

BIBLIOTEKA
HISTORII TECHNIKI

1

KRZYSZTOF DĄBROWSKI
OE1KDA

PRAPRZEMYSŁ NA
ZIEMIACH POLSKICH
TOM 1

WIEDENŃ 2024



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń 2024

Opracowanie niniejsze może być rozpowszechniane i kopiowane na zasadach niekomercyjnych w dowolnej postaci (elektronicznej, drukowanej itp.) i na dowolnych nośnikach lub w sieciach komputerowych pod warunkiem nie dokonywania w nim żadnych zmian i nie usuwania nazwiska autora. Na tych samych warunkach dozwolone jest tłumaczenie na języki obce i rozpowszechnianie tych tłumaczeń.

Na rozpowszechnianie na innych zasadach konieczne jest uzyskanie pisemnej zgody autora.

Praprzemysł na ziemiach polskich

Tom 1

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wydanie 1
Wiedeń, sierpień 2024

Spis treści

Wstęp	6
1. Dymarki i wielkie piece	10
1.1. Surówka, żeliwo, stal	19
2. Produkcja dziegciu i węgla drzewnego	22
3. Wydobycie soli	28
4. Wydobycie i produkcja metali nieżelaznych	38
5. Wydobycie krzemienia pasiastego	47
5.1. Kultury prehistoryczne	51
6. Hutnictwo szkła	54
6.1. Rodzaje szkła	60
7. Budowa statków	62
Dodatek A. Koło wodne	69
Dodatek B. Wiatraki	73
Literatura i adresy internetowe	76
Spis tomów „Biblioteki historii techniki”	78

Sommaire

Préindustrie sur les terres polonaises

Préface	6
1. Fonderie de fer	10
1.1. Fonte et acier	19
2. Fabrication de goudron et de charbon de bois	22
3. Exploitation minière du sel	28
4. Exploitation minière et fonderie des métaux non ferreux	38
5. Exploitation minière et traitement du silex rayé	47
5.1. Cultures préhistoriques	51
6. Industrie du verre	54
6.1. Types de verre	60
7. Construction navale	62
Annexe A. Moulins à eau	69
Annexe B. Moulins à vent	73
Bibliographie et les pages web	76
Liste des volumes de la „Bibliothèque d’histoire de technique”	78

Wstęp

Dawna historia Polski kojarzy się przeważnie z dziejami powstawania i politycznego rozwoju państwa, zmianami granic, walkami, powstaniem, osiągnięciami władców i ich losami. O czym się rzadziej pamięta to sprawy rozwoju techniki i gospodarki w przekroju dziejów. A tymczasem są to sprawy fascynujące i stanowiące istotne dopełnienie obrazu dziejów kraju i narodu. Bez środków produkcji i funkcjonującej gospodarki państwo nie dysponuje finansami niezbędnymi do jego funkcjonowania i rozwoju. Upadek gospodarki może więc pociągnąć za sobą upadek państwa. Jednym z warunków rozwoju gospodarki jest postęp techniczny i innowacyjność producentów. Innowacyjność oznacza coś więcej niż tylko przyswojenie osiągnięć i opracowań innych, konieczne jest również wniesienie własnego wkładu w rozwój nauki i techniki i stałe nadążanie za zmianami sytuacji rynkowej lub ogólnie – gospodarczej albo jeszcze lepiej – uczestniczenie w jej kształtowaniu.

Era przemysłu w Europie zaczęła się w XIX wieku i była poprzedzona powstawaniem w wiekach XVII – XVIII manufaktur na szeroką skalę. Manufaktury były zakładami pracy skupionej lub nakładczej, w których większość prac była wykonywana siłami ludzkimi wspomagany tylko częściowo siłami wody i wiatru. Większość środków produkcji stanowiły ręczne narzędzia, a nie maszyny. Mechanizacja i zastosowanie maszyn na szeroką skalę rozpoczęły się dopiero w XIX wieku od wprowadzenia maszyn parowych. Produkcja w manufakturach była oparta na podziale pracy: poszczególne etapy pracy były wykonywane przez pracowników wyspecjalizowanych w ich wykonywaniu. Manufaktury dzieliły się na rozproszone, w których produkcja odbywała się w małych warsztatach podporządkowanych wspólnemu kierownictwu i scentralizowane, w których robotnicy byli zgromadzeni w jednym miejscu. Pierwszy z wymienionych sposobów organizacji produkcji był zbliżony do systemu nakładczego.

Pierwsze manufaktury w Europie powstały już w XIII w. we Flandrii i we Włoszech. Były to początkowo manufaktury włókiennicze, wyrosłe wokół miast będących ośrodkami wczesnego kapitalizmu – Brugii, Gandawy, Sieny, Florencji. Wraz z rozwojem gospodarczym kontynentu europejskiego zakres produkcji manufakturowej poszerzał się i objął metalurgię, przemysł zbrojeniowy, drukarski, przemysł drzewno-papierniczy, szklarski oraz artykuły codziennego użytku, w tym luksusowe, a manufaktury poprzez południowe Niemcy (XIV w.), Francję i Anglię, dotarły pod koniec XVI w. do Polski.

W II poł. XVIII w. szereg manufaktur w ekonomii grodzieńskiej założył Antoni Tyzenhauz, podskarbi króla Stanisława Augusta Poniatowskiego – były to zakłady tkackie, szklarskie i tekstylne. Podjął on w ten sposób próbę ożywienia gospodarczego kraju, jednak zakłady te zajmowały się produkcją artykułów luksusowych i nie stały się zaczątkiem uprzemysłowienia regionu. Produkcja artykułów luksusowych w manufakturach Tyzenhausa różniła się z potrzebami rynku. Wartstwa zamożnych konsumentów sprowadzała bezcłowo z zagranicy artykuły luksusowe wyższej jakości aniżeli produkowane w kraju (i było ją na to stać), natomiast konsumenci krajowi nienależący do grupy najbogatszych oczekiwali artykułów codziennej potrzeby i o bardziej przystępnych cenach. Zapewniłoby to znacznie szerszy rynek zbytu.

Pierwsze manufaktury wytwarzające porcelanę pojawiły się dopiero z końcem XVIII wieku (za czasów Stanisława Augusta Poniatowskiego) i to mimo, że sposób produkcji porcelany został odkryty w Miśni – mieście podlegającym wspólnemu władcy Augustowi II. Władcy sascy nie byli zainteresowani rozwijaniem tej gałęzi przemysłu w Polsce, woleli traktować nasz kraj jako rynek zbytu dla przynoszącej im znaczne zyski porcelany miśnieńskiej.

W założonej przez Józefa Klemensa Czartoryskiego w 1783 r. manufakturze w Korcu wykorzystywano kaolit pochodzący z dóbr wołyńskich Czartoryskiego. Następne dwie manufaktury porcelanowe powstały w Tomaszowie Lubelskim (1794) i w Baranówce (1803)¹. W 1807 r. powstała też wydzielona

¹ Fajans i porcelana są wykonywane z tych samych surowców (postawowym z nich jest glina kaolinowa, oprócz tego skałki i kwarc – w różnych proporcjach, do porcelany kremowej dodawany był też pył z kości zwierzęcych obecnie zastąpiony przez sztyczne składniki chemiczne), ale porcelana jest ceramiką najwyższej próby, a fajans niższej. Fajans może wprawdzie świetnie imitować porcelanę ale nią nie jest. Fajans jest znany od tysiącleci i spotykany już w wykopaliskach na terenach starożytnego Egiptu. Wyroby fajansowe są masywniejsze (grubsze i cięższe) od porcelanowych i w przeciwieństwie do porcelany nie przepuszczają światła. Są one pokrywane warstwą glazury aby nie przepuszczały wody, są one też odporne na wysokie temperatury i na ścieranie. Porcelana nie potrzebuje dodatkowej warstwy szkliwa, gdyż z natury nie przepuszcza cieczy. Pomimo, że

z manufaktury koreckiej wytwórnia fajansu w Horodnicy. Manufaktura w Korcu istniała do 1832 r., a manufaktura w Tomaszowie Lubelskim do 1827 r. W 1790 r. została założona manufaktura fajansu w Ćmielowie. Od 1841 roku wytwarzano w niej porcelanę. Po odkryciu w końcu XVIII wieku złóż glinki w okolicach Bolesławca na Dolnym Śląsku (niem. *Bunzlau*) od 1771 roku powstawały tam warsztaty wytwarzające ceramikę fajansową i kamionkę².

Wraz z końcem I Rzeczypospolitej większość manufaktur upadła, natomiast te, które zaczęto zakładać w I poł. XIX w. szybko przekształcały się w fabryki.

Polacy założyli także jedne z pierwszych manufaktur na kontynencie amerykańskim. Byli to polscy specjaliści od produkcji mydła, potażu oraz szkła sprowadzeni w 1608 roku do osady kolonistów angielskich w Jamestown z inicjatywy kapitana Johna Smitha.

W okresie poprzedzającym powstanie manufaktur dominowała produkcja rzemieślnicza, ale wytwarzane były też na szerszą skalę (porównywalną z przemysłową) takie surowce jak żelazo, ołów, węgiel drzewny, szkło, artykuły chemiczne wielostronnego zastosowania jak dziegieć i potaż, wydobywana była sól i inne surowce mineralne. W odniesieniu do czasów dawniejszych trudno jest używać określenia przemysł, dlatego też autor ujmuje całą ówczesną działalność gospodarczą tego typu pod wspólną nazwą praprzemysłu.

Dalsza część opracowania poświęcona jest pozyskiwaniu żelaza i stali, produkcji dziegiu, węgla drzewnego, smoły, popiołu i potażu, wytopowi metali nieżelaznych, szkła, wydobyciu soli oraz krzemienia pasiastego na ziemiach polskich w obecnych granicach i budowie statków w portowych miastach pomorskich i w miastach nadwiślańskich. Jako nieostrą granicę historyczną przyjęto koniec XVIII wieku i utratę niepodległości przez Polskę. Rozwój polskiego przemysłu i górnictwa w wiekach XIX – XXI stanowi oddzielny i bardzo obszerny temat. Jest on zresztą dobrze opracowany i szerzej znany czytelnikom.

W opracowaniu uwzględniono złoża kopalnie i zakłady znajdujące się na dzisiejszym terytorium Polski niezależnie od ich historycznych dziejów i zmian przynależności państwowej. Lokalizacje na pozostałych terenach należących dawniej do Polski wspomniane są tylko marginesowo.

Do najważniejszych dziedzin przemysłu i praprzemysłu zalicza się hutnictwo. Jest to gałąź przemysłu obejmująca otrzymywanie metali z rud i koncentratów, z zawierających metale półproduktów pochodzących z procesów metalurgicznych, ze złomu metalowego a także surowców wtórnych. Obejmuje ono także obróbkę plastyczną półproduktów metalowych w kuźniach, dawniej zwanych też kuźnicami, walcowniach, ciągnieniach, tłoczniach itd.

Hutnictwo dzieli się na hutnictwo żelaza i metali nieżelaznych. Obu tym dziedzinom poświęcono oddzielne rozdziały. W hutach żelaza wytwarza się stopy żelaza z węglem (żeliwo, staliwo, stal), zawierające pewne ilości innych pierwiastków w postaci domieszek, zanieczyszczeń i celowo wprowadzanych dodatków. Pierwszym etapem jest otrzymywanie (obecnie w wielkich piecach) surówki przetwarzanej następnie na dalsze produkty.

Rudy metali nieżelaznych zawierają najczęściej po kilka pierwiastków np. ołów, srebro i cynk, miedź i srebro, czasami też z domieszkami złota i innych metali (obecnie też i nieznanymi dawniej, mających duże znaczenie dla różnych dziedzin przemysłu). Istotną sprawą staje się więc ich rozdzielenie i umożliwienie dalszej niezależnej obróbki i wykorzystania do właściwych celów.

wyroby porcelanowe są cienkie i lekkie charakteryzują się wysoką trwałością. Wyroby z obydwu materiałów mogą być zdobione kolorowo lub na srebrno i złoto. Receptura wyrobu porcelany była znana w Chinach od VII wieku, a w Europie została odkryta przez Johanna Friedricha Böttgera aptekarza i alchemika Augusta Mocnego na początku XVIII wieku.

² Kamionka była znana już w starożytności. Różni się ona składem od porcelany i zawiera glinę, szamot i piasek kwarcowy. Wyroby są wypalane w bardzo wysokiej temperaturze. Są one nieprzezroczyste, w kolorze brązowym, ale mogą być także zdobione. Charakteryzują się wysoką odpornością mechaniczną i dzięki grubym ściankom długo utrzymują ciepło. Są one również odporne na działanie kwasów i mogą być żaroodporne.

Z hutnictwem nierozłącznie wiąże się kopalnictwo, wydobywanie rud i ewentualnie także innych surowców. Ludzie nauczyli się pozyskiwania metali z rud już w starożytności w Egipcie i Mezopotamii. Początki hutnictwa żelaza w Europie środkowej i zachodniej przypadają na IX wiek p.n.e.

Hutnictwo metali nieżelaznych w Polsce obejmuje hutnictwo ołowiu i towarzyszącego mu srebra (od XII – XIII wieku), poznanego później cynku (od drugiej połowy XVIII wieku), miedzi (w Sudetach i w Górach Świętokrzyskich), a w czasach współczesnych również znanego od XIX wieku glinu (aluminium).

Pokrycie znacznej części powierzchni Polski lasami sprzyjało przetwórstwu drewna, w tym jego suchej destylacji dostarczającej przydatnego do wielu celów dziegciu. Produkt ten był przez wiele wieków jednym z najważniejszych produktów eksportowych Polski. Potrzeby opału hut i warzelnicy soli, potrzeby szkutnictwa (budowy łodzi rzecznych i statków morskich) a także prywatne zapotrzebowanie na opał i materiały budowlane przyczyniały się do niszczenia lasów na dużą skalę, aż do granicy katastrofy ekologicznej. Z biegiem wieków sytuacja stała się znacznie bardziej krytyczna w Europie Zachodniej niż w Środkowej i Wschodniej.

Tematem opracowania nie jest natomiast typowa działalność rzemieślnicza w omawianym czasie. Jest ona co najwyżej wspomniana na marginesie spraw związanych z przetwórstwem metali i innych wydobywanych lub importowanych surowców i półproduktów. Zakłady rzemieślnicze znajdowały się przeważnie w miastach (we wczesnym średniowieczu na podgrodziach) i były rozsięte na terenie całego kraju. W znacznej części wytwarzały one artykuły zaspokajające podstawowe potrzeby: przetwarzające żywność i produkujące piwo (wówczas napój codzienny o niskiej zawartości alkoholu), dostarczające sukna, tkanin, skór i artykułów przetworzonych – odzienia i obuwia, a także podstawowych narzędzi, naczyń i artykułów niezbędnych w gospodarstwach domowych i wiejskich. Ich jakość była dostosowana do potrzeb i możliwości finansowych nabywców – w przeważającej części nie były to więc artykuły o luksusowej jakości nadające się na eksport tylko niskiej, a nawet bardzo niskiej. Już od wczesnego średniowiecza artykuły luksusowe takie jak biżuteria, broń wysokiej jakości i eleganckie tkaniny były sprowadzane z zagranicy.

W czasach pierwszych Piastów do około XII wieku podgodzia i okolice grodów stanowiły swego rodzaju autonomiczne gospodarczo okręgi. Ich mieszkańcy zajmowali się równoległe rzemiosłem, rolnictwem, hodowlą, połowem ryb i myślistwem zaspokajając prawie całkowicie swoje zwyczajne potrzeby praktycznie bez pośrednictwa handlu dalekodystansowego i międzynarodowego. Od początku XIII wieku gospodarka naturalna zaczęła się stopniowo przekształcać w towarową i towarowo-pieniężną.

Znaczący wkład w te przemiany wnieśli (na terenie swojego państwa i sąsiadujących okolic) Krzyżacy. Do zagospodarowania obszarów (dotychczas) leśnych ściągali oni osadników m.in. z Polski i z Niemiec. Osadnicy z pobliskiego Mazowsza dali początek ludności mazurskiej.

W okresie Rzeczypospolitej szlacheckiej przywileje szlachty utrudniały zresztą rozwój produkcji rzemieślniczej na większą skalę a nawet dławiły jej rozwój. Szlachta i magnateria zwolnione z ceł, opłat drogowych (myta) i innych zaopatrywały się w artykuły importowane (w tym luksusowe – sukna, wina, przyprawy) zagranicą albo w Gdańsku po sprzedaniu zboża, natomiast rodzimi producenci obciążeni tymi kosztami nie mogli skutecznie konkurować z importem i ograniczali nie tylko wielkość, ale i jakość produkcji dostosowując je do potrzeb najbliższych lokalnych rynków. Sytuacja nie sprzyjała również powstawaniu produktów, które mogłyby zastąpić dotychczasowe produkty proste i mało przetworzone w przypadku zmiany sytuacji rynkowej. Pomimo rewolucji rynkowych wywołanych napływem towarów i kruszców z Ameryki oraz zmieniającym się zapotrzebowaniem w wyniku uprzemysłowienia Europy Zachodniej (w tym zmniejszenie popytu na zboże) główne produkty eksportowe wciąż pozostawały te same: zboże, drewno, artykuły leśne i to mimo, że przynosiły coraz niższe zyski, a kraj stawał się coraz bardziej zapóźniony w rozwoju gospodarczym i coraz uboższy. Coraz trudniej było też sprostać konkurencji Rosji dostarczającej tych samych produktów w dużo większych ilościach. Równoległe przebiegał więc proces tracenia znaczenia gospodarczego przez Polskę i wzrostu znaczenia Rosji jako dostawcy, aż do czasu kiedy Polska przestała interesować nabywców (i nie tylko...) z Europy zachodniej, a znaczenie zyskiwały w ich oczach tylko kontakty z Rosją.

Rzeczypospolitej produkcji rzemieślniczej i umiejętności w tych dziedzinach był już zresztą ograniczony również w średniowieczu. Polscy władcy, w tym również książęta dzielnicowi przyznawali przy-

wileje i zwolnienia z podatków nowym osadnikom (w pierwszym rzędzie w praktyce Niemcom) pozostawiając rodzimych mieszkańców w sytuacji nie sprzyjającej rozwojowi gospodarstwu i technicznemu aby nie umniejszać wymaganych od nich tradycyjnie świadczeń finansowych (danin) i świadczeń w naturze (usług na rzecz władcy, jego urzędników i jego dworu; budowy i utrzymania dróg, zamków; stróży czyli zapewnienia bezpieczeństwa itp.). W obu przypadkach była to polityka bardzo krótkowzroczna nie tylko pod względem ekonomicznym, ale również hamująca rozwój krajowej techniki, umiejętności i innowacyjności nie mówiąc już o wspieraniu germanizacji ziem polskich. Przy okazji osiedleńcy uczyli się traktować z wyższością autochtoniczną ludność słowiańską, która nie miała szans na przyswajanie nowych osiągnięć i umiejętności, wnoszenie własnego wkładu i konkurowanie z osadnikami z zagranicy. Nawet walka ludności polskiej o polskie kazania w kościołach Krakowa, Poznania i innych miast w Polsce trwała od czasów Łokietka do (w przybliżeniu) XVI wieku gdyż osadnicy niemieckiego pochodzenia starali się zachować dominującą pozycję. Jakież reminiscencje tej sytuacji wloką się tu i ówdzie przez stulecia do czasów współczesnych...

Szczególną rolę zarówno w miastach jak i na wsiach odgrywały młyny – dostarczające produktu podstawowego do wytwarzania pieczywa i innych artykułów spożywczych pierwszej potrzeby. Ze względu na ich znaczenie dla społeczeństwa stanowiły one często źródło niemałych dochodów dla właścicieli gruntów, na których się znajdowały i władców – wymuszających dodatkowe opłaty i daniny albo reglamentujących prawa do ich założenia. Po młynach nastąpiły wszelkiego rodzaju warsztaty (tartaki itp.) wykorzystujące siłę wody. Z tych czasów pochodzi też użycie słowa młyn z dodatkiem pasującego przymiotnika na te warsztaty innych rodzajów, np. młyn drzewny, młyn szklany. To zjawisko językowe występowało nie tylko w polszczyźnie ale i w innych językach (por. użycie w określeniach zakładów słowa *mill* w języku angielskim lub *meule* po francusku).

Na terenach wiejskich podstawowe znaczenie miały zakłady kowalskie świadczące rozmaite usługi, nie ograniczające się do podkuwania koni. Kowale naprawiali m.in. wszelkiego rodzaju narzędzia i maszyny rolnicze i domowe.

We wczesnym średniowieczu po upadku imperium rzymskiego w Europie, nie tylko w Polsce, dominoowało budownictwo drewniane zwłaszcza w budowie domów mieszkalnych i budynków gospodarczych (stodół, obór, spichrzów itp.). Tylko bardziej znaczące budowle, pałace i zamki w większych ośrodkach władzy, ważniejsze świątynie (katedry, kościoły diecezjalne itp.) wznoszono z kamienia. W miarę wycinania lasów i zużywania zasobów drewna budowlanego na znaczeniu jako budulec zyskiwał kamień. Zasoby kamienia nadającego się do tego celu były jednak również ograniczone, i mniej więcej w wiekach XIII i XIV zaczęto powracać w budownictwie do materiału znanego i szeroko stosowanego już w czasach rzymskich, a mianowicie do cegły. Wyrób cegły był możliwy wszędzie tak gdzie znajdowały się pokłady dostatecznie dobrej gliny i zasoby drewna opałowego. Kazimierz Wielki, który „zostawił Polskę murowaną...” też oparł przebudowę o cegłę. Również krzyżackie zamki były wznoszone z cegły. W okresie przejściowym bądź w okolicach ubogich w drewno budowlane również i później stosowano rozwiązanie hybrydowe w postaci „pruskiego muru” (niem. *fachwerk*, n). Szkielet budowli był wznoszony z belek drewnianych, a przestrzenie między nimi, czyli znaczne części ścian, wypełniano materiałem złożonym z trzciny, wikliny, kawałków drewna lub gałęzi zmieszanych z gliną. Materiał ten miał jednak niską trwałość.

Spadek popytu na polskie zboże zaznaczający się od drugiej połowy XVII wieku spowodował powstanie nie w folwarkach szlacheckich jego niesprzedanych nadwyżek. Jednym ze sposobów ich zagospodarowania była produkcja alkoholu w gorzelniach. W ten sposób ich właściciele rozpijając chłopów pańszczyźnianych wyciągali od nich posiadane środki pieniężne – czyli sprzedawali (przetworzone) zboże w pierwszym rzędzie na własnym lokalnym rynku. W ten sposób na ziemiach polskich zaczął rozwijać się przemysł gorzelniczy, którego produkcja w wiekach XVIII XIX i XX znacznie wzrosła dzięki wykorzystaniu ziemniaków i melasy pochodzącej z cukrowni.

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wiedeń

20 sierpnia 2024

1. Dymarki i wielkie piece

Blisko dwa tysiące lat temu powstał w Górach Świętokrzyskich, między Łysogórami a rzeką Kamienną największy w Europie środkowo-wschodniej – albo nawet największy w Europie poza granicami imperium rzymskiego – okręg hutniczy, w którym pracowało co najmniej 700 tysięcy pieców dymarskich (jednorazowego użytku). Stanowi on świadectwo umiejętności technicznych pradawnych mieszkańców naszych ziem. W pierwszych wiekach naszej ery wyprodukowano tam najprawdopodobniej kilkadziesiąt tysięcy ton żelaza – z czego połowę w IV wieku. Odegrało ono znaczącą rolę w rozwoju gospodarczym ludów zamieszkujących na północ od Karpat i najprawdopodobniej część produkcji mogła trafić do plemion osiadłych na pograniczu rzymskim nad Dunajem i Cisą.

O kontaktach ludności zamieszkującej rejon Gór Świętokrzyskich z prowincjami rzymskimi świadczą odkrywane przez archeologów w pozostałościach cmentarzy i osad kultury przeworskiej (ok. poł. II w. p.n.e – koniec IV w. n.e) zakupione bezpośrednio lub pośrednio rzymskie wyroby ze szkła, ceramiki i innych materiałów i znaleziska rzymskich monet. Nabywcami żelaza byli najprawdopodobniej nie sami Rzymianie, a plemiona pośredniczące w wymianie i zamieszkałe na terenach cesarstwa. Maksimum produkcji i eksportu przypada najprawdopodobniej na okres wojen markomańskich w 2 połowie II w. n.e. W okresie późniejszym dominowała produkcja głównie na rynek wewnętrzny.

Żelazo wytapiano w piecach zwanych dymarkami. W wyniku redukcji tlenkowych rud żelaza za pomocą węgla drzewnego uzyskiwano żelazo w postaci gąbczastej zawierającej żużel.

Dla uzyskania żelaza nadającego się do wyrobu narzędzi, broni itp. uzyskiwano przez usunięcie żużla z łupki przez wielokrotne przekuwanie. Proces dymarkowy był znany w Europie od około 1000 r. p.n.e. a na ziemiach polskich dotarł około I w. n.e. Niektóre źródła podają IV wiek p.n.e., ale najprawdopodobniej różnice wynikają z położenia geograficznego zagłębi hutniczych.



Mapa okręgu hutniczego w Górach Świętokrzyskich. Rys. A. Przychodni na podstawie publikacji K. Bielenina

Okres: 1000-1000

X

Rys. 1.1. Mapa okręgu hutniczego w Górach Świętokrzyskich, źródło: Internet, strona *Dymarek Świętokrzyskich*

W początkowym okresie dymarki były zagłębieniami w ziemi wyłożonymi gliną (ogniskami dymarskimi). Były to tzw. proste piece jamowe. Następnie budowano częściowo zagłębione w ziemi piece jednorazowego użytku, których części naziemne były niszczone po zakończeniu wytopu. Część zagłębiona zawierająca żużel pozostawała w ziemi i dzisiaj stanowi cenne źródło informacji o ówczesnej metalurgii. Piece te można podzielić na dwie kategorie: pieców kopułowych, w których palenisko było nakryte kopułą z otworem i piece szybowe posiadające nadbudowę w kształcie cylindra lub ściętego stożka.



Jedno z piecowisk tzw. uporządkowanych badanych przez Kazimierza Bielenina. Fot. Archiwum ŚSDP

Ohreval 24 + 25

Fot. 1.2. Piecowisko dymarek badane przez Kazimierza Bielenina, źródło: Internet, strona *Dymarek Świętokrzyskich*

Oprócz rejonu świętokrzyskiego pozostałości odkryto także na terenie zachodniego Mazowsza (na Równinie Łowicko-Błońskiej) i na Śląsku w dolinach Baryczy i Odry (w powiatach górskim i wołowskim). Najstarsze piece hutnicze odkryte na Dolnym Śląsku koło Strzelina datowane na około 2 poł. III w. p.n.e., związane z osadnictwem ludności celtyckiej, są piecami wielokrotnego użytku. W piecach wielokrotnego użytku po wystygnięciu wyjmowano z nich łupkę po czym czyszczono i reperowano szyb pieca. Od I w. n.e. dominowała prostsza technologia germańska oparta na piecach jednorazowego użytku.

Najbardziej rozpowszechniony typ pieca noszący w literaturze archeologicznej nazwę pieca kotlinkowego składał się z dwóch części, dolnej zwanej kotlinką i górnej zwanej szybem. Był to piec jednorazowego użytku. Kotlinka była jamą wykopaną w ziemi mającą najczęściej średnicę 40 – 45 cm i głębokość przeważnie nie przekraczającą 50 cm. Kotlinka służyła do magazynowania żużla spływającego ze strefy redukcji. Bezpośrednio nad kotlinką znajdował się szyb zbudowany z glinianych bloczków – cegieł wzmocnionych drobno pociętą słomą. Zakładając, że siłą napędową procesu był naturalny ciąg powietrza, wysokość szybu najprawdopodobniej wynosiła co najmniej 120 cm, ale nie przekraczała 170 cm³. Do szybu był ładowany wsad w postaci rudy i węgla drzewnego w proporcji 1:1,5. Tuż nad ziemią w dolnej części szybu znajdowały się otwory przez które było wdmuchiwanie powietrze. W Górach Świętokrzyskich były to specjalne cegły dmuchowe z lejkowymi otworami. Czasami do kotlinki doprowadzano kanał, który umożliwiał lepszą wentylację.

³ Jest to tzw. efekt kominowy (ciągu kominowego)

W procesie wytopu zachodziła redukcja bezpośrednia. Osiągane w piecach temperatury rzędu 1250 – 1300 °C były za niskie dla uzyskania płynnego żelaza (punkt topnienia żelaza wynosi 1537 °C). Redukcja w procesie dymarkowym polegała na stopniowym odtlenianiu tlenków żelaza zawartych w rudzie aż do uzyskania metalicznego żelaza. Reduktorem był tlenek węgla powstający przy spalaniu węgla drzewnego. Przez gardziel szybu były podawane naprzemian warstwy rudy i węgla drzewnego. W miarę spalania węgla ruda przechodziła kolejno przez strefy coraz wyższych temperatur w wyniku czego ulegała kolejnym etapom redukcji – odbierania tlenu zawartego w tlenkach żelaza. Na poziomie otworów dmuchowych ruda odtleniona przechodziła do postaci metalicznej.

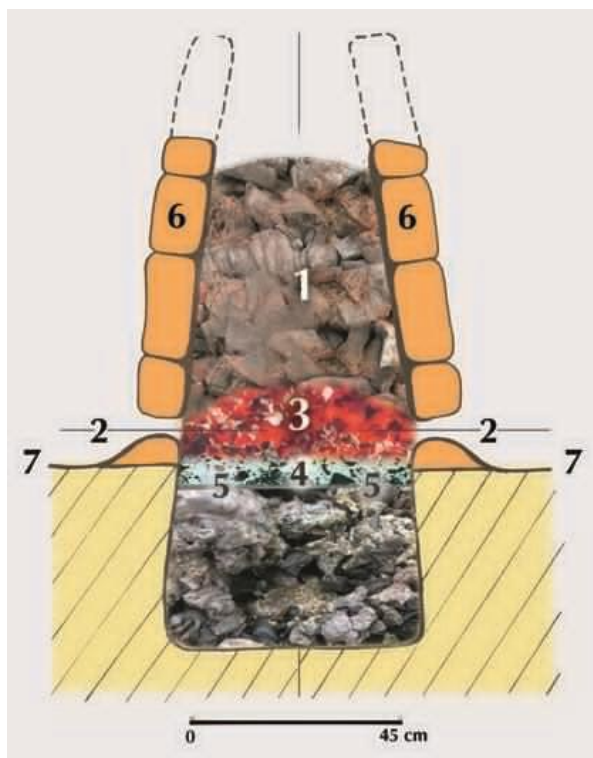


Rekonstrukcja procesu uzyskiwania żelaza w piecu kotlinkowym wg Hauke Jonsa

Rys. 1.3. Proces dymarski – pozyskiwanie żelaza w piecu kotlinkowym, źródło: Internet, strona Dymarek Świętokrzyskich

Produktem końcowym była gąbczasta łupka żelazna tworząca się z mikroskopijnej wielkości krupinek zredukowanego żelaza. Zawieszała się ona na ściankach szybu powyżej otworów dmuchowych. Ponieważ metal nie został upłynniony nie mógł on spływać do kotlinki. W trakcie procesu stopieniu ulegała tylko skała płonna, która razem z niecałkowicie zredukowanymi tlenkami żelaza tworzyła płynny żużel. Jak wynika ze współczesnych obliczeń dla uzyskania półproduktu w postaci zanieczyszczonej żużlem i węglem drzewnym łupki o wadze dwudziestukilku kilogramów konieczne było przetopienie około 200 kg rudy i spalanie 250 – 300 kg węgla drzewnego. Odpad w postaci kłosa żużlowego ważył około

100 kg. Po oczyszczeniu i obtopieniu łupki żelazo mogło być przerabiane przez kowali na przedmioty użytkowe.



Rys. 1.4. Przekrój i konstrukcja dymarki. Oznaczenia cyfrowe: 1 – wsad: węgiel drzewny i ruda, 2 – otwory dmuchowe, 3 – strefa redukcji, 4 – gąbczasta łupka żelaza dymarskiego, 5 – powierzchnia swobodnego krzepnięcia w górnej części kłoca żużla wypełniającego kotlinkę wykopaną w lessie, 6 – szyb pieca zbudowany z płaskich bloczków – cegieł, 7 – powierzchnia ziemi. Źródło: Internet, strona Dymarek Świętokrzyskich

Fot. 1.5. Współczesna rekonstrukcja dymarki, źródło: Internet, Wikipedia

Są to dane przybliżone ponieważ trudno obecnie odtworzyć ówczesny proces z całą dokładnością. Niemożliwe jest przykładowo odtworzenie gatunku i składu rudy na podstawie znajdujących współcześnie kłoców żużla ani dokładnych właściwości łupki żelaznej. Niemożliwe jest również porównanie żelaza przeworskiego z pochodzącym z innych rzymskich ośrodków hutniczych. W wykopaliskach znajdowane są przecież gotowe wyroby końcowe, które przeszły przez wiele faz obróbki.

Produktem końcowym była gąbczasta łupka żelazna tworząca się z mikroskopijnej wielkości krupinek zredukowanego żelaza. Zawieszała się ona na ściankach szybu powyżej otworów dmuchowych. Ponieważ metal nie został upłynniony nie mógł on spływać do kotlinki. W trakcie procesu stopienia ulegała tylko skała płonna, która razem z niecałkowicie zredukowanymi tlenkami żelaza tworzyła płynny żużel. Jak wynika ze współczesnych obliczeń dla uzyskania półproduktu w postaci zanieczyszczonego żużlem i węglem drzewnym łupki o wadze dwudziestukilku kilogramów konieczne było przetopienie około 200 kg rudy i spalanie 250 – 300 kg węgla drzewnego. Odpad w postaci kłoca żużlowego ważył około 100 kg. Po oczyszczeniu i obtopieniu łupki żelazo mogło być przerabiane przez kowali na przedmioty użytkowe.

Na przełomie XII i XIII wieku dymarka przekształciła się w stały piec hutniczy z otworem spustowym dla żużlu i sztucznym ciągiem powietrza.

W okresie średniowiecza naturalny nadmuch powietrza został zastąpiony przez poruszane ręcznie miechy. Kolejnym etapem było zastosowanie miechów i młotów napędzanych energią wody. Zakłady hutnicze, w Polsce zwane kuźnicami, zaczęto lokować nad rzekami i strumieniami. Pierwsze zakłady tego typu pojawiły się w Europie Zachodniej w XII wieku.

Kuźnice były niewielkimi zakładami dysponującymi zazwyczaj jednym lub dwoma piecami. Ich produkcja roczna w XVI w. wynosiła najczęściej od kilkunastu do 30 ton. Ich napęd stanowiły przeważnie dwa lub trzy koła wodne poruszające miechy i młot. Polskie żelazo miało wówczas niską jakość, a jego produkcja nie wystarczała na pokrycie potrzeb krajowych. Jego głównymi odbiorcami było rolnictwo i produkcja zbrojeniowa. Konieczny był więc import żelaza wyższej jakości i stali. Ze Szwecji sprowadzany był też tzw. *osmund* czyli miękkie żelazo odznaczające się znakomitą kowalnością. Kupcy gdańscy wspólnie ze szwedzkimi od przełomu XV/XVI stulecia sporo inwestowali w szwedzkie kopalnie. W XVI wieku głównymi bogactwami kopalnymi Szwecji były miedź i żelazo (najważniejszym źródłem finansowania państwa szwedzkiego były jednak wojny najeźdźcze prowadzone w wiekach XVI – XVIII i związane z nimi rabunki i kontrybucje)⁴. Od XVI wieku działała kuźnica wodna w Oliwie.

W porównaniu z XV wiekiem liczba kuźnic wzrosła trzykrotnie dochodząc do 350, z tego w województwie sandomierskim znajdowało się około 140, w Wielkopolsce wraz z Kujawami ponad 60, w województwie krakowskim – powyżej 50, a na Mazowszu – 40. To rozproszenie kuźnic było spowodowane koniecznością posiadania odpowiednio rozległego zaplecza leśnego. Ocenia się, że zakład przeciętnej wielkości potrzebował około 300 h lasu – tak aby jego naturalny przyrost mógł pokryć zapotrzebowanie na opał.



Fot. 1.6. Wielki piec z XVIII wieku w Kuźniakach, źródło: Internet

W drugiej połowie XV wieku stal sprowadzana z Węgier i Styrii była przerabiana przez krakowskich rzemieślników na noże i inne narzędzia, które były następnie eksportowane do Moskwy (złóża na Uralu nie były jeszcze wówczas eksploatowane). Wyroby żelazne ze Styrii były sprowadzane do Krakowa jeszcze w XVIII wieku – do rozbiorów.

⁴ Polska ucierpiała szczególnie w czasie potopu szwedzkiego w połowie XVII w. i zastępnego na początku XVIII w., większe zniszczenia spowodowała tylko okupacja hitlerowska



Fot. 1.7. Wnętrze wielkiego pieca w Kuźniakach, źródło: Internet

Dużym skupiskiem hut oraz powstałych obok nich manufaktur metalowych w Rzeczypospolitej Obojga Narodów było Zagłębie Staropolskie, działające zasadniczo nieprzerwanie od pierwszych wieków n.e. i przeżywające okres rozkwitu w XVI i pierwszej połowie XVII w (ale aż do XIX wieku pozostające największym ośrodkiem hutnictwa żelaza).

Zadecydowała o tym obfitość rud żelaza w tym rejonie. W XVI wieku funkcjonowało w nim już ponad 60 kuźnic.

W XVII wieku powstały pierwsze wielkie piece w Bobrzy i w Samsonowie. Na przełomie XVI i XVII wieku dzierżawcy z rodziny włoskich przemysłowców Cacciów z Bergamo, sprowadzeni przez Zygmunta III Wazę, przekształcili istniejącą dotychczas kuźnicę w nowoczesną hutę⁵. Hieronim Caccio zaprojektował nowy wielki piec (najprawdopodobniej był to rodzaj dymarki wysokiej, stosowanej wówczas w hutnictwie niemieckim, rosyjskim i włoskim). Zakład, obejmujący początkowo pierwszy wielki piec i trzy *fryszarki*, czyli piece do świeżenia surówki, odlewnię oraz szlifiernie był nastawiony głównie na produkcję broni, której głównym odbiorcą była armia koronna⁶. Produkowano też wyroby na użytek cywilny jak naczynia, blachy, gwoździe, drut itp. oraz stal w laskach i żelazo w sztabach i szynach. Kombinat korzystał z własnych kopalń rudy żelaza i okolicznych lasów. Pracowali w nim specjaliści sprowadzeni przez Cacciów z zagranicy oraz miejscowi fachowcy. Cacciowie uzyskiwali liczne przywileje i monopole, m.in. prawo poszukiwania rud miedzi i ołowiu w rejonie Chęcín. Po śmierci Cacciów zakład objął Jan Gibboni, który uruchomił drugi wielki piec w Samsonowie, a następnie w Suchedniowie. Kolejne wielkie piece powstały w Pankach w rejonie Krzepic pod Częstochową. W XVIII wieku wybudowano też wielki piec w Kuźniakach w pow. Kieleckim – zachowany do czasów obecnych. W czasach Księstwa Warszawskiego istniała przy nim kuźnica wodna. W 1844 r. w Kuźniakach pracowały też trzy *fryszarki*. Kuźnice wodne istniały m.in. w Starej Kuźnicy i Sielpii Wielkiej. Od 1735 roku huta w Samsonowie używała koksu zamiast węgla drzewnego. Ówczesny proces wielkopieczowy pozwalał na wyprodukowanie w jednym piecu (mimo opalania węglem drzewnym) 200 – 300 ton surówki rocznie. Z 35 wielkich pieców hutniczych działających w Polsce w XVIII wieku w Zagłębiu Staropolskim znajdowało się 27 ośrodków produkcyjnych (wielkich pieców), które wytwarzały około 80% krajowej produkcji żelaza. Pozostałe znajdowały się w większości w dobrach magnackich. Niektóre z nich nie dysponowały wystarczającym zapleczem leśnym i musiały po krótkim czasie pracy

⁵ Jan Hieronim Caccia – rusznikarz z Bergamo, w XVII w. sprowadzony do Polski przez biskupa krakowskiego Piotra Tylickiego. W Samsonowie założył produkcję broni, zajmował się również wytopem żelaza. W 1612 r. dostarczył zbroje, broń palną i białą na wyprawę Zygmunta III.

⁶ Z niem. *frisch* – świeży; nazwa pochodząca od procesu świeżenia surówki

ulec likwidacji. Największym kombinatem pozostawał w dalszym ciągu kombinat nad Bobrzą znajdujący się pomiędzy Samsonowem a Suchedniowem. W 1789 roku został on upaństwowiony w związku z uchwalonym na Sejmie Wielkim planem rozbudowy armii. Pracowały w nim wówczas cztery wielkie piece, 19 fryszerek, 2 blachownie, kotłarnia dwie szlifiernie amunicji, płuczki, 41 warsztatów kowalskich i 17 kopalń rudy. Do napędu służyło 55 kół wodnych o łącznej mocy 300 koni mechanicznych. Załogę stanowiło blisko 350 fachowców oraz rzesza chłopów pańszczyźnianych. Cały teren zakładu ciągnął się wzdłuż rzeki na długości 35 km.



Fot. 1.8. Ruiny huty w Samsonowie – wielki piec z wieżą i ruiną odlewni, źródło: Internet

Na potrzeby zbrojeniowe pracowały założona przez Stanisława Augusta ludwisarnia w Warszawie (posiadała ona trzy piece), rusznikarnia w Końskich założona przez Jana Małachowskiego i królewska manufaktura broni w Końskich. Manufaktura w położonym niedaleko Końskich Maleńcu została założona w 1768 r. przez kasztelana Jacka Jezierskiego. Zakład był napędzany energią wodną i oprócz broni białej produkował noże, kosy, topory, siekiery, piły, widły i naczynia metalowe. Oprócz istniejącego już wielkiego pieca w Miedzierzycy Jezerskiej wybudował drugi w sąsiednim Kawęczynie. Zakład obejmował również *fryszernię*. Poważnym utrudnieniem była konkurencja tych produktów sprowadzanych z zagranicy. Działalność przemysłowa w Maleńcu została przerwana w 1794 r. w wyniku Insurekcji Kościuszkowskiej. W 1800 r. zakład nabył książę hesko-darmstadtzki Karol, który uruchomił wprawdzie zakład ponownie ale go nie modernizował. Modernizację przeprowadził dopiero w 1824 r. nowy właściciel, były oficer napoleoński Tadeusz Bocheński. Uzupełnił on też zakład o walcownię i *puddlingarnię*, dokonującą oczyszczenia surówki w nowocześniejszy wówczas sposób przez ogrzewanie w piecu *puddlarskim*.

Obok wielkich pieców od XVII wieku w Zagłębiu Staropolskim, na Śląsku i w Zagłębiu Dąbrowskim działały tam również *fryszernie* (*fryszarki*) czyli zakłady (lub piece) przetwarzające surówkę wielkopiecową na stal. Było to zwykle zabudowanie, w którym znajdowało się jedno lub kilka ognisk *fryszarskich*, miechy, oraz młoty napędzane kołami wodnymi. Oprócz Zagłębia Staropolskiego najważniejszymi ośrodkami w Polsce były Gdańsk i Olkusz. W Europie Zachodniej *fryszarki* były znane od XIV wieku.

Proces *fryszerski* czyli odświeżanie surówki polegał na oczyszczaniu z domieszek przez utlenianie w bardzo wysokiej temperaturze około 1300° zawartego w niej węgla, krzemu oraz manganu. Była to dość prymitywna metoda otrzymywania stali. Pierwsze *fryszarki* z wyglądu przypominały dymarki. W późniejszym okresie miały kształt skrzyni wyłożonej płytami z lanego żelaza. Po bokach znadowały się dysze doprowadzające świeże powietrze. Jako paliwo służył węgiel drzewny. Proces trwał około dwóch godzin, a wydajność jednej *fryszarki* wynosiła zwykle około 500 kg żelaza zgrzewnego na dobę. Na dzisiejszym terenie Polski *fryszowanie* było po 1828 roku stopniowo wypierane przez nowszy proces – *puddlingowanie*, w którym surówka była dodatkowo mieszana.



Rys. 1.9. Dymarka wysoka (szybowa) z połowy XVI wieku stosowana w hutnictwie niemieckim, rosyjskim i włoskim. Umożliwiała produkcję żelaza albo surówki. Dymarka Hieronima Cacci służyła do produkcji surówki

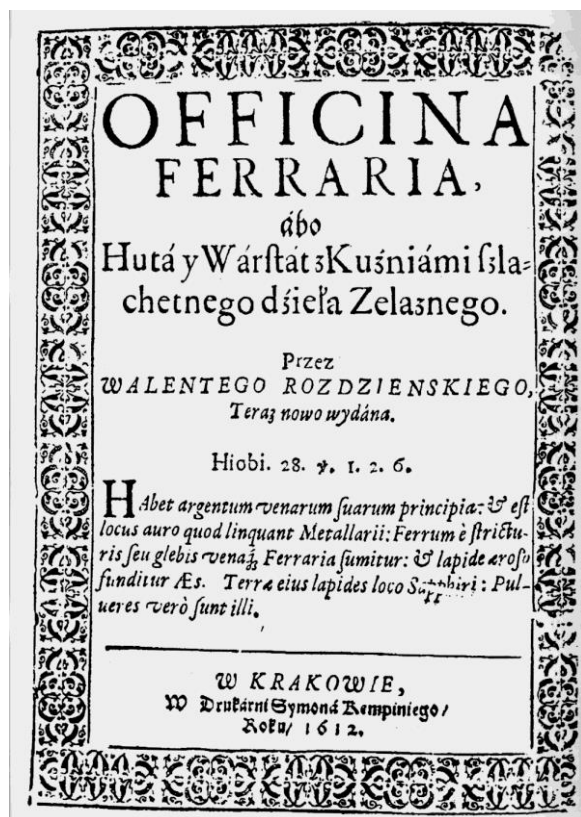
Jedną z handlowych postaci żelaza występujących od średniowiecza do XVII wieku były bryłki o masie rzędu 300 gramów zwane *osmundem*. Były one otrzymywane w procesie *fryszarki*. Duże ilości *osmundu* pochodzącego ze Szwecji były od połowy XIII wieku przerabiane w gdańskich kuźnicach, zwanych również *hamerniami* (od niemieckiego słowa *Hammer* – młot, młotek). W Zagłębiu Staropolskim obejmującym tereny Gór Świętokrzyskich, dolinę rzeki Kamiennej, Płaskowyż Suchedniowski i Przedgórze Iłżeckie rozwijało się oprócz przetwórstwa żelaza górnictwo i hutnictwo miedzi, ołowiu i srebra, ale tematem tym zajmiemy się oddzielnie. Był to najstarszy i najważniejszy okręg przemysłowy w Polsce przedrozbiorowej. W XVI i XVII wieku w granicach Zagłębia Staropolskiego istniał również ośrodek hutnictwa szkła. Z 93 hut szkła kilkanaście było zlokalizowanych w rejonie Wzgórz Koneckich i pod Radoszycami.

Największy rozkwit Zagłębia Staropolskiego nastąpił w pierwszej połowie XIX wieku i był związany z działalnością Stanisława Staszica i Ksawerego

Druckiego-Lubeckiego⁷. Późniejszy rozwój został zahamowany w wyniku powstań narodowych i konkurencji Zagłębia Dąbrowskiego. Zasadniczo Zagłębie Staropolskie nie miało przed sobą perspek-

⁷ Franciszek Ksawery Drucki-Lubecki herbu Druck (ur. 16 grudnia 1779 w Pohoście na Polesiu, zm. 28 maja 1846 w Sankt Petersburgu) – polski książę, polityk, minister skarbu Królestwa Polskiego w latach 1821–1830, minister prezydujący w Komisji Rządowej Spraw Wewnętrznych i Policji Królestwa Polskiego w grudniu 1830 roku, członek Komisji Najwyższej Egzaminacyjnej przy Radzie Stanu Królestwa Kongresowego w 1830 roku, członek Rządu Tymczasowego Królestwa Polskiego w 1815 roku, założyciel Towarzystwa Kredytowego Ziemskiego (1825) i Banku Polskiego (1828), marszałek guberni grodzieńskiej w latach 1815–1817 i 1828–1834, marszałek powiatu grodzieńskiego w latach 1809–1815, rzeczywisty radca stanu. Będąc w latach 1821–1830 ministrem skarbu Królestwa Polskiego, wprowadził politykę oszczędnościową, egzekwował bezwzględnie zaległości podatkowe, nałożył podatek pośredni na niektóre artykuły pierwszej potrzeby, rozbudował monopol państwowy na sól i wyroby tytoniowe, a także wspierał program poszukiwań soli. W ten sposób zlikwidował deficyt budżetowy oraz zapewnił budżetowi nadwyżkę, która mogła być przeznaczana

tyw rozwoju, gdyż jako paliwo stosowane było w nim drewno, a nie węgiel jak w hutach śląskich czy w Anglii. Zagłębie Dąbrowskie rozwinęło się w okresie późniejszym, a śląskie kopalnie węgla były wówczas odcięte granicą od Królestwa Kongresowego.



Rys. 1.10. Okładka „Officiny ferrarii”, źródło: Internet
Rys. 1.11. Przepuszczalny portret Walentego Roździeńskiego

Z wczesnego okresu tworzenia się przemysłu hutniczego zachowało się wydane w Krakowie dzieło *Officina ferraria*, napisane po polsku w 1612 roku przez zarządcę kopalni i hut na Śląsku Walentego Roździeńskiego⁸. Autor w sposób poetycki opisał stan XVII-wiecznego górnictwa i hutnictwa na Śląsku, historię obróbki żelaza, a także obyczaje hutników, kowali i górników znane mu z własnego doświadczenia. Dzieło to jest pierwszym polskim i jednym z pierwszych europejskich podręczników metalurgicznych i zawiera też informacje z wielu dziedzin ówczesnej nauki. Wskazuje ono także na kulturową jedność XVII-wiecznego Śląska z ziemią Królestwa Polskiego. Dzieło Roździeńskiego zostało po jego śmierci całkowicie zapomniane i zostało ponownie odkryte w Gnieźnie w 1929 roku – ponad 300 lat po powstaniu.

Dynamicznie rozwijający się przemysł hutniczy potrzebował coraz większych ilości węgla drzewnego. Szybko zmniejszające się zasoby drewna i wzrost jego cen spowodowały podjęcie prób zastąpienia węgla drzewnego przez węgiel kamienny mniej więcej na początku XVIII wieku. W 1709 roku po raz pierwszy wytworzono w Anglii koks. Od 1735 roku koks znalazł zastosowanie w wielkich piecach w Zagłębiu Staropolskim. Koks uzyskuje się przez wygrzewanie węgla kamiennego w temperaturach 600 – 1200 °C przy ograniczonym dostępie tlenu. Jest to więc podobnie jak w przypadku uzyskiwania węgla drzewnego proces pirolizy.

na inwestycje. Zapewnił także Polsce zewnętrzne rynki zbytu i zabezpieczył ją przed obcą konkurencją. Wydał decyzję o budowie rządowej warzelnicy soli w Ciechocinku.

⁸ Walenty Roździeński, ur. ok. 1560 w Roździeńcu, dziś dzielnicy Katowic Szopienice-Burowiec, zm. tamże po 1620 r. Hutnik, właściciel kuźni, zarządca hut, poeta. Pierwotne jego nazwisko Brusiek lub Brusiek, nazwisko Roździeński pochodzi od jednej z odziedziczonych kuźni..

Najstarszą funkcjonującą hutę żelaza na obecnym terytorium Polski jest Huta Małapanew (niem. *Malapane*) w Ozimku w woj. opolskim, założona w 1754 r. przez króla pruskiego Fryderyka II po zakończeniu II wojny śląskiej. Od 1781 r. do wytopu używano w niej węgla kamiennego, a od 1789 r. – koksu. W hucie zbudowano pierwszą maszynę parową dla kopalni w Tarnowskich Górach, a następnie produkowano je przez cały XIX wiek.

1.1. Surówka, żeliwo, stal

Surówka hutnicza jest półproduktem redukcji rudy żelaza w piecu. Charakteryzuje się bardzo wysoką zawartością węgla – powyżej 2%, zwykle 3,5–4% – i licznych zanieczyszczeń. Powoduje to jej kruchość i nieprzydatność do większości zastosowań. Jest ona stopem żelaza z węglem, krzemem, manganem, fosforem i siarką. Jej nazwa pochodzi stąd, że jest ona półproduktem przewidzianym do dalszej przeróbki, czyli surowcem. W stanie ciekłym jest przerabiana na stal lub żeliwo. W stanie stałym jest ona dostarczana w postaci gąsek (bloków metalu) lub granulek. Obecne normy dopuszczają zawartości manganu do 30%, krzemu do 8%, fosforu do 3%, chromu do 10% i wszystkich innych składników do 10%. Ze względu na strukturę rozróżnia się surówki białe zawierające węgiel wyłącznie w stanie związanym (cementytu), szare zawierające węgiel w stanie wolnym (grafitu) i pstre (mieszane) zawierające węgiel zarówno w stanie związanym jak i wolnym.

Stal jest stopem żelaza z węglem i innymi pierwiastkami, stop jest obrabialny cieplnie i plastycznie. Według obecnych polskich norm zawartość węgla nie może przekraczać 2,11% (według norm europejskich 1,75%). W przypadku stali stopowych zawartość węgla może być wyższa. Stale stopowe zawierają inne dodatki stopowe o zawartości kilku do kilkunastu procent. Większa zawartość węgla powoduje zwiększenie twardości stali. Stal obok żelaza i węgla zawiera przede wszystkim metale takie jak chrom, nikiel, mangan, wolfram, miedź, molibden i tytan. Tlen, azot, siarka i wtrącenia niemetaliczne, głównie tlenki siarki i fosforu są niepożądanymi zanieczyszczeniami.

Stal otrzymuje się z surówki w procesie świeżenia. Początkowo odbywało się to w piecach *fryszerskich*, w których następowało utlenienie domieszek, głównie węgla, krzemu i manganu. Pierwsze *fryszarki* z wyglądu przypominały dymarki, a jako paliwo używany był węgiel drzewny. W XIX wieku na terenach Polski proces ten był stopniowo zastępowany przez *pudlingowanie*. Utlenianie domieszek zawartych w surówce odbywało się w piecach płomiennych opalanych odgazowanym węglem kamiennym (*piecach pudlarskich; pudlarkach*). Równomierne odwęglanie surówki wspomagało mieszanie jej żelaznymi drągami. Proces *pudlarski* był wydajniejszy od *fryszerskiego*. Wadą stali uzyskiwanej metodą pudlarską było dość duże zróżnicowanie struktury oraz składu chemicznego poszczególnych "bochnów". W II połowie XIX wieku *pudlingowanie* zostało zastąpione przez proces konwertorowy.

Pierwotnym produktem hutniczym jest staliwo w postaci kęsów (kęsisk), które są przerabiane na stal za pomocą obróbki plastycznej. Masa właściwa (gęstość) stali wynosi 7,86 g.cm³.

Żeliwo jest stopem żelaza zawierającym 2,11–6,67% węgla w postaci cementytu lub grafitu. Zazwyczaj zawiera ono także krzem, mangan, fosfor, siarkę i inne składniki. Siarka jest domieszką szkodliwą powodującą pogorszenie właściwości odlewniczych. Żeliwo otrzymuje się obecnie przez przetapianie surówki z dodatkami złomu stalowego lub żeliwnego w piecach zwanych żeliwiakami. Otrzymany produkt wykorzystuje się do wykonywania odlewów w formach. Najczęściej odlewy wymagają szlifowania w celu usunięcia ostrych krawędzi. Rozróżniane są żeliwo szare (zawierające grafit), białe (zawierające cementyt), połowiczne (zawierające węgiel w obu postaciach) i stopowe posiadające inne dodatki stopowe takie jak krzem, nikiel, chrom, aluminium i molibden.

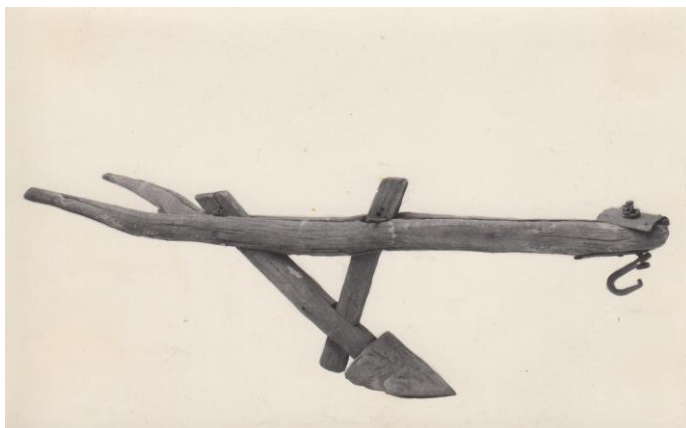
Przy bardzo niskiej zawartości węgla poniżej 0,0218% uzyskuje się niemal czyste żelazo α zwane ferrytem.

Epoka żelaza to trzecia i najmłodsza z trzech epok, poprzedzona epokami kamienia i brązu. Ramy czasowe epoki żelaza są różne i uzależnione od stref geograficznych, zróżnicowania kulturowego i rozwoju społeczno-gospodarczego. W znaczeniu historycznym trwa do dziś (w sensie archeologicznym skończyła się w XIII w.). Żelazo było już wprawdzie znane w epoce brązu, ale było o wiele trudniejsze w wytopie i przeróbce. W przypadku wytopu żelaza w piecu niskotemperaturowym, stosowanym

w początkowym okresie, ze względu na zbyt niską temperaturę ruda nie rozpuszczała się ale zyskiwała gąbczastą konsystencję i nie rozdzielała się na frakcję metaliczną i na żużel. Wielokrotne kucie takich gąbczastych brył i ich wyżarzanie powoduje usunięcie żużla i otrzymanie łupków kutego żelaza. Był to proces czaso-, i pracochłonny, wymagający wiele energii. Otrzymane żelazo można było wykorzystać do tworzenia niewielkich przedmiotów. Wytworzenie większych wymagało wiedzy, doświadczenia i wysiłku. W okresie przejściowym między epoką brązu i żelaza, żelazo kute było zawsze gorszej jakości aniżeli brąz. Dopiero zakłócenie dostaw cyny, niezbędnej do wytworzenia brązu, zapewniło przewagę żelaza.

Wytop miedzi był natomiast procesem prostszym i dzięki temu łatwiejszym do opanowania już w starożytności. W jego trakcie stopiony metal gromadził się na dole pieca, a żużel na górze co ułatwiało ich rozdzielanie i odlanie metalu do form. Do podstawowych stopów znanych już w starożytności należał brąz (stop miedzi z cyną) i mosiądz (stop miedzi z cynkiem, w dawnych czasach z rudą zawierającą cynk). Stopy miedzi z innymi metalami noszą nazwę brązów. Zawierają one wagowo 80 – 90% miedzi. Brązy posiadają dobre właściwości wytrzymałościowe i są łatwo obrabialne. Posiadają też dobre właściwości przeciwcierne i są odporne na wysoką temperaturę oraz korozję. Ich temperatura topnienia leży pomiędzy 940 – 1084 °C. Brązy cynowe mogą zawierać niewielki ilości cynku, ołowiu oraz fosforu. Stopem zaliczanym do brązów jest także spiż. Zawiera więcej cyny (11%), ołowiu (2–6%) i cynku (2–7%). Nazwa brąz bez żadnych przymiotników oznacza brąz cynowy.

Epoka brązu, następczyni epoki kamiennej) ma zróżnicowane ramy czasowe, zależne od terenu występowania. Najwcześniej, na południowym Kaukazie i w obszarze Morza Egejskiego, w III tysiącleciu p.n.e., wykształciły się ośrodki, w których opanowano umiejętność obróbki metali. W Egipcie i na Bliskim Wschodzie (Dżemdet Nasr), za początek epoki brązu przyjmuje się umownie rok 3400 p.n.e., w Europie Południowej 2800 p.n.e., na terenach dzisiejszych wschodnich Niemiec i zachodniej Polski 2200 p.n.e. Koniec epoki brązu przypada na lata 1000–700 p.n.e.

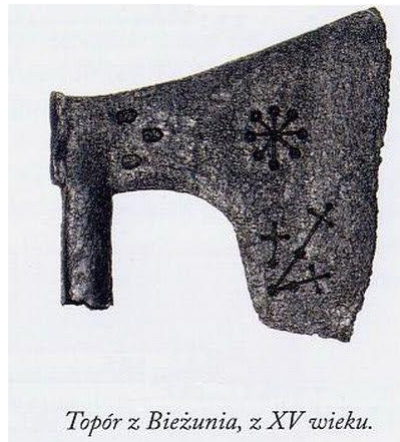


Fot. 1.1.1. Klucz żelazny z końca XII wieku, Pomorze, źródło: muzeum.szczecin.pl

Fot. 1.1.2. Radło używane na ziemiach polskich od VIII/IX do XII wieku. Początkowo było wykonane z drewna, a później z żelaza. Mogło być ciągnięte przez zwierzęta lub przez człowieka. Służyło do spulchniania gleby bez jej odwracania, [wikipedia](https://pl.wikipedia.org/wiki/Rad%C5%82o)

Czas i miejsce wynalezienia brązu nie są znane, być może nastąpiło to w kilku różnych miejscach na świecie. Najstarsze wyroby brązowe były wykonywane z brązów arsenowych na Bliskim Wschodzie. Przykładami przedmiotów z brązu są: siekiery, dłuta, młoty, motyki, sierpy, noże, ozdoby, broń (miecze, topory, ostrza do włóczni, groty, części pancerzy). Brąz pojawił się w Egipcie i Mezopotamii około

3500 p.n.e. Niekiedy zamiast cyny do produkcji stopu stosowano ołów lub antymon (Węgry). Brąz jako znacznie twardszy od miedzi zastąpił ją po okresie eneolitu, czyli epoki miedzi. Potrzebne do produkcji miedź i cyna były pozyskiwane w starożytności w kopalniach odkrywkowych.



Fot. 1.1.3. Topór żelazny z XV w

2. Produkcja dziegciu i węgla drzewnego

Suchą destylację drewna należy uznać za pierwszą technikę chemiczną stworzoną przez człowieka. Najstarsze próbki dziegciu znaleziono w środkowym paleolicie w okresie dominacji neandertalczyka. Znaleźiska pochodzą z obozowiska datowanego na 80 tysięcy lat. Znaleźiska pochodzą z obozowiska datowanego na 80 tys. lat. Od tamtej pory był on powszechnie używany przez człowieka. Znaleziony w 2016 roku koło Hagi kamienny grot liczący 50 tys. lat został przez neandertalczyka przymocowany do drzewca za pomocą smoły z kory brzozonej.

Według *Słownika języka polskiego* dziegieć to: „ciemnobrązowa, gęsta ciecz o nieprzyjemnym smaku i zapachu, otrzymywana z drewna”, używana dawniej m.in. do leczenia chorób skóry u ludzi i zwierząt. Mężczyzn zajmujących się wytwarzaniem dziegciu nazywano dziegciarzami, smolarzami lub budnikami. Ostatnie określenie wzięło się od bud, w których zamieszkiwali w lasach, gdzie produkowali dziegieć. W użyciu były też nazwy dziegciarnia i maziarnia. Oprócz dziegciu pozyskiwali oni też smołę, węgiel drzewny, popiół drzewny, potaż, kalafonię, terpentynę i garbniki. Po wyeksploatowaniu okolicy (wycięciu drzew) przenosili się z miejsca na miejsce w poszukiwaniu surowca.

Historia dziegciu sięga czasów najdawniejszych, co potwierdzają również badania archeologiczne. Na ziemiach polskich produkcja tego oleistego specyfiku znana jest od kilku tysięcy lat już od czasów mezolitu. Oprócz dziegciu roślinnego od XIX wieku w Polsce był i jest stosowany tańszy od niego dziegieć mineralny otrzymywany z węgla kamiennego albo brunatnego.

Dziegieć (inaczej maź) jest substancją płynną o barwie od brunatnoczarnej do żółtobrunatnej powstającym w wyniku suchej (bez dostępu powietrza) destylacji odbywającej się w temperaturze 400 – 1000 °C, której poddawane jest drewno niektórych drzew wraz z ich korą lub sama kora zdzierana z drzew.

Proces ten nosi również nazwę pirolizy drewna⁹. Dziegieć roślinny wytwarzano z różnych gatunków drzew, najczęściej z brzozy, buku, jałowca, modrzewia, świerku, wierzby i sosny, a także z torfu. Dziegieć sosnowy był dawniej nazywany smołą drzewną. Barwa dziegciu zależy od zastosowanego surowca. Dziegieć brzozowy ma barwę brunatnoczarną, sosnowy – żółtobrunatną, a węglowy (zwany również smołą węglową) – czarną. Wytwarzany był również dziegieć mieszany. Jego zagęszczona odmiana nosiła nazwę dziegcia okrętowego.

Dziegieć znajduje do czasów współczesnych zastosowanie w medycynie (obecnie zasadniczo w postaci maści do leczenia chorób skórnych), dawniej również do miejscowego znieczulenia. Wykorzystywano jego właściwości przeciwzapalne, hamujące rogowacenie naskórka, wykrztuśne, mocz- i żółciopędne. Był on nakładany na skórę w postaci naturalnej albo rozcieńczony oliwą, wlewano go do kąpeli, sporządzano maści, pasty i nalewki spirytusowe do użytku zewnętrznego. Rozsmarowany na skórze chronił przed ukąszeniami owadów, ale posmarowani nim ludzie wyglądali i pachnieli mało atrakcyjnie. Doustnie stosowany był do odkażania układu pokarmowego lub moczowego, ale głównie wykorzystywano jego działanie wykrztuśne. Według dawnych wierzeń, a raczej zabobonów, miał on też odstraszać upiory, strzygi czy południce. Był też stosowany jako klej w pułapkach na ptaki.

Do zastosowań technicznych należało użycie w wyprawianiu skór zwierzęcych, jako smar do osi i drewnianych przekładni zębatych, klej, środek konserwujący i jako środek impregnujący do ubrań, lin i statków. Zmieszany ze smołą służył do uszczelniania beczek i innych drewnianych pojemników.

Dziegieć był także stosowany w leśnictwie i ogrodnictwie dla ochrony przed szkodnikami i do zwalczania skórnych pasożytów u zwierząt gospodarskich oraz do leczenia chorób racic i końskich kopyt. Pod koniec XIX wieku był on powszechnie stosowany do dezynfekcji dołów kloacalnych, ścieków, ulic, wagonów, statków itp. Czasami jako środek odkażający był on mieszany z ługiem i szarym mydłem.

Jego skład chemiczny – a przez to jego właściwości lecznicze i odkażające – zależy nie tylko od rodzaju drzewa, ale też od sposobu otrzymywania, a nawet jak podają dawniejsze źródła również od formy i wielkości aparatury. Jego jakość zależy w pewnym stopniu również od wieku drzew i rejonu ich pochodzenia.

⁹ Piroliza drewna jest procesem termicznym zwanym również suchą destylacją drewna, rozkładem termicznym drewna albo wylewaniem drewna. W wyniku rozkładu drewna w wysokich temperaturach bez dostępu powietrza otrzymuje się w przybliżeniu: 32 – 38% węgla drzewnego, 14–15% gazu drzewnego, około 40% octu drzewnego (w tym 10% kwasu octowego i 2–4% metanolu) oraz 10% prasmoły

Skład chemiczny dziegiu został zbadany dopiero pod koniec XIX wieku. Występują w nim m.in. takie substancje jak fenol, krezol, dwumetylowe etery pyrogallolu, guajakol (w dziegiu sosnowym), krezot (w dziegiu bukowym) kwasy i woda.

Dziegieć drzewny wytwarzano („pędzono”) w mielerzach, jamach i dołach ziemnych, a w późniejszym okresie w retortach żelaznych i glinianych, kotłach itp. a nawet w garnkach.

Mielerze (dawniej *limierz*, albo *milerz*, dawn. niem. *miler*, fr. *meule*) były głębokimi dołami o ściankach oblepionych gliną (najodpowiedniejszym gruntem pod mielerz był grunt gliniasty z domieszką żwiru i piasku)¹⁰. Często nowe mielerze zakładano na wcześniejszym miejscu. Wypełniano je stosami drewna, uszczelniano darnią, mchem i gliną. Następnie zasypywano je ziemią i podpalano wewnątrz. Zawartość kopca tliła się przez kilkanaście godzin bez dostępu powietrza, a wydzielający się płyn spływał do glinianego naczynia umieszczonego na dnie dołu. Najpierw spływała terpentyna, potem dziegieć a na końcu najcięższa maź. W niektórych konstrukcjach z dna dołu wychodziła rurka, przez którą dziegieć spływał do garnka umieszczonego niżej. Cenną pozostałością po suchej destylacji był węgiel drzewny, niezbędny dawniej m.in. w hutnictwie gdyż przy jego spalaniu uzyskiwało się wyższe temperatury. Od XIV wieku węgiel drzewny był używany w Polsce do wytwarzania prochu strzelniczego. Używany aż do połowy XIX wieku proch czarny (dymny) składa się ze zmieszanych na pył składników: siarki, węgla drzewnego i azotanu potasu (saletry potasowej KNO_3) i zawiera około 75% (wagowo) saletry potasowej, około 14 – 15 % węgla drzewnego i około 10% siarki. Receptura ulegała drobnym modyfikacjom w przeciągu wieków. Szczególnie dobre właściwości jeśli chodzi o siłę wybuchową prochu miał m.in. węgiel drzewny wierzbowy.

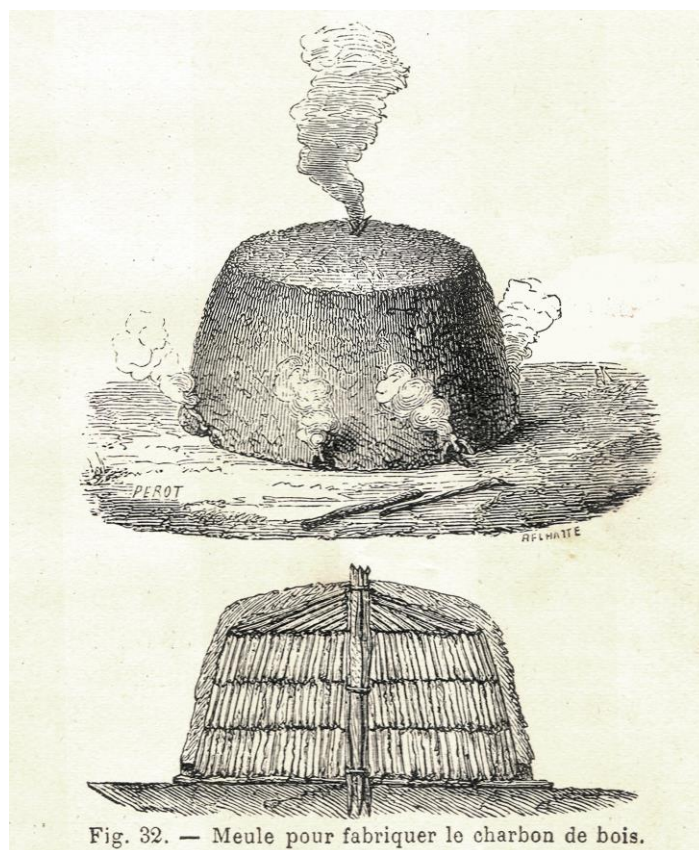


Fig. 32. — Meule pour fabriquer le charbon de bois.

Rys. 2.1. Mielerz do produkcji węgla drzewnego, źródło: Internet

¹⁰ Również i tutaj słowo *mielerz* kojarzy się z mieleniem, i wywodzi stąd, że pierwszymi rozpowszechnionymi zakładami przetwórczymi były młyny. Nazwa z ewentualnymi dodatkowymi przymiotnikami przeniosła się na zakłady innego rodzaju, nawet jeżeli nie występował w nich proces mielenia albo zbliżony. Słowo *meule* oznacza po francusku kamień młyński. W angielskich nazwach zakładów przemysłowych do dzisiaj występuje sylaba *mill*.

Z mielerza o pojemności dwóch metrów sześciennych uzyskiwano po wielogodzinnym procesie destylacji około 15 litrów dziegiu. Późniejszą udoskonaloną metodą produkcji dziegiu było także otrzymywanie go w specjalnie budowanych murowanych piecach. Posiadały one ułożone poziomo nad paleniskiem cylindry, z których destylat odpływał na zewnątrz rurami chłodzonymi wodą. Cykl produkcyjny trwał około 30 godzin.

Małe ilości dziegiu produkowano też chałupniczo w zwykłych garnkach kuchennych. Garnek przeznaczony do zbierania produktu zakopywano w ziemi, drugi wypełniano korą brzoową, przykrywano podziurkowaną blachą, odwracano i stawiano na dolnym. Po uszczelnieniu brzegów góry zasypywano do 3/4 wysokości piaskiem i wokół niego rozpalano ogień, który podtrzymywano przez dwa dni. Dziegieć uzyskiwany w wyniku destylacji ściekał przez dziurki w blasze do dolnego naczynia. Budowane były też zestawy kilkunastu garnków umieszczonych na wspólnej rynnie, przez którą dziegieć ściekał do wspólnego zbiornika. Z 300 – 400 drzew brzoowych w wieku 30 – 50 lat zbierano około 1600 kg kory, z której otrzymywano około 450 – 550 kg dziegiu. Wiedza na temat sposobu wytwarzania dziegiu była otrzymywana w tajemnicy.

Powszechna dostępność surowca nie była jedynym powodem rozmieszczenia smolarstwa. W miejscach, gdzie smołę, potaż i dziegieć uzyskiwano w przeznaczeniem na szeroko zakrojony handel i eksport smolarnie lokalizowano w okolicach spławnych rzek.

Produkcja dziegiu prosperowała w czasach nowożytnych przez setki lat i była szczególnie intensywna w czasach Rzeczypospolitej szlacheckiej w wiekach XVI – XVIII, ale miała się nieźle również w okresie zaborów. Produkowano wówczas na szeroką skalę dziegieć roślinny, który był eksportowany od XIV w. Przez prawie 400 lat (XV – XIX wiek) Polska była największym eksporterem dziegiu roślinnego w Europie. Był on wysyłany (w znacznej części przez Gdańsk) w beczkach do Anglii, Francji, Hiszpanii i Holandii. Od XVIII w. coraz większym konkurentem Polski stawała się Rosja. Obszarami szczególnie intensywnej produkcji były puszcze mazowieckie (Kampinoska, Jaktorowska), Puszcza Białowieska i Polesie. Dwa ostatnie obszary były eksploatowane nawet do okresu międzywojennego. Wzrastające zapotrzebowanie na dziegieć i węgiel drzewny przyczyniło się do zmiany krajobrazu Europy i do zaniku większości puszczy europejskich. Jedyną współczesną pozostałością puszczy w Europie jest Puszcza Białowieska.



Rys. 2.2. Smolarnia, źródło: Jak to z dziegiem było, Maciej Ambrosiewicz, www.wigry.org.pl
 Fot. 2.3. Dziegieć we fiolece

Oprócz Polski dziegieć był wytwarzany także w Rosji i Skandynawii: w Finlandii, Szwecji i Norwegii. Węgiel drzewny jest czarną substancją o bardzo małej gęstości i trzykrotnie większej wydajności energetycznej niż drewno. Głównym jego składnikiem jest węgiel pierwiastkowy zanieczyszczony popio-

łem i różnymi związkami organicznymi. Zachowuje on częściowo strukturę ścian komórkowych drewna i dzięki silnie rozwiniętej powierzchni ma duże zdolności absorbcyjne. Jest dosyć kłopotliwy w użyciu ze względu na dużą zajmowaną przestrzeń w stosunku do masy, a poza tym łatwo kruszy się i pyli. Dzięki stosunkowo małej zawartości substancji smolistych należy do paliw stałych powodujących najmniejsze ilości zanieczyszczeń. Był on też składnikiem prochu czarnego używanego w artylerii od XIV wieku – w pierwszym rzędzie był to węgiel lipowy. Oprócz tego znajdował i znajduje zastosowanie w różnego rodzaju filtrach. Lipowy węgiel drzewny był stosowany do usuwania z wódki olejku fuzlowego nadającego jej nieprzyjemny zapach. Do początków XX wieku jego podstawowym sposobem wytwarzania było wypalanie w mielerzach. Dawni węglarze rozróżniali dwa gatunki węgla drzewnego – twardy uzyskiwany z drewna dębowego, bukowego, grabowego i jesionowego oraz węgiel miękki uzyskiwany z brzozy, olszy, osiki i czasami także z drzew iglastych. Węglarze byli także zwani węgielnikami.

Duże znaczenie miał eksport smoły otrzymanej w wyniku suchej destylacji drewna iglastego. W dobrych latach sprzedawano jej po kilkanaście, a w gorszych po kilka łąszków rocznie. Cena smoły, dziegciu i innych produktów przeróbki drewna była oczywiście wyższa od ceny nieprzerobionego drewna. Smoła służyła m.in. do smołowania burt statków i do konserwacji lin.

W wyniku suchej spalania drewna i jego dalszej obróbki chemicznej otrzymywano również garbniki, terpentynę i kalafonię żywiczną. Znajdowały one zastosowanie w przemyśle, gospodarstwach domowych i były artykułami eksportowymi. Cennym półproduktem był także popiół. Eksportowano go nawet po kilkanaście łąszków rocznie. Za najlepszy uważany był popiół z leszczyny. W południowej części Wyspy Spichrzów w Gdańsku znajdował się tak zwany Dwór Popielowy, gdzie magazynowano w beczkach popiół przeznaczony na eksport.

Rozpuszczalna w wodzie część popiołu pochodzącego ze spalania drewna i węgla drzewnego – czyli zanieczyszczona postać węglanu potasu K_2CO_3 nosi nazwę potażu (dawniej pisano również *potasz*). Potaż uzyskiwano również przez wypalanie skał o znacznym stężeniu soli potasu. Nazwa pochodzi od średniowiecznego holenderskiego (i niemieckiego) słowa *Potttasche*. Polska była dość długo eksportetrem potażu. Jego szczyt produkcji przypadł na wieki XVII i XVIII. Polscy specjaliści od jego wytwarzania byli tak cenieni, że nawet zostali sprowadzeni przez kolonistów angielskich do Ameryki w 1608 roku. Główne zastosowanie znajdował on jako nawóz potasowy i jako dodatek przy produkcji szkła, garnków ceramicznych oraz mydła. Mydła potasowe znane są również pod nazwą mydła szarego. Służył on też do bielenia tkanin i do wyrabiania prochu. Potaż był wytwarzany w zakładach nazywanych *potasznia*, *potażnia* albo *potażarnia*. Wytwarzaniem potażu zajmowali się także budnicy (zwani także potasznikami). Zapotrzebowanie na potaż i węgiel drzewny powodowało, że dawniej zakładano huty szkła w pobliżu lasów bukowych. Zyskowną sprzedażą potażu zajmowały się przedsiębiorstwa kupieckie i szlacheckie. Osiągały one znaczne zyski z tej działalności. W procesie kaustyfikacji z potażu uzyskiwano potaż kaustyczny (potaż żrący) zawierający głównie wodorotlenek potasu KOH. Potaż żrący dzięki właściwościom higroskopijnym stosowany jest jako środek suszący i bielący, a także do wyrobu miękkich mydeł potasowych, do pochłaniania dwutlenku węgla z powietrza (odświeżania powietrza) oraz do identyfikacji grzybów. Obecnie znajduje zastosowanie również w przemyśle chemicznym i w litografii.

W drugiej połowie XVIII w. eksport drewna i produktów pochodnych utrudniała represyjna pruska polityka celna. Prusy nakładały na towary splawiane Wisłą cła w wysokościach 50 – 90% w zależności od ich rodzaju.

Od zakończenia II wojny światowej lecznicze zastosowania dziegciu przechodzą powoli do historii. Ciągle jeszcze znajduje on zastosowanie w medycynie ludowej czy naturalnej.

Produkcja dziegciu, węgla drzewnego, zapotrzebowanie na paliwo przez hutnictwo, warzelnictwo soli, zapotrzebowanie na drewno jako materiał budowlany i do budowy statków powodowały szybkie ograniczanie powierzchni lasów. Według ocen przytoczonych w poz. [2.4] w roku 500 co najmniej 86% Europy Wschodniej i 52% Środkowej było pokrytych lasami. Inne źródła twierdzą, że na wschód od Łaby 96% powierzchni stanowiły lasy. Średniowiecze przyniosło ze sobą wielkie zniszczenie pokrywy leśnej i zaburzenia środowiska na niespotykaną dotąd skalę. Wyrąb lasów był nie tylko systematyczny na przestrzeni wielu stuleci, ale nawet przez część tego czasu nieposkromiony i doprowadził do nieodwracalnych zmian krajobrazu i przez to wielu aspektów życia ludności. Rozwijające się ludnościowo społeczność wyniszczały puszcze w tempie uniemożliwiającym ich naturalne samoodtwarzanie się.

Bory ustępowały miejsca polom uprawnym zwłaszcza w warunkach ekstensywnej gospodarki rolnej oraz sadowi, winnicom, pastwiskom i warzywnikom. Negatywne efekty rabunkowej gospodarki leśnej były wprawdzie widoczne gołym okiem i były również od XVI–XVII wieku wielokrotnie dyskutowane na sejmach, ale wysokie ceny na drewno powodowały, że nie odjęto żadnych kroków w dziedzinie ochrony lasów i zalesiania. Spowodowało to ograniczenie tonażu wywożonego drewna i zwrócenie uwagi na eksploatację lasów na terenach Wielkiego Księstwa Litewskiego i jego spław Niemnem i Dźwiną. Korzystne ceny na drewno skłaniały również monarchów do organizowania przedsiębiorstw handlu drewnem. W 1547 r. Zygmunt August założył takie przedsiębiorstwo na Litwie. Podobne za pośrednictwem kupców gdańskich założył Zygmunt III, następnie do handlu drewnem z Hiszpanią i Portugalią działające w latach 1635 – 1640 założył Władysław IV.



Fot. 2.4. Mielerz na fotografii z końca XIX w. Źródło: Internet

Drewno było też potrzebne jako opał i do oświetlenia, używane w rzemiośle i oczywiście we wczesnym przemyśle. Według ocen historyka gospodarki Vaclawa Smila typowe przednowoczesne miasto mogło istnieć w pewnej równowadze ze środowiskiem jeżeli było otoczone lasami o powierzchni 30 razy większej od jego powierzchni. Zapotrzebowanie na chrust sprawiało, że wokół metropolii konieczny był obszar lasu opałowego. Był to już jednak las zagospodarowany i nie mający charakteru pierwotnej puszczy. Przykładowo mieszkaniec Londynu zużywał w późnym średniowieczu około 1,76 tony drewna opałowego rocznie. Przy zaludnieniu 80000 w roku 1300 odpowiadało to 141000 ton drewna rocznie. Polskie duże miasta nie przekraczały (poza Krakowem i Gdańskiem) liczby 10000 osób więc zużycie drewna było proporcjonalnie mniejsze, ale surowy klimat powodował, że nie można tego zapotrzebowania przeliczyć ściśle proporcjonalnie.

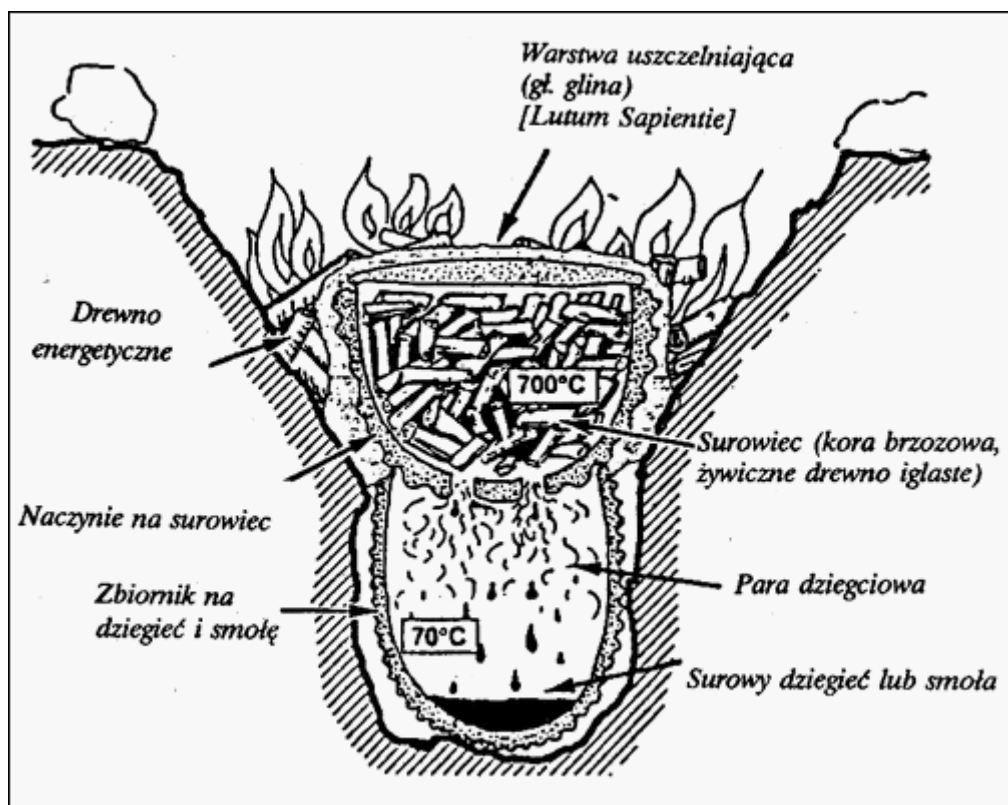
Silnie negatywny wpływ na poziom zalesienia miało budownictwo. Typowy średniowieczny dom wymagał w przybliżeniu drewna z dwunastu dębów, ale konstrukcje obronne, rezydencje i zaplecza gospodarcze pałaców wymagały znacznie większych ilości drewna. Konstrukcja dużego ufortyfikowanego grodu na wczesnej Słowiańszczyźnie mogła wymagać około 7400 m³ drewna co wymagało wyrąbania 5000 – 6000 drzew. Archeolodzy znają obecnie około 3000 grodów na terenach krajów słowiańskich.

Głównym źródłem średniowiecznej katastrofy ekologicznej było jednak hutnictwo, a szczególnie wytop żelaza. Wytop żelaza z rudy wymagał temperatur niemożliwych do osiągnięcia przy opalaniu drewnem. Konieczne było użycie produkowanego w mielerzach węgla drzewnego. Uzyskanie 1 kg węgla drzewnego wymagało wsadu 4 – 7 kg drewna. Z kolei 10 kilogramów żelaza wymagało w średniowieczu 40–100 kg rudy i 5 m³ węgla drzewnego. W dużym skrócie – otrzymanie 1 kg metalu wymagało wycięcia jednego dojrzałego drzewa. Liczba mielerzy zaopatrujących huty była więc bardzo wysoka. A paliwa wymagały także huty metali nieżelaznych i szkła oraz warzelnie soli.

We wczesnym średniowieczu wyrąb i niszczenie lasu nie budziły niczyich sprzeciwów. Według jednego z przytaczanych w [2.4] szacunków w roku 750 Wielkopolska stanowiła jedną wielką puszcza,

natomiast w początkach państwa Piastów około roku 1000 poziom zalesienia spadł do 40 – 50%. Pod koniec średniowiecza stosunek ten w skali całej Polski mógł wynosić 25%. Spadek ten był jeszcze wyższy w krajach Europy Zachodniej. Przykładowo w Niemczech, Anglii i Francji wynosił on 10 do kilkunastu procent w XIV wieku.

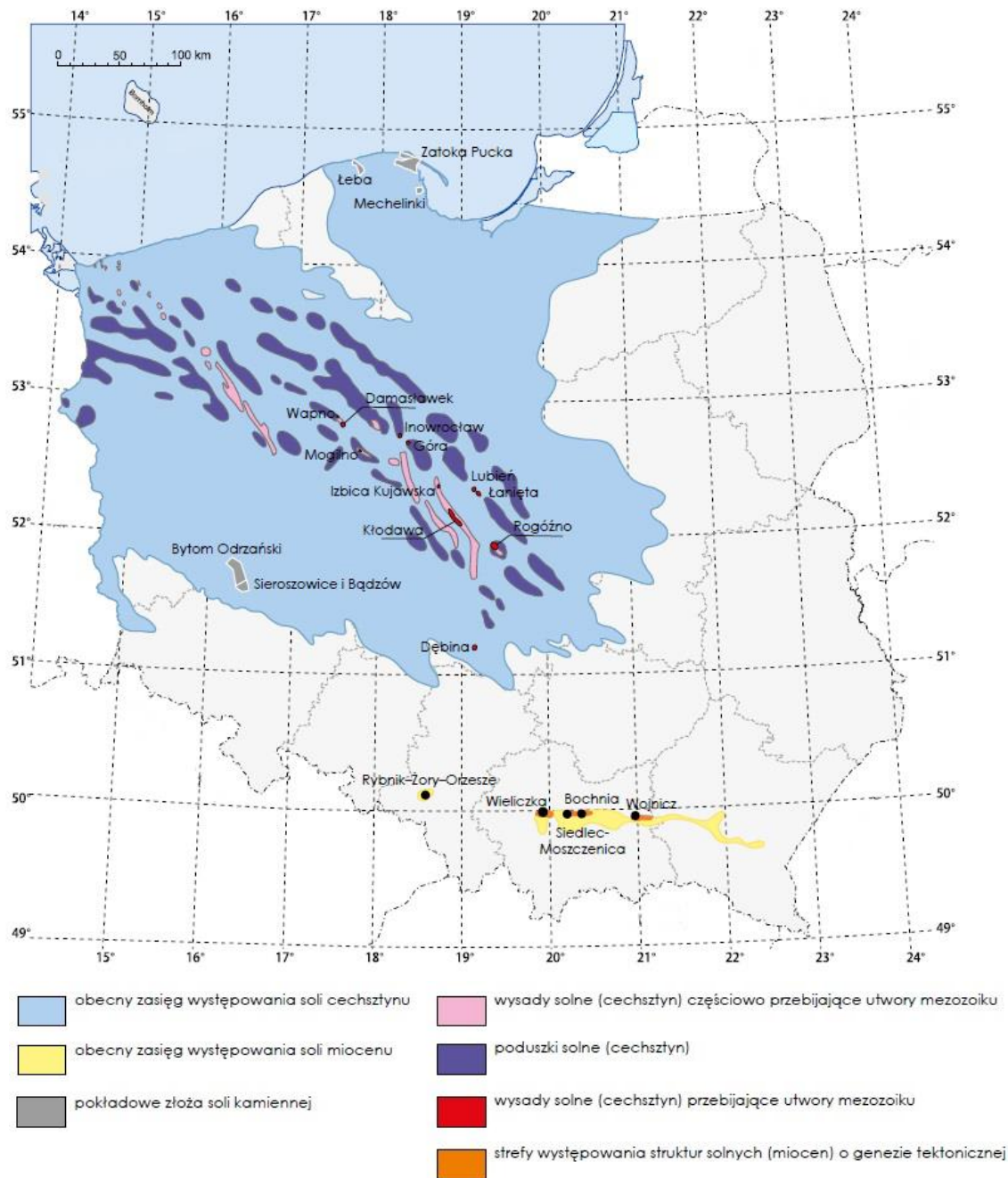
W późnym średniowieczu skutki rabunkowej gospodarki stały się dotkliwe. Zaczęło nawet brakować opału do ogrzewania i gotowania oraz stanowiącej źródło białka dzikiej zwierzyny. Europa Zachodnia stała na krawędzi kryzysu żywnościowego i zaopatrzeniowego. W późniejszym czasie udało się go zażegnać dzięki zwiększeniu wydobycia węgla kamiennego oraz uprawie pochodzących z Ameryki ziemniaków i kukurydzy.



Rys. 2.5. Produkcja dziegiu i smoły drzewnej średniowieczną metoda podwójnego naczynia. Źródło: wpk.org.pl

3. Wydobycie soli

Dopóki człowiek żywił się mięsem dzikich zwierząt pijących solankę, ilość dostarczanego organizmowi chlorku sodu zaspokajała jego potrzeby, ale gdy w ludzkiej diecie zaczęły dominować rośliny oraz mięso zwierząt hodowlanych, już nie. Sól była też niezbędna do konserwowania żywności (przez długi czas był to jedyny znany sposób konserwowania), więc bliskość salin czy wody morskiej zaczęła być w cenie. Sól była więc jednym z najważniejszych surowców starożytności i średniowiecza mającym wpływ na rozwój i dobrobyt państw (patrz: znaczenie słów fr. *salaire*, ang. *salary*). Z biegiem czasu stała się ona surowcem o wielorakich zastosowaniach mających również wpływ na powstanie przemysłu chemicznego. Kopalnictwo soli wywarło także duży wpływ na rozwój techniki górniczej.



MAPA WYSTĘPOWANIA SOLI KAMIENNEJ W POLSCE (WG: CZAPOWSKI, ALEKSANDROWSKI, JAROSIŃSKI, 2017)

Rys. 3.1. Złoża soli na obecnych terenach Polski. Sól cechsztyńska nosi w Polsce nazwę soli Kłodawskiej

Ślady najstarszego przedsiębiorstwa pozyskiwania soli w Europie, liczącego 7,4 tysiąca lat, odkryto w Prowadji w Bułgarii. Druga co do starszeństwa warzelnia soli, sprzed około sześciu tysięcy lat była zlokalizowana w Baryczy koło Wieliczki. Archeolodzy natrafili tam na rowki w ziemi doprowadzające solankę ze źródeł do basenów, gary do odparowywania roztworu oraz topki – stożkowe naczynia na odparowaną melasę. Sól z Baryczy była eksportowana, o czym świadczy obecność topków na różnych odległych stanowiskach. Dla pierwszych rolników dostęp do bogatych złóż soli i handel nią stanowiły źródło bogactwa i powód do utrzymywania kontaktów handlowych z sąsiadami. Umożliwiły też rozwój nowej gałęzi gospodarczej – serowarstwa.

Umiejętność przetwarzania mleka była istotnym wynalazkiem, ważnym dla zdrowia ludzi, ponieważ w jogurtach i serach jest znacznie mniej laktozy niż w świeżym mleku, a dorośli łowcy-zbieracze nie potrafili jej trawić. Gen odpowiedzialny za produkcję laktazy, która umożliwiła rolnikom picie mleka, pojawił się około 10 tysięcy lat temu na Bliskim Wschodzie, gdzie rozpowszechniona była hodowla bydła. Mutacja ta, wraz z umiejętnością wytwarzania serów (choć materialne dowody na to nie istnieją), dotarła do Europy z pierwszymi rolnikami. Co więcej serowarskie *know-how* błyskawicznie trafiło na Kujawy.

W najstarszych, datowanych na siedem tysięcy lat stanowiskach neolitycznych w Brześciu Kujawskim i Osłonkach już w latach siedemdziesiątych XX wieku znajdowano pojemniki z dziurkami. Przypuszczano, że mogą być to przenośne piecyki, sita do odsączania miodu albo sprzęt do produkcji sera. Ta ostatnia interpretacja powstała po porównaniu ich kształtu z naczyniami stosowanymi w tradycyjnym serowarstwie oraz z powodu dużej liczby krowich kości w warstwach, gdzie znaleziono owe sita-cedzaki.

Umiejętność przetwarzania mleka miała ogromne znaczenie gospodarcze i wpłynęła na demografię, zmniejszając śmiertelność niemowląt, co przyczyniło się do wzrostu populacji. Umożliwiła także ekspansję na północ, gdzie sery o przedłużonej trwałości zaczęły stanowić ważne źródło kalorii na czas zimy i nieurodzaju.

Sól kamienna występująca w Polsce należy głównie do dwóch formacji solnych, które tworzyły się w późnym permie (cechsztynie) w okresie około 257 – 252 mln lat temu oraz w neogenie (miocenie) około 13 mln lat temu. Obszary występowania sól cechsztyńskich obejmują 2/3 obecnej powierzchni Polski. Zalegają na głębokościach od kilkuset metrów w północnej Polsce oraz w strefie przed-sudeckiej, gdzie tworzą tzw. złoża pokładowe, aż do 7 km w środkowej części Niżu Polskiego, gdzie występują w postaci kopuł, poduszek, słupów i grzebieni solnych – są to tzw. złoża wysadowe. Sole miocenijskie występują w wąskim pasie na obszarze zapadliska przedkarpacciego, od Śląska przez Wieliczkę, Bochnię ku wschodniej granicy Polski. Osiągają miąższość do 300 m.

Okolice Bochni i Wieliczki już w okresie neolitu były znane z uzyskiwania soli warzonej przez odparowywanie wody z solanki powstającej wskutek wypłukiwania zasobów soli (minerału zwanego halitem) leżących w pobliżu powierzchni ziemi przez wody gruntowe. Początkowo solankę czerpano ze źródeł, a następnie ze studni solankowych. Oprócz Podkarpacia sól warzono w wielu innych miejscowościach na terenach Polski. Najstarszym dokumentem opisującym produkcję soli w okolicach podkrakowskich wsi Babica (nazwa najprawdopodobniej związana z przepływającym w pobliżu Bochni potokiem o tej samej nazwie), Kolanowo i Chodenica była bulla papieża Innocentego II z 1136 roku. Sól warzona jest solą drobną, jednorodną o śnieżnobiałym kolorze.

Wyczerpywanie się podpowierzchniowych złóż soli dostarczających solanki do warzenia i związany z tym spadek produkcji soli spowodowały konieczność poszukiwań na większych głębokościach. Początki kopalni w Bochni sięgają 1248 roku, kiedy to prawdopodobnie na drodze powiększenia istniejących studni odkryto pokłady soli kamiennej. Studnie solankowe stały się załączkiem szybów, w których zaczęto wydobywać sól metodami górniczymi. Według zachowanych dokumentów początek wydobywania soli kamiennej przypada na rok 1251. Wydrążony wtedy szyb miał głębokość 70 m. Według Długosza w tym samym roku rozpoczęto również prace w Wieliczce. Tylko o rok młodszy jest istniejący w Wieliczce do dziś szyb *Regis*. Bolesław Wstydlivy zabezpieczył sobie prawa do wydobywania w Bochni i Wieliczce i od tego czasu kopalnie soli stanowiły jedno z najważniejszych źródeł dochodów polskich władców.

Specjalistów górniczych ściągnęła z Węgier do Polski św. Kinga, żona księcia krakowskiego Bolesława Wstydlwego. Wspólnie z fachowcami napływającymi z Moraw i Turynii budowali oni kopalnie

i organizowali trwające przez wieki wydobywanie soli, które stało się podstawą zamożności Polski przez wiele wieków. Niektórzy badacze, głównie dawniejsi, przypuszczali, że kopalnie soli w Bochni i Wieliczce istniały już wcześniej, a legenda o św. Kindze odnosi się do ich odbudowy po zniszczeniach w wyniku najazdu tatarskiego z 1241 roku. Fakt liczego udziału zagranicznych specjalistów tłumaczony był wybiciem lub wzięciem w jasyr przez Tatarów miejscowej ludności, zajmującej się przedtem górnictwem.

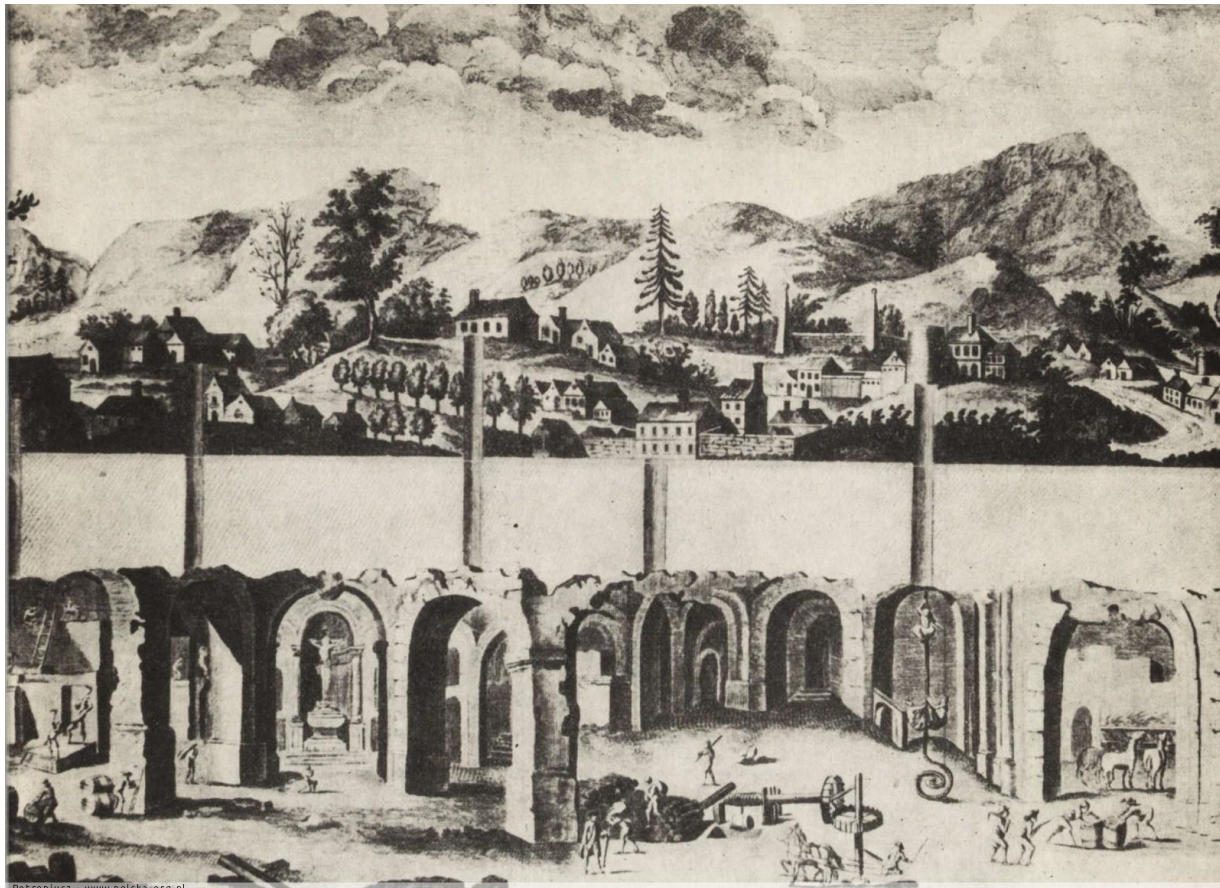
Początki pozyskiwania soli na terenie Wieliczki wiążą się również z eksploatacją źródeł solnych, czyli samoistnych wypływów solanki i sięgają środkowego neolitu. Roztwór był gromadzony i oczyszczany a następnie gotowany (warzony). W rejonie Wieliczki odkryto prehistoryczne instalacje służące do odparowywania solanki. Na wielkich paleniskach ustawiano po kilka, a później po kilkanaście naczyń glinianych o wydłużonym kształcie. Zawierały one roztwór naturalnie nasycony. W wyniku podgrzewania uzyskiwano najpierw gęsty roztwór, a z czasem zestaloną masę o dużej zawartości soli jadalnej. Eksploatacja źródeł solankowych trwała 3 – 4 tysiąclecia do czasu ustania obfitych naturalnych wypływów. Na przełomie XII i XIII wieku rozpoczęło się drążenie głębszych studni. Z biegiem czasu studnie te zamieniły się w szyby. Pokłady soli w rejonie Wieliczki były największymi na kontynencie europejskim dzięki czemu nosiła ona dawniej nazwę Wielkiej Soli.



Rys. 3.2. Bogactwa naturalne na terenach Polski w czasach Kazimierza Wielkiego

Od czasów środkowego neolitu do XIII wieku w wielu miejscowościach okolic Wieliczki i Bochni (np. Łapczyca) działały warzelnie produkujące sól z solanek pozyskiwanych ze źródeł i studni. Cały region stanowił więc przez długi czas zagłębie warzelnicze. W Rabce warzelnie soli działały od XIII wieku do I rozbioru Polski. Próby drążenia szybów w poszukiwaniu soli kamiennej w XVI wieku zakończyły się jednak niepowodzeniem. Uruchomiono za to warzelnie w Sołonce, a w XVII wieku również na krótko w Beskidzie Żywieckim.

Od XIII wieku do 1772 roku kopalnia soli w Wieliczce wspólnie z kopalnią w Bochni wchodziły w skład żup krakowskich¹¹. Sól w nich wydobywana pochodzi z miocenu. Charakterystyczną cechą wielickiego złoża jest budowa dwudzielna. Składa się ono z dwóch kontrastowo różniących się części: złoża bryłowego (złożonego ze skał ilastych, w których rozmieszczone są bryły zielonej soli) i złoża pokładowego – patrz rys. 3.5.



Rys. 3.3. Kopalnia soli w Wieliczce na XVII-wiecznej rycinie

Wyróżniano co najmniej trzy typy wydobywanej soli kamiennej: zieloną nieprzezroczystą zanieczyszczoną iłami (zawartość 6 – 7 %), spiżową – krystaliczną zanieczyszczoną piaskiem i szybit – najlepszej jakości, przezroczystą o dużych kryształach.

W 1368 roku Kazimierz Wielki wydał Statut Żupny (nazywany też ordynacją albo Statutem Kazimierza Wielkiego) regulujący kwestie wydobycia i sprzedaży soli. Kopalnie soli zostały przekształcone w przedsiębiorstwa królewskie zarządzane przez urzędników władcy, na czele których stał żupnik. Wydobycie soli było jednym z filarów polskiej gospodarki w średniowieczu i aż do rozbiorów Polski. Handel nią miał znaczenie międzynarodowe – sól była eksportowana m.in. na Węgry, na Śląsk, na Morawy i do Czech. W momencie wydania Statutu Żupnego górnictwo soli dostarczało jednej trzeciej dochodów skarbcu królewskiego^{12 13}. Produkcję soli w żupach krakowskich pod koniec średniowiecza

¹¹ Żupy krakowskie były przedsiębiorstwem powstałym pod koniec XIII wieku. W jego skład wchodziły żupy w Wieliczce i Bochni, warzelnie soli w tych miastach, nadwiślańskie porty żupne i w okresie XVI – początek XVIII wieku warzelnia soli w Dobiegniewie. Przedsiębiorstwem zarządzał mianowany przez króla żupnik. Okres rozkwitu żupy krakowskiej przypadał od XVI do połowy XVII wieku. W Wieliczce pracowało około 2000 górników a wydobycie przekraczało 30000 ton soli rocznie. Żupa krakowska była największym w dawnej Rzeczypospolitej zakładem przemysłowym i jednym z największych w Europie. Pod zaborem austriackim przedsiębiorstwo zostało podzielone na dwie oddzielne kopalnie w Wieliczce i w Bochni.

¹² Uchwalone w 1454 r. tzw. petycje opockie pozwalały szlachcie małopolskiej nabywanie soli bezpośrednio w żupach w Bochni i Wieliczce.

szacuje się na około 12,5 tys. ton, w XVI wieku od kilkunastu do 20 tys. ton, a w wiekach XVII – XVIII na około 32 – 40 tys. ton soli rocznie. W połowie XVII wieku w Wieliczce czynnych było 8 szybów, a liczba zatrudnionych w Bochni i Wieliczce doszła do 1500 osób. Sporą część produkcji żup krakowskich (20–40%) eksportowano na Słowację, Węgry, Śląsk i Morawy. Znacznie mniejsze znaczenie miały „żupy ruskie” skupione głównie w okolicach Drohobycza. Dostarczały one głównie solanki do warzelnii królewskich. Pochodząca z nich sól znajdowała zbyt nie tylko na wschodnich terenach Rzeczypospolitej, ale także w Wielkopolsce i na Kujawach.



Rys. 3.4. Górnicy zjeżdżający na linie

W początkowym okresie naszej państwowości w kopalniach zatrudniano głównie ludzi niewolnych i zesłanych tam karnie przestępców, ale praca tych ludzi okazała się mało wydajna. Od XIII wieku coraz częściej eksploatacją bogactw mineralnych zajmowali się wolni górnicy, wśród których było dużo fachowców przybyłych z zagranicy. Górnicy ci łączyli się w związki, zwane gwarentwami odpowiadające miejskoim cechom. Zdając sobie sprawę z korzyści płynących z rozwoju górnictwa książęta piastowscy nadawali specjalistom górniczym specjalne przywileje. Jednym z pierwszych był dokument wydany przez Leszka Białego tuż po 1220 roku.

Statut Żupny Kazimierza Wielkiego brał pod opiekę górników i ich rodziny. W 1357 roku powstał pierwszy szpital dla górników poszkodowanych w wypadkach w kopalni, a w XV wieku – drugi. Jeszcze wcześniej w 1289 roku książę Henryk IV Probus nakazał zbudowanie łaźni, w której cyrulicy wykonywali m.in. proste zabiegi chirurgiczne. Wdowy po górnikach zabitych w trakcie pracy w kopani otrzymywały zwyczajowo dożywotnią rentę. Statut Żupny był aktualizowany w latach 1649 i 1743.

Za panowania Kazimierza Wielkiego znane były złoża solne: koło Brześcia Kujawskiego, pod Krakowem i w obszarze

ruskim na terenie Grodów Czerwieńskich (obecnie w przeważającej części należącym do Ukrainy) – patrz rys. 3.2. W XVI i XVII wieku głębokość wydobywania w kopalni bocheńskiej doszła do 300 metrów. Okres świetności Wieliczki trwał do XVII wieku. Wojny i spowodowany przez nie gospodarczy upadek kraju spowodowały zahamowanie rozwoju przedsiębiorstwa. Z lat 30-tych XVII wieku pochodzą najstarsze zachowane mapy wielickiej kopalni. Zostały one wydane w 1645 roku w postaci barwnych miedziorytów.

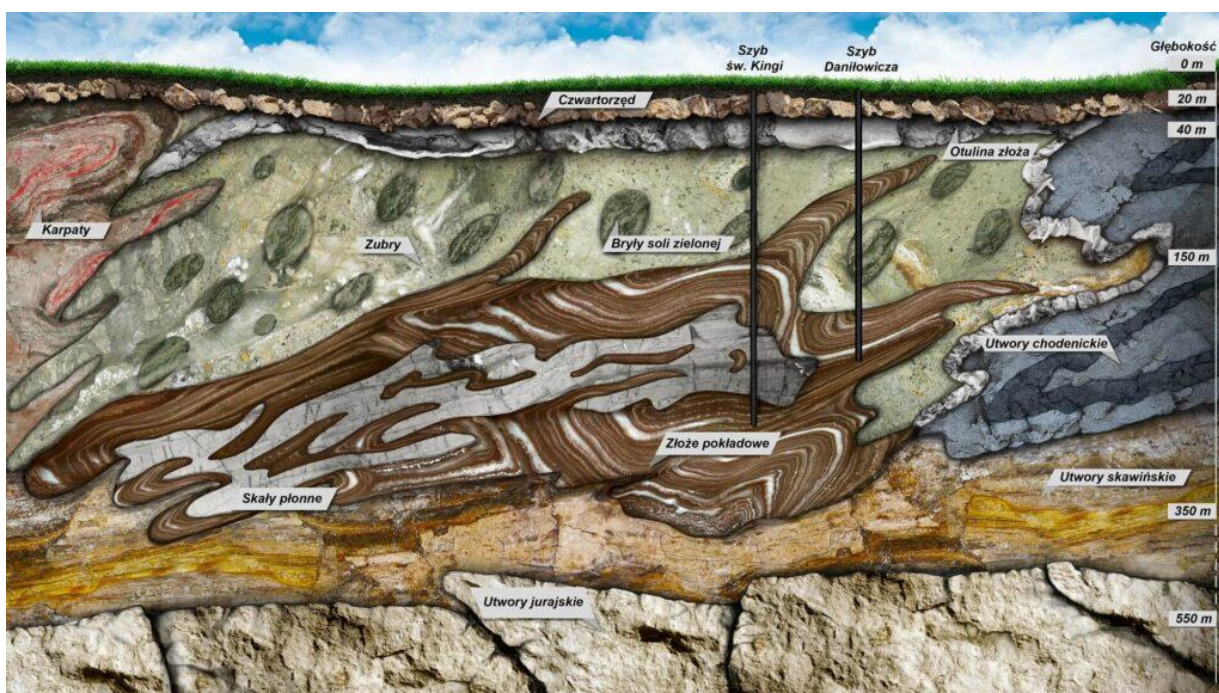
Po odzyskaniu niepodległości przez Polskę kopalnia bocheńska zaczęła stopniowo tracić na znaczeniu na rzecz kopalni znajdujących się w północnych regionach Polski, gdzie złoża były zasobniejsze i łatwiejsze w eksploatacji. Wydobywanie soli w Bochni i Wieliczce zakończono w dziewięćdziesiątych latach XX wieku. Obecnie są to zabytki techniki wpisane na listę światowego dziedzictwa UNESCO. Kopalnie wielicka i bocheńska to jedyne obiekty górnicze na świecie czynne od średniowiecza do chwili obecnej. Pozwalają one na prześledzenie rozwoju soli twardej i solanki w poszczególnych epokach historycznych.

Szyby w średniowiecznych kopalniach kruszcu miały nieregularny kształt, nie zawsze były pionowe, czasami miały kształt kwadratowy, czasami kolisty o średnicy około 1 m. Ich głębokość rzadko przekraczała kilkanaście metrów. W kopalniach soli były one prostokątne i były ocembrowane drewnem. Sól kamienna w żupach krakowskich była wydobywana początkowo w bezpośrednim sąsiedztwie

¹³ Przykładowo w końcu XVI stulecia struktura dochodów skarbu wyglądała następująco: całkowity dochód 386 tys. złotych, w tym 150 tys. Litwa, 236 tys. Korona. W dochodach korony 90 tysięcy wynosiły dochody z żup, 22 tysiące dochody z ceł, 42 tysiące – z ceł portowych, 74 tysiące z dóbr ziemskich i po około 4 tysiące – dochody z poczty i mennicy ([3.5]).

każdego z szybów i dalej prowadzono je podążając za złożem solnym. Jego ułożenie determinowało kształt wyrobisk i chodników. Charakterystyczne było zachowywanie ich możliwie minimalnych wymiarów dla oszczędzenia pracy i kosztów. Wentylację zapewniano za pomocą drewnianych miechów i młynków powietrznych obsługiwanych przez specjalnych pracowników. Niedobór tlenu był przyczyną omdleń górników, ich upadków, wynikłych wskutek nich obrażeń i poważniejszych wypadków przy pracy. Powodował on także ograniczenie dostępu do światła, którego dostarczały głównie kaganki łożowe. Dopiero później dzięki łączeniu chodnikami izolowanych początkowo od siebie wyrobisk i rozbudowa mechanizmów przewietrzania zlikwidowały ten czynnik blokujący rozwój kopalni i pozwoliły na zwiększenie wydobywania.

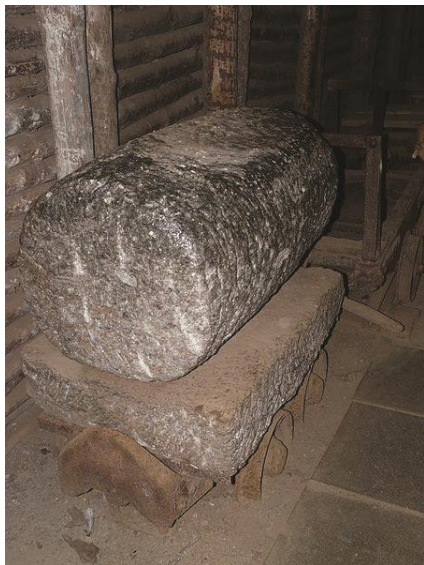
Charakterystyczną cechą górnictwa okresu Odrodzenia było sięgnięcie – po wyczerpaniu najbogatszych i najpłycej zalegających złóż – znacznie głębiej pod ziemię. Powszechnie eksploatowano pokłady znajdujące się od 50 do 80 metrów pod powierzchnią ziemi. W Wieliczce pod koniec XVI wieku górnicy pracowali już na głębokości 120 m. Komplikowało to jednak transport pionowy oraz pociągało za sobą konieczność stałego odprowadzania wody z kopalni.



Rys. 3.5. Schemat budowy geologicznej centralnej części złoża na podstawie przekroju geologicznego autorstwa J. Przyborskiego oraz Krystyny Skoczylas-Ciszewskiej z 1963 roku

Urobek był wydobywany w postaci tzw. bałwanów soli, czyli dużych brył o kształcie walca lub beczki o masie dochodzącej nawet do dwóch ton i produktu o niższej jakości – soli kruszcowej lub beczkowanej. Wewnątrz kopalni bałwany dawały się stosunkowo łatwo toczyć lub transportować na płozach. Ich rozmiary ułatwiały kontrolę nad wydobywaniem i zmniejszały ryzyko ewentualnych kradzieży. Ich wielkość i waga ulegały zmianom w miarę czasu. W czasach Kazimierza Wielkiego bałwany ważyły 390 lub 520 kg, w XV wieku waga wzrosła do około 700 kg. W kopalni w Bochni zaprzestano wytwarzania bałwanów w pierwszej połowie XVIII wieku i produkowano tylko sól beczkową, a w Wieliczce produkowano je jeszcze w XIX wieku.

Transport pionowy i poziomy odbywały się głównie przy użyciu siły ludzkich mięśni oraz konnych kieratów. Kieraty służyły też do transportu solanki w skórzanych worach. Była ona na powierzchni odparowywana w warzelni. Najważniejszymi narzędziami pracy górników były kilofy i młotki. W XVIII wieku zaczęto używać prochu strzelniczego do kruszenia soli, a później także twardych skał i do wykuwania chodników. Górnicy schodzili do kopalni po drabinach lub zjeżdżali na linach. Bramą do podziemi były i są szyby. Przez ponad 700 lat historii kopalni wielickiej wybito 26 szybów.



Fot. 3.6. Batwan solny Fot. 3.7. Kierat saski z kopalni soli w Wieliczce, źródło: Wikipedia

Pierwszy kierat (tzw. polski) – było to duże drewniane poziome urządzenie wyciągowe – został uruchomiony nad jednym z szybów w XV wieku. Pod ziemią konie pojawiły się prawdopodobnie w XVI wieku. W XVIII wieku w czasach saskich wprowadzono w Wieliczce kieraty z wałem pionowym, tzw. kieraty saskie, zaczęto pogłębiać szyby i przygotowano instrukcję przeciwpożarową¹⁴. Kierat saski w kopalni soli w Wieliczce poruszały cztery pary koni wyciągając jednorazowo ładunek o ciężarze 1,5 – 2 ton. Na kieracie umocowany jest licznik, a po przeciwnej stronie znajdują się skrzynie, klatki szybowe oraz wózki do transportu poziomego. W pierwszej połowie XVIII wieku z powodu braku taniego opału przestała działać warzelnia.



Fot. 3.8. Kierat polski w kopalni soli w Wieliczce (największy i najstarszy kierat w muzeum, jedyny zachowany kierat tego typu), źródło Wikipedia. Kierat wyposażony w poziomy wał służy do pionowego transportu ciężarów. Początkowo były one montowane nad szybami kopalń, a od XVII wieku wewnątrz kopalń w Wieliczce i Bochni. Były napędzane przez cztery pary koni i mogły wyciągać do 2 ton urobku z głębokości 80 m. Do blokowania służył hamulec jednoszczękowy

Kierat (zwany też *manezem*) jest urządzeniem wykorzystującym siłę pociągową zwierząt (najczęściej koni lub wołów) do napędu stacjonarnych maszyn i urządzeń takich jak urządzenia odwadniające albo maszyny rolnicze (sieczkarnia, wialnia, młocarnia).

¹⁴ Kierat saski składa się z trzech głównych części: wału pionowego z bębniem linowym, bocznych ramion z zaczepami dla koni oraz urządzenia hamulcowego.

Najstarsze kieraty odnaleziono we wraku statku w okolicach Majorcki, które datowane są na IV wiek p.n.e.. Mechanizm kieratu wynaleźli prawdopodobnie Kartagińczycy, którzy upowszechnili urządzenie na terenie dzisiejszych Włoch w III wieku p.n.e.

Kierat jest zespołem przekładni zębatych, najczęściej składający się z dwóch par kół, przymocowany do ramy. Największe z kół było połączone z dyszlem służącym do zaprzęgnięcia zwierząt pociągowych. Zwierzęta obracały przekładnię, chodząc po okręgu o średnicy ok. 10 m. Napęd z kieratu do maszyn stojących w odległości kilkunastu metrów przekazywany był za pomocą wału. Wał składał się z kilku odcinków połączonych przegubami.

Pierwsze kieraty były zbudowane całkowicie z drewna, łącznie z kołami zębatymi. Zygmunt Głogier w książce „Budownictwo drzewne i wyroby z drzewa w dawnej Polsce” opisywał kieraty drewniane używane w Polsce od XVII wieku do poruszania wind i podnoszenia ciężarów. Napędzane były one wielkim kołem deptakowym, wewnątrz którego, po szczeblach, chodzili chłopcy.

Muzeum Żup Krakowskich w Wieliczce posiada unikalną w skali świata kolekcję zabytkowych drewnianych kieratów, w skład której wchodzi kierat „polski”, „saski” oraz „węgierski”¹⁵. Znajdują się one w komorach na trzecim poziomie kopalni wraz z innymi urządzeniami służącymi do transportu białych solnych.

Kopalnie soli w Bochni i Wieliczce stały się ważnym łupem dla Austriaków i obok posiadanych przez nich kopalni w Siedmiogrodzie stanowiły największy europejski kompleks produkujący sól. Austriackie inwestycje podniosły ich dochodowość.

Zagrożeniem dla górników były zawały, pożary i woda. Zabezpieczeniem przed zawałami było podpieranie stropów i ścian drewnianymi konstrukcjami i pozostawianie niewybranych filarów solnych. Słoną wodę odprowadzano i wyciągano na powierzchnię ziemi za pomocą drewnianych rur, rynien i kadzi. Często stosowanym urządzeniem odwadniającym był tzw. *paternoster*, czyli łańcuch bez końca z czerpakami. Niekiedy był on umieszczany wewnątrz drewnianej rury. Dokumenty poświadczają stosowanie *paternostra* rurowego w Olkuszu w roku 1430. W 1482 roku wybudowano w Olkuszu szyb o głębokości 52 m i przekroju poprzecznym 3,9 x 1,5 m. Zainstalowane były w nim dwa paternostry, każdy z nich był poruszany przez trzy pary koni pracujących na zmianę (czyli łącznie 24 konie). W końcu XVI wieku stosowano w polskim górnictwie wielkie kieraty, obsługiwane przez kilkanaście koni naraz. Kopalnie były więc zmuszone do zatrudniania znacznej liczby koni – w Tarnowskich Górach w tym czasie utrzymywano 700 koni, a w Olkuszu nawet jeszcze więcej. Urządzenia wyciągowe napędzane też siłą ludzką – za pomocą kołowrotów palczastych.

Nie stosowano natomiast w Polsce prawie wcale napędu wodnego popularnego w kopalniach czeskich i niemieckich. Było to spowodowane brakiem odpowiednich warunków wodnych w pobliżu kopalń. Z uwagi na znaczenie spraw związanych z transportem urobku i odwadnianiem poszukiwano usprawnień konstrukcyjnych. W XV wieku zanotowano 6 takich usprawnień, a w XVI – 22.

Zagrażający górnikom bezwonny i bezbarwny gaz metan wypalano za pomocą kaganków umieszczonych na długich żerdziach. Pracę tą powierzano szczególnie doświadczonym górnikom. W kopalni wielickiej było go stosunkowo mało.

Na terenach Kujaw i pogranicza Wielkopolski produkowano sól warzoną już w czasach prehistorycznych. Odkryta na terenie Inowrocławia warzelnia pochodzi z pierwszych wieków n.e. Posiadała ona również tętnię służącą do wzbogacania solanki. Sól warzoną produkowano tu także w średniowieczu w wiekach XI – XII. Była ona m.in. spławiana Wisłą i eksportowana – akt lokacyjny Płocka z XIII stulecia zawiera informację o statkach przewożących sól, częściowo pochodzącą właśnie z Kujaw. Z tego też czasu pochodzą niektóre nazwy miejscowości jak Solec czy Ujście Solne. Władze pruskie poszukiwały w tym rejonie bezskutecznie złóż soli kamiennej w XVIII wieku. Od końca XVI do początku XVIII wieku czynna była należąca do żup krakowskich warzelnia soli w Dobiegniewie nad Wisłą. W cechtyńskich osadach na Niżu Polskim, m.in. w kujawskich słupach solnych występuje również kuchenna sól potasowa KCl (sylwin). Jest ona bardziej gorzka i ze względu na obecność jonów żelaza ma kolor od jasno- do ciemnoróżowego. W mieszkankach z NaCl nie wyczuwa się gorzkiego smaku gdy zawartość soli potasowej nie przekracza 30–40%.

¹⁵ Kierat węgierski jest ulepszoną wersją kieratu saskiego o większym udźwigu. Kieraty w kopalni w Wieliczce mogły wyciągać urobek do 2 ton z głębokości 300 metrów

Pierwsze udokumentowane informacje o warzelniach działających w Ciechocinku pochodzą z XIII stulecia. W 1235 roku książę Konrad Mazowiecki przekazał w wieczną dzierżawę Zakonowi Krzyżackiemu dwie warzelnie soli na terenie grodu w Słońsku leżącym w miejscu dzisiejszego Ciechocinka. W źródłach historycznych brak jest informacji o pracy warzelni w następnych kilku stuleciach. Być może zaprzestano warzenia po powodzi w XIII wieku, która zniszczyła Słońsk oraz części Płocka i Torunia. Prawdopodobnie bogate złoża solankowe odkryto w wykopach studziennych w końcu XVIII wieku. Dalszy rozwój Ciechocinka rozpoczął się w czasach Stanisława Staszica i Ksawerego Druckiego-Lubeckiego kiedy to intensywnie poszukiwano źródeł soli mogących zastąpić złoża w Bochni i w Wieliczce zgarnięte przez Austrię. Stosunkowo niskie stężenie soli spowodowało konieczność budowy tężni zapewniających wzbogacenie solanki. Pierwsze tężnie i warzelnia powstały w latach 1824 – 1830.

Położony w północnej części cypla w rozgałęzieniu Parsęty i należący do najstarszych grodów pomorskich Kołobrzeg mógł być ośrodkiem warzelniczym już w VII wieku. W VIII wieku powstała druga osada, która pod koniec IX wieku przekształciła się w gród. Gród przejął najważniejsze funkcje gospodarcze i polityczne. W X w. gród dostał się pod panowanie Piastów. Podstawą gospodarki było warzelnictwo soli i rybołówstwo (łowiono głównie śledzie). W średniowieczu sól była eksportowana do Wielkopolski i na Śląsk, później także do Nowej Marchii i do państwa krzyżackiego oraz drogą morską. Była ona również wykorzystywana na większą skalę do konserwowania bałtyckich śledzi, wysyłanych również na pozostałe ziemie polskie. Śledzie były konserwowane najpierw w czystej soli, a następnie w solance, co zapewniało poprawę ich smaku i jakości. W średniowieczu dochody z warzelni zasilaly skarb książąt pomorskich, a przed rozbiem dzielnicowym czasowo również skarb polskich władców. Od połowy XII pojawiają się informacje gospodarczo-prawne wskazujące, że warzelnie stanowiły złożone jednostki składające się z szop warzelniczych, pieców, zbiorników, studni, źródeł i panwii – płaskich zbiorników, w których odparowywano solankę¹⁶. Przy warzeniu soli pracowali wykwalifikowani pracownicy zwani solarzami. W 1302 roku kołobrzesckie bractwo solne otrzymało statut oparty na stosowanych od stuleci normach zwyczajowych i uzyskało wpływy w miejskim samorządzie. Statut określał zasady przynależności do bractwa (gildii), zasady warzenia soli, funkcjonowania warzelni, pozyskiwania opału i handlu solą. Sól można było warzyć w panwiach o określonych rozmiarach. W 1435 roku rada miejska wydała oficjalny zakaz prowadzenia warzelni przez duchownych i instytucje kościelne. W średniowieczu okres warzenia soli trwał od wiosny do lata. Drewno na opał spławiano do Kołobrzegu Parsętą i Radwią. Zakazane było ścinanie drzew w mieście i na terenach pomiędzy miastem i wzgórzem solnym. Nie wolno było zbierać na opał dla warzelni drewna wyrzuconego przez wodę. Pozyskiwanie opału wiązało się też z wniesieniem opłat na rzecz miasta. Nie wolno było też wymieniać soli za opał. Jeden ze szlaków solnych prowadził przez Sławno i Szczecinek do Wielkopolski, inny przez Biały Bór i następnie łączył się ze szlakiem prowadzącym z Nowej Marchii do państwa krzyżackiego. Szlak solny prowadził także przez Karlino do Białogardu i dalej przez ziemię szczecińską i wałęką do Wielkopolski. Sól była eksportowana również drogą morską (Kołobrzeg był członkiem Hanzy).

W 1473 roku powstała najstarsza księga bractwa solnego, prowadzona przez pisarza solnego. Zawierała ona spis majątku i inwentaryzację warzelni oraz spis ich właścicieli. W XVI wieku zmianie uległa sytuacja polityczna miasta. Na początku wieku podaż soli nie pokrywała zapotrzebowania mieszkańców. W miarę zmniejszania się znaczenia Hanzy Kołobrzeg zaczął tracić znaczenie jako producent i eksporter soli. Książęta zachodniopomorscy zaczęli też ograniczać liczbę członków bractwa solnego. Do miasta i na okoliczny rynek zaczęła trafiać sól z Lünenburga czy Baye. Była o wiele tańsza od soli kołobrzesckiej, która ze względu na zużywanie dużej ilości drewna, nie mogła z nią konkurować. Wojna trzydziestoletnia i szwedzka okupacja miasta spowodowały wstrzymanie warzenia soli i dopiero w późniejszym okresie produkcja zaczęła się odradzać.

¹⁶ Panew – rodzaj patelni, płytke metalowe naczynie o dość dużej powierzchni. W warzelniach soli stosowane do stężania solanki przez odparowywanie wody w stanie wrzenia, w celu otrzymania soli warzonej. Nazwa pochodzi z niem. *Pfanne* (f). W sztuce kulinarnej naczynie stosowane do pieczenia, smażenia lub gotowania.

Staropolskie warzelnie soli były nazywane karbariami.

Produkcję soli prowadzono w Kołobrzegu prawie nieprzerwanie do połowy XIX wieku, a większe zakłócenia lub przerwy były związane jedynie z wojnami toczącymi się w XVII – XIX wieku i z okresami zarazy. Surowiec pozyskiwano początkowo ze źródeł i miejsc w których słona woda przesiąkała na powierzchnię. Solanki występujące w Kołobrzegu miały niskie stężenie nieco tylko przekraczające 5%. Wzbogacenie solanki (do około 14 – 15%), a solankę czerpano z 17 źródeł, zapewniała zbudowana w 1710 r. tężnia. W 1793 roku funkcjonowało już 5 tężni. W 1801 roku saliny zostały wykupione przez skarb pruski. Warzenie soli zakończono w 1860 roku.

Od połowy XV wieku zakładano studnie po zachodniej stronie Parsęty. Okolice Kołobrzegu były najdłużej działającym ośrodkiem warzelniczym na ziemiach polskich. Po zakończeniu warzelnictwa soli Kołobrzeg stał się uzdrowiskiem i jest obecnie największym polskim uzdrowiskiem nadmorskim.



Rys. 3.9. Warzelnia soli, na ilustracji widoczne panwie. Akwarela M. Abramowskiej, źródło <https://pomorzeczachodnie-mojamalaojczyzna.pl/utworzenie-biskupstwa-w-kolobrzegu-1000-rok/>

Pierwsza w Polsce państwowa służba geologiczno-górnicza – Komisja Kruszcowa – została powołana przez Stanisława Augusta Poniatowskiego w 1782 r. Jej zadaniem było bicie narodowej monety oraz poszukiwanie i uruchomienie wydobywania rud metali, soli kamiennej, a później węgla i innych minerałów w miejsce złóż utraconych po I rozbiórce. Dochody uzyskane z wydobywania tych kopalni miały stanowić podstawy finansowe reformy państwa. Jednym z rejonów, w których (z inicjatywy Stanisława Staszica) powstały warzelnie soli było Busko (1776 r.). Zakład był czynny do III rozbioru Polski. Siedzibą komisji była Miedziana Góra w woj. świętokrzyskim, ale przez większość czasu urzędowała ona w Warszawie. Komisji przewodniczył późniejszy biskup płocki Krzysztof Szembek. Komisja Kruszcowa miała za zadanie również poszukiwania węgla, ale ponieważ Śląsk nie należał do Polski więc poszukiwania zakończyły się niepowodzeniem. W 1816 roku Miedziana Góra została siedzibą Głównej Dyrekcji Górniczej.

Ponieważ w owym czasie nie było w Polsce specjalistów o specjalności geologiczno-górnicznej (wyjątkiem był Stanisław Okraszewski, który studiował na Akademii Górniczej we Freibergu w Saksonii), król na wniosek Komisji zwrócił się do cesarza Józefa II o przyjęcie do najlepszej wówczas w Europie szkoły metalurgiczno-geologiczno-górnicznej (Akademia Górnicza w Schemnitz) trzech Polaków, i sfinansował ich kształcenie. W ten sposób rozpoczęło się kształcenie kadr dla polskiego górnictwa i geologii.

4. Wydobycie i produkcja metali nieżelaznych

Miedź jest metalem najwcześniej poznanym przez człowieka. Jej odkrycie w ogromnym stopniu przyczyniło się do rozwoju wielu cywilizacji. Od czasów przedhistorycznych do dziś miedź cieszy się dużą popularnością dzięki swoim bardzo dobrym właściwościom: trwałości, giętkości, wysokiemu przewodnictwu cieplnemu i elektrycznemu oraz odporności na korozję. Jest kowalna i ciągliwa, co znacznie poszerza jej zakres zastosowania. Dzięki swojej plastyczności jest też łatwa w obróbce. Ma charakterystyczną czerwono-brązową barwę. W przyrodzie miedź występuje w stanie rodzimym oraz z innymi pierwiastkami. Najważniejsza ruda z której miedź jest pozyskiwana nosi nazwę chalkopiryt (CuFeS_2) i zawiera 34% miedzi. Łacińska nazwa miedzi cuprum pochodzi z Cypru, skąd pozyskiwano w starożytności jej znaczne ilości. Odkryto tamtejsze złoża i zaczęto je eksploatować ok. 1500 p.n.e., a miedź nazywano wówczas metalem cypryjskim. Po raz pierwszy miedź została wykorzystana przez człowieka już w epoce kamienia. 7 tys. lat p.n.e. poznali jej zalety starożytni Egipcjanie. Wydobywali ją początkowo ze złóż znajdujących się na Pustyni Arabskiej, a potem importowali z terenu Azji Mniejszej i Cypru. Wykonywali z nich m.in. bardzo wartościowe pod względem artystycznym miedziane naczynia. Starożytni mieszkańcy Azji Mniejszej i Europy także posiadli umiejętność wytapiania miedzi i odlewania z niej przedmiotów użytkowych i ozdobnych. Z terenu Mezopotamii pochodzi najstarszy zachowany miedziany odlew, datowany na ok. 3200 p.n.e., przedstawiający żabę, która zapewne służyła jako podstawa świecznika. Sumerowie zasłynęli z produkcji wysokiej klasy miedzianych dzieł sztuki, które stanowiły wyposażenia świątyń. Stop miedzi z cyną (o zawartości wagowej 80 – 90% miedzi) dzięki większej twardości był szeroko stosowany do wyrobu narzędzi, broni i innych przedmiotów, a o jego znaczeniu świadczy nazwa jednej z epok w historii rozwoju cywilizacji – epoki brązu. Przyniosła ona wielki skok cywilizacyjny w stosunku do epoki kamiennej. Również stopy miedzi z innymi metalami poza cynkiem noszą nazwy brązów. Stop miedzi z cynkiem zawierający 10 – 45% cynku nazywa się mosiądzem. Może on zawierać dodatki innych metali, takich jak ołów, glin, cyna, mangan, żelazo, chrom oraz krzem. Mosiądz topi się w temperaturze poniżej 1000°C , jest odporny na korozję, ciągliwy, łatwy do obróbki plastycznej i posiada dobre właściwości odlewnicze. W porównaniu z innymi metalami jest on jednak ciężki i drogi.

Srebro jest białym lśniącem metalem o przewodności cieplnej i elektrycznej lepszej niż inne metale, a pod względem kowalności i plastyczności ustępujące jedynie złotu. Jest ono twardsze od złota ale bardziej miękkie od miedzi. Srebro zwykle stapia się z innymi metalami w celu zwiększenia twardości i wytrzymałości stopu. Było ono znane już w starożytności. Pierwsze udokumentowane ślady jego wydobycia pochodzą z Azji Mniejszej z około 2500 r. p.n.e. Jednym ze sposobów wyizolowania srebra jest metoda amalgamatowa, polegająca na dodaniu do srebronośnej rudy rtęci, w której srebro się rozpuszcza. Następnie jest ono oddzielane w drodze destylacji. Z rud miedzi i ołowiu srebro izoluje się obecnie wykorzystując proces Parkesa. Polega on na dodaniu cynku do płynnego ołowiu zawierającego srebro. Z powstałego w ten sposób roztworu srebra w cynku można stosunkowo łatwo oddzielić cynk i uzyskać czyste srebro.

Złoto jest metalem miękkim o kolorze jasnożółtym. Niczym nie zanieczyszczone, jest najbardziej miękkie, kowalne i ciągliwe ze wszystkich metali. Bardzo łatwo rozbija się je na super cienkie metaliczne błony i można z niego formować bardzo cienkie druty. Udaje się osiągać błony o grubości $0,00001\text{ cm}$, a około 30 g złota rozciągnięto w drut o długości około 100 km. Jest doskonałym przewodnikiem ciepła i elektryczności. Metal ten jest praktycznie obojętny na działanie zwykłych substancji. Najczęściej spotyka się je w osadach aluwialnych razem ze srebrem. Czasem tworzy z nim naturalny stop zwany elektronem¹⁷. Złoto w związkach można spotkać w rudach telluru, ołowiu, antymonu, siarki i rtęci. Od czasów prehistorycznych złoto, z racji swego pięknego połysku, koloru, odporności chemicznej, było wartościowym metalem. Ważną cechą była względnie łatwa, w porównaniu do innych metali, obrabialność i łatwość oczyszczania. Względna rzadkość występowania złota spowodowała, że pierwiastek ten od tysiącleci jest podstawą pieniądza. Znaczne ilości stopów złota z innymi metalami wykorzystywane

¹⁷ Elektron (z łac. także *elektrum*) jest postacią pierwiastkowego złota o zawartości srebra od 18 do 36%. Jego kolor zmienia się od złoto-srebrnego do srebrnego w zależności od zawartości srebra. Stopy o większej zawartości srebra mają niższą gęstość.

są w jubilerstwie i do produkcji monet (czyste złoto nie nadaje się do produkcji monet ze względu na miękkość). Złoto używane do produkcji monet zawiera zwykle 10% srebra. Obecność innych metali zmienia nieznacznie barwę stopu: zielonkawą daje miedź i srebro zaś białe złoto otrzymuje się stapiając je z cynkiem, niklem, palladem lub platyną. Metal ten wykorzystuje się także do uzyskania specyficznych barwników. Rozdrobnione złoto daje szkłu czerwone zabarwienie.

Ołów to metal, który w historii kultury materialnej odegrał znaczną rolę. Znany i wykorzystywany był już w czasach starożytnych, a jego cechy takie jak niska temperatura topnienia, duża gęstość (ciężar właściwy), dobre własności odlewnicze, a także łatwość tworzenia stopów z innymi metalami, spowodowały powszechne stosowanie ołowiu w produkcji rzemieślniczej. Ołów jest metalem miękkim, podatnym na obróbkę, łatwo wchodzi w skład stopów (m.in. mosiądzu) i jest odporny na korozję. Jest i był on używany do wytwarzania amunicji, czcionek drukarskich i szkła kryształowego. Dawniej, przed odkryciem jego szkodliwości na przełomie XIX i XX wieku, był także używany do wytwarzania rur i jako składnik kosmetyków i farb.

W Europie Zachodniej górnictwo ołowiu upadło po upadku cesarstwa rzymskiego. Zaczęło ona ponownie ożywać w XI i XII wieku kiedy znowu zaczęto używać go do produkcji rur i do pokrywania dachów. Stosowano go również jako dodatek do win.

Uzyskanie cynku przez zwykłe wytapianie, tak jak w przypadku ołowiu czy miedzi, nie jest możliwe. Dlatego zaczęto go wykorzystywać stosunkowo późno. Sądzi się, że metal ten zaczęto pozyskiwać ok. 600 lat temu w Chinach, choć pewne informacje pochodzą dopiero z połowy XVIII w z Anglii. Do Europy wiedza o tym metalu zawędrowała dopiero w XVII wieku. Z cynku wytwarza się powłoki ochronne (antykorozyjne) na stali i żeliwie, jest on też ważnym składnikiem stopów m.in. z miedzią i później poznanymi metalami takimi jak glin, magnez i tytan. Stop z miedzią noszący nazwę mosiądzu charakteryzuje się odpornością na korozję w środowisku chlorków np. wody morskiej. Dlatego wykonuje się z niego armaturę okrętową, amunicję, okucia budowlane, elementy maszyn, instrumenty muzyczne, dzwony, monety, pomniki, kłódki itd. Jest też stosowany w przemyśle farbiarsko-lakierniczym (zwłaszcza jego tlenek ZnO – biel cynkowa, oraz siarczek ZnS), ceramicznym oraz jako surowiec szklarski. Jedną z metod otrzymywania cynku na skalę przemysłową jest metoda pirometalurgiczna. Polega zazwyczaj na prażeniu i spiekaniu koncentratów zawierających siarczki cynku, a następnie na redukcji otrzymanego tlenku cynku w piecach szybowych specjalnej konstrukcji zawierających kondensator do szybkiego skraplania par cynku. Cynk metaliczny jest błękitnobiałym kruchym metalem, nie reaguje z wodą w środowisku obojętnym natomiast łatwo wchodzi w reakcje w środowiskach kwasowych lub zasadowych.

Cynk i ołów najczęściej występują wspólnie w postaci jednej rudy i przeważnie są wydobywane z rud siarczkowych. Ołów w stanie rodzimym występuje sporadycznie, natomiast cynk tworzy tylko związki, głównie siarczki i węglany. Do głównych minerałów rudnych tych metali należą siarczki: cynku (sfaleryt – ZnS) i ołowiu (galena – PbS , inne nazwy: galenit, błyszcz ołowiu), z których otrzymuje się 90% produkcji cynku i ołowiu. Rudom tym towarzyszy często srebro. Towarzyszące im pierwiastki kadm, german tal i ind zyskały znaczenie dopiero w czasach współczesnych. Rudy cynku i ołowiu występują w Polsce występują na obszarze śląsko-krakowskim, Gór Świętokrzyskich i na Dolnym Śląsku. Eksploatacja rud ołowiu i związanych z nim rud srebra na ziemiach polskich (zwłaszcza na terenie Małopolski) ma długą tradycję. Znajdowane zabytki archeologiczne wskazują nawet na czasy rzymskie. Przyjmuje się jednak, że miało to miejsce w XI wieku (niewykluczone, że do krycia ołowianymi dachami palatiów książęcych m.in. na Ostrowie Lednickim wykorzystywano ołów wytwarzany z krajowych surowców). Nie ma jednak dowodów na górnictwo – w dzisiejszym rozumieniu – eksploatację złóż kruszców przed wiekiem XII. Pierwsza wzmianka o „kopaczach srebra” z Bytomia znajduje się w bulli papieża Innocentego II z 1136 r. Ośrodkami wydobywczymi był Śląsk (Olkusz, Sławków) oraz Góry Świętokrzyskie (Kielce, Chęciny i Łagów). Od pierwszych wieków istnienia państwa Polskiego system monetarny opierał się na srebrze. W czasach Bolesława Chobrego i Mieszka II emisja polskich monet miała jedynie wymiar symboliczny, za następnymi władcami srebrne monety były bite na masową skalę. Pomimo braku znaczących złóż srebra polscy władcy byli przez dłuższy czas w stanie zaspokoić potrzeby obiegu pieniężnego dzięki zyskom z handlu i innych dziedzin gospodarki. W czasie rozbięcia dzielnicowego srebrne monety emitowali również niektórzy książęta dzielnicowi. Największe, odkryte w XIII w. złoża srebra w Europie środkowej znajdowały się w Czechach i na Węgrzech – były one zasobniejsze niż złoża śląskie. W czasach Władysława Łokietka i Kazimierza Wielkiego w obiegu

w Polsce dominowały grosze praskie, a grosze krakowskie miały znaczenie bardziej wizerunkowe i polityczne podkreślające suwerenność kraju. Na Górnych Węgrzech, czyli na terenie dzisiejszej Słowacji znajdowały się też znaczące złoża miedzi. Od lat 70-tych XIII wieku węgierska miedź i srebro zaczęły być eksportowane przez Polskę w kierunku Bałtyku i do środkowych Niemiec. Trasa transportu prowadziła przez przełom Popradu, Piwniczną, Stary i Nowy Sącz i Bochnię do Krakowa, który posiadał prawo składu w handlu miedzią i z Krakowa przez Piotrków, Łęczycę i Toruń do Gdańska. Miedź była transportowana w plastrach zwanych też bochnami. W Krakowie były one ważone na Wielkiej Wadze, za co pobierano specjalne opłaty. W Wielkiej Wadze ważono również ołów i żelazo. Jak podaje [4.5] wydobywana w Olkuszu rtęć była niezbędna Węgrom do wydzielania ze złóż srebra i złota. Węgrzy płacili za nią srebrem niezbędnym z kolei dla polskich mennic. Obecnie wiadomo, że złoża olkuskie zawierają w przybliżeniu $60 - 260 \times 10^{-12}$ rtęci, ale autor nie znalazł w innych źródłach potwierdzenia informacji o jej wydobyciu w średniowieczu ani szczegółowych wiadomości na temat ówczesnego procesu jej wydzielania. Dawniej podstawową rudą rtęci był cynober (siarczek rtęci HgS), którego niewielkie ilości znajdują się na Dolnym Śląsku, w Pieninach i w Bieszczadach. Największe, i eksploatowane od czasów starożytnych złoża cynobru w Europie znajdują się w Hiszpanii. Złoża słoweńskie były eksploatowane od końca XV wieku. Na Węgry eksportowany był też olkuski ołów. W miarę wyczerpywania się złóż i coraz trudniejszego dostępu do nich znaczenie kopalni węgierskich i czeskich zmalało w XV w.



Rys. 4.1. Złoża żelaza, złota, srebra, ołowiu i miedzi w średniowiecznej Polsce

Rudy cynku i ołowiu występują w Polsce w złożach różnych typów genetycznych. Przemysłowe znaczenie mają jedynie złoża związane ze skałami węglanowymi rejonu śląsko-krakowskiego, występujące w północno-wschodnim obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Region ten jest uważany za największy na świecie obszar występowania tego typu złóż cynkowo-olowiowych (typ doliny rzeki

Mississippi). Na tym terenie znajdują się cztery rejony występowania złóż: olkuski, bytomski, chrzanowski i zawierciański. Rejon bytomski i chrzanowski mają znaczenie historyczne, wydobyte prowadzono tu od wieków średnich. Złóża rejonu zawierciańskiego nie są dotychczas eksploatowane. Obecnie czynne kopanie znajdują się tylko w rejonie olkuskim.

Wszystkie te złoża powstały według wielu geologów w wyniku krystalizacji siarczków cynku i ołowiu ze średnio- i niskotemperaturowych zmineralizowanych roztworów wodnych. Migrujące wzdłuż szczelin, uskoków i szczelin substancje chemiczne znajdujące się w roztworze zmieniają chemicznie istniejące minerały wchodzące w skład skał. Powstają też całkiem nowe minerały w zależności od składu roztworu, jego temperatury, ciśnienia itp. Skały zmieniane były etapowo. Najpierw wapienie uległy dolomityzacji (zostały wzbogacone magnezem), a powstałe w ten sposób dolomity uległy wzbogacaniu głównie minerałami cynku i ołowiu oraz mniejszymi ilościami srebra, kadmu, germanu, talu, indu oraz baru i siarki. Tego typu przemiany noszą nazwę procesów metasomatycznych.

Okruszcowanie cynkowo-ołowiowe występuje na głębokości od 40 do 240 m, na obszarze od kilku do kilkunastu kilometrów kwadratowych, w skałach w wieku od dewonu po jurę.

Oprócz złóż obszaru śląsko-krakowskiego, pewne koncentracje ołowiu i cynku towarzyszą rudom miedzi na monoklinie przedsudeckiej. Mają one niewielkie znaczenie praktyczne, choć część ołowiu jest pozyskiwana z tych rud w trakcie ich przeróbki. Według legendy pierwsze złoża rudy miedzi na terenach polskich miał odkryć w Miedziance na Śląsku niejaki Wawrzyniec Angelus w końcu XII stulecia.

W okolicach Olkusza już we wczesnym średniowieczu, od XII wieku, rozwinęło się górnictwo i hutnictwo, ze względu na płytko położone pokłady ołowianki (galeny) bogatej w srebro. W miarę wyczerpywania się gniazd położonych bliżej powierzchni zaczęto eksploatować coraz głębiej leżące złoża. Były one jednak uboższe w srebro. Rudom ołowiu towarzyszył bogaty w cynk galman. Do czasu opanowania pozyskiwania cynku był on wyrzucany jako bezużyteczny. W II połowie XV wieku wkład węgierskiego mieszczańszczyzny pochodzącego z Lewoczy Jana Turzo umożliwił zastosowanie udoskonalonych metod odwadniania szybów w kopalniach środkowoeuropejskiej w tym w Olkuszu i na Słowacji¹⁸. Jan Turzo opracował też metodę oddzielania srebra od innych rud za pomocą ołowiu¹⁹. Turzo pomagał najpierw w usprawnieniu wydobywania w kopalniach ołowiu i srebra w Olkuszu, a następnie jego umiejętności zaczęto wykorzystywać także w Czechach i na Węgrzech. Maciej Korwin mianował go administratorem kopalni na Górnych Węgrzech. W 1469 roku Turzo założył w podkrakowskiej Mogile hutę miedzi, w której przetapiano surowiec pochodzący z drugiej strony Karpat²⁰. Tu właśnie zastosowano jego nowatorską metodę. Niezbędny do tego celu ołów pochodził z kopalni w Olkuszu, a drewno –

¹⁸ Jan Turzo (pis. również Thurzo) ur. w 1437 r. w Lewoczy, zm. 1508 w Bahia Mare był kupcem i patrycjuszem z węgierskiego rodu Thurzo von Bethlenfalva, którego matka pochodziła z rodziny olkuskiego żupnika Jana Tesznara zdobywał wiedzę o hutnictwie w Padwie i Wenecji. Doglądał wydobywania rud ołowiu i srebra w Olkuszu, a także złota, srebra i miedzi w Czechach, na Śląsku, na Węgrzech i na Słowacji. W 1463 r. osiadł w Krakowie, obywatelstwo miasta uzyskał w 1465 roku. Od 1477 roku był burmistrzem i rajcą miejskim do 1508 r. Uczestniczył w podjęciu decyzji o budowie w Kościele Mariackim ołtarza Wita Stwosza i nadzorował przebieg pracy. W 1494 roku zawarł z Fuggerami spółkę, która zdominowała wydobywanie węgierskiej miedzi i srebra, ich hutnictwo i transport na największe rynki Europy. Główny szlak przewozu urobku z Węgier i półproduktów prowadził przez Kraków w stronę Gdańska. Został pochowany w Lewoczy. Po śmierci ojca interesy przejął jeden z jego synów Aleksy, który we współpracy z Fuggerami (ich później spolszczona gałąź nosiła nazwisko Fukierów) kontynuował m.in. eksploatację rud ołowiu w Długoszynie (Jastrzębiu) i Maczkach (Sosnowcu). Spółka upadła w 1547 roku po rozbiórce Węgier między Habsburgów i Turcję.

¹⁹ Turzo wprowadził do Polski nową metodę ekstrakcji srebra z miedzi zwaną sajgrowaniem. Polegała ona na oddzieleniu srebra od miedzi za pomocą ołowiu. Miedź przetapiana z ołowiem dawała stop miedzi, ołowiu i srebra. Stop wkładano do pieca sajgrowego, gdzie w niskiej temperaturze od miedzi oddzielał się ołów zawierający srebro. Srebronośny ołów trybowano, co w ostatecznym wyniku dawało srebro. Metoda ta przyniosła mu ogromne dochody. Był on jednym z najbogatszych ludzi w Europie Środkowej. Był człowiekiem wykształconym, władał oprócz polskiego i węgierskiego językiem niemieckim, włoskim i łaciną.

²⁰ Obecnie na terenie byłej wsi Mogiła znajduje się dzielnica Nowa Huta i nieczynny już kombinat.

z okolic Krakowa. Miedź ta, po spławieniu Wisłą do Gdańska była sprzedawana na rynki Europy zachodniej i północnej.

Początkowo osadnictwo rozwijało się na zachód od obecnego miasta, lecz w połowie XIII wieku gród został przeniesiony tuż nad rzekę Babę. Przed 1299 rokiem miasto zostało lokowane na prawie niemieckim (akt lokacyjny miasta zaginął, niemożliwe jest ustalenie dokładnej daty). Od tego momentu następuje intensywny rozwój Olkusza.

W XV wieku wyczerpaniu uległy położone płytko pokłady surowców mineralnych, wtedy to zostały wybudowane sztolnie umożliwiające wydobycie z pokładów umiejscowionych na znacznie większej głębokości. W 1551 r. Zygmunt August ustanowił nowy statut dla kopalń w okolicach Olkusza.

W 1579 r. uruchomiono w kamienicy położonej na Rynku mennicę królewską, która działała do końca wieku (w czasach Stefana Batorego i Zygmunta III Wazy). Bito w niej głównie talary, szelągi, grosze i trojaki. Ośrodek olkuski wysunął się w tym okresie na pierwsze miejsce w Polsce, a wydobycie wzrosło czterokrotnie w porównaniu z czasami Złotego Wieku. Kres świetności miasta nastąpił wraz z postępem XVII wieku: wtedy to górnicy zaczęli podkopywać zabudowania miejskie, ponieważ uległy wyczerpaniu złoża kruszców. Do całkowitej klęski przyczynił się potop szwedzki – olkusczy gwarkowie zostali zabrani przez Szwedów do wykonania podkopów pod klasztor na Jasnej Górze, gdzie wszyscy zginęli. W dodatku zaniedbane i zamulone sztolnie spowodowały zalanie kopalń. Przez miasto kilkakrotnie wówczas przetaczały się pożary, które zniszczyły większość zabudowań.

W wyniku III rozbioru Polski w 1795 roku Olkusz przeszedł pod panowanie austriackie, ale po pokoju w Schönbrunn w 1809 roku miasto znalazło się w Księstwie Warszawskim, a od 1815 roku w Królestwie Polskim. Właśnie wówczas poczęto snuć plany odbudowy górnictwa w rejonie olkuskim. W 1814 roku otwarto pierwszą kopalnię rudy cynku.

Region górniośląski cechują najdłuższe w Polsce tradycje górnicze. Początki wydobycia metali szlachetnych i nieżelaznych datuje się na lata 700-400 p.n.e. Z tego okresu pochodzą najstarsze wyroby ołowiane znalezione w tym rejonie. Jednym z głównych obszarów wydobycia i przetwórstwa surowców były okolice Bytomia i Tarnowskich Gór. Pierwsze piśmienne informacje na temat wytapiania metali szlachetnych w tym rejonie można znaleźć w bulli papieża Innocentego II z 1136 roku, w której znajduje się wzmianka o dziesięcinie srebra z kopalni we wsi Zversov (Chorzów). Od XII wieku miał miejsce stopniowy rozwój kopalnictwa kruszców i hutnictwa w tym regionie, szczególnie intensywny od końca XVIII wieku. Najstarsza wzmianka o wydobyciu srebra i ołowiu na zboczach Srebrnej Góry, leżącej na pograniczu terenów Bytomia i Tarnowskich Gór pochodzi z roku 1247.



Fot. 4.2. Koło wodne z młotem z szesnastowiecznej kuźnicy. Muzeum w Sielpi

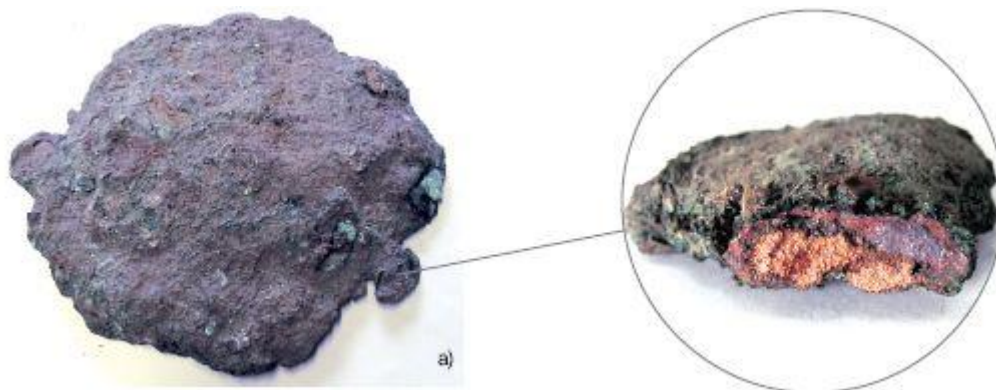
W rejonie Tarnowskich Gór przeważała ołowianka, natomiast w rejonie Bytomia rudy, nieznanego wówczas, cynku traktowane były przeważnie jako skała płonna. W XVI wieku wiedzano jednak, że ze stopienia galmanu z miedzią można uzyskać mosiądz. Wytop mosiądzu odbywał się w hucie w Karniowie na Śląsku Opawskim.

Tarnowskie Góry stanowiły w XVI wieku ośrodek intensywnej działalności górniczej. W roku 1526 książę opolski Jan II Dobry nadał miastu przywilej wolności w zakładaniu kopalń – stało się ono wolnym miastem górniczym. Ten sam książę wydał w 1528 r. *Ordunek Górny* regulujący warunki pracy i płacy w kopalniach srebra i ołowiu. Miał on na celu wspieranie górnictwa kruszcowego na Górnym Śląsku.

Po setkach lat wydobywania surowców rudnych w regionie bytomsko-tarnogórskim wiek XVIII przyniósł zastój górnictwa związany z działaniami wojennymi prowadzonymi między innymi na obszarze Rzeczypospolitej. Ponowny rozwój kopalnictwa nastąpił w drugiej połowie XVIII wieku, kiedy to dzięki rządowi pruskiemu, wznowiono w 1748 roku prace górnicze w Stolarzowicach, a w roku 1755 wniesiono o ponowne uruchomienie kopalń bytomskich. Na początku lat 60. XVIII wieku natrafiono na kruszce w okolicach Tarnowskich Gór. Od 1784 roku w Tarnowskich Górach rozpoczęła pracę kopalnia rudy ołowiu i srebra „Fryderyk” (niem. *Friedrichsgrube*). Funkcjonowała ona do 1911 lub 1912 roku. W 1787 lub 1788 roku przy szybie *Abraham* została uruchomiona pierwsza na Górnym Śląsku i druga na kontynencie, sprowadzona z Anglii 32-cylindrowa maszyna parowa do odwadniania kopalni. Maszyna została zbudowana ze sprowadzonych części w hucie Małapanew. W latach 1790 – 1804 uruchomiono kolejne maszyny parowe zbudowane w odlewni w Gliwicach.

W drugiej połowie XVIII wieku odkryto rudy srebra i ołowiu w Kowarach na Dolnym Śląsku. Ich wydobywanie trwało od 1799 do 1808 roku. Od początku XVIII wieku na Górnym Śląsku rozwijano wydobywanie rud kopalnych m.in. galmanu (utlenionej rudy cynku). Galman wydobywało przedsiębiorstwo rodziny Giesche z Wrocławia. Okres jego największego wydobywania na Górnym Śląsku trwał od połowy XVIII do końca XIX w.

Początki górnictwa srebra i ołowiu w rejonie świętokrzyskim sięgają 1298 roku i odnoszą się do kopalń sławkowskich, a górnictwa miedzi do kopalni w Miedzianej Górze pod Kielcami. Złoże znajdowało się na terenach należących do biskupów krakowskich, w XVII wieku podlegało Skarbowi Królewskiemu, w XVIII wieku Komisji Kruszcowej a po zaborach urzędowi górniczemu w Wiedniu. Wydobywana tam ruda była przetwarzana w kilku hutach leżących na kielecczyźnie, m.in. w Niewachlowie i w Białogonie. Kopalnia w Miedzianej Górze zaczęła pod koniec XVIII wieku upadać z powodu trudnych warunków eksploatacji i wyczerpywania się złoża i została zamknięta na początku XIX wieku. Według niektórych szacunków produkcja miedzi z kopalń miedzianogórskich sięgała 120 – 180 ton rocznie, ale według innych źródeł są to szacunki zawyżone. Z miedzianogórskiej miedzi wykonano blachę na dach zamku wawelskiego, po pożarze w końcu XVI wieku.



Fot. 4.3. Nieregularny plaster miedzi z XIV – XV wieku, znaleziony w budynku Wielkiej Wagi na Rynku Głównym w Krakowie (wymiary 25 x (3,5–4,5) cm). Po prawej stronie fragment plastra z widoczną w przełomie czystą miedzią otoczoną warstwą utlenioną i zanieczyszczoną, źródło

metale.pl

Od drugiej połowy XV wieku miedź z rudy wydobywanej w Miedziance pod Chęcunami wytapiano w hucie w Polichnie. Okres największego znaczenia chęcińskich kopalń miedzi i łożu przypada na panowanie Zygmunta III Wazy. Znaczne zapotrzebowanie na stopy miedzi: brąz, mosiądz i spiż wiązało się wówczas z odlewnictwem dział, dzwonów, przedmiotów artystycznych i ozdób. Nowe złoża miedzi w Miedziance odkryto w 1591 roku, a od 1595 roku były one eksploatowane przez spółkę mieszczan krakowskich i Georga Wintera z Lipska, co spowodowało zwiększenie wydobycia. Gdy miedź z Węgier przestała być sprowadzana na dużą skalę nowe złoża pomogły wypełnić lukę na rynku. W okolicy powstało zagłębie górnicze i hutnicze o skali przekraczającej znacznie dotychczasowe istniejące w pierwszej połowie XVI wieku w okolicy Kielc i Chęcín. Odkrycie nowych złóż rud metali miało również znaczenie wojskowe. Dzięki nim polska armia mogła uruchomić sprawną i niezależną od zasobów zagranicznych produkcję uzbrojenia i amunicji. Miało to istotne znaczenie dla wojen toczonych przez Polskę w pierwszej połowie XVII stulecia. Złoża te nie były jednak na tyle bogate aby umożliwić masowy eksport metali.



Fot. 4.4. Wycinek plastra miedzi oraz porowata bryła metalu znalezione w Wielkiej Wadze, źródło j.w.



Fot. 4.5. Srebrny denar krzyżowy z czasów panowania Zbigniewa (przyrodniego brata Bolesława Krzywoustego), średnica 13,5 mm, waga 0,87 g, źródło: Internet



Fot. 4.6. Galena z kopalni dolomitowej w Miedzianej Górze

W XVIII wieku nastąpił dość znaczny upadek hutnictwa metali nieżelaznych. Jego główną przyczyną stało się wyczerpywanie krajowych złóż ich rud. W rejonie Olkusza w 1761 roku pracowało tylko 5 spośród 17 krajowych hut. Z konieczności korzystały one z coraz uboższych rud. Pod koniec stulecia najbardziej znanymi zakładami były królewskie huty w Niewachlowie i w Miedzianej Górze.

Na podstawie starych kronik można przypuszczać, że węgiel na terenach Polski był już znany w X w., lecz nie umiano z niego korzystać.

Najstarsze wzmianki o górnictwie węglowym na Dolnym Śląsku spotyka się już w 1336 r. za czasów Bolka II, księcia świdnickiego. Znacznie późniejsze wzmianki z 1659 r. mówią o występowaniu węgla kopalnych pod Tęczynem niedaleko Krakowa. Tam też, jak potwierdziły badania historyczne, powstała najdawniejsza kopalnia węgla kamiennego w Polsce. Węgiel jednak wtedy nie miał dużego znaczenia, gdyż pobliskie lasy dostarczały taniego i łatwo dostępnego materiału opałowego. Na skalę przemysłową rozpoczęto eksploatację węgla kamiennego dopiero w drugiej połowie XVIII w., a mianowicie na Dolnym Śląsku w 1743 r., na Górnym Śląsku w 1748 r., kiedy powstały pierwsze kopalnie w okolicach Rudy i Murcek. Na ten sam okres przypada rozwój górnictwa węglowego w okręgu dąbrowskim i krakowskim. Pokłady węgla kamiennego w rejonie Siewierza badał w okresie po I rozbiórce Jan Jaśkiewicz. W 1790 roku zorganizował on jego wydobywanie i wykorzystanie w hutnictwie. Prowadził on też w tym czasie pierwsze w Polsce, udane próby koksowania węgla kamiennego. W 1785 r. w pobliżu Dąbrowy Górniczej uruchomiono wydobywanie węgla kamiennego, a założone kilka lat wcześniej w Olkuszu towarzystwo akcyjne postawiło sobie za cel reaktywację kopalń w tym rejonie. Celem tych zabiegów było uniezależnienie Polski od importu ze Śląska. W 1786 r. w Tarnowskich Górach została otwarta duża huta. Trudna sytuacja finansowa, gospodarcza i polityczna Polski po pierwszym rozbiórce uniemożliwiła jednak wykorzystanie posiadanych zasobów surowcowych i ludnościowych w dostatecznym stopniu.

Śląsk przeżywał natomiast w tym czasie okres wielkiego rozwoju przemysłowego – z którego korzyści czerpało niestety państwo pruskie, dynamicznie się rozwijające i unowocześniające gospodarczo. W XVIII wieku liczba śląskich hut przekroczyła liczbę hut pracujących na terytorium Polski²¹. W 1796 roku uruchomiono w Gliwicach wielki piec hutniczy opalany koksem. Do połowy XIX wieku Śląsk stał się najważniejszą dzielnicą przemysłową Niemiec, a właściwie Prus, gdzie rozwijały się różne gałęzie przemysłu. Rozwojowi Śląska sprzyjała bliskość Odry i budowanego od 1792 r. Kanału Kłodnickiego – zapewniające dobre połączenie z morzem.

Najstarsze wzmianki o górnictwie złota na Dolnym Śląsku pochodzą z 1025 roku. Przed XII wiekiem złoto wyplukiwano w niewielkich ilościach z piasku złotodajnych strumieni. Od XII wieku zaczęto je wydobywać odkrywkowo na Dolnym Śląsku nad dopływami Odry: Bobrem i Kaczawą. Szacuje się, że w dorzeczach Izery, Kwisy i Bobru wydobyto w latach 1175 – 1240 około 50 ton złota. Znaczącym ośrodkiem wydobywania złota był Złoty Stok. Prawa miejskie otrzymał on wprawdzie dopiero w XIV wieku, ale pierwsze ślady wydobywania pochodzą z X wieku. W następnych stuleciach powstało sporo głębiniowych kopalń złota. Okres największego rozwoju przyniósł inwestycje spółek górniczych Fuggerów, Turzów, Welsów i Imhoffów. W 1529 roku w Złotym Stoku funkcjonowało 145 kopalń i kilkanaście małych hut. W szczytowym momencie ilość wydobytej rudy przekraczała 30 tys. ton, a roczna produkcja złota sięgała 60 kg. Stanowiło to około 8% produkcji złota w Europie. Szacuje się, że na tym terenie wydobyto około 16 ton złota. W mieście działała także mennica bijąca monety z wydobywanego złota. Jedną z osób inwestujących w wydobywanie złota w Złotym Stoku był Wit Stwosz. Niestety trafił na złoża, które szybko się wyczerpały i z tego powodu zbankrutował. Złoto wydobywano również w Głucholazach, gdzie pozostały liczne ślady po sztolniach. W Sztolni Trzech Króli wydobywano złoto do 1609 roku. Ważnym ośrodkiem w średniowieczu była także Złotoryja. W XII wieku jej okolice zasiedlili górnicy niemieccy. Prawa miejskie Złotoryji nadał w 1211 roku Henryk I Brodaty. W latach 1180 – 1240 wydobywano nawet 48 kg złota rocznie. Na zboczach Góry Św. Mikołaja do dziś funkcjonuje kopalnia powstała w 1660 roku.

Duże złoża złota znajdowały się również na terenach Czech i Węgier. Na początku XIV wydobywanie złota na Węgrzech pięciokrotnie przekraczało wydobywanie w Czechach i na Śląsku.

²¹ Liczba hut w Polsce w XVIII wieku wynosiła maksymalnie 35 podczas gdy na Górnym Śląsku 45.

Jeszcze w pierwszej połowie XVIII wieku polskie hutnictwo żelaza dorównywało angielskiemu, ale w drugiej połowie już za nim nie nadążało [4.5]

Obecnie w Polsce wydobywa się złoto jedynie ze złóż rud miedzi (w których złoto stanowi niewielką domieszkę) w rejonie Lubina, Polkowic, Rudnej. Produkcja złota odbywa się w hucie miedzi w Głogowie. Obecne szacunki mówią o łącznie 350 tonach złota pod Dolnym Śląskiem.

Kopalnie siarki w Swoszowicach pod Krakowem istniały przed XVI wiekiem, ale w tym czasie nastąpił znaczny rozwój wydobywania. Wzbogacanie i destylacja siarki odbywały się od razu na miejscu. Roczna produkcję w tym okresie szacuje się na 80 ton. Zaspokajało to całkowicie krajowe zapotrzebowanie związane z produkcją prochu i lekarstw oraz wystarczało na eksport do Słowacji, na Dolny Śląsk i transport Wisłą do Gdańska. W początkach XVIII w. zostały uruchomione także w Czarkowej. Po pierwszym rozbiórze Polska utraciła oprócz złóż soli w Bochni i Wieliczce także kopalnie siarki w Swoszowicach. W zachowanym obszarze położonym na północ i zachód od Krakowa znajdowały się na szczęście rudy żelaza, srebra, galmiany i ołowiu oraz węgiel. Te znane i później odkrywane złoża rud i węgla stanowiły pierwszy od kilku wieków nowy zasób o strategicznym znaczeniu.

W okresie Królestwa Kongresowego (1815 – 1830) krajowy przemysł metalowy i zaopatrujące go górnictwo, zlokalizowane głównie w Zagłębiu Staropolskim na Kielecczyźnie, zostały rozbudowane i zmodernizowane. Prowadzone poszukiwania nowych złóż zaowocowały powstaniem kopalni węgla kamiennego i galmanu (surowca do wyrobu cynku, na który istniała wówczas koniunktura) w Zagłębiu Dąbrowskim. W 1816 roku została, z inicjatywy Stanisława Staszica założona w Kielcach Szkoła Akademicko-Górnicza, pierwsza w Polsce uczelnia kształcąca fachowców dla przemysłu i górnictwa.

W średniowiecznych kopaniach kruszcu szyby były nieregularne, nie zawsze pionowe, czasem kwadratowe, niekiedy koliste o średnicy około 1 m. Rzadko sięgały głębiej niż na kilkanaście metrów pod powierzchnię terenu. Od szybów rozchodziły się chodniki podążające za złożem, a więc najczęściej nieregularne. Charakterystyczne było zachowywanie ich możliwie minimalnych wymiarów dla oszczędzenia pracy i kosztów. Miękkie złoża urabiano kopaczkami w kształcie serca, twarde kilofami i młotami. Bardzo twarde skały kruszono za pomocą ognia. Urobek wydobywano w wiadrach z użyciem ręcznego kołowrotu.

5. Wydobyte krzemienia pasiastego

Już w czasach neolitu (5200 – 1200 p.n.e.) i wczesnej epoki brązu zamieszkała w rejonie Gór Świętokrzyskich – przedgórze Iłżeckiego – ludność rolnicza trudniła się również wydobywaniem i obróbką różnych rodzajów krzemienia. W rejonie tym skały starsze od plejstocenu pojawiają się na powierzchni. Dzięki temu różne naturalne surowce stały się dostępne dla eksploatacji nawet prymitywnymi metodami, co zostało zauważone przez ludność w epoce kamiennej, w środkowym paleolicie. Osady z czasów kultury grobów lejkwatych (ok. 3900 lat p.n.e.) odkryto w Bronocicach w pobliżu Działoszyc i w Gawrońcu koło Ćmielowa. W okolicach Krzemionek (w rejonie Ostrowca Świętokrzyskiego) wydobywano atrakcyjnie wyglądający krzemień pasiasty. Zachowane w tym rejonie pozostałości wskazują, że była to jedna z największych kopalni krzemienia na świecie. Starsze od nich kopalnie krzemienia z rejonu Krakowa były eksploatowane już w paleolicie. Krzemień pasiasty jest rodzajem skały osadowej zbudowanej głównie z krzemionki (95%), w której dominuje kwarc i ze skrytokrystalicznego kwarcu (chalcedonu) z domieszką ziaren kwarcu, węglanu wapnia oraz opalu. Występuje w złożach późnojurajskiego wapienia sprzed ponad 150 mln lat w postaci brył o średnicy maksymalnej kilkudziesięciu centymetrów. Pasiastosc wynika ze zmiennej ilości mikroporów, partie jaśniejsze mają ich dużo, a ciemniejsze – mniej.

Pole górnicze w Krzemionkach miało kształt zbliżony do paraboli o długości około 5 kilometrów i szerokości od 30 do 180 m. W jego obrębie występowało 3 – 4 tysiące szybów, a może nawet więcej gdyż część uległa zniszczeniu.



Fot. 5.1. Krzemień pasiasty: prehistoryczna siekierka z czasów kultury pucharów lejkwatych i współcześnie oszlifowane okruchy

W neolicie stosowano dwa sposoby wytwarzania narzędzi krzemienianych. W metodzie rdzeniowej obrabiano krzemień tak, aby otrzymać pożądane narzędzie. W metodzie wiórowej przygotowywano bryłę tak, aby potem odłupać od niej wiór służący jako narzędzie. W kulturze pucharów lejkwatych popularne były zarówno długie wióry jak i siekiery. Od czasów kultury amfor kulistych (3100 – 2600 p.n.e.) aż do schyłku neolitu w II tysiącleciu p.n.e. i panującej wówczas kultury ceramiki sznurowej szczególnie cenione były siekiery z Krzemionek. Technicznie nie różniły się od wykonanych z innego kamienia, ale ze względów kulturowych albo prestiżowych jako wyznacznik luksusu były tak pożądane, że mężczyźni zabierali ze sobą do grobów mnóstwo nieużywanych siekier. Gładzone siekiery z krzemienia

pasiastego były popularne nie tylko na ziemiach polskich, ale eksportowano je także na tereny Szwecji, Moraw i Słowacji – przeważającą ich część rozprowadzano w promieniu 250 – 330 km. Ważnymi drogami transportu, którymi mogły się rozchodzić krzemienne siekierki była Wisła i jej dopływy, ale oprócz tego mogły być one transportowane drogą lądową na wozach.



Fot. 5.2. Siekierka kultury pucharów lejkowatych (3900 – 2800 p.n.e.)

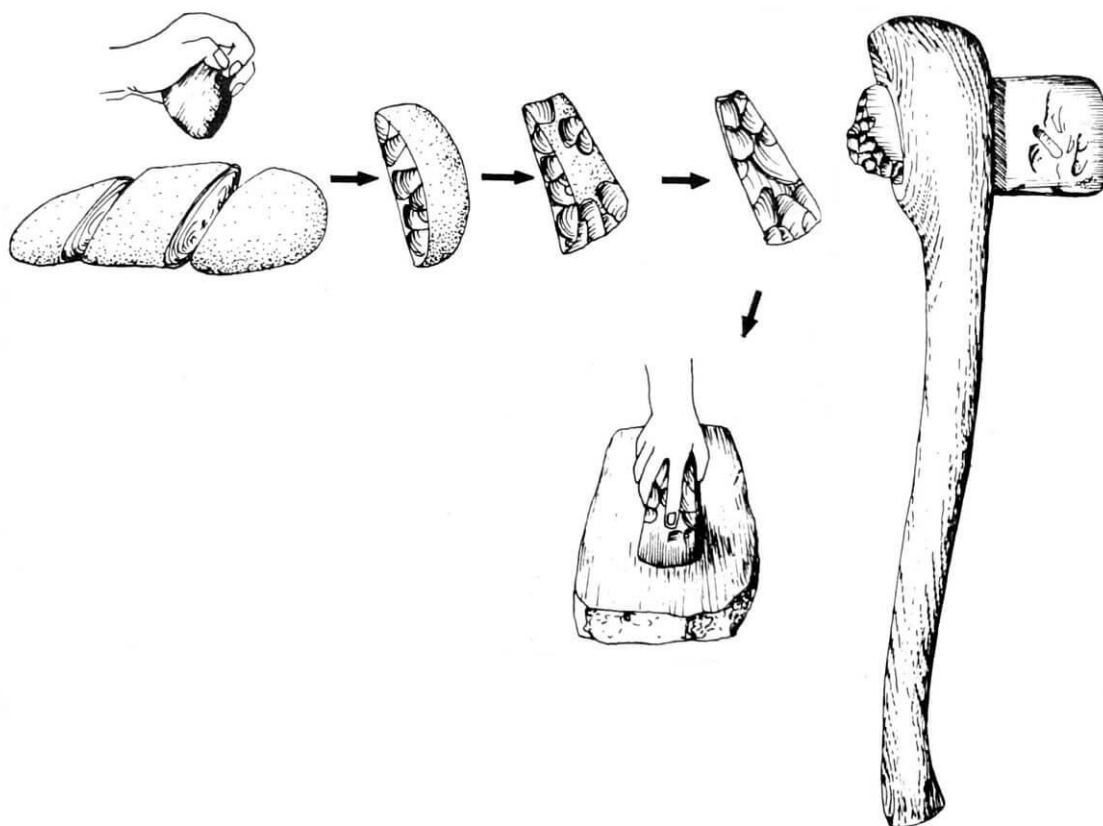
Fot. 5.3. Prehistoryczne narzędzia z krzemienia pasiastego na monecie 2-złotowej

Kopalni krzemienia było wprawdzie wiele w Europie, ale tylko niektóre mogły się poszczycić stosowaniem zaawansowanych technologii wydobywczych. Złóża były eksploatowane bardzo długo i robiono to na kilka sposobów. Mieszkańcy Gawrońca wykorzystujący krzemień pasiasty do wyrobu użytkowych siekier i dłut będące przedmiotami wymiany i dystrybucji. W jego poszukiwaniu kopali jamy i nisze o głębokości zaledwie kilku metrów, ale górnicy kultury amfor kulistych, która potrzebowała go do wyrobu siekier o znaczeniu prestiżowo-kultowym, zaczęli stosować bardziej wyrafinowane metody. W niektórych miejscach były krzemienia występowały tuż pod ziemią, ale w innych konieczne było drążenie szybów. Dochodziły one do głębokości 9 – 10 metrów i odchodziły od nich na boki korytarze o długościach do 20 metrów. Niektóre były wyposażone nawet w otwory wentylacyjne. W ten sposób powstawały kopalnie komorowe lub filarowo-komorowe wydrążone w tamtejszym twardym wapieniu. Podziemne komory miały powierzchnie dochodzące nawet do 500 metrów kwadratowych. Wysokość podziemnych wyrobisk zależała od warunków geologicznych i często leżała w przedziale 55 – 110 cm. Górnicy musieli więc pracować klęcząc lub w pozycji półleżącej. W kopalni odkryto szczątki wypłatanych mat, które mogły izolować ciała górników od podłoża i chronić ich przed reumatyzmem i innymi chorobami „zawodowymi”. Jako oświetlenie służyły łuczywa. W innych kopalniach neolitycznych używano również prostych lampek, ale w Krzemionkach ich nie odkryto. Odnaleziono natomiast rysunki wykonane węglem drzewnym na ścianach. Górnicy używali narzędzi z kamienia, krzemienia i rogu. Były to różnego rodzaju kilofy, dłuta i podbijaki.

Na powierzchnię wydobywano tylko krzemień pozostawiając pod ziemią hałdy skały płonnej. Wentylację wymuszano rozpalając ogniska na dnie szybów i wymuszając w ten sposób ciąg kominowy. Do oświetlenia używano łuczyw i kaganków z tłuszczem zwierzęcym. W tym okresie krzemienne siekiery czworościenne rozchodziły się w promieniu 500 – 660 km. Dowodzi to dużego doświadczenia i umiejętności zrówny górników jak i kamieniarzy zajmujących się obróbką krzemienia pasiastego. Prace te były również czasochłonne. Zasady korzystania z szybów regulowało najprawdopodobniej prawo zwyczajowe. Dostęp do nich miały przypuszczalnie grupy rodzinne i plemienne, natomiast dostęp grup zewnętrznych (szczególnie osób przypadkowych), zwłaszcza nie dysponujących odpowiednim doświadczeniem był niemożliwy albo mocno ograniczony. Przykłady przebiccia korytarzy do sąsiednich kopalń są bardzo rzadkie. Eksploatacja była prowadzona w sposób minimalizujący nakłady pracy przy wydobyciu.

Również w czasach kultury amfor kulistych siekiery z krzemienia pasiastego były odznaką statusu ich właścicieli, a także symbolem władzy i przynależności do konkretnej grupy. Traktowane były też jako amulety i przedmioty ozdobne. Spełniały one więc podobne funkcje jak popularne w tych czasach wyroby bursztynowe i kościane plakietki. Przedmioty te były zwykle umieszczane w grobach

w pobliżu zwłok lub na nich. Część z wydobytych siekierok z krzemienia pasiastego wykazywała ślady świadczące o ich używaniu.



Rys. 5.4. Cykl produkcji neolitycznej siekiery, podział były na mniejsze części, dalsza obróbka, szlifowanie na płytach z piaskowca przy podsypywaniu piaskiem i polewaniu wodą, zamontowanie na drewnianym trzonku ze zgrubieniem wzmacniającym konstrukcję, źródło: medievalheritage.eu

Najpiękniejsze narzędzia krzemowe wytwarzano w epoce brązu (w latach 1900 – 1700 p.n.e.), ale apogeum obróbki krzemienia nie trwało długo. We wczesnej epoce brązu krzemionkowskie złoża były jeszcze eksploatowane przez społeczności kultury mierzanowickiej zamieszkujące żyzne obszary Wyżyny Sandomierskiej. Jednak siekiery z krzemienia pasiastego traciły popularność i rozchodziły się jedynie w promieniu 60 – 80 km. Około 1600 roku p.n.e. krzemień pasiasty przestał być wydobywany i kopalnie w Krzemionkach zostały opuszczone. Pod koniec starożytności na terenie obecnej Polski upowszechniło się żelazo. Narzędzia krzemienne zostały stopniowo zastąpione przez metalowe i wykonane z kości albo poroża.

Ponowne zapotrzebowanie na krzemień pojawiło się pod koniec XVI wieku. Ówczesna broń palna była wyposażona w zamek skałkowy, w którym elementem służącym do wykrzesania iskry była krzemienista skała osadzona w kurku. Oczywiście nie musiał być to krzemień pasiasty. Szczyt zapotrzebowania tego rodzaju przypada na wieki XVIII – XIX. W zamki skałkowe były wyposażone muszkiety, pistolety, armaty i miny, a później też zapalniczki. Krzemień był używany do rozpalania ognia co najmniej do połowy XIX wieku.

W ostatnich dekadach krzemień pasiasty jest stosowany do wyrobu cieszącej się dużym powodzeniem biżuterii. Najpiękniejszy krzemień pasiasty występuje obecnie w wapieniach górnej jury w północno-wschodniej części Gór Świętokrzyskich w pasie od Ożarowa przez Krzemionki Opatowskie do Ilży.

Prehistoryczne kopalnie krzemienia pasiastego z czasów neolitu i epoki brązu w Krzemionkach koło Ostrowca Świętokrzyskiego zostały odkryte w 1922 roku przez geologa Jana Samsonowicza. Kopalnie w Krzemionkach są świadectwem istnienia systemu wiedzy, umiejętności zwyczajów, reguł i praktych związanych z wydobywaniem i przetwarzaniem krzemienia pasiastego oraz dystrybucją przedmiotów z niego wykonanych. Ten pomnik prehistorycznego górnictwa został wpisany w 2019 roku na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO. W dalszym ciągu kryje on jednak przed badaczami wiele tajemnic.



Fot. 5.5. Wnętrze szybu, po prawej stronie widoczne były krzemienne, zdjęcie W. Rajpold, Wikipedia Commons



Fot. 5.6. Rekonstrukcja wydobycia krzemienia w okresie neolitu w Krzemionkach. Model z muzeum archeologicznego w Warszawie. Fot. J. Michalew

5.1. Kultyury prehistoryczne

W rozdziale przedstawiamy, w oparciu o Wikipedię, najważniejsze informacje i cechy charakterystyczne kultur wspomnianych w niniejszym opracowaniu. Zamiarem autora nie jest systematyczne i chronologiczne zaprezentowanie wszystkich kultur występujących na ziemiach polskich w okresie prehistorycznym, a jedynie uzupełnienie tematów związanych z rozwojem praprzemysłu i jego historią.

Kultura pucharów lejkowatych była jedną z kultur neolitu z kręgu kultur naddunajskich, występującą w Europie między 3700–1900 p.n.e., na terenach Jutlandii, Szwecji, Niemiec, Holandii, Polski oraz części Wołynia i Podola.

Powstała na terenie Kujaw pod wpływem oddziaływania kultury lendzielskiej na lokalne podłoże mezolityczne. Nazwa pochodzi od charakterystycznego kształtu formy naczynia z brzuścem baniastym i szeroko rozchylonym kołnierzem.

W Polsce jej ślady odkryto w Łupawie, Mozgawie, Sarnowie, Włocławku, Wietrzychowicach, Gaju, Leśniczówce, Radziejowie, Krężnicy Jarej, Strzeszkowicach, Baniewicach, Zubrzycach i Słonowicach. Zajmowała się głównie hodowlą, łowiectwem i rybołówstwem, ale także uprawiała zboże, znała radło i zaprzęgała do jego ciągnięcia bydło. Jedną z największych osad tej kultury na ziemiach polskich została odkryta w Ćmielowie koło Ostrowca Świętokrzyskiego. Charakterystyczne dla niej były pochówki szkieletowe zwane grobami kujawskimi i rozmaite grobowce megalityczne.

Ludność tej kultury zajmowała się również eksploatacją krzemienia pasiastego z kopalni w Krzemionkach i szarego, biało nakrapianego w Świeciechowie-Lasku koło Annopola. Także pierwsze ślady zamieszkania na Ostrowie Lednickim zalicza się do tej właśnie kultury.

Kultura amfor kulistych była kulturą neolityczną, występującą w latach 3100–2600 p.n.e. w dorzeczu Łaby, w Polsce, Mołdawii, na Wołyniu i Podolu.

Nazwa tej kultury pochodzi od charakterystycznego dla niej typu wyrobów ceramicznych o kulistym brzuścu. Ludność tej kultury eksploatowała krzemień pasiasty z kopalni w Krzemionkach Opatowskich. Na terenie Polski pozostawiła po sobie grobowce megalityczne typu skrzynkowego, datowane na połowę III tysiąclecia p.n.e.

Groby miały najczęściej formę skrzyń z kamieni, przykrytych ziemnym nasypem. Często dno grobowca oraz jego wierzchnia warstwa były brukowane. Wewnątrz znajdowano ozdoby, krzemienne narzędzia (siekiery) oraz naczynia. Wiele pochówków zawiera szczątki zwierząt, głównie bydła z obcięciami rogami. Na naczyniach zarówno na zewnątrz jak i wewnątrz umieszczano znak swastyki (Rębków Parcele wykopaliska w 1938 roku – dziś Rębków Borki). W grobach znajdowano nawet sześć rodzajów garnków i naczyń glinianych, co świadczy o różnorodnej diecie ówczesnych ludów. Ludzie te wierzyły w życie pozagrobowe, na co wskazuje wyposażanie zmarłych w narzędzia i naczynia (prawdopodobnie z jedzeniem).

Narzędzia to przede wszystkim krzemienne siekiery i krzemienne ostrza, natomiast brak jest w znaleziskach kamiennych toporków. Garnki były wykonywane metodą doklejania uformowanych wstępnie wałków. Uszy na garnkach i naczyniach były niewielkie i służyły do zawieszania garnków na sznurkach. Brak w grobowcach naczyń, które by odpowiadały dzisiejszym kubkom, przypuszczalnie dlatego, że były one wykonywane z mało trwałych materiałów np. ze skóry. Kształt szyjki garnków wskazuje na możliwość przykrywania ich właśnie skórzanymi kubkami.

Kultura mierzanowicka jest kulturą archeologiczną z okresu epoki brązu, której nazwa pochodzi od eponimicznego stanowiska archeologicznego w Mierzanowicach koło Opatowa w województwie świętokrzyskim. W dawniejszych opracowaniach materiał archeologiczny obecnej kultury mierzanowickiej określany był jako kultura tomaszowska (nazwa od Tomaszowa w województwie małopolskim). W obrębie kultury mierzanowickiej można wydzielić również jej lokalne grupy: samborzecką (nazwa od Samborca w województwie świętokrzyskim) oraz iwanowicką (od Iwanowic w województwie małopolskim) i pleszowską (od Krakowa-Pleszowa). Ludność kultury mierzanowickiej należała do przykarpackiego kręgu kultur episznurowych.

Ludność kultury mierzanowickiej zajmowała się głównie hodowlą zwierząt, o czym świadczą duże ilości kości kóz, owiec i bydła rogatego. Znaczenie miała też zapewne uprawa ziemi. Duże znaczenie miał również przemysł krzemienisty.

Ceramika kultury mierzanowickiej wykazuje poważne zróżnicowanie lokalne. Obok tradycji kultury ceramiki sznurowej widoczne są oddziaływania kultur naddunajskich okresu wczesnego brązu. Najpopularniejsze formy ceramiczne odnajdywane na stanowiskach kulturowych to dwuuche amfory, naczynia garnkowe o esowatym profilu zdobione guzkami oraz poziomymi listewkami poniżej wlewu, a także naczynia o jajowatym brzusku zaopatrzone w dwa masywne ucha umieszczone u nasady wyodrębnionej szyjki. Bardzo charakterystyczne dla omawianej kultury były również występujące w grobach kolie złożone z paciorków fajansowych kościanych czy wykonanych z muszli. Wśród wyrobów metalowych szczególnie charakterystyczne są miedziane zausznice w kształcie wierzbowego liścia, płaskie siekierki miedziane czy dłuta z podniesionymi brzegami.

Kultura przeworska daw. kultura wenedzka jest kulturą archeologiczną epoki żelaza rozwijająca się między III w. p.n.e. a V w. n.e. na terenach obecnej Polski oraz zachodniej Ukrainy. Dawniej zwana kulturą wenedzką lub grupą przeworską kultury grobów jamowych. Kultura przeworska zastąpiła na znacznej części swojego terytorium wcześniejszą kulturę pomorską, która w wiekach VII – III p.n.e. zajmowała teren niemal całej Polski. Stanowiska kultury przeworskiej graniczyły na północy w II – I wieku p.n.e. ze stanowiskami kultury oksywijskiej.

Dominuje pogląd o związku Wandalów z kulturą przeworską, jednak na wcześniejszym etapie dziejów badań archeologicznych, od okresu międzywojennego, istniała pewna rozbieżność opinii. obrońcy hipotezy o wczesnym rozwoju Słowian na obecnych ziemiach polskich wskazywali na łączność kultur: przeworskiej i łużyckiej. Zauważali także pochodzenie z tych regionów najwcześniej potwierdzonych plemion słowiańskich. Jeszcze inni badacze przychyłali się ku mieszanemu (germańsko-słowiańskiemu) charakterowi kultury przeworskiej.

Nazwa pochodzi od miasta Przeworsk, leżącego niedaleko od miejscowości Gać, w której znaleziono cmentarzysko. Ludność kultury przeworskiej w okresie przedrzymskim zajmowała tereny Śląska, Wielkopolski, Mazowsza, Podlasia i części Małopolski. Drobne, nieistotne zmiany w zasięgu jej występowania obserwuje się w okresie rzymskim.

Zgromadzony materiał archeologiczny kultury przeworskiej datowany jest od fazy C2 okresu lateńskiego do okresu wędrówek ludów (250/200 lat p.n.e. do ok. 400–450 roku n.e.). Kultura przeworska zanikła w starszej części okresu wędrówek ludów.

Charakterystyczna dla ludności kultury przeworskiej jest duża ilość przedmiotów żelaznych. Są to *umba* z kolcem, klamry do pasa o formie sztabkowej lub zawiasowej, koliste sprzączki, nożyki sierpiakowate, a także zestawy narzędzi w postaci młotków, pilników, kowadełek, obcęgow i tłoczków oraz zestawy toaletowe: nożyce, półksiężycowate brzytwy, szczypce²². Badania metaloznawcze wskazują, że 60-70% wyrobów żelaznych tej kultury wykonanych jest z żelaza z okręgu świętokrzyskiego.

Podstawą gospodarki tej kultury było przede wszystkim rolnictwo oraz hodowla zwierząt. Istniał handel ze strefą południowoeuropejską, co poświadczane jest przez liczne importy, np. dzbany i *situle* z Italii²³. Na wysokim poziomie stała produkcja rzemieślnicza. Znane są stanowiska będące wyspecjalizowanymi centrami produkcyjnymi jak np. produkcji garncarskiej we Wrzępi, będące jednym z największych z okresu rzymskiego na terenie europejskiego *Barbaricum*.

Nazwą *Barbaricum* określa się tereny leżące poza granicami cesarstwa rzymskiego, zamieszkałe przez ludność uważaną przez rzymian za barbarzyńców. Leżały one poza rzymską kontrolą administracyjną, ale stanowiły część rzymskiego świata. W pracach badawczych pojęcia *Barbaricum* i Germania (*Germania Magna*) są niekiedy używane zamiennie, choć nie zawsze jest to uzasadnione: obszary *Barbaricum* nie były zawsze zasiedlone jedynie przez plemiona germańskie. W okresie wielkiej wędrówki ludów mieszkańcami *Barbaricum* stali się Alanowie i Hunowie. Od VI w. n.e. na tereny te zaczęły także napływać plemiona słowiańskie.

Kultura ceramiki sznurowej jest archeologiczną kulturą epoki eneolitu (epoki miedzi) z kręgu kultur naddunajskich datowana na III tysiąclecie p.n.e.

²² Umbo jest wyraźnie wyodrębnioną środkową częścią tarczy. Charakteryzuje się najczęściej kolistym kształtem i ma za zadanie wzmocnienie konstrukcji tarczy. Najwięcej znalezionych umb jest wykonanych z żelaza.

²³ Situla jest dużym starożytnym naczyniem wykonanym z brązu, odpowiada wiadrze. Były używane również w średniowieczu.

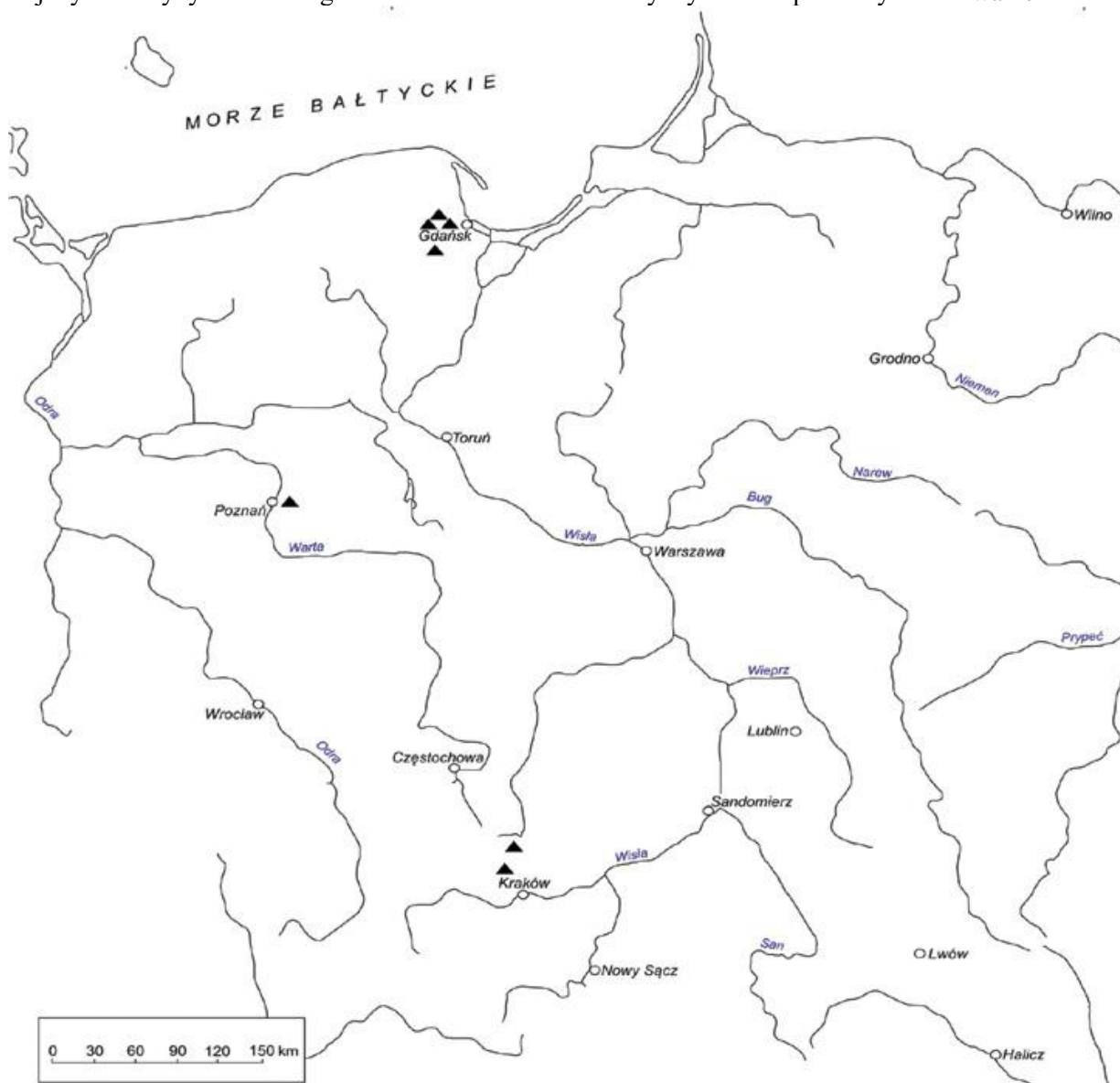
Kulturę ceramiki sznurowej wyodrębniono początkowo na podstawie charakterystycznego sposobu zdobienia ceramiki za pomocą odcisniętego sznura, od którego przyjęła nazwę.

Kultura ta odgrywa istotną rolę w rozważaniach nad pochodzeniem Praindoeuropejczyków, ponieważ wykazuje ona silne powiązania z niewątpliwie już indoeuropejskimi kulturami z epoki brązu. Kultura ceramiki sznurowej rozwijała się w różnych obszarach od około 3100 r. p.n.e. / 2900 r. p.n.e. do około 2300 r. p.n.e. / 1800 r. p.n.e. Znajdźiska na terenie Europy wskazują na intensywne zajmowanie się rolnictwem przez ludność kultury ceramiki sznurowej a co za tym idzie, na osiadły tryb życia. Na niektórych terenach możemy zaobserwować zagęszczenie osad na terenach ziem lessowych co sprzyjało uprawie zboża. Na terenie Niemiec, Holandii i Danii znaleziono ślady użytkowania radła. Obalą to teorię, popularną do niedawna, która mówi o tym że ludność kultury ceramiki sznurowej głównie zajmowała się pasterstwem i prowadziła koczowniczy tryb życia (jednak w najwcześniejszym okresie ten typ gospodarki mógł dominować). W Polsce największe skupiska obserwujemy na Śląsku, Kujawach oraz w południowej i południowo-wschodniej Małopolsce. Kultura ta rozwijała się na terenach zajmowanych wcześniej przez kulturę pucharów lejkowatych i kulturę amfor kulistych.

6. Hutnictwo szkła

Surowcem do produkcji tradycyjnego szkła jest piasek kwarcowy oraz dodatki, najczęściej węglan sodu (Na_2CO_3) i węglan wapnia (CaCO_3), topniki tlenek boru (B_2O_3) i tlenek ołowiu(II) (PbO) oraz pigmenty, którymi są zazwyczaj tlenki metali przejściowych, kadmu, manganu i inne. Surowce są mieszane, topione w piecu w temperaturze 1200–1300 °C (dzięki dodaniu węglanu sodu), po czym formowane w wyroby przed pełnym skrzepnięciem. Naturalne szkło, jak obsydian, wykorzystywano jako broń w Ameryce. Produkcja szkła znana była już ponad pięć tysięcy lat temu. W I w. p.n.e. znano metodę wytwarzania przedmiotów przez wydmuchiwanie, w XIX wieku wynaleziono metodę odlewania. Po dodaniu do masy szklanej odpowiednich tlenków metali można otrzymać szkło barwne.

Technika wytwarzania cienkich płaskich szyb została udoskonalona w XIV wieku w Normandii. Pojedyncze szyby okienne – gomółki szklane – rzemieślnicy wytwarzali przez wydmuchiwanie



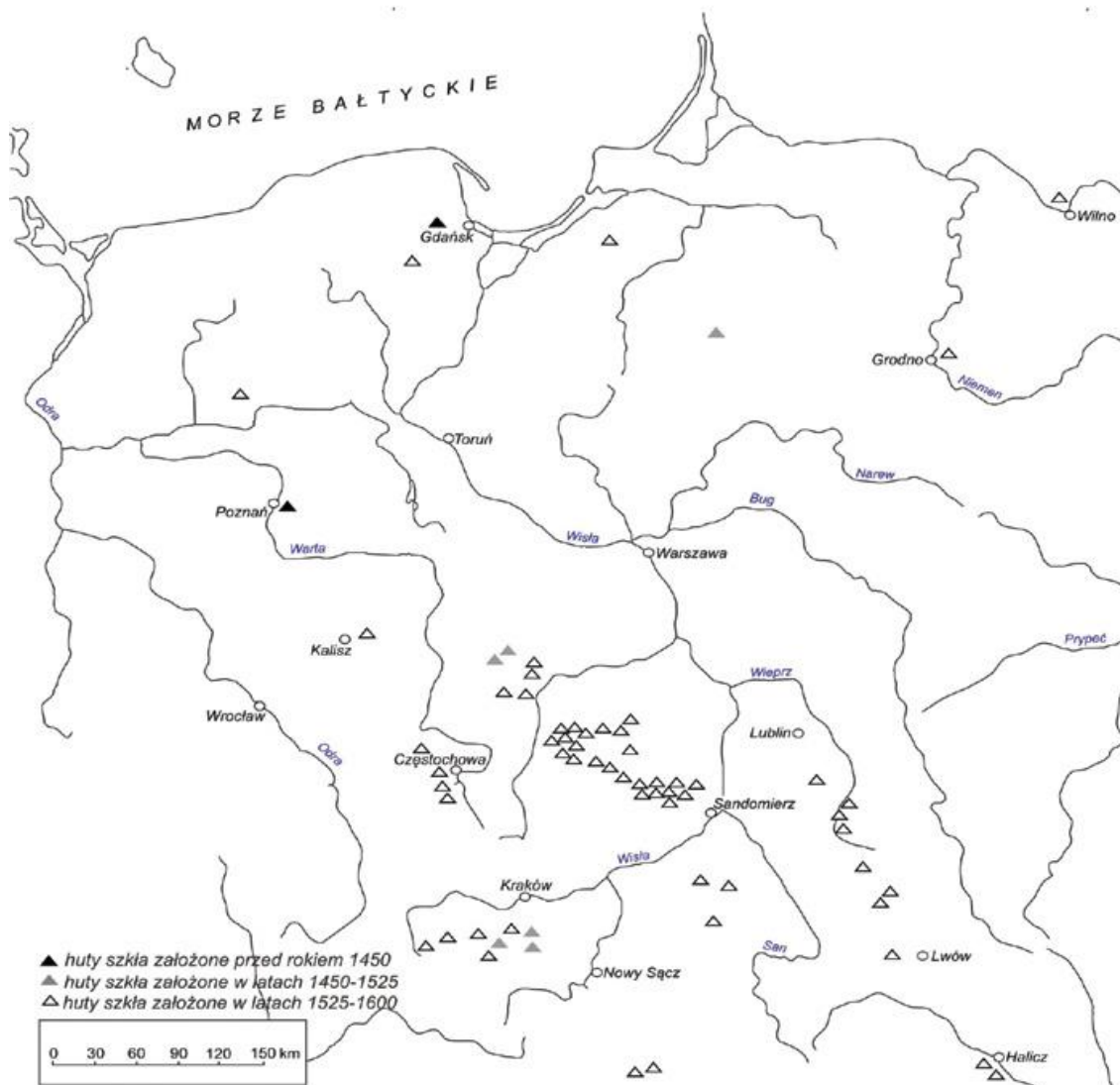
Rys. 6.1. Huty szkła założone w latach 1300 – 1450, źródło [6.2]

Najprawdopodobniej najstarsza huta szklana na ziemiach polskich działała w okolicach Poznania nad rzeką Cybiną. Wspomina o niej dokument biskupa Andrzeja z 1310 roku a informacje potwierdza dyplom biskupa Jana z 1327 roku. Oba dokumenty zaświadczenia o istnieniu „młyna szklanego” dzierżawionego przez szklarza, ale nie podają jego dokładnej lokalizacji. Można to interpretować jako ogólna informacje o produkcji szkła w Wielkopolsce. Wykopaliska archeologiczne pozwalają przypuszczać, że już we wczesnym średniowieczu istniały na ziemiach polskich warsztaty produkcji szkła zlokalizowane

w ośrodkach miejskich. Ślady tej działalności pochodzą z Pomorza: z Wolina, Szczecina i Gdańska, z Wielkopolski z Gniezna, Kruszwicy, Niemczy i ze Śląska: z Wrocławia, Opola, Legnicy, Głogowa i Lwówka Śląskiego. Większość z nich można datować na XII wiek. Brakuje jednak źródeł pisanych zawierających dokładniejsze wiadomości. W XIII wieku zaczęły powstawać większe, leśne, huty szkła. Zmniejszał się udział niewielkich zakładów zlokalizowanych przy grodach.

Źródła materialne, uzyskiwane w wyniku prac archeologicznych w miejscach produkcji szkła, potwierdzające produkcję na danym obszarze to odpady poprodukcyjne: żużle, kawałki zakrzepłej masy szklanej, półfabrykatów, produkty odrzucone jako nieudane, narzędzia takie jak ułamki tygli, pozostałości kamiennych pieców oraz glinianych palenisk. O istnieniu warsztatów i hut szkła mogą świadczyć również nazwy własne występujące w danym rejonie.

Na podstawie późniejszych źródeł pisanych można określić liczbę hut szklanych na ziemiach polskich z okresu od początku XIV do połowy XVII wieku na 93 zakłady. Najwięcej znanych było zlokalizowane na terenie Małopolski, gdzie działała ich ponad połowa. W Wielkopolsce działało około 10% zakładów, a pozostałe rejony były słabiej reprezentowane. Pierwsze wzmianki o istnieniu hut szklanych na terenie Małopolski pochodzą z początku XIV w. Były to zakłady zlokalizowane w lasach dzisiejszego powiatu olkuskiego. Kolejne dane o małopolskich hutach pochodzą z połowy XV w. Te przedsiębiorstwa funkcjonowały o wiele dłużej, aż po XVII stulecie. Były one lokalizowane w południowej części województwa krakowskiego, od Żywca do Jasła, czyli od śląskiej granicy i do górnego biegu Wisły aż do Wisłoka, wzdłuż zbroczy Beskidów Zachodnich.



Rys. 6.2. Rozmieszczenie hut szkła w Polsce w latach 1450 – 1600, źródło [6.2]

Najbardziej na zachód wysunięte były huty żywieckie, w okolicach Żywca. Po sąsiedzku, ale już poza granicami Polski, znajdował się zakład w Brennej nad Brennicą, w księstwie cieszyńskim. Na południowy wschód od przedsiębiorstw żywieckich znajdowały się dwie huty należące do zamku zatorskiego. Najprawdopodobniej pracowały one na potrzeby wyposażenia tego zamku. Na wschód, w lasach na południe od Stryżawy i Suchej, istniała huta, której wyroby udało się sprzedawać na rynku krakowskim. Cztery zakłady produkujące szkło znajdowały się wokół Myślenic i Dobrej. Najważniejszym z nich była huta w Trzebuni, działający przynajmniej przez półtora stulecia, aż do XVII w. Jej wyroby były kupowane na użytek dworu królewskiego.

Huta w Jazowsku nad Dunajcem niedaleko Nowego Sącza produkowała głównie szyby szklane. Istniała ona od XVII do początku XIX wieku. Inne huty produkujące szyby działały na południowych krańcach województwa krakowskiego.

Kilka skupisk hut szklanych istniało w XVI i XVII wieku w północno-zachodniej Małopolsce w okolicach Częstochowy, na terenach starostw olsztyńskiego i krzepickiego. Ośrodek na terenie starostwa chęcińskiego dostarczał dużych ilości szkła na rynek krakowski. Duże skupisko hut szkła istniało w Górach Świętokrzyskich. Zakłady należały do różnych kompleksów dóbr, nie było to więc skupisko jednorodne.



Rys. 6.3. Rozmieszczenie hut szkła w Polsce w latach 1600 – 1650, źródło [6.2]

W Wielkopolsce oprócz wspomnianych zakładów z XIV wieku powstały w wiekach XV i XVI huty nad Nerem, w dobrach pabianickich, wolborskich, w rejonie Kalisza, a w XVII wieku w rejonie Ujścia i Piły, pod Poznaniem i w starostwie odolanowskim.

Jeśli chodzi o pozostałe dzielnice Polski to najwcześniejsze informacje o hutach szkła w okolicach Gdańska pochodzą z końca XIV i początku XV wieku. Produkcja szkła w tym rejonie wzrosła w XVI i XVII wieku. Powstały spółki wytwórców oraz stosowano pracę nakładczą. Kilka hut należało do klasztoru w Kartuzach. Szkło w średniowieczu i wczesnych czasach nowożytnych produkowano także na Warmii. Pierwsze wzmianki pochodzą z XV wieku. W XVII i XVIII wieku powstawały huty szklane na ziemiach litewskich i ruskich. Lokalizacje hut były związane z obszarami leśnymi dostarczającymi drewna na opał i popiołu drzewnego, oraz ze strumieniami dostarczającymi wody do płukania piasku, a także z infrastrukturą drogową i rynkami zbytu w miastach.



Rys. 6.4. Rozmieszczenie hut szkła w Polsce od połowy XVII do połowy XVIII wieku, źródło [6.2]

Najstarsza bezpośrednia wzmianka dotycząca zakładów szklarskich na Dolnym Śląsku pochodzi z dokumentu z 1358 roku. Od XIV do końca XVI wieku huty szkła rozwijały się głównie w południowej części Kotliny Kłodzkiej między masywem Śnieżnika a Górami Bystrzyckimi. Oprócz tego zakłady powstawały w tzw. państwie międzyzleskim, a od XVI także w północnej części Kotliny Kłodzkiej na przedgórzu Gór Sowich w związku z wyczerpywaniem się zasobów leśnych. Korzystne warunki do rozwoju przemysłu szklarskiego występowały również w Czechach.

W połowie XVII w. na Śląsku funkcjonowały trzy huty: w Szklarskiej Porębie, Mnichowie (aktualnie na obszarze Czech) oraz w Czerniawie. Do końca tego stulecia uruchomiono kolejne zakłady w rejonie

Wałbrzycha, w Radosnej, Lasówce, w okolicach Kalisza, w Kotowskim, w pobliżu Legnicy, w Radwanicach oraz w sąsiedztwie Katowic, w Mokrem. Nie utworzyły one jednolitego skupiska, a czas ich funkcjonowania był raczej krótki. W połowie XVIII w. wykształciły się większe zgrupowania hut: w powiecie sycowskim w województwie kaliskim oraz w województwie katowickim w powiatach rybnickim i pszczyńskim. W drugiej połowie tego stulecia zakłady szklarskie tworzą w powiecie jeleniogórskim, noworudzkim, oleckim i lublinieckim. W tym czasie w Jeleniogórskim, w okolicach Szklarskiej Poręby i Cieplic zaczęły rozwijać się ośrodki obróbki szkła. Później, podobne zakłady zaczęły powstawać także w Kłodzkim. Były to głównie szlifiernie. W latach czterdziestych XIX w. dominującą pozycję wśród śląskich ośrodków produkcji zajęła rejencja legnicka z przedsiębiorstwami jeleniogórskimi i byłego powiatu rozborskiego. W rejencji wrocławskiej przodowały okolice Kłodzka, a w rejencji opolskiej okolice Pszczyny i Opola.

Tylko nieliczne z hut przetrwały do XVII stulecia. Duże zniszczenia przyniosły wojny w XVII wieku, a zwłaszcza potop szwedzki.



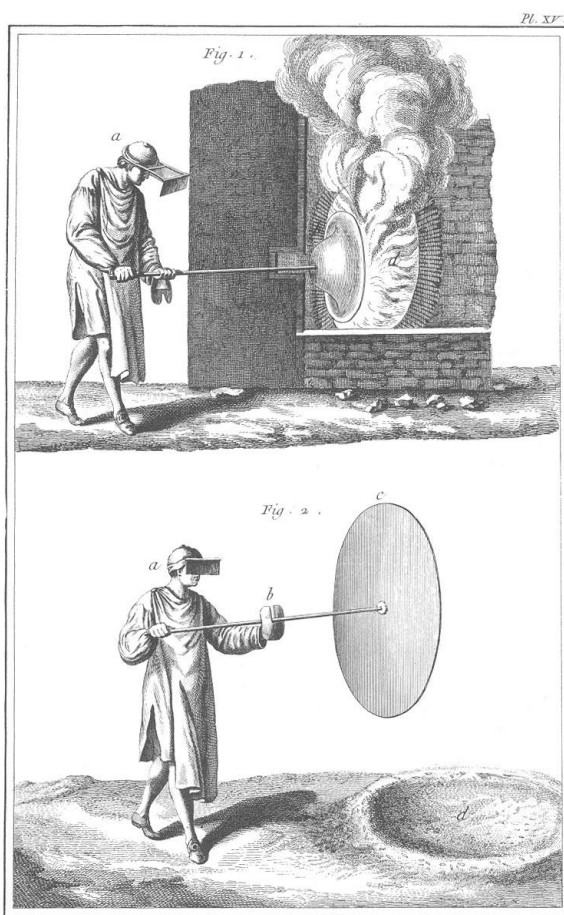
Rys. 6.5. Rozmieszczenie hut szkła w Polsce w drugiej połowie XVIII i pierwszej połowie XIX wieku, źródło [6.3]

W ramach prób odbudowy przemysłu szklarskiego w czasach Augusta II powstała w Warszawie na Bielanych manufaktura szklana. Był to pierwszy i jedyny zakład na Mazowszu. W okolicach Otwocka powstał też zakład produkujący naczynia szklane zdobione, bałe i kolorowe. Szkło dobrej jakości dostarczała huta znajdująca się w Radziejowicach. Manufaktury na kresach zakładali Radziwiłłowie.

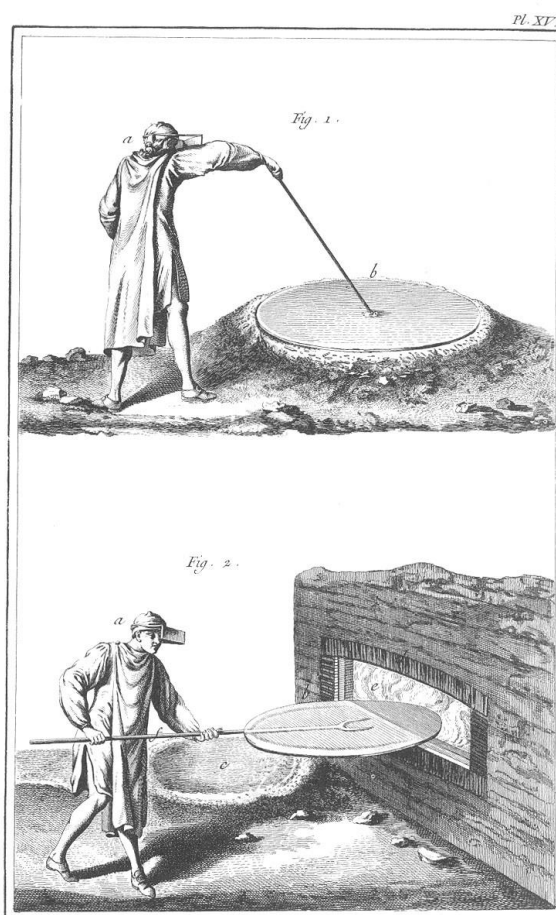
Dostarczały one głównie zwierciadeł. Stosunkowo prosta technologia i łatwa dostępność surowców powodowały, że huty szkła zakładała w swoich majątkach nie tylko magnateria ale również średnio zamożna szlachta i dzierżawcy majątków ziemskich²⁴. Produkcja niewielkich zakładów obejmowała szklane naczynia, butelki, kufle, kieliszki a później też osłony szklane do lamp naftowych. Produkty te były rozprowadzane głównie na lokalnych rynkach.

W pierwszej połowie XVIII wieku na obszarze całego kraju zaczęły w dobrach ziemskich powstawać mniejsze huty szklane. Były one najczęściej zakładane na ziemiach zasobnych w glinę, wapieni i biały piasek. Na Mazowszu i Podlasiu powstało około dziesięciu zakładów, w Wielkopolsce uruchamiano zakłady po lewej stronie Noteci w dorzeczu środkowej Warty, w okolicach Gniezna, Konina Kalisza i Odolanowa, a na Pomorzu w okolicach Malborka. W dalszym ciągu najlepiej rozwinięty był przemysł szklarski w Małopolsce i na Rusi Czerwonej: na Podgórzu, w Beskidach, w Górach Świętokrzyskich i na Rostoczu. Do najbardziej znanych należały zakłady w Porębie Wielkiej w okolicach Nowego Targu, w Lubaczowie. Kilkanaście hut działało w okolicach Żytomierza, i kilka na Podolu.

Większość małych przedsiębiorstw lokowano w najbliższym sąsiedztwie miast, stanowiących dla nich rynek zbytu. Większość hut mazowieckich znajdowała się koło Warszawy, a wielkopolskich wokół Poznania, Kalisza i Gniezna.



Verrerie en bois, opération de chauffer la Bosse pour l'ouvrir et en faire le Plat et le porter à la plotte.



Verrerie en bois, l'opération de plotter le plat et de le faire recuire au Four.

Rys. 6.6. Ręczne wytwarzanie szkła okiennego: rozgrzewanie bryły szklanej i otrzymanie płaskiej tafli przez obrót

Rys. 6.7. Układanie tafli na płaskiej powierzchni i ponowne rozgrzewanie

²⁴ Do surowców tych należało drewno niezbędnie nie tylko do opalania pieców, ale także do wytwarzania potażu wykorzystywanego przy topieniu szkła. Potaż był wytwarzany z popiołu otrzymanego po spalaniu węgla drzewnego

Stopione szkło przeznaczone na jedną szybę wydmuchiwano się w dużą bańkę za pomocą piszczele szklarskiej. Następnie bańkę się spłaszczało i przyczepiało do końcówki żelaznego pręta, o nazwie przylepiak, który robotnik obracał najszybciej, jak potrafił. Spłaszczona bańka szkła rozkładała się jak wachlarz i tworzyła koło o średnicy od 1 do 2 m. Z okrągłych, płaskich tafli szkła, odpowiednio przyciętych, wyrabiano małe okienka, przeznaczone głównie dla kościołów. „Wole oko” w środku koła było najmniej przezroczyste, ale wykorzystywano i te fragmenty, ponieważ szyby były bardzo kosztowne. Wytrawny szklarz był w stanie wykonać tą metodą ok. tuzina szyb dziennie i dlatego w średniowieczu szklane okna były drogim luksusem. Znaną była również technika polegająca na wydmuchiwaniu podłużnej bańki w kształcie walca (tzw. cholewy). Następnie odcinano końce, a powstały cylinder rozcinano wzdłużnie. Po rozprostowaniu otrzymywano niewielką tafkę szkła okiennego.

6.1. Rodzaje szkła

Szkło jest nieorganicznym materiałem amorficznym powstającym w wyniku schłodzenia płynu do stanu stałego bez etapu krystalizacji.

W literaturze można spotkać wiele definicji szkła i stanu szklistego. Najbardziej popularne jest definiowanie tego stanu w oparciu o budowę wewnętrzną – mianowicie, że nie ma ona uporządkowania dalekiego zasięgu. Sposób rozmieszczenia podstawowych elementów sieci przestrzennej szkła przypomina rozmieszczenie cząsteczek w cieczy lub gazie.

Rozróżniamy obecnie następujące rodzaje szkła:

- Szkło kwarcowe: szkło, w którym głównym składnikiem jest kwarc. Charakteryzuje się niskim współczynnikiem rozszerzalności termicznej i niską absorpcją promieniowania nadfioletowego. Ma wysoką temperaturę mięknięcia (ok. 1400 °C), w porównaniu ze zwykłymi szklami (ok. 600–800 °C), co podwyższa koszty jego wytwarzania. Stosowane jest do wyrobu aparatury laboratoryjnej ze względu na dużą odporność na nagłe zmiany temperatury oraz działanie kwasów. Używane jest również do wyrobu naczyń laboratoryjnych przepuszczających promieniowanie ultrafioletowe.
- Szkło budowlane: płaskie walcowane i ciągnione, zespolone, hartowane, barwne nieprzezroczyste, piankowe, szkła budowlane są zazwyczaj szklami sodowo-wapniowo-potasowo-krzemianowymi.
- Szkło jenajskie zwane też szkłem boro-krzemianowym – wynalezione w Jenie, cechujące się stosunkowo niską temperaturą topnienia (ok. 400 °C), łatwością formowania i jednocześnie wysoką odpornością na nagłe zmiany temperatury. Jest ono stosowane w sprzęcie laboratoryjnym i kuchennym. Jego odmianą jest szkło pyrex, które ma skład znacznie ulepszony w stosunku do szkła jenajskiego.
- Szkło ołowiowe (kryształowe) – przepuszczalne dla ultrafioletu, o bardzo wysokim współczynniku załamania światła. Jest bezbarwne lub o odcieniu żółtym lub fioletowym. Gęstość 3,4–4,6 g/cm³. Używane do produkcji wyrobów dekoracyjnych, soczewek optycznych, przezroczystych osłon przed promieniowaniem rentgenowskim (o grubości równoważnej zwykle 2 lub 5 mm ołowiu) i promieniowaniem gamma.
- Szkło optyczne. Stosowane na potrzeby optyki. Ważne cechy takiego szkła to m.in. współczynnik załamania i gęstość.
- Szkło sodowe: CaO, SiO₂, Na₂O. Ma bardzo duże zastosowanie w życiu codziennym, wykonane są z niego np. opakowania szklane, szyby, szklanki.
- Szkło sodowo-potasowe uszlachetnione barem.

Szczególnym zastosowaniem szkła jest produkcja tzw. włókna szklanego. Powstaje ono przez precyzyjne stopienie masy szklanej przez otwory o bardzo małej średnicy. W zależności od średnicy i składu włókno takie ma dwa główne zastosowania:

- Światłowód dzięki wewnętrznemu odbiciu impulsy świetlne w odpowiednio przygotowanym włóknie szklanym mogą bez znaczącego osłabienia pokonywać ogromne odległości. Dodatkowo jedno włókno światłowodowe może przekazywać jednocześnie wiele takich impulsów o różnych częstotliwościach, dzięki czemu przepustowość informacyjna światłowodu jest gigantyczna w porównaniu z tradycyjnymi miedzianymi przewodami. Światłowody mają ogromne i wciąż rosnące zastosowanie w teleinformatyce.
- Tkaniny i maty szklane służące do zbrojenia sztucznych żywic, czyli produkcji tak zwanych laminatów. W połączeniu z żywicami poliestrowymi (tańszymi) lub epoksydowymi (droższymi, ale wytrzymalszymi i odporniejszymi) tworzą lekki, wytrzymały i odporny materiał konstrukcyjny, powszechnie

stosowany w lotnictwie, szkutnictwie, przemyśle samochodowym. W wypadku droższych i bardziej wymagających konstrukcji włókna szklane bywają uzupełniane lub zastępowane węglowymi lub aramidowymi.

Tradycyjnie szkło stanowi medium dla artystów. Na weneckiej wyspie Murano nadal utrzymywana jest od XIII wieku tradycja precyzyjnego i kolorowego hutnictwa i dmuchanego szkła weneckiego. Nadal jest to światowe centrum dla artystów i amatorów szkła. Znajduje się tam *Museo Vetrario*, czyli Szklane Muzeum, ze szkłem wytwarzanym lokalnie, a także archeologicznymi znaleziskami z Egiptu i Libanu – kultury Fenicji, której to kupcy, według rzymskiego historyka Pliniusza Starszego, podobno przypadkowo stworzyli szkło w ognisku około 5000 r. p.n.e.

7. Budowa statków

Do najczęściej spotykanych w żegludze bałtyckiej statków należały w średniowieczu i w późniejszych wiekach kogi, hulki i geleony. Konstrukcje statków północnoeuropejskich różniły się od śródziemnomorskich. Istotną różnicą było też to, że praktycznie nie stosowano napędu wiosłowego. W czasach wczesnego średniowiecza na Bałtyku stosowane były łodzie wikińskie. Były one wąskie, płaskie i miały małą ładowność. Miały one ożaglowanie rejowe prostokątne, a wikingowie wspomagali napęd wiosłami. Wikingowie pływali nimi nie tylko po morzach ale również wpływali do dolnych biegów rzek. Konstrukcje te były znane (i budowane) również na południowym wybrzeżu Bałtyku – wśród plemion pomorskich.

Koga była jednomasztowym statkiem o płaskodennym pękatym kadłubie (stosunek długości do szerokości wynosił 3:1) z poszyciem zakładkowym. W XIII – XV wieku dominowała w żegludze na Bałtyku i Morzu Północnym i stała się podstawowym statkiem handlowym Hanzy. Jej istotną wadą była mała zwrotność. Posiadała ona ożaglowanie rejowe składające się najczęściej z jednego dużego prostokątnego żagla o powierzchni 80 – 170 m³. Jej wyporność wynosiła 80 – 200 ton, czasami dochodziła do 300 ton.

Koga wywodziła się z nefu i z biegiem czasu przekształciła się w niego większy i zwrotniejszy holk, na którego ostatnim maszcie zastosowano ożaglowanie trójkątne (łacińskie). We wczesnym średniowieczu żagle były robione z lnu.

Nef był zachodnioeuropejskim statkiem handlowym o stosunku długości do szerokości 3:1. Cechował je ciężki pękaty kadłub o podniesionym dziobie i rufie z poszyciem zakładkowym. Pierwsze nefy pojawiły się w XI wieku. W wiekach XII i XIII były one używane we flotach angielskiej, francuskiej, hispańskiej i portugalskiej. Statek miał jeden maszt z dużym żaglem rejowym, a boczny ster wiosłowy ulokowany był na prawej burcie. Początkowo podczas wypraw wojennych umieszczano na dziobie i na rufie (niekiedy na maszcie) kasztele na belkowych wspornikach, z blankami dla ochrony łuczników. Z czasem zaczęto je tam zabudowywać na stałe.

Wczesne kogi (XII wiek) miały ster boczny w postaci wiosła sterowego umieszczonego na prawej burcie przy rufie. Zostało ono następnie (pod koniec XII wieku) zastąpione przez ster zawiasowy zawieszony na długiej tylnicy na wysokiej rufie. Sylwetka różniła się od innych dzięki wysokim kasztelom z blankami umieszczonym na dziobie i rufie. W kasztelach umieszczano uzbrojenie statków. Pod nimi znajdowały się pomieszczenia mieszkalne dla załogi i kupców. Reszta statku była przykryta pokładem. Osadzony w stępce duży maszt miał wysokość 16 – 24 m znajdował się na środku kadłuba. Późnośredniowieczne kogi miały po dwa lub trzy maszty. Dodatkową cechą charakterystyczną było to, że dziobnicę i tylnicę kogi stanowiły proste belki wychodzące ukośnie ze stępki. Z przedłużonej belki dziobowej wykształcił się późniejszy bukszpryt.

Kogi miały przeważnie długości 16 – 30 m, szerokości 5 – 8 m i zanurzenie 2 – 3 m. Średnia szybkość hanzeatyckiej kogi wynosiła przy dobrym wietrze 4,5 – 6,3 węzła (mili morskiej – 1852 m – na godzinę). Przy spokojnym morzu rejs z Tallina do Lubeki, czyli przez całą szerokość Bałtyku trwał mniej więcej sześć dni. W odróżnieniu od stosowanej na Bałtyku kogi nordyckiej (hanzeatyckiej) koga śródziemnomorska posiadała także napęd wiosłowy (2 x 20 wiosł na burcie) i ster burtowy. Kogi przystosowane do działań wojennych były do XIV wieku wyposażone w katapulty i balisty. Później ich uzbrojenie stanowiło 8 – 20 dział o wagomiarze 9 do 12 funtów. Załoga dużej kogi liczyła 80 – 90 osób, w tym 40 – 50 zbrojnych.

Holk był dużym średniowiecznym żaglowcem północnoeuropejskim z XV – XVI wieku. Wywodził się z kogi i był używany w żegludze na Bałtyku i Morzu Północnym. Początkowo tą nazwą określano duże jedno- lub trójmasztowe kogi. Później uległ on przekształceniom pod wpływem śródziemnomorskiej karaki. Holk posiadał przedni i tylny kasztel, poszycie klepkowe łączone na zakładkę i ster zawiasowy. Trójmasztowe holki zwykle posiadały dwa maszty z ożaglowaniem rejowym i ostatni z ożaglowaniem łacińskim. Innymi różnicami w stosunku do kogi były ścięta rufa i duża prostokątna nadbudówka rufowa. Holk nie posiadał prawdziwej dziobnicy i tylnicy, czyli belek stanowiących pionowe lub pra-

wie pionowe przedłużenie stępki. O ile ładowność typowej kogi była zbliżona do 80 łąsztów, o tyle holki mogły przewozić ponad 150 łąsztów towarów, a od XV wieku nawet około 200 łąsztów²⁵.

W drugiej połowie XV wieku budowano holki o nośności do 800 ton. Holki wykorzystywano także do działań wojennych uzbrajając w kilkanaście dział umieszczonych na śródokręciu i na kasztelach. W XVI wieku holki zostały wyparte przez galeony. Statki te były w Polsce znane również pod nazwą hulków. Holki pozwoliły na obniżenie kosztów transportu, co w XIV wieku stało się istotne w przypadku transportu towarów masowych: zboża i soli.

W XVI w. w Hiszpanii z południowoeuropejskiej karaki powstał nowy typ statku – galeon. W zasadzie był to wielki statek handlowy, przystosowany do celów wojennych. Miał najczęściej nośność do 1000 t (największe nawet do 2300 t), pojemność rzędu 750 łąsztów, długość 40 m (30 – 55 m), szerokość 10 m (7 – 14 m) a zanurzenie 5 m. Konstrukcja powstała dla potrzeb żeglugi oceanicznej.

Galeon jest punktem zwrotnym w rozwoju budownictwa okrętowego w okresie od prymitywnych form do nowoczesnych żaglowców, których ewolucja postępowała aż do sławnych kliprów. Powstanie tak dużego i przy tym zwrotnego statku, zdolnego do długich rejsów oceanicznych, wynikało z potrzeby rozwoju żeglugi między Hiszpanią a jej koloniami w Ameryce. Wymóg rozłokowania kabin dla osadników i żołnierzy, którzy w coraz większej ilości płynęli do Ameryki, został rozwiązany głównie przez podwyższenie nadbudówki rufowej, która osiągała nawet 7 kondygnacji. Na początku XVI w. nie było zasadniczych różnic między żaglowcami wojennymi a handlowymi. Wszystkie one posiadały do swojej obrony działa, które w czasie wojny były uzupełniane dalszym uzbrojeniem. Od galeonu XVI w. rozpoczęła się specjalizacja statków i ich podział na wojenne (czyli okręty) i handlowe, który przetrwał do dzisiaj. Doszło do tego między innymi z tego powodu, że uzbrojenie na galeonach handlowych zajmowało cenną przestrzeń ładunkową.

Uzbrojenie nie było już rozmieszczone tylko na górnym pokładzie i w nadbudówkach, ale również na dolnym pokładzie. Siła ogniowa podwoiła się, ale jednocześnie doszło do zmniejszenia wytrzymałości burt, w wyniku czego niezbędnym było wzmocnienie szkieletu statku, a co za tym idzie i poszycia. Typ hiszpańskich galeonów wojennych — osiągających długość 40 i szerokość 10 m, stał się podstawą wyposażenia nowoczesnych flot wojennych. W XIV i XV w. Hanza nie miała jeszcze specjalnych okrętów wojennych. Poszczególne miasta hanzeatyckie w czasie wojen uzbrajały swoje kogi i holki zgodnie z potrzebą bronią i żołnierzami. Działa na statkach były umieszczone najpierw tylko w nadbudówce dziobowej i rufowej, a dopiero później na niżej położonym śródokręciu. Gdy na galeonach pojawiły się furty działowe, również Hanza przystąpiła do organizacji specjalnej floty wojennej.

Dziób galeonu był charakterystycznym długim, do przodu wysuniętym pomostem, nazywanym też galionem, do którego zamocowane były sztagi, usztywniające fokmaszt. Na bukszprycie przybył do żagla podbuzszprytowego również nadbuzszprytowy żagiel rejowy, stawiany na małym maszcie w końcu bukszprytu.

Galeon posiadał trzy lub cztery maszty. Pierwsze dwa (fokmaszt i grotmaszt) niosły żagle rejowe, natomiast na pozostałych (bezanmaszt i ew. bonaventura) były żagle łacińskie – trójkątne.

W XVII wieku powstał nowy typ galeonu handlowego odznaczający się małym zanurzeniem, które było istotne w płytkich i zasypywanych piaskiem portach holenderskich oraz w portach Indonezji i Ceylonu. Zmniejszenie pojemności i przestrzeni ładunkowej kompensowano przez zwiększenie długości statku. Okres świetności galeonów przypadał na XVI i XVII wiek.

Kiedy Słowianie zaczęli nad Morzem Bałtyckim budować porty, osady rybackie a następnie miasta i rozpoczęli działalność handlową zostali zmuszeni do budowy bardziej zaawansowanych jednostek do żeglugi morskiej. Łodzie Słowian, z okresu wczesnego średniowiecza, budowane były z drewna dębowego. Kształtem przypominały jednostki sąsiadów z północy – Wikingów. Cechą charakterystyczną było spłaszczone dno, wytwarzane z klepek łączonych na zakładkę. Technika konstruowania takich łodzi powstała na drodze modyfikacji prostych dłubanek. Najpierw wycinano dziobnicę i tylnicę z naturalnych krzywulców, nadawano zewnętrznym krawędziom obłe kształty i doczepiano do stępki.

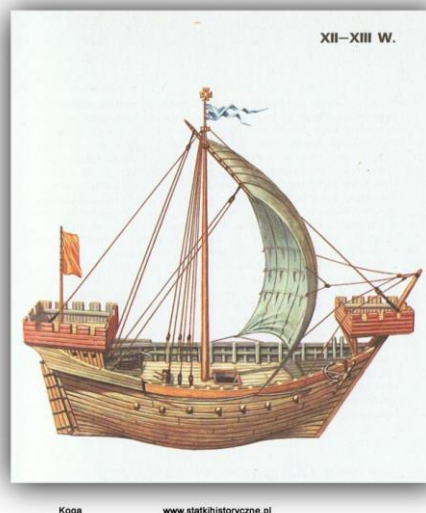
²⁵ Łaszt – dawna jednostka miary objętości dla towarów sypkich, głównie zboża, stosowana od XIV do XIX wieku w portach nadbałtyckich. Liczyła 3000-3840 litrów (dm³). Łaszt dzielił się na 30 korców lub 60 szefli.

Używając takiej techniki, otrzymywano dzioby i rufy o podobnych sylwetkach. Zestawy trzonowe (stępka, dziobnica i tylnica) układano na zakładkę i tworzone poszycie.

Do przymocowania usztywnień do elementów poszycia również wykorzystywano kołki z drewna, ale tym razem o większej średnicy, dochodzącej nawet do 30 mm. Na prawej burcie rufy umieszczano wiosło sterowe albo szeroką płetwę, które umożliwiały dostosowanie kierunku poruszania się łodzi. Dopiero od X wieku, zaczęto korzystać z żagla, jako głównej siły napędowej łodzi. Stawiano wtedy maszt na specjalnym kłocu, który przyczepiano do wręgów, i rozpościerano żagiel w kształcie prostokąta. Jeśli warunki meteorologiczne nie sprzyjały, wiosłarze pracowali opierając wiosła w dulkach albo w otworach wyciętych w burcie. Ciekawym faktem jest, że na drzwiach gnieźnińskich, obrazujących sceny z życia świętego Wojciecha, przedstawiono dokładnie taką słowiańską łódź.

Wojenne okręty Słowian nazywamy *vindaskipami*. Były nieco krótsze i bardziej płaskie od wikingich langskipów, ale czynnikiem wspólnym były zdobienia w kształcie smoczyc i węzowych głów, umieszczone na dziobnicy i tylnicy. Prawdopodobnie mogły pomieścić 44 osoby i 2 konie.

Ponieważ na terenach, zamieszkanych wówczas przez Słowian, żelazne gwoździe nie były rozpowszechnione, do łączenia styków używano drewnianych kołków, które o średnicy od 10 do 15 mm. Całość, dla pewności, uszczelniano mchem. Stosowano tzw. technikę skorupową budowania kadłuba. Polegała ona na wstawianiu usztywnień, w postaci denników – belek albo krzywulców oraz wręgów, dopiero po ukończeniu budowy większości lub zakończeniu konstruowania poszycia łodzi. Ponad dennikami, Słowianie układali belki poziomo, tak aby mogły sprawować funkcję ław.



Fot. 7.1. Koga na pieczęci miejskiej Elbląga z 1350 roku Fot. 7.1.a. Model kogi z 12-13 wieku

Kogi, a następnie inne typy statków dla żeglugi bałtyckiej (w tym na potrzeby Hanzy²⁶) były budowane przez całe średniowiecze i w następnych wiekach w (istniejącym od co najmniej końca X wieku) Gdań-

²⁶ Hanza była ugrupowaniem handlowym formującym się od przełomu XII i XIII wieku i istniejące do wieku XVII. Było ono największą potęgą gospodarczą, ale również i polityczną w Europie północnej i środkowo-wschodniej. Jego dzieje mocno związały się z historią państw położonych nad Bałtykiem i Morzem Północnym. Oprócz miast nadmorskich do Hanzy należały także polskie miasta śródlądowe jak Wrocław, Toruń czy Kraków. W XIII i XIV wieku swoje powodzenie zawdzięczała Hanza przewadze technicznej w zakresie żeglugi – koczowej do transportu ciężkich towarów. Zapotrzebowanie na statki przyczyniało się oczywiście do wzrostu znaczenia ludzi odpowiedzialnych za ich budowę. Niejednokrotnie cieśle pracujący przy budowie okrętów zostawali członkami rad miejskich, np. w Strzałowie. Dokładna wielkość floty hanzeatyckiej jest oczywiście niemożliwa do ustalenia, niemniej jednak wielu badaczy próbowało oszacować, że ok. XV w. flota morska Hanzy liczyła ponad tysiąc statków o łącznej ładowności trzydziestu tysięcy łąszków. Dysponując taką flotą, Hanza stała na czele średniowiecznych morskich potęg, znacznie prześcigając Anglię czy Hiszpanię.

W XIII w. właściciel ładunku i statku bywał zazwyczaj jednocześnie jego kapitanem. Wraz ze wzrostem statków i rozwojem procesu handlowego zaczęła się pod koniec XIII w. kształtować pewna specjalizacja między armatorami, kapitanami a wynajmującymi jednostki pływające. W początkach XIV w.

sku oraz w (założonym w czasach krzyżackich w 1237 roku) Elblągu. Osada słowiańska istniała w tym miejscu w czasach wczesnego średniowiecza, a przedtem port Truso założony najprawdopodobniej przez duńskich wikingów na terenach zamieszkałych przez plemiona Prusów. Pierwsza pieczęć miejska z wizerunkiem kogi pochodzi z roku 1242. W następnych wiekach Elbląg był ważnym portem handlowym w państwie krzyżackim i Rzeczypospolitej Obojga Narodów. Również na XV-wiecznej pieczęci Gdańska widnieje koga. Zapotrzebowanie na staki było związane z sytuacją panującą w handlu morskim, dlatego też obie sprawy poruszamy razem.

Po wojnie trzynastoletniej flota gdańska należała do największych na Bałtyku. Na przełomie XVI i XVII wieku weszła w okres przyspieszonego upadku. Pod koniec XV wieku stocznie gdańskie budowały około 12 statków rocznie (były wśród nich wielkie kilkusetłasztowe i kilkumasztowe karawele), a wielkość floty wynosiła połowę floty Antwerpii (najpotężniejszego ośrodka handlowego w Europie północnej). Pod koniec XVI wieku Holendrzy posiadali już 600 – 800 statków, a Gdańsk tylko kilkadziesiąt. Przemysł stocznioowy też powoli zamierał gdyż był mniej zaawansowany technicznie co powodowało wyższe koszty funkcjonowania. Wkrótce w mieście było już tylko kilku cieśli okrętowych.



Fot. 7.2. Model hulki z około 1400 roku z Narodowego Muzeum Morskiego w Gdańsku. Ożaglowanie – rejowe – stanowi prostokątny żagiel zawieszony na poziomym poprzeczce masztu – rei.
W ożaglowaniu łaciński reja jest umocowana ukośnie, a żagiel ma kształt trójkąta

Od średniowiecza do XVI wieku jednym z najważniejszych artykułów eksportowych był sproszkowany barwnik czerwony – koszenila – otrzymywany z larw czerwca (*Porphyrophora polonica*). Jeden kilogram koszenili uzyskuje się z około 155 tys. owadów. Obszary Polski i Litwy były jedynym terenem występowania na użytkach rolnych i ugorach larw czerwca. Po ich wysuszeniu na słońcu (lub ugotowaniu w wodzie z octem i wysuszeniu) uzyskiwano ceniony w Europie czerwony barwnik o szlachetnym odcieniu. Jego cena – podobnie jak cena szafranu – była porównywalna z ceną złota. Był on

pojawia się nawet praktyka dzielenia statku na cztery udziały. Dobrym przykładem jest pewien lubecki okręt przewożący sól z Bourgneuf w 1449 r., mający aż ośmiu właścicieli o różnym udziale – 5 z nich miało bowiem udział o wielkości 1/16 całości. Takie rozdrobnienie wynikało z chęci ułatwienia finansowania budowy dużych i drogich jednostek. O tym, że statki w tym okresie nie były tanią inwestycją może świadczyć fakt, że sam Zakon Krzyżacki i jego szafarstwa w Malborku i Królewcu były posiadaczami całych czterech statków i miały udziały w trzynastu innych.

Najważniejszą osobą na hanzeatyckim okręcie był oczywiście kapitan, tzw. *schepper*, który zazwyczaj był też posiadaczem 1/4 lub 1/8 okrętu. Jako taki nie posiadał wynagrodzenia, lecz pobierał część wpływów ze sprzedaży ładunku.

stosowany w barwieniu tkanin i kosmetyków. Od nazwy larwy pochodzi nazwa miesiąca, w którym dojrzewał i według niektórych hipotez również nazwa Rusi Czerwonej (według innych hipotez pochodzi ona od koloru gleby). Oprócz Gdańska centrami handlu koszenilą były Kraków i Poznań. Po rozbiorach polska koszenila była eksportowana do Rosji i środkowej Azji. Współcześnie koszenila jest znana pod nazwą karminy (E120). Napływ barwników i larw środkowoamerykańskich po odkryciu Ameryki spowodował w XVI wieku spadek ceny polskiego czerwca.



Rys. 7.3. Zakładkowe poszycie kadłuba statku (zasada)

Rys. 7.4. Zasada poszycia stykowego kadłuba statku



Fot. 7.5. Model nefa z XIII wieku z czasów wypraw krzyżowych, Narodowe Muzeum Morskie w Izraelu

Zmiana koniunktury na rynkach europejskich od drugiej połowy XVII wieku powodowała stopniowe pogarszanie się sytuacji gospodarczej Polski. Przedtem jeszcze napływ srebra i złota z Ameryki południowej do Hiszpani, a przez nią do Europy spowodował inflację, która miała kolosalne negatywne znaczenie dla gospodarek polskiej i litewskiej. Gdy srebro z kolonii hiszpańskich przestało napływać do Europy w wielkich ilościach ceny towarów importowanych (w latach 1590 – 1620) rosły szybciej niż ceny eksportowanego zboża. Polska stopniowo stawała się zubożałym cieniem dawnej świetności i nie potrafiła znaleźć nowych rozwiązań i produktów zastępujących dotychczasowe przeboje eksportowe.

Pod koniec XVI wieku konkurujący z Gdańskiem Elbląg przekopał koło Białej Góry (koło rozwidlenia Wisły i Nogatu) kanał, który kierował znaczną część wody z Wisły do Nogatu. Poziom wody w Wiśle obniżył się, co miało również negatywny wpływ na handel gdański. W czasach konfliktu Stefana Bato-

rego z Gdańskiem planowano nawet przekop Mierzei Wiślanej dla ułatwienia dostępu do portu w Elblągu i skrócenia drogi. Pomysł nie został wówczas zrealizowany.

Po potopie szwedzkim znacznie zmniejszył się płynący przez Gdańsk handel popiołem (potażem). W XVI wieku Gdańsk był głównym punktem zaopatrzenia Anglii i Francji w smołę i dziegieć. W XVIII wieku rynek ten zdominowała Rosja. W miarę wyczerpywania się złóż olkuskich zmniejszał się też rozmiar handlu ołowiem, a w miarę wzrostu znaczenia szwedzkich złóż miedzi – również handel węgierską miedzią. W czasach Sobieskiego przez Gdańsk przechodził handel saletrą.

W latach 1771 – 91 80% eksportu płynącego przez Gdańsk stanowiły w dalszym ciągu, jak w poprzednich wiekach od średniowiecza, drewno (w tym pnie drzew przeznaczone na maszty statków; najczęściej cisy), zboże, konopie na liny okrętowe i towary leśne (w tym futra i skóry).

W 1772 roku w pierwszym rozbiórze Polski Elbląg został zajęty przez Prusy. Gdańsk i Toruń przeszły pod władzę Prus dopiero w drugim rozbiórze w 1793 roku.



Fot. 7.6. Model trójmasztowego galeonu *Wodnik* z Muzeum Marynarki Wojennej w Gdyni

Galeon *Smok* mający stanowić załazek polskiej floty wojennej z czasach Zygmunta Augusta został zbudowany w latach 1570–72 w Elblągu. Niektóre galeony dla polskiej floty wojennej w XVII wieku za panowania Zygmunta III Wazy były budowane w (istniejącym od XIII wieku, od czasów książąt pomorskich) Pucku. Puck był pierwszym polskim portem wojennym. W okresie walk Zygmunta III o tron szwedzki polska flota składała się z okrętów *Dorys*, *Fortuna*, *Łabędź*, *Niedźwiedź*, *Słowik* *Tetyś* i *Wilk*. Na eskadrę zorganizowaną przez wojewodę Jana Weyhera składały się *Admirał*, *Angielski Smok*, *Czarny Orzeł*, *Czerwony Smok*, *Jonasz Panna Wodna*, *Żubr* i kilka innych. We flocie polskiej z czasów pierwszej wojny ze Szwecją walczyły m.in. zbudowana w Pucku w 1625 roku pinka *Arka Noego*, zbudowana w roku 1623 w Gdańsku galeon *Król Dawid*, zbudowana w tym samym roku w Gdańsku pinka *Panna Wodna*, galeon *Święty Jerzy* zbudowany w latach 1625 – 27 w Pucku i mały galeon *Wodnik* zbudowany w 1623 roku w Gdańsku. Do wybudowania okrętu wojennego średniej wielkości konieczne było wycięcie 4 tys. zdrowych dębów. Do budowy statków używano również drewna bukowego, olchowego, wiązu, jesionu grabu i lipowego.

Poza krótkimi epizodami w czasach Zygmunta Augusta i pierwszych Wazów klasa rządząca Polską, a właściwie Rzeczpospolitą Obojga Narodów – czyli szlachta i magnateria – nie wykazywała praktycznie żadnego zainteresowania obecnością Polski na morzu, ani wojskową ani handlową. I niestety okazało się to poważnym, jeśli nie tragicznym zaniedbaniem...

Towary eksportowane drogą morską musiały być dostarczone do portów szlakami lądowymi i śródlądowymi drogami wodnymi. Spław drewna tratwami na większą skalę nie był konieczny do XII wieku

ponieważ lasy porastały znaczną część terytorium kraju, a eksport do zachodniej Europy rozwinął się później. Dopiero od XIV na Wiśle i innych polskich rzekach pojawiły się tratwy. Spotykane były dwa rodzaje tratw: przeznaczone do transportu towarów i do transportu drewna. Najczęściej eksportowane było drewno dębowe i cisowe – świetnie nadające się na maszty. Drewno pochodziło głównie z dorzecza Wisły z jej dopływami. Tratwy towarowe wyróżniały się inną konstrukcją, wysokością, wzmocnieniami i wyposażeniem w ster. W XVII wieku ładowność największych z nich wynosiła kilkanaście łasztów.

W epoce pierwszych Piastów pojazdy rzeczne tylko sporadycznie pływały na większe odległości. Najczęściej ograniczały się one do dystansów między miejscem zamieszkania i najbliższym grodem albo podgrodzem. W X–XI wieku na potrzeby lokalnej żeglugi wystarczyły dębunki wytwarzane z pni dębowych. Najczęściej miały długość 6 – 12 m. W XIII wieku pojawiły się większe łodzie (także żaglowe), na które można było załadować 4 – 5 wozów towaru. Kolejne generacje statków miały ostre dzioby, odchylane burty i były wyposażone 1 – 2 żagle. Mniejsze z nich zwane kozami miały ładowność 7 – 10 łasztów, podobnej wielkości były łyżwy o długościach 20 – 25 m i szerokościach do 7 m.

Od czasu pojawienia się w XV wieku koniunktury na polskie zboże było ono przeważnie transportowane rzekami za pomocą statków rzecznych. Odzyskanie Pomorza ułatwiło specjalistom od budowy statków znalezienie zatrudnienia w głębi kraju przy budowie jednostek śródlądowych. Średnia nośność statków wiślanych wzrosła z około 13 łasztów w XVI wieku, do 22 w pierwszej połowie XVII wieku i 34 łasztów w drugiej połowie XVIII w. W XV w. były to dubasy. Z konstrukcji tratwy wywodziła się komięga stosowana w przewozach wiślanych od XV do końca XVIII wieku. Miała ona ścięty przód i płaskie dno i miała kształt czworoboku. Nie była ona wyposażona w żagle a jedynie we wiosła. Płynęła ona z szybkością prądu wody, a więc wolniej od statków żaglowych. Komięgi służyły przeważnie do przewozu zboża i soli. Zabierały po 200 – 300 beczek lub 50 – 80 bałwanów soli. Do lokalnych transportów służyły też małe komięgi o ładowności 1 – 2 łasztów.

W XVIII do użytku wszedł wywodzący się z komięgi galar. Były to statki płaskie i niskie o kształcie wydłużonego prostokąta, wyposażone w umieszczony na przodzie ster. Do ich obsługi koniecznych było 8 – 12 osób. Największe miały ładowność 30 łasztów zboża. Podobne do galara były mniejsze od nich lichtugi i ładowności kilku łasztów. Były to głównie statki pomocnicze służące do przeładowywania towarów z i na większe statki. W XVII pojawiły się też byki będące mniejszymi galarami. Na Wiśle od XV do XIX wieku używane były także szkuty, które były używane nawet do przybrzeżnych rejsów na morzu. Były to statki płaskodenne z podniesionymi dziobem i rufa. Była budowana z drewna dębowego i świerkowego. W XVI wieku zabierały na pokład 30 – 40 łasztów towaru, a w XVII wieku do 60 łasztów – głównie zboża ale także i innych towarów. Wprawdzie większość zboża była eksportowana przez Gdańsk (do ponad 80%), ale na drugim i trzecim miejscu znajdowały się porty w Elblągu i Rydze – odpowiednio 7,5 i 6,5% w XVII w.

Łodzie i statki wiślane budowano w licznych miejscowościach położonych nad Wisłą. Tratwy i proste w konstrukcji komięgi nie wymagały warsztatów szkodniczych i były budowane bezpośrednio na wodzie w miejscach gdzie wybrzeże było łagodne a nurt spokojny. Statki wymagające od budowniczych wysokiego poziomu technicznego powstawały w Gdańsku w tamtejszej Łasztowni. O jej istnieniu wspominają już źródła z 1378 roku. W Łasztowni budowano statki wiślane do rozbiórów Polski, które spowodowały jej upadek. Warsztaty szkodnicze istniały także w Toruniu, Elblągu, Tczewie, Chełmnie, Nieszawie, Płocku, Włocławku, Warszawie, Kazimierzu Dolnym, Sandomierzu, Krakowie i in²⁷. Łasztownia w Elblągu, w której budowano również statki morskie, ale na mniejszą skalę niż w Gdańsku, nosiła nazwę Cieślarni. Budowano w niej również łodzie dla mieszkańców Żuław. Od XVI wieku budowniczych statków nazywano szkodnikami. Od XVII w. budowa statków na dużą skalę spowodowała konieczność sprowadzania drzew z dalszych regionów kraju co podnosiło koszty budowy. W warsztatach szkodniczych oprócz budowy statków wytwarzano również wyposażenie dla nich, głównie takie które można wykonać z drewna jak maszty, reje, stery itd. Liny, płótno na żagle, powrozy, nici zamawiano u odpowiednich producentów a gwoździe i inne elementy żelazne – w hutach np. Zagłębia Staropolskiego w Samsonowie i Suchedniowie. Budowa statków była kosztowną inwestycją wymagającą zakładania spółek przez armatorów.

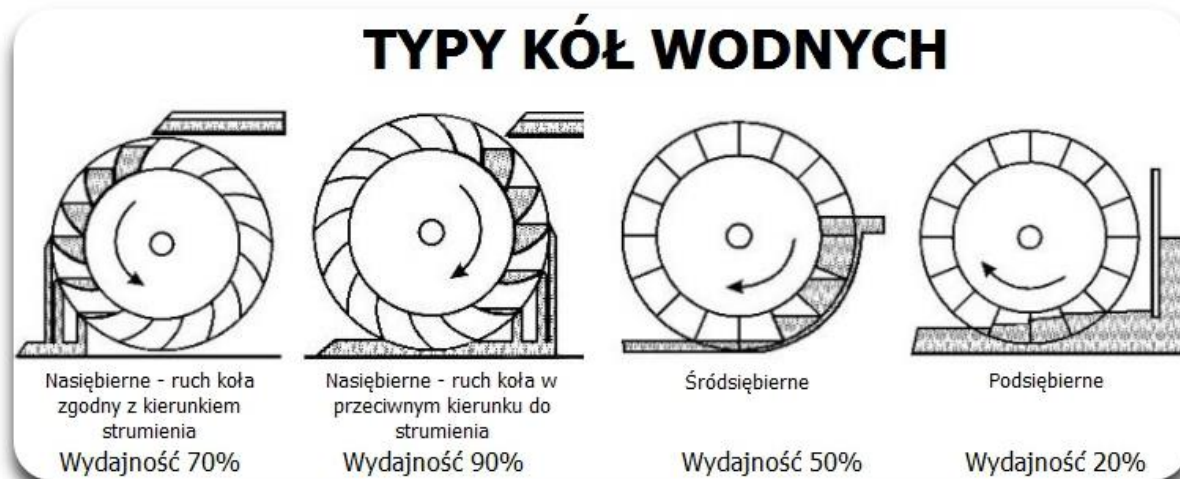
²⁷ Odpowiednie prawa do budowy statków miasta otrzymywały już od XIV wieku, np. Kraków otrzymał je w 1309 r., a wiele z wymienionych w tekście miast – na początku XV wieku.

Dodatek A. Koło wodne

Koło wodne, *gatro*, jest urządzeniem przekształcającym energię przepływu lub spadku wody na inne użyteczne formy energii. Składa się ze zwykle drewnianego lub metalowego koła mającego na obwodzie łopatki, przegrody lub zbiorniki poruszane siłą naporu wody. Koła wodne były w powszechnym użyciu od III wieku p.n.e. aż do XX wieku. Początkowo były wykorzystywane wyłącznie do napędu młynów wodnych używanych do mielenia zboża albo ubijarek do kaszy. Z czasem zastosowano je do poruszania narzędzi wykorzystywanych w tartakach, papierniach, kuźniach, foluszach (zakładach spilińających sukno), olejarniach, miodlarkach w przemyśle włókienniczym, do kruszenia urobku w zakładach hutniczych, do kruszenia słoju potrzebnego do produkcji piwa, do napędu młotów i miechów w zakładach hutniczych, nożyc w zakładach metalurgicznych, do mielenia składników w prochowniach, pomp zasilających miejskie wodociągi w wodę (tzw. *rurmus*) itd. Wodociąg w Krakowie został uruchomiony u schyłku XIV wieku (pierwsza wzmianka pochodzi z 1385 roku) i uległ zniszczeniu w czasie potopu szwedzkiego. Wodociągi uruchamiano również w innych większych miastach polskich: Lublinie, Sandomierzu, Płocku, Tczewie, Grudziądzu, Gdańsku, Włocławku itd. Początkowo rurociągi krakowskie składały się z wydrążonych pni drzew połączonych elementami metalowymi, a później stosowano rury metalowe (miedziane itp.).

Koła wodne ostatecznie zostały wyparte przez mniejsze i bardziej efektywne turbiny.

Głównym czynnikiem ograniczającym możliwość konstrukcji koła wodnego jest dostępność płynącej wody lub możliwości budowy kanału lub zapory spiętrzających wodę. Współczesne elektrownie wodne korzystają z napędu opartego o przepływ grawitacyjny wody, analogicznie do koła wodnego.



Rys. A.1, źródło fundacjaenergia.pl

Koła wodne można podzielić na koła z pionową i poziomą osią. Koła pionowe (czyli koła z poziomą osią) można podzielić w zależności od sposobu dostarczania wody na:

- koła nasiębierne zasilane wodą od góry i obracające się w przód lub w tył. Wykorzystują głównie energię potencjalną wody i cechują się największą wydajnością ze wszystkich rodzajów kół wodnych. Wymagają stosunkowo niewielkiej objętości oraz dużego spadku wody – około 4,5 m. Koło o ruchu zgodnym z kierunkiem przepływu wody charakteryzuje się niższą wydajnością oraz wymaga większego spadku wody niż koło o ruchu wstecznym. Wydajność koła o ruchu wstecznym wzrasta dzięki wykorzystaniu przepływu wody pod nim (napędu podsiębiernego).
- koła śródsiebierne zasilane wodą dostarczaną poniżej połowy jego wysokości. Wykorzystują energię potencjalną oraz kinetyczną wody. Wymagają niższego spadku wody niż koła nasiębierne albo nie wymagają nawet w ogóle spiętrzania wody.
- koła podsiębierne są zasilane wodą przepływającą bezpośrednio pod nimi. Wykorzystują głównie energię kinetyczną wody i cechują się niższą wydajnością niż pozostałe typy kół wodnych. Były wykorzystywane głównie na zasobnych w (wolno) płynącą wodę terenach płaskich – a więc domi-

nujących na obszarze Polski, na których nie było możliwości budowy innego rodzaju kół wodnych.

Był to najstarszy typ koła wodnego.

Pierwszy znany opis koła wodnego pochodzi z III wieku p.n.e. z *Mechanike syntaxis* Filona z Bizancjum, gdzie opisane jest zastosowanie koła wodnego do podnoszenia wody i napędu zabawek mechanicznych. Po 35 r. p.n.e. konstrukcję młyna zbożowego, napędzanego kołem wodnym podsiębiernym, przedstawił Witruwiusz w swym dziele *De architectura*. Generalnie jednak w starożytnej Grecji, jak i w starożytnym Rzymie, w obliczu dostatecznej ilości taniej siły roboczej zwierząt pociągowych i niewolników, koła wodne nie były zbyt rozpowszechnione.

W Europie koła wodne były dość powszechnie stosowane już w XII w. Początkowo były to niewielkie koła podsiębierne, wykonane w całości z drewna, a w ich stosowaniu przodowały klasztory. Koła te miały z reguły moc od 2 do 4 KM. Z czasem młyny zbożowe, folusze i tartaki, napędzane kołem wodnym, stały się powszechnym elementem pejzażu wszędzie tam, gdzie osadnictwo miało dostęp do płynącej wody. W ilustrowanych dopiskach do „Zwierzciadła saskiego” pochodzących z 1370 r. przedstawiono już koło wodne nasiębiernie. Ze średniowiecza pochodzi pierwsza informacja o młynie z kołem wodnym napędzanym przyplływami i odpływami morza: w roku 1220 hrabia Holandii Wilhelm I ofiarował swojej żonie jako prezent ślubny taki młyn, usytuowany koło Zierikzee (prowincja Zelandia).



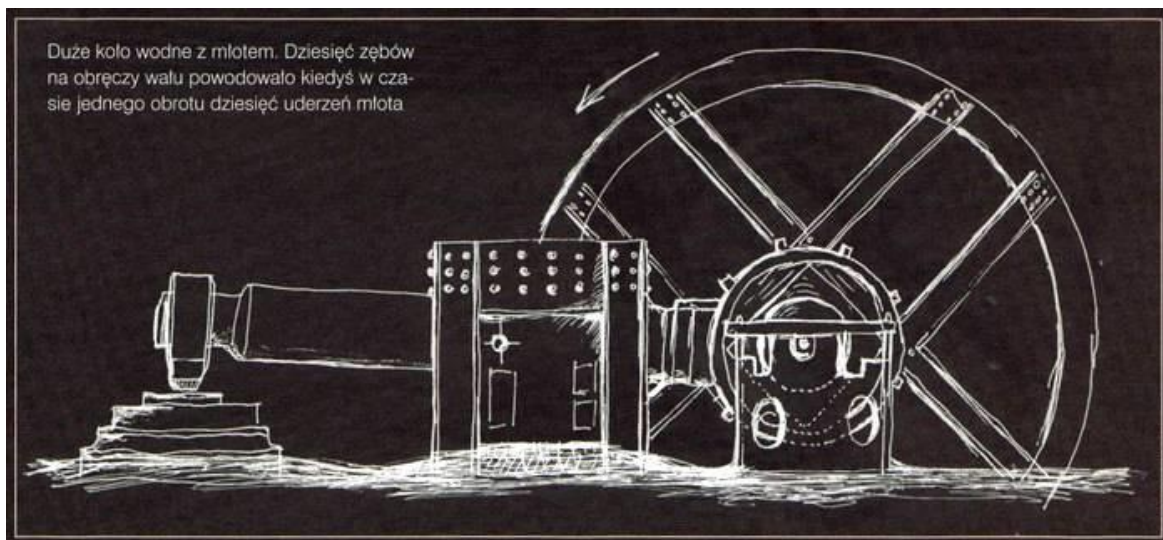
Rys. A.2 Przykład zastosowania koła wodnego do napędu stempli kruszących rudę, źródło fundacjaenergia.pl



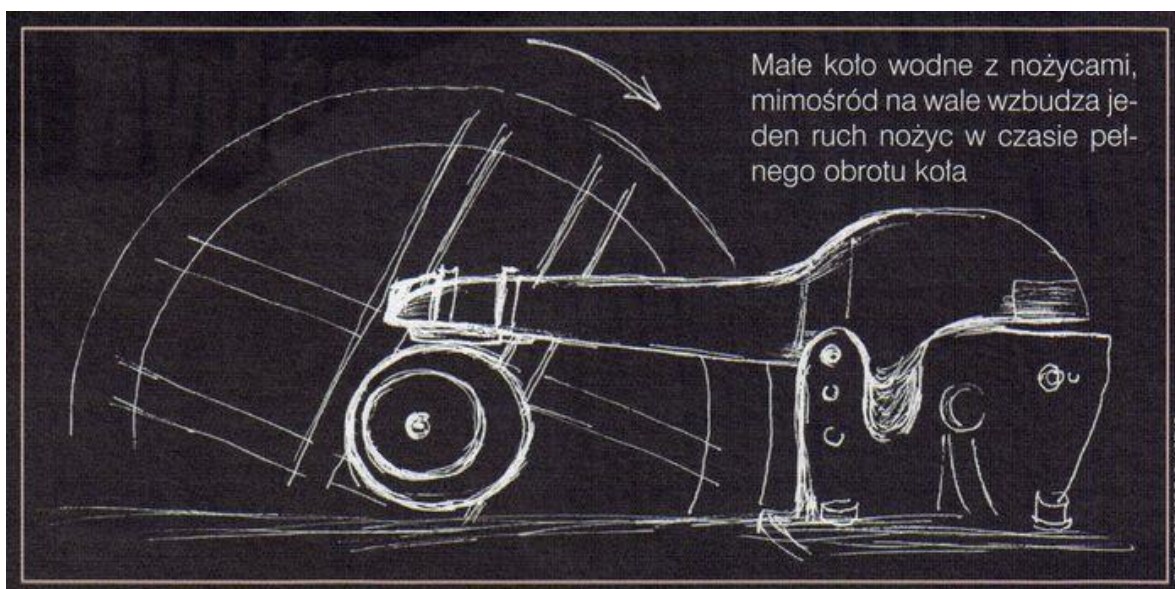
Fot. A.3. Stara Kuźnica – zabytkowa kuźnica napędzana kołem wodnym, źródło fundacjaenergia.pl

Młyny w dawnej Polsce były ważnym elementem infrastruktury, przy czym przeważały młyny mączne. Pierwsze koło wodne w Polsce zbudowano w 1145 roku w Łęczycy. Służyło ono do napędu młyna.

Następne powstawały w najbardziej rozwiniętych dzielnicach państwa Piastów, głównie na Pomorzu, w Wielkopolsce, na Śląsku i w Małopolsce. Młyny wodne były wydajniejsze od wiatraków. Pierwsza pisemna wzmianka o młynie na Śląsku pochodzi z 1149 r., o młynie na Pomorzu Gdańskim – z 1198 r., na zachodnim Mazowszu z 1207 r., na Pomorzu Zachodnim z 1213 r., w Wielkopolsce z 1242 r., w Małopolsce z 1268 r., a na Kujawach z 1280 r. W XIII w. koszt budowy młyna sięgał 26 grzywien czystego srebra, co odpowiadało cenie dużej wsi. Liczba młynów wzrosła znacznie w XV i XVI wieku. W XVI w. jeden młyn spożywczy w dorzeczu Wisły obsługiwał 2 – 3 wsie. Młyny budowano nie tylko na łądzie, ale również na palach wbitych w dno rzeki i na łodziach. Najstarsze zachowane do dzisiaj młyny pochodzą z XIII wieku. Młyny kieratowe napędzane siłą zwierząt pociągowych stosowane były tylko na niewielką skalę.



Rys. A.4. Młot napędzany wodą z kuźni w Oliwie, jest ona jedynym zachowanym do dzisiaj zabytkiem techniki tego typu w Polsce, źródło: staraoliwa.pl



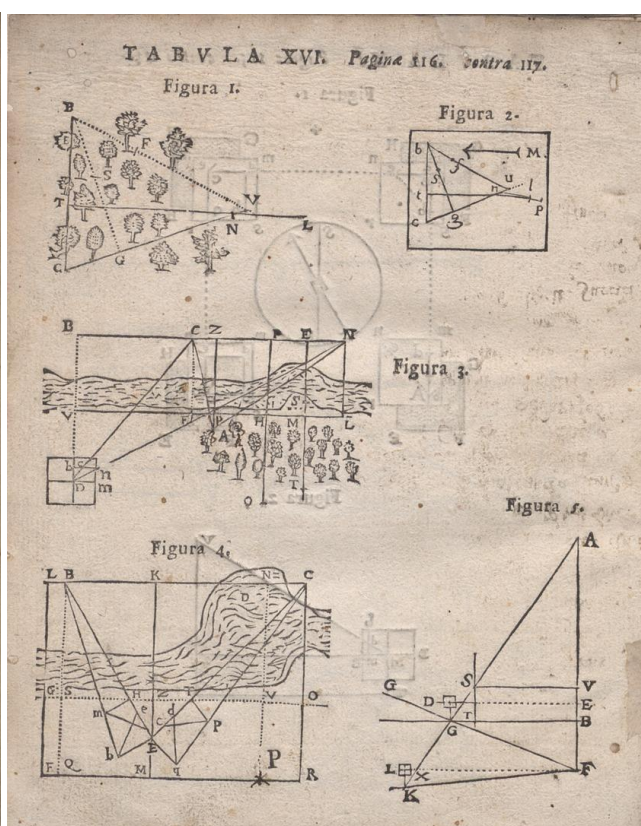
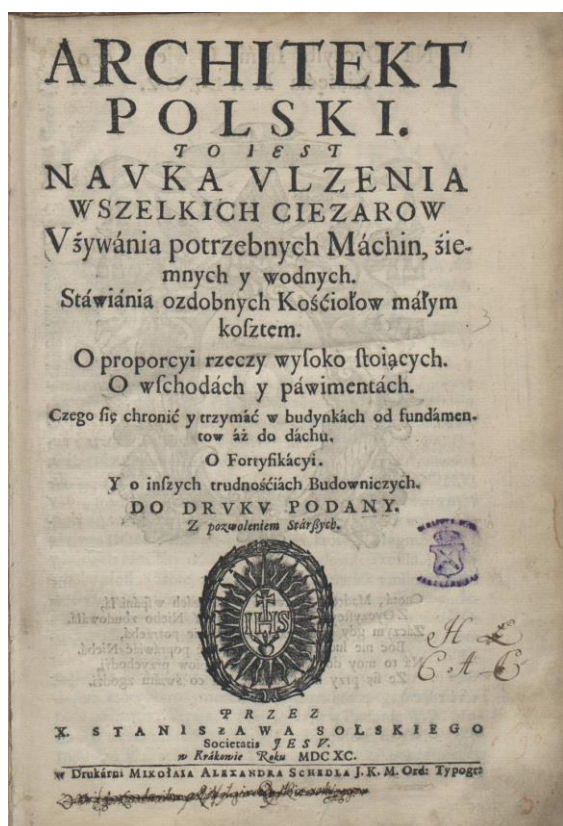
Rys. A.5. Napędzane wodą nożyce z kuźni w Oliwie, źródło: staraoliwa.pl

Duże młyny posiadały więcej kół wodnych. Przykładowo Górny Młyn w Krakowie posiadał cztery koła słodowe, trzy mączne, jeden folusz sukieny i dwie garbarnie, powstały później Młyn Dolny – osiem kół mącznych, a zbudowany przez Krzyżaków Wielki Młyn w Gdańsku początkowo 12 a później 18 kół poruszanych spiętrzoną wodą Raduni. Najwięcej piwa w Polsce wytwarzali piwowarzy z Gdańska i Krakowa. Należeli oni do poważniejszych producentów piwa w Europie. W pierwszej połowie XVI w. z 19 młynów papierniczych w Koronie 7 znajdowało się w Krakowie i okolicach. Gdańsk posiadał

natomiast najczęściej szlifierni i młynów prochowach, a w wiekach XVI – XVIII – najczęściej młynów różnych specjalności – w tym młyny-kuźnie i kuźnie miedzi. Gdańsk, Elbląg, Toruń, Kraków i Warszawa posiadały też (w różnych okresach czasu) młyny mennicze przeznaczone do bicia monet. Przez sześć wieków koła wodne spełniały rolę najważniejszych silników w dyspozycji ludzkości. Poza wymienionymi wyżej napędzały urządzenia zakładów hutniczych: stępy do rozdrabniania rud oraz młoty i miechy w kuźnicach. Napędzały tokarnie, wiertarki i szlifiernie. Zastosowanie w XVI w. kół wodnych do odwadniania kopalń umożliwiło górnictwu rud sięgnięcie do głębiej położonych pokładów. Traktaty z zakresu mechaniki i hydrauliki, jakie pozostawiły nam w spadku wieki XVI-XVIII, zawierają opisy wielu oryginalnych projektów różnych mechanizmów, napędzanych siłą wody. Część z nich została zrealizowana w praktyce.

Rozwijający się przemysł potrzebował napędów o coraz to większej mocy. Na czoło wysunęły się Wyspy Brytyjskie, gdzie w XVII w. pojawiły się pierwsze maszyny przędzalnicze, a następnie tkackie. Zaczęło się upowszechniać najwydajniejsze koło nasiębierne, które doszło do wielkich rozmiarów, a do jego konstrukcji zaczęto używać metali. Np. w Szkocji pracowało wykonane z żelaza koło nasiębierne o średnicy 21 m i szerokości 3,8 m. Przy spadku wody wynoszącym ok. 20 m i przepływie ok. 1 m³/s obracało się ono z prędkością 1,3 obr./min. Miało moc 190 KM i znaczną sprawność, wynoszącą ok. 75%. W kopalni rud cynku i ołowiu w Laxey na wyspie Man działało jeszcze większe koło, zbudowane w 1854 r. przez inżyniera Roberta Casementa. Przy średnicy 22 m i 2-4 obrotach na minutę dawało ono moc 185-200 KM, niezbędną do napędu pomp odwadniających kopalnię.

W latach 70. i 80. XVIII w. w rosyjskich państwowych kopalniach zaczęło brakować rąk do pracy. Problemem stał się zwłaszcza transport urobku szybami i przeróbka rudy. W jednej z nich technik Kuźma Frołow skonstruował więc siłownię, składającą się z czterech wielkich kół wodnych, usytuowanych kolejno na tym samym cieku wodnym. Woda doprowadzana była kanałem długości 3 km ze specjalnie wybudowanego zbiornika zaporowego. Największe z kół miało średnicę 15 m. Dzięki systemowi kierowania wodą koła mogły pracować niezależnie, zaś koło napędzające maszynę wyciągową było zwrotne i posiadało hamulce.



Rys. A.6. „Architekt polski” Stanisława Solskiego z XVII wieku zawiera kompendium wiedzy o młynach wodnych. Ukazał się w 1690 roku

Pierwszy młyn parowy w Polsce został uruchomiony w XVIII wieku.

Dodatek B

Wiatraki

Pierwsze wzmianki o pojawieniu się młynów wiatrakowych na terenie dzisiejszej Polski pochodzą z XIII wieku. Wiatraki były budowane na terenach równinnych i słabo zalesionych wystawionych na działanie wiatrów wiejących w kierunku wschód-zachód. Na początku najwięcej wiatraków powstało na Pomorzu Gdańskim i Zachodnim.

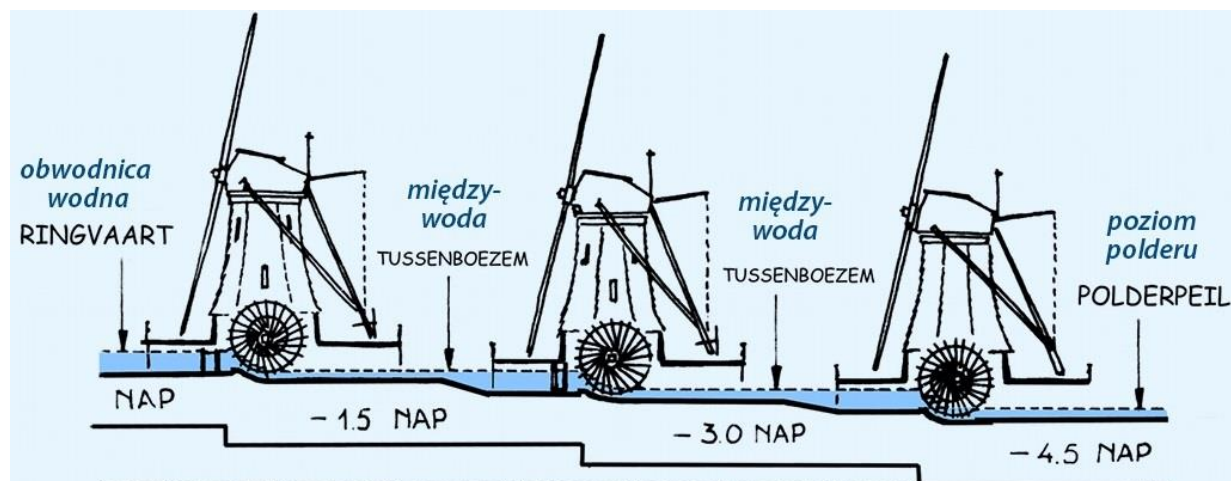
Najstarszym typem młynów wietrznych był wiatrak kozłowy. Charakteryzował się on lekką, szkieletową konstrukcją ścian obitych deskami. Korpus budynku był osadzony tak, aby mógł się obracać na mocnej, nieruchomej podstawie zwanej kozłem. Od tego też rozpowszechniła się nazwa całego urządzenia. Tak o wyposażeniu tych wiatraków pisał w 1690 roku Stanisław Solski: „Wiatraki mają części przedniejszych siedm: 1. Stolec, na którym się cały młyn obraca; 2. Dyszel, którym się obraca do wiatru; 3. Skrzydła; 4. Wał w głowie trzymający skrzydła; 5. Koło waleczne w tymże wale do góry stojące; 6. Zastawkę tamującą obrót skrzydeł i kamienia; 7. Cewy na górnym wrzecionie obracające kamień; 8. Wrzeciono spodnie, które dźwiga kamień”.

W XVI wieku w Polsce pojawił się natomiast nowy model wiatraka, zaprojektowany przez Leonarda da Vinci, w którym obracała się tylko drewniana głowica ze skrzydłami (czapa). Wsparty na fundamentach korpus pozostawał nieruchomy, dzięki czemu można go było budować z cegły lub kamienia. Konstrukcja ta rozpowszechniła się zwłaszcza na terenie dzisiejszej Holandii i stała się tak znamienym elementem tamtejszego krajobrazu, że zaczęto ją nazywać holendrem. W Polsce wiatraki tego typu zaczęły pojawiać się w XVII wieku.

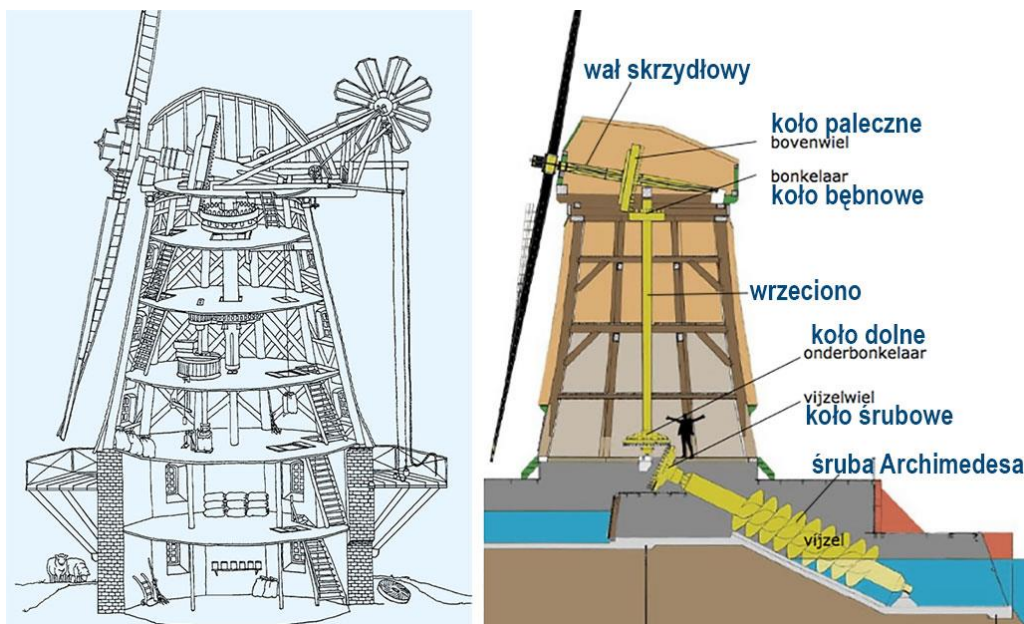
Natomiast w XIX wieku upowszechnił się najmłodszy typ wiatraka – paltrak, który łączył w sobie cechy swoich dwóch poprzedników. Jego korpus poruszał się za pomocą rolek na okrężnym torze jezdnym, natomiast całość wspierał umieszczony pośrodku słup. Paltraki budowano dość często na Pomorzu, Warmii i Mazurach oraz w Wielkopolsce. Najstarszy egzemplarz pochodził prawdopodobnie z 1754 roku i był umiejscowiony we wsi Sowa. Z kolei z przełomu XVIII i XIX wieku pochodzi paltrak z Babimostu na Ziemi Lubelskiej.

Od średniowiecza, aż do II połowy XVIII wieku, młynarze musieli wywiązywać się ze swoich obowiązków w stosunku do miejscowych feudalnych panów. Sytuacja ta zmieniła się natomiast po 1776 roku, kiedy to poszukująca środków na reformy, Rzeczpospolita Obojga Narodów obłożyła młynarzy podatkiem na rzecz Skarbu Państwa. Przy czym podatek ten ustanowiono od koła młyńskiego, przez co zwano go „młynowym”.

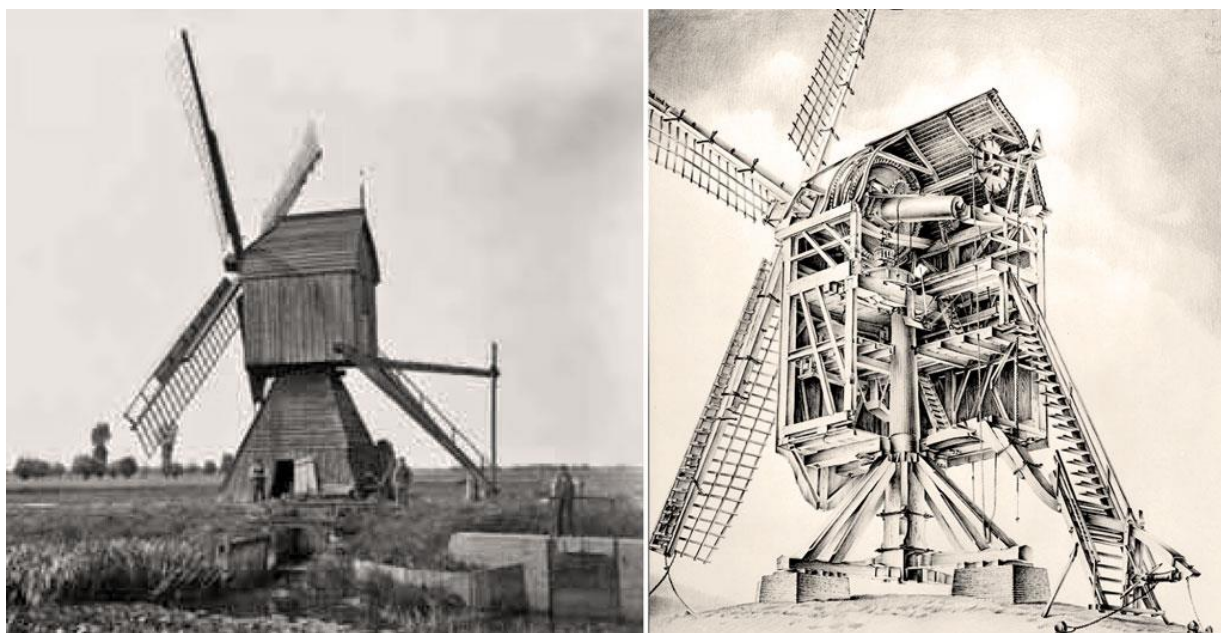
Przeważały młyny mączne, mniej liczne były natomiast młyny tartaczne, papiernie, młyny młójące, łuskarnie, młyny rudne i kuźnicze. Mechanizmy młynów wymagały stałych systematycznych napraw, a żarna regularnego ostrzenia – najczęściej cotygodniowego. Polegało ono na nacinaniu bruzd na ścierających się stronach kamieni młyńskich. Wiatraki stosowane były też do pompowania wody i do odwadniania terenów depresji, na szeroką skalę w Holandii, a w Polsce przede wszystkim na Żuławach.



Rys. B.1. Schemat odwadniania terenów depresji za pomocą wiatraków, źródło: wiatrak.nl



Rys. B.2. Przekrój typowego wiatraka czapowego zwanego w Polsce holendrem. Po prawej stronie sposób pompowania wody za pomocą śruby Archimedes, źródło: wiatrak.nl



Fot. B.3. Przedwojenne zdjęcie koźlaka w Prusach Wschodnich i jego przekrój, źródło: wiatrak.nl

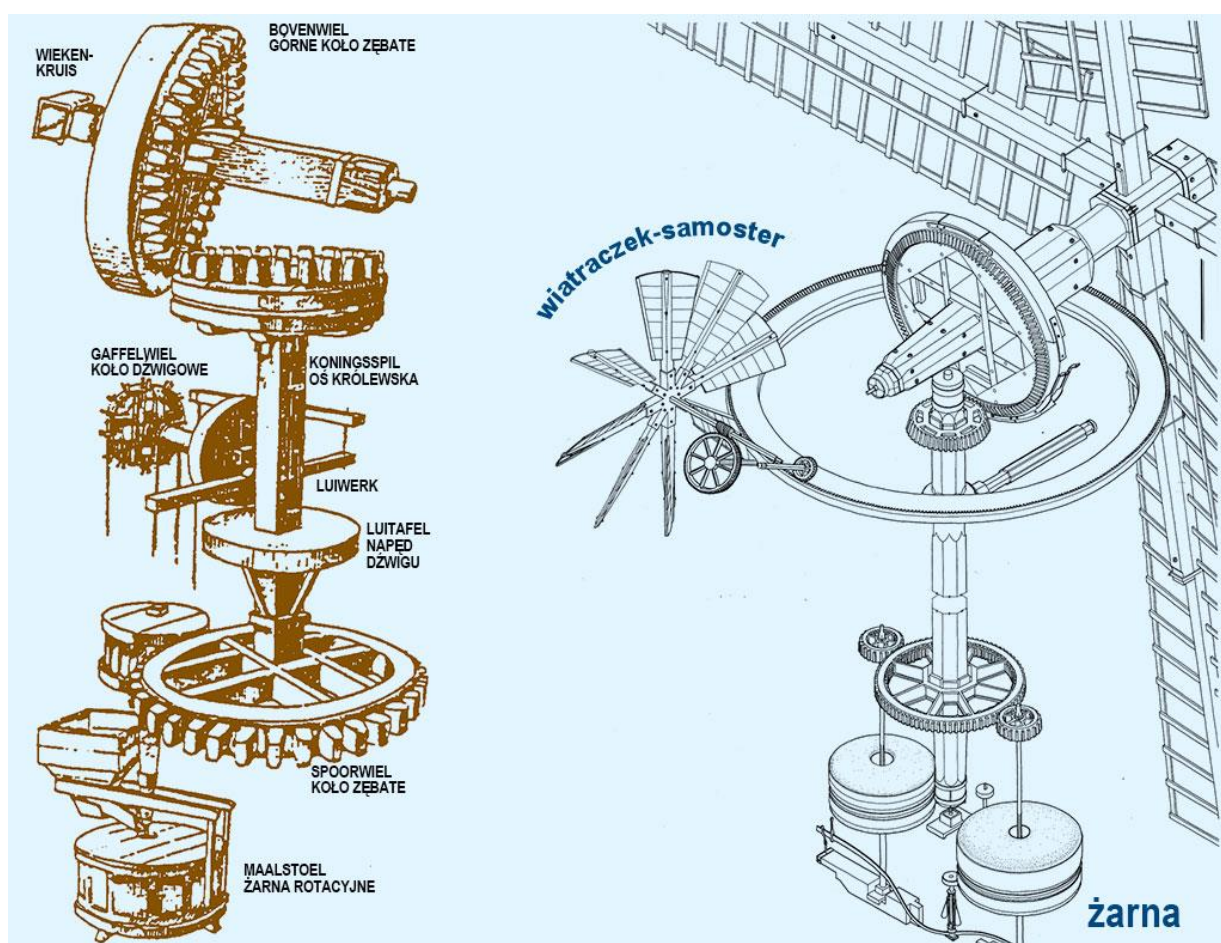
Koźlak jest najstarszym typem wiatraka holenderskiego (pojawił się w Holandii już w XV wieku i był następnie wielokrotnie modyfikowany). Drewniany wiatrak stoi na „kurzej stopce” i jest obracany w całości zależnie od kierunku wiatru. Stosowany był głównie jako młyn zbożowy, gdyż jego obracanie uniemożliwiało podłączenie na stałe innych urządzeń lub pomp wodnych. Jego XVI-wieczną zmodyfikowaną wersję zwaną po holendersku *wipmolen* nazywane w Polsce również koźlakiem.

Nazwa koźlak wywodzi się od słowa kozioł określającego nieruchomą podstawę konstrukcyjną składającą się ze skrzyżowanych podwalin ułożonych na kamiennej podmurówce oraz pionowego słupa wzmocnionego czterema zastrzałami. Przedłużona obracająca się pionowa oś mogła napędzać znajdujące się pod wiatrakiem lub obok niego koło wodne albo śrubę Archimedes służące do przepompowywania wody na wyższy poziom. Całą budowlę przekreślało się za pomocą dyszla.

Pałtrak jest specjalną odmianą masywnego koźlaka używana do ciężkich zadań przemysłowych. Obracał on się do wiatru na rolkach po fundamencie lub po szynach.

Konstrukcja paltraka była ważnym krokiem w wykorzystaniu siły wiatru w XVI wieku. Dzięki dołączeniu wału korbowego możliwa stała się zamiana ruchu obrotowego na posuwisty. Pozwalało to na wykorzystanie go w tartakach. W paltrakach obracany był cały budynek. Do jego obracania służył albo dyszel albo wiatraczek samoster naprowadzający skrzydła wiatraka pod wiatr. Paltraki odznaczały się większą kubaturą, dzięki obniżeniu środka ciężkości także większą stabilnością i większą siłą napędową.

Wiatraki czapowe znane w Polsce jako holendry mają mocny sześciokąt lub ośmiokątny stały budynek z ruchomą górną częścią – głowicą zwaną też czapą. Mechanizm obrotowy jest wykonany z najtwardszych gatunków drewna – dębowego, grabu i bukszpanu. Był on najczęściej stosowany do osuszania polderów, ale nadawał się do wszystkich innych zastosowań przemysłowych. Spotykane są jego następujące odmiany: wieżowy (najstarszy typ, budowany z cegły), balustradowy (wielopiętrowy budynek z cegły, przewyższający zabudowę miejską dla skuteczniejszego wykorzystania wiatru), na kopcu (budowany na szczytach kopców, wałów lub pagórków, posiadał pod spodem wrota do wjazdu wozów) i polderowy wyposażony w koło wodne albo w śrubę Archimedesa do osuszania terenów zalewanych wodą.



Rys. B.4. Konstrukcja mechanizmu napędzającego żarna

Literatura i adresy internetowe

Wydawnictwa książkowe

- [1] „Grody, garnki, uczeni” – Agnieszka Krzemińska, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2022
- [2] „Historia techniki polskiej”, Bolesław Orłowski, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu 2008, wyd. II uzupełnione
- [3] „Od ujścia Wisły po Morze Czarne”, Jakub Woziński, wyd. Prohibita, Warszawa 2021
- [4] „Średniowiecze w liczbach”, Kamil Janicji, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań 2024
- [5] „Rozwój górnictwa rud cynku i ołowiu w Bytomsko-Tarnogórskim rejonie złożowym od końca XVIII wieku do czasów współczesnych”, Alicja Pradela, Maksymilian Solarski, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec
- [6] „Wisła. Biografia rzeki”, Andrzej Chwalba, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2024

Literatura do rozdziału pierwszego

- [1.1] Internet, strony dymarek świętokrzyskich
- [1.2] Internet, Wikipedia, Wikiźródło, strefa inżyniera
- [1.3] „Grody, garnki, uczeni” – Agnieszka Krzemińska, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2022.
- [1.4] „Historia techniki polskiej”, Bolesław Orłowski, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu 2008, wyd. II uzupełnione
- [1.5] „Od ujścia Wisły po Morze Czarne”, Jakub Woziński, wyd. Prohibita, Warszawa 2021

Literatura do rozdziału drugiego

- [2.1] „Medycyna nowożytna”, Tom 22, Zeszyt 2 (2016 r.), Instytut Historii Nauki, im. Ludwika i Aleksandra Birkenmajerów PAN
- [2.2] Hanna Celnik, Wojciech Paszyński, „Dziegieć drzewny w lecznictwie medycznym w Polsce
- [2.3] „Grody, garnki, uczeni”, Agnieszka Krzemińska, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2022
- [2.4] „Średniowiecze w liczbach”, Kamil Janicji, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań 2024
- [2.5] „Wisła. Biografia rzeki”, Andrzej Chwalba, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2024
- [2.6] Internet, Wikipedia

Literatura do rozdziału trzeciego

- [3.1] „Grody, garnki, uczeni”, Agnieszka Krzemińska, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2022
- [3.2] „Złóża soli w Polsce w ujęciu przeglądowym”, Witold Kuc, Muzeum Żup Krakowskich
- [3.3] Internet, Wikipedia, strony Muzeum Żup Krakowskich, kopalni soli „Wieliczka”, Encyklopedia PWN
- [3.4] „Historia techniki polskiej”, Bolesław Orłowski, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu 2008, wyd. II uzupełnione
- [3.5] „Od ujścia Wisły po Morze Czarne”, Jakub Woziński, wyd. Prohibita, Warszawa 2021
- [3.6] „Wisła. Biografia rzeki”, Andrzej Chwalba, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2024

Literatura do rozdziału czwartego

- [4.1] „Rozwój górnictwa rud cynku i ołowiu w Bytomsko-Tarnogórskim rejonie złożowym od końca XVIII wieku do czasów współczesnych”, Alicja Pradela, Maksymilian Solarski, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec
- [4.2] „Bogactwa kopalne Górnego Śląska”, Czesław Kuźniar, Przegląd Techniczny, 30 III 1921
- [4.3] Internet, Wikipedia, Encyklopedia PWN
- [4.4] „Historia techniki polskiej”, Bolesław Orłowski, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu 2008, wyd. II uzupełnione
- [4.5] „Od ujścia Wisły po Morze Czarne”, Jakub Woziński, wyd. Prohibita, Warszawa 2021
- [4.6] „Miedź – krótki rys historyczny i najnowsze zabytki archeologiczne”, Aldona Garbacz-Klempka, AGH Kraków – *metale.pl*

Literatura do rozdziału piątego

- [5.1] „Grody, garnki, uczeni”, Agnieszka Krzezińska, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2022
- [5.2] „Historia techniki polskiej”, Bolesław Orłowski, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu 2008, wyd. II uzupełnione
- [5.3] „Kopalnie i siekiery”, Szymon Modzelewski, „Archeologia żywa”, nr 3 (89), lipiec – wrzesień 2023, str. 4
- [5.4] Internet, strony Wikipedii, Nauka w Polsce, Świat metali, medievalheritage.eu/pl

Literatura do rozdziału szóstego

- [6.1] „Świat szkła”, www.swiat-szkla.pl
- [6.2] „Szkło w Polsce od XIV do XVII wieku”, A, Wyrobisz, Wrocław 1968
- [6.3] „Polskie szkło do połowy XIX wieku”, red. Z. Kamieńska, Warszawa 1987
- [6.4] Huta szkła, szkło – wikipedia

Literatura do rozdziału siódmego

- [7.1] Internet – Wikipedia, statkihistoryczne.pl, hismag.org
- [7.2] Narodowe Muzeum Morskie w Gdańsku
- [7.3] Muzeum Marynarki Wojennej w Gdyni
- [7.4] Narodowe Muzeum Morskie w Izraelu
- [7.5] „Wisła. Biografia rzeki”, Andrzej Chwalba, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2024

Literatura do dodatku A

- [A.1] Internet – wikipedia, fundacjaenergia.pl, wody.gov.pl, staraoliwa.pl
- [A.2] „Wisła. Biografia rzeki”, Andrzej Chwalba, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2024

Literatura do dodatku B

- [B.1] Internet – agrokultura.org, wiatrak.nl

W serii „Biblioteka historii techniki” dotychczas ukazały się:

Nr 1 – „Praprzemysł na ziemiach polskich”, wyd. 1 (2024)

Nr 356 – „Słownik historycznych terminów z elektroniki i radiotechniki”

