

Nadesłano 13.09.2017 r.; zaakceptowano 1.12.2017 r.

WODA W GÓRNICTWIE – OD PRADZIEJÓW DO POCZĄTKÓW XIX WIEKU

Wojciech PREIDL¹
Grzegorz DYDUCH²
Grzegorz STACHA²

¹ Politechnika Śląska (pracownik emerytowany), wpreidl@o2.pl

² Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, grzegorz.dyduch@polsl.pl

historia górnictwa, odwadnianie, technika górnicza

W artykule przedstawiono problematykę zagrożenia wodnego w górnictwie od jego zarania do początków XIX wieku. Woda zawsze towarzyszyła górnictwu podziemnemu będąc jego błogosławieństwem, ale jednocześnie przekleństwem. Woda była tym czynnikiem, który przesączając się przez warstwy skały wypłukiwał związki chemiczne, na podstawie których poszukiwacze ukrytych skarbów mogli zorientować się jakie kopaliny użyteczne występują w warstwach górotworu. Woda też zazdrośnie strzegła dostępu do pożądaných surowców, zalewając wyrobiska, a często wręcz uniemożliwiając ich eksploatację. Woda w początkach górnictwa, aż do wynalezienia pierwszych maszyn parowych, była najtańszym i ogólnie dostępnym źródłem energii do napędzania maszyn wykorzystywanych w górnictwie. Do początków XIX wieku były to przede wszystkim wyciągi szybowe, ale też i pompy, którymi odwadniano kopalnię. Wodę wykorzystywano również w procesie przeróbki surowców, ich wzbogacania i do transportu urobku z kopalni – tzw. sztolnie spławne. Złożoność zagadnienia występowania wody w złożach kopaliny użytecznych i sposób w jak ówczesni górnicy podchodzili do tego zagadnienia świadczy o ambiwalentnym stosunku do wody w początkowym okresie rozwoju górnictwa. Stosunek górników do wody diametralnie zmienił się wraz z chwilą wprowadzenia do kopalni pomp odwadniających, najpierw parowych, potem z silnikami elektrycznymi. Od tego momentu mówiąc o wodzie w kopalni rozumie się tylko i wyłącznie zagrożenie, z którym należy walczyć. Zagadnieniom wykorzystania wody w procesach technologicznych w kopalniach poświęcone będą dalsze artykuły, które są planowane do druku w kolejnych numerach rocznika.

1. Wstęp

Górnictwo od wieków zmagало się z problemem odwadniania drążonych wyrobisk. W miarę, jak eksploatacja zachodziła na coraz to głębsze poziomy, woda stanowiła coraz większy problem. Często zalewanie kopalni powodowało zaniechanie dalszej eksploatacji lub czyniło ją nieopłacalną. Koszty pompowania wody

przekraczały zyski osiągnięte z eksploatacji kopalń oraz nie było technicznej możliwości odprowadzenia wody wdzierającej się do podziemnych wyrobisk. Problem odprowadzenia wody z podziemi kopalni jest stale aktualnym wyzwaniem dla wszystkich górników niezależnie od czasu, jak i rodzaju wydobywanej kopaliny (Loster, 2004). Do problemu wody w kopalniach można podejść w dwojaki sposób, albo powstrzymać jej dopływ do podziemnych wyrobisk, albo ją pompować na powierzchnię z zalewanych wyrobisk. W artykule skupiono się przede wszystkim na drugim aspekcie, czyli jak usuwano wodę z podziemnych wyrobisk. Proces pompowania wody z podziemnych wyrobisk diametralnie zmienił się wraz z rozwojem techniki górniczej. Taki przełom technologiczny związany jest z wprowadzeniem do napędzania pomp silników najpierw parowych, a następnie elektrycznych i spalinyowych. W artykule omówiono zagadnienie odwadniania wyrobisk przy zastosowaniu urządzeń napędzanych siłą mięśni ludzi lub zwierząt, ale też i wodą. Należy jednak pamiętać, że przez długi okres dziejów górnictwa woda była najtańszym i jedynym dostępnym źródłem energii poruszającym często bardzo skomplikowane maszyny wykorzystywane w procesie eksploatacji kopaliny, jak i jej przeróbki oraz transportu gotowego produktu. Zagadnienie to jest drugim ważnym aspektem działalności górniczej. Woda jako medium napędzające maszyny wyciągowe, młyny i młoty do kruszenia rudy, czy też umożliwiająca separowanie kopaliny od skały płonnej, nawet w dzisiejszych czasach jest czynnikiem niezbędnym w procesie produkcyjnym.

2. Metody odwadniania kopalń

Sposoby odprowadzenia wody z podziemi kopalń można podzielić na trzy podstawowe grupy:

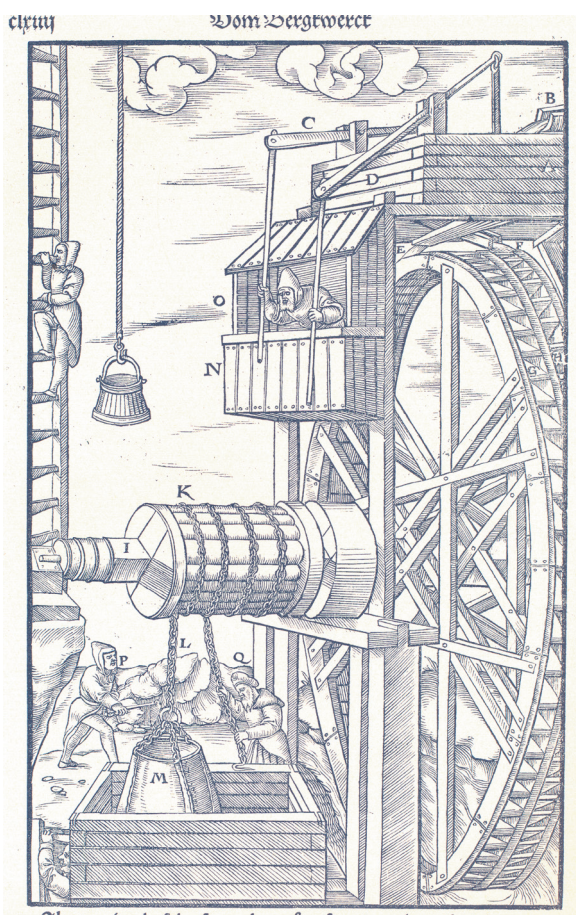
- metody polegające na czerpaniu wody za pomocą różnych pojemników, które po napełnieniu wyciąga się na powierzchnię i opróżnia do naturalnych cieków wodnych,
- metody pompowania, w których woda jest pompowana na wyższe poziomy, bądź na powierzchnię, a następnie odprowadzana jest do cieków powierzchniowych,
- metody grawitacyjne, w których woda samoczynnie wypływa z kopalni systemem sztolni odwadniających.

Na wybranych przykładach omówione zostaną poszczególne sposoby odprowadzania wody na powierzchnię w zależności od stopnia zaawansowania techniki górniczej.

2.1. Metody czerpania wody metodą ciągnięcia

Jest to najstarsza metoda stosowana do odwadniania wyrobisk górniczych. Polega na wyciąganiu wody z rzępa lub chodników, w których się gromadzi, za pomocą specjalnych pojemników na przykład glinianych dzbanów, worków skórzanych, drewnianych beczek lub też czerpaków. Metoda ta była znana już w górnictwie antycznym i szeroko została opisywana w dziele „De Re Metalica L. XII” (Agricola, 2000). Spośród urządzeń do czerpania wody, działających na zasadzie czerpania

wody do kubłów lub też skórzanych worków należy wymienić urządzenia, które swym rodowodem sięgają czasów starożytnych. Malowidło na greckiej amforze, ukazujące górników przy pracy urabiających złożę kopaliny użytecznej, prawdopodobnie gliny, zaprezentował w swojej publikacji Wisdorf (1987). Przedstawia ona pracujących górników oraz dzbany wypełnione urobkiem, bądź wodą, które wyciągane są na powierzchnię, przez innych pracowników. Agricola (2000) opisuje kilka rodzajów kołowrotów: obsługiwanych przez dwóch lub trzech górników oraz kołowroty duże, w których wał, na który jest nawinięta lina, obracany był za pomocą mechanizmu kieratowego poruszanego przez dwie pary koni. W głębokich szybach, przy dużych dopływach wody, wiadra i kubły były już niewystarczające. Musiano stosować worki uszyte ze skóry bydłczej, które miały większą pojemności niż kubły drewniane. W tych przypadkach, aby usprawnić proces wyciągania wody i ulżyć pracy górnikom, wał na którym nawinięta była lina, był napędzany przez koło wodne. Taka maszyna (ryc. 1) jest, prawdopodobnie, pierwowzorem „kunsztu

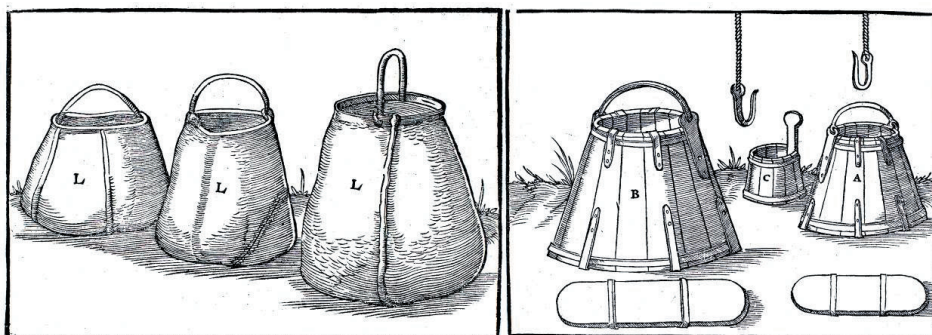


Ryc. 1. Kunszt wodny (Agricola, 2000)

Fig. 1. Pump station (Agricola, 2000)

wodnego”. W „Ilustrowanym górniczym słowniku encyklopedycznym” podana jest definicja „*kunszt – starożytna machina do podnoszenia wody z podziemnej kopalni*” (Gisman, 1955). Loster (2004) podaje podstawowe zagadnienia odnośnie budowy kunsztów wodnych nazywając je, nie bez racji, jednym z najważniejszych osiągnięć techniki górniczej, a nazwę „kunszt wodny” wywodzi od wyrazu *kunszt – sztuka, umiejętność*.

Wraz z rozwojem górnictwa i schodzeniem eksploatacji na coraz większe głębokości wzrastało zagrożenie wodne. Stosowane wcześniej kubły wyciągane na linach ręcznie przez ludzi stały się niewystarczające. Należało zwiększyć wydajność urządzeń czerpiących wodę. Małe pojemniki zostały zastąpione przez duże kubły wykonane z klepek drewnianych i worki szyte ze skór bydlęcych. Z czasem, ciężkie drewniane kubły zostały zastąpione przez lżejsze i znacznie pojemniejsze worki szyte ze skór. Na uszycie jednego worka wykorzystywano od dwóch do dwu i pół skóry wołowej. Przy otworze wlotowym do worka była mocowana opaska żelazna, do której był zamocowany pałak do mocowania liny. Przykłady takich naczyń do ciągnięcia wody z kopalni pokazano na ryc. 2. Charakterystycznym dla pojemników do wydobywania wody, co różniło je od kubłów urobkowych, było to, że pojemniki miały mniejszy otwór wlotowy niż powierzchnia dna, co nadawało im kształt stożkowy. Taka konstrukcja pojemnika ograniczała w znacznym stopniu rozchlapywanie się wody podczas transportu w szybie. Należy pamiętać, że prowadniki stabilizujące ruch pionowy naczyń wyciągowych, do górnictwa, zostały wprowadzone dopiero pod koniec XIX wieku. Wraz ze zwiększaniem się głębokości szybów i ciężarów pojemników wypełnionych wodą siła mięśni ludzkich stała się niewystarczająca do poruszania kołowrotów. Czynniki te wymusiły konieczność usprawnienia mechanizmów napędzających wyciągi szybowe. Do użytku weszły urządzenia napędzane kieratami poruszonymi przez konie lub koła wodne. Podnosiło to znacznie koszty eksploatacji tych maszyn, a tym samym odwadniania kopalni. Dodatkową wadą tych konstrukcji był ich charakter pracy, nie zapewniający ciągłego odbioru wody z wyrobisk.



Ryc. 2. Worki skórzane i wiadra opisywane do czerpania wody (Agricola, 2000)

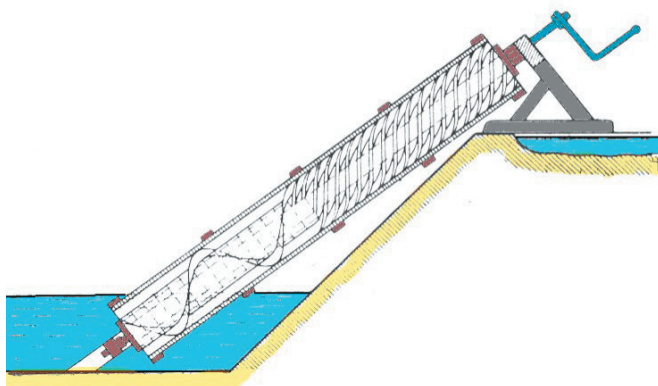
Fig. 2. Leather bags and buckets to draw water (Agricola, 2000)

2.2. Ślimacznice, koła czerpalne i przenośniki okrężne

Najbardziej znanym i stosowanym do dziś, typem ślimacznicy jest śruba Archimedesa. (ryc. 3).

Michałowski (1959) daje następujący opis śruby Archimedesa (ślimacznicy, gr. *kochlea*): „... W wydrążonej przeszło trzymetrowej belce umieszczony był wałek z nawiniętą spiralą wykonaną z listewek sklejonych smołą lub żywicą. Średnica wałka wraz ze ślimacznicą wynosiła 0,13 m. Koniec wałka zaopatrzony był w korbę, którą obracało dwóch robotników. Rura wraz z wałkiem ślimacznicy była zanurzona jednym końcem w wodzie, natomiast drugi koniec z wylewem znajdował się na wysokości około 2 m. Poprzez obracanie ślimacznicą woda podnosiła się na wysokość około 2 m i wylewała do specjalnego koryta...”. W ten sposób można było podnosić wodę na stosunkowo niewielką wysokość, a i wydajność tego urządzenia nie była duża. Dużą jego zaletą była prostota konstrukcji i możliwość zabudowania w stosunkowo małych wyrobiskach. O pomysłowości tego wynalazku może świadczyć fakt, że w Holandii do tej pory ślimacznice są używane do odwadniania polderów.

Drugim typem maszyny, która z powodzeniem była stosowana w kopalniach, były koła czerpalne. Posiadały one znacznie większą wydajność niż ślimacznice i pozwalały czerpać wodę ze znacznie większej głębokości. Urządzenia tego typu są spotykane do dziś na terenach Mezopotamii do nawadniania pól. Modyfikacją kół czerpalnych były koła wodne łopatkowe. Za wynalazcę kół wodnych łopatkowych uważa się Filona z Bizancjum, który żył w III w. p.n.e. (Wojnowski, 2005). Koło wodne podsiębierne służyło do podnoszenia wody na wysokość mniej więcej odpowiadającą średnicy koła. Używane w rolnictwie do nawadniania pól koła te miały średnicę dochodzącą do 20 m. (Michałowski, 1959). W użyciu były dwa typy kół czerpalnych. Pierwszy zaopatrzony był w dzbany lub wiadra, drugi typ posiadał łopatki ustawione pod takim kątem w stosunku do osi koła, że spełniały one rolę



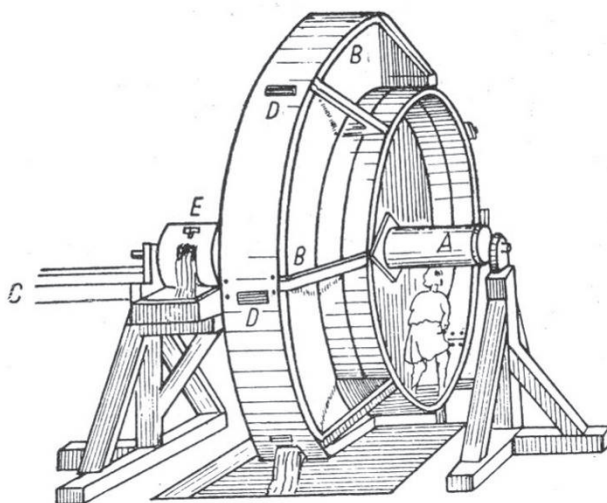
Ryc. 3. Ślimacznica – śruba Archimedesa (Michałowski, 1959)

Fig. 3. Worm drive – Archimedes' screw (Michałowski, 1959)

czerpaków. Poprzez obracanie takiego koła czerpaki zanurzały się kolejno w zbiorniku wody, podnosiły ją na wysokość zbliżoną do średnicy koła, po czym opróżniały się do specjalnego koryta, którym woda była transportowana dalej. Stosowane w antycznych kopalniach koła czerpalne posiadały średnicę od 3,0 do 4,0 m. Średnica koła była uwarunkowana gabarytami podziemnej komory, w której było zabudowane, jak i, co może być najważniejsze, możliwościami fizycznymi robotników (niewolników), którzy koła te ręcznie wprawiali w ruch. Dioramę przedstawiającą niewolników poruszających koło czerpalne w jednej z kopalń w starożytnej Grecji można obejrzeć w Deutsches Bergbau Museum w Bochum (Widsdorf, 1987).

Systemy kół wodnych zabudowanych jedno nad drugim pozwalały na podniesienie wody na znaczną wysokość. W starożytnych kopalniach, w rejonie Rio Tinto, na Półwyspie Iberyjskim, system kół wodnych podnosił wodę z głębokości prawie 29 m. Wadą tego typu rozwiązania była konieczność drążenia w skałach szeregu dużych komór do zabudowy kół wodnych i zatrudnianie wielu niewolników lub skazańców do ich poruszania.

W czasach starożytnych w użyciu było jeszcze urządzenie o nazwie tympanum o zasadzie działania podobnej do koła czerpalnego, ale o znacznie większej wydajności. Wadą tego rozwiązania była stosunkowo niska wysokość podnoszenia wody, równa w przybliżeniu połowie średnicy koła czerpalnego. W praktyce wysokość podnoszenia wody wynosiła od 2 do 4 metrów. Tego typu koła czerpalne składały się z bębna podzielonego na osiem przegród (komór pojemnościowych) zaopa-



Ryc. 4. Tympanum, koło czerpalne z przegradami (Michałowski, 1959)

A – wał koła, B – komory pojemnościowe, C – koryto odpływowe, D – otwory wlewowe do komór pojemnościowych, E – wylew z komór pojemnościowych

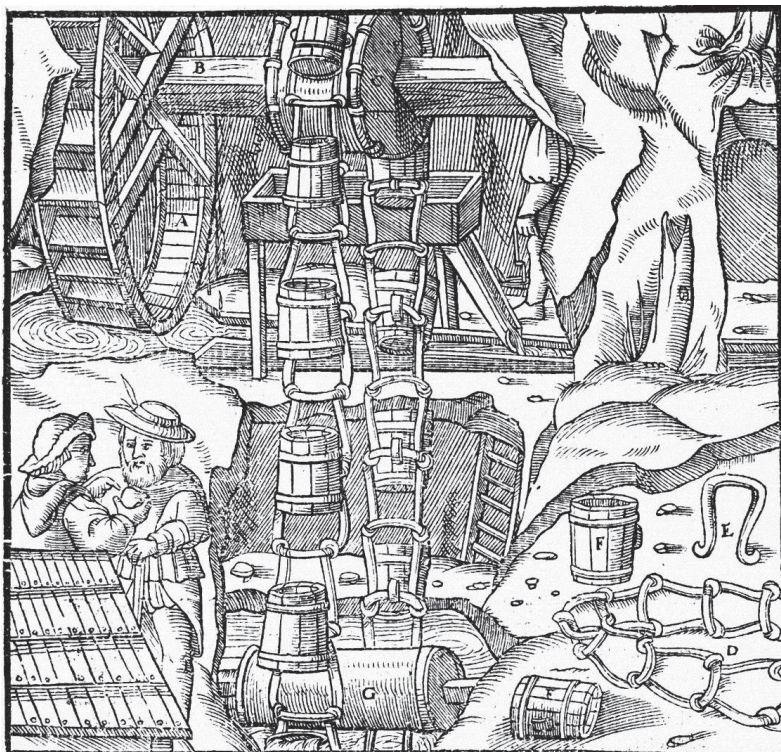
Fig. 4. Tympanum, a drawbar with dividers (Michałowski, 1959)

A – shaft wheel, B – condenser chambers, C – outlet trough, D – filler holes of capacitive chambers, E – choke from capacitive chambers

trzonych w otwór, którym woda wlewała się do przegrody, a następnie podczas obrotu bębna woda z przegrody wylewała się do specjalnego koryta. Czołowo, do bębna zamocowane było koło z zabudowanym szczeblami, po których „chodząc” niewolnicy wprawiali koło w ruch (ryc. 4).

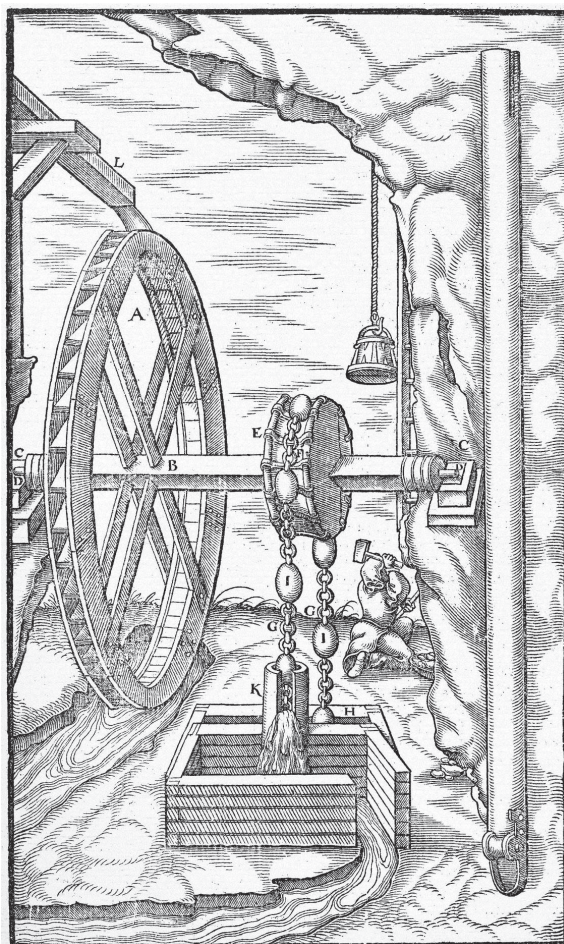
W okresie Odrodzenia weszły do użycia w kopalniach pompy typu elewatorowego, działające na zasadzie „pater nostra” tak zwane „diabelskie maszyny” (Łąbęcki, 1858). W użyciu były dwa typy tych urządzeń. W pierwszym typie do liny lub łańcucha były zamocowane na stałe lub też tylko podwieszane cebry wykonane z drewna (ryc. 5), natomiast w drugim typie wewnątrz wydrążonej rury przemieszczał się łańcuch lub lina bez końca z zamocowanymi tłoczyskami wykonanymi ze skóry lub sukna (ryc. 6). Pompy te można zakwalifikować do pomp typu elewatorowego. Agricola (2000) w księdze VI, daje szczegółowe opisy tych konstrukcji.

Na ryc. 6 pokazano szczegóły budowy rury ssawnej, w której poruszały się poszczególne „tłoczyska” czerpiące wodę. Dolny jej koniec zanurzony był w całości w wodzie znajdującej się w rzepiu i zaopatrzony był w bęben zwrotny, po którym przesuwiała się lina, bądź łańcuch, na którym były zamocowane poszczególne tłoczyska. Górny koniec rury posiadał wycięcie szczelinowate przez które woda, podnoszona w rurze przez tłoczyska, wylewała się do koryta odprowadzającego. Ponad



Ryc. 5. Pater noster z zawieszonymi kubłami drewnianymi (Agricola, 2000)

Fig. 5. Pater noster with suspended wooden buckets (Agricola, 2000)



Ryc. 6. Pater noster, pompa ze skórzanymi poduszkami – „tłoczyskami” (Agricola, 2000)

Fig. 6. Pater noster, pump with leather pillows – “piston rods” (Agricola, 2000)

rurą zabudowane było górne koło z żelaznymi klamrami, które poruszało linę bądź łańcuch z tłoczyskami. Górne koło osadzone było na osi, która wprawiana była w ruch przez ludzi, mechanizm kieratowy lub koło wodne. Dużą zaletą tych urządzeń, które w górnictwie były używane aż do początków XIX wieku, były stosunkowo małe rozmiary oraz znacznie większa wysokość podnoszenia niż w przypadku kół czerpalnych. Wadą natomiast była duża awaryjność oraz niska sprawność.

2.3. Pompy tłokowe

Pompy są obecnie najczęściej stosowanymi urządzeniami do odwadniania kopalń. Wynalezione w czasach starożytnych rozpowszechniły się w okresie Odrodzenia natomiast od początków XIX wieku stały się najpowszechniejszymi urządzeniami do wyciągania wody z kopalń. Obecnie, ze względu na sposób wytwarzania

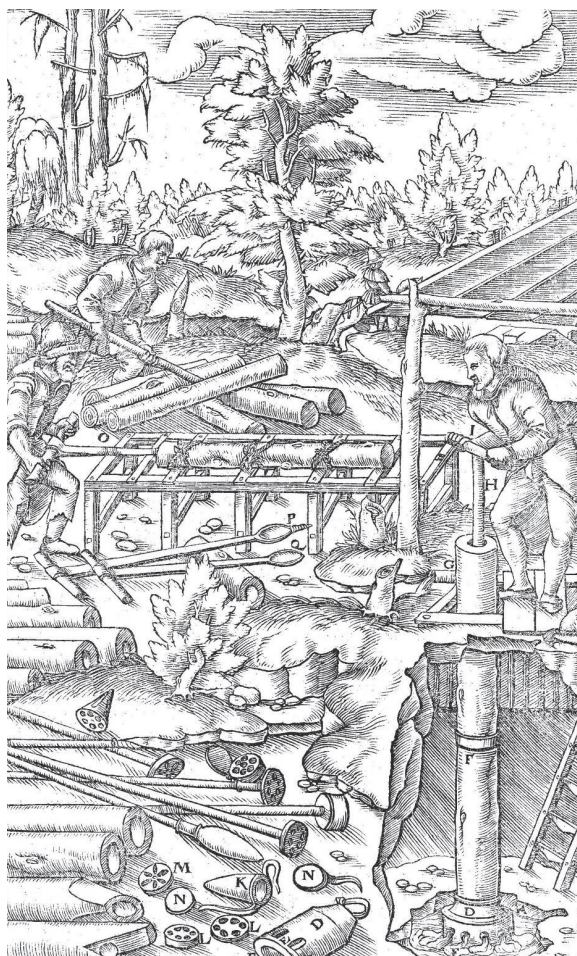
próżni oraz na sposób wydawania wody na powierzchnię, pompy możemy podzielić na następujące grupy:

- tłokowe,
- wirnikowe,
- strumieniowe,
- powietrzne (Air lift).

Każda z wymienionych grup pomp dzieli się na szereg podgrup, ze względu na rozwiązania techniczne. Różnią się one pomiędzy sobą tak sprawnością techniczną, jak też rodzajem mediów jakie mogą przetłaczać. Do początków wieku XIX, w górnictwie, spośród wymienionych grup pomp, stosowane były tylko pompy tłokowe ssące. Wynikało to z faktu, że przy ówczesnym stanie zaawansowania techniki, zwłaszcza systemów napędowych, pompy wirnikowe, strumieniowe i powietrzne nie mogły być wprowadzone do użytku. Takie możliwości dało dopiero zastosowanie silników parowych, pneumatycznych bądź elektrycznych do napędzania mechanizmów pompowych. Pompy o konstrukcji całkowicie żeliwnej weszły do użycia w kopalniach kornwalijskich około roku 1720 (Gurtl, 1883). Wprowadzenie użycia „silników” parowych systemu najpierw Thomasa Newcomena, a następnie systemu Matthew Boultona i Jamesa Watta pozwoliło na konstruowanie pomp o znacznie większych wydajnościach i mocach. Pompy, których długość rur ssących i tłoczących wynosiła około 14 sążni (1 sążeń = 1,8 metra), a średnica rur 8 i 12 cali, a później 18 cali, wymagały znacznie większych mocy do uruchomienia niż można było uzyskać dzięki zastosowaniu manewru konnego czy też koła wodnego.

Za twórcę pomp uważa się powszechnie Ktesibiosa (285–228 r. p.n.e.) wybitego greckiego konstruktora, działającego w Aleksandrii (Wojnowski, 2005). Ktesibios zajmował się zagadnieniami sprężystości powietrza, był również konstruktorem maszyn, które działały na sprężone powietrze. W nauce nosi miano „ojca pneumatyki”. Jako pierwszy opracował i skonstruował zawór oraz cylinder z tłokiem – podstawowe elementy każdej pompy tłokowej. W starożytności ani Grecy ani Rzymianie nie wykorzystywali jednak, konstrukcji tłokowych do odwadniania kopalń. Znane są natomiast przypadki użycia urządzeń ssąco-tłoczących w sikawkach pożarowych (sifones) (Orłowski, 1966).

Jako pierwszy w czasach nowożytnych, opis pomp tłokowych ssących w zastosowaniu do odwadniania kopalń, dał Agricola (2000), który jednocześnie podał dokładny opis konstrukcji i sposobu działania pompy tokowej. Natomiast podstawy teoretyczne działania pompy ssącej opracował dopiero Torriceli (1608–1647). W rozwiązaniach opisywanych przez Agricola rolę zaworów pełnił kawałki skóry lub blaszki miedziane lub żelazne, zamocowane od wewnętrznej strony rury ssawnej pompy i do tłoka od strony mocowania tłoczyska. Opis działania pompy według Agricoli (2000): „... Kiedy zaś górnik wyciąga tłok, podnosi wodę pompowaną, przez otwory w tarczy, której skóra w tym czasie się stłacza ku otworowi, którym wypływa, zawór przegródki się otwiera, aby woda, która wpłynęła do buta, ciągniona powietrzem, mogła znów do rury się podnosić. Kiedy zaś górnik tłok stłacza, zawór się zamyka i woda podnosi się przez zawór tarczy do góry...”. Jest to opis działania



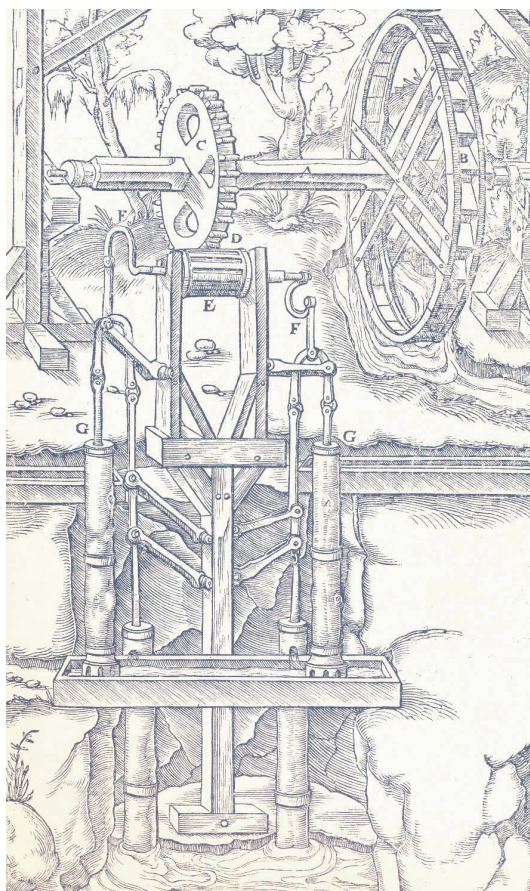
Rys. 7. Produkcja elementów składowych pompy tłokowej oraz jej konstrukcja (Agricola, 2000)

Fig. 7. Production of piston pump components and its design (Agricola, 2000)

najprostszej z wymienionych pomp o napędzie ręcznym (ryc. 7). Pompy tego typu są produkowane i stosowane do dzisiaj (Loster 2004).

Pompy o dużych wydajnościach i mogące odwadniać wyrobiska na stosunkowo dużej głębokości miały już bardzo skomplikowaną budowę i musiały być napędzane przez koła wodne. Agricola daje przykłady takich konstrukcji, a pokazano je na ryc. 8 i 9.

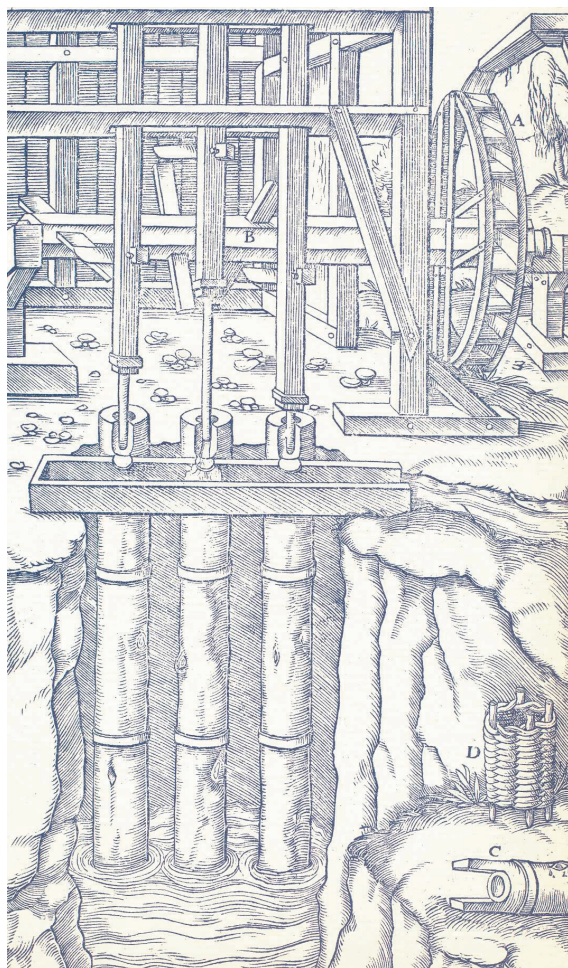
Opis konstrukcji pompy szeregowej w układzie równoległym pokazanej na ryc. 8 wygląda następująco: na osi wału A, obracanego przez koło wodne B, osadzono koło zębate C. Koło zębate wraz z wałem zabudowano na ramie z belek drewnianych nad wlotem do szybu. Koło zębate napędza bęben przekładniowy E osadzony na widlasto zakończonym słupie, który opiera się na rzapiu szybu. Oś bębna przekładniowego, z obu stron, zakończona jest wykonanymi z kutego żelaza korbami F.



Ryc. 8. Zespół dwóch pomp szeregowych w układzie równoległym (Agricola, 2000)

Fig. 8. A set of two parallel pumps (Agricola, 2000)

Do korb zamocowane są przegubowo żelazne ciągnia, na których wiszą łukowato wygięte jarzma. Ciągnia z jarzmami połączone są także przegubowo. W miejscu połączenia ciągnia z jarzmem, również przegubowo zamocowane są ramiona stabilizujące pracę mechanizmu korbowego w płaszczyźnie pionowej. Do łukowato wygiętych jarzm z jednego końca zamocowane są przegubowo tłoczyska pomp górnych, a do drugiego końca ciągnia tłoczyska pomp dolnych. Pompy dolne zanurzone są w wodzie znajdującej się w rżapiu szybu, a pompy górne zanurzone są w wodzie zgromadzonej w skrzyniach, do których wylewa się woda pompowana przez pompy dolne. Ciągnia poruszające tłoczyska pomp dolnych są również stabilizowane w płaszczyźnie pionowej. Dla porównania przytoczono opis tej samej konstrukcji, tak jak tego dokonał Agricola w „De Re Metalica L. XII”. „... Okręcane koło najpierw podnosi ciężło, które potem podnosi pierwsze widelki i tak samo drugie ciężło szerokie i pierwsze obłe. Potem drugie ciężło szerokie dźwiga drugie widelki Bowiemy



Ryc. 9. Zespół trzech pomp napędzany przez jedno koło wodne (Agricola, 2000)

Fig. 9. A set of three pumps driven by one water wheel (Agricola, 2000)

z żelaznego gwoźdźcia tych ostatnich widełek nie zwisa już szerokie ciężło, ponieważ w żaden sposób nie może być na użytek ostatniej pompy. Wręcz odwrotnie, kiedy opada pierwsze szerokie ciężło, opadają każde widełki, każde szerokie ciężło i każde obłe. I w taki sposób jednocześnie woda się wylewa do zbiorników i z nich wypompowuje, a do kanału odpływowego tylko wylewa...” (Agricola, 2000).

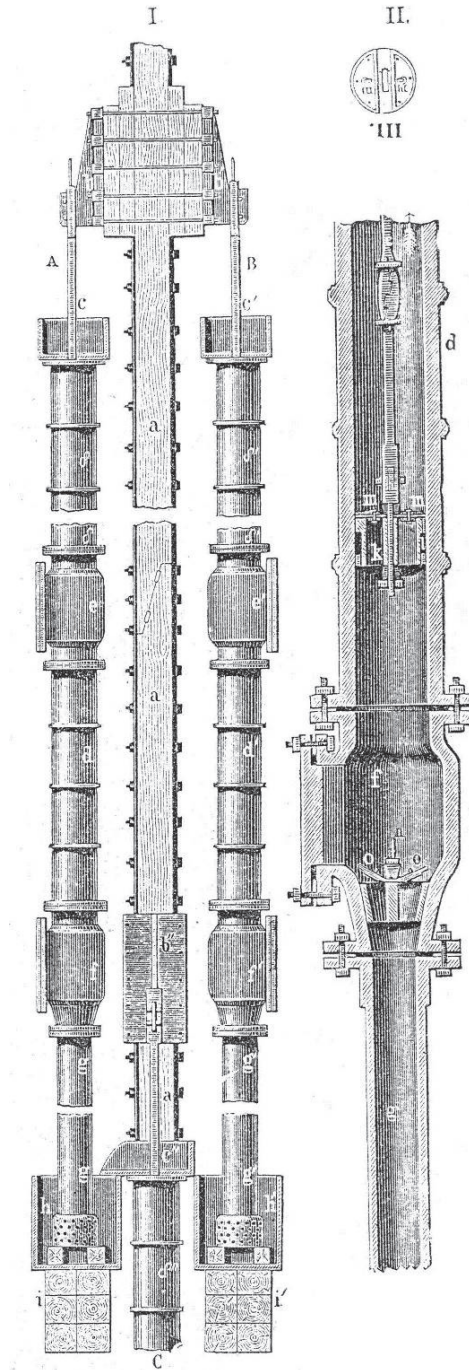
Pompa pokazana na ryc. 9 ma zupełnie inny mechanizm uruchamiający tłoczyska. Jest to pompa równoległa składająca się z zespołu trzech pomp, których tłoczyska są podnoszone przez dźwignie (popychacze) zabudowane na wale koła wodnego B. W tym układzie pompy pracują przemiennie. Jeżeli jednej tłoczysko się podnosi do góry, to w drugiej i trzeciej tłoczysko opada. Dźwignie (popychacze) tłoczyska pomp ustawione są na wale w taki sposób, że kąt pomiędzy nimi wynosi około 60° . Jeżeli pierwsza pompa zasysa wodę, to tłoczysko drugiej znajduje się

w połowie wysokości rury tłoczącej, a trzecia właśnie wylewa wodę do zbiornika odpływowego. Mechanizm tej pompy jest znacznie mniej skomplikowany w swojej budowie i prawie w całości wykonany jest ze stosunkowo taniego i dostępnego drewna, a nie z drogiego żelaza. Poza tym taki układ pomp pozwalał na zapewnienie bardziej równomiernego pompowania wody niż miało to miejsce w przypadku pomp w układzie szeregowy (ryc. 8). W przypadku pomp szeregowych w układzie równoległym, gdy wszystkie pompy zawieszono na korbie po lewej stronie zasysają wodę, to wszystkie pompy zawieszono na prawej korbie wylewają wodę do koryta odpływowego.

Pompy ssące opisywane przez Agricolę posiadały konstrukcję wykonaną z drewna, tylko kłapy zaworów były wykonane z blachy mosiężnej lub żelaznej. Natomiast od końca wieku XVIII, najpierw w górach Harzu, a następnie innych zagłębiach górniczych, zaczęto budować pompy ssące, które posiadały rury tłokowe wykonane z żeliwa, natomiast rury ssawne konstruowano tak jak dawniej z drewna, ale wzmocnione pierścieniami żelaznymi. Przykłady rozwiązań technicznych tego typu pomp szeroko opisane są w pracach Clavora (1763), Deliusa (1806), Gurtla (1883). Spośród pomp żeliwnych tłokowych najpowszechniej stosowane były pompy ssące (rys.10). Pompy ssące wysokie 14 calowe najczęściej były zabudowywane w szybach w układzie krzyżowym po dwie pompy ustawiane nad sobą w systemie kaskadowym, tzn. pompy niżej zabudowane „c” podawały wodę do skrzyń „g i g” pomp A i B. W skrzyniach „g i g” były zabudowane kosze ssące „h i h” pomp górnych A i B. Woda po podniesieniu na wysokość odpowiadającą wysokości pompy A i B wylewała się przez otwory „c i c” do kanału odpływowego. Zespół pomp górnych A i B oraz pomp dolnych C i D napędzany był za pomocą żerdzi „a”. Pompy zaopatrzone były w kłapy rewizyjne, które ułatwiały dostęp do zaworów podczas ich naprawy i regulacji (Gurtl, 1883).

Zasadniczym problemem, jaki musieli rozwiązać konstruktorzy i użytkownicy tych maszyn, był sposób uruchamiania mechanizmu tłokowego zasysającego wodę. Zasadniczo stosowano dwa sposoby, albo za pomocą kieratów, do których były zaprzęgnięte od dwóch do ośmiu par koni, albo za pomocą koła wodnego. Ten drugi sposób był znacznie tańszy w eksploatacji. Woda była za darmo, ale też i woda nastęczała najwięcej kłopotów, zwłaszcza jej brak w miesiącach „suchych”, gdy strumienie i rzeczki wysychały. Agricola przytacza przykład z Bańskiej Szczawnicy, gdzie do jednej z kopalń codziennie schodziło spiralnym chodnikiem 96 koni, aby napędzać trzy koła wodne. Jako ciekawostkę można podać, że szychta konia trwała tylko cztery godziny, potem koń miał dwunastogodzinny odpoczynek, w przeciwieństwie do ludzi którzy musieli w kopalni pracować od ośmiu do dwunastu godzin.

Pompy tłokowe wysokie, napędzane kołami wodnym miały jedną bardzo dużą zaletę. Mogły pracować bezobsługowo, ludzie nie musieli nadzorować ich pracy. W niedzielę i święta, o tym czy pompa pracuje i odwadnia kopalnię informował wszystkich dźwięk dzwonka zawieszono ponad kołem wodnym. „... Dzwonek jest zawieszony na linie na drewnianej osi, która jest przymocowana do kłód nad szybem.



Ryc. 10. Pompa ssąca wysoka wykonana w całości z żelaza, przekrój pionowy (Gurtl 1883)

Fig. 10. High suction pump made entirely of iron, vertical section (Gurtl 1883)

Druga zaś długa lina, której górny koniec jest przywiązany do osi, opuszcza się do szybu, do dolnego końca przywiązuje się kawałek drewna i ile razy w niego uderzą palce wału, tyle razy odezwie się dzwonek wprawiony w ruch...” (Agricola, 2000).

2.4. Metody grawitacyjne odwadniania kopalń – sztolnie wodne

Sztolnie wodne są najprostszym, a zarazem jednym z kosztowniejszych sposobów odprowadzenia wody z kopalni. Cała trudność w zrealizowaniu tego sposobu odwadniania polega na wydrążeniu i stałym utrzymaniu drożności wyrobiska sztolni. Nakłady ponoszone na wykonanie tego typu przedsięwzięcia na ogół przekraczały możliwości pojedynczych gwarków. Sztolnie były w związku z tym drażone przez zrzeszenia gwarków, którzy składali się na jej wydrążenie i utrzymanie. Sztolnia, która odwadniała kilka kopalń jednocześnie, otrzymywała miano dziedzicznej. Sprawy regulacji opłat ponoszonych na utrzymanie sztolni regulowały stosowne przepisy. Gwarkowie sztolni, czyli sztolniarze (stoellner) posiadali liczne przywileje zagwarantowane tak dekretami królewskimi, jak też w prawie górniczym (np. Ustawa Pruska, Ustawa Maksymiliańska czy też Ustawa Górnicza dla kopalń w Joachimstal). Mieli oni prawo żądać zwrotu $\frac{1}{4}$ poniesionych kosztów, jak też wydobywać rudę wzdłuż biegu sztolni na głębokość $\frac{1}{4}$ łatra, a na jej utrzymanie mieli prawo żądać $\frac{1}{9}$ lub $\frac{1}{18}$ wydobytej rudy od gwarków których kopalnie odwadniali (Łabęcki, 1841, 1858). Sztolnia na ogół składała się z kilku charakterystycznych odcinków: roznosu czyli fragmentu, który łączył ją z ciekim powierzchniowym, kanału odkrytego tzw. rowu oraz części podziemnej czyli chodnika w warstwach nadkładowych i chodnika w złożu. Najczęściej drażono ją poniżej poziomu prowadzenia robót eksploatacyjnych tak, by woda grawitacyjnie ściekała do sztolni. Według prawa Maksymiliana obudowa sztolni musiała spełniać następujące warunki: wysokość $1\frac{1}{4}$ łatra szerokość $\frac{1}{2}$ łatra, a spadek co najmniej $\frac{1}{2}$ łatra na 100 m. Sztolnia powinna być ocembrowana (posiadać obudowę) i porządnie utrzymana. W ten sposób na terenie Polski były odwadniane kopalnie kruszcowe w okolicach Tarnowskich Gór czy też Olkusza. Pierwsze sztolnie w Polsce wydrążono w rejonie Olkusza w XVI wieku. Spośród nich najważniejsze to Starczyńska z roku 1548, Ponikowska z roku 1564, Czajkowska z roku 1565, Ostowicka z roku 1568 i najdłuższa z nich Pilecka z roku 1572 (Łabęcki, 1858). Sposób sztolniowy odwadniania wyrobisk również w stosowano w kopalniach węgla kamiennego. Najbardziej znane na terenie Polski sztolnie to: Główna Kluczowa Sztolnia Dziedziczna kopalni Królowa Luiza w Zabrze (ryc. 11), Lisia Sztolnia kopalni Fuchs w Wałbrzychu czy też Sztolnia Fryderyk Głęboka w Tarnowskich Górach (ryc. 12). Należy zaznaczyć, że oprócz odprowadzenia wody z kopalni sztolnie te pełniły również funkcje transportowe (Duży i in., 2006, Moszny, 2002, Strzałkowska, 2016).

Sztolniowy sposób odwadniania kopalń najlepiej sprawdzał się w rejonach górskich, gdzie wyrobiska były drażone powyżej poziomu naturalnych cieków wodnych. W rejonie Freibergu w 1876 roku wydrążono sztolnię „Rotschönberger” o długości 47,5 km, a w rejonie Mansfeld, w roku 1809, wykonano sztolnię Kluczową o długości 31,8 km. W tym samym czasie w górach Harzu wydrążono



Ryc. 11. Rekonstrukcja wlotu do Głównej Sztolni Dziedzicznej w Zabrze, 2016 r. (fot. W. Preidl)

Fig. 11. Reconstruction of the inlet to the Main Hereditary Adit in Zabrze, 2016 (Photo: W. Preidl)



Ryc. 12. Wlot do sztolni Fryderyk Głęboka w Tarnowskich Górach, 2017 r. (fot. W. Preidl)

Fig. 12. Inlet to the tunnel Fryderyk Głęboka in Tarnowskie Góry, 2017 (Photo: W. Preidl)

sztolnię „Ernest-August” o długości 23,6 km. W kopalniach Harzu, w okolicach Rammelsberg, pierwsze sztolnie powstały już w średniowieczu, przed rokiem 1150. Wspomina o nich w swym dziele „De mineralibus”, z roku 1260, wielki chemik i biskup Albert Magnus (1200–1280) (Międzynarodowa Konferencja..., 2001; Mirsch, 2007). W Polsce system odwadniania sztolniami wyrobisk, zwłaszcza w kopalniach kruszcowych był równie rozwinięty i zaawansowany jak w innych krajach europejskich. Przykładowo na ryc. 13 zamieszczono mapę sztolni odwadniających w rejonie Tarnowskich Gór, z których najstarsze sięgają wieku XVI, a najmłodsza „Fryderyk” głęboka wydrążona została w wieku XVIII (Moszny, 2002; Strzałkowska, 2017).

3. Podsumowanie

Zagadnienie zwalczania zagrożenia wodnego w kopalniach jest nierozdzielnie związane z eksploatacją podziemną surowców. Przyjęty przedział czasowy ograniczył zagadnienie do momentu wprowadzenia w górnictwie silników mechanicznych parowych, pneumatycznych lub wprowadzonych później, a stosowanych obecnie powszechnie, silników elektrycznych. Opisane, poszczególne metody szczyptywania wody z podziemi kopalń i przemieszczania jej na powierzchnię wskazują na dużą pomysłowość i determinację ówczesnych górników. Przez stulecia „machiny wodne” ewoluowały od stosunkowo prostych i mało wydajnych urządzeń czerpakowych do zaawansowanych technicznie i kosztownych pomp tłokowych. Na podstawie analizy ich konstrukcji można prześledzić jak czynniki ekonomiczne i geologiczno-górnice wpływały na rozwój techniki górniczej, a zwłaszcza odwadniania kopalń. W czasach starożytnych, kiedy robocizna była bardzo tania i był w miarę regularny dopływ nowych niewolników do kopalń, proste urządzenia czerpakowe napędzane siłą mięśni ludzi były w zupełności wystarczające. Jednak gdy wraz ze schodzeniem eksploatacji na niższe poziomy z jednoczesnym brakiem taniej siły najemnej właściciele kopalń byli zmuszeni do szukania nowych rozwiązań technicznych. Zaczęły powstawać

godzinach pracy musiał on mieć dwanaście godzin odpoczynku i do tego musiał być odpowiednio odżywiany. Podnosiło to bardzo koszty odwadniania. Stosunkowo najlepszym z omawianych sposobów odwadniania były kunszty napędzane za pomocą kół wodnych. Pompy poruszane kołami wodnymi były bardzo wydajne, mogły pracować bezpostojowo i do tego nie wymagały utrzymywania obsługi, która dozorowała ich pracę. Nakłady, bardzo wysokie, na ich budowę stosunkowo szybko się zwracały. Jednak mała trwałość materiałów, z których je budowano sprawiała, że często ulegały awariom. Dopiero wprowadzenie pomp tłokowych o konstrukcji całkowicie metalowej znacznie poprawiło niezawodność ich pracy.

Analizując poszczególne rozwiązania techniczne przedstawione w artykule należy sobie zadać pytanie. Jakimi specjalistami i rzemieślnikami musieli być twórcy tych „kunsztów wodnych”. Jaką musieli dysponować wiedzą, aby w tak odległych czasach tworzyć tak zaawansowane technicznie maszyny świadczące o prawdziwym *Ingenium* dawnych górników.

Literatura

- AGRICOLA J., 2000. *O górnictwie i hutnictwie dwanaście ksiąg*. Firszt S. (red.), tłum. Kurkova K. (z Agricola J., 1933 – *Dvanáct knih o hornictví a hutnictví*. Praha). Wyd. Muz. Karkonoskie. Jelenie Góra
- CALVÖR H., 1763. *Acta historico-chronologico-mechanica circa metallurgiam in hercynia superiori. Erster & Zweyter Theil*. Braunschweig. Dostęp: <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-33356> – biblioteka cyfrowa ETH Zurich.
- DELIUS, C.T., 1806. *Anleitung zu der Bergbaukunst nach ihrer Theorie und Ausübung, nebst einer Abhandlung von den Grundsätzen der Bergwerks-Kammeralwissenschaft für die Schemnitzer Bergwerksakademie*. Wien. Dostęp: <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-20195> – biblioteka cyfrowa ETH Zurich.
- DUŻY S., PREIDL W., JURKIEWICZ G. J., 2006. *Główna Sztolnia Dziedziczna. Zabytek techniki górniczej i budownictwa wodnego*. [W:] Januszewski St. (red.). *Dziedzictwo Morskie i Rzeczne Polski*. Wyd. Polit. Wrocław. Wrocław.
- GISMAN S., 1955. *Ilustrowany górniczy słownik encyklopedyczny*. Wyd. Górniczo-Hutnicze. Stalinoogród.
- GURLA A., 1883. *Górnictwo i hutnictwo. Krótki wykład historycznego i technicznego rozwoju górnictwa i hutnictwa*. Wyd. Gebethner i Wolff. Tłum.: Wincenty Kosiński. Warszawa.
- KONDRATOWICZ H., 1919. *Górnictwo Tom II*. Wyd. Gebethner i Wolff. Warszawa.
- LOSTER T., 2004. *Kunszty wodne. Jedno z największych osiągnięć górniczej techniki*. *Wiad. Górn.*, 8.
- ŁABĘCKI H., 1841. *Górnictwo w Polsce – Opis kopalnictwa i hutnictwa polskiego. Tom 2*. Wyd. Juliana Kaczanowskiego. Warszawa.
- ŁABĘCKI H., 1858. *Słów kilka o odbudowie kopalń Olkuskich i machinach w tymże*. Biblioteka Warszawska, Nowa serya t. II. Warszawa.
- MICHAŁOWSKI K., 1959. *Technika Grecka*. Bibl. Problemów. Wyd. PWN. Warszawa.
- Międzynarodowa Konferencja „Lisia Sztolnia w Wałbrzychu jako zabytek techniki europejskiego dziedzictwa kulturowego”*, 2001. Zamek Książ w Wałbrzychu.
- MOSZNY J., 2002. *Rola i znaczenie sztolni odwadniających w górnictwie tarnogórskim*. Ma. Symp. 45 lat działalności Sztolni „Czarnego pstrąga” w Tarnowskich Górach. Wyd. Stow. Miłośn. Ziemi Tarnogórskiej (SMZT). Tarnowskie Góry.

- ORŁOWSKI B., 1966. *Poczet wielkich inżynierów*. Wyd. Nasza Księgarnia. Warszawa.
- PREIDL W., 2012. *Rozwój techniki odwadniania kopalń na przestrzeni dziejów*. IX Międzynarodowy Warsztat Archeologii Przemysłowej Dzierżoniów – Nowa Ruda – Świdnica – Wałbrzych, 14–15 czerwca 2012. [W:] *Technika w dziejach cywilizacji – z myślą o przyszłości*, 8. Wrocław.
- MIRSCH R., ABERLE B., 2007. *Von der Kunst Wasser zu heben – über die Bedeutung der Wasserstollen im Mansfelder Revier*. 7. Mat. Altbergbau Kolloquium. Freiberg.
- STRZAŁKOWSKA E., PREIDL W., 2016. *Wybrane zabytki Tarnowskich Gór*. Budown. Górn. i Tunnelowe, 4.
- WISDORF H., 1987. *Montanwesen eine Kulturgeschichte*. Edition Leipzig.
- WOJNOWSKI J., 2005. *Wielka encyklopedia PWN*. Warszawa.

WATER IN MINING FROM THE ORIGINS TO THE BEGINNING OF THE 19TH CENTURY

mining history, drainage, mining technology

The article presents the problem of water hazards in the mining industry from its origins to the beginning of the 19th century. Water has always accompanied underground mining, being its blessing yet also a curse at the same time. Water was the factor that washed through the layers of rock scouring chemical compounds. On that basis seekers of hidden treasures could find useful minerals in rock layers. Water also jealously guarded access to desirable raw materials, flooding excavations or even preventing them from being exploited. Since the beginning of mining until the invention of the first steam engines, water was the cheapest and widely available energy source for propulsion of machinery used in mining. Until the beginning of the 19th century, these were mainly shafts but also pumps that dewatered mines. Water was also used in the processing of raw materials, their enrichment and transportation from the mine, using so-called navigation adits. The complexity of the problem which the presence of water posed in the deposits of useful minerals and the way in which the miners approached that issue is a testimony to the ambivalent attitude towards water in the early period of mining development. Miners' attitude to water fundamentally changed with the introduction of dewatering pumps in mines, using steam engines first and then electric motors. From that point on, talking about water in a mine meant struggling against a threat. Part two of the article, which is planned to be printed in the next issue of the yearbook, will be devoted to the use of water in technological processes in mines.