

Sławomir Dryja\*, Mirosław Janowski\*\*  
(Kraków)

## Zapotrzebowanie na energię krakowskiego przemysłu piwowarskiego w XVI i 1 połowie XVII wieku w świetle kwerendy archiwalnej i symulacji procesu spalania w piecach bezkominowych

**Abstract:** The XVI century Cracow-based malting and brewing industry was at the peak of its development, in line with the European trend in the industry's development. It is no coincidence then, that the period is called the "golden age of beer". Around the middle of the century nearly 140 breweries had operated in Cracow, furnished with normalized equipment which enabled the production of 4680–4770 liters of beer from a single brewing batch. In Cracow from 130 to nearly 270 hectolitres of beer were produced annually (and that is discounting Kazimierz and Kleparz, which at the time were separate municipal entities). We know relatively much regarding the units of measure and magnitude of Cracow's brewing industry during that period, however due to gaps in sources the issues related to the trading of timber (trade measures, trade organization, demand), essential to beer brewing, has not been discussed thoroughly. This article intends to fill this particular gap. Due to the aforementioned gaps in sources, the estimated amount of timber consumed in brewery production has been calculated based on a simulation of the stack-less furnace combustion process. For that purpose, experiments conducted by heat engineering specialists at the AGH University of Science and Technology in Cracow have been used.

Timber was rafted to Cracow via the Vistula River, from areas located in its upper section or larger tributaries. The congregation of Cracow drafters had the monopoly on rafting and trading wood. Rafted timber was stored at the royal timber garden, at the foot of the Wawel hill. In 1570 nearly 70 thousand timber logs were rafted to Cracow.

The measuring units for rafting during the modern period have been developed by Jerzy Wyrozumski, however the trading measures remain almost unknown. The unit of measure for rafted wood was simply a timber log. Trade timber (heating timber) was calculated according to

---

\* Sławomir Dryja, Uniwersytet Papieski Jana Pawła II w Krakowie, Instytut Historii Sztuki i Kultury, e-mail: slawomir.dryja@upjp2.edu.pl.

\*\* Mirosław Janowski, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, e-mail: janowski@agh.edu.pl

spatial units of measure. It seems, however, that a correlation occurs between both these systems (the common term of “plet” and “dziesiątek” or “tenth”). It has been adopted that a “dziesiątek” consists of six clusters or eighteen wagons. The load capacity of a wagon has been assumed at 600 kg. This corresponds to a volume of 1,2–1,3 cubic meters of beech or oak timber (such timber was burnt in Cracow’s breweries). In comparison to normative volumes for those tree species, we can observe that one wagon corresponded to half a log, after cutting, lumbering and drying (to a level of 15–18%). The calculated values served to the purpose of comparison with the results achieved from calculating the stack-less furnace combustion process simulation.

For the calculations a boiler capacity at a level of 5000 liters and its permanent embedding has been assumed. This is because a typical furnace at the time was a stack-less structure with an embedded boiler, fired by hard, non-coniferous timber (oak, beech). Three stages of production have been distinguished: boiling of water, boiling of the wort and sustaining the boiling of wort (during the assumed time from 1 to 2,5 hours). It has been observed, that the first two stages of the studied process have the same energy demand in every given variant. The difference is related to the brewing time of the wort. Energy expenditure increases at this stage proportionally to extension of the boiling time. The fuel demand is a direct result of the process efficiency, and an indirect result of the energy efficiency (caloric value) of the fuel.

The results allow to present several significant conclusions. Brewing beer was a highly energy-consuming process. Brewers based their process on highly caloric non-coniferous timber. In furnaces with an embedded boiler (without a slot) boiling of water was associated with a constant energy expenditure corresponding to burning 0,9 to 1 cubic meter of timber. The energy demand of the wort boiling process (brewing) was dependent on the length of the process. The energy expenditure corresponded to burning 1 to 1,15 cubic meters of timber. The total consumption, therefore, was 1,9 to 2,5 cubic meters of timber (which corresponded to – 1300 kg). Comparing this to a wagon’s load capacity (with an adopted average of approx. 600 kg), we can observe that the portion for a single brew corresponded to 1,5 to 2 wagons.

It would seem, that for further studies it is recommended to conduct model tests. A 1:1 scale is not a necessary requirement. A 1:3 scale model appears sufficient, therefore with a boiler volume of no less than 1500 dm<sup>3</sup>. Model tests would allow to verify the adopted assumptions and adjust any possible errors.

The historical source verification method based on a theoretical analysis of the combustion process simulation adopted in there article may find applications in other crafts which incorporate furnaces of different designs based on burning wood (brewers, bakers, coppersmiths, blacksmiths, etc.), which in consequence would allow for a comprehensive assessment of Cracow’s (or other urban centers’) energy demand in the modern era.

**Keywords:** brewing, timber trade measuring units, combustion process simulation, stack-less furnaces

**Słowa kluczowe:** browarnictwo, handel drewnem, jednostki pomiarowe, symulacja procesu spalania, piece beziarniste

## Zagadnienia wstępne

W historii Europy okres od około 1450 roku do początków XVII stulecia to niekwestionowany złoty wiek piwa<sup>1</sup>. Technologia jego wytwarzania osiągnęła

---

<sup>1</sup> Określenie użyte przez R. Ungera (*The years from around 1450 to the early seventeenth century were a golden age of brewing*). Już pod koniec XVI w. w piwowarstwie europejskim obserwowany jest początek długotrwałego kryzysu, którego objawy zauważamy również

niespotykany wcześniej poziom. Nastąpił też szybki wzrost produkcji, przewyższający rozwój demograficzny, połączony z ekspansją na nowe terytoria. Granica pomiędzy „piwną” a „winną” Europą przesunęła się znacząco w kierunku południowym. Piwo stało się istotnym towarem eksportowym, głównie dla miast nadmorskich, proces ten dotyczył jednak i kilku miast śródlądowych, takich jak Einbeck, Zerbst czy Świdnica<sup>2</sup>. Rozwój piwowarstwa następował również w większych miastach położonych w głębi lądu, które – choć nie eksportowały swojego piwa, stawały się ważnymi ośrodkami produkcji lokalnej.

W XVI wieku krakowski przemysł słodowniczo-piwowarski znajdował się u szczytu swojego rozwoju. Pod względem liczby browarów, wielkości pojedynczego waru czy też wielkości produkcji rocznej Kraków zaliczał się do ściślej czołówki europejskiej tego okresu. Około połowy wieku działało w tym mieście blisko 140 browarów, wyposażonych w znormalizowane urządzenia, pozwalające na uzyskiwanie 4680–4770 litrów piwa z pojedynczej warki. Przeciętna roczna produkcja jednego browaru oscylowała około 1500 hektolitrów<sup>3</sup>. Rocznie wytwarzano w Krakowie od 130 do niemal 270 tys. hektolitrów piwa<sup>4</sup>. Należy przy tym podkreślić, że podane wielkości obejmują produkcję wewnątrz murów miejskich Krakowa, bez odrębnych wówczas organizmów miejskich, jakimi były Kleparz i Kazimierz.

W przedstawionej niedawno pracy *Krakowskie miary piwowarskie w XVI wieku* oszacowano precyzyjnie miary w produkcji słodu i piwa, skalę produkcji i miary konsumpcyjne, jednak z powodu luk źródłowych niemal całkowicie pominięto kwestię ilości drewna, zużywanego w produkcji piwowarskiej<sup>5</sup>. Niniejszy artykuł stawia sobie za zadanie wypełnienie tej luki. Wobec wspomnianych braków źródłowych, szacunek ilości drewna zużywanego w produkcji piwowarskiej obliczono w oparciu o symulację procesu spalania w piecach bezkominowych. Wykorzystano w tym celu doświadczenia specjalistów inżynierii cieplnej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

---

w Polsce. Obniżenie wielkości produkcji i spadek liczby browarów, obserwowany od lat 80. XVI w. spowodowały, że piwowarstwo w Polsce nie odzyskało już swojej poprzedniej pozycji (tylko w Krakowie liczba browarów obniżyła się z ok. 140 w połowie wieku XVI do ok. 100 na przełomie XVI i XVII w. i ok. 60 w latach 20. XVII w.); por.: S. Dryja 2017, s. 67–94; R. Unger, 2004, s. 107.

<sup>2</sup> R. Unger, 2004, s. 107–110; Ch. Bamfoth, 2008, s. 44 i nast.; P. Unwin, P. Tim, 1991.

<sup>3</sup> Por. m.in. S. Dryja, 2009, s. 185–208; Idem, 2011, s. 3–25; Idem, 2012, s. 96–116, S. Dryja, S. Sławiński, 2010.

<sup>4</sup> Dla porównania: Świdnica w latach 1501 – 1550 wytwarzała przeciętnie 45 tys. hl, Gdańsk w latach 1501–1550 – przeciętnie 200 tys. hl, Lubeka w latach 1501–1550 – przeciętnie 70 tys. hl, Gandawa w roku 1527 – 119 tys. hl, Brugia w roku 1550 – 106 tys. hl, Gouda w roku 1560 – 151 tys. hl, Antwerpia w roku 1575 – 292 tys. hl, Brugia w roku 1580 – 160 tys. hl, Antwerpia w roku 1580 – 450 tys. hl, Gandawa w roku 1583 – 161 tys. hl, Londyn w roku 1585 – 1065 tys. hl, Haarlem w latach 1600–1620 – około 570 tys. hl, Bruksela w roku 1617 – 352 tys. hl. Por.: R. Unger, 2004, s. 118–119.

<sup>5</sup> S. Dryja, 2011, s. 3–25.

## Miary drewna spławnego i opałowego

Jak zauważył Jan Małecki, „drzewo i wyroby drzewne dostarczano do Krakowa niemal wyłącznie drogą wodną. Konsekwencją tego jest brak danych o handlu drzewem w krakowskich rejestrach celnych (...) Fakt, że drzewo spławiano do Krakowa Wisłą, ograniczał dość wyraźnie obszar z którego je sprowadzano, do terenów nad górną Wisłą, Sołą, Skawą i Przemszą”<sup>6</sup>. Pojedyncze wzmianki poświadczają co prawda możliwość dowozu drewna z innych kierunków, miało to jednak marginalne znaczenie<sup>7</sup>.

Jak się przypuszcza, w XVI i XVII wieku „wesły w użycie czterokołowe fury o ładowności od 0,6 do 1 tony zaprzężone w dwa lub cztery konie. Szybkość handlowa wynosiła 25 kilometrów dziennie. (...) Ciężkich i masowych towarów, np. zboża czy drewna, nie opłacało się przewozić transportem konnym na odległości większe niż 50 km”<sup>8</sup>. W praktyce ładowność ograniczona była od 400 do 600 kilogramów<sup>9</sup>. Taką wartość należałoby też przyjąć dla transportu wewnątrzmijskiego<sup>10</sup>.

Pozyskanie i transport drewna z lasu organizowano zimą, wykorzystując zamrożony grunt i pokrywą śnieżną do prowadzenia zrywki<sup>11</sup>. Drewno transportowano do przystani (miejsca rozpoczęcia spławu). Na Skawie spław zaczynał się powyżej Makowa, na Sole powyżej Żywca, ale również w Soli, Rycerze i Ujsołach<sup>12</sup>. Następował przy sprzyjającym stanie wód, bezpośrednio po roztopach. Zwykle podaje się pięć terminów, mianowicie majowy, na Zielone Świąta, świętojański, około św. Jakuba i jesienny<sup>13</sup>. Niewątpliwie decydujące znaczenie miał aktualny stan wód (niski praktycznie uniemożliwiał spław, drewno ciężkie wymagało stanu wysokiego).

Monopol na spław i handel drzewny przysługiwał kongregacji włóczków krakowskich<sup>14</sup>. Na przestrzeni pomiędzy klasztorem tynieckim a zwierzynieckim znajdowała się przystań, czyli port drzewny. Pobierano tu dziesięcinę drzewną, wedle zasady opisanej w *Lustracji* z roku 1564: „od izby drzewa wycinają na wielkie rządy dziesiąte drzewo. Item od płtów, które zowią [mal-

<sup>6</sup> J. Małecki, 1963, s. 165.

<sup>7</sup> Ślady takich transakcji znajdujemy w testamentach piwowarów krakowskich. W roku 1622 Antoni Górski zapisał: „Winieniem Papiernikowi za drwa złotych dwadzieścia i sześć. Temuż Papiernikowi z Mogiły winieniem za chmiel ośm złotych”. Wynika z tego, że ów papiernik był pośrednikiem w handlu surowcami piwowarskimi. Czy drewno pochodziło z okolic Mogiły i zostało do Krakowa dostarczone transportem kołowym, z całą pewnością nie wiemy; ANK, Akta Miasta Krakowa, rkps 33, s. 675–678.

<sup>8</sup> A. Jezierski, C. Leszczyńska, 2003, s. 58.

<sup>9</sup> *Instrukcja*, 1938.

<sup>10</sup> Należy przypuszczać, że szerokość ulic ograniczała możliwość transportu do zaprzęgów dwukonnych.

<sup>11</sup> J. Burszta, 1955, s. 184 i nast.; J. Broda, 1956, s. 186–188.

<sup>12</sup> K. E. Janota, 1859, s. 86, H. Mytnikówna, 1960, s. 167, M. Strzelichowski, s. 6 (artykuł dostępny na stronie: <http://zywiecinfo.pl/magazyn/item/79-flisactwo-komunikacja-i-handel-w-dorzeczu-soly>, dostęp w dniu 21 kwietnia 2017 r.).

<sup>13</sup> H. Mytnikówna, 1960, s. 168, M. Strzelichowski, s. 7.

<sup>14</sup> J. Wyzumski, 1958, s. 37 i nast.

wistniki]. Item od płtów [które zowią wyszniki], tj. kłodzina krótka a mięsza [spinana] – od tych nie na liczbę, ale na miarę łokciem mierząc, jako obyczaj jest, wycinają dziesiątą część na wielkie rządy<sup>15</sup>. Poborem podatku zajmowali się urzędnicy królewscy zwani dziesiętnikami, przy pomocy włóczków, którym przysługiwał monopol na spław drewna z przystani do ogrodów królewskich. Dwie części z pobranej dziesięciny przypadały wielkorządom, trzecia część staroście krakowskiemu<sup>16</sup>.

Jednostki obrachunkowe drewna spławnego opisał Jerzy Wyrozumski<sup>17</sup>. Najmniejsza jednostka występowała pod wieloma nazwami, z których w źródłach szesnastowiecznych najczęściej powtarzają się: *pletnica* i *tafla*, lub z języka łacińskiego – *tabula*, *ligatura*, *colligatura* albo *strues* (*struis*) *lignorum*<sup>18</sup>. W czasach przedrozbiorowych jednostka ta liczyła 10 pni, co potwierdzają zapiski w lustracjach wielkorządowych, mówiące o dziesiętkowych pletnicach<sup>19</sup>. Wedle Jerzego Wyrozumskiego, budowa tratwy składającej się z dziesięciu pni była uzasadniona z uwagi na cło pobierane w naturze, w wysokości dziesiątej części (dziesięcina drzewna)<sup>20</sup>. Sporadycznie wzmiankowane są tafle mniejsze lub większe od dziesiętkowych<sup>21</sup>.

Więszą jednostką był *płtet*, zapisywany również jako *płyt*, *płot*, *płta*, *plczek*, *płczyk*, *pcik* a także *pojęcie* lub z języka łacińskiego *plecta*, *iunctura*, *compago*, *parva struis*<sup>22</sup>. *Płtet* składał się z 60 pni, czyli 6 tafli. Również i od tej zasady zdarzały się odstępstwa. Wątpliwości budzi utożsamianie *płtu* z *pojęciem*: „od zbijanya i spuszczanya dembiny ad Pontem, sesczioro poiencia dembini, a w kozdim poięczju dembów 15<sup>23</sup>”. W podanym przykładzie *pojęcie* byłoby bowiem jedynie czwartą częścią *płtu*.

Największą jednostką pławną była izba, występująca też pod łacińskim określeniem *stuba roborum*<sup>24</sup>. Budzi ona największe wątpliwości badaczy. R. Rybarski określał jej wielkość na około 100 pni<sup>25</sup>. J. Broda, opierając się na wzmiance w lustracji Wadowic w księstwie zatorskim, określił wielkość izby dokładnie na 100 pni<sup>26</sup>: „kto w lesiech królewskich kupi na spust drzewa albo na bicie gontów czyni i *wścionków*, wtedy od *izby*, *quae continet 100 robor*,

<sup>15</sup> *Lustracja*, 1962, s. 18.

<sup>16</sup> AGAD, MK, dz. XVIII, 18 (Małopolska), k. 95.

<sup>17</sup> J. Wyrozumski, 1959, s. 269–279.

<sup>18</sup> J. Wyrozumski wymienia kolejno określenia: *tafla*, *tafel*, *plenica*, *pletnica*, *płatnica*, *płotnica*, *płatwica*, zupełnie wyjątkowo *izba*; Idem, 1959, s. 270–271.

<sup>19</sup> Ibidem, s. 271.

<sup>20</sup> Ibidem, s. 271–272. *Lustracja* z roku 1570 precyzuje, iż „od *pletnic* dziesiętkowych tedy wycinają dziesiątą *pletnicę*”; AGAD, MK, dz. XVIII, 18 (Małopolska), k. 95.

<sup>21</sup> O taflach takich pisze J. Broda. Składać się miały z 5 dłuźyc. Z kolei złożone z mniejszego drzewa liczyć mogły 12 pni. Tenże, op. cit., s. 134 i nast. J. Wyrozumski uważa, iż mogła być to lokalna specyfika, dostosowana do górnych odcinków Soły. Idem, s. 272 (w przypisie).

<sup>22</sup> J. Wyrozumski, 1959, s. 272.

<sup>23</sup> *Prawa*, 1885, s. 1114.

<sup>24</sup> Wyrozumski, 1959, s. 273–274.

<sup>25</sup> R. Rybarski, 1931, s. 106.

<sup>26</sup> J. Broda, 1956, s. 74 (w przypisie).

daje fl. 1, a od każdy jedle na gonty *per gr 6*<sup>27</sup>. Z kolei z dwóch wzmianek z roku 1523 wiemy, że izba liczyła raz 100, to znowuż 127 pni: „*pro stuba roborum, continet 127 robora*, dalej: *pro una stuba roborum, continet robora centum*”<sup>28</sup>. W innej wzmiance mowa jest o 130 pniach, nie określonych wszakże jako izba: „130 drzewa z obłożonim *szczepem*”<sup>29</sup>. Jerzy Wyrozumski jako najbardziej prawdopodobną przyjął liczbę 120 pni wchodzących w skład izby, nie wykluczając sporadycznych odstępstw<sup>30</sup>. Wydaje się logiczne, że dwa *płty* składały się na jedną izbicę. Wedle *Lustracji* z 1564 roku, w jednej z wsi księstwa oświęcimskiego (Porąbka) „wkupują się do lasów królewskich na wyrąbanie drzewa, *płtów* i *izdeb* i płacą do zamku od każdego *płtu* leśnego *per gr 16* i myta wodnego *per gr 16, facit gr 32, ergo od izby całej leśnego fl. 1/12*, a wodnego także fl. 1/12. Spuścili w tem roku ci poddani *płtów 8* i *pólizdeb 2; facit mc. 6/32/0*”<sup>31</sup>. Zgodnie z tą taryfą opłata od izby była o 10 groszy wyższa od opłaty pobieranej od dwóch *płtów*. Jednak z prostego przeliczenia wynika, że pobrana opłata od *pólizby* i *płtu* była identyczna i wynosiła 32 grosze. Wyliczenie to potwierdza opłata pobrana w innej wsi księstwa oświęcimskiego, Kobiernicach: „do lasów od wrębów na drzewo płacą od każdego *płtu* i od *pólizby per gr 32*, to jest wrębu *gr 16 et telonei gr 16* od *pólizby* albo od *płtu* drzewa. W tym roku spuścili *płtów 17* i dwoje *pólizbia* drzewa; *facit mc. 12/32/0*”<sup>32</sup>. To, że opłata mogła rozkładać się nierównomiernie, pokazuje inny zapis z terenu księstwa oświęcimskiego, dotyczący wsi Międzybrodzie: „od wrębu w lesiech na *płty* płacą do zamku ode *płtu per gr 32*, w tem roku ich spuścili półszosta, przyszło od nich *mc. 3/40/0*”<sup>33</sup>. Z przeliczenia wynika więc, że od pół *płtu* pobrano 24 grosze, a nie – jak wynikałoby z taryfy – 16 groszy. Dodatkowa opłata mogła wiązać się z większym wysiłkiem przy organizacji jednostkowego transportu. Możliwe też, że różnicowano opłatę od *płtów* w które wiazano smuklejsze, górne części pni, od *płtów* na które składała się *kłodzina krótka a miągsza*.

Takie *płty*, z *krótką a miągszą kłodziną* zwano *wiślnikami*. Drzewa z *wiślników* określano też jako „drzewo pospolite na budowanie godne”. Występuje też pojęcie *płtów które zowią małowiślniki*. Nie jest ono jednoznaczne, jednak wydaje się prawdopodobne, że było to *drzewo na budowę niegodne*, określane w źródłach jako *drzewo bigosowe*. *Lustracja* z roku 1570 wyraźnie rozróżnia cztery kategorie drewna spławnego, od którego pobierano opłatę, a mianowicie: drwa dziesiątkowe, drzewo izdebne, drzewo pospolite na budowanie godne i drzewo bigosowe („drzewa na budowanie niegodne”)<sup>34</sup>.

Dziesięcinę pobierano również od drewna już obrobionego: „Drugie cło wodne na Skawinie i od spuszczenia drzewa: od *izby* drzewa *gr 24*, a od tar-

<sup>27</sup> *Lustracja*, 1962, s. 222.

<sup>28</sup> *Prawa*, 1885, s. 963, w pierwszym przypadku kosztowało to miasto 13 grzywien i 13 ½ groszy, w drugim 11 grzywien i 19 ½ groszy.

<sup>29</sup> *Ibidem*, s. 1099.

<sup>30</sup> Wyrozumski, 1959, s. 275.

<sup>31</sup> *Lustracja*, 1564, s. 244

<sup>32</sup> *Ibidem*, s. 246.

<sup>33</sup> *Ibidem*, s. 245.

<sup>34</sup> AGAD, MK, dz. XVIII, 18 (Małopolska), k. 95–96.

cic, *sforstów*, *ścianków*, *gontów* i drewno *szczepowych* dziesięcinę wybierają, które szacują do roku *plus minus ad fl.* 69, jako się dostało *in a.* 1562; *facit mc.* 43/6/0<sup>35</sup>. Niewykluczone, że właśnie drewno obrobione lub tartaczne wiązano w *tafle* i *plty*, odstępując od przyjętych zasad: „ci mieszczanie powinni spuszczać *per fluvium* Poprod do piły sądeckiej tramów 24, a z każdego tramu bywa tarcic 7, *facit* tarcic 168, za które już się położyło przy młynach sądeckich<sup>36</sup>.”

*Taflę, plty* a zapewne i izbice składano najczęściej z pni jednorodnych gatunkowo – „*pro plott* jodłowi *et* spuszczone, dalej: *plet* jodłowi<sup>37</sup>, w dalszej części dokumentu wymieniono też: „*plett* olszowi i *plett* sosnowi<sup>38</sup>”. Sporadycznie łączono w *plty* *tafle* różnych drzew („za pultora *plczyka*, w tym syedm *pletnycz* ss *szczepem* drzewa sosnowego” – oznacza to, że dwie *tafle* związano z nieokreślonego drewna, innego niż sosnowe)<sup>39</sup>.

Pojawiające się w źródłach określenie *szczep* nie oznaczało konkretnej miary, a jedynie połupane drewno przeznaczone na opał. Częstokroć wraz z drewnem spławnym spuszczano określoną ilość gotowego drewna opałowego, układając go na *taflach*: „powinni *izbę* drzewa każdy rok w lesiech wyrębić i do zamku spuścić, a na niem *dziesiątek szczepu*<sup>40</sup>, „powinna ta wszytka gromada dwie *izbie* tramów na każdy rok na brzegu rzeki Soli położyć i inszych drzew, *szczepów* do tego położyć ku spuszczeniu do Krakowa, za które *izby*, każdą z osobna, biorą fl. 40 *citra ultra*<sup>41</sup>, ciż mieszczanie powinni spuszczać na każdy rok suszyny *plców* 4, a [w] *plcie* każdym po 4 wozy drewno do kuchni dworskiej<sup>42</sup>.”

Tabela 1. Obliczenie wielkości spławu w roku 1570, na podstawie rejestru pobranej dziesięciny drzewnej

	Drwa dziesiątkowe	Drzewo izdebne	Drzewo pospolite na budowanie godne – wiślniki (?)	Drzewo bigosowe – małowiślniki (?)
Część wielkorządowa	39 dziesiątków	286	1063	2712
Faktyczny wymiar dziesięciny liczony w pniach	585	429	1594,5	4068
Szacunkowa liczba pni spławionego drewna	5850	4290	15945	40680
Razem	66765 pni drzew = ok. 6676 pletnic = 1112 plców = 556 – 668 izbic <sup>1</sup>			

**1 – liczba izbic wyliczona w zakresie od 100 do 120 pni wchodzących w jedną izbę**

O skali handlu drzewnego świadczy ilość drewna zarejestrowana w porcie drzewnym, od której pobrano dziesięcinę w roku 1570. W rejestrze odnotowa-

<sup>35</sup> *Lustracja*, 1962, s. 218.

<sup>36</sup> *Ibidem*, s. 171.

<sup>37</sup> *Prawa*, 1885, s. 963, kosztowało to miasto 7 grzywien i 6 groszy, w drugim przypadku 3 grzywiny 36 groszy.

<sup>38</sup> *Tamże*, s. 963.

<sup>39</sup> *Tamże*, s. 1098.

<sup>40</sup> *Lustracja*, 1564, s. 244.

<sup>41</sup> *Ibidem*, s. 250.

<sup>42</sup> *Ibidem*, s. 171.

no część przypadającą na wielkorządy, co odpowiada 2/3 dziesiątej części, jako że 1/3 część oddawana była staroście krakowskiemu. W tabeli 1 zsumowano dane dla wszystkich rodzajów drewna spławnego. Wynika z niej, że w roku 1570 spławiono blisko 70 tysięcy pni drzew<sup>43</sup>.

Ogrody królewskie, będące miejscem składowania spławionego i opodatkowanego drewna zajmowały lewe nabrzeże Wisły, mniej więcej naprzeciw browaru wielkorządowego (w tym miejscu znajduje się dzisiejszy hotel Sheraton), pomiędzy dawnym ujściem odnogi Rudawy a stawami, na miejscu których powstał później plac na Groblach (zob. ryc. 1). Było to zarazem targowisko drzewne, z którego zakupione drewno wywożono wozami. Przychód roczny z ogrodu królewskiego szacowano na 16 grzywien, zaznaczając wszelako, że nakłady i zniszczenia po częstych powodziach powodują obniżenie tej kwoty<sup>44</sup>. Ogród drzewny był ogrodzony, zaś miasto zatrudniało nawet stróża drewna złożonego nad Wisłą<sup>45</sup>.

Ryc. 1. Kraków od północnego-zachodu (fragment) wg rysunku z lat 1603–1605. Na pierwszym planie ogród drzewny. Na Wiśle tratwy spławione z góry rzeki. G. Braun, F. Hogenberg, *Civitates orbis terrarum*, Kolonia 1617 (reprodukcja za: Kraków, z. 1, pod red. Zdzisława Nogi, [w:] *Atlas historyczny miast polskich*, pod red. Romana Czaj, t. V Małopolska, pod red. Zdzisława Nogi)



W testamentach piwowarów krakowskich zachowały się liczne wzmianki dotyczące *drew kaczmarskich*, z uwagi na ich znaczną wartość materialną (zob. zestawienie zapisów w tab. 2). Z analizy owych zapisów jednoznacznie wynika, że zakupione przez piwowara drewno pozostawało na terenie ogrodu drzewnego. W roku 1571 Dorota Kowalczyzna posiadała „drew gromadę

<sup>43</sup> AGAD, MK, dz. XVIII, 18 (Małopolska), k. 95–96.

<sup>44</sup> AGAD, MK, dz. XVIII, 18 (Małopolska), k. 97.

<sup>45</sup> *Prawa*, 1885, s. 954.



poczętą w Wisli a *szczep* w domu<sup>46</sup>. Zmarły w tym samym roku Paweł Kijak znaczną część majątku posiadał ulokowaną w surowcach do produkcji piwowarskiej. Na pierwszym miejscu opisał drewno, zapewne niedawno zakupione: „naprzód jest u Wisły dziesięncz *gromad* drew, rzezanych, piwnych. Item k temu jest pultora *dziesiątka* drew dębowych, tamże u Wisły. Tamże u Wisły jest *dziesiątek* drew bukowych<sup>47</sup>. Zmarły w roku 1598 Wojciech Chmielarz największą sumę posiadał w drwach „które jeszcze są u Wisły”, oraz w dziesiątku drew złożonych w domu, których łączną wartość szacował na dwieście złotych<sup>48</sup>. Z zapisu w testamencie Pawła Kijaka wynika niezbicie, że rąbanie drew (*rzezanie*) odbywało się na terenie ogrodu drzewnego. Na posiadłość piwowarską trafiało więc już wcześniej przygotowane do użycia. Preferowano twarde drewno liściaste: dębowe („pultora *dziesiątka* drew dębowych”), bukowe („widzieliśmy też u tego Sowicza, w jego browar wszedźszy, kupe drew bukowych kaczmarskich”) czy (znacznie rzadziej) olchowe („drew [...] olszowych na zwierzyńcu pul *dziesiątka*”).

W roku 1587 Matys Mazur posiadał „drew u Wisły dwa *ptty*”, które kosztowały złotych pięćdziesiąt (przeciętna cena dziesiątka drew wynosiła wówczas 250 groszy)<sup>49</sup>. W roku 1580 Mikołaj Boczkowski, w kręgach piwowarskich lepiej znany jako Kania, przyjął w poczet długu od Łukasza Granicznego z Kamiennego Młyna (ten był mu winien dwieście złotych) „dwa *dziesiątki* drew po jedenaszczcie złotych z forą<sup>50</sup>. Nawet po odliczeniu transportu cena wydaje się wygórowana, bowiem koszt zakupu dziesiątka drew nie przekraczał wówczas 250 groszy.

Tabela 2. Drewno piwowarskie wzmiankowane w testamentach piwowarów krakowskich (wzmianki z lat 1527–1635). Podano nazwisko piwowara, ilość, gatunek, miejsce składowania i szacunkową cenę podaną w testamencie (w przypadku braku którejś z informacji wpisywano b.d.)

Rok	nazwisko piwowara	ilość drewna	rodzaj	miejsce składu	cena
1527	Jan Czech	b.d.	b.d.	<i>u Wisły</i>	30 florenów
1560	Walenty Latos	kupy (zwane gromady) szczep (czyli dziesiątek)	b.d. b.d.	<i>u Wisły</i> <i>u Wisły</i>	b.d. b.d.
1568	Dorota Rzączykowa	b.d.	b.d.	<i>u Wisły</i>	100 zł
1570	Matys Maxuła	4 sterty (gromady?)	b.d.	nad Wisłą	100 florenów
1571	Dorota Kowalczyzna	1 gromada		<i>w Wisli</i>	b.d.

<sup>46</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 19, s. 344–346.

<sup>47</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 19, s. 303–305.

<sup>48</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 27, s. 441–446.

<sup>49</sup> J. Pelc, 1935, s. 54.

<sup>50</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 21, s. 282–288.

1571	Krzysztof Kijak	10 gromad rzeżanych 1,5 dziesiątka	b.d. (piwne) dębowe	<i>u Wisły tamże u Wisły</i>	b.d. b.d.
1572	Barbara Święta	b.d.	b.d.	nad Wisłą	80 florenów
1580	Paweł Uścieński	2 dziesiątki	b.d.	przy słodowni	b.d.
1580	Mikołaj Kania	2 dziesiątki	b.d.	b.d.	11 zł (jeden)
1587	Matys Mazur	2 płyty	b.d.	<i>u Wisły</i>	50 zł
1598	Wojciech Chmielarz	b.d. 1 dziesiątek	b.d. b.d.	<i>u Wisły w domu</i>	200 zł (razem)
1601	Sebastian Duńczyk	2 wozy 5 wozów 2,5 gromady 0,5 dziesiątka	d.d. bukowe b.d. (piwne) dąb i olcha	w domu w domu na Podelwiu <i>na Zwierzyńcu</i>	b.d. b.d. b.d. b.d.
1601	Jakub Wysocki	b.d.	b.d.	nad Wisłą, dom	b.d.
1614	Katarzyna Szelałgowa	0,5 dziesiątka	dębowe	<i>na zadzi stojące</i>	b.d.
1617	Walenty Krupka	4,5 dziesiątka	b.d.	w domu	b.d.
1619	Zofia Burkatowa	b.d. 0,5 dziesiątka	b.d. (piwne) dębowe	<i>u Wisły w domu</i>	b.d. b.d.
1622	Antoni Górski	b.d.	b.d.	w domu	26 zł
1635	Zofia Stachurowa	b.d.	b.d.	<i>u Wisły, w domu</i>	100 zł
1635	Marcin Jankowicz	2 gromady 0,5 dziesiątka	b.d. b.d.	<i>u Wisły u Wisły</i>	b.d. b.d.

Rodzaj półhurtowego składu drewna znajdował się na Podelwiu. Wniosek taki wypływa z lektury testamentu Sebastiana Duńczyka, który posiadał „drew piwnych na Podelwiu pultrzezi *gromady* u Siedmirackiego”<sup>51</sup>. Podelwciem, w wiekach XVI/XVII zwano kamienicę wzmiankowaną pod tym mianem już w roku 1502 (*sub Leone*)<sup>52</sup>. Nie możemy wykluczyć, że podobnego rodzaju składy, prowadzone przez osoby prywatne, znajdowały się w innych punktach miasta.

Nie zdarzało się natomiast, by przy browarze lub słodowni przechowywano więcej niż dwa dziesiątki drewna. W roku 1580 zwołano komisję wiertelniczą, z uwagi na spór pomiędzy słodownikiem Pawłem Uścieńskim a jego sąsiadem, Pawłem Ryngwiczem. Komisja opisała „dwa *dziesiątki* drewna, które stoją

<sup>51</sup> Ibidem.

<sup>52</sup> Dzisiaj od strony Grodzkiej stoi dość duży dom, w którego obrębie znajdują się mury dwóch średniowiecznych kamienic (Podelwie odpowiada północnej, szerszej części rzutu tego budynku). W latach 1541 i 1542 wzmiankowano tu niejakiemu *Clemensa tabernatora*. Podobno od roku 1562 Podelwie należało do miasta. Była to duża, rozbudowana w kierunku wschodnim posesja, z obszernym placem. Długoletnim dzierżawcą tego miejsca był Matys Siedmiracki, prowadzący browar wraz z przyległą słodownią ANKr, Akta miasta Krakowa, rkps 1377, s. 714, rkps 2005, 2501, 2502, K. Richter, 1862, s. 15.

od ściany onego łokci trzy”, przeszkadzając planowanej budowie Ryngwiczowej. Dziesiątek drew przy domu posiadał Wojciech Chmielarz<sup>53</sup>. Matys Mazur na placu przy browarze zgromadził dwie gromady („drew u Wisły dwa *plty*”), zaś Sebastian Duńczyk wymienił w testamencie siedem wozów posiadanych *doma*, w tym „drew bukowych [...] pięć wozów”. Jakub Wysocki zmarły w roku 1601 drwa posiadane „u Wisły”, jak i na własnej posesji (w nieznaney ilości), oddał dzieciom „na pożywienie”<sup>54</sup>.

W świetle przedstawionych uwag intrygująco brzmi wzmianka w testamencie Jakuba Gawłowicza z roku 1622, wspominająca o drewnie zgromadzonym na brzegu miejskim („drzew dwadzieścia na brzegu miejskim”), który to „brzeg” należałoby rozumieć jako część ogrodu drzewnego, pozostającego pod zarządem miasta<sup>55</sup>. Podobna w wymowie notka znajduje się w testamencie Łucji Burkatowej z roku 1619 („drzewo u Wisły którego jest na Collegiackim no. 55 a na Miejskim brzegu no. 51”)<sup>56</sup>. Kwestia wewnętrznej organizacji ogrodu drzewnego wymaga niewątpliwie dalszych, pogłębionych badań.

Niektórzy piwowarzy pośredniczyli w handlu drewnem i wyrobami drzewnymi. Jednym z nich był Franciszek Kania zwany Wiatrem, prowadzący rozległe interesy z możnymi rodzinami Zborowskich i Kondratów oraz mieszczanami i włościanami z okolic Krakowa (testament z roku 1580)<sup>57</sup>. Podobne informacje zawiera testament Marcina Jankowicza z 1635 roku<sup>58</sup>. Szczególną uwagę zwracają wysokie kwoty, którymi operowano w handlu drewnem.

Rozpatrując przyjęte w handlu miary należy odróżnić miary spławne (mierzone przed opodatkowaniem dziesięciną drzewną) od miar handlowych (opałowych), mierzonych po opodatkowaniu. Te drugie dotąd nie zostały jeszcze opracowane, dlatego wypada poświęcić im kilka uwag<sup>59</sup>.

Dalsze rozważania należy opatrzyć uwagą, że jednostką przeliczeniową drewna spławnego był po prostu pień drzewa. Drewno handlowe (opałowe) liczono według miar przestrzennych. Wydaje się jednak, że pomiędzy oboma systemami zachodzi zależność (wspólne pojęcia *pltu* i *dziesiątka*). Przyjmując

<sup>53</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 27, s. 441–446.

<sup>54</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 28, s. 481–483.

<sup>55</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 33, s. 683–687.

<sup>56</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 1378, s. 489.

<sup>57</sup> ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 21, s. 414–416.

<sup>58</sup> Czytamy w nim m.in.: „po tym wziąłem od p. Lemiesza na drwa na małą Wisłę na *dziesiątki* złotych czterysta, które były na zimę przeszłą spuszczone na brzeg. Wziąłem na społ od tegoż p. Lemiesza na *dziesiątki* takowe od Jego Mości Pana Dobiechowskiego kupione złotych czternaście set polskich. Tenże p. Lemiesz dał mi złotych tysiąc na 23 *dziesiątków* różnych. Tenże p. Lemiesz na spuszczenie tych *dziesiątków* z góry i co je na brzeg włożyli dał złotych sto czterdzieści polskich. Na to wszystko dałem p. Lemieszowi złotych jedenaście sta i trzy polskich. Ostatek co przyjdzie Panu, to jest złotych 2837, z tych *dziesiątków* które są na brzegu i na górze jeszcze, na pana Dobiechowskiego w Spytkowicach p. Lemiesz powinien sobie dochodzić, gdyż to za jego pieniądze są kupione”; ANK, Akta miasta Krakowa, rkps 35, s. 929–932.

<sup>59</sup> Najwięcej uwagi temu zagadnieniu poświęcono w opracowaniach dotyczących cen w Krakowie. Do roku 1600 miarą cen/towarów zestawionych w tabeli jest dziesiątek. Zestawienie dla lat 1601–1795 operuje już takimi pojęciami jak dziesiątek, gromada, tafla a także mniejsze, jak sągi wóz. Por.: J. Pelc, 1935, s. 70; E. Tomaszewski, 1934, s. 70–71.

takie założenie musimy jednak zauważyć, że zróżnicowanie fizyczne pomiędzy gatunkami (przeciętne wymiary drewna rębego, masa własna) nie pozwala na uzyskanie ujednoczonych wyników. Dlatego też największą uwagę poświęcono gatunkom preferowanym do opalania pieców browarniczych, jakimi były bez wątpienia dąb i buk.

W świetle przedstawionych wyżej dokumentów widzimy, że w wieku XVI posługiwano się takim miarami handlowymi jak: *plet*, *dziesiątek*, *gromada* (niekiedy *sterta?*, *kupa?*) i *wóz*. Cena drewna opałowego zależała od gatunku, okresu sezonowania a także ostatecznej obróbki (drewno rąbane). Wiemy też, że ceny ulegały sezonowym wahaniom (zob. tab. 3).

Tabela 3. Ceny drewna opałowego (podane w groszach) w latach 1601–1610. Zestawiono wartość wozu, gromady i dziesiątka drewna. Na podstawie: E. Tomaszewski, *Ceny w Krakowie w latach 1601–1795, Badania z dziejów społecznych i gospodarczych*, pod red. Prof. Fr. Bujaka, nr 15, Lwów 1934, s. 88–92

	wóz		gromada		dziesiątek	
	min/maks	średnio	min/maks	średnio	min/maks	średnio
1601					450–840	600
1602					480–1200	700
1603		50			720–1110	970
1604		40	120–180	140	720–900	780
1605						
1606					390–960	724
1607					690–1020	706
1608	8–9	8,5			750–1080	907
1609			120–150	135	660–900	780
1610					750–1020	868

Niestety, w żadnym z analizowanych dokumentów nie udało się natrafić na opis, objaśniający ówczesny system miar obowiązujących w handlu drewnem opałowym. Podstawowe znaczenie mają tu jednostki objętościowe (współcześnie za jednostkę obrachunkową przyjmuje się metr przestrzenny – mp). Pamiętać jednak musimy o uwarunkowaniach związanych z wagą drewna. Ta zróżnicowana jest pomiędzy gatunkami, zależy też od stopnia wysuszenia drewna.

Możemy przyjąć założenie, że pojęcie *pltu* (wspólne dla miar spławnych i opałowych) nie oznaczało tej samej wielkości. *Plet* handlowy (opałowy) powinien być bowiem mniejszy o 1/10 pobranej dziesiątyny drzewnej (wówczas liczyłby więc 54 pnie). *Dziesiątek* odpowiadałby taflii (co tłumaczy poniekąd jego nazwę), w który po opodatkowaniu liczono by zapewne 9 pni. Dalsza część rozważań ma spekulatywny charakter, oparta jest bowiem o analizę cen drewna opałowego. Wykorzystano też zapiski z testamentów piwowarów krakowskich, w szczególności te precyzujące posiadane ilości drewna poszczególnej miary. Szczególnie dużo cen drewna opałowego odnotowano dla lat

1601–1610<sup>60</sup>. Cena jednej gromady kształtowała się wówczas na poziomie 1/6 *dziesiątka*, była zaś niemal równa trzem wozom. Można więc postawić tezę, że *dziesiątek* składał się z sześciu gromad lub osiemnastu wozów (por. tab. 2 i 3).

W tym miejscu należy postawić pytanie: ile drewna – licząc objętościowo – można załadować na wóz, przyjmując jego ładowność na przeciętnym poziomie 600 kg (por. uwagi wyżej). Zależy to w pierwszej kolejności od stopnia wysuszenia drewna (drewno świeże jest znacznie cięższe od wysuszonego), jak i od jego masy właściwej (najwyższe współczynniki osiąga drewno bukowe i dębowe). W przypadku gatunków preferowanych przez piwowarów (dąb i buk) ładowność wozu wynosiłaby nieco ponad 1,2 metra przestrzennego (por. tab. 4).

Tabela 4. Objętość drewna przypadająca na wóz o przyjętej ładowności 600 kg, przeliczona na metry przestrzenne, dla drewna świeżego i drewna suchego

gatunek drewna	masa właściwa drewna świeżego kg/m <sup>3</sup> (nie przestrzenny)	masa właściwa drewna w stanie powietrznosuchym kg/1m <sup>3</sup> (ok. 15% wilgotności)	ilość mp drewna świeżego na furze 600kg	ilość mp drewna w stanie powietrznosuchym na furze 600 kg
gatunki preferowane przez piwowarów				
dąb	1000	710	0,857	1,207
buk	1070	730	0,863	1,264
inne gatunki drewna liściastego				
brzoza	850	650	1,086	1,420
olcha	850	530	1,086	1,742
grab	970	830	0,952	1,112
inne gatunki drewna iglastego				
jodła	900	450	1,026	2,051
sosna	800	550	1,154	1,678
świerk	800	470	1,154	1,964
modrzew	900	690	1,026	1,338

Kolejnym, istotnym dla naszych rozważań zagadnieniem jest określenie masy i objętości pojedynczego, przeciętnego pnia dębu i buka, czyli gatunków które zostały wskazane jako te preferowane do opalania pieców browarniczych. Przyjęto, że przeciętny („normatywny”) pień miał 900 cm długości i średnicę 50 cm (wyniki obliczeń przedstawiono w tab. 5)<sup>61</sup>.

<sup>60</sup> E. Tomaszewski, 1934, s. 88–93.

<sup>61</sup> Długość pnia i średnicę przyjęto po konsultacji z mgr inż. leśnikiem Marcinem Biernatem (w tym miejscu dziękuję za cierpliwość i poświęcony czas). Długość 9 metrów wydaje się też najbardziej prawdopodobna w świetle przepisów prawa spławnego, obowiązującego w XIX wieku w zaborze rosyjskim. Regulowały one maksymalną długość tratw w spławie wiślanym (65 sążni dla zespołów dziesięcioczołowych), co po przeliczeniu oznacza, że długość pojedyn-

Tabela 5. Zestawienie przeliczeniowe dla buka i dębu. Pojedynczy pień przeliczono na metry sześciennie, metry przestrzenne i kilogramy. Podano wartości przeliczeniowe pomiędzy poszczególnymi jednostkami

gatunek drewna	wymiary dł./śr. [cm]	ilość – metry sześciennie	przelicznik m <sup>3</sup> /mp	ilość – metry przestrzenne	przelicznik m <sup>3</sup> /kg	masa w kg (15% wilgotności)
buk	900/50	1,77 m <sup>3</sup>	0,7	2,53 mp	730 kg	1292,1 kg
dąb	900/50	1,77 m <sup>3</sup>	0,65	2,72 mp	710 kg	1256,7 kg

Zestawiając wyniki obliczeń, przedstawione w tabelach 4 i 5 widzimy, że objętość przeciętnego pnia dębu lub buka (liczona w metrach przestrzennych) odpowiada niemal dokładnie ładowności dwóch wozów, przy założeniu, że na posesję piwowarską trafiało drewno przesuszone. Magazynowanie drewna w ogrodzie drzewnym miałyby więc charakter nie tylko utylitarny (na posesjach w obrębie miasta brak było wystarczającej przestrzeni), ale i użytkowy. Drewno było tam nie tylko cięte i rąbane, ale i sezonowane (suszone).

Zauważmy, że przedstawiony wynik jest zaskakująco zgodny z zaproponowanym (spekulatywnie – głównie na podstawie cen) podziałem ówczesnych miar handlowych (opałowych), wedle którego dziesiątek składał się z sześciu gromad lub osiemnastu wozów (por. wyżej). W obu przypadkach ładowność wozu określono na około pół pnia buka lub dębu (w przeliczeniu: około 600 kg i 1,2–1,3 metra przestrzennego)<sup>62</sup>.

Tabela 6. Tabela przeliczeniowa miar twardego, liściastego (buk, dąb) drewna opałowego (wóz, gromada, dziesiątek, plet handlowy) w przeliczeniu na pnie oraz wagę (w kg). Propozycja wynikająca z dokonanych obliczeń

wóz		gromada		dziesiątek		plet (handlowy)	
pni	kg	pni	kg	pni	kg	pni	kg
0,5	600	1,5	1800	9	4500	54	32400

Wyliczone wartości posłużą do zestawienia ich z rezultatami uzyskanymi w wyniku obliczeń symulacji procesu spalania w piecach bezkominowych.

Zakładając znormalizowaną wielkość urządzeń warzelnych, stałą wielkość zasypu słodowego, a w efekcie powtarzalną wielkość pojedynczego waru

czej tratwy związanej z pni drzew (a tym samym dopuszczalna długość pnia) nie powinna przekraczać 9,2 metra. Przyjęto następujące wartości przeliczeniowe: 1 metr przestrzenny odpowiada 0,7 kubika (buk) lub 0,65 (dąb) metra przestrzennego (na podstawie: *PN-D-95000:2002. Surowiec drzewny. Pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie*). 1 metr sześcienny odpowiada wagowo (dane dla drewna wysuszonego, 15% wilgotności): buk – 730 kg (świeży – 1070 kg), dąb – 710 kg (świeży – 1000 kg). wg: <http://www.lasypolskie.pl/printview.php?t=19675&start=0> (dostęp w dniu 21 kwietnia 2017 r.). Posłużono się kalkulatorem miąższości drewna opałowego: <http://www.drewno.pl/artykuly/7767,kalkulator-miazszosci-drewna-okraglego.html> (dostęp w dniu 21 kwietnia 2017 r.).

<sup>62</sup> Jeszcze raz podkreślmy, że z uwagi na odmienne cechy fizyczne innych gatunków (np. drewno iglaste nie osiąga takiej samej średnicy jak choćby buk i dąb) przeliczenia odbiegają będą od przedstawionych.

możemy przyjąć, że w procesie produkcyjnym używano powtarzalną ilość drewna. Jest to zasada znana z innych ośrodków piwowarskich tego okresu. Stałą miarą drewna posługiwali się piwowarzy w czeskim Rakowniku. W roku 1581 na jeden war używano dwie kopy drewna, przywożonego z okolicznych lasów. Przy zwożeniu drewna do miasta, strzegący bram z każdej wjeżdżającej fury pobierali wyznaczoną część drewna, co uznać można za pierwszą z licznych opłat pobieranych od piwowarów. Zwiezione w nadmiarze drewno magazynowano wprost na ulicy<sup>63</sup>.

## Konstrukcje pieców w krakowskim browarze w XVI wieku

Układ urządzeń w browarze, jak i technologia produkcji, charakterystyczne dla wieku XVI, uległy niewielkim przemianom od okresu rozwiniętego średniowiecza. Zasadniczą zmianą była jedynie wielkość urządzeń. Jak uważa R. Unger, zmiany technologiczne zachodzące w XIV wieku umożliwiły produkcję kotłów o pojemności większej niż 1000 litrów. Jeszcze w wieku XV, a najpóźniej w wieku XVI, wielkość tych urządzeń ustalona została w większości miast europejskich, będących znaczącymi ośrodkami produkcji piwowarskiej. Typowy kocioł piwowarski posiadał pojemność kilku tysięcy litrów<sup>64</sup>. Produkcją i naprawą kotłów zajmowali się kotlarze. Zakup nowego kotła lub jego naprawa wiązały się ze znacznym wydatkiem finansowym. Z roku 1604 pochodzi interesująca notka o zakupie używanego kotła, który był „wprawdzie stary, ale się do roboty godzi i dobry jest, a mieni, że zań dał 50 (złoty?), a od oprawy 8 (złoty?), i tam kotlina nowa”<sup>65</sup>. Szczegółowy opis pieca browarniczego znajduje się w pracy S. Dryi i S. Sławińskiego: „Centralne miejsce w browarze zajmował miedziany, lub miedziano – żelazny, nitowany kocioł, w którym grzano wodę do zalewania słoju oraz gotowano przefiltrowaną brzeczkę z chmielem. Produkcją oraz naprawami tych urządzeń zajmowali się liczni kotlarze, do obowiązków których należało zapewne szczelne osadzenie kotła nad kotliną. Kotliny murowano z kamieni lub cegieł, łączonych jednak nie zaprawą wapienną lecz gliną. Posiadały one kształt kolisty, zaś grubość ścianek odpowiadała zazwyczaj długości pojedynczej cegły (w omawianej epoce było to na ogół 26–28 cm). Od prawidłowego obmurowania kotła zależała jego trwałość, jak również zużycie drewna opałowego. Kocioł ustawiano na żelaznej podstawie zwanej wilkiem, zapewniającej jego stabilność. Z uwagi na usytuowanie wewnątrz kotliny wilki szybko przepalały się, dlatego też sporadycznie zastępowano je „kawalcami”, czyli obrobionymi dla potrzeb budowlanych sztukami kamienia, które częstokroć pozostawały po prowadzonych remontach. Wymiana lub naprawa wilków, lub co gorsza uszkodzenie kotła, wiązała się z nie-

<sup>63</sup> J. Renner, 2012, s. 34–35.

<sup>64</sup> Dla przykładu: Hamburg 4200 litrów (XV wiek) i 8750 (maksimum – XVI wiek), Monachium 4700–4800 litrów, Haarlem 6000 litrów (koniec XVI wieku): R. Unger, 2004, s. 176; Idem, 1992, s. 281–313.

<sup>65</sup> *Księga wiertelnicza*, 2000, nr 811, s. 159–160. W dokumencie pozostawiono niewypełnione miejsce na wpisanie jednostki monetarnej.

małym wydatkiem, dlatego też stan kotliny i wilków kontrolowano po każdym warze. O kotlinie, kotłach i wilkach zachowały się liczne wzmianki. Do wnętrza kotliny prowadził niewielki kanał, pełniący funkcję komory przypiecowej („jest kanał mały, ale kotlina zła i wilka nie masz żadnego”). Budowano go na planie nieznacznie wydłużonego prostokąta i przesklepiano. Dostępny był z zewnątrz przez otwór o wysokości wynoszącej zazwyczaj około 66% wysokości wnętrza komory, zgodnie ze sprawdzoną od wieków „złotą” regułą. W kanale rozpalano ogień, a po należyтым wygrzaniu pieca przesuając do wnętrza kotliny jedynie niewielką część żaru. Zapobiegało to termicznym uszkodzeniom kotła i wilków. Przy braku bezpośredniego podłączenia pieca do komina wystarczająco szeroki i wysoki otwór paleniska komory zapewniał naturalny ciąg i swobodny odpływ dymu. Jeszcze obficie powstająca para wodna wydobywała się bezpośrednio z kotła. Dym i opary wydobywały się niekiedy przez otwory w dachu browaru („widzieliśmy w browarze nad kotliną, iż nie masz komina, co jest bardzo niebezpieczno dla ognia, tylko tak pod dachem warzono piwo”) lub, co występowało częściej, przez kapę i komin. W przypadku drewnianego browaru kapa i komin też były drewniane, plecione z wikliny lub zbijane z desek i pokryte ogniotrwałą warstwą gliny. Konstrukcja oparta była na poziomych belkach (*kroncach*) niekiedy wspartych na słupach, co stosowano także przy strukturach murowanych. Urządzenia takie były przyczyną niejednego pożaru, toteż pożądanym był komin murowany i także kapa. Do tego potrzebna była przynajmniej jedna ściana murowana, najczęściej mur graniczny w podwórzu. W tymże murze, lub przy nim, osadzano komin z otwartym otworem do poboru dymu oraz pary wodnej z kotła. Do komina podłączano kapę, w kształcie niezbyt foremnego sklepienia, opartą na *kroncach* (osadzonych jednym końcem w murze), zbudowaną z cegły. Sądźmy, że była to cegła układana „na blat” (zapewniało to stosunkowo niewielką wagę konstrukcji), łączona gliną, którą też wylepiano kapę. Zachowane są dość liczne opisy takich urządzeń, zarówno drewnianych jak i murowanych<sup>66</sup>.

Piece ogrzewane bezpośrednim ogniem stosowano jeszcze w 1 połowie XX wieku. Miały one rzecz jasna nieco inną konstrukcję (m.in. zaopatrzone były w popielniki). Charakterystykę ich pracy przedstawiono następująco: „Stare kotły warzelne z reguły nie miały większej pojemności niż 100 hl i były ogrzewane bezpośrednim płomieniem. W takich kotłach powstawało bardzo dużo pęcherzyków pary wodnej. Szybko i nieprzerwanie odrywały się one od dna i wydostawały na powierzchnię, gdzie powodowały bardzo intensywne burzenie. Intensywność gotowania wzmagaly nie tylko różnice temperatury, ale i silna cyrkulacja wywołana nierównym ogrzewaniem dna kotła płomieniem bezpośrednim. Odparowywanie w tych kotłach wynosiło w ciągu godziny ok. 10% przy głębokości kotła 1–1.3 m<sup>67</sup>.”

Gotowanie brzeczki z chmielem wiąże się ze znacznym odparowaniem wody, co uznaje się za zjawisko właściwe (wraz z wodą odparowują też inne, niepożądane w piwie składniki). Poprzez gotowanie osiąga się właściwe stę-

<sup>66</sup> S. Dryja, S. Sławiński, 2010, s. 29–30.

<sup>67</sup> F. Hláváček, A. Lhotský, 1970, s. 199–200.

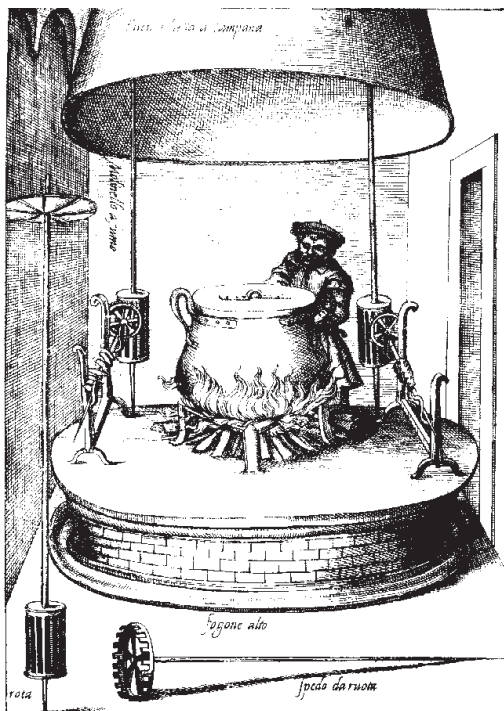


żenie brzezki, stosownie do gatunku warzonego piwa. W ciągu godziny odparowuje od 5 do 18% zawartości kotła. Barwa brzezki staje się ciemniejsza, następuje też zmiana gęstości brzezki<sup>68</sup>.

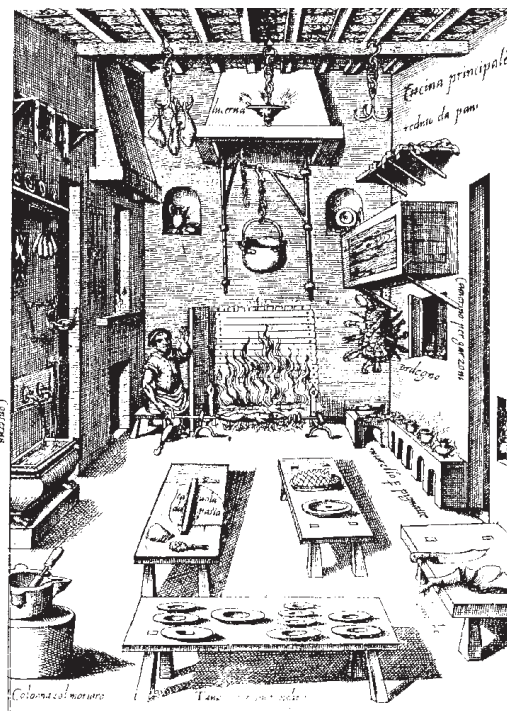
## Obliczenia

Obliczenie zapotrzebowania na energię oraz paliwo, potrzebne dla procesu warzelniczego, zależy od przyjętej konstrukcji pieca, w którym gotowano wodę a następnie brzezkę. Znanych jest kilka typów rozwiązań pieców przeznaczonych do uzyskania temperatury wrzenia wody pod ciśnieniem atmosferycznym, czyli jej zagotowania, a następnie podtrzymania tego procesu przez wymagany okres czasu. Podstawowy podział, jakiego można dokonać pod kątem konstrukcyjnym, związany jest z obecnością (lub nie) komina. Wyróżniamy więc piece wyposażone w komin, służący do odprowadzania spalin z komory paleniskowej na zewnątrz, oraz piece bez komina. Szczególnym przypadkiem „pieca bez komina” jest kocioł postawiony na wolnym ogniu, lub zawieszony nad paleniskiem (por. ryc. 2 i 3).

Ryc. 2. Kocioł ustawiony bezpośrednio nad paleniskiem, B. Scappi, *Il Cuoco Segreto Di Papa Pio V*, Wenecja 1570 (<http://www.pbm.com/~lindah/food-art/>, dostęp w dniu 21 kwietnia 2017)



Ryc. 3. Kocioł zawieszony nad paleniskiem. Powyżej okap (kapa) zbierająca i odprowadzająca spaliny wraz z oparami, B. Scappi, *Il Cuoco Segreto Di Papa Pio V*, Wenecja 1570 (<http://www.pbm.com/~lindah/food-art/>, dostęp w dniu 21 kwietnia 2017)



<sup>68</sup> P.M. Malcew, 1953, s. 342–343; C.J. Lintner, 1950, s. 106–109.

Wbrew pozorom, te wyglądające na nowoczesne, piece posiadające komin wcale nie gwarantowały najwyższej sprawności energetycznej procesu. Oferowały jednak relatywne bezpieczeństwo pracy z uwagi na zagrożenie pożarem (wyłączając instalacje z kominem drewnianym) oraz bezpieczeństwo przebywania przez obsługę browaru w atmosferze nienasyconej spalinami. Nie należy mylić komina z okapem znajdującym się nad przestrzenią kotła (tzw. kapą), służącym do odprowadzania oparów poza przestrzeń browaru. Rozwiązania takie stosowano również w browarach zaopatrzonych w piece bezkominowe. Wówczas odbierały one i usuwały na zewnątrz spaliny wraz z oparami (por. ryc. 3).

Piece bezkominowe nie różnią się zasadniczo sprawnością cieplną od kominowych. Przypuszcza się nawet, że piece bezkominowe mogły uzyskiwać większą sprawność cieplną, ze względu na dłuższy czas kontaktu i wymiany ciepła pomiędzy gorącymi spalinami a powierzchnią grzewczą kotła, co skutkowało większym schłodzeniem spalin i – w efekcie – większym stopniem wykorzystania energii chemicznej paliwa (zob. ryc. 4). Ta zaleta okupiona była jednak mniejszą wydajnością cieplną procesu gotowania i jego dłuższym czasem. Istnieje również hipoteza, że piec ogrzewany był samym żarem (z uwagi na konstrukcję kotłów, których dna wykonywano z miedzi), a główna ilość ciepła przekazywana była od żaru do dna kotła poprzez promieniowanie i swobodną konwekcję. W tej sytuacji sprawność cieplna kotła powinna wynosić około 1/3 sprawności kotła kominowego, zatem proporcjonalnie do zawartości węgla drzewnego w paliwie i odpowiadającej jej wartości energetycznej<sup>69</sup>. Takie rozwiązanie mogło zwiększyć trwałość metalowych elementów, tzw. żelaznych wilków oraz (wykonanego na ogół z miedzi) dna kotła. Niestety, rozwiązanie takie prawie trzykrotnie zwiększyłoby zapotrzebowanie na paliwo.

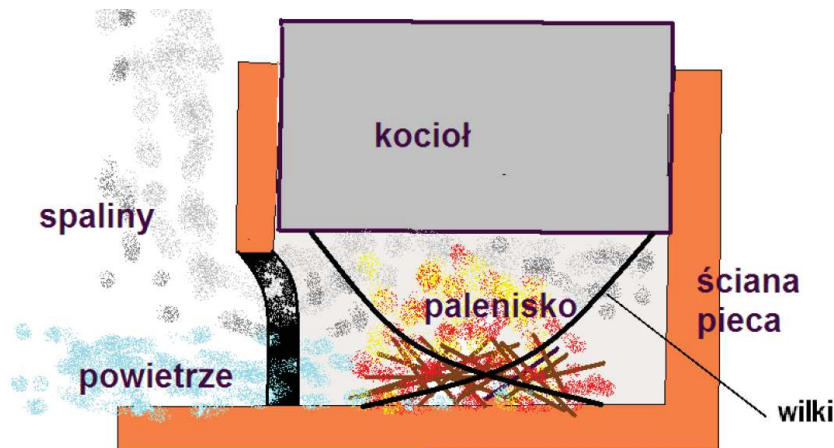
Znana jest również konstrukcja kotła bezkominowego, posiadającego szczelinę pomiędzy boczną ścianą kotła a ścianą obudowy pieca (zob. ryc. 5). Osiąga on wyższe sprawności od wszystkich dotychczas wymienionych konstrukcji. Posiada również większą wydajność cieplną, co skutkuje możliwością szybszego prowadzenia procesu. Wzrost sprawności i wydajności cieplnej jest wynikiem zwiększenia o powierzchnię boczną kotła powierzchni wymiany ciepła pomiędzy spalinami a ściankami kotła (i dalej gotowanym medium, w browarach wodą i brzeczką). Przy stosunku średnicy kotła do jego czynnej wysokości (powierzchnia omywana od wewnętrznej strony kotła przez czynnik cieplny) wynoszącej około 1,1:1, daje wzrost czynnej powierzchni wymiany ciepła o około 260%. Oczywiście ze względów konstrukcyjnych oraz termodynamicznych sprawność i wydajność nie wzrastają proporcjonalnie.

Najprostszą formą był kocioł zawieszony bezpośrednio nad otwartym ogniem (zob. ryc. 3). Było to jednak rozwiązanie o małej sprawności energetycznej, nieprzekraczającej 20%. Jest ono wprawdzie tanie, ale nie gwarantuje bezpieczeństwa i komfortu pracy w obszarach zabudowy miejskiej.

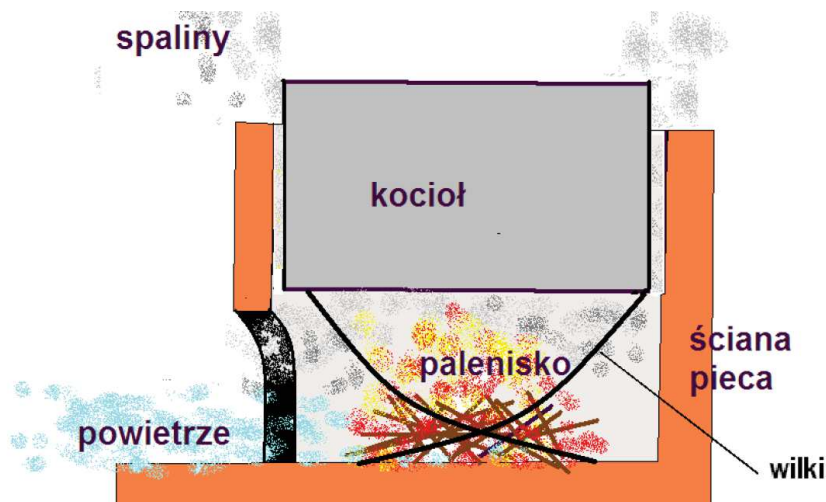
---

<sup>69</sup> S. Dryja, S. Sławiński, 2010, s. 29.

Ryc. 4. Schemat działania pieca browarniczego z wlepionym kotłem, przekrój. Rys. M. Janowski



Ryc. 5. Schemat działania pieca browarniczego ze szczeliną spalinową, przekrój. Rys. M. Janowski



Analizując materiały ikonograficzne oraz piśmiennicze, dotyczące pieców kuchennych nadal wykorzystywanych do gotowania potraw przez ludy żyjące na bardzo niskim poziomie rozwoju techniki grzewczej w Afryce oraz w Ameryce Południowej, można znaleźć bardzo wiele zbieżności technologicznych w budowie tych pieców kuchennych, i do pieców używanych do produkcji browarniczej w XVI wieku w Krakowie<sup>70</sup>. Podstawową różnicą jest tylko wielkość kotła. Bazując jednak na teorii podobieństwa, śmiało można korzystać z bezwymiarowych wielkości charakteryzujących podobne konstrukcje (por. ryc. 6 i 7).

Na rycinach 8 i 9 przedstawione zostały piece browarnicze z zainstalowanym (wlepionym) kotłem do gotowania wody oraz brzezki. Niestety, ryciny

<sup>70</sup> *How to Build the Improved Household Stoves*, (file:///C:/Users/User/Downloads/how-to-build-the-improved-household-stoves.pdf, dostęp w dniu 21 kwietnia 2017). B. Tiisekwa, 1986, s. 299–324.

nie pozwalają na jednoznaczne określenie, czy taki piec posiadał (czy też nie) szczeliny pozwalające spalinom na wymianę ciepła z jego boczną powierzchnią. Użycie określenia „kocioł wlepiony” pozwala raczej na domniemanie, iż był on szczelnie zainstalowany w piecu. Byłoby to więc rozwiązanie bez szczeliny spalinowej, z utrudnionym obiegiem spalin.

Ryc. 6. Tradycyjny piec kuchenny, używany do przygotowania posiłków w Afryce, *How to Build the Improved Household Stoves*, s. 17 i 24 (file:///C:/Users/User/Downloads/how-to-build-the-improved-household-stoves.pdf, dostęp w dniu 21 kwietnia 2017)



Ryc. 7. Wnętrze (kotlina) pieca kuchennego, używanego do przygotowania posiłków w *How to Build the Improved Household Stoves*, s. 22 (file:///C:/Users/User/Downloads/how-to-build-the-improved-household-stoves.pdf, dostęp w dniu 21 kwietnia 2017)



Ryc. 8. Praca w browarze średniowiecznym. Po lewej drewniana kadź zacierna, po prawej piec z wlepionym kotłem, zapewne bezkominowy. Przedstawienie z roku 1462, oryginał w archiwum w Kampen (R. Unger, *A History of Brewing in Holland 900–1900*. Economy, Technology and the State, Brill, Leiden, Boston, Köln, 2001, s. 35)



Ryc. 9. Piwowar Hans Franck w swoim zakładzie (1506). Widoczny piec bezkominowy z wlepionym kotłem, *Hausbuch der Mendelschen Zwölfbrüderstiftung*, Band 1, Norymberga 1426–1549 (<http://www.schlenkerla.de/biergeschichte/brauerstern/html/brauerdarstellungen.html>, dostęp w dniu 21 kwietnia 2017)



Na powyższych rycinach widoczny jest otwór do komory paleniskowej kotła. Jego wysokość wynosi zazwyczaj nieco ponad 60% wysokości całego pieca (nie licząc części kotła wystającej ponad piec). Zakładając, że kocioł jest szczelnie wlepiony należy przyjąć, że dolna część otworu w początkowej fazie procesu służyła do załadunku pieca paliwem, zaś pod koniec tego procesu lub po jego zakończeniu – do usuwania stałych pozostałości spalania, czyli popiołu (ewentualnie żużla). Podczas normalnej pracy paleniska, dolna część otworu pełniła funkcję przewodu doprowadzającego powietrze do paliwa znajdującego się w komorze spalania pieca (palenisku). Górna część otworu prowadzącego do wnętrza pieca pełniła rolę kanału dymowego, którym dym usuwany był z komory paleniskowej na zewnątrz pieca (w analizowanych przypadkach – bezpośrednio do pomieszczenia warzelni). Można przypuszczać, że w celu poprawy dokładności spalania i wymiany ciepła, górna krawędź otworu znajdowała się poniżej dna kotła. Taki zabieg konstrukcyjny pozwalał na dłuższy kontakt spalin z dolną powierzchnią kotła warzelnego, co skutkowało większą sprawnością procesu przekazywania ciepła do gotowanego (warzonego) czynnika oraz do dokładniejszego (zupełnego) spalania gazowych produktów powstałych w wysokiej temperaturze reakcji odgazowania i zgazowania paliwa drzewnego. Ograniczał on też możliwość wydostania się płomienia na zewnątrz kotła (przewidywaną cyrkulację substratów i produktów spalania obrazuje ryc. 4).

Opisana wyżej konfiguracja pieca i kotła nie zapewniała jednak optymalnej wydajności cieplnej. Można założyć ją na maksymalnym poziomie 30%. Zapewniała natomiast łatwy i bezpieczny dostęp do kotła ze wszystkich stron. Analizując geometrię takiej komory spalania można wysunąć przypuszczenie, że naprzeciwko otworu piecowego, przez który dostęp powietrza do procesu spalania jest utrudniony, występowały martwe strefy. Dlatego też (o czym wspomniano wyżej), piec ze szczelnie wlepionym kotłem miałby znacznie mniejszą wydajność cieplną w porównaniu do pieca wprawdzie o takich samych gabarytach, ale posiadającego szczelinę spalinową na obwodzie kotła. Oznacza to zarazem, że proces warzenia w kotle bez szczeliny będzie dłuższy.

Na potrzeby prowadzonej analizy i obliczeń przyjęto szereg założeń, szczegółowo przedstawionych poniżej. Przyjęto, że obliczenia zapotrzebowania na paliwo wykonane zostaną dla pieca browarniczego o wymiarach kotła<sup>71</sup>: średnica  $d = 190$  cm a wysokość  $h = 190$  cm (robocza 175 cm) oraz pojemności roboczej wynoszącej około  $5000 \text{ dm}^3$ .

Analiza została przeprowadzona dla kilku wariantów, z uwzględnieniem takich parametrów jak:

a) rodzaj pieca:

- kominowy, ogrzewany spalinami w jego dolnej części. Sprawność procesu gotowania: do 25%,

<sup>71</sup> Rozmiary kotła obliczono, przyjmując wyliczenia: S. Dryja, *Krakowski miary...*, s. 20.

- bezkominowy, ogrzewany bezpośrednio spalinami z jednym otworem pełniącym kilka funkcji, mianowicie: otworu zasypowego kanału dostarczającego powietrze oraz popielnika (ryc. 5). Sprawność procesu gotowania: 30%,
  - bezkominowy, ogrzewany bezpośrednio spalinami ze szczeliną spaliniową na obwodzie (ryc. 5a). Sprawność procesu gotowania w zależności od wydajności: 30–44%,
  - bezkominowy, ogrzewany zarem. Sprawność procesu gotowania: 8%,
  - otwarte palenisko. Sprawność procesu gotowania: 19–25%,
- b) rodzaj paliwa:
- drewno liściaste,
  - drewno iglaste,
- c) jakość paliwa:
- polana i okrągłaki o średnicy większej niż 14 cm,
  - kije i okrągłaki o średnicy 7–10 cm,
  - gałęzie 4–7 cm, w pęczkach,
- d) wartość opałowa paliwa:
- zależna w głównej mierze od wilgotności oraz rodzaju drewna. Przyjęto wysuszenie na poziomie 15–18%,
- e) początkowa temperatura wody wlewanej do kotła:
- lato – cieki powierzchniowe – 15°C,
  - zima – cieki powierzchniowe – 4°C,
  - cały rok – wody podziemne – 10°C.

Patrząc pod kątem zużycia energii, proces warzenia piwa został podzielony na dwa etapy. Pierwszy to przygotowanie wrzątku, niezbędnego do zalania nim śruty. Drugi to zagotowanie przygotowanej uprzednio brzeczki, a następnie gotowanie jej przez około 1,5 godziny. Dodatkowo zostały przeprowadzone obliczenia dla okresu gotowania brzeczki przez 1, 2 oraz 2,5 h. Założono przy tym, że wydatek energetyczny, po uwzględnieniu sprawności gotowania, jest wydatkowany jedynie na odparowanie brzeczki.

Jako założenia do pierwszego procesu (zagotowanie wody) przyjęto:

- temperaturę wody dostarczonej do kotła 10°C,
- temperaturę końcową procesu wynoszącą 100°C, której osiągnięcie jest równoznaczne z zakończeniem procesu. Uwzględniając czas potrzebny na przelanie wody i podtrzymanie jej w stanie wrzenia zapotrzebowanie na ciepło zwiększono o około 5%,
- sprawność procesu przyjęto w zależności od rodzaju kotła, wartości opałowe natomiast w zależności od rodzaju i jakości opału.

Jako założenia do drugiego procesu (gotowanie brzeczki) przyjęto:

- temperaturę brzeczki dostarczonej do kotła około 50°C,

- przebieg temperatury brzezki – uzyskanie 100°C (zagotowanie), prowadzenie gotowania przez 1; 1,5; 2 lub 2,5 h w zależności od przyjętego wariantu. Po tym okresie założono zerowy wydatek energetyczny kotła,
- sprawność i wydajność procesu przyjęto w zależności od rodzaju kotła,
- wartości opałowe – w zależności od rodzaju i jakości opału.

Symulację wykonano dla ilości wody na jedną warkę wynoszącą 5000 litrów. Ciepło właściwe wody założono na poziomie 0,00116 kW/kgK, zaś ciepło właściwe brzezki – 0,001045 kW/kgK. Obliczenia przeprowadzono dla drewna liściastego oraz iglastego w polanach i okrągłakach o średnicy powyżej 14 cm oraz polanach o średnicy 7–10 cm, o wilgotności 15–18%. Ponadto, ze względów technologicznych i sanitarnych, za wodę zasilającą proces przyjęto tę z ujęć podziemnych (studni, źródeł), o stałej temperaturze w ciągu całego roku równej 10°C. Uzyskane wyniki zestawiono w tab. 7–11.

Tabela 7. Dla pieca bezkominowego wlepionego szczelnie – proces zagotowania wody

zapotrzebowanie na energię do gotowania wody	Wartość opałowa drewna	Sprawność procesu gotowania	Ilość drewna kg	ilość drewna m przestrzenne	rodzaj drewna	jakość drewna
kWh	kWh/kg	%	kg	m p		
522	4,2	30	<b>435,000</b>	0,870	drewno liściaste	pow 14 cm
522	4,4	30	<b>415,227</b>	1,026	drewno iglaste	pow 14 cm
522	4,2	30	<b>435,000</b>	1,015	drewno liściaste	7–10 cm
522	4,4	30	<b>415,227</b>	1,246	drewno iglaste	7–10 cm

Tabela 8. Dla pieca bezkominowego wlepionego szczelnie – proces gotowania brzezki 1; 1,5; 2 i 2,5 godziny

zapotrzebowanie na energię do zagotowania brzezki	czas gotowania brzezki	godzinowy ubytek brzezki podczas gotowania	ilość zagotowanej brzezki	zapotrzebowanie na energię do gotowania brzezki	całkowite zapotrzebowanie energetyczne procesu gotowania brzezki	Ilość drewna kg	ilość drewna m przestrzenne	rodzaj drewna	jakość drewna (średnica d)
kWh	h	%	kg	kWh	kWh	kg	m p		cm
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>431,3</b>	0,863		
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>543,2</b>	1,086	liściaste	> 14



261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>655,2</b>	1,310	liściaste	> 14
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>767,1</b>	1,534	liściaste	> 14
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>411,6</b>	1,017		
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>518,5</b>	1,281	igłaste	> 14
261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>625,4</b>	1,545	igłaste	> 14
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>732,2</b>	1,809	igłaste	> 14
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>431,3</b>	1,006		
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>543,2</b>	1,267	liściaste	7–10
261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>655,2</b>	1,529	liściaste	7–10
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>767,1</b>	1,790	liściaste	7–10
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>411,6</b>	1,235		
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>518,5</b>	1,556	igłaste	7–10
261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>625,4</b>	1,876	igłaste	7–10
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>732,2</b>	2,197	igłaste	7–10

Tabela 9. Dla pieca bezkominowego ze szczelną spalinową – proces zagotowania wody

zapotrzebowanie na energię do gotowania wody	Wartość opału drewna	Sprawność procesu gotowania	Ilość drewna kg	ilość drewna m przestrzenne	rodzaj drewna	jakość drewna
kWh	kWh/kg	%	kg	m p		
522	4,2	40	326,250	0,653	drewno liściaste	pow 14 cm
522	4,4	40	311,420	0,769	drewno igłaste	pow 14 cm
522	4,2	40	326,250	0,761	drewno liściaste	7–10 cm
522	4,4	40	311,420	0,934	drewno igłaste	7–10 cm

Tabela 10. Dla pieca bezkominowego ze szczelną spalinową – proces gotowania brzezki 1; 1,5; 2 i 2,5 godziny

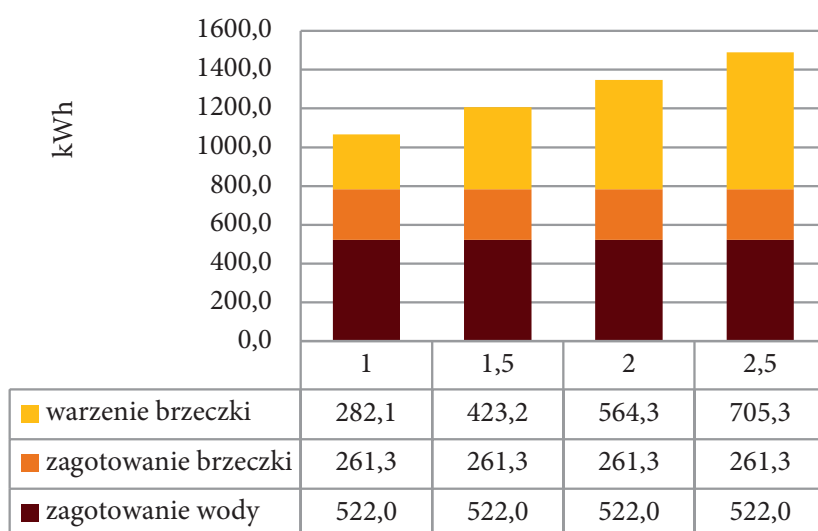
zapotrzebowanie na energię do zagotowania brzezki	czas gotowania brzezki	godzinowy ubytek brzezki podczas gotowania	ilość zagotowanej brzezki	zapotrzebowanie na energię do gotowania brzezki	całkowite zapotrzebowanie energetyczne procesu gotowania brzezki	Ilość drewna kg	ilość drewna m przestrzenne	rodzaj drewna	jakość drewna (średnica d)
kWh	h	%	kg	kWh	kWh	kg	m p		cm
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>323,4</b>	0,647	liściaste	> 14
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>407,4</b>	0,815	liściaste	> 14
261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>491,4</b>	0,983	liściaste	> 14
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>575,3</b>	1,151	liściaste	> 14
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>308,7</b>	0,763	liściaste	> 14
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>388,9</b>	0,961	iglaste	> 14
261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>469,0</b>	1,159	iglaste	> 14
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>549,2</b>	1,357	iglaste	> 14
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>323,4</b>	0,755	liściaste	7–10
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>407,4</b>	0,951	liściaste	7–10
261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>491,4</b>	1,147	liściaste	7–10
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>575,3</b>	1,342	liściaste	7–10
261,3	1	10	4050	282,1	543,4	<b>308,7</b>	0,926	liściaste	7–10
261,3	1,5	10	4050	423,2	684,4	<b>388,9</b>	1,167	iglaste	7–10
261,3	2	10	4050	564,3	825,5	<b>469,0</b>	1,407	iglaste	7–10
261,3	2,5	10	4050	705,3	966,6	<b>549,2</b>	1,648	iglaste	7–10

Nietrudno zaobserwować, że dwa pierwsze etapy badanego procesu mają takie samo zapotrzebowanie energetyczne w każdym badanym wariantcie. Różnica związana jest natomiast z czasem warzenia brzezki. Wydatek energetyczny wzrasta na tym etapie proporcjonalnie do wydłużenia gotowania brzezki. Zapotrzebowanie na paliwo jest bezpośrednim wynikiem sprawności procesu oraz – pośrednio – wydajności energetycznej (wartości opałowej) paliwa.

W tabelach 11–14 przedstawiono zapotrzebowanie na paliwo z podziałem na drewno liściaste o wartości opałowej 4.2 kWh/kg, oraz drewno iglaste o wartości opałowej 4,4 kWh/kg. Wielkości te nie przedstawiają się proporcjonalnie w przeliczeniu na użyteczną jednostkę objętości czyli metr przestrzenny (mp), który można odnieść do ówczynie stosowanych miar drewna. Dla metra przestrzennego drewna liściastego wartość opałowa wynosi 2100 kWh/mp, zaś dla iglastego około 1600 kWh/mp.

Tabela 11. Wykres zapotrzebowania energetycznego w poszczególnych etapach warzenia piwa, tzn.: kolor brązowy – doprowadzenie wody do temperatury wrzenia i utrzymanie tej temperatury przez czas zalewania śruty wrzątkiem; kolor pomarańczowy – doprowadzenie do wrzenia brzezki z uwzględnieniem jej temperatury początkowej i ciepła właściwego wg wyżej wymienionych założeń, kolor żółty – prowadzenie gotowania brzezki dla czterech założonych okresów czasu 1, 1,5; 2 i 2,5 godziny

#### Zapotrzebowanie energetyczne procesu



Zapotrzebowanie na paliwo podzielono na dwa etapy procesu technologicznego, wymagające ciągłej pracy paleniska w piecu browarniczym:

- zagotowanie i utrzymanie wody w stanie wrzenia podczas zalewania śruty.
- zagotowanie i dalsze warzenie brzezki.

Pomiędzy tymi procesami, ze względu na nadmierne termiczne zużycie materiału kotła, pracującego „na sucho”, a także podtrzymujących go żelaznych wilków, palenisko powinno pracować tylko w trybie utrzymania żaru w celu ponownego rozpalenia pieca do następnego procesu.

Tabela 12. Zestawienie zapotrzebowania drewna w procesie produkcji (warzenia) piwa, w rozbiu na dwa etapy tego procesu: gotowanie wody i gotowanie brzezki. Obliczenia dla pieca z kotłem wlepionym, dla zróżnicowanego czasu gotowania brzezki (1; 1,5; 2; 2,5 h) dla drewna liściastego w polanach i okrągłakach o średnicy powyżej 14 cm oraz polanach o średnicy 7–10 cm, o wilgotności 15–18%

Zapotrzebowanie drewna liściastego do procesu dla kotła wlepionego

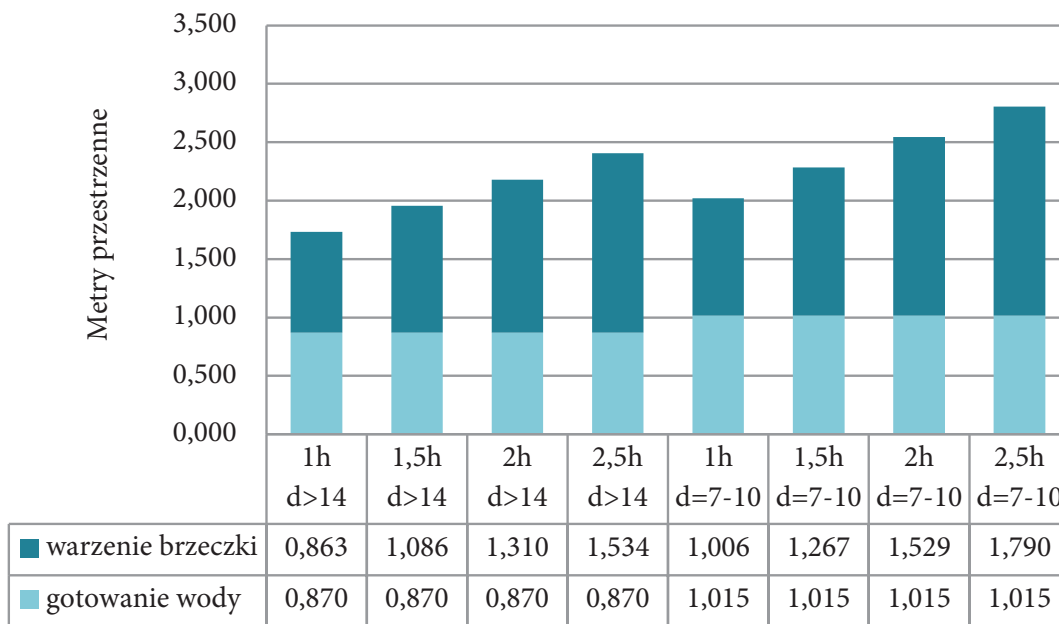


Tabela 13. Zestawienie zapotrzebowania drewna w procesie produkcji (warzenia) piwa, w rozbiu na dwa etapy tego procesu: gotowanie wody i gotowanie brzezki. Obliczenia dla pieca z kotłem wlepionym, dla zróżnicowanego czasu gotowania brzezki (1; 1,5; 2; 2,5 h) dla drewna iglastego w polanach i okrągłakach o średnicy powyżej 14 cm oraz polanach o średnicy 7–10 cm, o wilgotności 15–18%

Zapotrzebowanie drewna iglastego do procesu dla kotła wlepionego

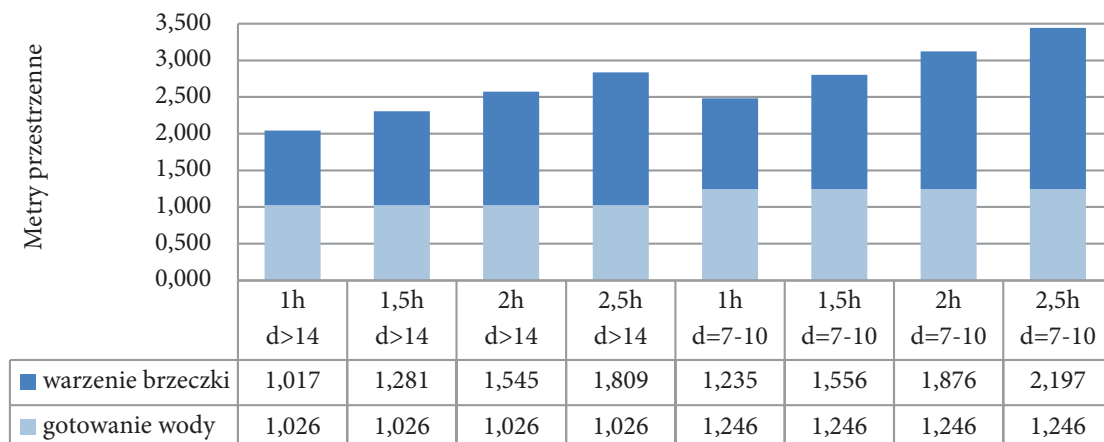


Tabela 14. Zestawienie zapotrzebowania drewna w procesie produkcji (warzenia) piwa, w rozbiu na dwa etapy tego procesu: gotowanie wody i gotowanie brzezki. Obliczenia dla pieca z kotłem ze szczeliną spalinową, dla zróżnicowanego czasu gotowania brzezki (1; 1,5; 2; 2,5 h) dla drewna liściastego w polanach i okrągłakach o średnicy powyżej 14 cm oraz polanach o średnicy 7–10 cm, o wilgotności 15–18%

Zapotrzebowanie drewna liściastego do procesu dla kotła ze szczelnią spalinową

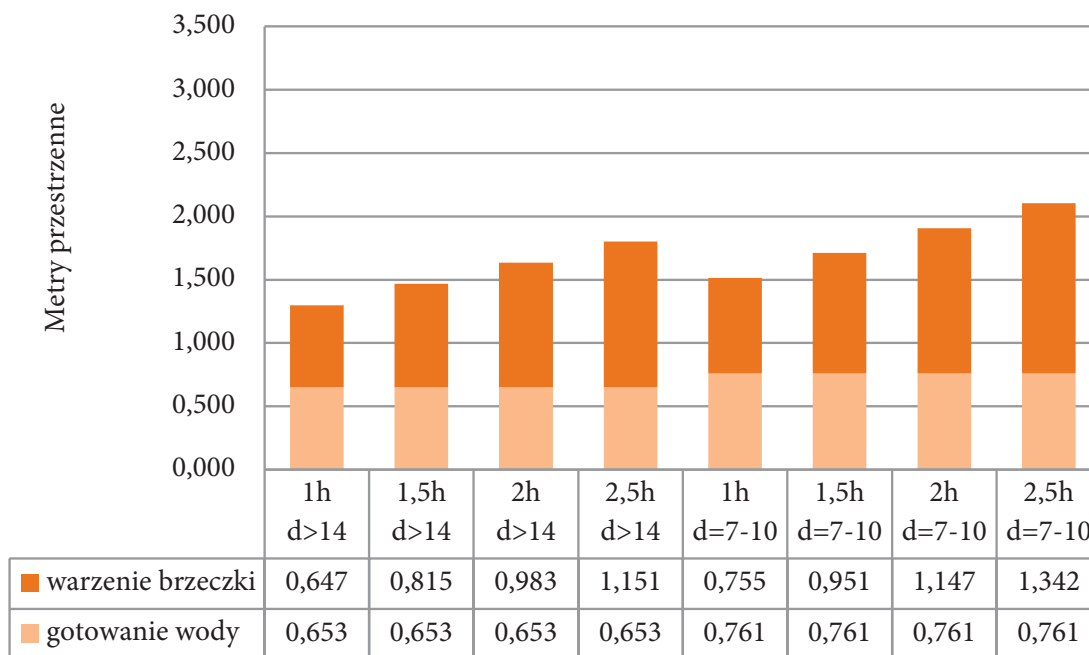
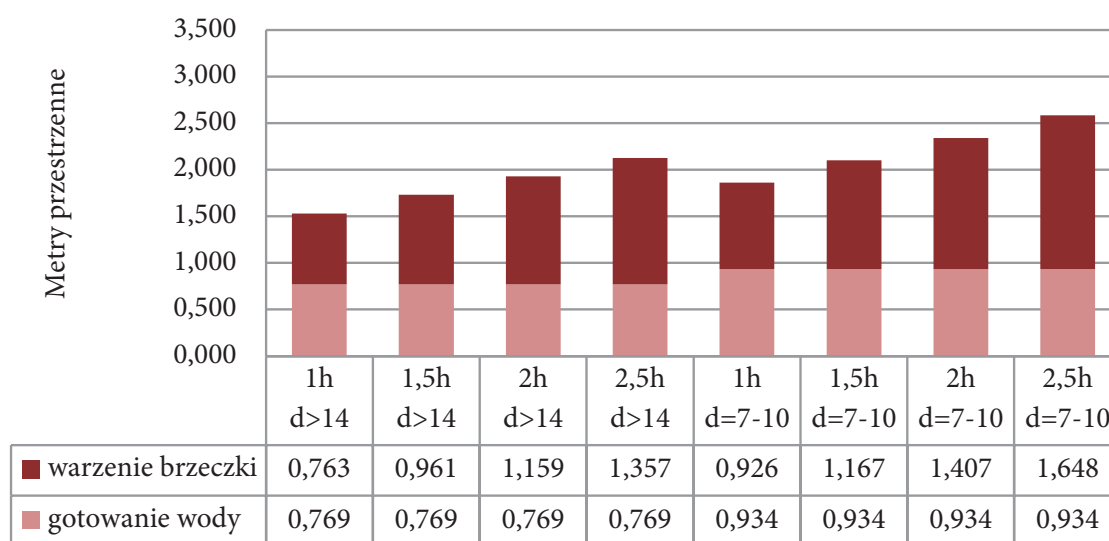


Tabela 15. Zestawienie zapotrzebowania drewna w procesie produkcji (warzenia) piwa, w rozbiu na dwa etapy tego procesu: gotowanie wody i gotowanie brzezki. Obliczenia dla pieca z kotłem ze szczeliną spalinową, dla zróżnicowanego czasu gotowania brzezki (1; 1,5; 2; 2,5 h) dla drewna iglastego w polanach i okrągłakach o średnicy powyżej 14 cm oraz polanach o średnicy 7–10 cm, o wilgotności 15–18%

Zapotrzebowanie drewna iglastego do procesu dla kotła ze szczelnią spalinową



## Podsumowanie

Przedstawiona w artykule analiza stanowi próbę wypełnienia luk źródłowych w materiałach historycznych, dotyczących handlu drewnem opałowym, miar handlowych drewna opałowego oraz zapotrzebowania na drewno w procesie produkcji (warzenia) piwa. Wynikające z analizy źródeł historycznych zestawienia jednostek drewna opałowego w części posiadają spekulatywny charakter, ograniczający (a częściowo wykluczający) możliwość włączenia ich w szerzej prowadzone analizy statystyczne.

Rozwiązanie problemu niedostatku źródeł oparto o teoretyczną analizę symulacji procesu spalania w piecach bezkominowych. Obie części pracy (analizę historyczną i symulację procesu spalania) wykonano niezależnie od siebie. Pozwoliło to na zestawienie wyników i ocenę poprawności rozumowania.

Uzyskane wyniki pozwalają na przedstawienie kilku istotnych wniosków. Warzenie piwa było procesem energochłonnym. Piwowarzy bazowali na twardym drewnie liściastym (buk, dąb), o wysokiej kaloryczności. W piecach z kotłem wlepionym (bez szczeliny) zagotowanie wody wiązało się ze stałym wydatkiem energetycznym, odpowiadającym spalaniu 0,9–1 metra przestrzennego drewna. Zapotrzebowanie energetyczne w procesie gotowania (warzenia) brzeczki zależne było od długości tego procesu. Wydatek energetyczny odpowiadał spalaniu 1–1,5 metra przestrzennego drewna. Łącznie zużywano więc 1,9–2,5 metra przestrzennego drewna (co odpowiadałoby 900–1300 kg). Zestawiając to z ładownością wozu (przyjęto przeciętną około 600 kg) widzimy, że porcja na pojedynczy war odpowiadała 1,5–2 wozom<sup>72</sup>. Znaczące oszczędności przynieść mogło użytkowanie pieców zaopatrzonych w szczelinę dymową. Rozwiązanie takie uznano jednak za mniej prawdopodobne.

Z powodu relatywnie ubożego w szczegóły techniczne materiału piśmienniczego i ikonograficznego, powyższe rozważania oraz wyniki obliczeń bazują na przytoczonych wcześniej założeniach. Wskazane jest więc wykonanie badań modelowych. Skala 1:1 nie jest warunkiem koniecznym. Wystarczający wydaje się model o proporcji 1:3, a więc o pojemności kotła nie mniejszej niż 1500 dm<sup>3</sup>. Badania modelowe pozwoliłyby na weryfikację przyjętych założeń i skorygowanie ewentualnych błędów.

Przyjęta w artykule metoda weryfikacji źródeł historycznych w oparciu o teoretyczną analizę symulacji procesu spalania może znaleźć zastosowanie dla innych rzemiosł, wykorzystujących różnej konstrukcji piece opalane drewnem (słodownicy, piekarze, kotlarze, kowale etc.), co w konsekwencji pozwoli na całościową ocenę zapotrzebowania energetycznego Krakowa (lub innych ośrodków miejskich) doby wczesnonowożytnej.

---

<sup>72</sup> Tłumaczy to obserwowaną skalę handlu drewnem w środowisku piwowarów. Zestawiając skalę spławu drewna (w roku 1570, por. tab. 1) z przeciętną produkcją około 5000 warów rocznie w analogicznym okresie, możemy postawić tezę, że około 7,15% spławianego drewna spalano w krakowskich browarach.

## Bibliografia

### Źródła drukowane

- Lustracja województwa krakowskiego 1564*, cz. I, red. J. Małecki, Warszawa 1962.
- Prawa, przywileje i statuty miasta Krakowa (1507–1795)*, t. 1, ed. F. Piekosiński, Kraków 1885.
- Pelc J., 1935, *Ceny w Krakowie w latach 1369–1600*, [w:] *Badania z dziejów społecznych i gospodarczych*, red. F. Bujaka, nr 14, Lwów.

### Opracowania

- Bamfoth Ch., 2008, *Grape vs. Grain. A Historical, Technological and Social Comparison of Wine and Beer*, Cambridge.
- Broda J., 1954, *Cech włóczków krakowskich*, "Rocznik Dziejów Społecznych i Gospodarczych" 16, s. 285–315.
- Idem, 1956, *Gospodarka leśna w dobrach żywieckich do końca XVIII w.*, Warszawa 1956.
- Burszta J., 1955, *Szkice z dziejów wsi*. Warszawa.
- Dryja S., 2009, *Technologia produkcji słodowniczej i piwowarskiej w średniowieczu i na początku ery nowożytnej w Krakowie*. "Archaeologia Historica Polona" 18, s. 185–208.
- Idem, 2011, *Krakowskie miary piwowarskie w XVI wieku*, "Kwartalnik Historii Kultury Materialnej" 59(1), s. 3–25.
- Idem, 2012, *Kobieta w krakowskim przemyśle słodniczo-piwowarskim doby wczesnonowożytnej w świetle testamentów i dokumentów podatkowych*, "Rocznik Lubelskiego Towarzystwa Genealogicznego" 4, s. 96–116.
- Idem, 2017, *Podatki i opłaty pobierane od piwowarów krakowskich w XVI i pierwszej połowie XVII wieku. Reforma czopowego z czasów panowania Stefana Batorego i jej wpływ na piwowarstwo krakowskie*, "Rocznik Dziejów Społecznych i Gospodarczych" 78, s. 67–94.
- Dryja S., Sławiński S., 2010, *Krakowskie słodownie przełomu wieku XVI i XVII*, (Biblioteka Krakowska nr 155), Kraków.
- Hlávaček F., Lhotský A., 1970, *Piwowarstwo*, Warszawa.
- Janota K.E., 1859, *Wiadomość historyczna i jeograficzna o Żywiecczyźnie*, Cieszyn.
- Jeziński A., Leszczyńska C., 2003, *Historia gospodarcza Polski*, Warszawa.
- Lintner C.J., 1950, *Technologia browarnictwa*, Warszawa.
- Malcew P.M., 1953, *Technologia i aparatura przemysłu piwowarskiego*, Warszawa.
- Małecki J., 1963, *Studia nad rynkiem regionalnym Krakowa w XVI wieku*, Warszawa.
- Mytnikówna H., 1960, *Flisactwo nad górną Sólą*, "Lud" 46, s. 165–171.
- Renner J., 2012, *Rakovnické pivovarnictví. Od nejstaršíchdobůž do konce XVIII. století*, Rakovník.
- Rybarski R., 1931, *Gospodarstwo księstwa oświęcimskiego w XVI w.*, Kraków.
- Tiisekwa B., 1986, *Traditional Beers processing in Tanzania: Development Needs*, "Africa Fokus" 2(3–4), s. 299–324.
- Tomaszewski E., 1934, *Ceny w Krakowie w latach 1601–1795*, [w:] *Badania z dziejów społecznych i gospodarczych*, red. F. Bujaka, nr 15, Lwów.

Unger R., 1992, *Technical Change in the Brewing Industry in German, the Low Countries, and England in the Late Middle Ages*, "The Journal of European Economic History" 21, s. 281–313.

Idem, 2004, *Beer in the Middle Ages and the Renaissance*, Philadelphia.

Unwin T., 1991, *Wine and the Vine: An historical Geography of Viticulture and the Wine Trade*, London.

Wyrozumski J., 1958, *O kongregacji włóczków krakowskich*, "Małopolskie Studia Historyczne" 1, s. 29–43.

Idem, 1959, *Jednostki obrachunkowe drzewa sławnego w dawnej Polsce*, "Kwartalnik Historii Kultury Materialnej" 7(2), s. 269–279.