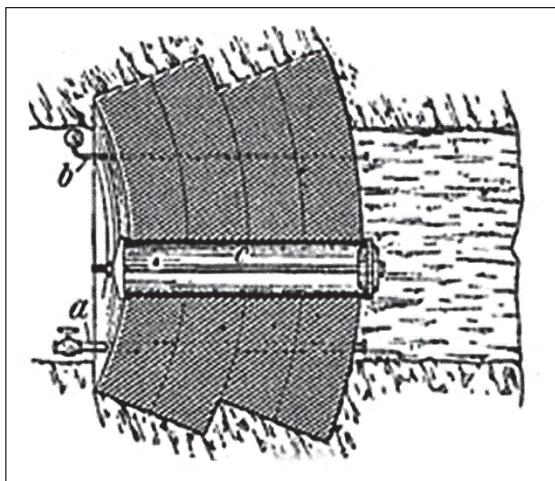
górnictwa XIX wieku. Pierwsze to tamy drewniane płaskie z belek dębowych (rys. 368). Stosuje się je przy spodziewanych niewielkich ciśnieniach wody. Kiedy jest spodziewane większe ciśnienie, stosuje się tamy sferyczne (sferoidalne) (rys. 369). Jeśli tama ma długo pełnić swą funkcję wykonuje się ją przez wymurowanie (rys. 370). Posiada jeszcze tę zaletę w stosunku do drewnianych, że łatwiej uzyskać szczelność.



Rys. 368. Tama wodna drewniana [160]



Rys. 369. Tama wodna drewniana, sferyczna [160]



Rys. 370. Tama wodna murowana (betonowa) [160]

Przedwierthy zaczęto stosować od połowy XIX wieku, kiedy w kopalni pojawiły się wiertnice, dochodząc wyrobiskiem do rejonu, w którym spodziewany jest zbiornik wodny. Jeśli zbiornik został zlokalizowany, łatwo jest otwór zamknąć i podjąć prace związane z likwidacją (np. poprzez spuszczenie z niego wody na poziom niższy).

Do poprawy bezpieczeństwa przyczynił się również rozwój hydrogeologii (lata 60. XX w.), zwłaszcza gdy rozpoznanie geologiczne zaczęło być coraz bardziej szczegółowe. Tak więc wiedza o rodzaju i charakterze wód podziemnych wraz ze stosowaniem przedwiertów i tam wodnych w zasadzie wyeliminowała to zagrożenie z większości kopalń.

Zagrożenie wodne stało się dodatkowo uciążliwe dla środowiska od połowy XX wieku z powodu dwóch oddziaływań. Pierwsze to wody kopalniane silnie zmineralizowane, które przed wprowadzeniem do sieci hydrologicznej muszą być odsolone, gdyż degradują hydrosystem. Drugim jest zagrożenie radiacyjne spowodowane obecnością pierwiastków promieniotwórczych rozpuszczonych w tych wodach. Koniec XX wieku przyniósł sposoby ograniczenia tych zagrożeń.

Od początku górnictwa zagrożeniem związanym z przewietrzaniem kopalni były „straszne opary”, czyli CO₂. Wprowadzenie wymuszonej wentylacji w istotny sposób je zmniejszyło. Od początku wprowadzenia ognia (łuczywo, lampki) pojawia się możliwość kontrolowania, czy górnik nie wchodzi do atmosfery ubogiej w tlen. Gaśnięcie ognia (światła) oznacza, że pojawia się zagrożenie uduszenia.

Tak jest przez cały okres używania otwartego ognia, od lampki oliwnej, przez oliwny kaganek górniczy (rys. 371) i lampkę karbidową – efekt wynalazku Woehlera z 1862 r. Jego pomysł rozwinął w 1892 r. Kanadyjczyk T. Wilson, i tak w kopalniach pojawiło się nowe źródło światła [27].



Rys. 371. Kaganki oliwne z XIX wieku

Górnice lampy karbidowe produkowano w dwóch odmianach. W obu dla zwiększenia natężenia światła za płomieniem umieszczone jest metalowe, sferyczne lustro. Jedna z odmian (wersja sztygarska) była wyposażona w lampkę w obudowie ze szkła (rys. 372), w wersji „dla górników” płomień nie był osłonięty (rys. 373). Lampki karbidowe stanowiły już dokładniejszy miernik zawartości tlenu w atmosferze. Przy 17% dymiły, przy 12% gasły.



Rys. 372. Lampka karbidowa dla dozoru



Rys. 373. Lampka karbidowa dla górników

Kiedy rozwiązano problem ze skonstruowaniem lamp wskaźnikowych bezpiecznych wobec metanu⁴⁵ i one były wskaźnikiem zawartości tlenu w atmosferze kopalnianej⁴⁶.

Wróćmy do CO₂, który jest efektem oddychania górników, ale i innych procesów (utleniania) zachodzących pod ziemią, w tym **pożarów podziemnych**. Powstawały one w kopalniach z kilku przyczyn. Kiedy do urabiania używano „podsadzania ognia” – on był ich głównym źródłem. Intensywny wzrost eksploatacji węgla kamiennego spowodował, że przyczyną największej ilości pożarów podziemnych stała **skłonność węgla do samozapalenia**. Pierwszym czynnikiem uznanym za ich powstawanie był piryt (FeS₂). Ziarna tego minerału towarzyszą często węglowi. Już w XVII wieku Plott zauważył [11], że piryt, łatwo się utleniając, podnosi temperaturę, co – po przekroczeniu temperatury zapłonu węgla, skutkuje pożarem. Wiedzano również, że aby nastąpił pożar, węgiel musi być rozdrobniony, a calizna mieć strukturę szczelinową. Zwracano również uwagę, że ognisko pożaru powstaje zawsze w pewnej odległości od ociosu. Wyciągnięto z tego wniosek praktyczny, że stosowanie systemów komorowych czy zabierkowych (pozostają resztki węgla – filary, nogi, które ulegają pokruszeniu) może skutkować pożarami w zrobach. Pod koniec XIX wieku wyodrębniono **wczesne oznaki samozapalenia**, zaliczając do nich „lekkie podwyższenie temperatury calizny węglowej, pojawienie się pary wodnej”, z czasem także „wydzielanie się różnych węglowodorów, które łatwo poznać po zapachu”. Zwrócono uwagę, że pod koniec okresu „nagrzewania” wydziela się tlenek węgla („ze wszystkich gazów najniebezpieczniejszy”) [160].

Jak wspominałem, pożary podziemne były przyczyną wielu tragedii. W 1896 r. w kopalni „Kleofas” zginęło 104 górników, zatrutych gazami pożarowymi. W 1923 r. w kopalni bytomskiej (Rozbark) zginęło 145 górników. To tylko najgłośniejsze przypadki. W latach 50. XX wieku w kopalniach polskich rejestrowano rocznie kilkaset pożarów.

Wróćmy do zjawiska samozapalenia. Teoria pirytowa dominowała w XIX w. Badacze (Parr) wykazywali, że samozagrzewaniu ulegają również węgle nie zawierające pirytu. Kluczowe stało się pytanie, jaki czynnik o tym decyduje. Pojawiła się więc teoria „utleniania substancji węglowej”. Wracano do teorii pirytowej.

⁴⁵ O lampach tych będę pisał, omawiając zagrożenie metanem.

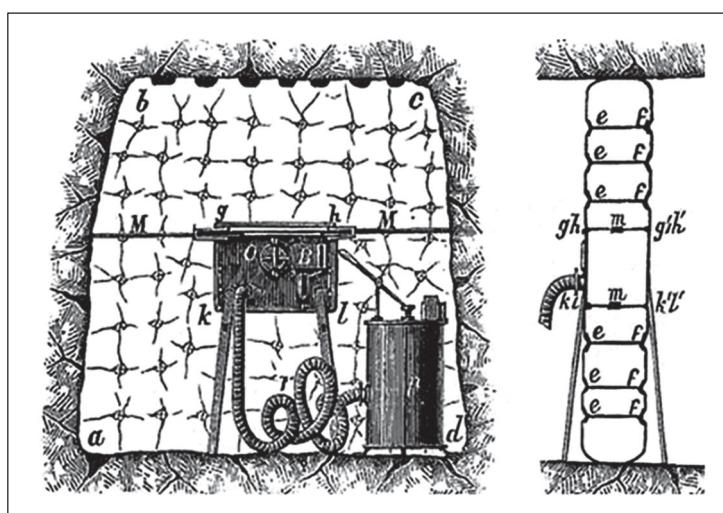
⁴⁶ Będę również pisał o innych metodach kontroli atmosfery kopalnianej i ich rozwoju.

Zwracano uwagę, że pewną rolę mogą odgrywać procesy fermentacyjne (teoria bakteryjna). Przeważał pogląd, że decydujące znaczenie ma adsorpcja tlenu na węglu. Prace te, prowadzone w początkach XX wieku, stanowiły podstawę do opracowania metod określenia **skłonności węgla do samozapalenia**. Opierały się na powiązaniu zjawiska z temperaturą zapłonu węgla (metoda się nie przyjęła, bo węgle zwietrzałe mają niską temperaturę zapłonu, a samozapaleniu nie ulegają) oraz zdolności do pochłaniania tlenu. Najbardziej obiecująca w latach 50. XX wieku okazała się metoda łącząca obie wymienione. G.L. Orleańska i W.S. Wesołowski [11] wykazali, że utleniając węgiel kwasem azotowym lub wodą utlenioną, obniża się temperaturę jego zapłonu. Im to obniżenie jest większe, tym skłonność węgla do samozapalenia większa. Metodę tę rozwinął w 1953 r. w swej pracy doktorskiej Z. Maciejasz. Opracował metodę określania skłonności do samozapalenia, opierającą się na pomiarze wzrostu temperatury próbki węgla zalanej perhydrole [11]. Pod koniec XX wieku opracowano nową metodę określania skłonności węgla do samozapalenia, z wykorzystaniem pomiaru wzrostu temperatury próbek węgla w strumieniach powietrza o temperaturach 273°C i 190°C. Opracowane wyniki pomiarów pozwalają na wyznaczenie wskaźników, według których następuje kwalifikacja skłonności do samozapalenia węgla do jednej z pięciu klas.

Gaszenie pożarów od początku realizowano na wiele sposobów. Jeśli był na to czas, rozgrzany węgiel wybierano, a miejsce podsadzano. Jeśli była podsadzka hydrauliczna, to ona stanowiła środek gaśniczy, jeśli nie – to tylko woda. Wiedząc, że pożar bez dostępu tlenu nie będzie się rozwijał, tamowano przepływ powietrza tamami drewnianymi (takimi, o jakich czytamy już u Agricoli), wykorzystywanymi jako tamy wentylacyjne. Pod koniec XIX wieku opracowano tamę pneumatyczną, za pomocą której szybko można było odciąć dopływ powietrza (rys. 374). Była to tama tymczasowa. Jeśli miała spełniać swe funkcje dłużej, budowano tamy murowe stałe.

Prace naukowe w Polsce prowadzone przez W. Budryka i jego uczniów doprowadziły do identyfikacji zjawisk, jakie towarzyszyć mogą pożarowi podziemnemu (zadymienie prądów głównych, odwrócenie prądów bocznych, cofanie się dymów, wtórne ogniska pożarów, wybuchy gazów pożarowych) oraz do opracowania wytycznych aktywnych i pasywnych metod gaszenia pożarów. Oprócz powszechnie stosowanych środków gaśniczych (woda, podsadzka hydrauliczna) w latach 70. XX wieku opracowano gaszenie pożarów środkami inert-

nymi (wtłaczanie azotu i gazów spalinowych w ognisko pożarowe), w latach 80. do profilaktyki zastosowano zawiesiny popiołowo-wodne, wprowadzane w gruzowisko zawałowe i pustki podziemne. Opracowano również wiele konstrukcji tam pożarowych. Działania te spowodowały, że pożary obecnie są rzadkością. Jednak z uwagi na znaczący majątek, jaki zaangażowany jest w urządzenia w wyrobiskach, zwłaszcza eksploatacyjnych, kiedy pożary w nich wystąpią i zostaną otamowane, kontroluje się je do czasu wygaśnięcia ogniska (badania temperatury i gazów). Po wygaszeniu w ramach akcji ratowniczej sprzęt się odzyskuje. Zatem pojawiły się problemy z dokładną analizą atmosfery kopalnianej. Służy temu nowoczesna chromatografia.



Rys. 374. Tama przenośna Wagnera [160]

W 1879 r. w zagłębiu Cévennes na terenie Belgii, w kopalni Agrapp, pojawiło się nowe zagrożenie. W trakcie drażenia chodnika do wyrobiska z czoła przodka w sposób gwałtowny zostały wrzucone rozdrobniony węgiel (430 Mg) i metan (500 tys. m³). Wypływający szybem metan zapalił się i spalał przez 2 godziny, dając 50-metrowy słup ognia. Zginęło 121 osób. Zjawisko to pojawiło się również w kopalniach czeskich i węgierskich w 1894 r., a w 1906 r. w Zagłębiu Donieckim. Później towarzyszyło wydobywaniu węgla w wielu zagłębiach, na wszystkich kontynentach, a wyrzuconymi gazami były metan, azot i dwutlenek węgla oraz (rzadziej) siarkowodór. Oprócz kopalń węgla (gdzie wyrzutem może zostać objęta

również skała płonna, np. piaskowiec) wyrzuty zdarzają się w kopalniach soli i rzadziej miedzi. Rekordowym, pod względem ilości masy wyrzuconej skały, sięgającej 100 tys. Mg i 700 tys. m³ CO₂, był wyrzut w 1953 r. w kopalni soli potasowej w Niemczech (NRD).

Stan zagrożenia sprawił, że na przełomie wieków (XIX i XX) niektóre kopalnie węgla we Francji i Belgii z tego powodu były zamykane [165].

W kopalniach polskich zagrożenie to najpierw dało znać o sobie w nieczynnym już dziś Zagłębiu Dolnośląskim. Występowały tam wyrzuty skał i CO₂. Pierwsze odnotowano pod koniec XIX w. W zagłębiu tym w latach 1894–1978 zanotowano 1534 wyrzuty, w których zginęło 461 górników. Największy wyrzut miał tam miejsce w 1958 r. w kopalni Nowa Ruda. W ciągu 15 minut spowodował on wyrzucenie 5 tys. Mg węgla i wydzielenie się ok. 750 tys. m³ CO₂. Obecnie zagrożenie wyrzutami skalno-gazowymi występuje w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej (węgiel + CH₄). Rejestrowane było na terenie kopalń do niej należących od 1967 r.

Pierwsze prace naukowe próbujące wyjaśnić zjawisko wyrzutu pojawiły się z początkiem XX wieku i związane są z nazwiskami takich badaczy, jak Becker, Briggs, Ruff, Herrmann [165]. Według nich spowodowane jest ono wyciśnięciem gazu ze zbiorników (w których gaz się znajduje) przez ciśnienie wywierane przez skały stropowe. Spowodować wyrzut może też naruszenie wytrzymałości filara pomiędzy wyrobiskiem a owym zbiornikiem. Pewną rolę przypisują również dynamicznemu oddziaływaniu na skały strzelań lub używaniu narzędzi urabiających. Przed II wojną światową przeważała opinia, że wyrzuty to skutek wzrostu ciśnień i naprężeń w górotworze [165]. Kiedy po wojnie udało się pomierzyć gazonośność skał (zawartość gazu w m³/Mg czystej substancji skalnej), uznano, że i ten parametr wpływa na skłonność skał do wyrzutu. Trzecim parametrem są własności fizykomechaniczne skały. Budryk łączył wyrzuty z mechanizmem tąpnięć. Liczni uczeni zwracają uwagę na rolę zaburzeń w zaleganiu złóż [165]. Bezsprzecznie z zagrożeń występujących w kopalniach wyrzuty są tymi, których przyczyny są najmniej poznane.

W celu ustalenia stopnia zagrożenia bada się wiele parametrów, sporządzając prognozy. Aby przewidywać możliwość wyrzutu w przodku, określa się wielkość i szybkość wzrostu ciśnienia gazu w wywierconym w caliznie otworze. Równolegle bada się desorpcję. Jeśli przekraczają przyjęte wartości graniczne, uznaje się, że wyrzut może wystąpić.

Podobnie jak w przypadku tupań stosuje się prewencję. Polega na odprężeniu albo odgazowaniu, co osiąga się przez uprzednią eksploatację pokładu chroniącego, to jest innego pokładu zalegającego wyżej lub niżej, dzięki czemu następuje odprężenie pokładu chronionego (tj. zagrożonego wyrzutami). Następnym środkiem przeciwdziałania wyrzutom jest odprężenie i odgazowanie pokładu zagrożonego odprężającymi otworami wiertniczymi. Stosuje się również strzelania odprężające i nawadnianie skał w celu zmniejszenia ich parametrów wytrzymałościowych. Za jedną ze skuteczniejszych uważa się metodę prowokowania wyrzutu. Polega ona na strzelaniu zwiększonymi ładunkami materiału wybuchowego w czasie, kiedy pod ziemią nie ma załogi.

Do zagrożeń gazowych zalicza się również zagrożenie metanowe. O występowaniu palnego gazu w skorupie ziemskiej wiedziano w starożytności⁴⁷. Pierwsze zetknięcie z nim górników prawdopodobnie miało miejsce w kopalni soli. W kopalni wielickiej według J. Wiewiórki i J. Charkota [233] zagrożenie metanowe „towarzyszyło zapewne górnikom już od XIII w.”. Jednak potwierdzenie istnienia tego niebezpieczeństwa, powodującego poparzenia, a nierzadko i śmierć, znajdujemy po raz pierwszy dopiero w pochodzącym z połowy XVI wieku poemacie Adama Schroetera (1564) pt.: *Opis salin wielickich*. Wybuchy metanu były zjawiskami lokalnymi, niepowodującymi poważnych następstw, nie były groźne dla struktury wyrobisk. Informacje o tym niebezpieczeństwie w źródłach historycznych pojawiają się dopiero w XVII wieku i do połowy XVIII stulecia są sporadyczne. Dopiero na przełomie XVIII i XIX wieku jego rejestracja w materiałach archiwalnych i opracowaniach jest obszerniejsza. Być może wpłynął na to fakt „odkrycia metanu przez Alessandro Voltę w latach 1776–1778, gdy badał gaz z mokradeł nad jeziorem Maggiore” [233].

Badania nad metanem w kopalniach soli przeprowadził berliński profesor Rose. Nieco szerzej o specyfice występowania tego gazu w złożu Wieliczki na podstawie własnych obserwacji pisali wieloletni pracownicy kopalni bracia Jan i Ludwig Hrdinowie [37]. Jan Brożek przy okazji opisywania eksploatacji soli w XVII wieku stwierdza, iż „w obrębie samych komór solnych często nafta tryskająca do ognia parzy wielu” [233], a były to wybuchy metanu. Na początku XIX wieku sądzono, iż jest to wodór lub gazy palne wodorowe, natomiast Jan Nepomucen i Ludwig Emanuel Hrdinowie w cytowanej pracy z 1842 r. określają

⁴⁷ Opis historii poznawania przez człowieka metanu podano w rozdziale omawiającym wiertnictwo XIX wieku.

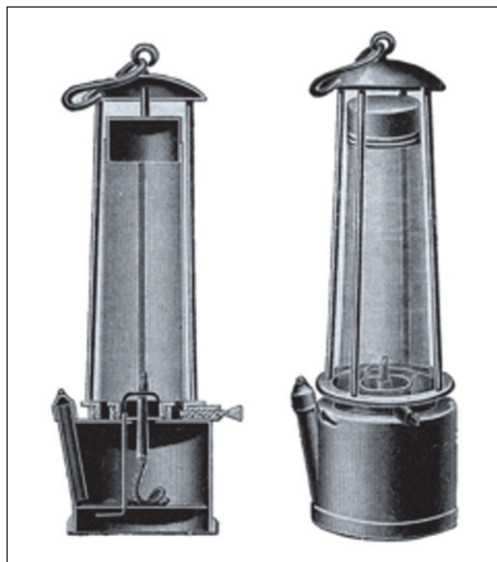
go gazem węglowodorowym. Jednak aż do okresu międzywojennego używa się potocznych określeń gaz lub gaz kopalniany.

Pierwszą szczegółową relację z wypływu wody, której towarzyszył gaz (metan), sporządził w 1778 r. Aleksander Heiter [233]. „Otóż 5 listopada o godz. 12.00 podczas drażenia podłużni Taras w zachodniej części poziomu I, w stropie pojawił się gwałtowny wypływ wody zmuszający pracujących tam piecowych [górników drażących wyrobisko poszukiwawcze – „piec”] do szybkiego opuszczenia stanowiska pracy. Po południu podczas kontroli miejsca zdarzenia doszło do wybuchu [metanu], który spowodował poważne poparzenia twarzy i rąk pięciu górników, a upadek od podmuchu – złamanie żebra u jednego z nich. Wydobywając się z przodka, płonął jeszcze przez kilka dni”. Kolejne wypływy metanu w kopalni wielickiej miały miejsce w latach: 1812, 1815, 1828, 1852 i 1898. Wypływy zdarzały się również na początku XX wieku. Źródłem inicjującym zapalenie się metanu (przy zawartości w powietrzu powyżej 15%) czy wybuch (zawartość metanu w atmosferze 5,3–15%) był otwarty ogień. Ostatni incydent z metanem w kopalni wielickiej zdarzył się w latach 70. XX wieku.

Z racji swej bezwonności metan nie był wykrywalny poza przypadkami, kiedy wypływał pod ciśnieniem. Rozpoznawano go wówczas po charakterystycznym syczeniu. Sytuację zaczęły zmieniać lampy olejowe skonstruowane przez

angielskiego fizyka Davy’ego (1815 r.) – rysunek 375, i w tym samym czasie przez G. Steaphensona, umożliwiające stwierdzenie obecności metanu w wyrobisku [27]. Ich istotą była osłona płomienia metalową siatką, a pojawienie się metanu sygnalizowała „aureola, pojawiająca się wokół niego”. Siatka chroniła przed wydostaniem się płomienia na zewnątrz, a więc lampa nie zapalała metanu. Lampa Steaphensona miała siatkę otoczoną kloszem szklanym.

Lampa bezpieczeństwa (bo tak ją z czasem zaczęto nazywać) opracowana przez dwóch wymienionych



Rys. 375. Lampa olejowa Dav’ego [100]

badaczy, zapoczątkowała wiele późniejszych rozwiązań. W 1857 r. Müssler nad szkłem dla odprowadzania gazów spalinyowych zamontował blaszany kominiek. W 1882 r. Wolf zamiast oleju użył benzyny. Zapewniło to znacznie mocniejsze, niemigocące światło. Aby zapalić lampę benzynową, należało zdemontować elementy otaczające knot. Kolejnym usprawnieniem było wprowadzenie do lampy wewnętrznej zapalniczki. Aby uczynić lampę bezpieczniejszą, konieczne było uniemożliwienie rozkręcenia jej (odstąpienia płomieni) pod ziemią. Najpierw dzięki specjalnym kluczom przechowywanym na powierzchni, potem (po 1870 r.) dzięki skonstruowaniu zamka elektromagnetycznego. Tak powstała używana do dzisiaj benzynowa lampka wskaźnikowa (rys. 376).



Rys. 376. Współczesna górnicza
lampa bezpieczeństwa
(„wskaźnikowa”)

Odnotujmy jeszcze, że w początku XX wieku Haber i Leiser zaproponowali głośnik gazowy, wykorzystujący zjawisko wpływu gęstości gazu na ton dźwięku w piszczałce. Zatem im wyższa była zawartość metanu w atmosferze, tym dźwięk wydawany przez piszczałkę miał wyższy ton [234]. Pomysł nie znalazł praktycznego zastosowania.

Około 1910 r. niemiecka firma Carl Zeiss-Jena zaproponowała interferometr gazowy, wykorzystujący zjawisko różnego współczynnika załamania światła przechodzącego przez atmosferę w zależności od zawartości w niej metanu [234]. Przyrząd oparty był na pracach Michelsona, który w 1907 r. uzyskał za nie Nagrodę Nobla.

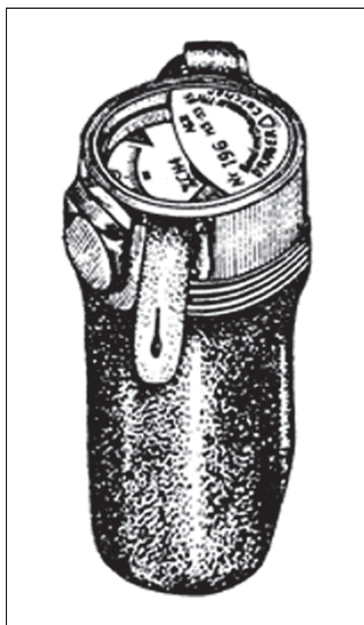
Współczesną wersję tych metanomierzy przedstawia rysunek 377.

Wykorzystując mostek Wheatstone’a, opracowano metanomierze żarowe (rys. 378). Działają na zasadzie pomiaru zmieniającej się wielkości elektrycznej, spowodowanej zmianą zawartości metanu. Po przeliczeniu uzyskuje się zawartość metanu w atmosferze. Metanomierze żarowe okazały się dokładniejsze od interferencyjnych.



Rys. 377. Metanomierze interferencyjne – koniec XX wieku

W latach 60. XX wieku wprowadzono metanomierze termokatalityczne, a nieco później detektory wykorzystujące pochłanianie promieniowania podczerwonego przez metan.



Rys. 378. Metanomierz żarowy – lata 70. XX wieku [23]

Bezpieczeństwo w kopalniach uległo znacznej poprawie, kiedy w połowie XX wieku wprowadzona została **metanometria**. Metanomierze stacjonarne montowane w wyrobiskach przekazywały sygnał do central telemetrycznych mieszczących się na powierzchni kopalni. Pierwsza tego typu aparatura pracowała w kopalniach francuskich, zachodnioniemieckich i belgijskich [23]. Umożliwiała rejestrację wyników pomiarów z 40 czujników pomiarowych, mierząc nie tylko zawartość metanu w atmosferze, ale i prędkość przepływającego powietrza. Pojawiły się różne wersje systemu. Najpierw dokonywał tylko pomiaru i alarmował w przodku sygnałem dźwiękowym przekroczenie założonego poziomu metanu. Kolejno poprzez sygnał elektryczny następowało automatyczne wyłączanie prądu w urządzeniach znajdujących się w kontrolowanym rejonie.

Rozwój systemów metanometrycznych w polskim górnictwie rozpoczął metanomierz typu „Barbara-ROW”, który automatycznie wyłączał energię elektryczną za pomocą urządzenia typu WSA-3 w zagrożonym rejonie i transmitował wynik pomiaru na powierzchnię. Został skonstruowany przez zespół pracowników Kopalni Doświadczalnej „Barbara” pod koniec lat 60. XX wieku.

Wprowadzenie komputerów znacznie rozwinęło możliwości systemu metanometrycznego. W Polsce taki system informatyczny (CMC1/2 – Cyfrowa Metanometryczna Centrala) opracowano na przełomie lat 70. i 80. XX wieku. Bazą sprzętową systemu był minikomputer PRS-4. Dzięki współpracy z francuską firmą OLDHAM oraz wprowadzeniu do polskich kopalń centralnych systemów dyspozytorskich typu CTT-63/40U, współpracujących z centralnie zasilanymi czujnikami do pomiaru niskich i wysokich stężeń metanu (CMI, CKA) oraz termistorowymi czujnikami prędkości przepływu powietrza typu ATM, powstał kolejny system. W następnych latach, na podstawie umowy licencyjnej zawartej z firmą OLDHAM, w ZEG Tychy uruchomiono krajową produkcję tych urządzeń pod nazwą CTT-63/40Up. Kolejne kroki związane były z budowaniem coraz to nowych systemów metanometrycznych. Oprócz kontroli metanu wyposażane były w czujniki pożarowo-wentylacyjne (tlenku węgla i dwutlenku węgla, tlenu, dymu, przepływu powietrza oraz temperatury powietrza, ewentualnie również temperatury górotworu), barometrię automatyczną (ciśnienie bezwzględne, temperatura oraz wilgotność). Doprowadziły do powstania (początek XXI w.) systemów zintegrowanych, to jest monitorowania zagrożeń naturalnych z systemami alarmowo-rozgłoszeniowymi oraz lokalizacji załóg górniczych. Obecnie pracuje się nad nowoczesnymi technologiami teleinformatycznymi mogącymi mieć zastosowanie w górnictwie, w których istotną rolę odgrywają metanomierz z bezprzewodową transmisją danych.

Współcześnie metanometria dysponuje czujnikami wielu parametrów: stężenia metanu, stężenia tlenku węgla, stężenia tlenu, stężenia wodoru, dwutlenku węgla, gazów toksycznych, prędkości przepływu powietrza, różnicy ciśnień.

Wraz z doskonaleniem badań podstawowych nad występowaniem gazów w skałach systemy gazometryczne, metody pomiaru **gazoności** skał oraz tworzenie klasyfikacji kopalń, rejonów i pokładów pod względem zagrożenia uzupełniane są **odmetanowaniem** kopalni. Zostało ono wprowadzone w latach 70. ubiegłego wieku. Polega na odwiercaniu otworów (z powierzchni i z wyrobisk podziemnych) do złoża i odsysaniu metanu. Ujęty gaz stanowi surowiec energetyczny.

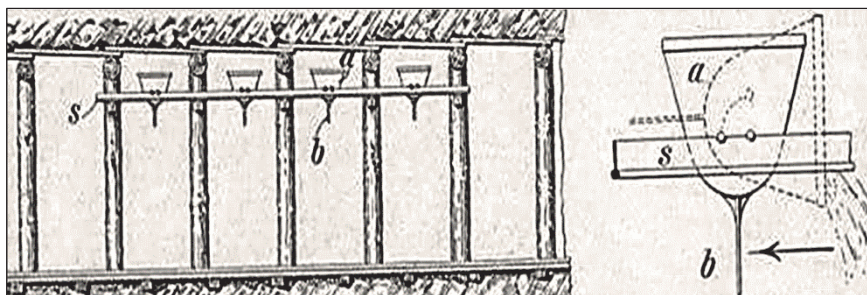
Zagrożeniem, które również było przyczyną wielu tragedii, są **wybuchy pyłu węglowego**. Są one egzotermiczną reakcją chemiczną, przebiegającą w bardzo krótkim czasie, powodującą powstanie znacznej ilości gazów, w wyniku czego następuje gwałtowny wzrost ciśnienia, który w postaci fali podmuchu rozprzestrzenia się od miejsca zainicjowania wybuchu. Dziś wiemy, że wybuch może wystąpić, gdy powstanie mieszanina pyłu (zawierającego co najmniej 10% bezwodnej i bezpopiołowej substancji węglowej) z powietrzem o minimalnym stężeniu powietrza 50 g/m^3 . Optymalnym stężeniem dla zaistnienia wybuchu jest zawartość 300–500 g pyłu w metrze sześciennym powietrza. Źródłem zapłonu dla wytworzonej mieszaniny jest temperatura $550\text{--}1400^\circ\text{C}$. Wybuch pyłu może być zainicjowany wybuchem metanu, pożarem podziemnym, detonacją materiału wybuchowego, iskrą elektryczną lub otwartym ogniem. Wybuch pyłu węglowego był przyczyną jednej z największych katastrof górniczych. W 1906 r. we francuskiej kopalni Courrières zginęło 1099 górników.



Rys. 379. Zraszanie ociosu wodą
(zmywanie nagromadzonego pyłu węglowego) [160]

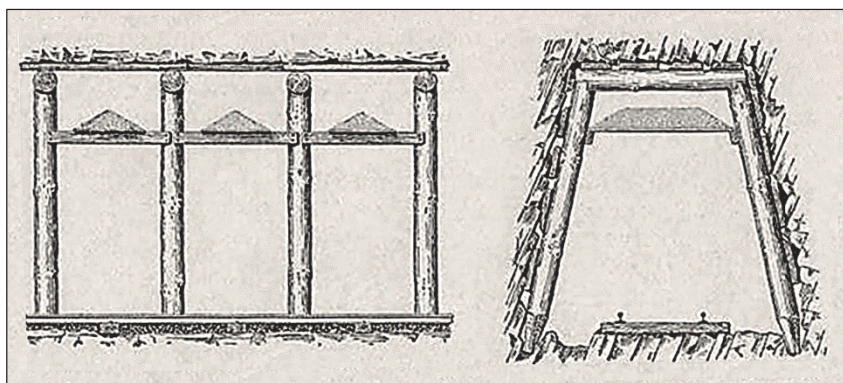
Pierwszymi środkami stosowanymi od początku XX wieku dla przeciwdziałania wybuchom było niedopuszczenie do pojawienia się mieszaniny wybuchowej. Ten stan uzyskiwano, zraszając pył w przodku wodą (rys. 379). Następnie zaczęto właczać wodę do otworów wiertniczych (ciśnienie do 4 MPa) i zatykać je kołkami [160]. Wybuch MW rozpyłał ją w przodku, a równocześnie obniżał

temperaturę. Z czasem pojawiły się zbiorniki z wodą wieszane na obudowie. Podmuch powietrza spowodowany wybuchem zrzucił zbiorniki, co również powodowało zraszanie pyłu (rys. 380).



Rys. 380. Zapora wodna [160]

Podczas wybuchu w 1886 r. w Anglii zaobserwowano, że w chodniku, w którym nagromadzone były duże ilości pyłu ze skały płonnej, nastąpiło przerwanie łańcucha wybuchu. W.E. Gawroth i J. Taffanzl, w wyniku badań prowadzonych na początku XX wieku, zaproponowali zastosowanie **pólek z pyłem kamiennym** do tamowania wybuchów pyłu węglowego (rys. 381) [160]. Pył kamienny zrzuty z pólek zmieniał udział pyłu węglowego w powietrzu tak, aby nie osiągnął on stężenia progu wybuchowości.



Rys. 381. Zapora pyłowa (półki z pyłem kamiennym) [160]

Metody sprzed ponad wieku stosowane są do dzisiaj w kopalniach zagrożonych wybuchem.

Ratownictwo górnicze

Pomimo trwałego postępu w działaniach na rzecz poprawy bezpieczeństwa katastrofy w kopalniach zdarzają się. I to niestety wiele z dużą liczbą poszkodowanych. Siłą rzeczy pojawił się w obyczajowości górniczej silniejszy niż w innych zawodach obowiązek pomocy towarzyszowi pracy.

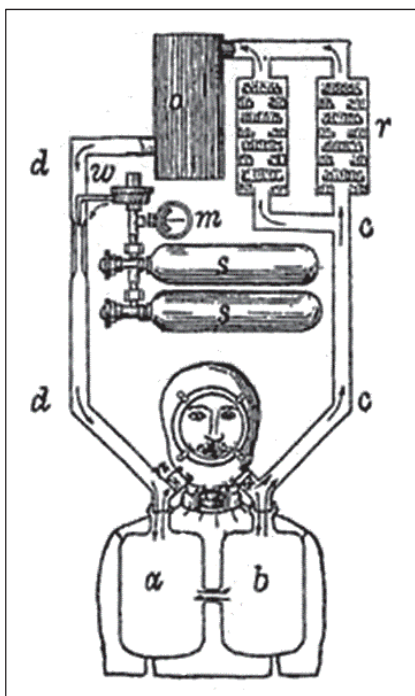
Praktyka dowiodła, że w wielu przypadkach udzielający pomocy, ratujący drugiego, musi posiadać znacznie większy zasób wiedzy niż szeregowy górnik, musi więc zostać dodatkowo przeszkolony. Musi także dysponować specjalistycznym sprzętem, którego nie ma w wyposażeniu oddziałów wydobywczych. Zatem w XIX wieku zaczęto tworzyć brygady ratunkowe, konstruować przyrządy ratunkowe i organizować „stacje ratunkowe” [160].

Stacje te (dziś mówimy **stacje ratownicze**) tworzone przy kopalni. W niektórych budowano (np. westfalska kopalnia Hibernia) specjalne pawilony do ćwiczeń, w których modelowano wyrobiska wraz z wyposażeniem. Do celów ćwiczeń były one sztucznie zadymiane. Rozpoczęto również badanie wydolności organizmów **ratowników** [160].

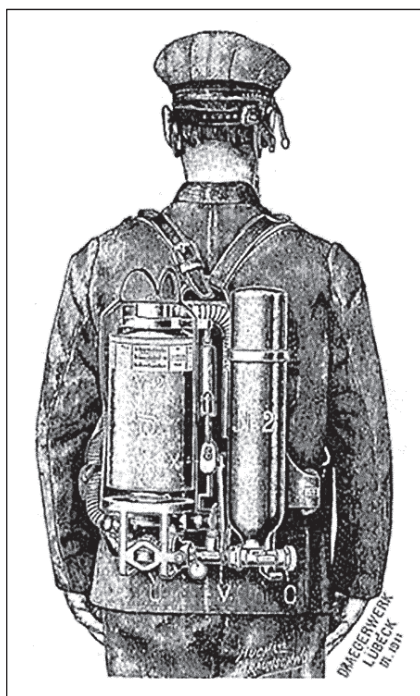
Pierwszym przyrządem ratunkowym była „półmaska z gąbką nasączoną wodą” umożliwiająca oddychanie w dymach pożarowych [27]. Następnie zaczęto korzystać z „przyrządów ze zbiornikami powietrza stale umieszczonymi” (**aparaty ratunkowe**, ale podłączone węzem do zbiornika z powietrzem). Pojawiły się w latach 30. XIX wieku. Wzory zaczerpnięto ze straży pożarnej. Ograniczeniem był zasięg nie większy niż 200 m od zbiornika. Odtąd pracowano nad „pneumatoforami i pneumatogenami”, czyli przodkami współczesnych aparatów ratunkowych z przenośnym zbiornikiem tlenu lub posiadających możliwość regeneracji wdychanego powietrza. Na pomysł regeneracji powietrza wpadł w 1854 r. Schwann [160]. Jego wynalazek nie został wdrożony.

Kolejne wersje tlenowego aparatu oddechowego powstały w 1879 r. Henry Fleus zaprojektował aparat dla nurków. Przetestował swoje urządzenie, spędzając godzinę w zanurzeniu w zbiorniku na wodę, a następnie nurkując na głębokość 5,5 m na otwartej wodzie. Aparatura została później kilkakrotnie użyta do ratowania pracowników górniczych w zatopionych wyrobiskach. Dopiero w 1906 r. firma Drager zbudowała aparat specjalistyczny przeznaczony dla ra-

towników górniczych (rys. 382). Składał się z worków oddechowych (ab), do których wchodziło powietrze wydychane, skąd przewodem (cc) przechodziło do regeneratora (r) i dalej do oziębiacza (o). Oziębione powietrze przechodziło przewodem (d), do którego z butli (ss) dodawany był tlen. Wzbogacone powietrze trafiało do worka oddechowego. Aparat po kilku latach został udoskonalony. Wprowadzono jedną butlę i jeden regenerator (rys. 383), ważył 17 kg [160]. Ważnym i wciąż udoskonalanym elementem był automat płucny („wytryśnik”) dozujący tlen.



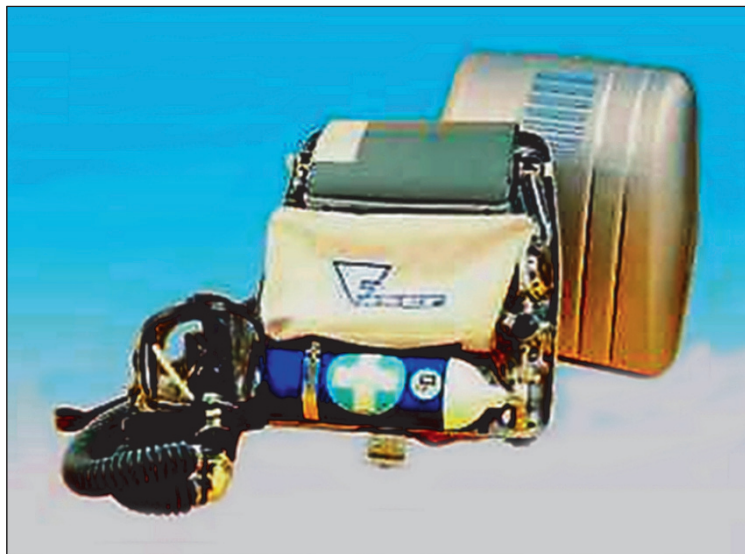
Rys. 382. Schemat górniczego aparatu ratunkowego firmy Dreger – ok. 1910 r. [160]



Rys. 383. Górniczy aparat ratunkowy Firmy Dreger – ok. 1915 r. [160]

W następnych latach kilka firm, takich jak Westfalia, Tissot czy Baberger Boeck, opracowywało własne propozycje. Różniły się sposobem podawania powietrza do dróg oddechowych (oddychanie nosem lub ustami) i technicznym rozwiązaniem temu służącym, jak również rodzajem substancji stosowanej w regeneratorze (potaż, nadtlenuk sodu).

Rozwój aparatów do dzisiaj nie zmienił zasadniczo zasady ich pracy. Prezentowany na rysunku 384 aparat tlenowy roboczy W-70 produkcji firmy Eurofaser waży 14,5 kg i pracuje nieprzerwanie 4 godziny.



Rys. 384. Górniczy aparat tlenowy roboczy W-70 produkcji firmy Eurofaser (2015) [55]

Zagrożenie wyrzutami CO_2 spowodowało, że zaczęto produkować **aparaty ucieczkowe**. Mają one służyć górnikom, którzy znaleźli się w atmosferze beztlenowej. Aparaty te dostarczają tlen z butli, w którą są wyposażone.

Do wycofywania się z atmosfery zawierającej tlenek węgla, ale i tlen w ilościach dostatecznych do oddychania, służą **pochłaniacze ochronne**. Na drodze reakcji chemicznej toksyczny CO jest utleniany do CO_2 . W aparat taki (obecnie POG-7 – rys. 385) jest wyposażony każdy górnik.

Na koniec opisu górniczych służb ratowniczych kilka słów o ich historii na Górnym Śląsku. Pierwsze przepisy o ich funkcjonowaniu wydano w Prusach w 1900 r. Na ich podstawie w 1907 r. utworzono w Bytomiu Górnośląską Centralną Stację Ratownictwa Górniczego. Taką samą utworzono w 1919 r. w Sosnowcu dla Zagłębia Dąbrowskiego. W okresie międzywojennym (kiedy Bytom należał do Rzeszy) polska stacja ratownicza powstała w 1925 r. w Pniowcu. Po kilku miesiącach przeniesiono ją do Mikołowa. Tak powstała zasłużona dla polskiego

górnictwa Kopalnia Doświadczalna „Barbara”. Po II wojnie światowej centralna stacja wróciła do Bytomia, a kopalnia doświadczalna zajmowała się jedynie badaniami. Stację centralną zaczęły wspierać stacje okręgowe (w Jaworznie, Tychach, Wodzisławiu Śląskim, Zabrze), w tym specjalistyczne (dla górnictwa ropy i gazu).



Rys. 385. Pochłaniacz POG-7 [56]

Wróćmy do początków...

...czyli techniki „kopania dołów”, a więc do górnictwa odkrywkowego. Przez tysiąclecia, kiedy postęp techniczny tworzony był przede wszystkim pod ziemią, kopalnie odkrywkowe pozyskiwały głównie kamień, wapień, żwir i piasek. Sposobem tym zaczynało się eksploatację każdej kopaliny, której złoża miały wychodnie. W niektórych przypadkach, kiedy trzeba było pozyskać blok kamienny o znacznych rozmiarach, umiejętności górnika musiały wyjść poza łopatę, kilof czy proste urabianie materiałami wybuchowymi. Również płukanie złota wymagało

poszerzonej wiedzy. Jednak prawdziwa mechanizacja i postęp rozpoczęły się, kiedy pojawiły się maszyny, a na masową skalę zaczęto wydobywać węgiel brunatny (rys. 386).



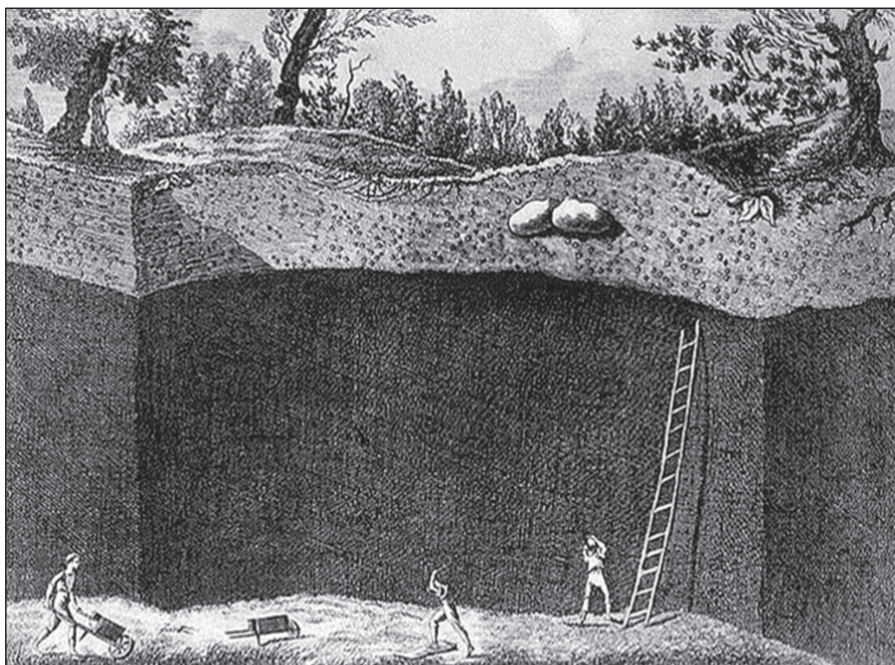
Rys. 386. Węgiel brunatny

Zacznijmy od przypomnienia kilku informacji podstawowych. Węgiel brunatny to surowiec powstały ze szczątków roślin obumarłych bez dostępu powietrza w młodszym okresie ery kenozoicznej – neogenie – trwającym od 23,03 mln do 2,58 mln lat temu. Zawartość węgla (pierwiastka) wynosi 62–75%, wartość opałowa waha się od 7,5 do 21 MJ/kg. Zalega stosunkowo płytko, stąd łatwo było do niego dotrzeć. Jego walory paliwowe człowiek poznał prawdopodobnie przypadkowo i stosował go na własne potrzeby, podobnie jak torf, o którego wykorzystywaniu jako paliwa na wybrzeżu Morza Północnego pisze Pliniusz. Także arabski podróżnik z X wieku pisze o „łatwo palnej ziemi”.

Początki wykorzystywania torfu i węgla brunatnego na większą skalę łączy się z deficytem drewna, jaki zaczęto obserwować od końca XVI wieku [72]. Torf wydobywany przy okazji pozyskiwania gliny dla potrzeb ceramiki okazał się, po wysuszeniu na słońcu, materiałem łatwo palnym. Z początkiem XVII wieku w okolicach dzisiejszych Bonn, Kolonii i Aachen zaczęto go wydobywać na większą skalę. Kopano doły, używając łopaty, a produkt po wysuszeniu zagęszczano w naczyniach. W postaci krążków stanowił produkt handlowy.

Za początki wydobywania węgla brunatnego przyjmuje się rok 1698, kiedy to w okolicach Monachium uruchomiono jego wydobywanie. Niektóre źródła [72] cofają tę datę aż do 1382 r., kiedy to w okolicach Halle/Saale miała znajdować się kopalnia wydobywająca ten surowiec.

Około 1740 r. miejscowa ludność w okolicach Turoszowa zaczęła eksploatować kilkumetrowej grubości wkładki węgla zalegające wśród ilów [211]. 30 lat później zaczęto tam eksploatację węgla brunatnego na szerszą skalę. Stosowano system odkrywkowy (rys. 387) oraz płytkie szyby (tak zwane dukle – rys. 154).



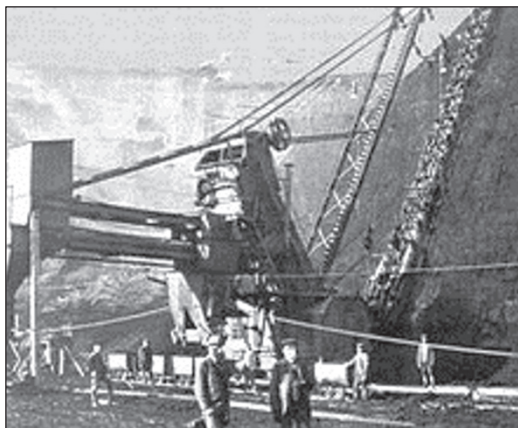
Rys. 387. Eksploatacja odkrywkowa węgla brunatnego –
okres przed mechanizacją [73]

Kolejne informacje pochodzą z okolic Gubina, gdzie w 1800 r., wydobywając ziemię alunową, pod jej warstwą odkryto węgiel brunatny. Zaczęto go wydobywać metodą odkrywkową. Eksploatację przerwał pożar, który ugaszono, zasypując ognisko piaskiem [29]. Wiercenia przeprowadzone przez zawiązaną spółkę górnictw odkrywają kolejne złoża. Tak powstaje rejon wydobywczy – Gubin i kolejne inne (Nadrenia – 1830, Zielona Góra – 1840, Saksonia-Anhalt – 1856,

Łużyce – 1866). Uruchamiano kopalnie odkrywkowe i płytkie kopalnie podziemne. W 1852 r. ukazała się mapa Brandenburgii z zaznaczonymi złożami węgla brunatnego [207]. Szybki rozwój górnictwa węgla kamiennego spowodował, że w połowie XIX wieku wydobywanie węgla brunatnego spadł, choć zaczęto się go sprzedawać w postaci brykietów. Służyły temu wdrożone około 1880 r. prasy parowe. Pod koniec XIX wieku, kiedy koło Aachen powstaje duża brykietownia, wydobywanie znowu wzrasta. Przełomem w produkcji węgla brunatnego staje się uruchomienie pierwszej elektrowni opalanej tym paliwem. Elektrownię o mocy około 1 MW zbudowano w 1899 r. Zaopatrywała w prąd miejscową cukrownię. Pierwszą elektrownię zawodową uruchomiono w 1914 r. (elektrownia Weisweiler) [71].

Nieco wcześniej do kopalń odkrywkowych wprowadzono koparki mechaniczne zbierające nadkład, jak i wybierające pokład. Wykorzystano doświadczenia, jakie zebrano przy konstrukcji koparki do celów budowy kanałów żeglownych [33].

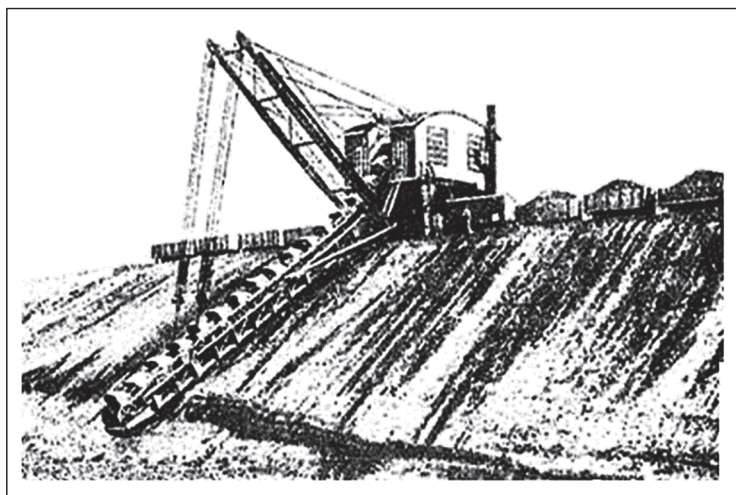
Konstrukcje koparek na przełomie XIX i XX wieku powstawały głównie dla potrzeb robót ziemnych, budowlanych, pogłębiania i budowy kanałów.



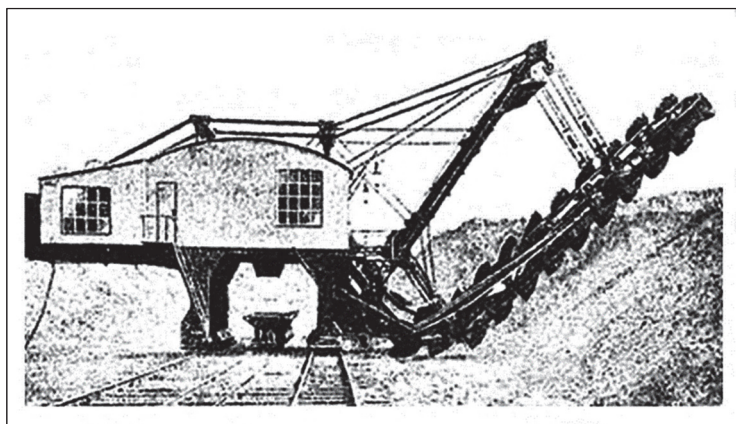
Rys. 388. Koparka Iron Man – 1907 r. [72]

Pierwsze duże maszyny zastosowano w 1859 r. przy budowie Kanału Sueskiego. Pierwsza koparka pojawiła się w 1907 r. w kopalni Brühl Gruhlwerk i otrzymała nazwę „Iron Man” (rys. 388). Zapoczątkowała szybki rozwój tych maszyn. Maszyny pracujące w kopalniach odkrywkowych to koparki czerpakowe – łańcuchowe (zwane wtedy wiadrowymi). Pracowały jak „Iron Man”, urabiając

skarpe powyżej swego usytuowania (nadsiębiernie) lub poniżej (podsiębiernie) (rys. 389).



Rys. 389. Koparka czerpakowa – łańcuchowa, podsiębierna – początek XX wieku [160]

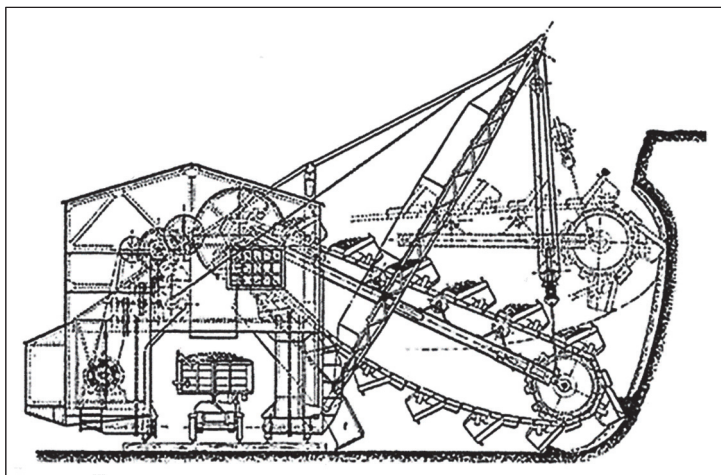


Rys. 390. Koparka łańcuchowa uniwersalna – początek XX wieku [160]

Stosowano również koparki uniwersalne (nad- i podsiębiernie) (rys. 390). Posadowione były na podwoziu kołowym, szynowym. Ich konstrukcja pozwalała na ładowanie urobku do wagoników poruszających się po szynach. Miały jeden bądź wiele silników elektrycznych. Wprowadzenie koparek pozwoliło na

eksploatację złóż zalegających pod nadkładem o grubości większej od pokładu węgla. Wcześniej, z uwagi na pracochłonność, było to nieopłacalne [160].

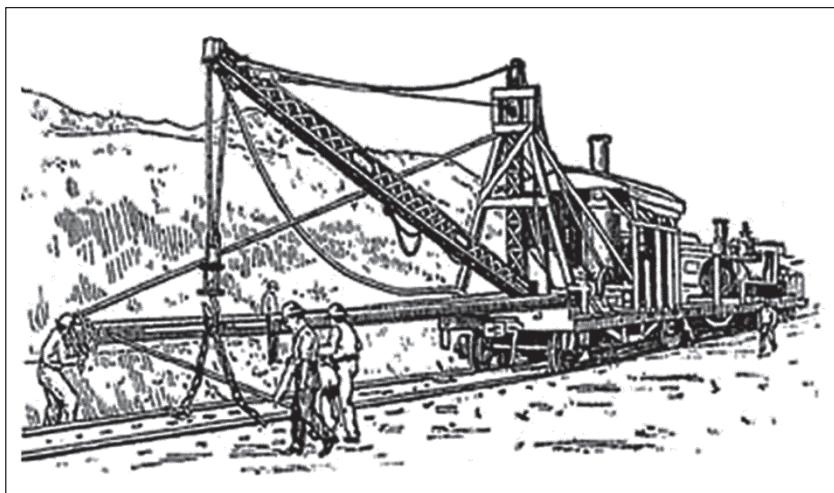
Drugą rodziną koparek, jakie zastosowano w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego, były maszyny z kołowym układem wieloczerpakowym (rys. 391). Jej pierwowzorem była koparka zbudowana w Kalifornii w 1905 r., stosowana do wykonywania rowów melioracyjnych.



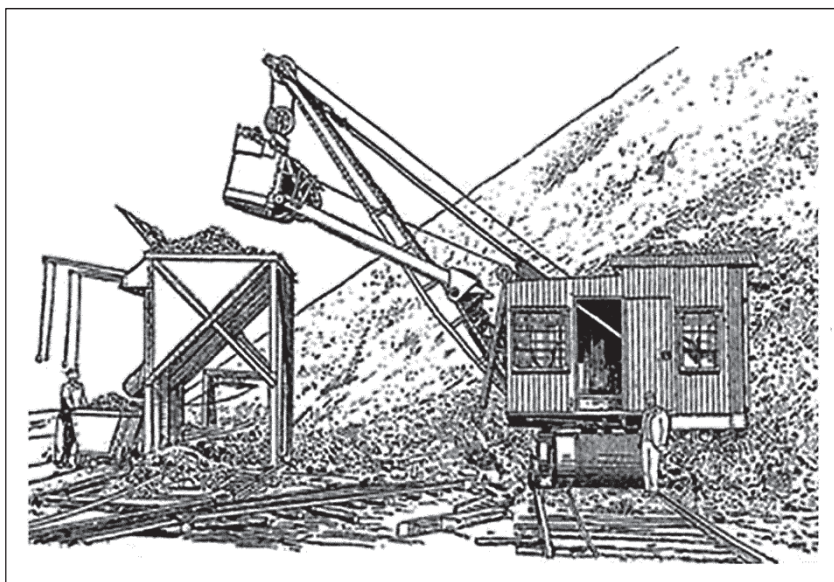
Rys. 391. Koparka z kołowym układem wieloczerpakowym – początek XX wieku [160]

Koparki, jak wspomniano, posadawiane są na torach. W miarę postępu przodka tor należy przesunąć. Te bardzo pracochłonne roboty wykonywać musiało kilkudziesięciu ludzi, posługując się łomami i drągami. Ułatwienie tej czynności miała przynieść maszyna zbudowana na początku XX wieku w Ameryce (rys. 392). Kilka lat później rozwiązanie służące opracowaniu tego samego celu powstało w Niemczech [160].

Wprowadzenie maszyn spowodowało określenie optymalnych parametrów systemu eksploatacji (o czym dalej). Oczywistym kierunkiem wybierania węgla brunatnego były systemy odkrywkowe. Niemniej w pierwszym okresie jego wydobywania przy złożach głębszych (nadkład grubszy od grubości złoża) stosowano również model kopalni podziemnej. Były to na ogół kopalnie dwuszybowe, wybierające systemami komorowymi niewielkie ilości urobku. Kiedy schodziły poniżej poziomu wód gruntowych, koszty odwodnienia powodowały nierentowność ich funkcjonowania. Stąd w XX wieku stały się rzadkością.



Rys. 392. Maszyna do przesuwania torów, konstrukcja amerykańska – początek XX wieku [160]



Rys. 393. Koparka jednołyżkowa – początek XX wieku [160]

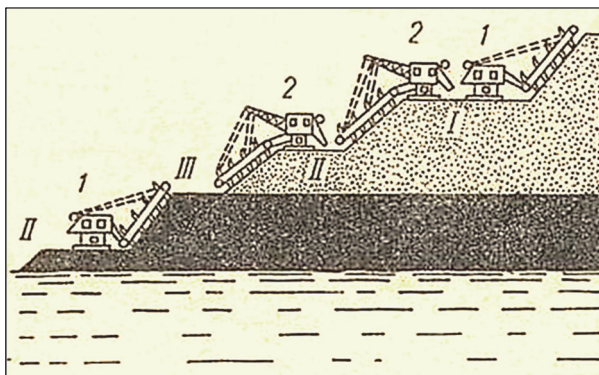
W kopalniach kruszyw mechanizację rozpoczęły pogłębiarki szuflowe („koparki jednołyżkowe”) (rys. 393). Ich pierwowzorem była koparka parowa wynaleziona przez Williama Otisa, który otrzymał na swój wynalazek patent

w 1836 r. (rys. 394). Ze względu na masę maszyny zachodziła konieczność instalowania tymczasowego torowiska, po którym maszyna mogłaby się poruszać. Koparki przystosowane były do urabiania skał o większej zwięzłości. Z czasem zmieniono system jezdny tych koparek. Podwozie szynowe zastąpiono oponowym lub gąsienicowym.



Rys. 394. Jednoślzkowa koparka parowa – połowa XIX wieku [87]

Mechanizacja, jak wspomniałem, wymusiła elementy systemu eksploatacji. Kopalnie węgla brunatnego udostępniano wkopami. Roboty przy zbieraniu nadkładu i urabianiu złoża prowadzone są na poziomach (rys. 395).



Rys. 395. Schemat (przekrój) kopalni odkrywkowej – wglębnej – lata 30. XX wieku [9]

Współczesne koparki to giganty. Największa z nich to Bagger 288 zbudowana w 1978 r. (rys. 396). Dzienna jej wydajność wynosi 240 tysięcy ton węgla lub 240 tysięcy metrów sześciennych nadkładu, co stanowi równowartość dołu wielkości boiska piłkarskiego o głębokości 30 metrów. Węgiel wydobywany przez Baggera w ciągu jednego dnia mieści się na 2400 wagonach. Długość koparki wynosi około 240 metrów, a jej wysokość to 96 metrów. Do pracy koparka potrzebuje dostarczenia 16,56 megawatów energii elektrycznej. Szerokość podwozia głównej części koparki to 46 metrów, a całość porusza się na trzech rzędach po cztery zespoły gąsienicowe, z której każdy zespół ma 3,8 metra szerokości. Stosunkowo duża powierzchnia gąsienic oznacza, że nacisk maszyny na podłoże jest niewielki i wynosi około $17,1 \text{ N/cm}^2$. Średnica samej głowicy koparki to 21,6 m. Głowica wyposażona jest w 18 czerpaków, z których każdy pomieścić może $6,6 \text{ m}^3$ urobku.



Rys. 396. Koparka Bagger 288 [80]

W początkach rozwoju wprowadzania koparek transport realizowany był kołowo po szynach. Wagony ciągnęły parowozy. Z chwilą, kiedy kolej zaczęła stosować lokomotywy elektryczne (ok. 1900 r.), pojawiły się one również w kopalniach odkrywkowych (rys. 397). W latach 50. wprowadzono transport przenośnikami taśmowymi.



Rys. 397. Transport szynowy współpracujący z koparką –
lata 30. XX wieku [40]

Dzisiaj w odkrywkowej kopalni węgla brunatnego jest to podstawowy środek odstawy (rys. 398), mający znaczące wymiary: szerokość taśmy ponad 2 m, długość kilka kilometrów. Taśmociągi realizują odstawę na kilkadziesiąt kilometrów.

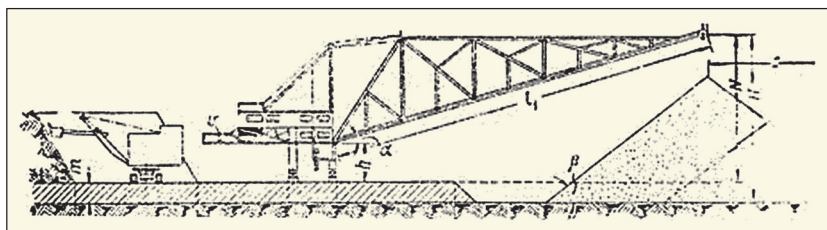


Rys. 398. Układ taśmociągów transportujących węgiel brunatny – KWB Turów

Eksploatacja odkrywkowa wymagała rozwiązania problemu nadkładu. Jak wspomniałem, do czasu wprowadzenia koparek jego grubość nie przekraczała grubości złoża. Mechanizacja spowodowała, że objętość mas skalnych i ziemnych wymagała nie tylko miejsca dla utworzenia hałdy (z czasem nazwanej **zwałem/zwałowiskiem**), ale i zastosowania środków do transportu i formowania bryły zwału.

Jeśli chodzi o miejsce jego lokalizacji, to na początku musiało być na zewnątrz wyrobiska odkrywkowego (**zwałowisko zewnętrzne**). Kiedy można było nadkład przemieszczać do pustki po wybranym złożu, formowano **zwałowisko wewnętrzne**. Lokalizacja zwałowiska decydowała o przyjętym systemie mechanizacji zastosowanym przy jego budowie.

Środkami transportowymi dla nadkładu w początkowym okresie była kolej (lub transport kołowy – spalinowy). Sporadycznie stosowano kolejki linowe [33]. Kiedy w odkrywkach pojawiły się taśmociągi, zostały one również wykorzystane do transportu.



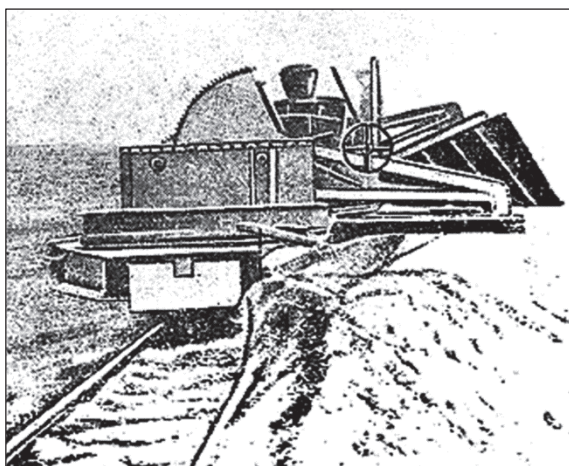
Rys. 399. Transporter taśmowy – „ramowy” [9]

Składowisko wewnętrzne wymaga ścianowego systemu eksploatacji, w którym bryła zwałowiska przyrasta w ślad za postępującym przodkiem eksploatacyjnym. Sytuacja jest analogiczna jak w podziemnych, ścianowych systemach, gdzie linia zrobów jest równoległa do czoła ściany i posuwa się w ślad za nim. W początkach rozwoju mechanizacji system ten stosowano z jednym poziomem eksploatacyjnym nadkładu. Problem, jaki należało rozwiązać, sprowadzał się do przerzucenia urobionej masy nad poziomem wydobywczym. W początkach XX wieku rozwiązano go, konstruując transportery taśmowe „ramowe” (rys. 399). Poruszały się po torze, współpracując z koparką jednoczerpakową. Przy większych odległościach pomiędzy ścianą a zwałami rozwiązanie to nie mogło funkcjonować. Zastąpił je **most przenośnikowy**. Pierwszy taki most na świecie został zbudowany

zgodnie z planami dyrektora górniczego Friedricha von Deliusa i uruchomiony w Plese w 1924 r. [9]. Most z drugiej połowy XX wieku z jednej z niemieckich kopalń przedstawia rysunek 400.



Rys. 400. Most przenośnikowy – druga połowa XX wieku



Rys. 401. Plóg zgarniający na składowisku [9]

Składowisko zewnętrzne, na które przywożono nadkład transportem kolejowym, w pierwszej połowie XX wieku formowano pługiem, poruszającym się po torze (rys. 401) [9]. Lokomotywa parowa pchała wagony z bocznym rozładunkiem, a za sobą ciągnęła płóg. Kiedy powszechny stał się transport przenośnikiem taśmowym, konieczne było opracowanie maszyny uniwersalnej formującej bryłę zwałowiska. Jest nią **zwałowarka** opracowana w latach 50. XX wieku, na podstawie wcześniejszych doświadczeń z mostami (rys. 402).



Rys. 402. Zwałowarka – koniec XX wieku

Obecnie w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego praktycznie wszystkie maszyny poruszają się nie po torach, lecz na gąsienicach.



Rys. 403. Kopalnia węgla brunatnego – początek XXI wieku

Podsumowując rozwój odkrywkowych kopalń węglanych, trzeba wspomnieć, że z uwagi na swe rozmiary (powierzchnia pola – kilka tysięcy hektarów, głębokość – kilkaset metrów) oraz oddziaływanie na środowisko stanowią one jeden z najbardziej uciążliwych zakładów. Wprawdzie wyglądają malowniczo (rys. 403), jednak pozostawiają po sobie trwały ślad, nie tylko w formie dołu (przekształcanego zwykle na jezioro), ale i zwałowiska w postaci sporego wzniesienia.

W drugiej połowie XX wieku zwały zaczęto formować zgodnie z wymogami architektury krajobrazu. Przykładem może być zwał Kopalni Bełchatów – Góra Kamieński, przystosowana do uprawiania różnych sportów (tor saneczkowy, stok narciarski, park rozrywki, trasy rowerowe). Na rysunkach przedstawiono jej widok latem (rys. 404) i zimą (rys. 405).

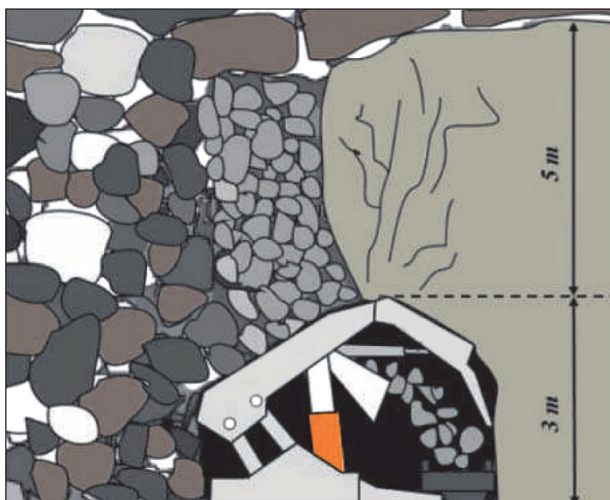


Rys. 404. Zwałowisko Kamieński latem [84]



Rys. 405. Trasa narciarska na zwałowisku Kamieński [84]

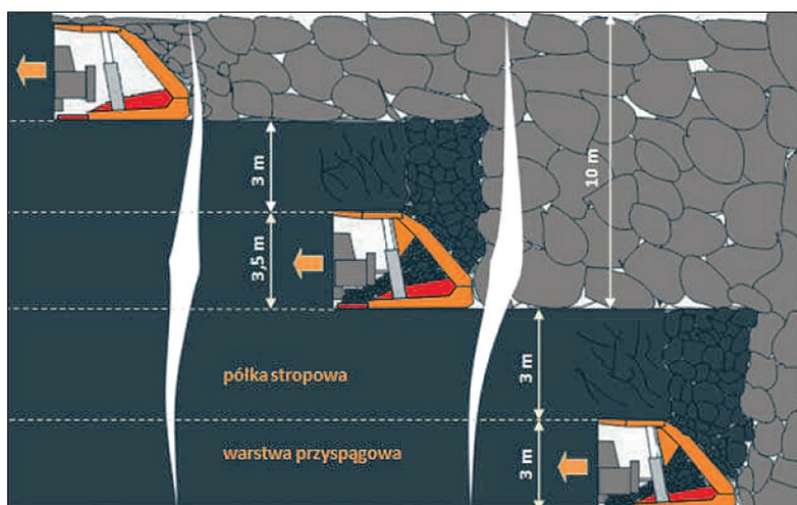
Początki wydobywania węgla brunatnego łączą się również z metodą podziemną. I współcześnie sporadycznie jego odmianę – lignit, wydobywa się tym sposobem tam, gdzie nadkład jest zbyt duży, by zastosować technikę odkrywkową, a względy ekonomiczne to uzasadniają. Eksploatację taką prowadzi się między innymi na Słowacji, w Słowenii, Turcji, Rosji, Australii i w Chinach [163]. Model kopalni odpowiada ogólnie przyjętemu w górnictwie podziemnym, to znaczy udostępnienie szybami i założenie poziomu. Udostępnione złożo to pokład o znacznej grubości. Z powodu jego niskich parametrów wytrzymałościowych wyrobiska korytarzowe drążone kombajnem chodnikowym posiadają pełną obudowę metalową – kołową. Początkowo stosowano systemy komorowe, zabierkowe – w obudowie drewnianej lub indywidualnej – metalowej. Podejmowano próby z systemami ścianowymi. Kiedy wprowadzono obudowę zmechanizowaną, powszechnie zaczęto stosować systemy ścianowe – podbierkowe. Pierwsze próby takiego systemu przeprowadzono we francuskiej kopalni węgla kamiennego „Ricard” w 1954 r. System zastosowano do wybierania pokładu grubego na całą warstwę. Ówczesny poziom mechanizacji to w warstwie przyspągowej obudowa stalowa indywidualna i urabianie materiałem wybuchowym, zarówno w czole przodka, jak i w warstwie przystropowej za obudową. Przez następne lata system stosowano w różnych odmianach. Kiedy wprowadzono go do kopalń węgla brunatnego, przechodził ewolucję związaną z przystosowaniem do istniejących warunków.



Rys. 406. Przekrój przez ścianę w tureckiej kopalni lignitu „Soma” [163]

Przykładowo na rysunku 406 pokazano przekrój przez ścianę w tureckiej kopalni „Soma”. Czoło przodka urabiane jest kombajnem. Po jego przejściu otwiera się okno spustowe w obudowie i na ten sam przenośnik spada warstwa stropowa węgla kruszącego się pod wpływem nacisku skał stropowych. Klapę zamyka się, kiedy pokazuje się kamień.

Przykład pokazany na rysunku 407 zaczerpnięto z kopalni rosyjskiej, w której pokład dzieli się na warstwy, pomiędzy którymi pozostawia się półki stropowe. Urabianie w warstwach realizowane jest tak samo jak w przykładzie poprzednim [163].



Rys. 407. Przekrój przez ściany –
wybieranie pokładu lignitu na warstwy, kopalnia rosyjska [163]

Odkrywkowe wgłębne kopalnie to nie tylko eksploatacja węgla brunatnego. Tak wybiera się również rudy i kamienie szlachetne. I właśnie te kopalnie osiągają największe głębokości. Za najgłębszą uchodzi Bingham Canyon Open Pit Copper Mine – odkrywkowa kopalnia miedzi, znajdująca się w Stanach Zjednoczonych, w Stanie Utah, w hrabstwie Salt Lake (rys. 408). Posiada największy wkop na świecie utworzony przez człowieka. Jest jednym z Narodowych Pomników Historycznych USA. Kopalnia uruchomiona została w 1848 r. przez braci Bingham – Thomasa i Sanforda. Wydobywanie rozpoczęło w 1904 lub w 1906 r. Szerokość kopalni wynosi ok. 4 kilometrów, a jej głębokość sięga 1200 metrów [78].



Rys. 408. Bingham Canyon Open Pit Copper Mine [78]

Najgłębszą dziurą w ziemi wykonaną przez górników ręcznie jest Big Hole w Kimberley, w RPA (rys. 409). To nieczynna od 1914 r. kopalnia odkrywkowa diamentów, w której wydobyć rozpoczęto w 1871 r. Kiedy zaprzestano eksploatacji, w Kimberley pracowało około 50 tys. górników. Prostymi narzędziami wydrążyli otwór o powierzchni 17 hektarów, szerokości 463 metrów i głębokości 240 metrów. Z czasem wypełniła go w części woda (do wysokości 40 metrów) [129].

Omówiony rozwój wgłębných kopalń węgla brunatnego nie wyczerpuje kierunków rozwoju techniki wydobywania w przypadku eksploatacji tymi systemami złóż rud, o których – rekordowych pod względem wielkości – pisałem wcześniej. Jak przed dziesiątkami lat w tysiącach wgłębných kopalń rud w świecie skały urabia się techniką strzelniczą, a transport urobku zapewniają środki kołowe. Analogicznie jest w kopalniach **stokowych** wydobywających bloki kamienne, a zwłaszcza kruszywo (rys. 410).



Rys. 409. Big Hole w Kimberley w RPA [129]



Rys. 410. Kamieniołom wapienia Czatkowice
(zdjęcie Paweł Opióła – praca własna) [69]

Technika strzelnicza wchodziła do kopalń odkrywkowych równolegle z wdrożeniem w kopalniach podziemnych. Istotne różnice to rodzaj stosowanych materiałów wybuchowych, a zwłaszcza rozwój narzędzi do wiercenia otworów strzałowych. W tym zakresie rozwój szedł w kierunku wiertnic samojedźnych o dużej prędkości wiercenia (rys. 411).



Rys. 411. Wiertnica firmy Morath [138]

Zasadnicza różnica w mechanizacji pomiędzy kopalniami węgla brunatnego a wydobywającymi minerały twardsze tkwi w środkach transportu. Tutaj od czasu wynalezienia samochodu postawiono na rozwój środków oponowych. Środki te wywodzą się od pojazdu z napędem parowym zbudowanego w 1769 r. przez N. J. Cugnota.

Pierwszą ciężarówkę⁴⁸, wykorzystującą silnik spalinowy, zbudował Karl Benz w 1895 r. (rys. 412). Natychmiast i inne firmy podjęły ich produkcję (Peugeot, Renault, Büssing). W USA pierwsza ciężarówka została zbudowana w 1899 r. przez firmę Autocar.

⁴⁸ Termin „ciężarówka” został użyty po raz pierwszy w 1611 r. dla nazwania małych, mocnych kół lawet armatnich [79].



Rys. 412. Ciężarówka Deimler Motor-Lastwagen z 1898 r. [79]



Rys. 413. Pomysł na „wywrotkę”
firmy Graff & Hipple (ok. 1884 r.) [39]

Pomysł skrzyni samowyladowczej zaczerpnięto z wozu Graff & Hipple, opracowanego około 1884 r. (rys. 413), w którym rozładunek realizowano dźwignią

ręczną. Wywrotka na podwoziu samochodowym powstała w końcu XIX wieku (ok. 1896 r.) w Europie Zachodniej [39]. W USA pojawiły się po 1910 r. Zastosowanie do rozładunku siłownika hydraulicznego zaproponowała firma Wood Hoist Co. na początku lat 20. [39]. Wtedy też wywrotka pojawiła się w kopalniach odkrywkowych (rys. 414). Od tego czasu datuje się ich szybki rozwój. Dziesięć lat później wywrotki mają już ładowność powyżej 5 Mg (rys. 415).



Rys. 414. Wywrotka firmy Saab (ok. 1930 r.) [39]



Rys. 415. Wywrotka firmy General Motors
w kamieniołomie (ok. 1936 r.) [39]

Od lat 30. XX wieku rozpoczyna się rozwój samochodów samowyładowczych konstruowanych z myślą o zastosowaniu w kopalniach odkrywkowych, nazwanych z czasem **wozidlami**. Założono, że muszą być zdolne do przewiezienia kilkudziesięciotonowego ładunku. Zdecydowano się na konstrukcję ramową. Do II wojny światowej ich ładowność dochodziła do 30 Mg. W połowie XX wieku do produkcji wprowadzono nową generację silników wysokoprężnych o dużej mocy i stosunkowo małej masie. Opracowano również bardziej wytrzymałe układy przeniesienia napędu i odpowiednio duże i trwałe opony. Tak pojawiły się pojazdy o ładowności 100 Mg. Dalszy postęp wiązał się z wykorzystaniem doświadczeń producentów lokomotyw spalinowych, w których klasyczną (lub automatyczną) skrzynię biegów zastąpiono napędem hydrostatycznym lub spalinowo-elektrycznym. Silnik wysokoprężny napędza albo pompę hydrauliczną, albo dużej mocy prądnicę elektryczną. Wygrało rozwiązanie drugie. Tego rodzaju rozwiązania po raz pierwszy zastosowała w 1960 r. amerykańska firma Unit Rig (obecnie wchodząca w skład koncernu Caterpillar). Można było zacząć produkować wozidła o ładowności ponad 300 Mg i mocy największych silników prawie 3000 kW [135]. Przedstawione na zdjęciu wozidło (rys. 416) to Caterpillar 797B. Waga własna wynosi ok. 200 Mg.



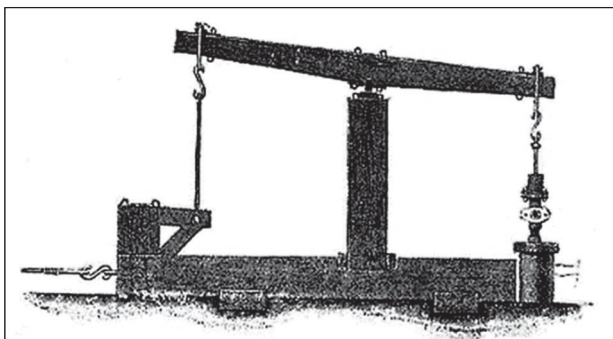
Rys. 416. Wozidło Caterpillar 979 B [135]

Bez XX-wiecznego wiertnictwa...

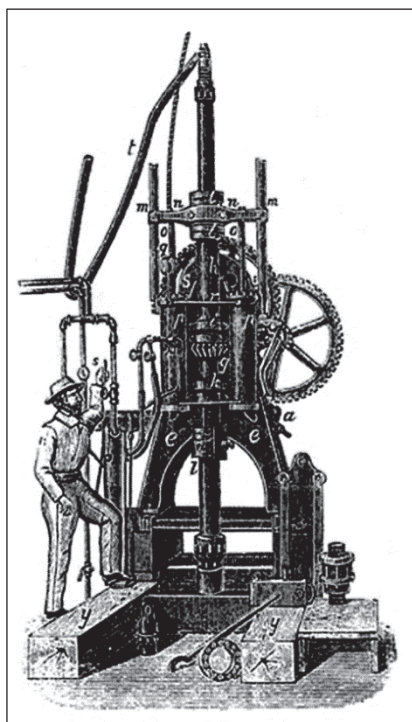
– no właśnie, czy jesteśmy w stanie sobie wyobrazić życie, gdyby nie opracowano nowoczesnej technologii wykonywania otworów wiertniczych? Jak byśmy pozyskiwali ropę naftową i gaz ziemny? Ale nie tylko: jak wydobywalibyśmy wodę, siarkę, sól kamienną, nowe surowce? A wszystko, przypomnijmy (od strony techniki), rozpoczęło się w VI wieku BC w Chinach. Okrzepło w połowie XIX wieku za sprawą odkrycia Ignacego Łukasiewicza. Wtedy to wybudowano pierwszą rafinerię ropy (Ulaszowice 1856), wykonano najgłębszą kopankę (1863, Ropianka – 240 m), założono pierwszą fabrykę narzędzi wiertniczych (1883 – Glinik), rozpoczęto wykłady z zakresu wiertnictwa w Szkole Politechnicznej we Lwowie (inż. Syroczyński – 1897). W początkach XX wieku szyby wiertnicze i kiwaki na trwale wrosły w krajobraz Podkarpacia (rys. 417 i 418).



Rys. 417. Szyb naftowy – początek XX wieku



Rys. 418. Kiwon [200]



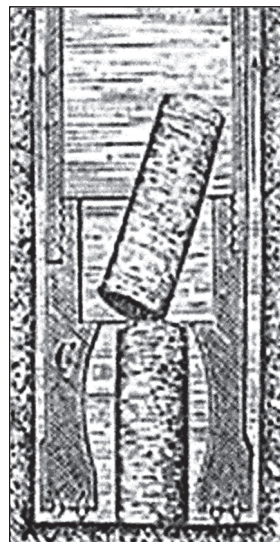
Rys. 419. Wiertnica amerykańska z początku XX wieku [160]

Kamieniem milowym w wiertnictwie było, jak wspominałem, wykonanie pierwszego na świecie otworu z zastosowaniem wiercenia obrotowego. Miało to miejsce w USA w 1901 r., a prowadzącym wiercenia był J.F. Lucas [172]. Metoda ta z czasem stanie się wiodącą. Spowodowała znaczne skrócenie czasu

wiercenia, zmniejszenie średnicy otworów i zużycia rur okładzinowych. Umożliwiła stosowanie maszyn (rys. 419) wykorzystujących napęd spalinowy lub elektryczny. Płuczkę również stosowano powszechnie, podobnie jak koronki diamentowe. Wadą są koszty większe niż przy wierceniach uderowych.

W wierceniach poszukiwawczych stało się powszechne stosowanie wierceń rdzeniowych (rys. 420). Udawało się uzyskiwać rdzenie o długości nawet kilku metrów. Technika ta pozwalała wykonywać otwory o głębokości 1000 m już w 1908 r.

W początkach XX wieku prowadzono prace nad wierceniem uderowym hydraulicznym z silnikiem napędowym umieszczonym tuż nad świdrem. Szczególnie interesujący był pomysł polskiego inżyniera Wacława Wolskiego z 1901 r. Opracowano również urządzenie napędzające sprzężony z nim świder wiertniczy, wykorzystujące przepływ tłoczonej do otworu wiertniczego płuczki wiertniczej. Wprawia ona w ruch obrotowy turbinę hydrauliczną, a ta z kolei przekazuje moment obrotowy na narzędzie wierzące. Urządzenie nazwano **turbowiertem**. Odmianą (z napędem elektrycznym) był opracowany w latach 40. **elektrowiert** [16].



Rys. 420. Rdzeń w otworze [160]



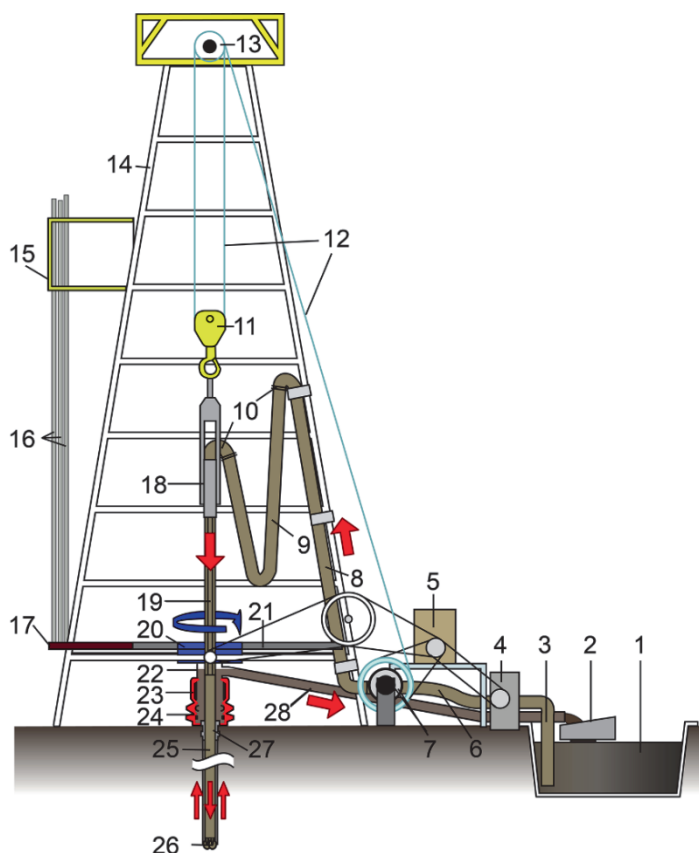
Rys. 421. Świder gryzowy [126]



Rys. 422. Koronka z diamentami

Około 1930 r. wprowadzono **wiercenia koronkowe z płuczką**. Narzędziem urabiającym jest **koronka gryzakowa** (rys. 421). Dziesięć lat później w koronki wiertnicze zaczęto wtapiać diamenty (rys. 422) oraz twarde spieki. Tak powstała

współczesna metoda **wierceń stołowych** (rys. 423), której głównym elementem jest **wieża wiertnicza** (rys. 424).



Rys. 423. Schemat wierceń stołowych [121]:

- 1 – zbiornik płuczki wiertniczej; 2 – sito wibracyjne; 3 – rurociąg ssący;
- 4 – pompa płuczkowa; 5 – silnik lub inne źródło napędu; 6 – rurociąg tłoczący;
- 7 – wyciąg wiertniczy; 8 – rurociąg tłoczący; 9 – wąż płuczkowy; 10 – przegub elastyczny;
- 11 – wielokrążek ruchomy; 12 – lina stalowa; 13 – wielokrążek górny (stały);
- 14 – wieża wiertnicza; 15 – mostek; 16 – pasy przewodu – rury płuczkowe;
- 17 – kloc drewniany do odstawiania przewodu wiertniczego; 18 – głowica płuczkowa (na nowszych wieżach zastępowane przez napęd na końcu przewodu wiertniczego – *Top drive*); 19 – graniatka; 20 – stół obrotowy napędzający przewód wiertniczy od przekładni stożkowej; 21 – podłoga szybu wieży wiertniczej; 22 – kominek;
- 23 – głowica przeciwybuchowa uniwersalna; 24 – blok głowic przeciwybuchowych szczękowych; 25 – przewód wiertniczy; 26 – świder wiertniczy;
- 27 – głowica uszczelniająca; 28 – odpływ płuczki – odlewa



Rys. 424. Wieża wiertnicza [120]

W 1947 r. dla zwiększenia wydobywania ropy naftowej zastosowano **szczelinowanie hydrauliczne** [83]. W 1953 r. w ZSRR wywiercono pierwszy otwór wielodenny (multilateralny).

Omawiając rozwój techniki wiertniczej nie można pominąć jej odmiany – wierceń w dnie morskim. I tym razem istotną rolę odegrał Polak – Witold Zgleński. Zainspirowany wynalazkami Ignacego Łukasiewicza udoskonalił sposób pozyskiwania ropy i zbudował pierwszą na świecie **platformę wiertniczą**. Zasługę ich wynaleźenia przypisują sobie Amerykanie, jednak prawda jest inna. Historia podmorskich wierceń zaczyna się 1896 r. w Baku nad Morzem Kaspijskim od

pomysłu 46-letniego polskiego inżyniera⁴⁹ [130]. Platforma wiertnicza jego pomysłu to zbudowany na wbitych w morskie dno palach, wodoszczelny, metalowy pomost, wystający ok. 5 metrów ponad poziom wody. Znajdować się na nim miały urządzenia wydobywcze oraz zbiornik na ropę. Odbiór paliwa miał odbywać się za pomocą barek–cystern, a w przypadku dużych wydajności także wielkich żelaznych tankowców o pojemności 33 tys. ton, które już wtedy przewoziły ropę po morzu. Pierwszy na świecie tankowiec przepłynął Morze Kaspijskie już w 1877 r. W Stanach Zjednoczonych pojawiają się one dopiero 11 lat później. Zglenicki zakładał, że początkowo platformy będą budowane w miejscach, gdzie głębokość morza nie przekracza 10 metrów. Dla zabezpieczenia urządzeń wydobywczych proponował stworzenie systemów falochronów, które nie tylko chroniłyby je przed zniszczeniem przez wichury i przypyły, ale też docelowo obniżały poziom wody. Polak argumentował, że wszystkie prace zabezpieczające i wiertnicze przy platformie są możliwe do wykonania w ciągu zaledwie roku. Niestety jego pomysł nie znalazł uznania i pozostał na papierze. W odmienionej formie był kontynuowany przez innego Polaka, Pawła Potockiego. Zaproponował on osuszenie zatoki Bibi-Ejbat. Prace zaczęły się w 1910 r., lecz zostały przerwane w czasie wojny domowej i wznowione dopiero po jej skończeniu, dzięki inicjatywie działacza partyjnego Kirowa. W 1922 r. Potocki stworzył śmiały projekt osuszenia 27 hektarów morza, za który na konkursie

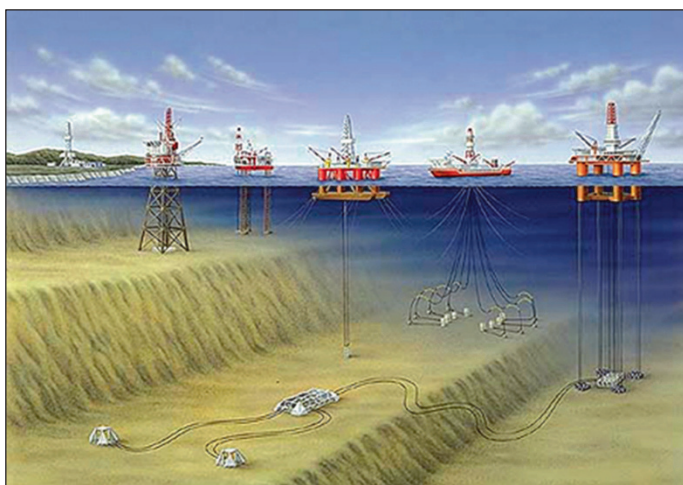
⁴⁹ **Witold Leon Julian Zglenicki** urodził się w 1850 r. Polski wynalazca, geolog, hutnik, naftciarz i filantrop, uczeń Dmitrija Mendelejewa. Uczył się w gimnazjum w Płocku, następnie studiował na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Szkoły Głównej Warszawskiej (obecnie Uniwersytet Warszawski) i w Instytucie Górniczym w Petersburgu. Zajmował się różnymi zawodami, był urzędnikiem, hutnikiem, mechanikiem. Kiedy w 1891 r. przeniesiono go do Baku, zainteresował się aktywnością podwodnych gazowo-błotnych wulkanów na Morzu Kaspijskim. Doszedł do wniosku, że wyznaczają one miejsca dużych roponośnych złóż. Prowadząc aktywną działalność wynalazczą, zdobywa fundusze, za które nabywa działki roponośne. Dowiedziawszy się o śmiertelnej chorobie, sporządza testament, w którym przewiduje utworzenie fundacji – „Kasy imienia Mianowskiego w Warszawie, w celu utworzenia kapitału żelaznego, z zastrzeżeniem, by procenty od tego kapitału były przeznaczone na wydawanie nagród, według uznania Zarządu Kasy, za najlepsze dzieła dotyczące ogólnoeuropejskiej literatury, sztuki i nauki, w rodzaju noblowskich nagród”. Testament został wykonany tylko częściowo z wolą zmarłego. Po przewrocie bolszewickim w Rosji pola naftowe należące do fundacji Kasy im. Mianowskiego zostały przez bolszewików wywłaszczone bez odszkodowania. W ten sposób przestał istnieć kapitał „Polskiego Nobla”. Zmarł w 1904 r.

w Moskwie otrzymał nagrodę. Kilka lat później osuszony obszar został powiększony do 79 ha [107].

Wracając do platform, to pierwsze konstrukcje stacjonarnych platform drewnianych, przystosowanych do pracy w warunkach otwartego morza, powstały w 1937 r., natomiast stacjonarna stalowa platforma autonomiczna, zawierająca całość wyposażenia wiertniczego, rozpoczęła wiercenie w 1947 r. (Zatoka Meksykańska) (rys. 425). Ruchome platformy wiertnicze powstały później: zanurzalne 1954 r., samopodnośne 1954 r., półzanurzalne 1962 r., barki wiertnicze 1953 r., statki wiertnicze 1962 r. (rys. 426).



Rys. 425. Platforma wiertnicza (lata 50.) [130]



Rys. 426. Rodzaje współczesnych platform wiertniczych [130]



Rys. 427. Otwór wiertniczy SG 3 [80]

W wyniku rywalizacji pomiędzy USA a ZSRR powstał najgłębszy otwór wiertniczy. Umieszczono go (rys. 427) na Półwyspie Kolskim, około 150 km na północny zachód od Murmańska. Wiercenia rozpoczęto 24 maja 1970 r. Głównym celem, jaki sobie postawiono, było wywiercenie najgłębszego otworu na świecie. Głębszego niż mierzący 9583 m otwór o nazwie „Bertha Rogers” w Oklahomie, który powstał po odwiertach ropy naftowej. W czerwcu 1979 r. osiągnięto głębokość 10 km. W 1988 r. osiągnięto głębokość ponad 12 261 m, w 1992 r. odwierty zawieszono z powodów niezwykle wysokich temperatur i wzrastających z głębokością problemów technicznych. Pewną ciekawostką są legendy, jakimi obrosły ostatnie prace przy otworze. Miały z niego wydobywać się krzyki ludzkie, a gaz wyrzucony z otworu uformował istotę ze skrzydłami nietoperza. Może to było powodem, że likwidację wiertni przeprowadzono w pośpiechu, a teren zostawiono w nieładzie (rys. 428) [146].



Rys. 428. Zlikwidowany otwór wiertniczy SG 3 – widok [80]

Rekord otworu z Półwyspu Kolskiego został pobity we wrześniu 2013 r., kiedy to głębokowodna platforma wiertnicza Deepwater Horizon, należąca do zarejestrowanej w Szwajcarii spółki Transocean Ltd., została wykorzystana do prac wiertniczych na amerykańskich wodach Zatoki Meksykańskiej, wykonując otwór, który osiągnął głębokość 10 685 m, nie licząc głębokości wody, która w tym miejscu wynosi 1258 m. Jest to najgłębszy dotychczas wywiercony otwór naftowy. Deepwater Horizon jest dynamicznie pozycjonowaną platformą wiertniczą, która może pracować na wodach o głębokości 3000 m [77].

Najgłębsze jak dotąd otwory wiertnicze w Polsce wykonano w latach 80. w Karpatach Wschodnich k. Sanoka: 7210 m i 7541 m, oraz na Pomorzu – 6006 m [77].

Kończąc opowieść o wierceniach mających na celu pozyskiwanie ropy naftowej, należy podać jeszcze podstawowe informacje o technice wydobywania [200]. Składa się z dwóch etapów. W pierwszym, kiedy panuje **ciśnienie złożowe** (powodowane gazem zalegającym nad warstwami nasyconymi ropą), mamy do czynienia z **samowypływem**. Etap drugi to **wtórna eksploatacja**, w której muszą się wypływ ropy takimi zabiegami, jak **podtrzymywanie ciśnienie złożowego** (np. przez pompowanie poza złożo wody wywierającej napór na ropę), **obniżanie lepkości ropy** (przez co zmniejsza się opór jej filtracji w złożu), **udrażnianie strefy przyodwiertowej** (taki zabiegami jak perforacja i hydroperforacja skał, lub też wykorzystanie bakterii do niszczenia asfaltu zamykającego szczelinę). Techniki drugiego etapu zostały opracowane w drugiej połowie XX wieku. Obecnie przygotowuje się próby reaktywowania szcerpanych złóż techniką szczelinowania, o której dalej. Byłby to etap trzeci.

Wróćmy do początku XX wieku, by odnotować wykorzystanie wierceń do wydobywania gazu ziemnego. Nim pojawił się metan pochodzenia naturalnego, stosowano gaz generatorowy, wytwarzany w gazowniach przez wysokotemperaturowe odgazowanie węgla kamiennego. Pierwsza gazownia została wybudowana w Wielkiej Brytanii w 1795 r., w Polsce pierwsze gazownie zaczęły działać w latach 1856–1857 w Warszawie, Poznaniu i Krakowie. Gaz ten był powszechnie używany do oświetlania ulic (pierwsze gazowe latarnie funkcjonowały w Londynie w 1814 r.).

Gaz ziemny pojawił się w gospodarce człowieka, gdyż występuje w podziemnych złożach bardzo często razem z ropą naftową i wydobywa się w trakcie jej pompowania, stwarzając niejednokrotnie zagrożenie wybuchem. W zależności

od składu rozróżnia się gaz „chudy”, zawierający do 99% metanu, gaz „mokry”, zawierający także węglowodory wyższe i parę wodną oraz gaz „kwaśny”, silnie zanieczyszczony związkami siarki.

Gdyby próbować ustalić, kiedy człowiek pierwszy raz zetknął się z gazem ziemnym, trzeba by cofnąć się do czasów westalek (VII wieku BC) pilnujących ognia w świątyni, lub też do Plutarcha (początek I wieku) opisującego wieczne ognie w Babilonii. Podobno Chińczycy w II wieku BC w poszukiwaniach solanki natrafili na źródło gazu i na płomieniu gazu wydobywającego się z otworu wzięli solankę. Podobnie postępowano w okolicach Baku, w Iraku, w Indiach. Płonące pochodnie gazu były wykorzystywane na zachodnim wybrzeżu Morza Kaspijskiego jako latarnie morskie (ogień dagestański). Były one również przedmiotem kultu sekty czcicieli ognia w świątyni w Surachanach na Półwyspie Aszperońskim, gdzie płonęły aż do 1887 r. Po ich ugaszeniu świątynia stała się obiektem muzealnym, z jednym z pierwszych na świecie systemów kamiennoglinianych kanałów, w których w niewyjaśniony do dzisiaj sposób magazynowano i regulowano przepływ gazu [198]. Przypadek pozyskiwania gazu ziemnego odnotowano w miasteczku Fredonia, w stanie Nowy Jork, gdzie w 1821 r. rusznikarz William Hart wykopał ośmiometrową studnię nad brzegiem jeziora Erie. Na dnie otworu znalazł warstwę spękanych łupków, z których powoli sączył się palny gaz. Hart połączył swój szyb drewnianymi rurami z Fredonią i przez wiele lat dostarczał gaz ziemny wystarczający do oświetlenia kilku domów, sklepów i młyna [83]. W Europie pierwszy obiekt przemysłu gazowego powstał pod koniec XIX wieku w Siedmiogrodzie [200].

Pierwszy opis wycieku gazu i pożaru na terenie Polski znajduje się w dziele lekarza gdańskiego, Conrada Archiatra z 1684 r. Przypadek ten miał miejsce w okolicach Krosna [198]. Bodaj najsłynniejszy naturalny wypływ gazu to iwonickie źródło Bełkotka (rys. 429).

Za ojca gazownictwa uważa się Mariana Wieleżyńskiego (1879–1945), pracującego w Drohobycz, gdzie zainteresował się gazem ziemnym, który był wówczas traktowany jako bezużyteczny i spalany w specjalnych pochodniach. W 1907 r. od takiej pochodni zapalił się szyb „Oil City”. Sprawilo to, że Marian Wieleżyński postanowił zachęcić przedsiębiorców do zakupu instalacji skraplających i transportujących tzw. gazoliny na potrzeby przemysłu i oświetlania miast. Około 1910 r. poznał Władysława Szaynoka, który przez lata był jego wspólnikiem. W tym czasie pracował nad pierwszym gazociągiem, który miał po-

łączyć kopalnię „Klaudiusz” z zakładem przetwórczym w Boryslawiu. W 1912 r. starostwo drohobyckie zatwierdziło przedstawiony projekt. Pozwolenie na budowę otrzymał Zakład Gazu Ziemnego „Inż. Marian Wieleżyński Sp. z o.o.”, który wybudował gazociąg o długości siedmiuset metrów. Kolejnym projektem był wybudowany przez austriacką firmę „Erdgass” czternastokilometrowy odcinek z Tustanowic do rafinerii w Drohobyczu [103]. Równocześnie z wykorzystywaniem gazu w zakładach rozpoczęto gazyfikację sąsiednich domów.



Rys. 429. Źródło Bełkotka w Iwoniczu Zdroju [139]

Od 1912 r. rozpoczyna się era gazu ziemnego w okolicach Krosna, Jasła i Gorlic. Pierwszy otwór wykonany dla pozyskania gazu w tym rejonie był zlokalizowany w Białkowie. Kolejnym odkrytym gazonośnym rejonem są okolice

Sanoka. Budowane były kolejne gazociągi (w 1916 r. Jaszczew – Jedlicze – Krosno, w 1920 r. Jaszczew – Niegłowice, w 1920 r. Niegłowice – Glinik Mariampolski) [198].

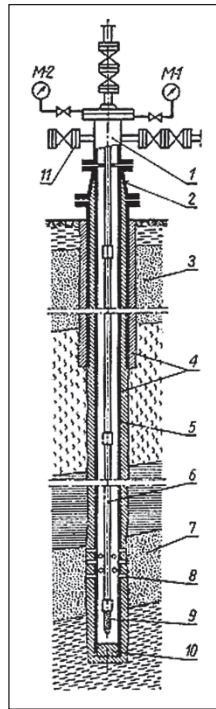
Otworom, z których wydobywa się gaz, zaczynają towarzyszyć **sprężarnie** (rys. 430). To one przygotowują paliwo dla odbiorców. Są w nich: oddzielacz cząstek stałych od gazu i zwężka regulująca ciśnienie gazu w instalacji odbierającej, a w razie potrzeby sprężarka.



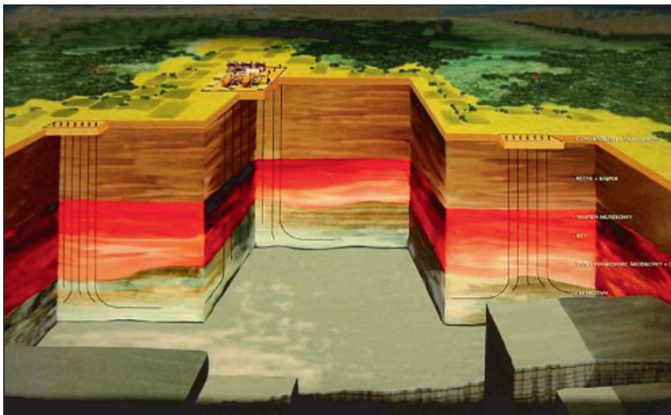
Rys. 430. Szyb gazowy i sprężarnia (lata 20.) [198]

Współcześnie istnieją również systemy oczyszczania gazu z azotu, siarkowodoru oraz nawadniania. Metan jak wiadomo jest gazem bezwonny i byłby niewyczuwalny w przypadku nieuszczelnej instalacji. Pozyskiwanie gazu odbywa się za pomocą otworów wiertniczych. Technika wierceń jest analogiczna jak w przypadku wiercenia za ropą. Istotną różnicą jest uzbrojenie otworu w obrębie złoża. Kolumna rur eksploatacyjnych jest wcześniej dziurkowana bądź też po zapuszczeniu litej kolumny prowadzi się jej perforację. Schemat urządzenia odwiertu gazowego przedstawiono na rysunku 431.

Współczesna polityka energetyczna państw skłania do budowania **magazy-nów gazu**. Mogą nimi być naturalne przestrzenie o dużej pojemności magazynowej, znajdujące się głównie w wyeksploatowanych złożach gazu ziemnego i ropy naftowej (rys. 432), kawernach solnych, nieczynnych kopalniach węgla.

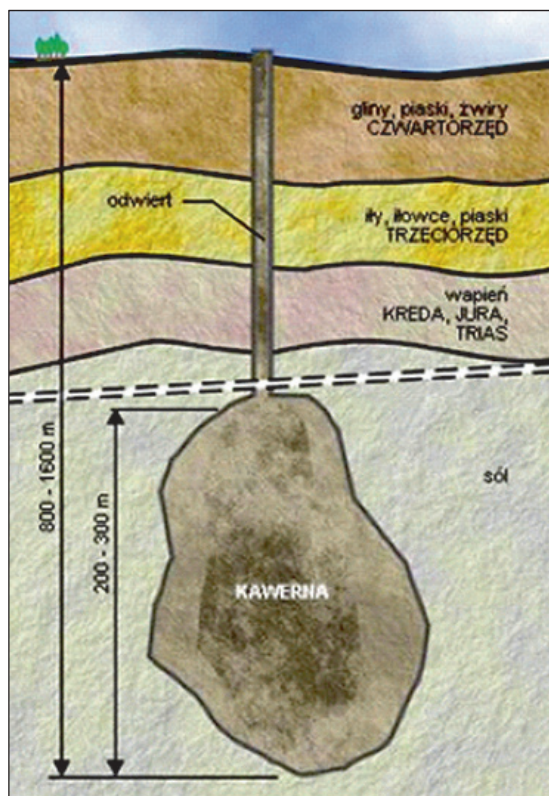


Rys. 431. Otwór wiertniczy przygotowany do eksploatacji gazu ziemnego [15]:
 1 – głowica eksploatacyjna; 2 – wieżba rurowa; 3 – kolumna przewodnikowa;
 4 – płaszcz cementowy; 5 – kolumna rur eksploatacyjnych; 6 – rury syfonowe;
 7 – złożę gazowe; 8 – perforacja rur; 9 – sito rur syfonowych; 10 – korek cementowy
 w rurach; 11 – zaślepka; M-1 – manometr do pomiaru ciśnienia w rurach eksploatacyjnych;
 M-2 – manometr do pomiaru ciśnienia w rurach syfonowych



Rys. 432. Podziemny magazyn gazu w wyeksploatowanym złożu ropy naftowej [47]

Stosuje się również magazyny podziemne celowo budowane (przez ługowanie) w wysadach solnych (rys. 433).



Rys. 433. Podziemny magazyn gazu w wysadzie solnym [57]

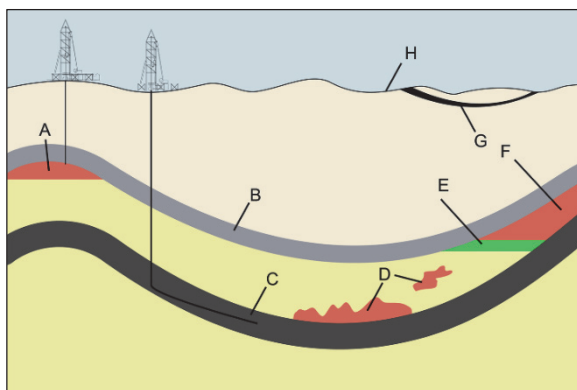
Podziemne magazyny gazu (w skrócie PMG) powstały wraz z upowszechnieniem użytkowania gazu ziemnego. Pierwsze próbne magazynowanie gazu w wyeksploatowanym złożu gazu w rejonie Ontario, w Kanadzie, przeprowadzono w 1915 r. Kolejne magazyny powstawały w USA – w stanie Kentucky i Nowy Jork. Warto jednak w tym miejscu zauważyć, że pierwsze próby podziemnego magazynowania gazu w Europie podjęto w Polsce w 1954 r. na wyeksploatowanym złożu Roztoki w okolicach Jasła. Magazyn ten dysponował pojemnością roboczą 60 mln m³ i pracował przez 25 lat. Doświadczenia zebrane przy tej okazji spowodowały, że zaczęto rozwijać technologię budowy i eksploatacji magazynów w Polsce, co umożliwiło dalszy rozwój tego sektora gazownictwa [57].

Inną formą magazynowania jest gromadzenie gazu ziemnego w postaci skroplonej. Gaz ziemny w ciekłym stanie skupienia, tj. w temperaturze poniżej -162°C (temperatura wrzenia metanu, głównego składnika LNG), ma 630 razy mniejszą objętość, dzięki czemu „gęstość energii” ciekłego gazu ziemnego wzrasta. Skraplanie gazu ziemnego wiąże się z bardzo dokładnym jego oczyszczeniem z dwutlenku węgla, azotu, mieszaniny propanu i butanu, wilgoci, helu itp. Dla takiego gazu buduje się zbiorniki powierzchniowe, najczęściej w pobliżu źródła dostawy, jak w przypadku Polski w terminalu w Świnoujściu (rys. 434).

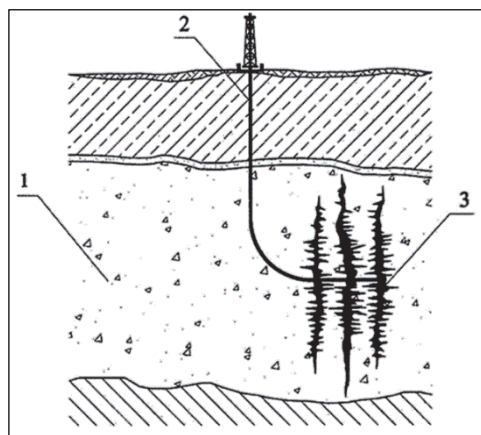


Rys. 434. Terminal gazowy w Świnoujściu [118]

W XXI wieku popularny stał się **gaz łupkowy** (rys. 435). Pierwsze próby wydobywania gazu z łupków podejmowano już w XIX wieku, jednak ze względu na niewielką przepuszczalność tych skał – niewystarczającą do zapewnienia przepływu gazu do odwiertu, nie udało się wykorzystać tego źródła. Pozyskiwanie gazu ze skały o niskiej przepuszczalności wymaga jej perforacji. Gaz łupkowy produkowany był z łupków z naturalnymi szczelinami. W ciągu ostatnich lat opracowano technologię kruszenia hydraulicznego (**hydroszczelinowania** – rys. 436), w celu stworzenia sztucznych pęknięć w okolicy odwiertów. Przemysłowa technologia wydobywania opracowana została w latach 80. XX wieku, natomiast wydobywanie na dużą skalę ma miejsce w USA od lat 90. XX wieku.



Rys. 435. Złoża łupków gazowych
w porównaniu do innych typów złóż gazu ziemnego [94]:
A – konwencjonalny gaz; B – warstwa nieprzepuszczalna; C – łupki bogate w gaz;
D – gaz piaskowcowy; E – ropa naftowa; F – konwencjonalny gaz;
G – gaz w złożach węgla; H – powierzchnia ziemi



Rys. 436. Schemat szczelinowania:
1 – łupek gazonośny; 2 – otwór eksploatacyjny;
3 – hydroszczelinowanie

Dowiercając się do warstwy łupku gazonośnego, zmienia się kierunek otworu eksploatacyjnego na równoległy do płaszczyzny spągu warstwy (otwór horyzontalny). Po odwierceniu otworu (nawet do 3 km) rozpoczyna się zabieg hydroszczelinowania. Proces ten przeprowadza się poprzez wpompowywanie do odwiertu płynu szczelinującego (mieszanki wody z dodatkami chemicznymi

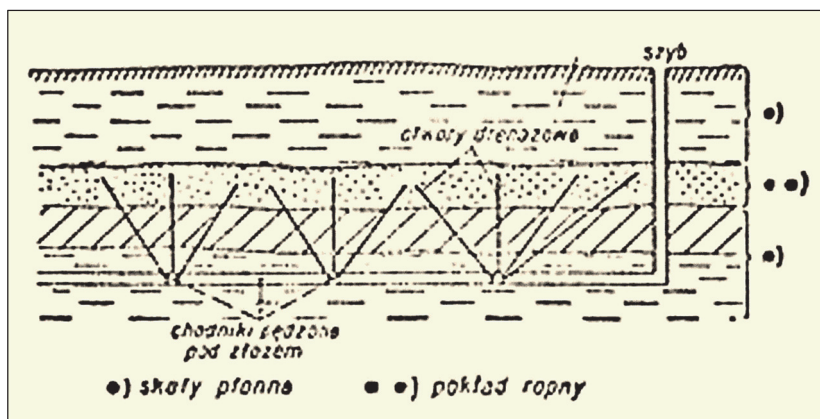
i piaskiem lub innymi materiałami ziarnistymi – „propantami”) pod wysokim ciśnieniem w celu wytworzenia, utrzymania lub powiększenia szczelin w skałach. Ziarna piasku wnikać w szczeliny, spełniają swoistą rolę „obudowy” niepozwalającej na ich zaciśnięcie. Metoda szczelinowania po raz pierwszy została wypróbowana przy wydobywaniu gazu w 1947 r. w Stanach Zjednoczonych. W Polsce proces szczelinowania stosowany jest w złożach konwencjonalnych od lat 60. XX wieku [228]. Przeciwnicy stosowania tego procesu wskazują na ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych, a także na konieczność wykorzystywania w procesie dużych ilości słodkiej wody. Z tego powodu w niektórych krajach ograniczono użycie szczelinowania do czasu wykonania dokładniejszych badań.

Pierwszy gaz łupkowy w Polsce wydobyto 21 lipca 2013 r. z odwiertu Łebień LE-2H w pobliżu Łęborka. Odwiert wykonała firma Lane Energy Poland, kontrolowana przez amerykański koncern Conoco Phillips. Z otworu w ramach testu produkcyjnego wydobywano ok. 8 tys. metrów sześciennych gazu na dobę. Był to dość dobry rezultat, jeśli wziąć pod uwagę historię rozpoznawania łupkowych złóż na kontynencie europejskim. Niestety dalsze badania na wielu złożach nie przyniosły równie dobrych efektów. Polskie łupki szczelinują się znacznie trudniej niż amerykańskie.

Pewną ciekawostką w historii rozwoju techniki pozyskiwania ropy naftowej jest jej wydobywanie... metodami „klasycznej” eksploatacji podziemnej. Technologia tę po raz pierwszy zastosowano w 1917 r. w Alzacji, na terenie pola naftowego Pechelbornn. Stosowano ją również we Francji (1920–1936), Niemczech, Rumunii, USA i w ZSRR [159]. Polegała na wykonywaniu wyrobisk górniczych bezpośrednio pod warstwami roponośnymi. Ropa ścieka do studzienek i zbiorników lub jest wybierana ze skałą transportowaną na powierzchnię, gdzie następuje rozdział. W tym drugim przypadku stosowano systemy ubierkowe (w latach 50. ścianowe). Urabiano ręcznie, a w przodku transport zapewniały rynny wstrząsane. Poza przodkiem odstawę realizowano przenośnikami taśmowymi. Zrobiy podsadzano podsadzką suchą. Materiałem podsadzkowym była skała, z której odzyskano ropę. Jej transport w stronę przeciwną do urobku realizowany był takimi samymi środkami jak odstawa i transport urobku.

Powyższą metodę stosowano tylko wtedy, kiedy ropa z trudnością odsączała się ze skały. Wtedy na powierzchni proces wspomagany był temperaturą lub ciśnieniem.

Stosowana była również metoda kombinowana polegająca na tym, że strefę pod złożem ropy udostępniano wyrobiskami korytarzowymi, z których wiercono otwory drenażowe do złoża (rys. 437).



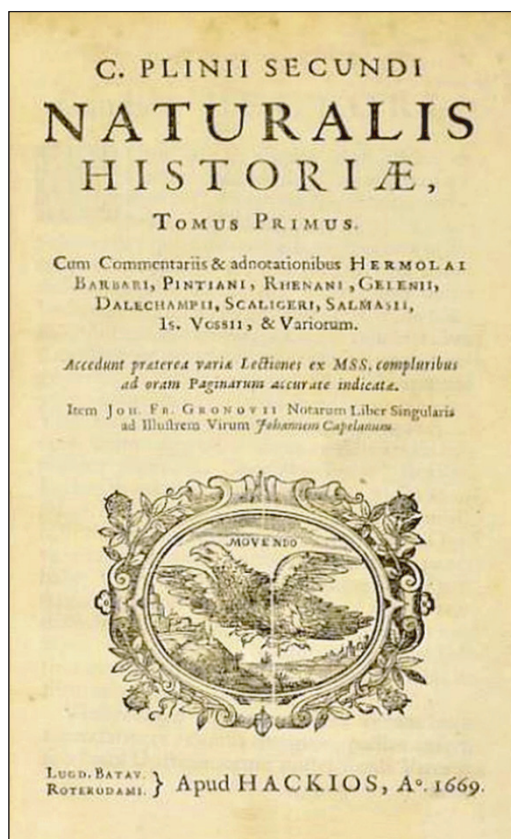
Rys. 437. Schemat mieszanej metody pozyskiwania ropy naftowej sposobem podziemnym [159]

W Polsce w latach 30. przeprowadzono pięć prób eksploatacji w okolicach Krosna, Jasła i Gorlic. Zakończono je w drugiej połowie lat 40. zarówno z powodów ekonomicznych, jak i bezpieczeństwa.

Bez nauk górniczych nie byłoby postępu.

Kto pierwszy użył rogu do kopania w ziemi? Kto stwierdził, że jeśli dwa szyby połączymy ze sobą, to pojawi się przepływ powietrza? Kto wymyślił koło wodne? Na te i wiele innych pytań dotyczących rozwoju górnictwa nie znajdziemy odpowiedzi.

Na pierwsze ślady zainteresowania problematyką górnictwa napotykamy w starożytności, w dziełach klasycznych filozofów, takich jak: Herodot, Pliniusz, Strabon, Ksenofont, Sofokles, Heraklit, Arystoteles, Wergiliusz [31].



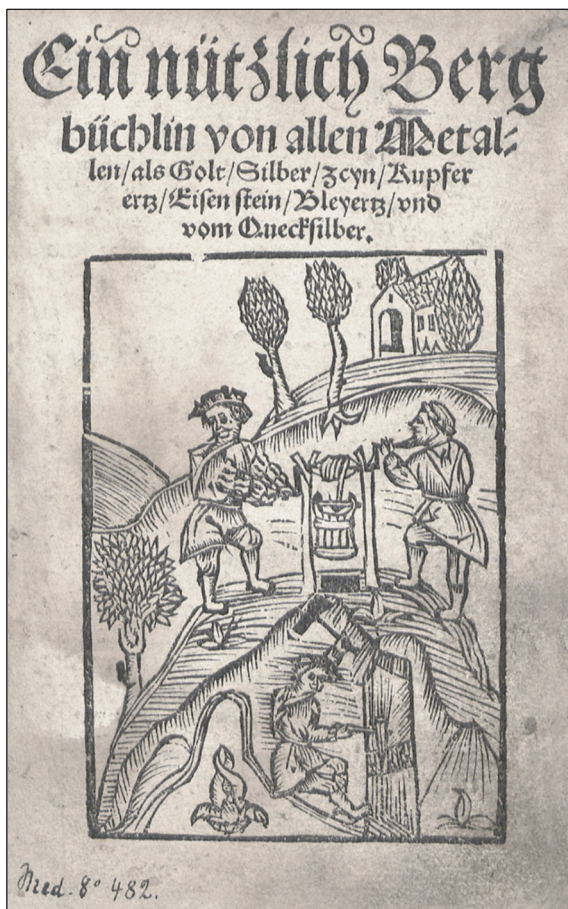
Rys. 438. Strona tytułowa dzieła Pliniusza Starszego *Historiæ naturalis* [110]

Szczególnie Pliniusz Starszy (23–75 r.), autor *Historii naturalnej* (rys. 438), związał się z górnictwem, poświęcając mu wiele miejsca w swej pracy. Między innymi wspomina o węglu kamiennym, podejmuje próby opisu i podziału skał na podstawie odcisków roślin, jakie na nich znajduje. Podejmuje też problem trzęsień ziemi.

W *Biblii* (XII–II w. BC) jest wiele wersów poświęconych tematyce górniczej. Na przykład w *Księdze Hioba* (rozd. 28) znajdziemy wzmiankę o górnikach, którzy „wydźrążyli szyb daleko od okolic, w których mieszkają ludzie” oraz o „mroku i głębokim cieniu”, jaki w nim panował. Również Mojżesz (*Księga powtórzonego prawa*) obiecuje Izraelitom „ziemię, w której kamienie są żelazem, a z której gór będą wydobywać miedź”. *Stary Testament* wymienia narzędzia górnicze, metale i sposoby ich wytopu.

Pisarze starożytni zajmowali się chętniej dziejami ziemi i mineralogią niż górnictwem. Oprócz śrubby Archimedesesa nie mamy z tamtego okresu żadnego przypisanego autorowi wynalazku, który byłby stosowany w kopalni.

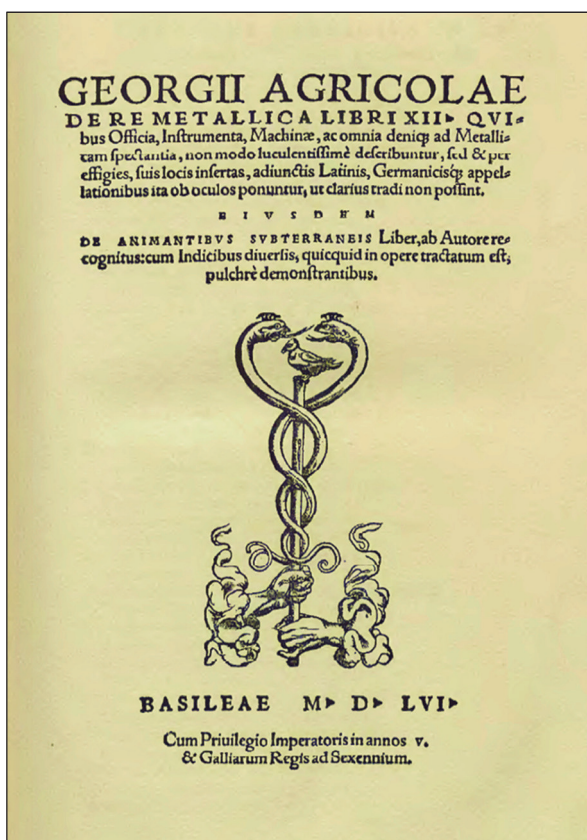
Kolejnym wynalazcą tworzącym projekty możliwe do zastosowania w górnictwie, o którym wspomniałem, był Leonardo da Vinci. Zaproponował wersję mechanicznego kilofa do urabiania w kamieniołomach (rys. 191).



Rys. 439. Strona tytułowa podręcznika Ulricha Rüleina von Kalbego
Ein nützlich Bergbüchlin von allen Metallen [76]

Prawdopodobnie pierwszy podręcznik z zakresu górnictwa opublikował w 1505 r. Ulrich Rülein von Kalbe (rys. 439) [76]. Napisany w języku środkowo

niemieckim, saksońskim, odzwierciedla wiedzę z późnego średniowiecza na temat złóż rud, ich powstania i eksploatacji. Zawiera 46 stron tekstu i 11 drzeworytów. Zastosowano w nim formę dialogu: ekspert Daniel odpowiada na pytania młodego dziedzica. Jego autor był pod silnym wpływem astrologii i alchemii, stąd uzasadnia genezę pojawienia się rud wydarzeniami na niebie. Siedem klasycznych metali: złoto, srebro, miedź, żelazo, rtęć, cyna i ołów pochodzą od pięciu planet oraz od Słońca i Księżyca. Uważa, że formą występowania rud są tylko żyły.



Rys. 440. Strona tytułowa *De re metallica* [93]

Kolejnym, najważniejszym do czasów odrodzenia, autorem podręcznika z zakresu górnictwa był wielokrotnie cytowany Agricola. To pierwszy w historii nauk górniczych podręcznik o takim zakresie merytorycznym (rys. 440). Nie było

to jego jedyne dzieło poświęcone problemom złóż. Wydał również, jak pisałem, prace o występowaniu złóż rud. Wydaje się, że czerpał wiedzę zarówno ze swych licznych wizyt w kopalniach, jak i studiów prac autorów starożytnych, a także przekazów ustnych. Trudno jednak ustalić, ile z wiedzy prezentowanej w swoim podręczniku Agricola zaczerpnął ze źródeł, a ile z własnego doświadczenia. Śledząc jego życiorys, można dojść do wniosku, że nowej wiedzy jest w podręczniku niewiele. Nie umniejsza to znaczenia tego dzieła w nauczaniu górnictwa, przez przynajmniej dwa następne wieki jego prace były bowiem jeśli nie jedynymi, to podstawowymi podręcznikami. Ich wpływ znajdziemy w pierwszym podręczniku z zakresu geologii, napisanym w języku polskim przez księdza Krzysztofa Kluka (rys. 441).



Rys. 441. Strona tytułowa książki ks. Krzysztofa Kluka *Rzeczy kopalnych osobliwie zdatniejszych szukanie, poznanie i zażycie* [140]

Zauważmy, że autorzy dwóch pierwszych podręczników byli ludźmi wykształconymi. Rülein von Kalbe ukończył w 1490 r. Uniwersytet w Lipsku. Na tej samej uczelni studiował również Agricola (stopień naukowy magistra siedmiu sztuk wyzwolonych uzyskał w 1515 r.). Umiejętności doskonalił na studiach w Padwie i Bolonii (1523 r.). Obaj też mieli wiedzę medyczną, którą widać w dziele Agricoli, gdy pisze o chorobach zawodowych górników.

Studiując prace Agricoli, widzimy, że pod koniec średniowiecza nastąpił skokowy rozwój maszyn stosowanych w kopalniach. Można powiedzieć, że w każdej operacji (poza urabianiem) znajdziemy zaczątki mechanizacji, w tym często w prostej linii prowadzącej do współczesnej. Oczywiście są to maszyny proste, w większości z nich podstawowym materiałem konstrukcyjnym jest drewno. Widać też postęp w naukach matematycznych, zwłaszcza w geometrii, stanowiącej podstawę rodzącej się geodezji górniczej. Pojawiają się próby naukowego uzasadnienia zjawisk zachodzących w górotworze podczas przepływu wody i gazów, a także w procesach hutniczych. Notuje się znaczny postęp w znajomości budowy geologicznej skorupy ziemskiej, mineralogii i hydrologii.

Wspomniałem o ukończeniu studiów wyższych przez obu wymienionych autorów. Od uruchomienia najstarszego uniwersytetu cywilizacji łacińskiej w Bolonii w 1088 r. rozpoczął się okres „instytucjonalnego” zajmowania się nauką. W XVII i XVIII wieku wzrosło zainteresowanie wnętrzem naszej planety. Hipotezy dotyczące powstania i budowy Ziemi znajdujemy w dziełach Kartezjusza, Athanasiusa Kirchera czy Georgesa-Louisa Buffona.

Wzrost zapotrzebowania na surowce powoduje, że coraz wyraźniej widać konieczność kształcenia specjalistów z zakresu górnictwa. W Schemnitz (Bańska Szczawnica), w czołowym ośrodku górniczym Europy pierwszej połowy XVIII wieku, w którym po raz pierwszy zastosowano proch oraz w którym opracowano system gromadzenia wody niezbędnej do poruszania kół wodnych urządzeń górniczych, zrodziła się myśl utworzenia szkoły uczącej urzędników górniczych. Powołano ją do życia w 1735 r. (Bergschule). Pierwszym jej kierownikiem i profesorem został Samuel Mikovíni, twórca sztucznego zbiornika Rozgrund, którego zapora wysokości 30,2 m była przez następne 110 lat najwyższą zaporą ziemną w Europie. W wyniku wniosku złożonego przez urzędnika górniczego Johanna Thaddäusa Antona Peithnera (autora wydanego w 1780 r. dzieła *Versuch über die natürliche und politische Geschichte der böhmischen und mährischen Bergwerke*) władze centralne Wiednia zdecydowały pod koniec 1762 r. o przekształceniu szkoły

urzędników w Akademię Górniczą (rys. 442). Szkoła przed 1770 r. nosiła nazwę Praktische Lehrschule, następnie w latach 1770–1824 Bergakademie, służąc całemu imperium Habsburgów.



Rys. 442. Dawna siedziba rektoratu. Bergakademie-Schemnitz [71]

Równolegle (1765 r.) przez Friedricha Antona von Heinitza i jego brata Carla Wilhelma Benno von Heynitza została założona Akademia Górnicza we Freibergu (Saksonia, Niemcy). Od 1806 r. uczelnia działała jako König-Saxon Bergakademie zu Freiberg⁵⁰.

Druga połowa XVIII wieku to okres, w którym uczelnie górnicze lub wydziały w uczelniach powstają w wielu krajach. Odnotujmy te, które kolejno powstały do końca XIX wieku: Petersburg – 1773 r., Paryż – 1783 r., Clausthal – 1810, Kielce – 1816 r.⁵¹, Sant Etienne – 1816 r., Liege – 1836 r., Berlin – 1847 r., Leoben i Przybram – 1849 r., Londyn – 1851 r., Mons – 1855 r., Missouri (USA) –

⁵⁰ Według źródła [74] wcześniej od wymienionych uczelni europejskich działały: w latach 1557–1786 akademia w boliwijskim ośrodku wydobywającym srebro (w Potosí) oraz w Europie – uczelnia w Kongsberg (Norwegia, lata 1757–1814) i w Pradze (1762 r.). Starszą od wyższych szkół górniczych jest założona w 1747 r. École des Ponts et Chaussées w Paryżu, kształcąca głównie inżynierów budowy dróg, mostów, kanałów itp.

⁵¹ Uczelnie tej poświęcę nieco więcej miejsca w dalszych rozważaniach.

1870 r., Ballart (Australia) – 1870 r., Golden (USA, Kolorado) – 1873 r., Ouro Preto (Brazylia) – 1876 r., Lima⁵² (Peru) – 1876 r., Dakota (USA) – 1885 r., Adelajda (Australia) – 1889 r., Kimberley (RPA) – 1896 r. W XX wieku liczba wydziałów i uczelni górniczych istotnie wzrasta.

Wykładowcy szkół XVIII-wiecznych wywodzili się z profesorów zajmujących się naukami przyrodniczymi w uniwersytetach (geolodzy), natomiast zagadnienia techniczne wykładali praktycy (jak się okaże, zakres technicznych przedmiotów szczegółowych był bogaty). Wypada także stwierdzić, że „geologia uniwersytecka” (zwana geognozją) stała już wtedy na ugruntowanym poziomie. Na przykład Nicolaus Steno (1638–1686), duński anatom i geolog, biskup katolicki, udowodnił, że część skał powstała na drodze sedimentacji, czyli że są to skały osadowe. Sformułował także obowiązujące do dziś cztery podstawowe zasady stratygrafii. Był też propagatorem tezy, że skamieniałości są pochodzenia organicznego. Wprowadził jeden z pierwszych podziałów dziejów Ziemi na epoki geologiczne. Prowadził badania krystalograficzne, odkrywając prawo stałości kątów w kryształach. Pierwszym wykładającym geologię („geognozę”) we Freibergu był Abraham Gottlob Werner [95].



Rys. 443. Stanisław Staszic [114]

W Polsce w 1811 r. z inicjatywy Stanisława Staszica (rys. 443) Uniwersytet Jagielloński powołuje odrębną katedrę mineralogii i „geognozji”. Jej profesorem i dyrektorem jest Józef Tomaszewski (pierwsza katedra geologii powstała w Paryżu w 1793 r., przy Musée d’Histoire Naturelle).

Stanisław Staszic urodził się w 1755 r., zmarł w 1826 r. Naukowiec i działacz społeczny – najbardziej zasłużony dla rozwoju górnictwa w Polsce w okresie przed trzecim rozbiorem. Autor pierwszego opisu geologii „ziemi Polski”. Studiował w Poznaniu, Paryżu, Freibergu. Tam poznał wagę tworzenia szkół górniczych, nawiązał kontakty z ich profesorami.

⁵² National University of Engineering została założona w 1876 r. przez Polaka, Edwarda Jana Habicha jako szkoła Budownictwa i Inżynierii Górniczej.

Korzystając z doświadczeń akademii we Freibergu, 20 lutego 1816 r. założył pierwszą polską wyższą uczelnię techniczną – Szkołę Akademiczno-Górnica w Kielcach.

Niektórzy współcześni (A. Kleczkowski⁵³) uważają, że jej nazwa to rusezizm, poprawną jest Akademia Górnicza. Mieściła się w północnym skrzydle pałacu Biskupów Krakowskich (rys. 444).



Rys. 444. Pałac biskupów krakowskich w Kielcach, siedziba Szkoły Akademiczno-Górnicej [108]

Z powodów politycznych po drugim rozbiórze Polski w 1827 r. decyzją cara została przeniesiona do Warszawy. Nigdy nie rozpoczęła tam działalności. Po upadku powstania listopadowego (1831) została zamknięta. Studiowało w niej 100 studentów, ukończyło tylko 40. Była zaczątkiem technicznego szkolnictwa wyższego w Polsce i w Warszawie (Politechnika Warszawska – 1826). Jeden z jej studentów (Marek Antoni Pawłowicz) tak pisał: „Profesorów jest sześciu, którzy dają siedem kursów, wszystkie w języku niemieckim, tylko lekcja geognozji (geologii) w języku polskim”. Wykładano takie przedmioty, jak: matematyka

⁵³ Prof. dr hab. inż., hydrogeolog, rektor AGH w latach 1981–1987, badacz dziejów wyższego szkolnictwa technicznego w Polsce.

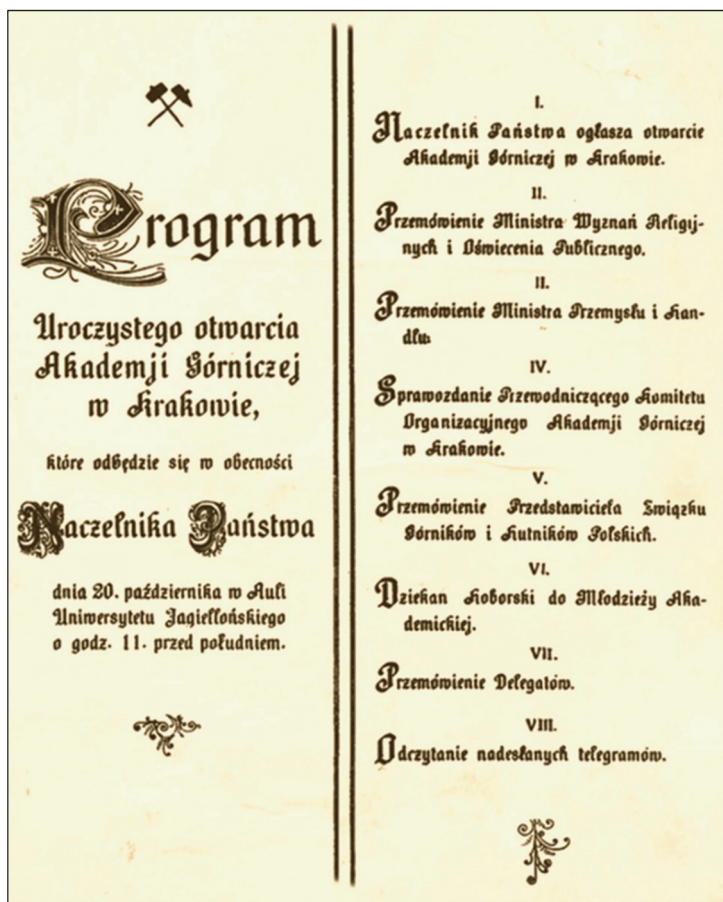
czysta i stosowana, fizyka, chemia, górnictwo, nauka o maszynach górniczych, mineralogia, prawo górnicze, rysunek architektoniczny, chemia i hutnictwo, formierstwo odlewnicze, rysunek. Wykłady (40 godzin tygodniowo) prowadzono rano i po południu. Zajęcia praktyczne odbywały się w „Hucie Aleksandra” w Białogonie i w kopalni w Miedzianej Górze [82]. Najwybitniejszym wykładowcą szkoły był geolog Bogumił Pusch. Naukowo zajmował się, podobnie jak Stanisław Staszic, geologią Polski oraz geodezją (do wyznaczania wysokości zastosował barometr). Wykładał geologię, górnictwo i chemię. Oprócz profesorów sprowadzonych z Freibergu okazjonalnie w Kielcach wykładał wspomniany profesor UJ – J. Tomaszewski.

Przedstawione powyżej przedmioty z pewnością były charakterystyczne dla szkolnictwa górniczego początku XIX wieku w Europie. Również system nauki silnie wiązał wykłady z zajęciami praktycznymi.

Zlikwidowanie Szkoły Akademiczno-Górnicznej spowodowało, że liczna rzesza Polaków udała się na studia do akademii górniczych za granicę. Trudno ustalić ilu ich było – zapewne ponad tysiąc. Tam wykształcili się wybitni górnicy i geolodzy, tacy jak: Tomasz Zan, Tadeusz Łada-Zabłocki, Adam Ciechanowski, Jan Czerski, Adam Piwowar, Wacław Sieroszewski, Karol Bogdanowicz, Ludwik Nabelak, Rudolf Zuber.

Aby skończyć wątek szkolnictwa górniczego w Polsce w okresie rozbiorów, wśród górników – Polaków, należy wspomnieć, że ciągle była żywa myśl o powołaniu uczelni z wykładowym językiem polskim. Pierwsze zamysły o podjęciu starań na dworze cesarskim w Wiedniu pojawiły się na I zjeździe Polskich Inżynierów Górników, który miał miejsce w 1906 r. w Krakowie. Dopiero jednak działania takich osobistości, jak Juliusz Leo i Jan Zaráński, zakończyły się sukcesem. W 1913 r. decyzją Ministerstwa Robót Publicznych w Wiedniu został powołany Komitet Organizacyjny Akademii Górniczej. Przewodniczącym został Józef Mrozewicz – profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego. Na wniosek Komitetu Cesarz Franciszek Józef I 31 maja 1913 r. zatwierdził utworzenie Wyższej Szkoły Górniczej w Krakowie. Na potrzeby uczelni Rada Miasta postanowiła przekazać teren. Niestety, wybuch I wojny światowej uniemożliwił rozpoczęcie pracy. Natychmiast po odzyskaniu niepodległości reaktywował się Komitet Organizacyjny AG. Wniosek o jej powołanie złożył Minister Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego. Na posiedzeniu rządu Ignacego Paderewskiego w dniu 8 kwietnia 1919 r. podjęto uchwałę o „założeniu i uruchomieniu Akademii

Górnicej w Krakowie z dniem 1.10.1919 r.". Uroczysta inauguracja odbyła się w auli Uniwersytetu Jagiellońskiego 20.10.1919 r. (rys. 445).



Rys. 445. Zaproszenie na inaugurację pierwszego roku akademickiego w Akademii Górniczej w Krakowie

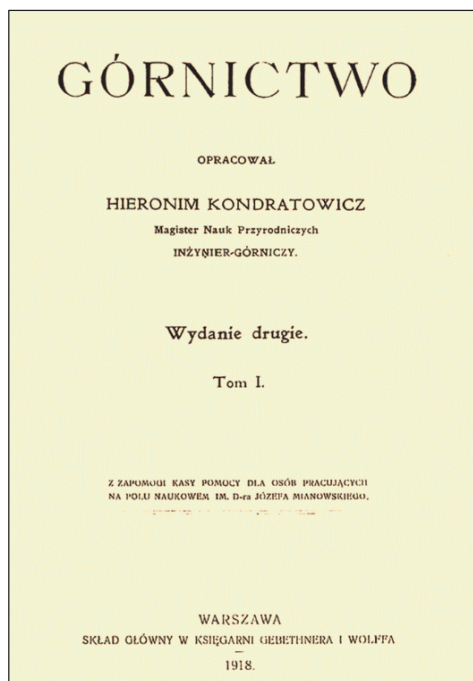
Otwarcia dokonał Marszałek Józef Piłsudski. Pierwszym rektorem został Antoni Hoborski. Przyjęto 60 studentów na Wydział Górniczy. Szczegółowo losy starania o utworzenie uczelni omawia praca pod redakcją A. Siwik [222]. Profesorowie Akademii po II wojnie światowej uczestniczyli w powołaniu do życia dwóch wydziałów górniczych w politechnikach: Śląskiej (1950 r.) i Wrocławskiej (1968 r.).

Utworzenie tak wielu uczelni górniczych na przełomie XVIII i XIX wieku łączy się z rewolucją techniczną i opisywanym szybkim postępem w technologiach wydobywania surowców, jaki odnotowaliśmy w tamtym okresie. Spowodował on, że wiedzę musieli zdobywać nie tylko zarządzający kopalniami, ale i średni dozór, czyli sztygarzy, którzy kierowali pracą górników w przodkach. Wcześniej zdobywali wiedzę jak rzemieślnicy, „terminując” w kopalni u boku doświadczonych górników. W początkach XIX wieku powołano do życia wiele szkół górniczych. Najwcześniejsze próby tworzenia niższego szkolnictwa górniczego, mającego kształcić średni dozór kopalniany, podjęto na Górnym Śląsku, gdzie już w 1803 r. zorganizowano szkoły uczące czytania i pisanie (Tarnowskie Góry, Królewska Huta). Od 1839 r. przekształcano je w szkoły górnicze uczące również zawodu. Uczniowie pracowali rano, a lekcje mieli wieczorem. Uczono następujących przedmiotów: górnictwo, petrografia, geometria elementarna, miernictwo, kaligrafia, rachunkowość, rysunki. W 1889 r. wprowadzono jako dodatkowy przedmiot pierwszą pomoc w nagłych wypadkach [167].

Podobne próby podejmowano w Zagłębiu Dąbrowskim, jednak pierwszą szkołę górniczą z rosyjskim językiem wykładowym utworzono dopiero w 1889 r. w Dąbrowie Górniczej. Wcześniej, bo w 1861 r., Ministerstwo Skarbu w Wiedniu, któremu podlegały kopalnie, zdecydowało o zorganizowaniu w Wieliczce szkoły górniczej, organizacyjnie podporządkowanej tamtejszej dyrekcji salin państwowych [168]. W 1889 r. w Dąbrowie Górniczej otwarto szkołę średnią dla sztygarów i majstrów. Szkoła, kształcąca na poziomie średnim, uzyskała powszechną nazwę „Szttygarka” [66]. Na potrzeby uczniów Wincenty Kosiński, autor Mapy geologicznej Królestwa Polskiego (1873 r.), przetłumaczył na język polski *Górnictwo i hutnictwo: krótki wykład historycznego i technicznego rozwoju górnictwa i hutnictwa* Adolfa Gurlta (1883) [53]. Drugim wybitnym wykładowcą szkoły był wielokrotnie wspomniany Hieronim Kondratowicz. Pracując w przemyśle, studiował literaturę górniczą. W 1883 r. ukazało się, drukiem jego dwutomowe tłumaczenie na język rosyjski książki specjalisty górniczego Charlesa Demaneta *Cours d'exploitation des mines de houille*, której wydanie francuskie ukazało się w 1873 r. [67]. Na podstawie swojego doświadczenia i literatury (bogato przywoływanej) w 1898 r. wydał w języku rosyjskim podręcznik *Gornoje iskusstvo*. Jego tłumaczenie na język polski ukazuje się w 1903 r. (rys. 446) [232].

Przygotowując wydanie drugie, wzoruje się na znanym wówczas niemieckim podręczniku F. Heise'a i F. Herbst *Lehrbuch der Bergbaukunde* (rys. 447).

W podręczniku tym bogato prezentowane są ilustracje zawarte w obu wymienionych uprzednio (francuskim i niemieckim). Wymienione podręczniki były wykorzystywane w kształceniu studentów na akademiach górniczych.



Rys. 446. Strona tytułowa drugiego wydania podręcznika H. Kondratowicza [51]

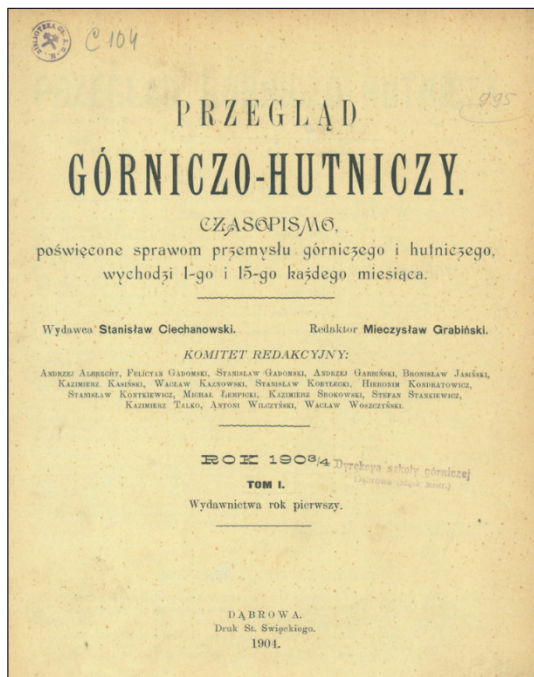


Rys. 447. Strona tytułowa podręcznika F. Heise'a i F. Herbst *Lehrbuch der Bergbaukunde*

Pisząc o „Szttygarce”, należy wspomnieć, że jej wykładowcy w 1903 r. zaczęli wydawać *Przegląd górniczo-hutniczy* (rys. 448). Dwutygodnik był pierwszym czasopismem górniczym wydawanym w języku polskim.

Niezależnie od konieczności kształcenia sztygarów dla kopalń podziemnych pojawia się potrzeba uczenia zawodu wiertnika. Zwrócił na to uwagę twórca polskiego przemysłu naftowego – Ignacy Łukasiewicz. Około 1875 r. podjął starania o założenie w Bóbrce, gdzie był dyrektorem kopalni, szkoły górniczej. Brak ostatecznego poparcia dla projektu ze strony władz, mimo interpelacji Łukasiewicza w Sejmie Krajowym i wstawiennictwa Karola Klobassy-Zręckiego (1823–1886), pioniera przemysłu naftowego w Galicji i posła na sejm,

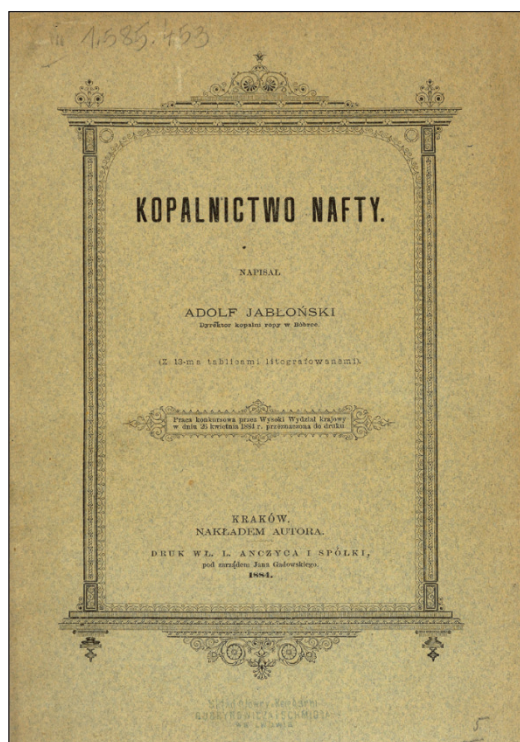
spowodował, że ostatecznie jednak niższej szkoły górniczej w Bóbrce nie założono. Pomysł udało się zrealizować w październiku 1885 r. w Ropiance koło Dukli, gdzie rozpoczęła działalność Praktyczna Szkoła Wiercenia Kanadyjskiego. Był to raczej kurs niż szkoła, bo nauka trwała od 3 do 6 miesięcy.



Rys. 448. Strona tytułowa jednego z pierwszych numerów *Przeglądu górniczo-hutniczego* [50]

W 1885 r. ukazały się dwa podręczniki z zakresu górnictwa naftowego. Autorem jednego z nich był Adolf Jabłoński, współpracownik Łukasiewicza. Wydał on w Krakowie (1885) *Kopalnictwo naftowe* (rys. 449). Drugi podręcznik, autorstwa Marcina Maślanki, nosił tytuł *Zarys kopalnictwa naftowego, podręcznik dla urzędników kopalń naftowych*. Były to z pewnością jedne z pierwszych podręczników z zakresu kopalnictwa naftowego. W 1888 r. szkołę przeniesiono do Wietrznej.

Rozwój drugiego zagłębia naftowego w Borysławiu sprawił, że w 1886 r. przy uzupełniającej szkole przemysłowej w Drohobyczu utworzono dwuletni kurs górniczy kształcący wiertników. Z uwagi na małą liczbę uczniów obu szkół połączone je w 1896 r., siedzibę lokując w Borysławiu [166].



Rys. 449. Strona tytułowa podręcznika Adolfa Jabłońskiego [128]

Wymieniłem podręczniki, z których korzystali uczniowie szkół Śląska i Galicji. Oczywiście przełom XIX i XX wieku to okres, w którym wybór podręczników jest znacznie większy. W 1874 r. J.R. Collon wydał *Cours d'exploitation des Mines*. W 1900 r. w Saint Etienne S. Sassart opublikował *Les Condition d'exploitation a grande profondeur en Belgique*. W 1907 r. w Paryżu wyszedł *Cours d'exploitation des Mines* Hatona de la Goupillière'a. Niezwykle popularnym i często cytowanym w latach późniejszych jest podręcznik *Der Grubenausbau*, wydany w Berlinie w 1909 r., napisany przez Bansena, oraz w tym samym roku wydany w Katowicach *Das Obeschlesiene Steinkohlenbecken*, napisany przez G. Geablara. To tylko przykłady⁵⁴.

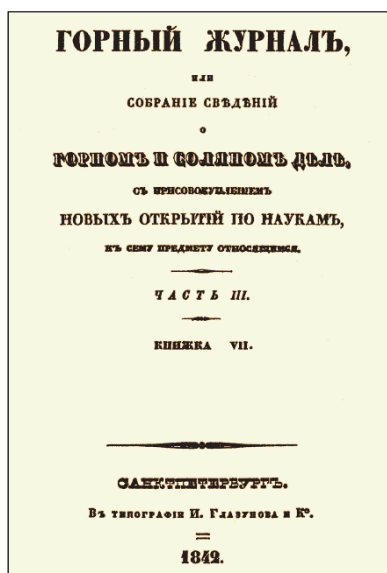
Wcześniej zaczęto też pisać rozprawy dotyczące poszczególnych zagadnień. Na przykład już w 1850 r. w Liege ukazała się praca A. Devilleza *De l'exploitation de la nauille á la profoduer d'au moliu mile*, w której autor podejmuje próbę odpowiedzi

⁵⁴ Wiele z nich, zwłaszcza niemieckojęzyczne, ma wydane współcześnie reprintsy.

na pytanie: czy i w jakich warunkach będzie możliwa eksploatacja na głębokości 1000 m? Przygotowywane są też prace dotyczące działów nauk górniczych. Na przykład wentylacji poświęcony jest podręcznik A. Devilleza *Ventilation des Mines*, wydany w 1875 r., czy też Jićńskiego *Katechismus der Grubenwetteführung*, wydany w Ostrawie w 1901 r. O mechanizacji transportu pisze Gerke w pracy wydanej w 1913 r. (*Abbauförderung*). Początek XX wieku przynosi podręczniki z zakresu wdrażania podsadzki, jak na przykład praca Otto Pütza *Das Spülversatzverfahren* – Berlin, 1907 r.

Wydobycie ropy naftowej i rozwijające się wiertnictwo również doczekało się swych fachowych podręczników. W 1903 r. w Paryżu L. Demaret wydaje *Les principaux gisement de petrole du monde*, a w 1913 r. w Petersburgu wychodzi *Ekspluatacija burowych skważyn* Głuszkowa.

Wspomniałem, że w Dąbrowie Górniczej z początkiem XX wieku zaczęto drukować pierwsze polskojęzyczne pismo naukowo-techniczne. Znacznie starszym był *Gornyj Żurnal* (rys. 450) wychodzący w Petersburgu od 1825 r. oraz *Glückauf – Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift*, wydany po raz pierwszy przez Stowarzyszenia na Rzecz Górniczych Zainteresowań w Dortmundzie w 1865 r. (rys. 451).



Rys. 450. Strona tytułowa periodyku *Gornyj Zhurnal* z 1842 r. [131]



Rys. 451. Strona tytułowa *Glückauf – Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift* [70]

Początek XX wieku to również pierwsze międzynarodowe kongresy górnicze organizowane w Berlinie (1910) i Wiedniu (1913). W drugiej połowie XX wieku kongresy przyjmą formę zinstytucjonalizowaną, w czym miał udział polski górnik profesor Bolesław Krupiński, który w 1958 r. doprowadził do zorganizowania w Warszawie pierwszego Światowego Kongresu Górniczego. Powołał do życia organizację pod tą samą nazwą, która co 4 lata przygotowuje kolejne sesje, w różnych krajach. Z początkiem XX wieku swoje periodyki zaczynają wydawać krajowe stowarzyszenia górnicze, takie jak francuskie La Société de l'industrie minerale, założone w 1901 r. Ich liczba, podobnie jak stowarzyszeń naukowych i zawodowych, również będzie rosła.

Używamy pojęcia „nauki górnicze”, które wskazuje, że jest to zbiór zróżnicowanej wiedzy. W ich zakres wchodzi 14 zagadnień szczegółowych [97]. Kształtowały się przez stulecia, korzystając z rozwoju nauk podstawowych. Wielokrotnie wymieniałem niektórych ze współtwórców tej dziedziny, ale nie sposób wymienić nawet wszystkich ważniejszych. Trudno, (jeśli w ogóle jest to możliwe) będzie też, choćby szkicowo, przedstawić drogę, na której kształtowały się i rozwijały ich poglądy.

Pierwsze odkrycia, nie mające swych odkrywców i nie dające się umiejscowić w czasie, to rozróżnianie skał. Nieco później stwierdzenie istnienia kąta naturalnego stoku (zbrocze kopanego dołu jeśli zbyt strome, osuwa się), stateczności wyrobisk (wyrobisko podziemne zbyt szerokie ulega zawaleniu), zużywania tlenu podczas oddychania i wydychania dwutlenku węgla (w ślepych wyrobisku górnik traci przytomność). Wymienione jako ostatnie powoduje odkrycie konieczności wymiany atmosfery w wyrobiskach podziemnych (łączenie wyrobiskiem dwóch szybów) oraz depresję naturalną. Możemy je umiejscowić w czasie – neolit, około 2000 lat BC. Wtedy też górnik poznaje szczelinowatość skał i uczy się ją wykorzystać w procesie urabiania. Nieco później odkrywa rozszerzalność ciepłą skał i jej wpływ na niszczenie ich struktury (urabianie ogniem). Podosadzanie ogniem w celu urabiania przynosi odkrycie depresji cieplnej zastosowanej do wymuszenia intensywnego przepływu powietrza przez wyrobiska kopalniane (starożytność). Kiedy pojawiły się metale, rozpoczęły się odkrycia z zakresu przeróbki, procesy rozdrabniania (młyn) i wzbogacania w strumieniu płynącej wody. W starożytności zaczęto wykorzystywać maszyny proste (wykorzystanie żurawia do odwadniania, kołowrotu do czerpania wody z szybu i do ciągnięcia urobku, koło wodne do odwadniania).

Z pewnością możemy stwierdzić, że początki mineralogii, geologii złożowej, geodezji górniczej, przeróbki, wentylacji kopalń, mechaniki gruntów i geomechaniki, odwadniania kopalń, maszyn górniczych, tkwią w starożytności. Ich dalszy rozwój przebiegał dla każdej składowej nauk górniczych swoją drogą, choć trudno podać datę ich wyodrębniania się. Oprócz wymienionych pojawiły się nowe: wyciągi szybowe, mechanizacja i napędy, wiertnictwo, gazownictwo, elektryfikacja i wreszcie automatyzacja i informatyzacja. Każda miała okresy, kiedy przyspieszała, kiedy decydowała o dalszym rozwoju techniki górniczej. Studiując podręczniki górnicze z różnych okresów można napotkać szczegółowe dociekania autorów. W niektórych są odwołania do źródeł, ale generalnie ich brak. Liczne prace i informacje zawarte są w czasopismach górniczych. Tysiące stron do przestudiowania. Temat czeka na opracowanie. Teraz więc tylko powtórzę: bez rozwoju nauk górniczych nie byłoby postępu technicznego w górnictwie!

Nie samą pracą górnik żyje – słów kilka o zwyczajach w akademiach górniczych i tradycji – *rogo vocem pro me*

Wielokrotnie wspominałem, że praca górników wiązała się ze znaczną odrębnością w stosunku do innych zawodów. Od wczesnego średniowiecza zdarzało się społeczności górników pracować na zasadach spółki, w której byli udziałowcami. Pisałem też, że w przypadku zamieszek w mieście lub wojen stawali jako straż miejska bądź wojsko. Do tego dochodziła praca z codziennym ryzykiem kalectwa lub utraty życia. Musiało to spowodować, że społeczność ludzi kopalń ukształtowała swoje obyczaje. Z przekazów pisanych wiemy, że pojawiły się w gminach górniczych już w średniowieczu. Wspomina o nich Agricola w przywoływanym dziele *De re metallica*. Píše w nim o tym, że w zagłębiach górniczych co sobotę zjeżdżali się „oficjaliści” z kopalń i hut, aby spędzić razem wieczór przy piwie, winie i śpiewie. Inne przekazy sugerują, że rodowodu

tych zwyczajów można również szukać w okresowych spotkaniach członków gmin górniczych, czyli gwarków, w karczmie (gdyż była to oprócz kościoła największa w gminie izba), na których dokonywano obrachunku, układano plany dalszych działań. Spotkanie, obowiązkowo przy piwie lub winie, kończyło się wesoło, było okazją do drwin z towarzyszy, a zwłaszcza z przełożonych.

W XVII wieku, kiedy pojawiły się uczelnie górnicze, zaczął się kształtować styl życia studentów-górników oraz obyczajowość elity zawodu. Ponieważ mówimy o obyczajach z rodowodu „akademickich”, kolejnym ich „korzeniem”, z pewnością były zwyczaje żakowskie, z których najbardziej znane są „otrząsiny”, istniejące w ówczesnych uniwersytetach. Wpływ na ich kształtowanie miały organizacje studenckie tworzące się na uczelniach. Również na kieleckiej akademii utworzono w 1821 r. Stowarzyszenie Burszów⁵⁵ i Szpaków kieleckich.

Wydaje się, że początków zwyczajów studentów uczelni górniczych, poszukiwać należy w Schemnitz. Przypomnijmy, że w XVI i XVII wieku w regionie tym notujemy rozwój górnictwa kruszcowego. Tutaj też przez kilka lat pracował Agricola, piszący o obyczajach sprzed 200 lat. Nie bez znaczenia pozostawał fakt silnego zróżnicowania narodowościowego miejscowych górników. Pracowali tu Węgrzy, Niemcy, Czesi, Polacy i przedstawiciele innych narodowości. Tutaj też pojawiają się wieczory piwne, zwane „Schachttagami”. Opisuje je badacz dziejów Polaków – studentów zagranicznych uczelni górniczych, wspomniany wcześniej Stanisław Kossuth. Podobnie jak zebrania „oficjalistów” z kopalń i hut, które odbywały się w sobotnie wieczory, studenckie spotkania towarzyskie były zakrapiane piwem lub winem, opowiadano dowcipy oraz śpiewano. Odbywały się w restauracji (karczmie), na ogół zawsze w tej samej, w odrębnej sali, a brali w nich udział zarówno studenci, jak i profesorowie. Utarło się, że rozpoczynały się one o 21⁰⁰, a kończyły o 1⁰⁰ w nocy, gdyż wtedy zamykano lokal. Często zdarzało się, że część uczestników idąc przez miasto, udawała się do innych czynnych lokali. Z czasem pojawia się specjalny rytuał spotkań. Rozpoczynało je uderzenie przez organizatora mieczem (szpada) w stół i zarządzenie odśpiewania *Gaudeamus*, po którym wznoszono toast na cześć akademii. Następnie śpiewano pieśni górnicze. I tu dopuszczono śpiew w językach studiujących przedstawicieli różnych narodowości. Często śpiewano tę samą piosenkę równocześnie w kilku językach. W sali

⁵⁵ Bursz – w XIX wieku student uniwersytetu niemieckiego, należący do korporacji studenckiej.

wisiała tablica (a czasem dwie), na której student–skryba wypisywał imiona tych kolegów, którzy podpadli swoim zachowaniem i zostali ukarani, a także tych, którzy się zasłużyli.

Kilka razy do roku wieczory piwne miały charakter uroczysty, zwane były one komersami. Związane były z początkiem roku akademickiego, Barbórką lub pożegnaniem absolwentów, którzy skończyli studia. Składały się z trzech części. Pierwszą, w której obowiązywało zachowanie salonowe, a rozpoczynał i prowadził najstarszy funkcyjny z grona starych strzech, śpiewano obowiązkowo *Gaudeamus* i pieśni poważne, wśród nich z pewnością *Górnicy stan, hej niech nam żyje*, uznaną współcześnie za hymn górniczy. Druga i trzecia część spotkania, w miarę ilości wypitego piwa (lub wina), stawały się coraz bardziej swobodne. Na zakończenie części poważnej (pierwszej) wybierano prezesa, który w drugiej części spotkania sprawował niepodzielnie jednoosobową władzę. W trzeciej panowała anarchia. Prezesowi pomagało (organizując uczestników) dwóch kontrpunktów, przewodzących tablicom „Niższej” i „Wyższej”. Śpiewy intonował kantor. Wybór demokratyczny władz kwitowano pieśnią: *Wstępuj, wstępuj... mój*. Na spotkaniach uroczystych obowiązywał w zasadzie mundur górniczy. Jego krój używany w Schemnitz wywodzi się z paradnego stroju oficjalistów kopalni srebra „Stolnia Borowa”, jaki noszono od XVII wieku. Na marginesie należy zaznaczyć, że jest to strój dzisiejszego tzw. lisa majora. W programach owych komersów (i spotkań zwyczajnych), pojawiły się specjalne obrzędy. I tak: w ramach spotkań barbórkowych, na komersie (lub balu, o czym dalej) odbywał się skok przez skórę, to jest uroczyste przyjęcie do stanu górniczego. Fuksowie, czyli nasze dzisiejsze lisy, wybierali spośród grona starszych kolegów fuks majora (lis majora — dzisiaj), który przez okres kilku tygodni ich szkolił. Owo nauczanie, które odbywało się w czasie spacerów lub w restauracjach, obejmowało zagadnienia solidarności górniczej, zwyczajów górniczych i akademickich, kodeksu honorowego itp. Sam skok prowadził na ogół inny lis major wyznaczony przez starszyznę, czyli stare strzechy (tytuł ten przysługiwał w zasadzie absolwentom i studentom ostatniego roku studiów). Dalszy scenariusz wymagał od lisa skoku przez skórę, trzymaną przez najznamienitszych uczestników spotkania. Skórę tę (czasami) otrzymywał on na pamiątkę, tym cenniejszą, że uczestnicy spotkania składali na niej swoje autografy. Bywało też, że potwierdzeniem skoku był ozdobny dyplom.

Skok przez skórę odbywali fuksy („niepełnoprawny członek korporacji akademickiej”), którzy wcześniej, zwykle na początku pierwszego semestru, przechodzili chrzest piwny, przestając być kamelą („frajerem” – jak nazywano beanów – rozpoczynających studia). Kandydat na fuksa wybierał sobie ojca chrzestnego, którym był na ogół starszy kolega. Ten wraz z resztą tablicy wybierał dla niego imię piwne, które często nie było przyjemne (Ryj, Cieleń, Trąba). Niektórzy znajomieni ojcowie chrzestni z czasem stawiali się ojcami wcale okazałych rodzin piwnych. Niestety, nie znalazłem opisu samego obyczaju chrztu. Czy było to, jak chce dzisiejszy ceremoniał, polewanie głowy piwem, być może?

Jest ciekawostką, że imiona piwne nadawano również gościom – członkom rodzin studentów. A jeszcze większą ciekawostką jest fakt, że na wieczory piwne wpuszczano kobiety. Siostra Stanisława Małagowskiego, późniejsza żona Melchiora Wańkowicza, odwiedzając brata w Przybramie, otrzymała na chrzcie piwnym imię „Greczynka”.

Po zaliczeniu I roku fuks zdawał egzamin piwny. Obejmował on wiele „piwnych przedmiotów”. Wymagał przede wszystkim od egzaminowanego udzielania dowcipnych odpowiedzi na nedorzeczne pytania. Po jego zdaniu fuks stawał się mężem piwnym, otrzymując pełnię praw w uczestniczeniu w wieczorach piwnych. Słuchacz III roku studiów już automatycznie zostawał weteranem (starą strzechą).

Niezwyczajnie uroczyste były pożegnania absolwentów. Od łacińskiego słowa *vale*, czyli żegnaj, nazywano je valetami. Uroczysty komers o północy przekształcano w dostojny pochód z lampkami górniczymi, w którym absolwenci otrzymujący dyplomy niesieni byli przez młodszych kolegów z restauracji pod gmach uczelni. Tam uderzano nimi (a ściślej ich głowami) o drzwi tyle razy, ile semestrów studiowali, po czym zabawę kontynuowano.

Uroczystości na cześć zmarłych kolegów zwano salamandrą. Były to wieczory piwne prowadzone w atmosferze poważnej, na których wspominano zmarłego, wspólnie spędzone chwile. Wznoszono toasty „za jego pamięć i spokój duszy”.

Jak widać, obyczaje studentów-górników wymagały wiele czasu (spotykano się również bez okazji), no i gotówki, rozliczne spotkania suto zakrapiane piwem opłacali bowiem ich uczestnicy. Nic więc dziwnego, że stare strzechy często były dosłownie stare, bowiem wielu z nich dyplom uzyskiwało dopiero po 10 latach zgłębiania wiedzy górniczej.

Zwyczaj studentów górniczych obejmowały najpierw całą społeczność studentów, często z udziałem profesury. Z czasem, kiedy w ośrodkach akademickich powstawały studenckie organizacje skupiające w zasadzie jedną z narodowości, wieczory piwne organizowano na ich posiedzeniach, choć niekiedy w uroczystościach brało udział kilka stowarzyszeń. Pierwsza organizacja skupiająca polskich studentów (szkół technicznych) powstała w Austrii w 1872 r. Nosiła nazwę „Lechia”. Pięć lat później powstało Towarzystwo Naukowe Techników Polskich. Wreszcie w 1878 r. studenci Akademii Górniczej w Leoben utworzyli Czytelnię Polską – pierwszą studencką górniczą organizację, która między innymi podjęła się przygotowywania uroczystości górniczych. W materiałach źródłowych można znaleźć kilka dokumentujących je fotografii. Pomimo utworzenia własnej organizacji Polacy brali również udział w wieczorach piwnych ogólnych, organizowanych przez inne stowarzyszenia, zaś w spotkaniach polskich uczestniczyli inni studenci, głównie Słowianie. Ostatni skok przez skórę w Czytelnii Polskiej odbył się w Leoben w 1917 r.

Zwyczaj górnicze rozwijali również Polacy studiujący w innych uczelniach, zwłaszcza zorganizowani w Akademickie Stowarzyszenie SARMACJA powstałe w 1892 r. we Freibergu i Czytelnię Polską Akademików Górniczych w Przybramie powstałą w 1872 r.

Kiedy 1919 r. Akademia Górnicza w Krakowie rozpoczęła działalność, już w grudniu odbyła się Barbórka ze skokiem przez skórę wedle wzorów wypracowanych w Leoben. Uroczystość odbywała się w salach krakowskiego Grand Hotelu. Kolejne Barbórki, aż do 1936 r. (czyli wybudowania gmachu głównego), odbywały się w Teatrze Starym. W skoku przez skórę brali udział wszyscy studenci pierwszego roku. Każdy z nich miał swojego ojca chrzestnego, który trzymał skórę i przez okres studiów pełnił funkcję opiekuna. Pewnym *novum* w uroczystościach był „Bal Górnika” organizowany przez organizacje uczelniane. Odbywał się jako element uroczystości barbórkowych. Nowa rzeczywistość 1945 r. zaowocowała znacznym wzrostem liczby studentów. Nie było więc możliwości, by każdy z nich odbywał uroczysty skok przez skórę w trakcie uroczystości barbórkowych. Zmieniały się fragmenty tekstów wypowiedzianych w trakcie uroczystości, zmieniał częściowo scenariusz, ale tradycja trwała. Powstawanie w AGH wydziałów hutniczych zaowocowało odrębnymi uroczystościami Dnia Hutnika. I tak od 1962 r. zamiast skoku przez skórę hutnicy mieli ślubowanie hutnicze, a w miejsce spotkania gwarków pojawiła się karczma pod kadzią.

Nowym elementem zarówno w uroczystościach górniczych, jak i hutniczych, był zwyczaj wykonywania okolicznościowych kufli i tac, które stawały się przedmiotami kolekcjonowanymi. W miejsce leobeńskich nocnych pochodów po zakończeniu wieczorów piwnych w uroczystościach Dnia Górnika (jak go zaczęto nazywać by, choć pozornie, odejść od św. Barbary) pojawił się pochód lisów, organizowany od gmachu głównego AGH do Rynku Głównego. Rektor, prorektorzy, dziekani wydziałów Pionu Górniczego oraz prominenci z przemysłu jechali w dorożkach, pracownicy i studenci szli z pochodniami pieszo, przechodzili ulicami miasta z orkiestrą górniczą. Oczywiście obowiązywały mundury galowe lub robocze, w które w tamtych latach studenci byli zaopatrywani bezpłatnie. Pochód prowadził starosta górniczy na koniu. Przez wiele lat był nim wspomniany najwspanialszy piewca tradycji górniczych „wszech czasów”, prof. Witold Żabicki (rys. 452).



Rys. 452. Prof. Witold Żabicki prowadzący pochód lisów –
lata 70. XX wieku

W Rynku na pochód czekały władze miejskie z prezydentem (Przewodniczącym RM) na czele. Następowła wymiana życzeń i toastów, jak przystało na Kraków, wznoszonych miodem pitnym. W uroczystości tej dawało się zauważyć wiele elementów tożsamyh z Juwenaliami. Pochody odbywały się do 1977 r., w Olkuszu jeszcze dłużej, w przystosowanej do przemysłu formie. Odtwarzane

z mozołem od 2003 r., zmieniły charakter (rys. 453 i 454). W formie zbliżonej do poprzedniej są raczej manifestacją obecności studentów-górników w Krakowie. Po obejściu Rynku kończą się przed kościołem św. Anny. Uczestnicy mogą wziąć udział w mszy świętej odprawianej w intencji uczelni, kadry nauczycielskiej, studentów i braci górniczej. Uczestniczy w niej orszak lismajora oraz poczty sztandarowe.



Rys. 453. Pochód lisów, Kraków – początek XXI wieku



Rys. 454. Władze rektorskie AGH w pochodzie lisów (2005 r.)

Tradycja mszy barbórkowej wywodzi się z czasów przedwojennych. Po 1948 r. stała się mszą prywatną, zamawianą przez grono pracowników. Uczestnictwo w niej było pewną formą manifestacji. Po 1990 r. w kościele św. Anny znowu pojawił się sztandar uczelni, jej władze w togach akademickich, lis major z orszakiem oraz uczelniana orkiestra.

Współczesny skok przez skórę odbywa się w niezapomnianej scenerii gmachu głównego AGH (rys. 455), wedle scenariusza opracowanego przed wojną, zgodnego z kanonem opisanego scenariusza z Leoben.



Rys. 455. Skok przez skórę, hol AGH – początek XXI wieku

Karczma piwna do 2016 r. odbywała się zgodnie ze zwyczajem wypracowanym w okresie powstania uczelni. Prowadzi ją „w sprawach piwnych nigdy nieomylnie” prezydium na czele z prezesem. Od 2017 r. połączono ją ze spotkaniem towarzyskim, w którym oprócz pracowników biorą udział studenci i wychowankowie „płci obojga”. Spotkanie kończy zabawa taneczna.

Bal Górnik w AGH po wojnie w czasach świetności (lata 70. ubiegłego wieku) należał do najbardziej znaczących w Krakowie. Bywało, że grało kilka orkiestr, a dania serwowały najznamienitsze krakowskie restauracje. Bawiła się elita (socjalistyczna) z przemysłu i urzędów centralnych. Tańce odbywały się w kilku salach. Salą rektorską, gromadzącą najznamienitszych gości, była aula. Znalezienie się w gronie balowiczów było wyróżnieniem. Wydarzenia z 1976 r.

przerwały tę tradycję. Wrócono do niej w 1996 r., organizując Bal Wydziału Górniczego w kopalni w Bochni, przekształcony w 2012 r. w Bal Uczelni. Te odbywały się w różnych miejscach (kilkakrotnie w budynku głównym), by na dobre zagościć w kopalni wielickiej.

Trzeba z satysfakcją powiedzieć, że za sprawą AGH zwyczaje akademickie górników nie tylko przeszły na dwa młodsze wydziały górnicze na politechnikach: Śląskiej i Wrocławskiej, ale i powróciły tam, gdzie są ich najgłębsze, średniowieczne korzenie, to jest do kopalń (rys. 456), w bardzo zindywidualizowanej, ale nie zawsze zgodnej z tradycją formie.



Rys. 456. Najśłynniejsi prowadzący spotkanie gwarków w ZGH Bolesław – Witold Żabicki (za stołem), Józef Niewdana (z lewej), Jerzy Śliż (z prawej)

Opisałem najprzyjemniejszą dla gwarków stronę tradycji górniczych. Na zakończenie słów kilka o barwach i godle oraz o mundurach górników, a także o ich patronce, świętej Barbarze.



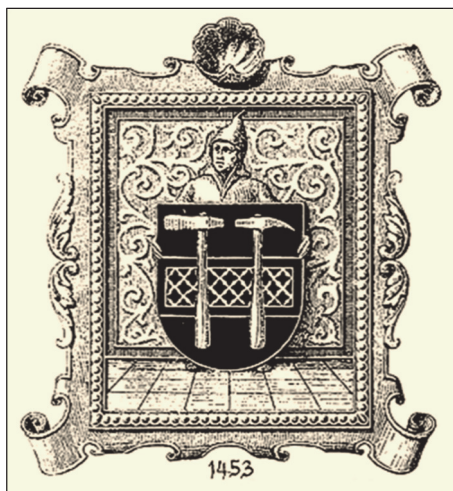
Rys. 457. Róg tura,
Muzeum wielickie [102]

Najtrudniej odpowiedzieć na pytanie: skąd wzięły się barwy i godło górników? Barwy w historii mają rody, barwy mają państwa, ale górnicy? Pozostawiając pytanie bez udokumentowanej odpowiedzi, możemy tylko domniemywać, że mogły być na proporcach oddziałów górników idących w bój. Czern i zieleń – pierwsza jest symbolem podziemnych ciemności, a druga górniczych tęsknot za zielenią lasów i pól w czasie pracy pod ziemią.

Początki godła wiążą się ze znakami cechów oraz z narzędziami górniczymi, jakie pojawiły się w herbach miast górniczych. Najpierw róg był znakiem używanym przez górników. Kojarzy się go (podobnie jak w przypadku myśliwych) z sygnałami dźwiękowymi, jakimi porozumiewali się ze sobą poszukiwacze złóż, przemierzający lasy. Jego ostry koniec służył również do urabiania. W Polsce najsłynniejszym egzemplarzem jest róg tura oprawiony w srebro z 1534 r., należący do Bractwa Kopaczy w Wieliczce (rys. 457) [102].



Rys. 458. Górnik urabiający
perlikiem i żelazkiem [1]



Rys. 459. Herb miasta Żelazna Ruda
z narzędziami górniczymi –
połowa XV wieku [25]

Wspomniałem o narzędziach górniczych tworzących godło: to perlik i żelazko – jedno z najstarszych metalowych przyrządów towarzyszących górnikowi. Bardzo dokładnie przedstawił je Agricola (rys. 458). Jednymi z pierwszych miast, w którego herbie pojawiły się w XV wieku, była Żelazna Ruda (rys. 459).

W postaci skrzyżowanej znane są nieco później w herbach miast Schwaz i Annaberg. Jednym z pierwszych były również herby Tarnowskich Gór (niemiecka nazwa: Freie Bergstadt Tarnowitz) (rys. 460), Wieliczki i Bochni.

Przez lata w dość dowolnej formie graficznej używano tego symbolu.

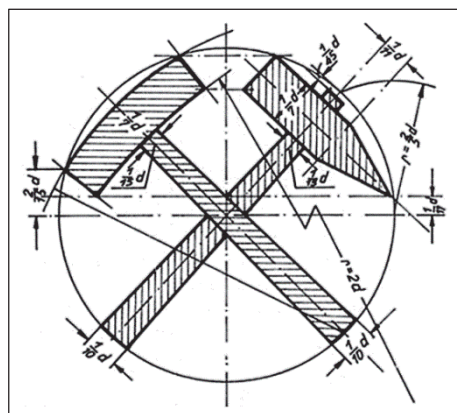
W Polsce w 1928 r. Stanisław Majewski zaproponował jego znormalizowaną formę (rys. 461), w której każdy z wymiarów jest ułamkiem promienia okręgu z wpisanym godłem. Godło górnicze regionalnie nazywane jest kupłą.

Mówiąc „mundur górniczy”, myślimy o tak zwanym mundurze paradywnym. Bierze on początek od ubrań roboczych, które ulegały zasadniczym zmianom. Na przykład w średniowieczny górnik pracujący w kopalni rudy w Kutnej Horze ubrany był w strój biały (rys. 462), raczej przypominający habit. Figurki górników z charakterystycznym kapturem przedstawione są na zegarze saksońskim z 1291 r. Górnik w podobnym ubiorze znajduje się na witrażu kościoła we Freibergu [226].

W 1556 r. urzędnik sądowy Schwaz Ludwig Läßl pisze książkę *Schwazer Bergbuch*. Książka nie została wydrukowana. Kilka egzemplarzy odręcznych wraz z ilustracjami znajduje się w bibliotekach. Malarzem prawie stu miniatur



Rys. 460. Herb Tarnowskich Gór z godłem górniczym [98]



był Jörg Kolber mieszkający w Schwaz. Wśród nich można z kolei zobaczyć górnika w charakterystycznych dla renesansu krótkich spodniach, zwanych we-neckimi (rys. 463) [63]. I był to strój roboczy: w kopalni pracowało się w krótkich spodniach (rys. 464).



Rys. 462. Ubranie robocze średniowiecznego górnika [25]



Rys. 463. Strój górnika z połowy XVI wieku [63]

W Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze znajduje się obraz przedstawiający paradę górników pod Dreznem w 1719 r. Widać na nim górników i hutników w mundurach składających się z długiej czarnej kurtki, białych spodni i paradnego nakrycia głowy [226].

Z czasem bardziej praktyczne okazały się ubrania dwuczęściowe, z długimi spodniami (wprowadzonymi powszechnie po 1815 r.) ze skórą chroniącą „siedzenie” i twardym nakryciem głowy, zabezpieczającym przed opadającymi skałami (rys. 465). W ubraniu tym można się doszukiwać elementów współczesnego munduru galowego, ale jego początki związane są raczej z mundurami wojskowymi i zwyczajami panującymi w Prusach, Austrii i Rosji. W krajach tych powszechne było ubieranie pracowników w mundury.



Rys. 464. Górnicy przy pracy – połowa XVI wieku [63]



Rys. 465. Stroje robocze górników – koniec XVII wieku [25]

Mundur kojarzy się przede wszystkim z wojskiem. Według źródeł [105] jego zaczątki pojawiły się już w starożytności. Nowożytny mundur wojskowy pojawił się w XV wieku.

W Prusach nakaz noszenia munduru górniczego został wydany w 1785 lub 1795 r. [44]. Wydał go dyrektor Śląskiego Oberbergamtu we Wrocławiu, Friedrich Wilhelm Graf von Reden (rys. 466).

Z początkiem XIX wieku w mundurach zmieniono spodnie białe na czarne (rys. 467). W Austrii w 1850 r. przepisy co do jednolitego munduru górniczego wydał cesarz Franciszek Józef [132]. W Rosji urzędnicy zaczęli nosić mundury od 1722 r.



Rys. 466. Paradny mundur
pruskiego górnika –
koniec XVIII wieku [132]



Rys. 467. Paradny mundur
pruskiego górnika
po zmianach w 1850 r. [132]



Rys. 468. Mundury członków Korpusu Górniczego
w Królestwie Polskim – lata 20. XIX wieku [213]

W Polsce do końca XVIII wieku nie wyróżniano mundurów górniczych. Członkowie Korpusu Górniczego, utworzonego przez Staszica (wszyscy stali pracownicy górnictwa i hutnictwa państwowego), ubierali się w „ubrania wzorowane na paradnych uniformach wojskowych” [213]. Mundur korpusu pojawił się z chwilą utworzenia szkoły górniczej w Kielcach i wzorowany był na wojskowym mundurze piechoty Królestwa Polskiego (rys. 468).

Mundur inżyniera (z lewej) różnił się od munduru ucznia szkoły (z prawej). Po upadku powstania listopadowego władze carskie w 1826 r. ujednoliciły mundury cywilne – dla górniczych przydzielono kolor granatowy. Kolejne zmiany wprowadzono po powstaniu styczniowym. Zlikwidowano naramienniki, rangę zaznaczono na kołnierzu. Duża reforma została wprowadzona z początkiem XX wieku. Obejmowała krój, kolor, pozostawiono szpadę.

Po odzyskaniu niepodległości Stanisław Majewski zaprojektował „polski strój górniczy”. Ostateczna wersja z 1931 r. (rys. 469) różni się od niego. Krojem nawiązywała do pewnych tradycji rosyjskich, czapką do angielskich. Umieszczono na niej orła oraz godło górnicze. Wprowadzono jednolity dla bluzy i spodni kolor czarny [213].



Rys. 469. Paradny, polski mundur górniczy z 1931 r. [213]



Rys. 470. Paradny mundur polskiego górnika, wzór z 2003 r.

Po II wojnie światowej w Polsce wprowadzono dwa rodzaje mundurów, różniące się krojem – służbowy i uroczysty (rys. 470). Pierwszy szary, drugi czarny.

Pierwszemu przynależy czapka, drugiemu czako z pióropuszem. Kolor pióropusza i dystynkcje (na czaku i czapce, na kołnierzu, epoletach) zależą od zajmowanego stanowiska, co regulowały kolejne ustawy, ostatnia z 2004 r. W latach 70. ubiegłego wieku mundurowi przywrócono szpadę. Jej projektantem był prof. Witold Żabicki. Pojawił się też kordzik górniczy, nadawany przez Związek Zawodowy Kadra (choć ten rodzaj białej broni tradycyjnie nie był noszony z mundurem górniczym). Górnicy wzorem wieku XIX noszą też okazjonalnie paradne kilofki i topory.



Rys. 471. Św. Kinga – obraz z klasztoru klarysek w Starym Sączu [127]

Na koniec słów kilka o patronce górników, a raczej patronkach, bo nim na ziemiach polskich pojawił się kult św. Barbary, w krakowskich salinach czczona była św. Kinga (Kunegunda). Legenda jej przybycie do Polski łączy z odkryciem soli w Bochni i Wieliczce. Choć sól pozyskiwano w Polsce już wcześniej, to pewne jest, że właśnie za czasów Kingi rozwinęło się jej wydobywanie metodą podziemną, prawdopodobnie za sprawą sprowadzonych przez nią górników węgierskich, o czym wspominałem. Była fundatorką wielu obiektów sakralnych. Po śmierci męża wstąpiła do ufundowanego przez siebie klasztoru w Starym Sączu (rys. 471).

Za życia opiekowała się górnikami. To spowodowało, że górnicy salinarni obrali ją za patronkę.

Droga św. Barbary do patronowania górnikom była znacznie dłuższa. Święta ta pochodziła z pogańskiej rodziny z Heliopolis. Ojciec, Dioskuros, wysłał ją na naukę do Nikomedii. Tam zetknęła się z chrześcijaństwem. Gdy ojciec dowiedział się, że Barbara została chrześcijanką, chciał ją zmusić do wyparcia się wiary. Kiedy to nie poskutkowało, doniósł na nią do władz prześladowających wówczas chrześcijan. Została uwięziona w wieży, gdzie przed jej śmiercią objawił się anioł z kielichem i hostią. Została ścięta mieczem, prawdopodobnie około roku

305. Wedle niektórych podań aktu tego miał dokonać osobiście ojciec. Istnieje też legenda, według której święta Barbara uciekając przed ojcem, schroniła się w skale, która się przed nią rozstała. Związki ze skałami i męczeńska śmierć sprawiły, że na przestrzeni lat została patronką dobrej śmierci i trudnej pracy m.in. hutników, marynarzy, rybaków, żołnierzy, kamieniarzy, więźniów i innych. Kult świętej wśród górników ma źródło w rejonie Alp. Potem (początek XVII w.) rozprzestrzeniła się na Śląsk, choć z jej postacią spotykamy się w Polsce wcześniej. Pierwszy kościół ku jej czci postawiono w Borzogniewie w 1262 r. Jest patronką górników niemieckich (rys. 472), austriackich, czeskich, słowackich, węgierskich. Jej wizerunki pojawiły się w kościółkach osad górniczych, w cechowniach kopalń, w mieszkaniach górników, a nawet pod ziemią.



Rys. 472. Św. Barbara –
grafika A. Dürera



Rys. 473. Figura św. Barbary wieńcząca budynek
główny AGH w Krakowie

Od początku istnienia krakowska Akademia Górnicza (obecnie AGH) przyjęła ją sobie za patronkę. Jej figura zwieńczyła gmach główny w 1938 r.

Zniszczona przez Niemców wróciła tam w 1999 r. (rys. 473), poświęcona przez papieża św. Jana Pawła II – doktora *honoris causa* uczelni.

Najstarszy i ostatni (?)

Wędrując w czasie, szkicując opis rozwoju poziomu techniki i technologii górniczej dotarliśmy do czasów współczesnych. Przebytą drogę można symbolicznie podsumować osiągniętymi wielkościami rekordowymi. Przypomnijmy, najgłębiej w skorupę ziemską narzędzie skonstruowane przez człowieka dotarło do 12 262 m (odwiert badawczy Kolski – Rosja). Człowiek–górnik znalazł się w jej wnętrzu ponad 4 km pod powierzchnią (podziemna kopalnia złota Mponeng, RPA). Najgłębszą dziurą w ziemi, w której pracują górnicy i ich maszyny, jest odkrywkowa kopalnia miedzi Bingham Canyon Mine (USA), sięgająca 1200 m. Przekroczenie tych rekordów jest tylko kwestią czasu – potrzeb i chęci zaspokojenia ciekawości badaczy. Czy tylko pokonywanie kolejnych głębokości stanowić będzie w przyszłości cel praktyków i naukowców górników? – z pewnością nie.

Stosunkowo łatwo przewidywać, że procesy w górnictwie, jakie już się rozpoczęły, a nawet są zaawansowane, będą kontynuowane. Dotyczy to przede wszystkim automatyzacji i cyfryzacji sterowania. Powinny doprowadzić do powszechniejszego występowania przodków, w których praca będzie się odbywać bez udziału górników. Z pewnością nowe maszyny będą mniej energochłonne i bardziej niezawodne. To pewne. Ale bardziej ciekawi nas, kiedy nastąpi przełom zasadniczy i czego będzie dotyczył. Taki jak na przykład wprowadzenie silnika parowego lub elektrycznego.

Jak można wnioskować z kart opowiadanej historii, każdy przełom w technologii i znaczący postęp miał swoich prekursorów. Koncepcja „machiny urabiającej” Leonarda da Vinci pojawiła się 250 lat wcześniej, nim zaczęto ją realizować. To symboliczny przykład. Spróbujmy popatrzeć na obecny stan górnictwa pod kątem nowych wyzwań.

Górnictwo węglowe, które spowodowało tak gwałtowne przyspieszenie cywilizacyjne, jest w odwrocie, w szczególności w Europie. Dzieje się tak w sytuacji, kiedy udokumentowane zasoby węgla są znaczne. Koniec ery węgla wiąże się z efektem cieplarnianym, jaki wedle wiodącej teorii wywołuje jego spalanie, oraz z negatywnym oddziaływaniem kopalń na środowisko. Jego dalsze wydobycie zaspokajać będzie głównie potrzeby hutnictwa (koks) i przemysłu chemicznego. Być może rozwinie się podziemne zgazowanie, choć i w tym przypadku nie

można uniknąć wpływów na środowisko. Czy czyste źródła energii go zastąpią? Jeśli nie, to wobec prognozowanych, ograniczonych zasobów paliw płynnych i gazowych, trzeba będzie zapewne sięgnąć po kolejny surowiec mineralny: po hydraty metanu, odkryte w 1888 r., a znalezione na szelfach kontynentalnych w latach 60. XX wieku. Po raz pierwszy zostały wydobyte w 1981 r. Choć i w tym przypadku ryzyko uwolnienia metanu do atmosfery jest znaczne.

Dna oceanów kryją jeszcze inne surowce mineralne. Ich występowanie związane jest z obecnością obszarów o podwyższonej temperaturze, co stwierdziła w latach 1873–1876 wyprawa statku badawczego Challenger. Ekspedycja ta dostarczyła również pierwszych informacji na temat obecności osadów metalo-nośnych. Zostało to potwierdzone późniejszymi wyprawami i badaniami, w wyniku których odnaleziono rozległe obszary z takimi utworami na wschodnim Pacyfiku i w rowie Morza Czerwonego. W 1982 r. powołana przez ONZ Międzynarodowa Organizacja Dna Morskiego (International Seabed Authority) na Oceanie Spokojnym wydzieliła działki, na których znajdują się konkrety manganowe. Polska jako kraj członkowski jest również współposiadaczem takiej działki, w wyniku czego nasz kraj został zobowiązany do opracowania technologii ich wydobycia z dna oceanu.

Zatem możemy powiedzieć, że w perspektywie dziesięcioleci **górnictwo dna morskiego** będzie kierunkiem intensywnego rozwoju. Pierwsze pomysły już są opracowywane i testowane. Górnikowi i maszynom przez niego sterowanym przyjdzie pracować w warunkach, w których nad głową w miejsce skał będzie woda.

W połowie XX wieku zwrócono uwagę na możliwości wykorzystania bakterii w górnictwie. Podjęto badania nad zmniejszeniem zagrożenia metanowego poprzez wykorzystanie metanotrofów, które żywią się metanem. Równolegle prowadzi się prace nad bioługowaniem, które pozwala na pozyskiwanie przy pomocy mikroorganizmów następujących metali: miedzi, uranu, złota, kobaltu, niklu oraz w mniejszym stopniu cynku, platyny, molibdenu i ołowiu. Obecnie mikroorganizmy wykorzystuje się do pozyskiwania metali z odpadów, ale obiecujące są również wyniki eksperymentów, w których ługowaniu podlegają złoża ubogie (nieopłacalne do wydobycia metodami klasycznymi) lub złoża wybierane wcześniej (eksploatacja wtórna). Czyżby rację miał Agricola, pisząc o „podziemnych zwierzętach”, którym zlecamy dzisiaj prace w ramach **biogórnictwa**? Ono również w perspektywie nadchodzących lat nabierze większego znaczenia,

tym bardziej że jedynym zagrożeniem z jego strony dla środowiska jest możliwość skażenia wód podziemnych.

I na koniec **górnictwo kosmiczne**. Odkąd człowiek nauczył się latać w kosmos, pomysły z XX-wiecznej literatury *science fiction* stają się coraz bardziej realne, również te dotyczące pozyskiwania surowców z innych ciał niebieskich. W XXI wieku w niektórych krajach zaczęto realizować projekty badawcze z tego zakresu, a w USA w 2018 r. uruchomiono nawet studia z zakresu *space mining*. Ten kierunek pozyskiwania surowców staje się realny.

Pisząc te strony, rozpocząłem od smutnego (dla górnika) stwierdzenia, że żyjemy w Europie, w czasach odejścia od górnictwa węglowego. Europa, korzystając ze źródeł zamorskich, odchodzi też od górnictwa rud. Tylko kruszywa, których nie opłaca się sprowadzać, wydobywane są *in situ*. Ale patrząc na górnictwo światowe, można jednoznacznie stwierdzić, że ma się ono dobrze, nawet to węglowe. W niektórych krajach obserwujemy jego rozwój. Bo też póki będzie istniał człowiek i będzie potrzebował surowców mineralnych, dopóty górnictwo będzie istnieć. Tak więc na zakończenie raz jeszcze podkreślam, że zawód górnika jest nie tylko najstarszym zawodem świata, ale będzie trwał do końca pobytu ludzi na Ziemi. Będzie ostatnim zawodem uprawianym przez człowieka. Albo też przez superkomputery i roboty, nawet jeśli w ramach konstrukcji człowiek wyposaży je w inteligencję.

Szczęść Boże⁵⁶ przyszłym górnikom!

⁵⁶ „Szczęść Boże!” to stare pozdrowienie górników polskich, czescy pozdrawiają się „Zdař Buh”, Niemiec „Glück auf” lub „Grüss Gott” (w Bawarii), zatem i ono jest elementem tradycji.

Spis literatury

- [1] Agricola: *De re metallica. Libri XII*. Pomysł i redakcja Stanisław Firszt. Tłumaczenie z czeskiego Karina Kurkova. Jelenia Góra, 2000
- [2] Agricola: *De vertribus et novis matallis*. Tłumaczenie Stanisław Majewski, Katowice, 1931
- [3] Arnold W.: *Eroberung der Tiefe*. Lipsk, 1975
- [4] *Atlas Copko Manual*. Third edition. Stockholm, 1978
- [5] Białecka B.: *Podziemne zgazowanie węgla, podstawy procesu decyzyjnego*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2008
- [6] Blaschke S.: *Przeróbka mechaniczna węgla i rud*. Warszawa, 1951
- [7] Bocheński A.: *Przemysł polski w dawnych wiekach*. Wyd. PIW, Warszawa, 1984
- [8] Bojemski E., Lesiecki W., Pellar J., Popowicz O.: *Wykłady o mechanizacji robót górniczych*. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Katowice, 1953
- [9] Bokij B.W.: *Gornoje dielo*. Moskwa, 1949
- [10] Budryk W.: *Zarys górnictwa. Górnictwo*. T. I. Katowice, 1949
- [11] Budryk W.: *Pożary i wybuchy w kopalniach*. Stalinogród, 1956
- [12] Champman W.R., Mott R.A.: *The Cleaninh of Coal*. London, 1928
- [13] Chrząszczewski W., Zalewski F.: *Jak to robili nasi poprzednicy - ciąg dalszy o rewelacyjnych śladach narzędzi na piramidach Egiptu*. Nowy Kamieniarz nr 34, 5/2008
- [14] Clark J.G.D.: *Europa przedhistoryczna*. Warszawa, 1957
- [15] Cząstka J.: *Zarys wiertnictwa i wydobywania ropy naftowej oraz gazu ziemnego*. Wyd. Śląsk, Katowice, 1972
- [16] Cząstka J.: *Historia rozwoju techniki, przemysłu i eksploatacji ropy na Podkarpaciu polskim*. Przegląd Górniczy nr 7–8, 1973
- [17] Czeczot H.: *Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych*. Kraków, 1930
- [18] Czeczot H.: *Przeróbka mechaniczna ciał kopalnych. Część I – sortowanie i rozluźnianie*. Kraków 1930
- [19] Duda Z., Hydzik-Wiśniewska J.: *Historia przebudowy i modernizacji średniowiecznego szybu Regis Kopalni Soli w Wieliczce. Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury*. Praca zbiorowa pod redakcją P.P. Zagożdżona i M. Maździarza, Wrocław, 2012

- [20] Dydecki M., Kicki J., Mazurkiewicz M.: *Sposób podszadzenia z wykorzystaniem skały płonnej w kopalniach rud Zn-Pb*. Rudy i metale, nr 12, 1980
- [21] Dydecki M., Kicki J., Mazurkiewicz M.: *Sposoby likwidacji zrobów. cz. II. Podszadzenie zrobów*. Wyd. AGH, Kraków, 1984
- [22] Freese B., *Coal: A Human History*. New York: Basic Books, 2016
- [23] Frycz A., Kozłowski B.: *Przewietrzanie kopalń metanowych*. Wyd. Śląsk, Katowice, 1979
- [24] Gajko G., Bileckij W.: *Istorija gornictwa*. Kijów, 2013
- [25] Gajko G.I.: *Istoria oswojenia ziemnych nieodr. Donieck*, Wyd. „Schidnij wydawnij dim” 2009
- [26] Gąsiorowska N.: *Górnictwo i hutnictwo w Polsce*. Wyd. Książka i Wiedza, Warszawa 1949
- [27] Gierlotka S.: *Historia górnictwa, technika / mechanizacja / elektryfikacja*. Wyd. Śląsk, Katowice, 2009
- [28] Gisman S.: *Słownik górniczy*. Katowice, 1949
- [29] Gontaszewska-Piekarz A.: *Historyczne górnictwo węgla brunatnego w okolicach Gubina*. Hereditas Minariorum, 4, 2017
- [30] *Górnictwo świata w starej fotografii*. Wyd. Górnicze. Katowice, 1997
- [31] Górny J.: *Metale w literaturze świata starożytnego*. Wyd. Nauk. „Akapit”, Kraków, 2010
- [32] Gregory C.E.: *Rudiments of Mining Practice*. Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany, 1983
- [33] Grumbrecht A.: *Leifaden des Braunkohlenbergbaus*. Halee (Saale), 1938
- [34] Hajdo S., Klich J., Polak K.: *Uwarunkowania podziemnego zgazowania węgla – 100 lat rozwoju metody*. Górnictwo i Geoinżynieria, z. 34 (4), 2010
- [35] Harrel J.A., Storemyr P.: *Acient Egyptian quarries – an illustrated ovieview*. Geological Survey of Norway Special Publication 12, 2000
- [36] Hensel W.: *U źródeł Polski średniowiecznej*. Wrocław, 1974
- [37] Hrdina J.N., Hrdina L.E.: *Geschichte der Wieliczkaer Saline*. Wien, 1842
- [38] <http://czek.eu/strona%20eksploatacji/strona%20zaszyfrowana/07obudowa.htm> (21.06.2018)
- [39] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Graff_%26_Hipple_wagon_dumper.jpg (2.07.2018)
- [40] <http://egornik.pl/przenosniki-tasmowe-w-zakladach-gorniczych> (14.12.2018)
- [41] http://historia.opracowania.pl/podstawowa/o_%C5%BCyciu_ludzi_pierwotnych/ (10.05.2018)
- [42] <http://inova.pl/wp-content/image/kalendarium.pdf> (10.01.2019)

- [43] <http://krzemionki.pl/o-krzemionkach/kopalnie/> (11.04.2018)
- [44] <http://landsmannschaft-schlesien.de/die-schlesische-bergmannsuniform/> (19.12.2018)
- [45] <http://podroze.se.pl/polska/swietokrzyskie/krzemien-pasiastu-z-krzemionek-opatowskich-nieznany/1585/> (11.04.2018)
- [46] <http://slask.onet.pl/najstarsze-narzedzia-w-polsce/dmd7m> (13.04.2018)
- [47] <http://weglowodory.pl/podziemne-magazyny-gazu/> (10.01.2019)
- [48] <http://tewy.pl/historia-odlewnictwa/> (18.06.2018)
- [49] <http://wikitech.pl/wystepowanie-i-otrzymywanie-siarka-cz-ii/> (28.11.2018)
- [50] <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty4/0543/> (15.11.2018)
- [51] <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty2/0250/> (15.11.2018)
- [52] <http://www.ciechocinek.pl/172,11.html> (12.12.2018)
- [53] http://www.dabrowa.pl/dg_historia_znane-osoby_k.htm#KOSI%C5%83SKI%20Wincenty (07.01.2019)
- [54] <http://www.eksploratorzy.com.pl/viewtopic.php?t=3156> (08.11.2018)
- [55] <http://www.eurofaser.pl/index.php/aparatytlenowe/24-aparat-w70> (20.12.2018)
- [56] <http://www.gasmasks.bialystok.pl/pog.html> (20.12.2018)
- [57] http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_tehnologie,artykul,podziemne_magazyny_gazu,7810 (29.11.2018)
- [58] http://www.libuszamuzeum.iap.pl/?id=50196&location=f&msg=1&lang_id=PL (20.12.2018)
- [59] <http://www.national-geographic.pl/magazyn-ng/historia/najstarsze-narzedzia-swiata-odkryte-w-kenii> (30.03.2018)
- [60] <http://www.nowiny.rybnik.pl/artykul,36669,konie-w-kopalniach.html> (19.09.2018)
- [61] <http://www.rydno.com/rez/index2.html> (19.04.2018)
- [62] <http://www.podkop.com/2013/02/13/tunel-ezechiasza-woda-dla-jeruzalem/> (18.07.2018)
- [63] <http://www.taurachsoft.at/erzweg/schwaz/bergbuch.htm> (04.01.2019)
- [64] http://www.wikiwand.com/pl/Cz%C5%82owiek_rozumny (22.04.2018)
- [65] <http://www.xylemwatersolutions.com/scs/poland/pl/zastosowania/Gornictwo/Strony/kopalnie.aspx> (25.10.2018)
- [66] http://vivat.agh.edu.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=219:12&catid=41:numer-5&Itemid=67 (15.11.2018)
- [67] <https://archive.org/details/traitdexploitat00dufrgoog/page/n509> (20.12.2018)
- [68] <https://archeowiesci.pl/2011/09/01/najstarsze-piesciaki/> (26.04.2018)

- [69] <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17510159> (25.10.2018)
- [70] https://de.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%BCckauf_%E2%80%93_Berg-_und_H%C3%BCttenm%C3%A4nnische_Zeitschrift (28.12.2018)
- [71] https://de.wikipedia.org/wiki/Bergakademie_Schemnitz (28.12.2018)
- [72] <https://de.wikipedia.org/wiki/Braunkohlebergbau> (12.12.2018)
- [73] https://de.wikipedia.org/wiki/Rheinisches_Braunkohlerevier (12.12.2018)
- [74] https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_Universit%C3%A4t_Bergakademie_Freiberg (28.12.2018)
- [75] https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTdGH8IS0f_0DUHBAm9SfQRHjuEgh3cF1jFlayCfGeCpWVz5-A 10.12.2018)
- [76] https://de.wikipedia.org/wiki/Ulrich_R%C3%BClein_von_Calw (12.12.2018)
- [77] <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/wiertnictwo;3995940.html> (19.07.2018)
- [78] https://en.wikipedia.org/wiki/Bingham_Canyon_Mine (18.12.2018)
- [79] <https://en.wikipedia.org/wiki/Truck> (16.12.2018)
- [80] <https://gadzetomania.pl/26709,najwieksza-ruchoma-koparka-na-swiecie> (18.12.2018)
- [81] https://gornictwo.wnp.pl/65-lat-produkcji-kombajnów-scianowych-w-polsce,313692_2_0_0.html 12.11.2018)
- [82] <https://histmag.org/Akademia-Gornicza-w-Kielcach-1816-1827-9864> (07.12.2018)
- [83] <https://infolupki.pgi.gov.pl/pl/technologie/historia-poszukiwan-gazu-lupkowego> (15.11.2018)
- [84] <https://kwbbelchatow.pgegiel.pl> (21.11.2018)
- [85] <https://lodz.onet.pl/historia-ropy-naftowej/wf90k> (11.10.2018)
- [86] <https://opencaching.pl/viewcache.php?cacheid=9573ch> (30.08.2018)
- [87] https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Koparka_parowa (11.12.2018)
- [88] https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Proch_czarny (26.07.2018)
- [89] https://pl.wikipedia.org/wiki/Atmosferyczny_silnik_parowy (30.10.2018)
- [90] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Br%C4%85zy> (08.10.2018)
- [91] https://pl.wikipedia.org/wiki/Deepwater_Horizon (29.11.2018)
- [92] https://pl.wikipedia.org/wiki/Budowle_megalityczne (23.05.2018)
- [93] https://pl.wikipedia.org/wiki/De_Re_Metallica (25.05.2018)
- [94] https://pl.wikipedia.org/wiki/Gaz_z_%C5%82upk%C3%B3w (06.11.2018)
- [95] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Geologia> (17.11.2018)
- [96] https://pl.wikipedia.org/wiki/Georgius_Agricola 19.04.2018)
- [97] <https://pl.wikipedia.org/wiki/G%C3%B3rnictwo> (11.10.2018)
- [98] <http://www.taurachsoft.at/erzweg/images%2002/wpeC3.jpg>

- [99] https://pl.wikipedia.org/wiki/Hieronim_Kondratowicz (02.07.2018)
- [100] https://pl.wikipedia.org/wiki/Humphry_Davy (18.10.2018)
- [101] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Keson_\(konstrukcja\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Keson_(konstrukcja)) (14.11.2018)
- [102] https://pl.wikipedia.org/wiki/Kopalnia_soli_Wieliczka (23.08.2018)
- [103] https://pl.wikipedia.org/wiki/Marian_Wiele%C5%BCy%C5%84ski (21.11.2018)
- [104] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Mied%C5%BA> (17.05.2018)
- [105] https://pl.wikipedia.org/wiki/Mundur_wojskowy (08.01.2019)
- [106] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Od%C5%82upek> (26.04.2018)
- [107] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Pawe%C5%82_Potocki_\(in%C5%BCynier\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Pawe%C5%82_Potocki_(in%C5%BCynier)) (23.11.2018)
- [108] https://pl.wikipedia.org/wiki/Pa%C5%82ac_Biskup%C3%B3w_Krakowskich_w_Kielcach (11.12.2018)
- [109] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Piramida> (11.04.2018)
- [110] https://pl.wikipedia.org/wiki/Pliniusz_Starszy (05.04.2018)
- [111] https://pl.wikipedia.org/wiki/Prehistoria_ziem_polskich (29.03.2018)
- [112] https://pl.wikipedia.org/wiki/Przeno%C5%9Bnik_zgrzeb%C5%82owy (23.08.2018)
- [113] https://pl.wikipedia.org/wiki/Ruda_darniowa (29.06.2018)
- [114] https://pl.wikipedia.org/wiki/Stanis%C5%82aw_Staszic (22.11.2018)
- [115] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Studnia> (24.07.2018)
- [116] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Teodolit> (17.10.2018)
- [117] https://pl.wikipedia.org/wiki/Teoria_Knothego-Budryka (12.12.2018)
- [118] https://pl.wikipedia.org/wiki/Terminal_LNG_w_%C5%9Awinouj%C5%9Bciu (23.08.2018)
- [119] https://pl.wikipedia.org/wiki/Thomas_Newcomen (29.11.2018)
- [120] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Wiertnia> (21.11.2018)
- [121] https://pl.wikipedia.org/wiki/Wie%C5%BCa_wiertnicza (21.11.2018)
- [122] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Zapalnik> (27.07.2018)
- [123] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Z%C5%82oto> (24.08.2018)
- [124] https://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%BBuraw_studzienny (18.05.2018)
- [125] https://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Aruba_Archimedes (30.03.2018)
- [126] [https://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Awider_\(wiertnictwo\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Awider_(wiertnictwo)) (25.10.2018)
- [127] https://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Awi%C4%99ta_Kinga (25.07.2018)
- [128] <https://polona.pl/item/kopalnictwo-nafty,ODM1NTc4OTI/> (27.07.2018)
- [129] <https://podroze.onet.pl/ciekawe/rpa-big-hole-w-kimberley-najwieksza-dziura-swiata/jxsetz7> (20.12.2018)

- [130] <https://polskatimes.pl/jak-polak-zbudowal-platforme-wiertnicza-czyli-przypadki-witolda-zglenickiego/ar/12205217/2> (22.11.2018)
- [131] https://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%EE%F0%ED%FB%E9_%E6%F3%F0%ED%E0%EB (29.11.2018)
- [132] <https://schneeberg.org/deutsch/geschichte/bergmannskleidung/> (11.01.2019)
- [133] https://www.cat.com/pl_PL/products/new/equipment/underground-longwall/plows/18346351.html (25.10.2018)
- [134] <http://www.eksploratorzy.com.pl/viewtopic.php?t=3156> (19.10.2018)
- [135] <https://www.forumsamochodowe.pl/wywrotki-giganty-to-najwieksze-ciezarowki-na-swiecie-vt64165.htm> (12.12.2018)
- [136] https://www.lesne-rzemioslo.pl/wpcontent/uploads/MG_1131-copy-1400x480.jpg (14.11.2018)
- [137] https://www.michigan.gov/documents/deq/GIMDL-GGSB_307778_7.pdf (15.12.2018)
- [138] <https://www.morath.eu/de/hartgesteinsbohrungen.html> (15.12.2018)
- [139] https://www.odleglosci.pl/zdjecia,Iwonicz-Zdroj,galeria,68274,gmiasto_id,2302.html#zdjecie (11.12.2018)
- [140] <https://www.pgi.gov.pl/biblioteka-pgi/biale-kruki/5461-jana-krzysztofa-kluka-rzeczy-kopalnych-osobliwie-zdatniejszych-szukanie-poznanie-i-zazycie1797-1802.h> (12.12.2018)
- [141] <https://www.polko.silesia.pl/wdrozenia/gornictwo/> (22.12.2018)
- [142] <https://www.rp.pl/artykul/571073-Najstarsza-na-swiecie-kopalnie-soli-odkryto-na-kaukazie.html1+> (07.08.2018)
- [143] https://www.wnp.pl/wiadomosci/80-lat-historii-geofizyki-wiertniczej-na-swiecie,-4364_1_0_1.html (16.11.2018)
- [144] <https://www.wykop.pl/link/330466/rysunki-i-szkice-leonarda-da-vinci/> (06.08.2018)
- [145] <https://ziemianarozdrozu.pl/artykul/2654/pieklo-na-ziemi-%e2%80%93-podziemne-zgazowanie-wegla> (23.11.2018)
- [146] <https://zmianywnaziemi.pl/forum/rosyjska-dziura-piekla-najglebszy-odwiert-swiecie> (29.11.2018)
- [147] Imienitow W.R., Zigałow M.L.: *Technologia mechanizacji i awtomatyzacji zakładownych robot na rudnikach*. Moskwa, 1966
- [148] Jabłoński A.: *Kopalnictwo nafty*. Kraków, 1885
- [149] Jaczewski L.: *O zjawiskach tapania w kopalniach zagłębia Dąbrowskiego*. Przegląd Górniczo-Hutniczy, nr 11, 1906
- [150] Jarocki R.: *Z Niwki do Genewy*. Wyd. Literackie, Kraków, 1980

- [151] Jodłowski A. (red.); Praca zespołowa: *Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich*. T. I. Wyd. Górniczo-Hutnicze, Katowice, 1960
- [152] Jodłowski A.: *Wieliczka. Zabytkowa kopalnia soli*. Wyd. Arkady, Warszawa, 1986
- [153] Jodłowski A.: *Problem eksploatacji soli w okolicach Krakowa w starożytności i we wczesnym średniowieczu*. Archeologia Polski, t. XIV, z. 1
- [154] Jodłowski A. i in.: *Dzieje Żup Krakowskich*. Muzeum Żup Krakowskich, Wieliczka, 1988
- [155] Jodłowski A.: *Żupa solna w Wieliczce*. Muzeum Żup Krakowskich, Wieliczka 2000
- [156] Keckowa A.: *Instrukcje górnicze dla Żup Krakowskich z XVI–XVIII w. Źródła do dziejów nauki i techniki*, t. VI, 1963
- [157] Kirejczyk J., Burchard T.: *Górnictwo siarki w Polsce*. Praca niepublikowana
- [158] Kluk J.K.: *Rzeczy kopalnych osobliwie zdalniejszych szukanie, poznanie i zażycie*.
- [159] Knothe S.: *Górnicza eksploatacja ropy i podziemna gazyfikacja węgla*. Wiedza Powszechna [Czytelnik], t. 529, 1949
- [160] Kondratowicz H.: *Górnictwo*. Warszawa, 1903
- [161] Korecki Z.: *Maszyny i urządzenia górnicze*. Cz. II. Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1985
- [162] Korman J.: *Górnictwo*. Wyd. Górniczo-Hutnicze, Katowice, 1961
- [163] Korzeniowski W., Trepák D., Waloski R.: *Zastosowanie systemu ścianowo-podbierkowego w górnictwie węgla kamiennego i lignitu*. Przegląd Górniczy, nr 12, 2015
- [164] Kowalczyk J.: *100-lecie geofizyki polskiej, 1895–1995*. Kraków 1995
- [165] Kozłowski B.: *Zagrożenie wyrzutami gazów i skał w górnictwie węglowym*. Warszawa–Kraków, 1980
- [166] Krawczyk J.: *Początki szkolnictwa naftowego na ziemiach polskich*. Studia historyczne, r. XL, z. 1 (158), 1997
- [167] Krawczyk J.: *Rozwój polskiego szkolnictwa górniczego do roku 1939*. Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo, z. 2, 1989
- [168] Krawczyk J.: *Państwowa szkoła górnicza w Wieliczce (1861–1933)*. Studia Historyczne, r. XL/II, 2000, z. 4 (171)
- [169] Krzyżanowski J.: *Wolność górnicza w Polsce (do końca XIV w.)*. UJ, Kraków, 1935
- [170] Kunstman A., Urbańczyk K., Poborska-Młynarska K.: *Geologiczne i górnicze aspekty budowy magazynowych kawern solnych*. Przegląd Geologiczny, nr 9, 2009
- [171] Kunstman A., Młynarska-Poborska K., Urbańczyk K.: *Zarys otworowego ługownictwa solnego. Aktualne kierunki rozwoju*. Wyd. AGH, Kraków 2002
- [172] Kuźniarski A.: *Wiertnictwo*. Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1973
- [173] Lamparska-Wieland M.: *Sztolnie odwadniające jako element krajobrazu kulturowego terenów pogórnich Tarnowskich Gór i w okręgu olkusko-bolesławskim*. Warsztaty

- nt. „Przywracanie wartości użytkowych terenom górniczym”. IGSMiE PAN, Kraków, 2001
- [174] Laskowski T.: *Wzbogacanie kopalin w cieczach ciężkich*. Katowice, 1958
- [175] Lech J.: *Górnictwo krzemienia społeczności wczesnorolniczych na Wyżynie Krakowskiej, koniec VI tysiąclecia – 1 połowa IV tysiąclecia p.n.e.* Wyd. Zakład Ossolineum – PAN, 1981
- [176] Lech J.: *Flint mining among the early farming communities of central Europe*. Przegląd Archeologiczny, t. 28: 1981, t. 30: 1983; Acta Archaeologica Carpathica, t. 22, 1982/1983
- [177] Liszka J., Świć E.: *Zakłady Górniczo-Hutnicze Bolesław, dzieje, wydarzenia ludzie*. Bukowno, 2013
- [178] Łabędzki H.: *Górnictwo w Polsce, opis kopalnictwa i górnictwa polskiego*. Warszawa, 1841
- [179] Łabędzki H.: *Początki nauki kopalnictwa*. Wydane przez Wydział Górnictwa. Nakładem i czcionkami Komisji Rządowej Przychodu i Skarbu, 1845
- [180] Łęczycki S.: *Początki metalurgii oraz górnictwa od Anatolii po Europę Centralną. Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury*, Wyd. 3 pod red. P.P. Zagożdżona i M. Madziarza, Wrocław, 2010
- [181] Łukasiewicz M.: *Co nowego w starożytności?* Wyd. Iskry, Warszawa, 1976
- [182] Machalski A.: *Od młota kamiennego do rakiety kosmicznej*. WNT, Warszawa, 1975
- [183] Magnuson M.D., Malenko W.I.: *Utylization of Flay Ash for Remonte Filling of Mine Vords*. Bergbau of Mines Rap. Inwest. Nr 8488, 1970
- [184] Majewski S.: *Historia górnictwa – skrót wykładów z Górnictwa I wygłoszonych na Akademii Górniczej*. Nakładem Sekcji Wydawniczej Stowarzyszenia Studentów Akademii Górniczej w Krakowie, 1939
- [185] Majorczyk R., Ziemek Z.: *Nowa metoda wytwarzania podsadzki utwardzanej. Rudy i Metale*, nr 4, 1966
- [186] Marcak H., Zuberek W.: *Geofizyka górnicza*. Katowice, 1994
- [187] Maślankiewicz K.: *Georgius Agricola (1494–1555)*. Kwartalnik Historii Nauki i Techniki, nr 1–4, 1956
- [188] Maślankiewicz K.: *Z dziejów górnictwa solnego w Polsce*. WNT, Warszawa, 1965
- [189] Mazurkiewicz M.: *Zarys dziejów górnictwa*. Skrypt AGH, Kraków, 1984
- [190] Mazurkiewicz M.: *Technologiczne i środowiskowe aspekty stosowania stałych odpadów przemysłowych do wypełniania pustek w kopalniach podziemnych*. Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo, z. 152, Kraków, 1990
- [191] Michalkiewicz S.: *Górnictwo węglowe w Zagłębiu Wałbrzyskim do końca XVIII wieku*. Wałbrzych, 1956

- [192] Michałowski K.: *Praca Górnika i hutnika w starożytnej Grecji*. Biblioteka Po-wszechna, Warszawa, 1949
- [193] Mikoś T. i in.: *Złoty Stok. Najstarszy ośrodek górniczo-hutniczy w Polsce. Od wydo-bycia i przerobu rud złota i arsenu do zabytkowej kopalni*. Wyd. AGH, Kraków, 2009
- [194] Molenda D.: *Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko-krakowskich do połowy XVI wieku*. Studia i materiały z historii kultury materialnej. T. XV. Wyd. PAN, Wrocław–Warszawa–Kraków, 1963
- [195] Molenda D.: *Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich w XVI–XVIII w.* Wyd. Ossolineum. Wrocław, 1972
- [196] Niepublikowane materiały: Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o. w Tarnobrzegu
- [197] Niewdana J., Świć E.: *Żywioły – w świecie skarbów olkuskich kopalń rud*. Bukowno, 2011
- [198] Nycz K.: *80-lecie Zakładu Gazownictwa w Jasle*. Jasło, 2000
- [199] Obertyński A.: *Przenośniki do materiałów sypkich*. Wyd. PWT, Warszawa, 1961
- [200] Onyszkiewicz Z.: *Kopalnictwo naftowe*. Cz. II. Warszawa, 1958
- [201] Pabis. T.: *Gorlickie zagłębie naftowe*. Gorlice, 2001
- [202] Petrie W.M.F.: *The Piramids and Temples of Gizeh*. London, 1990
- [203] Piątek E.M.: *Wałbrzyskie górnictwo węglowe, rys historyczny*. Wałbrzych, 1992
- [204] Piczora E., Suffner H.: *Rozwój lokomotyw do kopalnianych kolei podziemnych*. Ma-szyny Górnicze, nr 2, 2013
- [205] Piechota S.: *Podstawy górnictwa kopalin stałych*. Wyd. AGH, Kraków, 1996
- [206] Piernikarczyk J.: *Historja górnictwa i hutnictwa na Górnym Śląsku*. Katowice, 1933
- [207] Plettner F.: *Die Braunkohle In der Mark Brandenburg Ihre Verbreitung und Lagerung*. Berlin, 1852
- [208] Plewa F., Mysłek Z.: *Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2001
- [209] Pollak R.: *Officina ferraria*. 1962
- [210] Praca zbiorowa (red. nauk. Marcin Borecki): *Systemy eksploatacji węgla kamiennego*. Monografia polskiego górnictwa węglowego. Wyd. Śląsk, Katowice 1968
- [211] Praca zbiorowa: *Polski Węgiel Brunatny*. Wydawnictwa Porozumienia Węgla Brunatnego – KWB Bełchatów, 1994
- [212] Praca zbiorowa: *History of Mining in Slovakia*. Koszyce, 2008
- [213] Preidl W., Wójcik A.: *Polski mundur górniczy – tradycja i współczesność. Dzieje górnic-twa, element europejskiego dziedzictwa kultury*. Redakcja: Zagożdżan P., Madziarz M., Wrocław, 2012

- [214] Pytlarz T.: *Miernictwo górnicze*. Wyd. Czasopism Technicznych NOT, Warszawa, 1978
- [215] Rabsztyn J.: *Obudowa metalowa wyrobisk ścianowych*. Wyd. PWT, Katowice, 1952
- [216] Rabsztyn J.: *Podstawowe elementy eksploatacji górniczej*. Wyd. Śląsk, Katowice, 1970
- [217] Rymar M.: *Architektura dworców Kolei Karola Ludwika w Galicji w latach 1855–1910*. Wyd. Neriton, Warszawa, 2009
- [218] Rodriguez R.H.: *Ingenieria Minera Romana*. II Congreso de las Obras Publicas Romana. Tarragona 2004, Hiszpania
- [219] Sałustowicz A.: *Mechanika górotworu*. Stalinogród, 1955
- [220] Samujło Sulima J.: *Roboty strzelnicze w kopalniach odkrywkowych węgla i kamienia*. Stalinogród, 1956
- [221] Sisselman R.: *E/MJ Operating Handbook of Mineral Underground Mining*. NY, 1978
- [222] Siwik A., Artymiak R., Kwiek J.: *Wysoki Sejm raczy uchwalić. Starania o założenie wyższej szkoły górnictwa i hutnictwa w Krakowie w latach 1861–1914*. Kraków, 2013
- [223] Skibiński F.: *Regale górnicze we wczesnym średniowieczu na Zachodzie i w Polsce*. Przegląd Historyczny, nr 28/2, 1929
- [224] Smurzyński J.: *Obudowy zmechanizowane*. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice, 1993
- [225] Sprute R.H., Kesh D.J.: *Using of Slimes for Beckfill in Dep. Mines Mining*. Congress Journalnr, 4, 1976
- [226] Strzałkowski P.: *Zarys rozwoju technologii górnictwa podziemnego*. Wyd. Pol. Śl., Gliwice, 2005
- [227] Strzemiński J.: *Rys historyczny czasopisma Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 4 (494), kwiecień 2012
- [228] *Szczelinowanie hydrauliczne: Polacy od 60 lat stosują kontrowersyjną technologię*. Forsal.pl, 2012
- [229] Świć E., Chojowski J. R., Niewdana J.: *Przewodnik po śladach i zabytkach dawnego górnictwa i hutnictwa w gminach Bolesław i Klucze*. Olkusz, 2014
- [230] Siška L.: *Zakładani wyrubanych dulnich prostorii*. Praha, 1972
- [231] Tajduś A. i in.: *Kamieniołomy z czasów faraonów w Kairze w aspekcie adaptacji i zabezpieczenia podziemnych obiektów zabytkowych*. Górnictwo i Geoinżynieria, z. 1, 2007
- [232] Troyak S., Wójcik J.: *Hieronim Kondratowicz i jego pierwszy nowoczesny podręcznik górnictwa. Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury*. Praca pod redakcją P.P. Zagodźona i M. Madziarza, Wrocław, 2013

- [233] Wiewiórka J., Charkot J.: *Zagrożenie metanowe w kopalni wielickiej*. Studia i Materiały do Dziejów Żup Solnych w Polsce, t. XXX, 2015
- [234] Windakiewicz E.: *Solnictwo*. Kraków, 1930
- [235] Wirska Parachoniak M.: *Wybrane zagadnienia z historii kultury materialnej – skrypt dla studentów wyższych szkół technicznych*. Wyd. AGH, Kraków, 1983
- [236] Ziemia J.: *Stromą na dół drabiną. Z tradycji polskiego górnictwa*. Wyd. SIN, Katowice, 1983
- [237] Zworykin A.A.: *Istoria gornoj techniki*. Moskwa, 1940
- [238] Żurowski T.: *Świt górnictwa*. Wyd. Książka i Wiedza, Warszawa, 1969



Prof. dr hab. inż. Maciej Mazurkiewicz urodził się 1947 r. w Święcanach na Podkarpaciu. Maturę zdał w 1964 r. w ILO w Jaśle, w klasie wybitnej pedagog, polonistki dr A. Marzec. Wydział Górniczy AGH ukończył w 1970 r., rozpoczynając asystenckie studia przygotowawcze w Instytucie Górnictwa Podziemnego. Jego naukowymi mistrzami byli profesowie: Z. Maciejasz, S. Takuski i J. Znański. Od 1971 r. pracował na stanowisku asystenta. Pracę doktorską wykonał pod kierunkiem docenta Stanisława Ropskiego. Obronił ją

w 1978 r. z wyróżnieniem. Stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych uzyskał w 1990 r. W 1994 r. został mianowany na stanowisko profesora AGH. Tytuł profesora uzyskał w 1998 r. W roku 2001 podjął dodatkową pracę w rodzinnych stronach w PWSZ w Krośnie. W roku 2017 zakończył pracę w AGH.

Pełnił funkcję prodziekana, zastępcy kierownika zakładu, kierował utworzoną przez siebie Katedrą Ekologii Terenów Przemysłowych, po reorganizacji: Katedrą Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców Mineralnych. Przez sześć kadencji był członkiem Senatu AGH, przez cztery kadencje przewodniczył Komisji ds. Pracowniczych. Z wyboru był dwukrotnie członkiem Komitetu Badań Naukowych oraz członkiem rad naukowych i komitetów naukowych PAN.

Tematyka realizowanych przez niego badań obejmowała: technologie podsadzania zrobów, gospodarowanie odpadami i zagospodarowanie terenów poprzemysłowych. Jest współautorem kilku podręczników, w tym pierwszego w Polsce dotyczącego likwidacji kopalń. Współautor i autor 120 artykułów oraz 20 patentów. Był kierownikiem i realizatorem kilkunastu projektów badawczych (w tym międzynarodowych). Wypromował 10 doktorów, z których kilku uzyskało habilitacje.

