



## TECHNOLOGICZNE WYZNACZNIKI KOSZTÓW WYTWARZANIA CIEPŁA I ENERGII ELEKTRYCZNEJ W BRANŻY CIEPŁOWNICZEJ

Aleksandra Łakomiak

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu  
Wydział Zarządzania, Informatyki i Finansów

**Streszczenie:** Celem badań jest określenie technicznych paramentów (wskaźników) wpływających na poziom oraz strukturę kosztów wytwarzania ciepła i energii elektrycznej. W artykule poddano weryfikacji tezę, która brzmiała: kształtowanie wysokości kosztów jest możliwe przy uwzględnieniu wpływu, jaki wywierają na poziom kosztów parametry techniczne urządzeń wytwórczych. Do przeprowadzenia badania wykorzystano informacje dotyczące techniki i technologii pięciu przedsiębiorstw energetycznych – trzech elektrociepłowni, jednej ciepłowni i jednej elektrowni – oraz informacje o kosztach wytwarzania w pięciu okresach. Przedstawiono charakterystykę układów technologicznych i dokonano ich analizy porównawczej pod względem przemian energetycznych. Wyniki badań potwierdzają, że na wysokość kosztów wytwarzania ciepła i energii elektrycznej mają wpływ takie czynniki, jak: zastosowana technologia, będąca skutkiem wpływu czynników lokalizacyjnych, jakość spalanego paliwa podstawowego i sprawności wytwarzania powiązane ze wskaźnikiem skojarzenia.

**Słowa kluczowe:** ciepłownictwo, koszty wytwarzania, produkcja skojarzona

**DOI:** 10.17512/znpcz.2018.2.15

### Wprowadzenie – ciepłownictwo

Ciepłownictwo jest dziedziną techniki, która zajmuje się wytwarzaniem ciepła i jego transportem do odbiorców (Kamler 1979, s. 11). Zaliczane jest do przemysłu przetwórczego, stanowi gałąź wytwórczości – branżę zajmującą się masowym wytwarzaniem produktów, stosując w tym celu różne środki techniczne. Branża ciepłownicza dostarcza różnorodnych produktów na potrzeby: centralnego ogrzewania, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, gorącej wody i pary na cele technologiczne.

Podczas produkcji ciepła wykorzystuje się zjawiska fizyczne i dlatego na użytek dalszych rozważań zostanie przyjęta definicja R. Szafrana (Szafran 1997, s. 15), który za ciepło przyjmuje wielkość energetyczną, stanowiącą formę przekazywania energii między układami o różnych wartościach temperatury (wyrażone w J lub kJ, a dla 1 kg w kJ/kg). Ciepło jest wielkością fizyczną mierzalną w jednostkach właściwych dla pomiaru temperatury.

O tym, że zimą ludzie mają ogrzane mieszkania osiedlowe – ciepło, a cały rok ciepłą wodę, zdecydował postęp w nauce. Dzięki niemu wykorzystano prawa fizyki do zaspokajania jednych z podstawowych, egzystencjalnych, ludzkich po-

trzeb. W dalszym ciągu trwa proces poszukiwania nowych form i metod wykorzystywania praw fizyki do zaspokajania ludzkich potrzeb w zakresie ciepła. Ciepłownictwo wyodrębnione zostało z ogrzewnictwa. Ogrzewanie jest procesem grzejnym, który polega na rozpraszaniu ciepła w środowisku otaczającym źródło ciepła, w celu podwyższenia temperatury tego środowiska. Ze względu na sposób dostarczania ciepła systemy ogrzewania można podzielić na centralne i zdalaczynne. Ogrzewanie centralne to takie, w którym ciepło jest dostarczane do grzejników lub do nagrzewnic rurociągami z kotłowni (budynku lub pomieszczenia) bądź z węzła cieplnego. Z kolei ogrzewanie zdalaczynne to ogrzewanie, w którym czynnik grzejny (para, woda, powietrze) dostarczany jest do grupy budynków z jednej centralnej kotłowni lub z elektrociepłowni za pomocą sieci cieplnej (Czerni i in. 1984).

Do wytworzenia ciepła dochodzi w źródle ciepła, określanym jako zespół urządzeń, który powiązany funkcjonalnie z rurociągami przesyłowymi, przesyła je poprzez sieć rozdzielczą i węzły cieplne do użytkowników. Zespół urządzeń wytwórczych wraz z zespołem urządzeń rozdzielających ciepło tworzy system ciepłowniczy (Mejro, Troszkiewicz, Wierzbicka 1986, s. 162). Systemy te dzielą się na scentralizowane lub zdecentralizowane. Pierwsze z nich obejmują źródło lub źródła tzw. wielkiej skali – wielkiej mocy, natomiast systemy zdecentralizowane tworzą (ko)generacje rozproszone o średniej i małej mocy.

Historyczne zależności osiedlania i skupiania się wielkich rzesz ludności w miastach wytworzyły czynniki, które przyczyniły się do rozwoju centralnych źródeł ciepła. Następstwa lokalizacji sił wytwórczych są szczególnie widoczne w energetyce, w postaci kosztów, które można określić mianem „przesądzonych”. „Koszty przesądzone są to koszty bieżącej działalności, o których rodzaju, wielkości i okolicznościach powstawania zadecydowano w czasie przeszłym. Są to koszty, które w niewielkim stopniu poddają się kształtowaniu w procesie bieżącego nimi zarządzania” (Kardasz 2003, s. 20). Koszty, które dziś powstają w jednostkach scentralizowanych, są skutkami decyzji podjętych przed dziesiętkami lat, kiedy źródła te były budowane.

Artykuł ma na celu wyjaśnić wpływ specyfiki produkcji ciepła, w tym parametrów charakteryzujących pracę urządzeń wytwórczych, na poziom kosztów wytwarzania. Realizacja celu przyczyni się do weryfikacji tezy, która brzmi: kształtowanie wysokości kosztów jest możliwe przy uwzględnieniu wpływu, jaki wywierają na poziom kosztów parametry techniczne urządzeń wytwórczych.

## **Branża ciepłownicza w perspektywie historycznej**

Wynalazcą otwartego systemu ogrzewania wodnego jest paryski inżynier Bonnemain, który w 1777 roku przedstawił urządzenie do ogrzewania inkubatorów (Weber 1975, s. 15).

W ostatnich dziesięcioleciach XVIII wieku, kiedy następowało szybkie tempo rozwoju górnictwa, węgiel stanowił już źródło ciepła, nie był jeszcze źródłem energii, a rozwój manufaktur zwiększył jego zbyty (Jeżowski 1961, s. 19).

Z początkiem lat 40. XIX wieku wzrosła liczba maszyn parowych i fabryk, które przyczyniły się do wzrostu wydobycia węgla. Z kolei na wzrost produkcji

w pierwszym rzędzie wpływ miała budowa kolei i dróg kołowych. Cechą charakterystyczną ówczesnego przemysłu był niski stopień koncentracji produkcji. Czynnikiem sprzyjającym rozproszeniu produkcji były źródła energii (siła spadku wód, siła wiatru). Rynek zbytu stanowiły zazwyczaj miasta, tam koncentrowały się manufaktury. Umieszczenie zakładu w centrum zbytu zapewniało mu korzyści. Obciążenie produkcji kosztami transportu było stosunkowo małe, dlatego też lokalizacja produkcji nie budziła zainteresowania przedsiębiorców. W miarę przechodzenia od produkcji rzemieślniczej do fabrycznej, w miarę wprowadzania nowej techniki i rozpowszechniania maszyn zakłady osiedlały się tam, gdzie już dawniej istniała produkcja przemysłowa. W latach 1850-1875 nastąpił rozwój górnictwa węgla. Wzrost wydobycia węgla stawał się przesłanką szybkiej rozbudowy przemysłu, warunkował postępującą mechanizację i koncentrację produkcji w przemyśle, szersze zastosowanie maszyn parowych, rozbudowę kolei żelaznych, pogłębienie i rozszerzenie rynków zbytu, szybko postępującą urbanizację. Zastosowanie węgla jako paliwa energetycznego i technologicznego w przemyśle umożliwiło budowę zakładów przemysłowych. Pojawiło się sprzężenie zwrotne pomiędzy przemysłem, transportem i górnictwem (Jeżowski 1961, s. 87). Ponieważ transport węgla na dalekie odległości był kosztowny, to w pobliżu kopalń osiedlał się przemysł silnie powiązany technologicznie z węglem, np. produkcja koksu. Przemysły, takie jak huty szkła czy huty żelaza, osiedlały się poza granicami miast, w pobliżu źródeł surowców i energii. Wraz ze wzrostem rozmiarów zakładów uwidaczniał się problem lokalizacji produkcji przemysłowej. W drugiej połowie XIX wieku produkcja koncentrowała się w fabrykach. Lokalizację pierwszych zakładów przemysłowych określały najczęściej przesłanki pozaekonomiczne, jak tradycje produkcyjne (rzemieślnicze, manufakturowe) poszczególnych miejscowości czy historyczne związki produkcyjne zawiązane między różnymi obszarami geograficznymi. Pewną rolę w lokalizacji przemysłu, jak wskazuje K. Jeżowski, odegrały czynniki administracyjne, instytucjonalne czy, jak nazwał je K. Secomski, „sztuczne”. Państwo stosowało nakazy i zachęty materialne w postaci kredytów i bezwrotnych subwencji udzielanych przedsiębiorcom inwestującym kapitał w nowe zakłady przemysłowe. „Czasami o wyborze miejsca produkcji decydował przypadek, często znów w grę wchodziły motywy czysto subiektywne i one stawały się podstawą decyzji lokalizacyjnych” (Jeżowski 1961, s. 123).

Kumulacja wielu czynników lokalizacji jednocześnie wpłynęła na ówczesne i późniejsze rozmieszczenie przemysłu przetwórczego, w tym i ciepłownictwa. W historii kapitalistycznego przemysłu czynniki lokalizacji zmieniały się kilkakrotnie. Wraz z rozwojem sił wytwórczych (procesów technologicznych i jego wyposażeniem technicznym) zmieniały się również treść, zasięg i forma oddziaływania czynników lokalizacji. Najważniejszym czynnikiem lokalizacyjnym dla zakładów większości gałęzi był czynnik pracy. Ponieważ procesy produkcyjne w większości opierały się jeszcze na pracy ręcznej, udział kosztów robocizny miał duże znaczenie. Nowe fabryki umiejscawiały się w okolicach tradycyjnych ośrodków, gdzie dostęp do kadr był łatwy. Tam, gdzie rozwój gospodarki przebiegał wolniej, liczba ludności zmniejszała się, napływając jednocześnie do wielkich miast i miejscowości, w których powstawał przemysł. Na lokalizację przemysłu

wpływ wywarły również złoża węgla (czynnik surowców). Umiejscawianie zakładów w pobliżu złoża ograniczało wydatki na transport. Korzyści płynące z lokalizacji przemysłu w pobliżu dużych skupisk ludności ujawniły nowy czynnik lokalizacji – aglomerację produkcji na niewielkim obszarze. Rozbudowa linii kolejowych doprowadziła również do zróżnicowania tempa rozwoju różnych powiatów. Na terenach, gdzie liczniej występowały drogi bite i trakcje kolejowe, budowano nowe fabryki. Zatem komunikacja była również czynnikiem lokalizacyjnym i prowadziła do aglomeracji produkcji (Jeżowski 1961, s. 138). Znaczny odływ ludności ze wsi do miast wiązał się z postępującymi procesami urbanizacji.

Pod koniec XIX wieku w wyniku mechanizacji produkcji osłabł wpływ czynników tradycyjnych i czynnika pracy na korzyść czynnika surowca. Pojawia się nowy czynnik lokalizacji – energia elektryczna. W miarę rozwoju techniki wytwarzania i przesyłania energii elektrycznej na wielkie odległości rośnie rola zasobów energetycznych, na podstawie których powstają wielkie siłownie elektryczne. Dawne elektrownie ciepłone były zlokalizowane w wielkich ośrodkach konsumpcji energii elektrycznej, a nowsze koncentrowały się w pobliżu kopalń. Początkowo siłownie miały charakter wytwórni lokalnych, tak jak ciepłownie do dziś. Często wielkie zakłady przemysłowe budowały własne elektrownie.

W pierwszych dekadach XX wieku następował wzrost gospodarczy, powodujący koncentrację produkcji na szczególnie atrakcyjnych terenach. Urbanizacja, jako główny motyw procesów koncentracji przestrzennej przemysłu, poprzez wpływ czynników opartych na korzyściach wspólnej lokalizacji, rozmieszczeniu bogactw naturalnych i zasobów pracy, doprowadziła do przestrzennego zróżnicowania cen produktów. Ówczesny rozwój teorii lokalizacji ukierunkował się jednostronnie na popyt, a znaczenie w lokalizacji miała maksymalizacja zysku, jako nadrzędnego kryterium mikroekonomicznego.

W Polsce przed wojną ogrzewania zdalaczynne były nieliczne. Kiedy okazało się, że nieekonomiczne jest budowanie domów z własną kotłownią, zaczęto stosować koncepcje łączenia kilku domów do wspólnej sieci ogrzewczej, ze wspólną kotłownią. W okresie międzywojennym system energetyczny w Polsce cechowało zacofanie. W okresie wojny elektrownie zawodowe zostały poważnie zdewastowane przez okupanta.

W latach 30. XX wieku nastąpiła dominacja wielkich organizacji przemysłowych – monopolistycznych, nastawionych na optymalizację nakładów i wyników.

Rozwój ogrzewań centralnych postępował równoległe z rozwojem aglomeracji miejskich, obejmujących zarówno budynki mieszkalne, jak i zakłady przemysłowe. Chociaż początki ogrzewnictwa sięgają ostatnich dziesiątków lat XIX wieku, to początek ciepłownictwa miast datuje się na rok 1950 w Europie (Paryż), a na rok 1953 w Polsce (sieć ciepła w Warszawie). Krokiem naprzód w budownictwie mieszkaniowym i wielkim budownictwie przemysłowym są ogrzewania zdalaczynne zasilane ciepłem z elektrociepłowni. Przyczyn takiej sytuacji należy upatrywać we względach ekonomicznych, ponieważ ogrzewania centralne są tańsze od ogrzewań piecowych.

We wszystkich wysoko rozwiniętych i rozwijających się krajach widać tendencję do przechodzenia z ogrzewań indywidualnych na bardziej scentralizowane

ogrzewnictwo, a co za tym idzie – na ciepłownictwo. Rozwój energetyki w okresie powojennym następował przez budowę coraz to większych zakładów przy równoczesnej likwidacji małych i nieekonomicznych starych elektrowni. Wyraźnie następowała koncentracja produkcji w wielkich zakładach, ponieważ były bardziej ekonomiczne. Czynnikiem sprzyjającym rozwojowi wielkich obiektów był też postęp techniczny, umożliwiający konstrukcję coraz większych turbozespołów. W wyniku przystosowania przedwojennych elektrowni kondensacyjnych do pracy w skojarzeniu powstawały elektrociepłownie. Budowa dużych zakładów energetycznych (przedsiębiorstw energetycznych) ma jednak swoje uwarunkowania i ograniczenia środowiskowe (Syrek 1985, s. 15). Duże elektrownie wymagały olbrzymiej ilości wody, lokalizacji nad dużymi zbiornikami wodnymi, zamkniętych obiegów wodnych oraz musiały znajdować się w pobliżu biegnącej nitki komunikacyjnej. Dodatkowo duże przedsiębiorstwa emitowały wielkie ilości pyłów i gazów.

Jak dowodzi W. Krzyżanowski, wraz ze wzrostem urbanizacji w latach 60. XX wieku, ludność skupiała się coraz bardziej na niewielkich obszarach miejskich. Korzyści wynikające z koncentracji przyczyniły się do zwiększenia odsetka wielkich zakładów, skupiających wokół siebie ludność poszukującą pracy (Krzyżanowski 1966, s. 13).

Lokalizacja ciepłownictwa była rezultatem historycznego rozwoju gospodarki i konsekwencją rozmieszczenia ludności, tzn. koncentracji na pewnych obszarach lub w pewnych punktach, w miejscach występowania surowców zużywanych do produkcji. W czasach, kiedy transport był kosztowny, w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca pracy powstawały osady mieszkalne. O rozmieszczeniu produkcji decydował – i nadal decyduje – odbiorca, gotowy do zakupu produktów. Umieszczenie wytwórców wykazywało tendencję do lokalizowania się w centrum obszaru zbytu. Natężenie czynników wpływających na lokalizację produkcji zależy jednak zarówno od warunków technicznych, jak też od układu stosunków społecznych (Krzyżanowski 1966, s. 26). W interesie społecznym leżało również lokowanie zakładów tam, gdzie wydajność pracy była najwyższa. Dodatkowa przesłanka koncentracji sił wytwórczych (produkcji masowej) była przyczyną powstawania dużych, a zanikania małych zakładów i powstającego problemu quasi-monopolu dużych zakładów na dużych terytoriach. Korzyści koncentracji technicznej przekreślają lub ograniczają często wpływy czynników natury przyrodniczej. Krzyżanowski uważa, że oszczędności i korzyści, jakie dawała produkcja masowa, były tak wielkie, że wpływ koncentracji i aglomeracji przygłuszał wszystkie inne czynniki kosztotwórcze (koszty pracy, wydatki na transport). Nowe teorie rozmieszczania sił wytwórczych doprowadziły do rozwoju gospodarki wielkoprzestrzennej.

Uwzględniając trudności w uzyskiwaniu dogodnych lokalizacji dla nowych elektrowni oraz oszczędności w nakładach, jakie można uzyskać przy koncentracji większej mocy w jednym miejscu, w latach 1960-1970 podjęto szczegółowe studia nad możliwością rozbudowy starych elektrowni, przez demontaż wyeksploatowanych urządzeń oraz zainstalowanie w to miejsce urządzeń nowych, o większej mo-

cy (Syrek 1985, s. 69). W elektrociepłowniach instalowano turbiny przeciwprężne, upustowo-przeciwprężne oraz upustowo-kondensacyjne.

Lata 70. charakteryzowały się tzw. gigantomanią, która polegała na budowaniu wielkich i rozbudowie już istniejących zakładów. Popelnione wówczas błędy metodologiczne w obliczaniu ekonomicznej efektywności lokalizacji inwestycji dotyczyły tego, że nie uwzględniano kosztów transportu surowców (Syrek 1985, s. 56, 57; Opałło 1985, s. 42). W okresie powojennym rozwój przemysłu oraz zmiany ustroju społecznego w Polsce spowodowały nasilający się proces oddalania miejsc zamieszkania od stanowisk pracy.

Wielki przemysł stanowi główny czynnik przemian w siłach wytwórczych. Wybór źródeł ciepła był i jest nadal skomplikowany, a zależy od wielu czynników (Kamler 1979, s. 17), tj. od: sytuacji paliwowej, możliwości transportu paliw, lokalizacji centrali i możliwości prowadzenia sieci ciepłych od wytwórcy do odbiorcy, gęstości zabudowy, czasu i równomierności rozdziału ciepła, warunków środowiska naturalnego.

Przyczyny centralizacji źródeł ciepła zostały podzielone przez W. Kamlera na trzy zasadnicze grupy: społeczne, ekonomiczne i zdrowotne. Za centralizacją źródeł przemawia dążenie społeczeństw do komfortu cieplnego, zaangażowanie mniejszej liczby osób lub w ogóle ich brak przy obsłudze urządzeń grzewczych, zmniejszenie niebezpieczeństwa pożarowego i zatrucia gazami spalinowymi oraz zmiana upodobań mieszkańców wymuszona względami niewielkich mieszkań. Do przyczyn ekonomicznych autor zalicza przede wszystkim zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych i inwestycyjnych ogrzewania, które są skutkiem maksymalnego wykorzystania ciepła zawartego w paliwie, co oznacza podniesienie sprawności procesu wytwarzania, transportu i oddawania ciepła do pomieszczeń. Kolejną przesłanką ekonomiczną jest zmniejszenie kosztów obsługi, ponieważ centrala ciepła zaopatrzona jest w urządzenia mechaniczne do transportu paliwa i żużłu. Centralizacja źródeł ciepła spowodowała zmniejszenie liczby użytkowanych urządzeń, eliminację pomieszczeń przeznaczonych na kotłownie czy składy paliwa. Trzecią, i jak sam autor podkreśla, najpoważniejszą grupą przesłanek powodujących rozwój centralnych źródeł ciepła, są względy zdrowotne, czyli ochrona środowiska.

Do korzyści wynikających ze stosowania centralizacji źródeł ciepła można zaliczyć np.: zmniejszenie zużycia węgla, stosowanie gorszych jego gatunków czy oszczędności przy usuwaniu żużłu i popiołu. Przyczynami ograniczającymi stosowanie ciepłowni lub elektrociepłowni są z kolei:

- możliwości równoczesnego zbycia prądu elektrycznego i ciepła dla celów grzewczych;
- dalekie odległości, powodujące duże straty ciepła oraz wzrost nakładów eksploatacyjnych i inwestycyjnych.

Wzrost cen surowców, szczególnie energetycznych, na początku lat 70. XX wieku uświadomił społeczeństwu problem nasilającego się procesu degradacji środowiska naturalnego oraz wyczerpywania się zasobów naturalnych w warunkach rosnącej liczby ludności. J. Tinbergen zaproponował, by naturalne czynniki produkcji rozpatrywać z punktu widzenia zasobów odnawialnych i nieodnawialnych (Tinbergen 1973, s. 28). Jego zdaniem głównym problemem wzrostu gospo-

darczego staje się realizacja takich kierunków postępu technicznego, które nie tylko że nie prowadzą do dalszego wyczerpywania się zasobów nieodnawialnych, ale wręcz przeciwnie, służą ich oszczędzaniu i zastępowaniu przez te odnawialne.

Problematyka lokalizacji produkcji w polskiej gospodarce socjalistycznej podporządkowana była realizacji celów makroekonomicznych (ogólnogospodarczych i społecznych). Okres ten przejawiał się silnym naciskiem na postęp techniczny (w kierunku masowej produkcji) i skalę wytwarzania, rozwojem przestrzennym gałęzi, nakierowanym na minimalizację kosztów transportu oraz preferencjami dla lokalizacji w pobliżu złóż surowców lub rynków zbytu.

Proces rozmieszczania przemysłu oparto na zasadach planowania ogólnospołecznego oraz równomiernego rozmieszczenia sił wytwórczych na terenie całego kraju. Okazało się jednak, że racjonalne stosowanie się do zasad wymaga uwzględnienia wielu czynników ekonomicznych i polityczno-społecznych. Wprowadzono zasadę bardziej równomiernego rozmieszczenia sił wytwórczych, zapewniającą nieustanny wzrost społecznej wydajności pracy. W latach 80. wyposażano elektrociepłownie w bloki ciepłownicze, a w latach 90. instalowano w nich kotły fluidalne.

Zdaniem J. Popczyka zmiany w sektorze ciepłowniczym zaistniały dzięki zastosowaniu kogeneracji, opartej na początku na węglu, której pojawienie się pobudziło niezależnych wytwórców i konkurencję. Przełom lat 80. i 90. przyniósł rozwój technologii typu „combi”, czyli bloków gazowo-parowych o mocach jednostkowych (Popczyk 2002, s. 33). W drugiej połowie lat 90. dokonał się postęp w zakresie małych silników gazowych produkujących energię elektryczną i ciepło w skojarzeniu. Z początkiem 2000 roku nastąpił szybki rozwój technologii turbinowych w zakresie małych i bardzo małych instalacji kogeneracyjnych. Stare trendy w rozwoju systemów scentralizowanych zostają zahamowane i uzupełniane przez kogenerację.

Stan ciepłownictwa w Polsce na początku XXI wieku wynika bezpośrednio z sytuacji społeczno-polityczno-gospodarczej sprzed roku 1989, kiedy to nie istniała gospodarka rynkowa. Monopol naturalny, cechujący ciepłownictwo, uznawany był za obszar wyjęty z zasięgu funkcjonowania mechanizmu rynkowego. Promotorem procesu transformacji rynkowej energetyki – elektroenergetyki, gazu i tzw. ciepła zdalnego – zostało państwo (lub np. instytucje administracyjne quasi-rządowe, takie jak Komisja Europejska), którego aktywność przybiera formę wyspecjalizowanej regulacji służącej tworzeniu warunków sprzyjających pojawieniu się konkurencji w energetyce. Reforma całego sektora energetycznego wynikała z konieczności modernizacji działalności przedsiębiorstw, które przez wiele lat podlegały centralnemu sterowaniu, i objęła proces przekształceń własnościowych, w szczególności: restrukturyzację zewnętrzną i wewnętrzną, komercjalizację oraz prywatyzację przedsiębiorstw energetycznych.

Restrukturyzacja wewnętrzna przedsiębiorstw ciepłowniczych doprowadziła do zmian funkcjonowania w sferach: organizacji, zarządzania, ekonomiki i rachunkowości, ryzyka inwestowania, techniki i technologii (Ministerstwo Przemysłu i Handlu 1995; Zachorowska 2017, s. 209). Restrukturyzacja techniczno-technologiczna przewidywała dostosowanie urządzeń do wymogów ochrony śro-

dowiska, odtworzenie zdekapitalizowanych urządzeń oraz budowę urządzeń wytwórczych tam, gdzie jest to ekonomicznie uzasadnione.

Problemy polskiej polityki energetycznej w zakresie tzw. zagadnień techniczno-technologicznych uwarunkowań dotyczą modelu i wdrażania tzw. generacji rozproszonej. Zróżnicowanie energetyki w ramach polskiej gospodarki wydało się być pożądanym rozwiązaniem. Uwarunkowania te dotyczą również modernizowania energetyki na tle postępu w energooszczędności.

## Produkcja ciepła

Ciepło może być wytwarzane w różnych źródłach, w tym rozproszonych źródłach odnawialnych, jednakże to scentralizowane dostarczane jest odbiorcom za pośrednictwem sieci ciepłej z:

- elektrowni i elektrociepłowni zawodowych oraz przemysłowych,
- ciepłowni zawodowych,
- ciepłowni i kotłowni przemysłowych, z procesów technologicznych w zakładach chemicznych, rafineriach, hutach itp.

Istnieje również możliwość zbilansowania zapotrzebowania na energię ciepłą – na własne potrzeby – przez osoby fizyczne (prosumenta), dokonujące czynności prawnej, niezwiązanej bezpośrednio z ich działalnością gospodarczą lub zawodową, jak również przez inne podmioty prowadzące zróżnicowaną działalność, takie jak: szkoły, przedszkola, szpitale, sądy, spółdzielnie i wspólnoty mieszkaniowe, a także przez sektor małych i średnich przedsiębiorstw.

Źródłem energii ciepłej mogą być zasoby odnawialne lub nieodnawialne. W 2016 roku paliwa węglowe stanowiły 75% paliw zużywanych w źródłach ciepła (URE 2017, s. 14). Podstawowym zasobem odnawialnym, wykorzystywanym do produkcji ciepła w Polsce, jest biomasa, pochodząca z: upraw roślinnych (specjalnie ukierunkowanych), odpadów leśnych i rolniczych (kora, trzciny, gałęzie, słoma), odchodów zwierzęcych, organicznych części śmieci i innych odpadów pochodzących z gospodarstw domowych (Chmielniak 2004, s. 18). Dywersyfikacja paliw zużywanych do produkcji ciepła postępuje bardzo powoli.

Paliwa są w różnym stopniu nośnikami energii chemicznej. Wskaźnikiem tych właściwości jest ich wartość opałowa, utożsamiana z ciepłem spalania, czyli ciepłem reakcji zupełnego i całkowitego spalania określonej ilości substancji w warunkach normalnych. Ilość ciepła wydzielona w reakcji spalania jest miarą energii chemicznej. Najwyższą wartością opałową wśród paliw nieodnawialnych charakteryzuje się gaz ziemny (48,3 MJ/kg), następnie: benzyna, olej napędowy, ropa naftowa, gaz świetlny, węgiel kamienny (20,9-34,1 MJ/kg), koks hutniczy, koks gazowniczy, gaz koksoowniczy itd. Przy czym węgiel brunatny osiąga wartość opałową równą 17,2 MJ/kg (Szafran 1997, s. 6). Im wyższą wartość opałową posiada paliwo, tym więcej ciepła można z niego pozyskać.

Paliwa składają się z substancji palnej (związków chemicznych węgla elementarnego C, wodoru H<sub>2</sub>, siarki S), ale i z balastu. W zależności od rodzaju paliwa balast tworzą: popiół w paliwach stałych, woda w paliwach stałych i ciekłych, azot i dwutlenek węgla w paliwach gazowych. Ponieważ do wytworzenia ciepła docho-



dzi podczas spalania paliwa, stąd palne ich cechy są rozpatrywane z punktu widzenia optymalizacji jakości procesu. Ilość ciepła wydzielona w reakcji spalania jest miarą energii chemicznej. W celu osiągnięcia maksymalnej ilości ciepła dąży się do spalania całkowitego i zupełnego.

Poza kalorycznością do własności paliw stałych i ciekłych zalicza się m.in. zawartość wilgoci, popiołu i siarki. Znaczenie jakości paliwa, jako wyznacznika kosztów wytwarzania energii, podkreśla wielu autorów (Grudziński 1997, s. 238; Blaschke, Lorenz 1997, s. 259; Sobota 1997; Pierzak, Szołucha 1997; Kaproń 1998; Kurek 1999). Parametry węgla wpływają na wskaźniki eksploatacyjne. Przykładowo spalanie gorszego węgla powoduje wzrost kosztów, na skutek zwiększenia masy spalanego węgla i powstających odpadów paleniskowych, wzrostu zapotrzebowania na powietrze i wzrostu ilości spalin, a w konsekwencji obniżenia sprawności brutto kotła. Wzrost masy węgla powoduje zwiększenie zużycia energii elektrycznej na jego rozładunek i transport wewnętrzny, przemiał (dla kotłów pyłowych) i napędu rusztu (dla kotłów rusztowych). Wzrost masy popiołu w paliwie obciąża urządzenia transportujące żużel i popiół lotny. Jednakże gorsze parametry zużywanego paliwa rekompensują dodatkowe koszty zakupu i dostawy węgla do przedsiębiorstw znajdujących się w umiarkowanej odległości od kopalni (kilkaset kilometrów).

Do zapewnienia sprawnego przebiegu procesu produkcyjnego niezbędne jest używanie, obok paliw podstawowych, materiałów pomocniczych. Stanowią je oleje, smary, chemikalia i czyszczywo. Koszty zużycia materiałów pomocniczych są w przybliżeniu proporcjonalne do ilości jednostek produkcyjnych oddanych przez urządzenie (Kołodziejczyk 1972, s. 345). Jednakże nie stanowią one kluczowej pozycji w kosztach wytwarzania (poza chemikaliami).

W produkcji ciepła wykorzystuje się znaczne ilości wody. Ta występująca w przyrodzie, ze względu na to, że jest zanieczyszczona, nie nadaje się do celów technologicznych. Przed zastosowaniem musi zostać, w zależności od potrzeb, przygotowana. Woda staje się przydatna dopiero po jej spreparowaniu w dwóch obiektach: na stacji dekarbonizacji, gdzie otrzymuje się wodę zmiękczoną, oraz na stacji demineralizacji, gdzie otrzymuje się wodę zmiękczoną i zdemineralizowaną. Zasadniczym przeznaczeniem wody jest przenoszenie przez nią ciepła. Ponieważ pobór i oddawanie ciepła odbywa się najczęściej przez metalowe ścianki urządzeń, woda (para z niej wytworzona) powinna stykać się bezpośrednio z ogrzaną powierzchnią metalu (Sierakowski, Mrożek 1972, s. 27). Powierzchnia ta nie może być z tego względu zanieczyszczona żadnymi osadami wydzielającymi się z wody, ponieważ utrudniają one wymianę ciepła.

Przygotowanie wody do produkcji wiąże się z ponoszeniem kosztów. Podstawowe znaczenie dla określenia przydatności wody naturalnej do celów technologicznych ma jej skład chemiczny. Wody naturalne nadają się do celów energetycznych dopiero po oczyszczeniu i odpowiednim przygotowaniu. Woda nie może powodować powstawania kamienia kotłowego ani osadów.

Przygotowanie wody zależy od jej przeznaczenia i urządzeń, w których zachodzą procesy z jej udziałem. W zależności od rodzaju zanieczyszczeń podlegających usunięciu ciąg technologiczny produkcji wody może być różny. Przygotowanie

wody następuje w stacji przygotowania i uwzględnia wymagania obiegu wodno-parowego oraz wody chłodzącej, w których ona występuje.

Woda zasilająca kotły parowe stanowi mieszaninę kondensatu (skropliny) turbinowego oraz wody dodatkowej. Jakość wody dodatkowej powinna być taka, aby po zmieszaniu z kondensatem spełnione były wymagania dla wody zasilającej (ciśnienie, typ kotła, obciążenie cieplne powierzchni grzejnej oraz temperatura pary nasyconej).

Woda chłodząca powinna być klarowna i bez zawiesin (zanieczyszczeń). Pozostałe wymagania stawiane wodzie chłodzącej są uzależnione od jej obiegu – otwartego lub zamkniętego.

Obiegi chłodzące krzyżują się z obiegiem wodno-parowym w skraplaczach turbin bloku energetycznego. Przygotowanie, tj. uzdatnianie wody, dla tych dwóch obiegu najczęściej odbywa się w ogólnym ciągu technologicznym, który obejmuje zabiegi wstępne oraz uzdatnianie właściwe (Stańda, Iwańska 2001, s. 2). Przygotowanie wstępne wody odbywa się przede wszystkim metodami konwencjonalnymi. Do najważniejszych z nich zalicza się: sedymentację i filtrację, koagulację oraz dekarbonizację wapnem (zmiękczenie). Uzdatnianie właściwe wody przygotowuje ją na potrzeby chłodzenia i obiegu wodno-parowego. To preparowanie wymaga użycia wielu rodzajów chemikaliów i przyczynia się do wtórnego zwiększenia zasolenia wód naturalnych. Przy małej alkaliczności (zasadowości) wody należy ją zalkalizować wapnem, sodą lub ługiem.

Właściwe uzdatnianie wody do celów chłodzących polega na: chlorowaniu i szczepieniu kwasem, gdy woda nie podlega dekarbonizacji wapnem. Woda do obiegu wodno-parowego poddawana jest demineralizacji, tj. odsalaniu, czyli usuwaniu z wody rozpuszczonych soli. Przebieg procesu uzdatniania wody stwierdza właściwie przeprowadzona kontrola procesów zachodzących w poszczególnych urządzeniach, jak i jakości oraz racjonalności zużycia chemikaliów, wody i energii. Nadmiar zużytego w procesie uzdatniania reagenta podnosi koszt produkcji i zwiększa ilość i stężenie ścieków, co wpływa na wzrost ponoszonych opłat za wprowadzanie szkodliwych substancji do wody.

Zużycie wody w procesie produkcyjnym skutkuje powstaniem ścieków, tzw. przemysłowych. Ścieki wprowadzane do wód powierzchniowych nie mogą powodować przekraczania dopuszczalnych norm zanieczyszczeń. Odprowadzenie ścieków do zbiorników zewnętrznych wymaga ich wcześniejszego oczyszczenia. Zabiegi oczyszczające wymagają ponoszenia dodatkowych kosztów. Z tego powodu E. Sierakowski i J. Mrozek zalecają w jak największym stopniu wykorzystanie ich na terenie zakładu (np. do zraszania popiołu i żużlu).

Pomiar i wycena zużytych materiałów domaga się ujęcia w dokumentacji źródłowej ilościowego zużycia czynników produkcji. Szczególnego traktowania wymaga pomiar zużycia tzw. materiałów zwałowych (masowych), takich jak węgiel. Ścisła kontrola zużycia jest w tym przypadku często niemożliwa lub zbyt pracochłonna, dlatego stosuje się wtedy remanentową metodę pomiaru zużycia materiałów zwałowych. Polega ona na tym, iż bieżące zużycie materiałów (węglu) określa się jako iloczyn efektów działania (wytwarzanej pary) przez jednostkową normę

zużycia. Ustalone ilości rozchodu są weryfikowane i korygowane okresowo przez spis z natury materiałów pozostających na zwałowisku.

Kontrola zużycia materiałów odbywa się przy pomocy bilansów surowcowych. Pomiaru i rozliczenia zużycia dokonuje się za pomocą bilansów odcinkowych, pomimo iż proces technologiczny (podstawowa część procesu produkcyjnego, podczas której następuje zmiana właściwości fizycznych i chemicznych surowca) w ciepłownictwie nie składa się z faz, a ze stanowisk.

Proces technologiczny produkcji ciepła obejmuje kilka równolegle prowadzonych procesów cząstkowych: spalanie paliw, uzdatnianie wody dla obiegów chłodzącego oraz wodno-parowego, odpopielanie i odpylanie spalin. W procesie tym uczestniczą procesy pomocnicze, tj.: transport np. paliw, magazynowanie, kontrola, remonty. Wszystkie cząstkowe procesy zachodzą przy użyciu odpowiednich urządzeń. Zapewnienie sprawnego ich działania wymaga przeprowadzania okresowych konserwacji i remontów.

W procesie technologicznym wytwarzania ciepła wykorzystywane są podstawowe urządzenia, takie jak: kocioł – turbina – generator. Te podstawowe urządzenia procesu technologicznego tworzą blok energetyczny, którego działanie wynika z pracy czterech najistotniejszych układów:

- paliwo – powietrze – spaliny,
- ciepłego (parowo-wodnego),
- chłodzenia,
- wyprowadzenia mocy.

Rodzaj zastosowanych układów energetycznych i układów oczyszczania spalin jest ściśle uzależniony od rodzaju zastosowanego paliwa. Z kolei jakość paliwa – jego właściwości – wpływa na wielkość wskaźników emisji.

Ciepło może zostać pozyskane z paliwa bezpośrednio w przemianie jednostopniowej (w piecach lub ciepłowniach geotermicznych) lub pośrednio w przemianie dwustopniowej (ciepłowniach i kotłowniach wodnych lub parowych, w elektrociepłowniach), w różnych źródłach ciepła (Szafran 1997, s. 11).

Ciepło pojawia się również przy wytwarzaniu energii elektrycznej w przemianie trójstopniowej<sup>1</sup>. Jego pojawienie się jest warunkiem koniecznym do wytworzenia energii elektrycznej. Energia chemiczna zostaje w pierwszej przemianie przetworzona na ciepło, to z kolei w drugiej przemianie na energię mechaniczną, a następnie w trzeciej na elektryczną. Ciepło powstające w drugim etapie przemiany trójstopniowej wykorzystywane jest bezpośrednio do celów przemysłowych (ogrzewanie, suszenie, wentylacja itp.) i bytowych. W zależności od przeznaczenia ciepła wymagane są różne jego parametry, a zatem i różne sposoby przetwarzania.

Podczas procesów wywiązywania się i przekazywania ciepła w źródle powstają straty, wynikające z rozpraszania się energii w otoczeniu. Źródło ciepła jest jednocześnie pierwszym źródłem strat energetycznych. Pomiędzy miejscem, gdzie zachodzi przemiana dowolnej postaci energii w ciepło, a miejscem, w którym będzie

---

<sup>1</sup> Wytworzenie energii elektrycznej w przemianie jednostopniowej przebiega od energii chemicznej do elektrycznej, w przemianie dwustopniowej wytwarzanie przebiega od przemiany energii chemicznej poprzez mechaniczną i ostatecznie w elektryczną.

zużywana, wymagany jest czynnik pośredniczący – nośnik ciepła – woda lub para. Podczas transportu ciepła ze źródła do odbiorcy za pomocą sieci ciepłowniczych również powstają straty ciepła.

Kontrola gospodarki energetycznej polega na energetycznym bilansowaniu urządzeń cieplnych. Wykorzystując parametry robocze badanych urządzeń oraz stosując prawa fizyki, wyznacza się wartości przychodowe i rozchodowe energii danego procesu technologicznego. Suma pozycji przychodowych powinna równać się sumie pozycji rozchodowych. To zamknięcie bilansu w praktyce jest nieosiągalne i wynika z określonej pojemności cieplnej urządzeń. Rozliczając zużyte paliwo w produkcji gotowym uwzględnia się straty zaistniałe w czasie procesu produkcyjnego. Wielkość strat produkcyjnych zamyka bilans wsadu i uzysku.

Dążenie do maksymalizacji produkcji ciepła oznacza jednocześnie minimalizację strat ponoszonych w urządzeniach wytwórczych. Pomiar strat energii jest możliwy dzięki porównaniu ilości energii doprowadzonej do urządzenia i ilości energii przez to urządzenie oddanej. Stosunek ilości energii oddawanej przez urządzenie do doprowadzonej do urządzenia nazywa się sprawnością przemiany, a stosunek mocy oddawanej do mocy doprowadzonej – sprawnością mocy (Mejro, Troszkiewicz, Wierzbička 1986, s. 18). Podczas pracy źródeł powstają różnego rodzaju ubytki mocy, spowodowane np.: przeprowadzanymi remontami, awariami urządzeń, nieodpowiednią jakością zużywanego paliwa czy brakiem wody chłodzącej.

Pojęcie sprawności mocy odnosi się do mocy znamionowej (nominalnej) urządzenia, czyli mocy, na jaką dane urządzenie zostało zbudowane i przy której zwykle pracuje z największą sprawnością. Mocą znamionową może być ono stale obciążone. Możliwość uzyskania dużych sprawności w dużych urządzeniach była jednym z głównych bodźców do koncentracji wytwarzania (przetwarzania) energii w wielkich elektrowniach czy ciepłowniach.

Całkowitą sprawność źródła określa stosunek energii oddanej przez źródło pod obiema postaciami (energii elektrycznej i ciepła) do energii doprowadzonej do niego w paliwie. Sprawność wytwarzania ciepła zależy od sprawności poszczególnych urządzeń tworzących układ technologiczny. Jeśli ciepło doprowadzone w paliwie do kotłów parowych w źródle podzielić na dwie części: moc elektryczną oraz cieplną, to podziałowi temu odpowiadają sprawności cząstkowe wytwarzania mocy (energii) elektrycznej i mocy (energii) cieplnej.

Sprawność ogólna źródła zależy m.in. od sprawności kotła i rurociągów, sprawności mechanicznej turbiny i generatora oraz zużycia energii na potrzeby własne.

Efektywność wykorzystania energii paliwa (sprawność energetyczna) ma szczególnie znaczenie w przypadku wytwarzania energii elektrycznej. Wytwarzanie ciepła z wysoką sprawnością, przekraczającą 90%, nie stanowi obecnie technicznego problemu. Energię elektryczną i ciepło można produkować w układach rozdzielonych, np. w elektrowniach i ciepłowniach, jak i w układach skojarzonych, czyli elektrociepłowniach. Sprawność wytwarzania energii elektrycznej w klasycznych elektrowniach kondensacyjnych mieści się w granicy 37-39%, a teoretycznie może osiągnąć 40%. Uzyskana sprawność wynika ze sprawności cząstkowych: sprawność kotłowni wynosi około 80-90% (straty rzędu 10-20%), sprawność mechaniczna turbiny wynosi około 97%, a sprawność generatora to około 98% (łączy-

ne straty maszynowni rzędu 5%). Sprawność nowoczesnych siłowni z turbinami gazowymi przewyższa 40%, a siłowni z silnikami spalinowymi dochodzi do 48%.

Podstawowym powodem osiągnięcia niskich sprawności wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach jest fakt, że największa część ciepła, zawarta w wodzie chłodzącej, nie może być wykorzystana ze względu na niską temperaturę (ok. 20°C) i w efekcie ciepło to jest tracone (podgrzewa wodę w rzekach lub jeziorach albo powietrze atmosferyczne).

Zwiększenie sprawności źródła można osiągnąć np. poprzez podwyższenie parametrów początkowych pary czy obniżenie dolnej temperatury obiegu. Podwyższenie parametrów początkowych pary, tzn. temperatury i ciśnienia, jest jednak ograniczone wytrzymałością materiałów konstrukcyjnych. Wraz ze wzrostem temperatury i ciśnienia pary wzrasta awaryjność urządzeń. Część urządzeń – końcówki przegrzewacza – musi być zrobiona z drogiej stali, odpornej na wysoką temperaturę. Wzrost ciśnienia powoduje rozporządzalny spadek entalpii, zwiększone zużycie energii elektrycznej na pompowanie wody zasilającej oraz wzrost wilgotności pary w końcowej części turbiny, co przyspiesza korozję łopatek.

W turbozespolu (turbinie z generatorem) zachodzą przemiany energetyczne, w wyniku których uzyskiwane jest ciepło w postaci pary (z upustów lub wylotu turbiny) i energia elektryczna (na zaciskach generatora). Jednocześnie przemiany te przebiegają zgodnie z prawem zachowania i przemiany energii, co oznacza, że każdemu strumieniowi pary doprowadzonej do turbiny i odebranej z upustów lub wylotu turbiny odpowiada określona ilość energii elektrycznej uzyskana na zaciskach generatora. W związku z tym moc elektryczna uzyskiwana na strumieniu pary upustowej (o wyższej entalpii) jest niższa od mocy elektrycznej uzyskiwanej na strumieniu pary wylotowej, a odebranie z upustów turbiny większej ilości ciepła powoduje zmniejszenie ilości energii elektrycznej uzyskanej na zaciskach generatora.

Opisaną zależność charakteryzuje tzw. wskaźnik skojarzenia, wyrażany w kWh/GJ, stanowi stosunek ilości energii elektrycznej wytworzonej na danym strumieniu pary do ilości ciepła zawartego w tym strumieniu pary. Wskaźnik skojarzenia jest zatem miarą wykorzystania ciepła do wytwarzania energii elektrycznej. Im wyższe wartości przyjmuje wskaźnik, tym korzystniej. Wskaźnik ten zależy od parametrów początkowych i końcowych pary (Szafran 2004, s. 12).

Opłacalność stosowania elektrociepłowni uzależniona jest między innymi od wielkości zapotrzebowania na moc cieplną (Mejro, Troszkiewicz, Wierzbicka 1986, s. 153). Z technicznego punktu widzenia przy małym zapotrzebowaniu na ciepło nie jest uzasadnione budowanie elektrociepłowni. Ciepło dostarczane powinno być wtedy z ciepłowni.

Urządzenia pokrywające zapotrzebowanie na ciepło w układzie skojarzonym (wysokoprężne kotły, turbiny i podgrzewacze) są stosunkowo drogie, dlatego maksymalne zapotrzebowanie na ciepło jest pokrywane najczęściej równocześnie przez ciepło pobierane z turbin oraz przez ciepło ze znacznie tańszych niskoprężnych kotłów wodnych (źródła szczytowej mocy cieplnej). Maksymalne obciążenie cieplne elektrociepłowni występuje tylko w okresie silnych mrozów (Marecki 1980, s. 86).

Stosunek mocy cieplnej podstawowej, wytwarzanej w skojarzeniu z energią elektryczną (pokrywaną w czasie maksymalnego zapotrzebowania na ciepło przez parę z turbin) do całkowitej maksymalnej mocy cieplnej (do szczytowej wartości mocy cieplnej wytwarzanej łącznie przez układ skojarzony i cieplne urządzenia szczytowe) określany został jako współczynnik skojarzenia –  $\alpha$ . Współczynnik ten jest ważną wielkością, nie tylko techniczną, ale i ekonomiczną, ponieważ przy inwestowaniu w elektrociepłownię wskazuje na podział kosztów między droższą część skojarzoną (kotły parowe, turbozespoły) i tańszą szczytową (kotły wodne, wymienniki szczytowe).

### Charakterystyka techniczna przedsiębiorstw energetycznych a koszty wytwarzania

Historia przedsiębiorstw przyjętych do badania sprawiła, że różnią się one znacznie technicznymi warunkami wytwarzania ciepła.

Elektrociepłownia A zlokalizowana została w pobliżu paliwa zużywanego w procesie produkcyjnym. Bezpośredni kontakt bazy surowcowej z przedsiębiorstwem ma wpływ na ograniczanie kosztów transportu paliwa lub w ogóle ich brak. Elektrownia E wybudowana została w pobliżu odkrywkowej kopalni węgla brunatnego. Zatem na lokalizację tej elektrowni również miał wpływ dostęp do bazy surowcowej.

Historia trzech badanych podmiotów – A, B i D – sięga lat 20. XX wieku. Na budowę i rozwój tych przedsiębiorstw miały silny wpływ te same czynniki lokalizacyjne, tzn. rozwijały się wraz z rozwojem przemysłu i urbanistyki. Z kolei na powstanie przedsiębiorstwa C wywarły silny wpływ czynniki polityczne. Miały one związek z koncepcją lokalizacji zakładów produkcyjnych tam, gdzie nie lokował się przemysł.

W Tabeli 1 przedstawiono charakterystykę przedsiębiorstw ciepłowniczych wraz z opisem urządzeń produkcyjnych.

Tabela 1. Charakterystyka badanych przedsiębiorstw

Jednostka gospodarcza	A	B	C	D	E
Rok założenia	1920	1928	1976	1928	1964
Przedmiot działalności	ciepło w wodzie gorącej, ciepło w parze technologicznej, energia elektryczna w skojarzeniu	ciepło w wodzie gorącej, ciepło w parze technologicznej, energia elektryczna w skojarzeniu	ciepło w wodzie	ciepło w wodzie gorącej, ciepło w parze technologicznej, energia elektryczna w skojarzeniu	energia elektryczna, para wodna, gorąca woda, pobór, oczyszczanie i rozprowadzanie wody,
Paliwo produkcyjne	węgiel kamienny	węgiel kamienny	węgiel kamienny	węgiel kamienny	węgiel brunatny
Moc cieplna: - zainstalowana - osiągalna	478,6 MWt 260,5 MWt	282 MWt 265 MWt	442 MWt 442 MWt	387,2 MWt 367 MWt	111,5 MWt 111,5 MWt

<b>Moc elektryczna:</b> - zainstalowana - osiągalna	133,8 MWe 125,0 MWe	49 MWe 42 MWe	- -	93,5 MWe 75 MWe	2 105 MWe 1528 MWe
<b>Urządzenia podstawowe</b>	8 kotłów parowo-pyłowych OP-130, 2 turbiny upustowo-ciepłownicze, zapotrzebowanie szczytowe pokrywają: kocioł ciepłowniczy – parowy OR- 32 z rusztami mechanicznymi	3 kotły parowo-węglowe: OP-130, kocioł wodny węglowy WP-120, 1 turbozespół przeciwprężny, 2 turbozespoły upustowo-kondensacyjne	2 kotły wodne WP-70, 2 kotły wodne WP-120	3 kotły pyłowe OP-100 i 1 OPP-230, 1 kocioł fluidalny, 1 kocioł sodowy, 4 turbozespoły: 2 turbiny przeciwprężne, turbina do podgrzewania wody grzewczej (turbina ciepłownicza), turbina upustowo-kondensacyjna, stacje redukcyjne	6 bloków, 2 bloki z kotłami fluidalnymi
<b>Obieg wody</b>	zamknięty	zamknięty	zamknięty	otwarty	otwarty

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstw

Z analizy kosztów wytwarzania ciepła wynika, że w największym stopniu są one kształtowane przez koszt zużytego paliwa produkcyjnego. Stanowią ok. 40% wartości kosztu wytworzenia.

Najwyższe średnie wartości opałowe zużywanego węgla wystąpiły w A i B (powyżej 23 GJ/t). Niestety jednostka B ponosi znacznie wyższe koszty transportu. Podobnie jak B, wysokie koszty transportu ponosi elektrociepłownia D. Elektrownia E spala węgiel brunatny o bardzo niskiej wartości opałowej i o niskiej cenie, dlatego koszt wytwarzania ciepła też osiąga najniższy poziom.

**Tabela 2. Sprawność przemiany energii chemicznej paliwa brutto [%]**

<b>Rok</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>
<b>A</b>	58,2	62,9	61,3	68,1	69,1
<b>B</b>	72,0	72,0	72,0	73,9	73,9
<b>C</b>	89,0	90,3	90,8	91,0	91,8
<b>D</b>	74,9	75,0	75,8	76,3	76,3
<b>E</b>	32,0	33,0	37,0	39,0	39,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstw

Tabela 2 informuje o osiągniętej przez przebadane przedsiębiorstwa średniorocznej sprawności przemiany energii chemicznej paliwa brutto w okresie badawczym. Najwyższa sprawność przemiany wystąpiła w elektrociepłowni C, a w zasadzie ciepłowni, pomimo najniższej wartości opałowej spalane go węgla kamiennego, dlatego też ponosi ona najniższe koszty zużycia węgla. W okresie badanym wszystkie jednostki dbały o podnoszenie tego parametru.

W okresie przyjętym do badania nastąpił wzrost współczynnika skojarzenia w elektrociepłowniach A, B i D, a tym samym wzrosła sprawność przemiany energii chemicznej paliwa brutto. Wzrosty te były skutkiem redukcji produkcji energii elektrycznej w okresie letnim w związku ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło w parze technologicznej. Dodatkowe czynniki wpływające na wzrost współczynnika to dbałość o efektywniejsze wykorzystanie energii pierwotnej paliwa i ochronę środowiska zgodnie z normą ISO 14001 oraz optymalizacja układu pracy urządzeń wytwórczych.

## Podsumowanie

Ciepłownictwo od dziesiątków lat podlega ciągłym zmianom. Niezmiennie pojawiają się nowe rozwiązania wytwórcze oraz nowe konstrukcje aparatów i urządzeń. Zakres możliwych rozwiązań obejmuje metody od najbardziej prostych, jak tradycyjny piec kaflowy, przez lokalną kotłownię centralnego ogrzewania czy stałopalny piec koksowy, aż po gorącą wodę z elektrociepłowni i źródła niekonwencjonalne (spalanie biogazu, energia złóż geotermalnych). Na rozwój systemów ciepłowniczych XX wieku miały wpływ: postęp technologiczny, dywersyfikacja bazy paliwowej, dążność do zrównoważonego rozwoju oraz demonopolizacja, prywatyzacja i akceptacja społeczna. Zależności zachodzące pomiędzy rozwojem urbanistyki a powstaniem scentralizowanego ciepłownictwa uwiaryściły się w podmiotach gospodarczych przyjętych do badania empirycznego. Wpływ na koszty wytwarzania ciepła miały czynniki lokalizacji produkcji, tj.: dostęp do czynnika pracy i surowca, połączone z rozwojem komunikacji, pojawieniem się energii elektrycznej, postępującą koncentracją produkcji i urbanizacją.

Logikę gospodarowania w ciepłownictwie stanowią prawa fizyki. To one decydują o technice i technologii wytwarzania oraz przesyłu ciepła. Racjonalność w działaniu źródeł ciepła przejawia się w pozyskiwaniu, przetwarzaniu i przesyłaniu ciepła jak najniższym kosztem. Wykonanie tego zadania wymaga sprawnego powiązania urządzeń z nośnikami energii, ponieważ od efektywności przemian zależą koszty wytwarzanej (przetwarzanej) energii. Na ekonomiczność wytwarzania ciepła mają wpływ właściwości zużywanego surowca energetycznego. Racjonalna gospodarka surowcami wymaga rozpoznania cech charakteryzujących każde paliwo.

Ciepło rozprowadzane jest od źródeł do odbiorców za pośrednictwem czynników termodynamicznych, dlatego dobór rodzaju oraz parametrów roboczych tego czynnika wywiera istotny wpływ na prawidłową i ekonomiczną pracę zespołu urządzeń zasilanych przez ten czynnik.



Wybór technologii produkcji ciepła zależy również od uciążliwości dla środowiska. Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła charakteryzuje się dużą sprawnością ogólną oraz daje znaczne oszczędności paliwa w porównaniu z gospodarką rozdzieloną. Im wyższe wartości opałowe spalanych paliw i im wyższe sprawności urządzeń wytwórczych, tym mniejsze zużycie paliw i niższe koszty wytwarzania.

## Literatura

1. Blaschke W., Lorenz U. (1997), *Koncepcja parytetu importowego węgla kamiennego*, [w:] *XI Konferencja z cyklu: Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej: „Koszty i ceny pierwotnych nośników energii a koszty i ceny energii finalnej z nich wytworzonej”*. Zakopane, 5-8 października 1997. KGSM PAN - Centrum PPGSMiE PAN, Sympozja i Konferencje, nr 28, Centrum PPGSMiE PAN, Kraków.
2. Burek R. (1999), *Energia cieplna węgla niespalonego w popiołach lotnych*, Rynek Energii Ciepłej, Kaprint, Lublin.
3. Chmielniak T.J. (2004), *Technologie energetyczne*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
4. Czerni S. i in. (oprac.) (1984), *Leksykon naukowo-techniczny*, wyd. 3 popr. i uzup., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
5. Dopfer K. (red.) (1982), *Ekonomia w przyszłości*, PWN, Warszawa.
6. Frąckowiak W. (1985), *Czynnik przestrzeni w teorii rachunku ekonomicznego efektywności inwestycji*, PWE, Warszawa.
7. Grudziński Z. (1997), *Założenia systemu cen węgla brunatnego z punktu widzenia producentów i użytkowników*, [w:] *XI Konferencja z cyklu: Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej: „Koszty i ceny pierwotnych nośników energii a koszty i ceny energii finalnej z nich wytworzonej”*. Zakopane, 5-8 października 1997. KGSM PAN - Centrum PPGSMiE PAN, Sympozja i Konferencje, nr 28, Centrum PPGSMiE PAN, Kraków.
8. Jeżowski K. (1961), *Rozwój i rozmieszczenie przemysłu na Dolnym Śląsku w okresie kapitalizmu*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław.
9. Kamler W. (1979), *Ciepłownictwo*, PWN, Warszawa.
10. Kaproń H. (1998), *Konkurencja producentów ciepła*, Rynek Energii Ciepłej, Kaprint, Lublin.
11. Kardasz A. (2003), *Efektywność ekonomiczna wytwarzania ciepła z różnych paliw*, „Rynek Energii”, nr 3.
12. Kołodziejczyk L. (1972), *Gospodarka cieplna w ogrzewnictwie*, wyd. 2 popr. i uzup., Arkady, Warszawa.
13. Krzyżanowski W. (1966), *Problemy gospodarki przestrzennej*, seria: „Prace Komisji Nauk Ekonomicznych”, nr 8, Zakład Narodowy im. Ossolińskich PAN, Wrocław-Warszawa-Kraków.
14. Lange I. (2002), *Przyszłość miejskich systemów ciepłowniczych*, „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja”, nr 3.
15. Malc W., Pałka M. (1975), *Koszty przemysłu spożywczego i ich rachunek*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
16. Marecki J. (1980), *Gospodarka skojarzona ciepłno-elektryczna*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
17. Mejro C., Troszkiewicz J., Wierzbička B. (1986), *Energetyka dziś i jutro*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
18. MG (2010), *Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa.

19. Opałło M. (1985), *Kierunki i instrumenty polityki przestrzennej w rozwoju przemysłu*, seria: „Problemy rozwoju socjalizmu w PRL”, nr 46, PZPR ANS, Warszawa.
20. Pierzak A., Szolucha S. (1997), *Produkcja ciepła w elektrociepłowniach i elektrowniach*, Rynek Energii Ciepłej, Kaprint, Lublin.
21. Popczyk J. (2002), *Wpływ prywatyzacji przedsiębiorstw energetycznych na skuteczność realizacji polityki energetycznej państwa*, „Gospodarka Paliwami i Energią”, nr 3.
22. *Przekształcenia własnościowe przedsiębiorstw elektrociepłowniczych* (1995), Zespół ds. Przekształceń Własnościowych w Podsektorze Elektrociepłowni, Ministerstwo Przemysłu i Handlu, Warszawa.
23. Sierakowski E., Mrożek J. (1972), *Kontrola przygotowania wody w elektrowniach i ciepłowniach*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
24. Sobota J. (1997), *Wybrane problemy związane z jakością węgla dla kotłów elektrociepłowni i ciepłowni*, „Rynek Energii”, nr 4.
25. Stańda J., Iwańska I. (2001), *Nowe technologie w procesach uzdatniania wody na potrzeby energetyki zawodowej i ciepłownictwa*, „Gospodarka Paliwami i Energią”, nr 12.
26. Syrek M. (1985), *Infrastruktura jako czynnik warunkujący rozwój przemysłu*, seria: „Problemy rozwoju socjalizmu w PRL”, nr 46, PZPR ANS, Warszawa.
27. Szafran R. (1997), *Podstawy procesów energetycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
28. Szaran R. (2004), *Niektóre pojęcia w skojarzonym wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła*, „Rynek Energii”, nr 1.
29. Tinbergen J. (1973), *Exhaustion and Technological Development: A Macro-Dynamic Policy Model*, St. Gallen.
30. URE (2017), *Energetyka ciepła w liczbach 2016*, Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa.
31. Weber A.P. (1975), *Centralne ogrzewania wodne. Obliczenia i konstrukcje*, Arkady, Warszawa.
32. Zachorowska A. (2017), *Risk of Investment Processes in Enterprises*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie”, nr 27, t. 2. DOI: 10.17512/znpcz.2017.3.2.20

## **TECHNOLOGICAL DETERMINANTS OF HEAT AND ELECTRICITY MANUFACTURING COSTS IN THE HEATING INDUSTRY**

**Abstract:** The purpose of the research was to determine the technical parameters (indicators) affecting the level and structure of heat and electricity generation costs. The thesis to be verified in the article stated that shaping the height of costs is possible when the impact of technical parameters of manufacturing devices on the cost level is taken into account. The research involved the use of information on the techniques and technology of five power industry companies – three combined heat and power (CHP) plants, one heating plant and one power plant. Additionally, the information on heat production costs in five periods was used. The article describes the characteristics of the technological systems of the analyzed plants and presents a comparative analysis with respect to energy transformation. The test results confirmed that the costs of heat production are affected by such factors as: technology used in the result of the impact of location factors, the quality of the primary fuel combusted and the production efficiency associated with the combination index.

**Keywords:** heating, production costs, combined production